



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**Λογισμικό Ανοιχτού Κώδικα: Διοίκηση, Διάχυση και  
Ανταγωνισμός**

**Σπυριδούλα Κ. Λάκκα**

**ΑΘΗΝΑ**

**ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2013**





**NATIONAL AND KAPODISTRIAN UNIVERSITY OF ATHENS**

**SCHOOL OF SCIENCES  
DEPARTMENT OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATIONS**

**PROGRAM OF POSTGRADUATE STUDIES**

**PhD THESIS**

**Open Source Software: Management, Diffusion and  
Competition**

**Spyridoula K. Lakka**

**ATHENS**

**APRIL 2013**



## **ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

Λογισμικό Ανοιχτού Κώδικα: Διοίκηση, Διάχυση και Ανταγωνισμός

**Σπυριδούλα Κ. Λάκκα**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρακούλης Μαρτάκος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΚΠΑ**

### **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ:**

**Δρακούλης Μαρτάκος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΚΠΑ**

**Δημήτριος Βαρουτάς, Επίκουρος Καθηγητής ΕΚΠΑ**

**Ευστάθιος Χατζηευθυμιάδης, Επίκουρος Καθηγητής ΕΚΠΑ**

### **ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**Δρακούλης Μαρτάκος,  
Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΚΠΑ**

**Ευστάθιος Χατζηευθυμιάδης,  
Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΚΠΑ**

**Δημήτριος Βαρουτάς,  
Επίκουρος Καθηγητής ΕΚΠΑ**

**Θωμάς Σφηκόπουλος,  
Καθηγητής ΕΚΠΑ**

**Παναγιώτης Κωνσταντόπουλος,  
Καθηγητής ΟΠΑ**

**Ιωάννης Δημητρίου  
Καθηγητής ΕΚΠΑ**

**Νικόλαος Ηρειώτης,  
Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΚΠΑ**

**Ημερομηνία εξέτασης 16/04/2013**



# **PhD THESIS**

Open Source Software: Management, Diffusion and Competition

**Spyridoula K. Lakka**

**SUPERVISOR: Draculis Martakos, Associate Professor UoA**

## **THREE-MEMBER ADVISORY COMMITTEE:**

**Draculis Martakos, Associate Professor UoA**

**Dimitris Varoutas, Assistant Professor UoA**

**Stathes Hadjiefthymiades, Associate professor UoA**

## **SEVEN-MEMBER EXAMINATION COMMITTEE**

**Draculis Martakos,  
Associate Professor UoA**

**Stathes Hadjiefthymiades,  
Associate Professor UoA**

**Dimitris Varoutas,  
Assistant Professor UoA**

**Thomas Sphicopoulos  
Professor UoA**

**Panos Constantopoulos  
Professor AUEB**

**Ioannis Demetriou,  
Professor UoA**

**Nikolaos Eriotis,  
Associate Professor UoA**

**Examination Date 16/04/2013**





## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ανοιχτό λογισμικό γνωρίζει μεγάλη διάχυση, καθώς προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως τεχνολογική ποιότητα και αξιοπιστία αλλά και σημαντική εξοικονόμηση χρημάτων. Διαχειριστικά, τα χαρακτηριστικά αυτά του δίνουν σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστικών προϊόντων ιδιόκτητου λογισμικού κλειστού κώδικα. Σήμερα, το οικοσύστημα του ανοιχτού λογισμικού αποτελείται από χιλιάδες έργα, κοινότητες και λύσεις λογισμικού.

Στόχος της παρούσας διατριβής είναι να συνεισφέρει στην έρευνα για το ανοιχτό λογισμικό, μέσα από τη μελέτη τόσο της διάχυσής του, όσο και των επιδράσεών της σε οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο. Η έρευνα εστιάζει στην πορεία της διάχυσης μέσα στο χρόνο και προσδιορίζει και αποτιμά σχέσεις αιτίας και αποτελέσματος του φαινομένου. Αφενός, προσδιορίζονται και αποτιμούνται οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάχυση και βιωσιμότητα του ανοιχτού λογισμικού (σχέσεις αιτίας). Αφετέρου, μελετώνται οι επιπτώσεις (σχέσεις αποτελέσματος) της διάχυσης σε οικονομικό και σε κοινωνικο-πολιτικό επίπεδο.

Στο οικονομικό επίπεδο, πραγματοποιείται ανάλυση της αγοράς λογισμικού και εξετάζεται η συμπεριφορά και η δομή της, ως αποτέλεσμα όχι μόνο της εισόδου του ανοιχτού λογισμικού, αλλά και των επιχειρηματικών μοντέλων ανοιχτού λογισμικού. Στο κοινωνικό-πολιτικό επίπεδο μελετώνται οι επιδράσεις στο δημόσιο τομέα και ιδιαίτερα στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση και εκπαίδευση.

Τα προτεινόμενα μοντέλα και μεθοδολογίες αποτελούν τμήμα της έρευνας στον τομέα της διοίκησης των πληροφοριακών συστημάτων. Τα μοντέλα βασίζονται σε θεωρητικό υπόβαθρο που δανείζεται στοιχεία τόσο από τις θεωρίες αποδοχής των πληροφοριακών συστημάτων και διάχυσης των καινοτομιών, όσο και από οικονομικές και κοινωνικές θεωρίες, ενώ η αποτίμηση των μοντέλων υλοποιείται με αυστηρό μεθοδολογικό πλαίσιο των μαθηματικών και της στατιστικής, παρέχοντας πιο ακριβείς, a-priori εκτιμήσεις της πορείας διάχυσης, του ανταγωνισμού και των πιθανών σημείων ισορροπίας της αγοράς.

Τα αποτελέσματα της έρευνας φιλοδοξούν να αποτελέσουν χρήσιμα βοηθητικά εργαλεία για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και στρατηγικού σχεδιασμού σχετικά με τεχνολογικά θέματα τόσο σε επιχειρηματικό, όσο και σε πολιτικό επίπεδο, καθώς δίνουν τη δυνατότητα για την αξιολόγηση τεχνολογικών, κοινωνικών, οικονομικών και θεσμικών παραγόντων που συντελούν στη διάχυση της τεχνολογίας του ανοιχτού λογισμικού. Τέτοιου είδους εκτιμήσεις, μπορούν να αποβούν πολύ χρήσιμες σε ένα διαρκώς εξελισσόμενο και ανταγωνιστικό περιβάλλον, όπως αυτό της αγοράς ΤΠΕ.

**ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ:** Διοίκηση Πληροφοριακών Συστημάτων

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** ανοιχτό λογισμικό, διάχυση, υιοθέτηση και βιωσιμότητα ανοιχτού λογισμικού, οικονομετρικές μέθοδοι, κοινωνικο-οικονομικές θεωρίες, επιχειρηματικά μοντέλα ανοιχτού λογισμικού



## **ABSTRACT**

Open source software (OSS) offers a number of advantages such as technological quality and reliability, as well as significant cost savings. From a managerial perspective, these features give it significant advantages over the competing products of proprietary and closed source software, that enabled its wide diffusion. Today, the open source ecosystem consists of thousands of projects, communities, and software solutions.

The aim of this thesis is to contribute to the research on OSS through the study of both the diffusion of OSS and its effects at an economic and social level. The research focuses on the process of diffusion over time and assesses relationships of cause and effect of the phenomenon. Firstly, it identifies and assesses the factors determining the diffusion and sustainability of OSS (cause). Secondly, it examines the impact of the OSS diffusion at economic and socio-political level (effect).

At the economic level, an analysis of the software market is performed. The market's behavior and structure is examined not only as a result of the OSS diffusion, but also of its implications, that is the open source business models. The socio-political effects are studied in the public sector, especially in e-government and education.

The proposed models and methodologies lay within the stream of the management of information systems research. The models are based on theoretical background that borrows elements from the theories of technology acceptance and diffusion of innovations, as well as from social and economic theories. The models' evaluation is implemented with a rigorous methodological framework of mathematics and statistics, providing more accurate, a-priori estimations of the diffusion rate and the market competition and equilibrium.

The research results provide with useful information for decision makers, strategic planning and policy making on technology issues, as they allow for the assessment of technological, social, economic and institutional factors that determine OSS technology diffusion. These estimates can become a valuable assistance in a continuously evolving and competitive environment such as the ICT market.

**SUBJECT AREA:** Management Information Systems

**KEYWORDS:** open source software, diffusion, adoption and sustainability of open source software, econometric analysis, socio-economic theories, open source business models



*Στα παιδιά μου,  
Ειρήνη & Γιώργο*



## ΛΙΣΤΑ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΩΝ

Επιστημονικές δημοσιεύσεις σε διεθνή περιοδικά με κρίση:

- S. Lakka**, T. Stamati, C. Michalakelis, and D. Martakos, What drives eGovernment growth? An econometric analysis on the impacting factors, *International Journal of Electronic Governance*, vol. 6, no. 1, 2013, pp. 20-36. [1]
- S. Lakka**, C. Michalakelis, D. Varoutas, and D. Martakos, Competitive dynamics in the operating systems market: Modeling and policy implications, *Technological Forecasting and Social Change*, doi 10.1016/j.techfore.2012.06.011, vol. 80, no. 1, 2013, pp. 88-105. [2]
- S. Lakka**, C. Michalakelis, D. Varoutas, and D. Martakos, Exploring the determinants of the OSS market potential: The case of the Apache web server, *Telecommunications Policy*, vol. 36, no. 1, 2012, pp. 51-68. [3]
- S. Lakka**, T. Stamati, C. Michalakelis, and D. Martakos, The ontology of OSS Business Model: an exploratory study, *International Journal of Open Source Software and Processes*, vol. 3, no. 1, 2011, pp. 39-59. [4]

Επιστημονικές δημοσιεύσεις σε διεθνή συνέδρια με κριτές:

- S. Lakka**, T. Stamati, and D. Martakos, "Does OSS Affect E-Government Growth? An Econometric Analysis on the Impacting Factors", in *Open Source Systems: Long-Term Sustainability, 8th IFIP WG 2.13 International Conference OSS, Hammamet, Tunisia, Proceedings*. vol. 378, I. L. Hammouda, B.; Mikkonen, T.; Scacchi, W., Ed.: Springer, 2012, pp. 292–297. [5]
- S. Lakka**, D. Varoutas, and D. Martakos, "Impact of OSS on Software Markets- an Evaluation", *Proc. 4th Mediterranean Conference on Information Systems Athens, 2009*, pp. 588-599. [6]

Επιστημονικές δημοσιεύσεις σε κεφάλαια διεθνών βιβλίων (Book Chapters):

- S. Lakka**, N. Lionis, and D. Varoutas, "Social Aspects of Open Source Software: Motivation, Organization, and Economics", in *Electronic Business: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, C. P. Lee, Ed., Hershey: IGI Global, 2009, pp. 1709-1722. [7]
- S. Lakka**, C. Michalakelis, and D. Martakos, "Impact of OSS on Social and Economic Welfare", in *Handbook on Social Change*, H. S. Brooke and E. C. Scott, Eds.: Nova Science Publishers, 2009, pp. 1-26. [8]

Επιστημονικές δημοσιεύσεις Υπό Κρίση:

- S. Lakka**, T. Stamati, C. Michalakelis, and D. Martakos, eGovernment and OSS growth: A cross-country econometric analysis of simultaneity, *Information Technology and People* (accepted with revisions).





# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>11</b>
<b>ΛΙΣΤΑ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΩΝ</b> .....	<b>15</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	<b>17</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ</b> .....	<b>23</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</b> .....	<b>27</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ</b> .....	<b>29</b>
<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	<b>31</b>
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>33</b>
1.1 Ερευνητική μεθοδολογική προσέγγιση .....	34
1.2 Δομή διατριβής.....	35
<b>2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ</b> .....	<b>37</b>
2.1 Ορισμός ανοιχτού λογισμικού .....	37
2.1.1 Ορισμός κατά FSF .....	38
2.1.2 Ορισμός κατά OSI .....	38
2.2 Σύνοψη ιστορική αναδρομή .....	40
2.3 Άδειες Χρήσης ΕΛ/ΛΑΚ .....	42
2.3.1 Δημοφιλέστερες άδειες ΕΛ/ΛΑΚ στο SourceForge.....	46
2.4 Το ανοιχτό λογισμικό στην αγορά ΤΠΕ .....	47
<b>3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ</b> .....	<b>51</b>
3.1 Κοινωνικο-οικονομικές θεωρίες (socio-economic theories).....	52
3.1.1 Θεωρία εξωγενούς ανάπτυξης (Exogenous growth theory).....	53
3.1.2 Θεωρία ενδογενούς ανάπτυξης (Endogenous growth theory) .....	54
3.1.3 Θεωρία ανθρώπινου κεφαλαίου (Human capital theory).....	55
3.1.4 Θεωρία θεσμών (Institutional theory).....	56
3.2 Θεωρίες αποδοχής και διάχυσης της τεχνολογίας.....	56
3.2.1 Θεωρία διάχυσης των καινοτομιών .....	57
3.2.2 Θεωρίες Αποδοχής των Πληροφοριακών Συστημάτων.....	62
<b>4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ</b> .....	<b>67</b>
4.1 Σωρευτικά μοντέλα διάχυσης.....	68
4.1.1 Γενική μορφή σωρευτικών μοντέλων διάχυσης.....	69
4.2 Σημαντικότερα μοντέλα διάχυσης.....	71
4.3 Περιορισμοί στη χρήση των σωρευτικών μοντέλων διάχυσης .....	74

<b>4.4</b>	<b>Μέθοδοι εκτίμησης των παραμέτρων των μοντέλων διάχυσης.....</b>	<b>74</b>
4.4.1	Συμβατικά Ελάχιστα Τετράγωνα (OLS).....	75
4.4.2	Μη Γραμμικά Ελάχιστα Τετράγωνα (NLS) .....	76
4.4.3	Γενετικοί Αλγόριθμοι (GA).....	77
4.4.4	Στατιστικά μέτρα αξιοπιστίας των εκτιμήσεων.....	81
4.4.4.1	Συντελεστής Αποφασιστικότητας .....	81
4.4.4.2	Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα.....	82
4.4.4.3	Μέσο Απόλυτο Σφάλμα .....	82
4.4.4.4	Μέσο Ποσοστιαίο Σφάλμα.....	82
4.4.4.5	Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα.....	82
<b>4.5</b>	<b>Επεκτάσεις μοντέλων διάχυσης .....</b>	<b>83</b>
4.5.1	Το δυναμικό μοντέλο των Mahajan και Peterson.....	83
4.5.2	Το παραμετροποιημένο μοντέλο Dekimpe.....	87
4.5.2.1	Μέγεθος του κοινωνικού συστήματος, Si.....	88
4.5.2.2	Άνω όριο της διείσδυσης, και εγγενής χρησιμότητα Ci.....	88
4.5.2.3	Ορισμός χρονικού σημείου εκκίνησης της διάχυσης .....	89
4.5.2.4	Επίπεδο αποδοχής στο χρόνο εκκίνησης της καινοτομίας και ταχύτητα της διάχυσης.....	90
4.5.2.5	Ορισμός του μοντέλου.....	91
4.5.2.6	Εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου .....	92
<b>4.6</b>	<b>Μοντέλα ανταγωνισμού/ πληθυσμιακή βιολογία .....</b>	<b>93</b>
4.6.1	Εξισώσεις Lotka-Volterra.....	96
4.6.2	Επίλυση της εξίσωσης – σημείο ισορροπίας.....	97
4.6.3	Πλεονεκτήματα της μεθόδου.....	98
<b>4.7</b>	<b>Οικονομετρικά μοντέλα και στατιστική ανάλυση δεδομένων .....</b>	<b>99</b>
4.7.1	Μοντέλο γραμμικής πολλαπλής παλινδρόμησης (multiple linear regression).....	100
4.7.2	Η μέθοδος συμβατικών ελαχίστων τετραγώνων OLS .....	101
4.7.2.1	Αμεροληψία, αποτελεσματικότητα και συνέπεια της εκτιμήτριας των συντελεστών της γραμμικής παλινδρόμησης .....	102
4.7.3	Μοντέλα με δεδομένα Panel.....	103
4.7.4	Στατιστικοί έλεγχοι υποθέσεων .....	105
4.7.5	Η μέθοδος εφικτών γενικευμένων ελαχίστων τετραγώνων FGLS.....	108
4.7.6	Η μέθοδος των βοηθητικών μεταβλητών (IV).....	110
4.7.6.1	Η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων δύο σταδίων (2SLS) .....	111
4.7.6.2	Έλεγχος βοηθητικών μεταβλητών.....	112
4.7.6.3	Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας (Pagan and Hall).....	114
4.7.7	Η γενικευμένη μέθοδος ροπών (Generalized Method of Moments).....	115
4.7.8	Μοντέλα ταυτόχρονων εξισώσεων (Simultaneous equations modeling).....	117
<b>4.8</b>	<b>Μοντέλα δομικών εξισώσεων (Structural Equations Modeling -SEM).....</b>	<b>118</b>
4.8.1	Η μέθοδος PLS- SEM .....	122
4.8.2	Αξιολόγηση εξωτερικού μοντέλου μέτρησης.....	123
4.8.3	Αξιολόγηση εσωτερικού δομικού μοντέλου .....	125
4.8.4	Σύγκριση PLS και CBSEM .....	126
<b>4.9</b>	<b>Δομημένη μέθοδος δημιουργίας θεωρίας Structured-Case .....</b>	<b>127</b>
4.9.1	Προσδιορισμός Θεωρητικού Πλαισίου .....	128
4.9.2	Διεξαγωγή Επαναλαμβανόμενης Έρευνας με Ερευνητικούς Κύκλους Εργασίας .....	129
4.9.3	Η αξιολόγηση της θεωρίας βάσει ενδεδειγμένης βιβλιογραφικής ανασκόπησης .....	132
<b>5.</b>	<b>ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ .....</b>	<b>135</b>
<b>5.1</b>	<b>Το καινοτόμο μοντέλο ανάπτυξης του ανοιχτού λογισμικού .....</b>	<b>135</b>
5.1.1	Κατηγοριοποίηση των μελών της κοινότητας ΕΛ/ΛΑΚ.....	136
5.1.2	Διαδικασίες οργάνωσης και συντονισμού .....	137
5.1.3	Τεχνολογία λογισμικού.....	138
5.1.4	Εργαλεία ανάπτυξης ανοιχτού λογισμικού .....	138

<b>5.2</b>	<b>Το περιβάλλον ανάπτυξης λογισμικού SourceForge</b> .....	<b>140</b>
5.2.1	Περιεχόμενο της βάσης SourceForge .....	142
5.2.2	Ο πίνακας groups.....	144
5.2.3	Ο πίνακας users.....	144
5.2.4	Κατηγορίες αντικειμένων (artifacts).....	145
5.2.5	Αρχεία εκδόσεων λογισμικού (File Release Data) .....	147
5.2.6	Δεδομένα Συζητήσεων (Forum).....	149
5.2.7	Στοιχεία εργασιών ενός έργου (project tasks).....	150
5.2.8	Δεδομένα Τεκμηρίωσης (Documentation File Data) .....	151
5.2.9	Προσφορά εργασίας σε έργα (Project Jobs Data) .....	152
<b>5.3</b>	<b>Βιβλιογραφική ανασκόπηση βιωσιμότητας έργων ΕΛ/ΛΑΚ</b> .....	<b>153</b>
<b>5.4</b>	<b>Εννοιολογικό μοντέλο και υποθέσεις</b> .....	<b>154</b>
<b>5.5</b>	<b>Μεθοδολογία</b> .....	<b>155</b>
5.5.1	Ορισμός μεταβλητών-δεικτών του μοντέλου.....	157
5.5.2	Εξόρυξη δεδομένων από τη βάση $B_{ND}$ και δημιουργία νέας βάσης $B_{SL}$ .....	159
5.5.3	Επιλογή δεδομένων .....	161
5.5.4	Επεξεργασία δεδομένων .....	163
<b>5.6</b>	<b>Στατιστική ανάλυση δεδομένων και αποτελέσματα</b> .....	<b>168</b>
5.6.1	Αξιολόγηση εξωτερικού μοντέλου .....	169
5.6.2	Δομικό μοντέλο.....	171
<b>5.7</b>	<b>Συμπεράσματα</b> .....	<b>172</b>
5.7.1	Περιορισμοί της έρευνας και των αποτελεσμάτων.....	173
<b>6.</b>	<b>ΔΙΑΧΥΣΗ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ</b> .....	<b>175</b>
6.1.1	Βιβλιογραφική ανασκόπηση: αντιληπτά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ΕΛ/ΛΑΚ .....	176
<b>6.2</b>	<b>Η περίπτωση του Apache web server.</b> .....	<b>178</b>
6.2.1	Ο Apache HTTP server.....	179
6.2.2	Μεθοδολογική προσέγγιση .....	181
6.2.3	Υποθέσεις εννοιολογικού μοντέλου.....	183
6.2.4	Περιγραφή εμπειρικών δεδομένων .....	186
6.2.5	Εκτίμηση και αξιολόγηση μοντέλου διάχυσης.....	189
6.2.6	Ερμηνεία των αποτελεσμάτων .....	193
6.2.7	Οικονομετρική ανάλυση.....	194
6.2.8	Αποτελέσματα .....	197
<b>6.3</b>	<b>Παράγοντες που επιδρούν στη διάχυση του ανοιχτού λογισμικού</b> .....	<b>199</b>
6.3.1	Ορισμός του μοντέλου και των παραμέτρων του .....	199
6.3.2	Εκτίμηση των παραμέτρων.....	201
6.3.3	Ερμηνεία των αποτελεσμάτων .....	203
<b>6.4</b>	<b>Συμπεράσματα για τη διάχυση ΕΛ/ΛΑΚ</b> .....	<b>204</b>
6.4.1	Περιορισμοί και μελλοντική έρευνα.....	206
<b>7.</b>	<b>ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟ</b> .....	<b>207</b>
<b>7.1</b>	<b>Οικονομικά χαρακτηριστικά της αγοράς λογισμικού</b> .....	<b>207</b>
7.1.1	Επίδραση του ανοιχτού λογισμικού στα οικονομικά χαρακτηριστικά της αγοράς.....	209
<b>7.2</b>	<b>Επιδράσεις του ανοιχτού λογισμικού στην αγορά</b> .....	<b>210</b>
7.2.1	Εκτίμηση της επίδρασης του ανοιχτού λογισμικού στον ανταγωνισμό.....	212
7.2.1.1	Δομή αγοράς (market structure) web servers.....	212
7.2.1.2	Δομή αγοράς operating systems .....	213

7.2.1.3	Δομή αγοράς web browsers.....	214
7.2.2	Συμπεράσματα και περιορισμοί της έρευνας .....	215
<b>7.3</b>	<b>Το ανοιχτό λογισμικό ως καινοτόμο επιχειρηματικό μοντέλο .....</b>	<b>216</b>
7.3.1	Βιβλιογραφική ανασκόπηση .....	217
7.3.2	Θεωρητικό πλαίσιο έρευνας και μεθοδολογία .....	218
7.3.3	Ερευνητικοί κύκλοι.....	220
7.3.3.1	Πρώτος ερευνητικός κύκλος- εννοιολογικό πλαίσιο CF1.....	220
7.3.3.2	Πρώτος ερευνητικός κύκλος- εννοιολογικά πλαίσια CF2 και CF2.1. ....	220
7.3.3.3	Δεύτερος ερευνητικός κύκλος- εννοιολογικά πλαίσια CF3 και CF3.1. ....	228
7.3.4	Συμπεράσματα .....	230
7.3.4.1	Περιορισμοί της έρευνας και των αποτελεσμάτων .....	231
<b>7.4</b>	<b>Μελέτη του ανταγωνισμού και δομής της αγοράς των λειτουργικών συστημάτων.....</b>	<b>231</b>
7.4.1	Η αγορά των λειτουργικών συστημάτων .....	233
7.4.2	Βιβλιογραφική ανασκόπηση .....	234
7.4.3	Μεθοδολογία .....	236
7.4.3.1	Οι εξισώσεις Lotka -Volterra .....	236
7.4.3.2	Μεθοδολογική διαδικασία .....	238
7.4.4	Εμπειρική ανάλυση και αποτελέσματα.....	238
7.4.4.1	Εκτίμηση των παραμέτρων – Γενετικοί αλγόριθμοι. ....	239
7.4.4.2	Αποτελέσματα και αξιολόγηση της εκτίμησης των παραμέτρων.....	240
7.4.4.3	Ανάλυση της δυναμικής της αγοράς των λειτουργικών συστημάτων.....	241
7.4.4.4	Σημεία ισορροπίας και ανάλυση ιδιοτιμών .....	243
7.4.4.5	Λύση του συστήματος και πρόβλεψη της διάχυσης.....	245
7.4.5	Ανάλυση ευαισθησίας επιπέδων χρήσης του Linux.....	247
7.4.6	Αποτελέσματα και διοικητικές επιπτώσεις.....	250
7.4.7	Συμπεράσματα και περιορισμοί της έρευνας.....	251
<b>8.</b>	<b>ΑΝΟΙΧΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ.....</b>	<b>253</b>
<b>8.1</b>	<b>Η στρατηγική σημασία του ανοιχτού λογισμικού στο δημόσιο τομέα .....</b>	<b>253</b>
<b>8.2</b>	<b>Πολιτικές παρέμβασης υπέρ του ανοιχτού λογισμικού .....</b>	<b>255</b>
<b>8.3</b>	<b>Διείσδυση ανοιχτού λογισμικού στο δημόσιο τομέα .....</b>	<b>257</b>
<b>8.4</b>	<b>Ανοιχτό λογισμικό και ηλεκτρονική διακυβέρνηση (eGovernment) .....</b>	<b>259</b>
8.4.1	Ορισμός ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.....	259
8.4.2	Μοντέλα βαθμού ωριμότητας της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.....	261
8.4.3	Σχέση ανοιχτού λογισμικού και ηλεκτρονικής διακυβέρνησης .....	263
8.4.4	Ερευνητικά ερωτήματα .....	264
<b>8.5</b>	<b>Αξιολόγηση της επίδρασης του ανοιχτού λογισμικού στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση .....</b>	<b>265</b>
8.5.1	Εννοιολογικό μοντέλο CM1.....	267
8.5.1.1	Υποθέσεις, παράγοντες και μετρικές τους.....	267
8.5.1.2	Μεθοδολογία .....	271
8.5.1.3	Αποτελέσματα.....	273
8.5.2	Εννοιολογικό μοντέλο CM2 .....	274
8.5.2.1	Υποθέσεις, παράγοντες και μετρικές τους.....	275
8.5.2.2	Μεθοδολογία .....	277
8.5.2.3	Αποτελέσματα.....	279
8.5.3	Εννοιολογικό μοντέλο CM3. Αλληλεπίδραση ανοιχτού λογισμικού και ηλεκτρονικής διακυβέρνησης 280	
8.5.3.1	Υποθέσεις, παράγοντες και μετρικές τους.....	281
8.5.3.2	Μεθοδολογία .....	284
8.5.3.3	Αποτελέσματα.....	288
8.5.4	Σύγκριση μοντέλων και τελικά συμπεράσματα .....	290
8.5.5	Περιορισμοί της έρευνας και των αποτελεσμάτων. ....	294

<b>8.6</b>	<b>Ανοιχτό Λογισμικό και Εκπαίδευση .....</b>	<b>294</b>
8.6.1	Παράγοντες διάχυσης ανοιχτού λογισμικού στην εκπαίδευση .....	296
8.6.2	Εξ αποστάσεως εκπαίδευση και ηλεκτρονικά συστήματα διαχείρισης μάθησης .....	299
8.6.3	Ανοιχτό περιεχόμενο και ανοιχτή εκπαίδευση .....	301
8.6.4	Συμπεράσματα.....	303
<b>9.</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>305</b>
9.1	Συνεισφορά της διατριβής σε ερευνητικό επίπεδο .....	310
9.2	Συνεισφορά της διατριβής σε πρακτικό επίπεδο.....	312
9.3	SWOT ανάλυση του ΕΛ/ΛΑΚ .....	313
9.4	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	316
	<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ .....</b>	<b>319</b>
	<b>ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ .....</b>	<b>327</b>
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....</b>	<b>331</b>
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ .....</b>	<b>333</b>
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ.....</b>	<b>341</b>
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV .....</b>	<b>355</b>
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V.....</b>	<b>357</b>
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI .....</b>	<b>359</b>
	<b>ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....</b>	<b>363</b>



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1-1. Μεθοδολογική προσέγγιση διατριβής.....	34
Σχήμα 2-1. Κατανομή αδειών χρήσης σε περίπου 278.000 προγράμματα ανοιχτού λογισμικού στο SourceForge (Μάρτιος 2010). ....	47
Σχήμα 3-1. Το μοντέλο Sollow για τη θεωρία εξωγενούς ανάπτυξης.....	53
Σχήμα 3-2. Το AK μοντέλο ενδογενούς ανάπτυξης .....	55
Σχήμα 3-3. Εννοιολογικό μοντέλο θεωρίας διάχυσης των καινοτομιών [57]. ....	57
Σχήμα 3-4. Ιδεατή διαδικασία διάχυσης καινοτομίας και κατανομή των χρηστών στο χρόνο [57]. ....	59
Σχήμα 3-5 Καμπύλη διάχυσης μιας καινοτομίας.....	60
Σχήμα 3-6. Αθροιστικές καμπύλες διάχυσης καινοτομιών [57] .....	60
Σχήμα 3-7. Το μοντέλο UTAUT [62]. ....	63
Σχήμα 3-8. Μοντέλο Επιτυχίας των DeLone και McLean [63] .....	65
Σχήμα 3-9. Αναβαθμισμένο μοντέλο επιτυχίας των DeLone και McLean [64] .....	66
Σχήμα 4-1. Κατηγοριοποίηση σωρευτικών μοντέλων διάχυσης, ως προς τους παράγοντες που επηρεάζουν τη διεξόδυση.....	68
Σχήμα 4-2. Διαδικασία εφαρμογής Γενετικών Αλγορίθμων για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης .....	79
Σχήμα 4-3. Μεροληψία αριστερής περικοπής (left-hand truncation): καμπύλες διάχυσης χωρίς κοινό χρονικό σημείο εκκίνησης της καινοτομίας [128].....	90
Σχήμα 4-4. Καμπύλες διάχυσης με κοινό χρονικό σημείο εκκίνησης της καινοτομίας [128]. ....	90
Σχήμα 4-5. Η $E(y/X)$ είναι γραμμική συνάρτηση του $X$ .....	101
Σχήμα 4-6. Γενικευμένο μοντέλο SEM.....	120
Σχήμα 4-7. Αξιολόγηση του μοντέλου PLS σε δύο βήματα.....	123
Σχήμα 4-8. Η μεθοδολογική προσέγγιση δημιουργίας θεωρίας.....	128
Σχήμα 4-9. Η σπειροειδής μεθοδολογική προσέγγιση δομημένης-περίπτωσης.....	132
Σχήμα 5-1. Ιεραρχική δομή μελών κοινότητας EΛ/ΛΑΚ [233] .....	136
Σχήμα 5-2. Διάγραμμα συσχετίσεων οντοτήτων της βάσης SourceForge .....	143
Σχήμα 5-3. Διάγραμμα συσχετίσεων για τους πίνακες groups και tron_cat. ....	144
Σχήμα 5-4. Διάγραμμα συσχετίσεων των πινάκων users και groups.....	145
Σχήμα 5-5. Διάγραμμα συσχετίσεων των αντικειμένων artifacts [240]. ....	147
Σχήμα 5-6. Διάγραμμα συσχετίσεων για το SCM CVS [241]. ....	148
Σχήμα 5-7. Διάγραμμα συσχετίσεων για το SCM SVN [241]. ....	148
Σχήμα 5-8. Διάγραμμα συσχετίσεων για το σύστημα αρχείων εκδόσεων [240]. ....	149

Σχήμα 5-9. Διάγραμμα συσχετίσεων για τη περιγραφή των σχολίων του forum [240]	150
Σχήμα 5-10. Διάγραμμα συσχετίσεων για τη κατανομή εργασιών κάθε έργου [240]...	150
Σχήμα 5-11. Διάγραμμα συσχετίσεων για την τεκμηρίωση του έργου [240].....	151
Σχήμα 5-12. Διάγραμμα συσχετίσεων για την προσφορά εργασίας του έργου [240]..	152
Σχήμα 5-13. Εννοιολογικό μοντέλο βιωσιμότητας προγραμμάτων ΕΛ/ΛΑΚ. ....	154
Σχήμα 5-14. Διαγραμματική απεικόνιση μεθοδολογίας.....	156
Σχήμα 5-15. Εξόρυξη δεδομένων σε τοπική βάση B <sub>SL</sub> .....	159
Σχήμα 5-16. Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης PLS .....	171
Σχήμα 6-1. (α) Αριθμός εγγεγραμμένων χρηστών (β) Αριθμός εγγεγραμμένων έργων στη πύλη SourceForge τη τελευταία δεκαετία.....	175
Σχήμα 6-2. Διείσδυση του Apache. Πηγή: Netcraft web server survey [281]. ....	179
Σχήμα 6-3. Εξέλιξη του κώδικα Apache από το 1996 έως σήμερα .....	180
Σχήμα 6-4. Θεωρητικό και μεθοδολογικό πλαίσιο έρευνας .....	182
Σχήμα 6-5. Εκτίμηση της διάχυσης του Apache με το δυναμικό μοντέλο.....	191
Σχήμα 6-6. Πρόβλεψη της διάχυσης του Apache με το δυναμικό μοντέλο και σύγκριση με το λογιστικό μοντέλο .....	192
Σχήμα 6-7. Καμπύλη διάχυσης και κομβικά χρονικά σημεία Apache.....	193
Σχήμα 7-1. Τιμές του δείκτη HHI στην αγορά των Web Servers .....	213
Σχήμα 7-2. Διείσδυση διαφορετικών εκδόσεων λειτουργικών συστημάτων .....	214
Σχήμα 7-3. Τιμές του δείκτη HHI στην αγορά των λειτουργικών συστημάτων. ....	214
Σχήμα 7-4. Τιμές του δείκτη HHI για την αγορά των web browsers .....	215
Σχήμα 7-5. Μεθοδολογική προσέγγιση ανάλυσης των EM ΕΛ/ΛΑΚ. ....	219
Σχήμα 7-6. CF1: Βασικές έννοιες των επιχειρηματικών μοντέλων ΕΛ/ΛΑΚ. ....	220
Σχήμα 7-7. Ποσοστά των διαφορετικών αδειών χρήσης ΕΛ/ΛΑΚ στο δείγμα .....	222
Σχήμα 7-8. (α) Προσφερόμενη αξία για τον τομέα του λογισμικού (β) Προσφερόμενη αξία για τον τομέα των υπηρεσιών .....	223
Σχήμα 7-9. CF2.1. Ταξινόμηση EM ΕΛ/ΛΑΚ.....	225
Σχήμα 7-10. CF2. Οντολογικό επιχειρηματικό μοντέλο ΕΛ/ΛΑΚ.....	227
Σχήμα 7-11. CF3.1. Ταξινόμηση EM ΕΛ/ΛΑΚ.....	229
Σχήμα 7-12. CF3. Οντολογικό επιχειρηματικό μοντέλο ΕΛ/ΛΑΚ.....	230
Σχήμα 7-13. Σχηματική απεικόνιση της εκτίμησης της διάχυσης για τα ΛΣ (α) Linux, (b) Mac OSX, (c) Windows .....	241
Σχήμα 7-14. Διάγραμμα φάσης του δυναμικού συστήματος, βασισμένο σε τυχαίες αρχικές τιμές. Όλες οι τροχιές συγκλίνουν στο σημείο ισορροπίας.....	244



Σχήμα 7-15. Εκτίμηση (α) και πρόβλεψη (β) της διάχυσης για το Linux .....	245
Σχήμα 7-16. Εκτίμηση (α) και πρόβλεψη (β) της διάχυσης για τα Windows .....	246
Σχήμα 7-17. Εκτίμηση (α) και πρόβλεψη (β) της διάχυσης για το Mac OSX.....	246
Σχήμα 7-18. Διείσδυση και σημεία ισορροπίας για διαφορετικά επίπεδα υιοθέτησης του Linux, για πρόβλεψη 5 ετών .....	249
Σχήμα 8-1. Γεωγραφική κατανομή εγκεκριμένων πολιτικών παρεμβάσεων για το ΕΛ/ΛΑΚ [297] .....	256
Σχήμα 8-2. Ποσοστό χρηστών ΕΛ/ΛΑΚ στο δημόσιο τομέα - Ευρώπη [404].....	257
Σχήμα 8-3. Διείσδυση ΕΛ/ΛΑΚ στο δημόσιο τομέα ανά είδος - Ευρώπη [404]. .....	258
Σχήμα 8-4. Ποσοστό υιοθέτησης ανοιχτού λογισμικού στο δημόσιο τομέα [406]. .....	259
Σχήμα 8-5. Εννοιολογικό μοντέλο CM1. ....	267
Σχήμα 8-6. Εννοιολογικό μοντέλο CM2 .....	274
Σχήμα 8-7. Εννοιολογικό μοντέλο CM3 .....	281
Σχήμα 8-8. Εννοιολογικό μοντέλο σχέσης ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και ΕΛ/ΛΑΚ. 291	
Σχήμα 9-1. SWOT ανάλυση για το ΕΛ/ΛΑΚ.....	314



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2-1. Το ανοιχτό λογισμικό εφαρμόζεται από τα embedded systems έως τα grids. .....	48
Εικόνα 5-1. Υπηρεσίες διαχείρισης έργων SourceForge .....	141
Εικόνα 5-2. Περιβάλλον διεπαφής με τη βάση του πανεπιστημίου Notre Dame.....	160



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3-1. Ο τρείς πυλώνες της θεωρίας των θεσμών.....	56
Πίνακας 3-2. Συνοπτική παρουσίαση αποτελεσμάτων UTAUT. ....	64
Πίνακας 4-1. Γενικές μορφές μοντέλων διάχυσης.....	70
Πίνακας 4-2. Οικογένεια Λογιστικών Μοντέλων.....	74
Πίνακας 4-3. Τύποι αλληλεπίδρασης μεταξύ των ειδών [143] .....	95
Πίνακας 4-4. Σύγκριση μεθόδων PLS και CBSEM [184].....	127
Πίνακας 5-1. Οι συχνότερες κατηγορίες αντικειμένων εργασιών στη SourceForge (σε σύνολο 448). ....	145
Πίνακας 5-2. Ορισμός μεταβλητών-δείκτων.....	158
Πίνακας 5-3. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία μεταβλητών.....	168
Πίνακας 5-4. Συντελεστές βαρύτητας κάθε μεταβλητής (loadings) και μεταξύ των μεταβλητών (cross-loadings).....	170
Πίνακας 5-5. Στατιστικές εγκυρότητας και αξιοπιστίας: Σύνθετη αξιοπιστία, AVE και συσχετίσεις μεταβλητών.....	170
Πίνακας 5-6. Συντελεστές διαδρομών και έλεγχος σημαντικότητας (bootstrap).....	171
Πίνακας 6-1. Ταξινόμηση παραγόντων που επιδρούν στην υιοθέτηση του ανοιχτού λογισμικού.....	176
Πίνακας 6-2. Σημαντικά ιστορικά σημεία της εξέλιξης του Apache .....	180
Πίνακας 6-3. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τα $N(t)$ , $P(t)$ .....	186
Πίνακας 6-4. Μεταβλητές, μεγέθη και πηγές.....	187
Πίνακας 6-5. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μεταβλητών.....	188
Πίνακας 6-6. Εκτίμηση παραμέτρων για τον πληθυσμό $P(t)$ - λογιστικό μοντέλο .....	190
Πίνακας 6-7. Αποτελέσματα εκτίμησης για το $N(t)$ - Δυναμικό μοντέλο .....	190
Πίνακας 6-8. Αξιολόγηση της εκτίμησης για το $N(t)$ .....	192
Πίνακας 6-9. Πίνακας συσχετίσεων .....	194
Πίνακας 6-10. Αποτελέσματα παλινδρόμησης για τη $N(t)$ με τη μέθοδο IV GMM.....	197
Πίνακας 6-11. Κατατάξεις χωρών ανάλογα με τη χρήση του ΕΛ/ΛΑΚ. ....	201
Πίνακας 6-12. Παράγοντες επίδρασης στην εκκίνηση και ταχύτητα της διάχυσης ΕΛ/ΛΑΚ.....	203
Πίνακας 7-1. Οργάνωση διοίκησης και παραγωγής σε κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ .....	226
Πίνακας 7-2. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τα τρία λειτουργικά συστήματα .....	239
Πίνακας 7-3. Στατιστικά μέτρα για την αξιολόγηση των εκτιμήσεων των παραμέτρων. .....	240
Πίνακας 7-4. Σημεία ισορροπίας του συστήματος (7-6).....	243

Πίνακας 7-5. Αξιολόγηση της εκτίμησης και πρόβλεψης.....	246
Πίνακας 7-6. Σημεία ισορροπίας και συγκέντρωση αγοράς για διαφορετικές τιμές του επιπέδου προώθησης του Linux .....	248
Πίνακας 8-1. Βαθμός ωριμότητας ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και χρήση ΕΛ/ΛΑΚ ανά χώρα.....	266
Πίνακας 8-2. Μοντέλο CM1: Μεταβλητές, μετρικές και πηγές τους.....	271
Πίνακας 8-3. Αποτελέσματα παλινδρόμησης FGLS, Μοντέλο CM1.....	273
Πίνακας 8-4. Μοντέλο CM2: Μεταβλητές, μετρικές και πηγές τους.....	277
Πίνακας 8-5. Αποτελέσματα παλινδρόμησης FGLS, Μοντέλο CM2.....	279
Πίνακας 8-6. Μοντέλο CM3: Μεταβλητές, μετρικές και πηγές τους.....	285
Πίνακας 8-7. Πίνακας συσχετίσεων μεταβλητών της (8.6) .....	286
Πίνακας 8-8. Αποτελέσματα παλινδρόμησης IV – GMM. Μοντέλο CM3.....	289
Πίνακας 8-9. Σύγκριση των μοντέλων CM1, CM2, CM3 .....	292
Πίνακας 8-10. Παράγοντες διάχυσης ανοιχτού λογισμικού στην εκπαίδευση .....	298
Πίνακας 8-11. LMS ανοιχτού λογισμικού .....	300

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Πριν την καταγραφή αυτής της ερευνητικής προσπάθειας, θα ήθελα να αφιερώσω λίγες γραμμές σε όλους όσους συντέλεσαν στην επίτευξή της.

Πρώτα απ' όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Δρακούλη Μαρτάκο για τη συνεχή υποστήριξή του και τις συμβουλές που παρείχε στα διάφορα θέματα που ανέκυπταν κατά τη διάρκεια της έρευνας, αλλά και τους κ.κ. Δημήτρη Βαρουτά και Στάθη Χατζηευθυμιάδη για τη συμβολή τους ως μέλη της τριμελούς επιτροπής. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βαρουτά που με ενθάρρυνε στο ξεκίνημα της έρευνας και ήταν και ο εμπνευστής του θέματος αυτού του διδακτορικού.

Επίσης, θερμά ευχαριστώ τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τους κ.κ. Κωνσταντόπουλο, Ηρειώτη, Δημητρίου και Σφηκόπουλο για τη συνεργασία τους στο πλαίσιο της διαδικασίας της υποστήριξης. Ιδιαίτερα, ευχαριστώ τον κ. Θωμά Σφηκόπουλο, για τις συζητήσεις, αλλά και πολύτιμες συμβουλές που παρείχε όποτε αυτό του ζητήθηκε.

Πολύτιμος συνεργάτης στο πλαίσιο της έρευνας αποτέλεσε επίσης, ο κ. Χρήστος Μιχαλακέλης. Αν και η συνεργασία μας σε επιστημονικό επίπεδο υπήρξε άψογη, τον ευχαριστώ περισσότερο για την υποστήριξή του ως φίλο. Οι πολύωρες συζητήσεις και εύστοχες συμβουλές σε δύσκολες και κρίσιμες φάσεις της έρευνας, αποτέλεσαν για μένα σημαντική υποστήριξη σε επιστημονικό και πολύ περισσότερο σε ψυχολογικό επίπεδο. Ιδιαίτερα τον ευχαριστώ που πίστεψε στις δυνατότητές μου, σε στιγμές που εγώ αμφέβαλλα. Πάνω απ' όλα, τον ευχαριστώ για την υποστήριξη που μου παρείχε ως σύζυγος και για το οικογενειακό βάρος που ανέλαβε να καλύψει λόγω των υποχρεώσεών μου με τη διατριβή.

Παράλληλα, η συνεργασία μου με την κ. Τέτα Σταμάτη υπήρξε ιδιαίτερα επικοινωνιακή, όπου μέσα από συζητήσεις, συμβουλές και ανταλλαγές ιδεών, ανέκυψαν νέες κατευθύνσεις στην έρευνα. Η συνεργασία – όπως και η ίδια- ήταν άψογη και την ευχαριστώ πού γι' αυτό. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Βάγια Κυριακίδου, τον κ. Μάρκο Τσελεκούνη και τον κ. Χάρη Χριστόδουλο οι οποίοι τα τελευταία χρόνια υπήρξαν και εκείνοι συνοδοιπόροι, υποψήφιοι διδάκτορες και με τους οποίους μοιραστήκαμε κοινές ανησυχίες, ερωτηματικά και ιδέες. Τους ευχαριστώ πολύ για τη προθυμία τους να με βοηθήσουν όποτε και όπως μπορούσαν.

Ιδιαίτερα όμως, ευχαριστώ τους γονείς μου γιατί με έμαθαν να αγαπώ τη γνώση και την επιστήμη και γιατί πάντοτε πίστευαν σε μένα και με στήριξαν με όποιο τρόπο μπορούσαν, τόσο υλικά όσο και ψυχολογικά, σε όλες τις επιλογές μου σε επιστημονικό επίπεδο.

Για το τέλος άφησα τα αγαπημένα μου παιδιά Ειρήνη και Γιώργο στα οποία και είναι αφιερωμένη αυτή η διατριβή. Ευχαριστώ πολύ την Ειρήνη μου, για την ωριμότητα που έδειξε και τη πολύ μεγάλη συμπαράσταση που είχα από μέρους της σε όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας. Ο μικρός Γιωργάκης, επίσης, φρόντιζε πάντα να κάνει αισθητή τη παρουσία του και να μου θυμίζει πως έχω συντροφιά στη διάρκεια της νύχτας, όταν έγραφα αυτή την έρευνα. Τους ευχαριστώ πολύ και τους δύο γιατί ο καθένας, με το δικό του τρόπο, με βοήθησαν να ολοκληρώσω αυτή την προσπάθεια. Πολύ περισσότερο όμως τους ευχαριστώ, γιατί αποτελούν για μένα κάτι πολύ παραπάνω από ένα πτυχίο: αποτελούν πηγή έμπνευσης, δύναμης, χαράς και ελπίδας.





## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Ελεύθερο Λογισμικό/Λογισμικό Ανοιχτού Κώδικα (ΕΛ/ΛΑΚ) αποτελεί ένα εναλλακτικό μοντέλο ανάπτυξης και χρήσης λογισμικού, σύμφωνα με το οποίο κάθε παραγόμενο λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί, να αντιγραφεί και να διανεμηθεί ελεύθερα, με ή χωρίς αλλαγές. Η δυνατότητα αλλαγών ή βελτιώσεων παρέχεται στον χρήστη μέσω της ελεύθερης διάθεσης του πηγαίου κώδικα.

Τεχνολογικά, το ΕΛ/ΛΑΚ αποτελεί μια καινοτομία, ως προς την μεθοδολογία σχεδίασης και ανάπτυξης του, συγκριτικά με τις κλασσικές μεθόδους ανάπτυξης κλειστού λογισμικού, όπως για παράδειγμα, καινοτομία αποτελεί ο τρόπος οργάνωσης και διαχείρισης των τεχνολογικών και ανθρωπίνων πόρων που υποστηρίζουν την διαδικασία ανάπτυξης λογισμικού, μέσα από τις οργανωμένες κοινότητες προγραμματιστών-χρηστών του ΕΛ/ΛΑΚ. Παράλληλα, το ανοιχτό λογισμικό εισάγει μια νέα ιδεολογία και αντίληψη ως προς την κοινή χρήση του λογισμικού, δίνοντας έμφαση στη συλλογικότητα, τη συνεργατικότητα και διαφάνεια [9, 10].

Τα τελευταία χρόνια μεγάλο ρεύμα της έρευνας εστιάζει γύρω από το ελεύθερο και ανοιχτό λογισμικό. Καθώς το λογισμικό αυτό, πέρα από την τεχνολογική του υπόσταση εμπεριέχει στοιχεία που λαμβάνουν οικονομική, κοινωνική, ακόμη και πολιτική διάσταση, αποτελεί αντικείμενο έρευνας που προσεγγίζεται από διαφορετικά επιστημονικά πεδία όπως η τεχνολογία λογισμικού, τα πληροφοριακά συστήματα (ΠΣ), οι κοινωνικο-οικονομικές επιστήμες και η πολιτική οικονομία [11, 12]. Σύμφωνα με μελετητές που υλοποίησαν ενδελεχή ανασκόπηση της έως τώρα βιβλιογραφίας σχετικά με το ανοιχτό λογισμικό [13-17], το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας στρέφεται κυρίως σε τρεις τομείς: στο ανοιχτό λογισμικό ως καινοτόμο μοντέλο ανάπτυξης λογισμικού, στο ανοιχτό λογισμικό ως κοινωνικό φαινόμενο με έμφαση στη μελέτη της συμπεριφοράς των προγραμματιστών-εθελοντών και των κινήτρων τους και στο ανοιχτό λογισμικό ως οικονομικό φαινόμενο [18]. Παράλληλα, παρόλο που το ανοιχτό λογισμικό γνωρίζει πολύ μεγάλη διάχυση σε όλους τους τομείς της αγοράς των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ), η έρευνα που αφορά την ίδια τη διάχυση είναι σχετικά περιορισμένη. Όπως συμπεραίνεται και από τις σχετικές μελέτες [13-17], ερευνητικά ερωτήματα όπως, ποια είναι η πορεία διάχυσης του ανοιχτού λογισμικού και ποιοι είναι οι παράγοντες που μπορούν να την επηρεάσουν, ή αν το ανοιχτό λογισμικό θα μπορέσει να επιβιώσει και αντέξει στη πίεση του ανταγωνισμού στις αυστηρά μονοπωλιακές αγορές λογισμικού παραμένουν αναπάντητα.

Από την άλλη πλευρά, σύμφωνα με ερευνητές, ο φόβος για μικρή βιωσιμότητα αποτελεί τη βασικότερη ανασταλτική αιτία υιοθέτησης του ανοιχτού λογισμικού [19-22]. Πολλοί χρήστες ανησυχούν για τη πιθανότητα να χάσουν πολύτιμο χρόνο εκμάθησης ενός λογισμικού με μικρό κύκλο ζωής, καθώς στο ανοιχτό λογισμικό δεν υπάρχει η ασφάλεια και εγγύηση μιας εταιρείας υποστήριξης και συντήρησης του λογισμικού. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες σε εφαρμογές λογισμικού ως απόρροια των ραγδαία αναπτυσσόμενων τεχνολογιών ΤΠΕ, καθιστά απαραίτητο έναν αναλυτικό προσδιορισμό των παραγόντων και παραμέτρων που επηρεάζουν την πορεία, ανάπτυξη και βιωσιμότητα του ΕΛ/ΛΑΚ. Τέλος, το ιδεολογικό περιεχόμενο του ΕΛ/ΛΑΚ αποτέλεσε το εναρκτήριο λάκτισμα για μια πρόσφατη κατεύθυνση τη έρευνας που αφορά στην επίδραση της διάχυσης του ΕΛ/ΛΑΚ σε πρωτοβουλίες παρόμοιου ιδεολογικού περιεχομένου, όπως είναι η ηλεκτρονική διακυβέρνηση και η ανοιχτή εκπαίδευση. Ο τομέας αυτός της έρευνας βρίσκεται ακόμη σε πολύ αρχικό στάδιο.

Στόχος της παρούσας διατριβής είναι να συνεισφέρει σε αυτούς τους τομείς της έρευνας, μέσα από τη μελέτη της διάχυσης του ανοιχτού λογισμικού και των επιδράσεών της. Η έρευνα εστιάζει στη πορεία της διάχυσης μέσα στο χρόνο και προσδιορίζει και αποτιμά σχέσεις αιτίας και αποτελέσματος του φαινομένου. Αφενός,

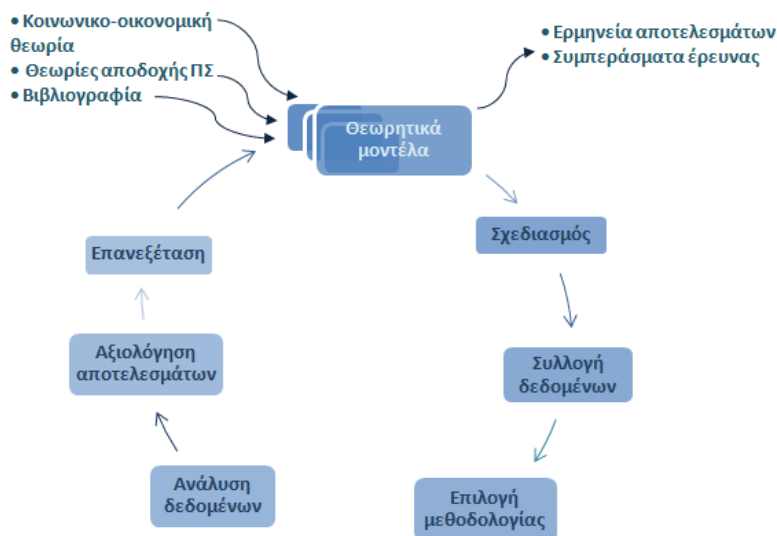
προσδιορίζονται και αποτιμούνται οι παράγοντες που επηρεάζουν τη πορεία διάχυσης (σχέσεις αιτίας). Αφετέρου, μελετώνται οι επιπτώσεις (σχέσεις αποτελέσματος) της διάχυσης τόσο σε οικονομικό επίπεδο, όπου εξετάζονται οι αντιδράσεις και ισορροπίες στην αγορά λογισμικού, όσο και σε κοινωνικο-πολιτικό επίπεδο, όπου μελετώνται οι επιδράσεις στο δημόσιο τομέα. Η ερευνητική μεθοδολογική προσέγγιση και οι μελέτες που εκπονήθηκαν στο πλαίσιο αυτό παρουσιάζονται συνοπτικά στις ενότητες 1.1 και 1.2 αντιστοίχως.

### 1.1 Ερευνητική μεθοδολογική προσέγγιση

Η παρούσα διατριβή παρουσιάζει ένα αυστηρό μεθοδολογικό πλαίσιο το οποίο βασίζεται σε κατάλληλο θεωρητικό υπόβαθρο των μαθηματικών και της στατιστικής και από το οποίο προέκυψαν χρήσιμα αποτελέσματα ως προς την διεύθυνση και τον ανταγωνισμό στην αγορά λογισμικού, καθώς αυτό εφαρμόστηκε σε συγκεκριμένες μελέτες περίπτωσης. Μεθοδολογικά, η έρευνα στηρίχτηκε σε πέντε άξονες:

1. Στην διερεύνηση του υπάρχοντος θεωρητικού υπόβαθρου, για την αξιοποίηση των απαραίτητων θεωριών που εξηγούν την αποδοχή/υιοθέτηση των πληροφοριακών συστημάτων.
2. Στην προηγούμενη εμπειρία και συμπεράσματα από έρευνα που έχει διεξαχθεί στο τομέα του ανοιχτού λογισμικού.
3. Στην δημιουργία θεωρητικών μοντέλων για την ερμηνεία της διάχυσης.
4. Στην επιλογή των κατάλληλων μαθηματικών και στατιστικών μεθόδων αποτίμησης των μοντέλων.
5. Στην αξιολόγηση των μοντέλων και των αποτελεσμάτων τους, με βάση εμπειρικά δεδομένα.

Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος δομημένης-περίπτωσης (structured case) [23, 24]. Μια μεθοδολογικά καθορισμένη θεωρητική δομή αποτελεί το στοιχείο κλειδί της μεθόδου, όχι μόνον κατά τα αρχικά στάδια, αλλά σε όλη τη διαδικασία της έρευνας. Η εν λόγω θεωρητική δομή χαρακτηρίζεται ως θεωρητικό μοντέλο ή εννοιολογικό πλαίσιο (conceptual framework) το οποίο εξηγεί, διαγραμματικά και λεκτικά, τα βασικά θέματα προς μελέτη, τους κρίσιμους παράγοντες προς εξέταση, τις δομές θεώρησης, τις μεταβλητές και τις συσχετίσεις μεταξύ τους [25]. Το εννοιολογικό πλαίσιο σχηματίζεται βάσει των ερευνητικών θεμάτων, της υφιστάμενης γνώσης και ιδεών και τη βιβλιογραφία και φιλτράρεται από το θεωρητικό υπόβαθρο του ερευνητή. Η μέθοδος παρουσιάζεται αναλυτικά στην ενότητα 4.9.



Σχήμα 1-1. Μεθοδολογική προσέγγιση διατριβής

Μέσα από μια σειρά ερευνητικών κύκλων εξετάστηκαν διαφορετικές θεωρίες, όπως οι θεωρίες αποδοχής των ΠΣ αλλά και θεωρίες που βασίζονται στην οικονομική θεωρία και στην κοινωνιολογία. Οι θεωρίες που τελικά χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο της διατριβής παρουσιάζονται συνοπτικά στο Κεφάλαιο 3. Τα θεωρητικά μοντέλα που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια των ερευνητικών κύκλων, αξιολογήθηκαν μέσω κατάλληλων μαθηματικών και στατιστικών μεθοδολογιών, οι οποίες περιγράφονται συνοπτικά στο Κεφάλαιο 4. Σχηματικά, η μεθοδολογική προσέγγιση δημιουργίας των τελικών θεωρητικών μοντέλων στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής απεικονίζεται στο Σχήμα 1-1.

## 1.2 Δομή διατριβής

Η διδακτορική διατριβή εκτός από το παρών εισαγωγικό Κεφάλαιο, περιλαμβάνει άλλα οχτώ κεφάλαια ως ακολούθως:

Στο *δεύτερο Κεφάλαιο* γίνεται μια σύντομη παρουσίαση του ανοιχτού λογισμικού και των βασικών στοιχείων του, καθώς και στοιχείων που αφορούν στη διάδοσή του και τη θέση του στην αγορά λογισμικού και που αιτιολογούν την αναγκαιότητα της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας.

Στο *τρίτο Κεφάλαιο* γίνεται η παρουσίαση του θεωρητικού υπόβαθρου στο οποίο βασίστηκαν οι διαφορετικές μελέτες της διατριβής.

Στο *τέταρτο Κεφάλαιο* γίνεται η παρουσίαση των μεθοδολογιών που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της έρευνας.

Το *πέμπτο Κεφάλαιο* μελετά το ανοιχτό λογισμικό ως καινοτόμο μοντέλο ανάπτυξης προϊόντων λογισμικού με την υποστήριξη συνεργατικών δικτύων. Τα εμπειρικά δεδομένα αντλήθηκαν από τη πύλη SourceForge, όπου μελετήθηκε η μεθοδολογία, οι διαδικασίες και τα εργαλεία ανάπτυξης λογισμικού που χρησιμοποιούνται μέσα από ένα δίκτυο προγραμματιστών- χρηστών. Το αντικείμενο της μελέτης εστιάζει στην εκτίμηση των χαρακτηριστικών εκείνων που συνιστούν στη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα (long term sustainability) των έργων ανοιχτού λογισμικού. Για το σκοπό αυτό, δημιουργήθηκε κατάλληλο μοντέλο δομικών εξισώσεων και η μέθοδος PLS-SEM.

Στο *έκτο Κεφάλαιο* μελετάται η διάχυση του ανοιχτού λογισμικού και γίνεται αποτίμηση των οικονομικών, κοινωνικών και τεχνολογικών παραγόντων που διαμορφώνουν τη καμπύλη διάχυσης σε επίπεδο χωρών. Για τον προσδιορισμό αυτών των παραμέτρων δημιουργείται θεωρητικό πλαίσιο αποτελούμενο από τις θεωρίες ενδογενούς και εξωγενούς ανάπτυξης και τη θεωρία θεσμών. Χρησιμοποιώντας αυτό το θεωρητικό υπόβαθρο, εκπονήθηκαν δύο μελέτες.

Η πρώτη μελέτη τη περίπτωση του Apache web server, χρησιμοποιώντας το δυναμικό μοντέλο διάχυσης των Mahajan και Peterson. Η μελέτη ερευνά τη πορεία διάχυσης του Apache και τους παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση του κόρου της αγοράς σε επίπεδο χωρών. Εξάγονται επίσης χρήσιμα συμπεράσματα, ως προς την διαφοροποίηση της τιμής του κόρου ανάμεσα στις αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες. Η δεύτερη μελέτη ερευνά τη διάχυση του ανοιχτού λογισμικού σε επίπεδο χωρών, χρησιμοποιώντας το παραμετροποιημένο μοντέλο Dekimpe. Τα αποτελέσματα αφορούν τόσο σε συγκρίσεις μεταξύ των χωρών, όσο και στους παράγοντες που επιδρούν στη διάχυση για κάθε χώρα.

Στο *έβδομο Κεφάλαιο* παρουσιάζονται οι μελέτες που εξετάζουν την επίδραση του ανοιχτού λογισμικού στην οικονομία και τον ανταγωνισμό. Στο πλαίσιο αυτό εκπονήθηκαν τρεις μελέτες.

Η πρώτη αναλύει τα δεδομένα της αγοράς λογισμικού και κάνει μια πρώτη εκτίμηση της *επίδρασης του ανοιχτού λογισμικού στον ανταγωνισμό* της. Η μελέτη στηρίχθηκε στον

υπολογισμό του οικονομικού δείκτη ανταγωνισμού Herfindahl-Hirschman Index (HHI). Η δεύτερη μελέτη ερευνά τα το ανοιχτό λογισμικό ως καινοτόμο *επιχειρηματικό μοντέλο*. Χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογική προσέγγιση «δομημένης-περίπτωσης» (structured-case) δημιουργείται ένα ολιστικό εννοιολογικό πλαίσιο αναφοράς των επιχειρηματικών μοντέλων ανοιχτού λογισμικού, που περιλαμβάνει ένα γενικευμένο οντολογικό επιχειρηματικό μοντέλο ανοιχτού λογισμικού και μια ταξινόμηση των διαφορετικών επιχειρηματικών μοντέλων.

Ακολουθώντας τα αποτελέσματα των προηγούμενων μελετών, υλοποιείται μια σε βάθος *ανάλυση της αγοράς των λειτουργικών συστημάτων* (operating systems) και της περίπτωσης του Linux. Στόχος αυτής της έρευνας είναι η αποτίμηση της επίδρασης του ανοιχτού λογισμικού στον ανταγωνισμό της αγοράς που χαρακτηρίζεται από μονοπωλιακή συμπεριφορά, όπως είναι η περίπτωση των Λειτουργικών Συστημάτων (ΛΣ). Μελετάται η αλληλεπίδραση των ανταγωνιστικών λογισμικών Linux- Windows- Mac OSX χρησιμοποιώντας τα μοντέλα Lotka-Volterra, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να εκτιμήσουν με ακρίβεια το βαθμό του ανταγωνισμού στην αγορά. Η έρευνα εκτιμά την πορεία διείσδυσης των τριών λογισμικών λαμβάνοντας υπόψη τον ανταγωνισμό και την αλληλεπίδραση μεταξύ τους, καθώς και τη συγκέντρωση και την δυναμικότητα των ανταγωνιστών στο σημείο ισορροπίας της αγοράς. Επίσης, υλοποιείται μια ανάλυση ευαισθησίας για διαφορετικά σενάρια επιπέδου χρήσης του Linux.

Το *όγδοο Κεφάλαιο* αναφέρεται στη σχέση ανοιχτού λογισμικού και δημόσιου τομέα, εστιάζοντας στους τομείς της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και της εκπαίδευσης. Ιδιαίτερα όμως, εστιάζει στην επίδραση του ανοιχτού λογισμικού στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση, όπου επιχειρείται μια σε βάθος ανάλυση και αποτίμηση της σχέσης αλληλεπίδρασης του ανοιχτού λογισμικού με την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

Για το σκοπό αυτό, υλοποιούνται τρεις μελέτες, δύο εκ των οποίων αφορούν στην αποτίμηση του ανοιχτού λογισμικού ως καθοριστικό παράγοντα για τη διάχυση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Αποτιμούνται μια σειρά από κοινωνικοί, οικονομικοί και θεσμικοί παράγοντες που προκύπτουν από το πλαίσιο των θεωριών εξωγενούς και ενδογενούς ανάπτυξης και θεσμών και τη δημιουργία κατάλληλων οικονομετρικών μοντέλων. Η τρίτη μελέτη, χρησιμοποιεί το ίδιο θεωρητικό πλαίσιο με στόχο την αποτίμηση της σχέσης αλληλεπίδρασης μεταξύ του ανοιχτού λογισμικού και της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, δηλαδή εάν εκτός από την επίδραση της χρήσης του ανοιχτού λογισμικού στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση ισχύει ταυτόχρονα και η αντίστροφη σχέση. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιείται η οικονομετρική μέθοδος δύο ταυτόχρονων εξισώσεων (Simultaneous Equations Modelling).

Στο πλαίσιο της σχέσης του ΕΛ/ΛΑΚ με την εκπαίδευση, γίνεται διερεύνηση αναφορικά με τη χρήση του ανοιχτού λογισμικού σε διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης τόσο στον ελληνικό, ευρωπαϊκό και παγκόσμιο χώρο και μια πρώτη αποτίμηση των κυριότερων παραγόντων που επηρεάζουν τη διάχυσή του.

Η διδακτορική διατριβή ολοκληρώνεται στο *Κεφάλαιο 9*, στο οποίο παρουσιάζονται τα σημαντικότερα συμπεράσματα, καθώς και η SWOT ανάλυση του ανοιχτού λογισμικού όπως προέκυψε από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, τις αναλύσεις και τα συμπεράσματα των μελετών της διατριβής. Επίσης, προτείνονται θέματα για μελλοντική έρευνα.

## 2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

### 2.1 Ορισμός ανοιχτού λογισμικού

Αν και πολλοί χρησιμοποιούν τους όρους ελεύθερο λογισμικό (Free Software) και λογισμικό ανοιχτού κώδικα ή ανοιχτό λογισμικό (Open Source Software) θεωρώντας πως είναι οι ίδιες έννοιες, στη πραγματικότητα αυτό δεν ισχύει. Οι δύο όροι αντιπροσωπεύουν δυο διαφορετικά κινήματα με πολλά κοινά στοιχεία και ομοιότητες, αλλά και με διαφορές, κυρίως ως προς την ιδεολογία και φιλοσοφία του κάθε ενός κινήματος.

Πρόκειται για το Ίδρυμα Ελεύθερου Λογισμικού (Free Software Foundation ή FSF) και τη Πρωτοβουλία Ανοιχτού Λογισμικού (Open Source Initiative ή OSI). Τα δύο κινήματα συμφωνούν και συγκλίνουν έντονα σε πάρα πολλά σημαντικά, πρακτικά και λειτουργικά ζητήματα. Για παράδειγμα, συγκλίνουν σχεδόν απόλυτα ως προς το τι πρέπει να ισχύει για να είναι ένα πρόγραμμα ΕΛ/ΛΑΚ (παρότι το περιγράφουν με διαφορετική γλώσσα). Από την άλλη όμως, διαφωνούν σε διάφορα ιδεολογικά ζητήματα. Ίσως η βασικότερη ιδεολογική διαφορά είναι πως το FSF θεωρεί το μη-ελεύθερο λογισμικό κοινωνικό πρόβλημα που πρέπει να λυθεί, ενώ το OSI το θεωρεί απλά μια μη ιδανική μέθοδο ανάπτυξης λογισμικού. Επίσης οι δύο φορείς διαφέρουν ορισμένες φορές σε επιλογές όπως η πολιτική προώθησης του ΕΛ/ΛΑΚ.

Το κίνημα του **Ελεύθερου Λογισμικού** δίνει έμφαση στην ελευθερία του χρήστη να χρησιμοποιεί, τροποποιεί και αναδιανείμει ένα λογισμικό χωρίς περιορισμούς, έτσι ώστε όλη η κοινότητα να ωφεληθεί. Η πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα αποτελεί προϋπόθεση για όλες τις παραπάνω ελευθερίες. Επίσης αποτελεί και προστασία από τις εταιρείες λογισμικού που με τον κλειστό κώδικα μπορούν να εγκαθιστούν ανεξέλεγκτα προγράμματα στους υπολογιστές των ανυποψίαστων πολιτών. Οι ελευθερίες αυτές είναι δικαιώματα υπέρ της κοινωνίας, και όχι υποχρεώσεις, αν και ο σεβασμός προς αυτές ενδέχεται να υποχρεώσει το άτομο. Το ελεύθερο λογισμικό καθιστά νόμιμη την παροχή βοήθειας και υποστήριξης, αλλά δεν την καθιστά υποχρεωτική. Συνδέεται με την έννοια της ελευθερίας και όχι του κόστους (δωρεάν) [10].

Η πρωτοβουλία του **Ανοιχτού Λογισμικού** δίνει έμφαση στο τρόπο ανάπτυξης του λογισμικού, δηλαδή μια συνεργατική και «ανοιχτή» διαδικασία ανάπτυξης και προτείνει το νέο μοντέλο ανάπτυξης λογισμικού και στον εμπορικό κόσμο. Το ανοιχτό λογισμικό ξεφεύγει από τα όρια της φιλοσοφικής θεώρησης του «ελεύθερου λογισμικού», χωρίς όμως να την απορρίπτει. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα χρήσης του λογισμικού και για εμπορικούς σκοπούς με περιορισμούς, έτσι ώστε να διατηρούνται οι βασικές αρχές του Ελεύθερου Λογισμικού. Οι περιορισμοί αυτοί αποτυπώνονται σαν κριτήρια για τη διανομή ενός λογισμικού είτε από φυσικά πρόσωπα, είτε από εταιρείες, στον ορισμό του Ανοιχτού Λογισμικού.

Παρά αυτήν την φιλοσοφική διαφορά τους, τα δύο κινήματα συνεργάζονται, καθώς οι στόχοι, η αναπτυξιακή διαδικασία και οι άδειες διανομής και χρήσης είναι κατά ένα μεγάλο μέρος οι ίδιες. Για το λόγο αυτό έχει δημιουργηθεί και χρησιμοποιηθεί ευρέως ένας όρος που να περιλαμβάνει και τα δύο κινήματα, δηλαδή Ελεύθερο Λογισμικό/Λογισμικό Ανοιχτού Κώδικα (ΕΛ/ΛΑΚ) ή στα αγγλικά Free and Open Source Software (FOSS) και Free/Libre Open Source Software (FLOSS). Ο τελευταίος όρος (Libre) επινοήθηκε ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε σύγχυση του όρου ελεύθερο (στα αγγλικά free) του ελεύθερου λογισμικού με την έννοια δωρεάν, που στα αγγλικά αποτυπώνεται επίσης από την ίδια λέξη (free). Χαρακτηριστική είναι η φράση του ιδρυτή του ελεύθερου λογισμικού Richard Stallman: «free like speech, not beer».

Καθώς η παρούσα διατριβή μελετά το ανοιχτό λογισμικό, το λογισμικό δηλαδή που χρησιμοποιείται και για εμπορικούς σκοπούς, οι όροι που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της διατριβής είναι «ανοιχτό λογισμικό» και «ΕΛ/ΛΑΚ».

### 2.1.1 Ορισμός κατά FSF

Ο ορισμός του FSF περιγράφει τέσσερα βασικά σημεία, ή τέσσερις βασικές ελευθερίες του αποδέκτη του λογισμικού [26]:

- *Ελευθερία χρήσης του προγράμματος, για οποιονδήποτε σκοπό.* Με την επιβολή περιορισμών στη χρήση του ελεύθερου λογισμικού, για παράδειγμα στο χρόνο ("δοκιμαστική περίοδος 30 ημερών", "η άδεια λήγει την 1η Ιανουαρίου 2004"), στον σκοπό ("η άδεια παρέχεται για ερευνητική και μη εμπορική χρήση", "δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συγκριτική μέτρηση επιδόσεων") ή στη γεωγραφική περιοχή ("δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί στη χώρα Χ") ένα πρόγραμμα γίνεται μη ελεύθερο.
- *Ελευθερία μελέτης του προγράμματος, καθώς και δυνατότητα τροποποίησής του.* Με την επιβολή νομικών ή πρακτικών περιορισμών στην κατανόηση ή τροποποίηση ενός προγράμματος, όπως η υποχρεωτική αγορά ειδικών αδειών, η υπογραφή συμφωνίας μη κοινοποίησης (Non Disclosure Agreement, NDA) ή -στην περίπτωση των γλωσσών προγραμματισμού που διαθέτουν πολλαπλούς τύπους αναπαράστασης - η μη διάθεση του πηγαίου κώδικα του προγράμματος, του προτιμότερου τύπου για την κατανόηση και την επεξεργασία του, το πρόγραμμα επίσης γίνεται ιδιοκτησιακό.
- *Ελευθερία αναδιανομής αντιγράφων, προκειμένου να βοηθηθεί ο πλησίον σας.* Το λογισμικό μπορεί να αντιγραφεί/ διανεμηθεί με πρακτικά μηδενικό κόστος. Αν δεν επιτρέπεται να δοθεί ένα πρόγραμμα σε κάποιον που το χρειάζεται, το πρόγραμμα αυτό δεν είναι ελεύθερο. Η διάθεση του μπορεί να γίνει και με κάποιο αντίτιμο.
- *Ελευθερία βελτίωσης του προγράμματος και δημόσιας επανέκδοσής του, ώστε όλη η κοινότητα να επωφεληθεί.* Δεν είναι όλοι εξίσου καλοί προγραμματιστές σε όλα τα πεδία, ενώ άλλοι δεν γνωρίζουν καθόλου να προγραμματίζουν. Αυτή η ελευθερία επιτρέπει σε όσους δεν έχουν το χρόνο ή τις ικανότητες να λύσουν ένα πρόβλημα, να αποκτήσουν έμμεση πρόσβαση στην τροποποίηση. Αυτό επίσης μπορεί να γίνει και με κάποιο αντίτιμο.

### 2.1.2 Ορισμός κατά OSI

Ο ορισμός του λογισμικού ανοικτού κώδικα όπως δίνεται από τον OSI [27] περιλαμβάνει τα ακόλουθα σημεία:

1. *Ελεύθερη αναδιανομή:* Η άδεια δεν πρέπει να περιορίζει οποιοδήποτε συμβαλλόμενο μέρος από το να πουλήσει ή να δώσει το λογισμικό ως συστατικό μιας συνολικής διανομής λογισμικού που περιέχει προγράμματα από διάφορες διαφορετικές πηγές. Η άδεια δεν πρέπει να απαιτεί ένα δικαίωμα ή άλλη αμοιβή για μια τέτοια πώληση.

*Λογική:* Με τον περιορισμό της άδειας να απαιτεί την ελεύθερη αναδιανομή, αποβάλλεται ο πειρασμός να απορρίψει κανείς πολλά μακροπρόθεσμα κέρδη προκειμένου να αυξήσει τα έσοδά του από τις βραχυπρόθεσμες πωλήσεις. Εάν δεν γινόταν αυτό, θα υπήρχε πολύ πίεση για τους συνεργάτες να αποστατήσουν.

2. *Πηγαίος Κώδικας:* Το πρόγραμμα πρέπει να περιλάβει τον πηγαίο κώδικα, και πρέπει να επιτρέψει τη διανομή στον πηγαίο κώδικα καθώς επίσης και στη

μεταγλωττισμένη του μορφή. Όπου κάποια μορφή ενός προϊόντος δεν διανέμεται με τον πηγαίο κώδικα, πρέπει να υπάρξουν καλά-κοινοποιημένα μέσα απόκτησης του πηγαίου κώδικα, κατά προτίμηση κατεβάζοντας το μέσω του διαδικτύου χωρίς κόστος. Ο πηγαίος κώδικας πρέπει να είναι η προτιμώμενη μορφή στην οποία ένας προγραμματιστής θα τροποποιούσε το πρόγραμμα. Ο σκόπιμα μπερδεμένος πηγαίος κώδικας δεν επιτρέπεται. Οι ενδιάμεσες μορφές όπως είναι η έξοδος ενός προεπεξεργαστή (preprocessor) ή ενός μεταφραστή (translator) δεν επιτρέπονται.

*Λογική:* Απαιτείται η πρόσβαση σε μη μπερδεμένο πηγαίο κώδικα επειδή δεν μπορεί κάποιος να εξελίξει τα προγράμματα χωρίς να τα τροποποιήσει. Δεδομένου ότι ο σκοπός είναι να καταστεί η εξέλιξη εύκολη, απαιτείται και η τροποποίηση να είναι εύκολη.

- 3. Παραγόμενες εργασίες:** Η άδεια πρέπει να επιτρέπει τις τροποποιήσεις και τις παραγόμενες εργασίες, και πρέπει να επιτρέπει σε αυτές να διανέμονται κάτω από τους ίδιους όρους με την άδεια του αυθεντικού λογισμικού.

*Λογική:* Η απλή δυνατότητα να διαβαστεί ο πηγαίος κώδικας δεν είναι αρκετή να υποστηρίξει την ανεξάρτητη αξιολόγηση και τη γρήγορη εξελικτική επιλογή. Για να συμβεί η γρήγορη εξέλιξη, οι άνθρωποι πρέπει να είναι σε θέση να πειραματιστούν με, και να αναδιανεύουν τις τροποποιήσεις.

- 4. Ακεραιότητα του συντάκτη του πηγαίου κώδικα:** Η άδεια μπορεί να περιορίζει τον πηγαίο κώδικα να διανέμεται με τροποποιημένη μορφή μόνο εάν η άδεια επιτρέπει τη διανομή των «αρχείων επιδιόρθωσης» (patch files) με τον πηγαίο κώδικα με σκοπό την τροποποίηση του προγράμματος στο χρόνο κατασκευής. Η άδεια πρέπει ρητά να επιτρέπει τη διανομή του λογισμικού που χτίζεται από τον τροποποιημένο πηγαίο κώδικα. Η άδεια μπορεί να απαιτεί οι παραγόμενες εργασίες να φέρουν έναν διαφορετικό όνομα ή αριθμό έκδοσης από το αυθεντικό λογισμικό.

*Λογική:* Ενώ ενθαρρύνονται οι βελτιώσεις οι χρήστες έχουν το δικαίωμα να γνωρίζουν ποιος είναι αρμόδιος για το λογισμικό που χρησιμοποιούν. Οι συντάκτες και συντηρητές έχουν το αμοιβαίο δικαίωμα να ξέρουν τι καλούνται να υποστηρίξουν και να προστατεύσουν τη φήμη τους. Συνεπώς, μια άδεια λογισμικού ανοιχτού κώδικα πρέπει να εγγυάται ότι ο πηγαίος κώδικας είναι εύκολα διαθέσιμος, αλλά μπορεί να απαιτήσει να διανέμεται ως παλιές βασικές πηγές συν τις επιδιορθώσεις. Κατά αυτόν τον τρόπο, οι «ανεπίσημες» αλλαγές μπορούν να είναι διαθέσιμες αλλά εύκολα να διακριθούν από τον πηγαίο κώδικα.

- 5. Καμία διάκριση ενάντια στα πρόσωπα ή τις ομάδες:** Η άδεια δεν πρέπει να κάνει διακρίσεις εις βάρος οποιουδήποτε προσώπου ή ομάδας προσώπων.

*Λογική:* Προκειμένου να αποκτηθεί το μέγιστο όφελος από τη διαδικασία, η μέγιστη ποικιλομορφία των προσώπων και των ομάδων πρέπει να είναι εξίσου νόμιμη για να συμβάλουν στο ελεύθερο λογισμικό. Επομένως απαγορεύεται σε οποιαδήποτε άδεια λογισμικού ανοιχτού κώδικα να αφήνει οποιονδήποτε έξω από τη διαδικασία. Μερικές χώρες, συμπεριλαμβανομένων των Ηνωμένων Πολιτειών, έχουν περιορισμούς εξαγωγής για ορισμένους τύπους λογισμικού. Μια άδεια συμμορφωμένη με τον ορισμό του ελεύθερου λογισμικού μπορεί να προειδοποιήσει τους κατόχους άδειας για τους εφαρμόσιμους περιορισμούς και να τους υπενθυμίσει ότι είναι υποχρεωμένοι να υπακούσουν το νόμο. Εντούτοις, μπορεί να μην ενσωματώσει η ίδια τέτοιους περιορισμούς.

- 6. Καμία διάκριση ενάντια στα πεδία της προσπάθειας:** Η άδεια δεν πρέπει να περιορίζει κανέναν από τη χρησιμοποίηση του προγράμματος σε ένα

συγκεκριμένο πεδίο προσπάθειας. Παραδείγματος χάριν, μπορεί να μην περιορίζει το πρόγραμμα από το να χρησιμοποιείται σε μια επιχείρηση, ή να χρησιμοποιείται για γενετική έρευνα.

*Λογική:* Η σημαντικότερη πρόθεση αυτής της πρότασης είναι να απαγορευθούν οι παγίδες αδειών που αποτρέπουν το ελεύθερο λογισμικό από το να χρησιμοποιηθεί εμπορικά. Πρέπει οι εμπορικοί χρήστες να προσχωρήσουν στην κοινότητα, όχι να αισθάνονται αποκλεισμένοι από αυτή.

7. *Διανομή της άδειας:* Τα δικαιώματα που συνδέονται με το πρόγραμμα πρέπει να ισχύουν για όλους εκείνους στους οποίους αναδιανεμήθηκε το πρόγραμμα χωρίς να υπάρχει η ανάγκη για εκτέλεση μιας πρόσθετης άδειας από τα συμβαλλόμενα μέρη.

*Λογική:* Αυτή η πρόταση προορίζεται να απαγορεύσει τον περιορισμό του λογισμικού με έμμεσα μέσα όπως είναι η απαίτηση μιας συμφωνίας μη-κοινοποίησης.

8. *Η άδεια δεν πρέπει να είναι συγκεκριμένη για ένα προϊόν.* Τα δικαιώματα που συνδέονται με το πρόγραμμα δεν πρέπει να εξαρτώνται από το ότι το πρόγραμμα είναι μέρος μιας ιδιαίτερης διανομής λογισμικού. Εάν το πρόγραμμα εξαχθεί από την διανομή αυτή και χρησιμοποιηθεί ή διανεμηθεί με τους όρους της άδειας του προγράμματος, όλα τα συμβαλλόμενα μέρη στα οποία το πρόγραμμα αναδιανεμήθηκε πρέπει να έχουν τα ίδια δικαιώματα όπως εκείνα που παραχωρούνται από κοινού με την αυθεντική διανομή λογισμικού.

*Λογική:* Αυτή η πρόταση αποκλείει ακόμα μια κατηγορία παγίδων αδειών.

9. *Η άδεια δεν πρέπει να περιορίζει άλλο λογισμικό.* Η άδεια δεν πρέπει να τοποθετεί περιορισμούς σε άλλο λογισμικό που διανέμεται μαζί με το εξουσιοδοτημένο λογισμικό. Παραδείγματος χάριν, η άδεια δεν πρέπει να επιμένει στο ότι όλα τα άλλα προγράμματα που διανεμήθηκαν με το ίδιο μέσο πρέπει να είναι λογισμικά ανοικτού κώδικα.

*Λογική:* Οι διανομείς του λογισμικού ανοικτού κώδικα έχουν το δικαίωμα να κάνουν τις δικές τους επιλογές για το λογισμικό τους.

10. *Η άδεια πρέπει να είναι τεχνολογικά ουδέτερη.* Καμία παροχή άδειας δεν μπορεί να δηλωθεί σε οποιοδήποτε μεμονωμένη τεχνολογία ή ύφος διεπαφής.

*Λογική:* Αυτή η παροχή στοχεύει συγκεκριμένα στις άδειες που απαιτούν μια ρητή χειρονομία συγκατάθεσης προκειμένου να καθιερωθεί μια σύμβαση μεταξύ αυτού που χορηγεί την άδεια και του κατόχου της άδειας.

## 2.2 Σύντομη ιστορική αναδρομή

Η εμφάνιση του κινήματος του ελεύθερου λογισμικού συμπίπτει με την αρχή της εμπορευματοποίησης του λογισμικού. Μέχρι τα τέλη του '70 οι χρήστες θεωρούσαν αυτονόητη την ελεύθερη ανταλλαγή, σπουδή και βελτίωση των λογισμικών. Από τα τέλη του '70 με αρχές '80 οι εταιρείες προχωρούν στην εμπορευματοποίηση των λογισμικών, εφαρμόζουν σε αυτά τους νομικούς κανόνες του δικαίου πνευματικής ιδιοκτησίας και δημιουργούν τη νέα αγορά λογισμικού.

Η ιδέα του λογισμικού με διαθέσιμο τον πηγαίο κώδικα ξεκινά το 1983 από τον Richard Stallman με το κίνημα GNU (GNU is Not Unix) ενάντια στην εμπορευματοποίηση του UNIX (από την εταιρεία AT&T). Ο Richard Stallman, ερευνητής έως τότε στο πανεπιστήμιο MIT, παραιτείται και δημοσιεύει το GNU μανιφέστο, στο οποίο διακηρύττει ότι η εμπορευματοποίηση του λογισμικού είναι ενάντια στο κοινωνικό καλό και εκδίδει το GNU ως ελεύθερο λογισμικό.



Το 1985 ιδρύει το Free Software Foundation (FSF), φιλοσοφικό κίνημα ενάντια στο εμπορικό λογισμικό, με έμφαση στην ελευθερία χρήσης και τροποποίησης λογισμικού χωρίς περιορισμούς. Ταυτόχρονα με αυτές τις εξελίξεις, ανάμεσα στις κοινότητες ελεύθερου λογισμικού, διαμορφώνεται η ιδέα του copyleft, ως αντιστροφή και ανατροπή των κανόνων του copyright. Μάλιστα χρησιμοποιείται και το λογοπαίγνιο «all rights reversed» (αντιστροφή των όρων των πνευματικών δικαιωμάτων) σε αντικατάσταση του γνωστού «all rights reserved» (κατοχυρωμένα πνευματικά δικαιώματα). Το copyleft είναι ο όρος που περιγράφει κάθε άδεια χρήσης πνευματικού έργου, με την οποία ο δημιουργός επιτρέπει την ελεύθερη χρήση, αναπαραγωγή, τροποποίηση και βελτίωση του έργου, υπό τον όρο ότι κάθε νέα τροποποιημένη/βελτιωμένη έκδοση αυτού θα εκδίδεται με την ίδια άδεια.

Το 1989 ο Stallman συγγράφει την πιο ευρέως διαδεδομένη copyleft άδεια, την General Public Licence (GPL). Η ιδέα του copyleft αποτέλεσε το νομικό όχημα, πάνω στο οποίο βασίστηκε όλο το κίνημα του ελεύθερου λογισμικού και κατέστη δυνατός ο συνεργατικός τρόπος δημιουργίας και ανάπτυξης κώδικα μεγάλης κλίμακας από τις κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ.

Το 1991 ο Φιλανδός Linus Torvalds δημιουργεί τον πυρήνα του λειτουργικού συστήματος, που αργότερα εξελίχθηκε στο Linux. Το 1992 ο Torvalds εκδίδει το Linux με άδεια χρήσης τη GPL. Το 1993 πάνω από 100 προγραμματιστές εργάζονται στον πυρήνα του Linux και τον προσαρμόζουν σε περιβάλλον GNU. Η αρχαιότερη έκδοση Linux, η slackware, δημιουργείται και λίγο μετά ιδρύεται η κοινότητα Debian, η διανομή της οποίας παραμένει μέχρι σήμερα η πιο πολυάριθμη κοινότητα.

Το 1994 ο Torvalds δημοσιεύει την έκδοση 1.0 του Linux. Το Linux αποτέλεσε την έμπνευση του πρώτου επιχειρηματικού μοντέλου ανοιχτού λογισμικού, καθώς οι εταιρείες Red Hat και SUSE εκδίδουν την δική τους έκδοση 1.0 Linux. Επίσης εκδίδεται για πρώτη φορά ο Apache Web Server, ο οποίος θα αποτελέσει ένα από τα δημοφιλέστερα ΕΛ/ΛΑΚ. Το 1995 εμφανίζεται και η MySQL, που αποτελεί το πιο δημοφιλές λογισμικό για τη δημιουργία βάσεων δεδομένων.

Το 1997 ο Eric Raymond παρουσίασε το νέο μοντέλο ανάπτυξης λογισμικού στο “The Cathedral and the Bazaar” [28] με πολλές αντιδράσεις από τον χώρο τόσο της τεχνολογίας, όσο και της οικονομίας. Η μεγάλη απήχηση του καινοτόμου μοντέλου ανάπτυξης στον επιχειρηματικό κόσμο, οδήγησε στην ίδρυση του OSI το 1998 από τον Eric Raymond και την επινόηση του όρου «ανοιχτό λογισμικό», που διαφοροποιείται από τον έως τότε όρο ελεύθερο λογισμικό. Το νέο κίνημα του ανοιχτού λογισμικού οδήγησε στη δημιουργία ενός περισσότερων αδειών χρήσης ανοιχτού λογισμικού, πιο ευέλικτων ως προς την εμπορευματοποίηση του λογισμικού σε σχέση με την GPL. Οι άδειες αυτές όμως θα πρέπει να πληρούν κάποιες προϋποθέσεις, δηλαδή να συμφωνούν με τον ορισμό του OSI, προκειμένου να θεωρούνται άδειες ανοιχτού λογισμικού. Μάλιστα είναι έγκυρες, μόνο εφόσον είναι εγκεκριμένες από το OSI.

Το 1998 μεγάλες πολυεθνικές, όπως οι IBM, Compaq, Oracle, διακηρύττουν την στήριξή τους στο Linux. Από εκεί και πέρα ξεκινά η μεγάλη διάδοση του ανοιχτού λογισμικού στον επιχειρηματικό κόσμο. Πολλές από τις μεγαλύτερες εταιρείες λογισμικού και γενικότερα εταιρείες των ΤΠΕ (Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών) όπως οι Google, IBM, Sun (πρόσφατα αποκτήθηκε από την Oracle), Apple, Hewlett Packard, Dell, κ.α. συμμετέχουν σε κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ υποστηρίζοντας προϋπάρχοντα ή δημιουργώντας νέα προγράμματα ανοιχτού λογισμικού. Τη στροφή αυτή των μεγάλων εταιρειών των ΤΠΕ προς το ανοιχτό λογισμικό ακολούθησαν και εταιρείες που μέχρι πρόσφατα αντιδρούσαν στην ύπαρξη του ανοιχτού λογισμικού, όπως για παράδειγμα η Microsoft, η οποία εκτός από υλικοτεχνική υποστήριξη σε

κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ, προχώρησε και στη δημιουργία νέας άδειας χρήσης ανοιχτού λογισμικού (Microsoft Public License, MPL).

Παράλληλα, νέες εταιρείες, υιοθετώντας το μοντέλο ανάπτυξης που προτείνει το ανοιχτό λογισμικό, ανέπτυξαν πρωτοβουλίες για δημιουργία κοινοτήτων ΕΛ/ΛΑΚ και προϊόντων ανοιχτού λογισμικού με μεγάλη επιτυχία (π.χ. Red Hat, Canonical). Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκαν νέα επιχειρηματικά μοντέλα, μεταμορφώνοντας τις κλασσικές μορφές των εταιρειών λογισμικού.

Σήμερα το ελεύθερο λογισμικό αποτελεί ένα παγκόσμιο φαινόμενο, που αλλάζει τα δεδομένα στον ψηφιακό κόσμο. Η χρήση του τόσο στον ιδιωτικό εμπορικό τομέα όσο και στο δημόσιο κρατικό επεκτείνεται με ρυθμούς γεωμετρικής προόδου με την προοπτική να υπερκεράσει τα ιδιόκτητα λογισμικά. Οι λογικές της συνεργατικής, μη εμπορευματικής δημιουργίας, που το διαποτίζουν, επεκτείνονται και σε άλλες μορφές και κινήματα, σε παράλληλη, αν όχι ανταγωνιστική, πορεία με την καπιταλιστική παραγωγή ως προς την οικονομία των άυλων αγαθών. Για παράδειγμα, το 2001 ο Lawrence Lessig, καθηγητής δικαίου στο πανεπιστήμιο Stanford, εμπνευσμένος από την ιδέα του copyleft δημιουργεί την άδεια Creative Commons. Η νέα άδεια επεκτείνει τη λογική του copyleft και σε άλλους τομείς της ανθρώπινης και πνευματικής δημιουργίας, όπως έργα λογοτεχνίας, μουσικής, ζωγραφικής, φωτογραφίας κτλ.

### **2.3 Άδειες Χρήσης ΕΛ/ΛΑΚ**

Μία από τις πρώτες άδειες για το ελεύθερο λογισμικό ήταν η άδεια διανομής λογισμικού Μπέρκλεϋ (άδεια BSD – Berkeley Software Distribution license) και προήλθε από το Πανεπιστήμιο Μπέρκλεϋ της Καλιφόρνιας (UC Berkeley – University of California). Η άδεια συνόδευε τις διανομές UNIX και καθιερώθηκε έτσι ώστε τα στοιχεία προγράμματος που παρήχθησαν στο Μπέρκλεϋ να μπορούν να διανεμηθούν ανεξάρτητα από την άδεια της AT&T (American Telephone & Telegraph). Επιτρέπει τη χρήση, τροποποίηση και δωρεάν διανομή του πηγαίου κώδικα ή του δυαδικού κώδικα. Ο μόνος όρος για περαιτέρω χρήση είναι ότι οποιοδήποτε παράγωγο πρόγραμμα πρέπει να περιέχει μια σημείωση πνευματικών δικαιωμάτων που να αναφέρεται στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας.

Αν και η άδεια BSD ορίζει ότι οποιοδήποτε λογισμικό βασίζεται σε αυτή υπάγεται κάτω από ελεύθερους όρους, δηλαδή, ότι μπορεί να τροποποιηθεί και αναδιανεμηθεί, εντούτοις δε δηλώνει ρητώς ότι το τροποποιημένο λογισμικό θα πρέπει επίσης να διαθέτει τον πηγαίο κώδικα. Παρόλο που οι άδειες αυτού του τύπου παρέχουν πλήρη ελευθερία ως προς τη χρήση τους, έχουν το μειονέκτημα ότι το λογισμικό δε προστατεύεται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ιδιοτελείς σκοπούς. Αυτό έγινε για παράδειγμα στη περίπτωση της Apple, με το λειτουργικό σύστημα Darwin, ο πυρήνας του οποίου βασίζεται κατά πολύ μεγάλο ποσοστό στη διανομή FreeBSD (κάτω από την άδεια χρήσης BSD). Λόγω των ελάχιστων περιορισμών που θέτει η BSD, η Apple είχε τη δυνατότητα να εκδώσει το Darwin με την άδεια Apple Public Source License (APSL) και αργότερα τη νεώτερη έκδοση του Darwin, το λειτουργικό σύστημα Mac OSX, κάτω από ιδιόκτητου τύπου άδεια. Η Apple αναφέρει ότι χρησιμοποιεί το FreeBSD σαν σύστημα αναφοράς στις δικές της εκδόσεις λειτουργικών συστημάτων.

Προκειμένου να προστατευθεί στο μέλλον το ελεύθερο λογισμικό από την εμπορευματοποίηση, το FSF δημοσίευσε το 1989 την GPL. Η άδεια αυτή διαθέτει τον όρο ότι οποιαδήποτε παραγόμενο λογισμικό που χρησιμοποιεί τον πηγαίο κώδικα, θα πρέπει επίσης να υπόκειται στους όρους της GPL. Αυτή η απαίτηση της GPL προστατεύει την πνευματική ιδιοκτησία του ελεύθερου λογισμικού και εξασφαλίζει ότι και το παραγόμενο λογισμικό θα είναι επίσης ελεύθερο. Για το λόγο αυτό η άδεια αυτή ονομάζεται και «αμοιβαία» (reciprocal) και ιογενή (viral) καθώς κληρονομεί τις ιδιότητές της και στα παραγόμενα λογισμικά. Αυτό αποκλείει σε όλα τα παραγόμενα λογισμικά να

διανεμηθούν με ιδιόκτητου τύπου άδειες χρήσης ή «copyright - πνευματικά δικαιώματα». Σε αντίθεση μάλιστα με τον όρο «copyright», το FSF χρησιμοποιεί τον όρο «copyleft» ως όνομα για την μέθοδο που κάνει τα προγράμματα λογισμικού ελεύθερα και που αποτρέπει την εμπορική διανομή τους.

Μια παραλλαγή της GPL είναι η LGPL (Library General Public License). Κάτω από την άδεια αυτή, τα προγράμματα, που συνδέονται με μια βιβλιοθήκη που υπόκειται στην LGPL, δεν είναι απαραίτητο να θεωρηθούν παραγόμενα προϊόντα όπως καθορίζεται από τη GPL. Η χρήση των βιβλιοθηκών στα πλαίσια ενός προγράμματος κρύβει τις γραμμές μεταξύ της χρήσης και της τροποποίησης, και δεν θα μπορούσε να καθοριστεί σαφώς σε ποια περίπτωση η πρόσβαση σε μια βιβλιοθήκη GPL απαιτεί το παραγόμενο πρόγραμμα να υπόκειται σε GPL. Η LGPL επιτρέπει αυτή την χρήση βιβλιοθηκών χωρίς να προκαλεί το παραγόμενο πρόγραμμα να πρέπει να υπόκειται στην GPL. Το λογισμικό που εκδίδεται κάτω από την LGPL προσφέρει έτσι καλύτερες επιλογές σε ορισμένες περιπτώσεις για να συνδυάζει το ελεύθερο και εμπορικό λογισμικό.

Καθώς τα προγράμματα ανοιχτού κώδικα συνέχισαν να διαδίδονται και να αναπτύσσονται, η μέθοδος χορήγησης αδειών άλλαξε. Η ίδρυση του OSI και το μεγάλο ενδιαφέρον των εταιρειών για το ανοιχτό λογισμικό, οδήγησαν σε έκρηξη του αριθμού των αδειών για ανοιχτό λογισμικό. Το OSI για να αντιμετωπίσει τη συσσώρευση πολλών αδειών, πολλών εκ των οποίων δε τηρούσαν καν τις βασικές προϋποθέσεις για ανοιχτό λογισμικό, έθεσε τους βασικούς όρους και κριτήρια που θα πρέπει να ακολουθούνται προκειμένου μια άδεια να θεωρείται ανοιχτού λογισμικού. Επίσης, δημιούργησε τις κατάλληλες διαδικασίες ελέγχου και αναγνώρισης αυτών των αδειών. Οι άδειες ΕΛ/ΛΑΚ μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις ευρύτερες κατηγορίες [29-31].

- Τις Ελεύθερες (*Permissive licenses*) άδειες, οι οποίες θέτουν λίγους ή καθόλου περιορισμούς στα παραγόμενα λογισμικά. Οι άδειες αυτές συνήθως προέρχονται από Πανεπιστήμια ή μη κερδοσκοπικούς φορείς γι αυτό και η κατηγορία αυτή αναφέρεται και ως Ακαδημαϊκού τύπου άδειες (*Academic licenses*). Τέτοιου τύπου άδειες είναι για παράδειγμα οι BSD και MIT License. Το κύριο μειονέκτημα αυτών των αδειών είναι ότι το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ιδιοτελείς σκοπούς και τα παραγόμενά του να καταλήξουν σε κλειστού τύπου λογισμικό [30].
- Τις «Αμοιβαίες» (*Reciprocal licenses*), όπου είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι και οι παραγόμενες διανομές του λογισμικού θα διαθέτουν ελεύθερα τον πηγαίο κώδικα για τροποποίηση ή επαναχρησιμοποίηση. Οι άδειες αυτές είναι και οι πιο δημοφιλείς ανάμεσα στις κοινότητες των προγραμματιστών ΕΛ/ΛΑΚ, για παράδειγμα οι GPL, LGPL και Affero GPL.
- Τις «Εταιρικού τύπου» άδειες (*Corporate type license*). Οι άδειες αυτές είναι λιγότερο αυστηρές από τις «Αμοιβαίες». Παρόλο που διατηρούν κοινά στοιχεία με τις «Αμοιβαίες», όπως περιορισμοί που «κληρονομούνται» σε παράγωγα προϊόντα, οι περιορισμοί αυτοί στοχεύουν κυρίως στην εξασφάλιση ότι μια συγκεκριμένη εταιρεία διατηρεί τον έλεγχο των παράγωγων έργων. Συνήθως, οι άδειες αυτές δημιουργούνται από επιχειρήσεις για να συνοδεύσουν ανοιχτό λογισμικό που έχει αναπτυχθεί ή υποστηρίζεται από αυτές. Για παράδειγμα, η Mozilla Public License (MPL) για το εγχείρημα Mozilla, η Eclipse Public License (EPL) για το Έργο Eclipse, η Sun Public License (SPL), η κλπ. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Microsoft, μέχρι πρόσφατα κύριος αντίπαλος της φιλοσοφίας ανοιχτού λογισμικού, στράφηκε τελικά προς το ανοιχτό λογισμικό με δύο εγκεκριμένες από τον OSI άδειες για εκτέλεση έργων ΕΛ/ΛΑΚ, τις Microsoft Public License (MPL) και Microsoft Reciprocal License (MPR).

Σύμφωνα πάντως με τα επίσημα στοιχεία που παρουσιάζει ο OSI [32], οι άδειες ανοιχτού λογισμικού ταξινομούνται σε :

**Άδειες που είναι δημοφιλείς και χρησιμοποιούνται ευρέως ή έχουν ισχυρές κοινότητες.** Οι άδειες αυτές είναι:

- Apache License, 2.0
- BSD license
- GNU General Public License (GPL version 2)
- GNU Library or "Lesser" General Public License (LGPL version 2)
- MIT license
- Mozilla Public License 1.1 (MPL)
- Common Development and Distribution License
- Common Public License
- Eclipse Public License

**Άδειες ειδικού σκοπού.** Ορισμένοι φορείς, όπως για παράδειγμα σχολεία, κυβερνητικοί οργανισμοί κλπ. έχουν εξειδικευμένες ανάγκες, όπως π.χ. εξειδικευμένους κανόνες για τα πνευματικά δικαιώματα της κυβέρνησης. Άδειες που έχουν εντοπιστεί ότι πληρούν μια ειδική ανάγκη τοποθετήθηκαν σε αυτή την ομάδα. Οι άδειες αυτές είναι:

- Educational Community License (ειδικός σκοπός: χρήση μόνο σε εκπαιδευτικούς φορείς).
- NASA (ειδικός σκοπός: χρήση μόνο στο πλαίσιο του κυβερνητικού οργανισμού των ΗΠΑ)
- Open Group Test Suite (ειδικός σκοπός: χρήση μόνο για ελέγχους ή πακέτα ελέγχων)

**Άδειες που μπορούν να αντικατασταθούν από πιο δημοφιλείς άδειες.** Πολλές άδειες σε αυτή την ομάδα είναι άριστες άδειες και έχουν τη δική τους φιλοσοφία. Η επιτροπή OSI μετά από αρκετή διαπραγμάτευση, αποφάσισε ότι για να θέσει τέλος στο πρόβλημα του πολλαπλασιασμού των αδειών ανοιχτού λογισμικού, θα έπρεπε να περιορίσει κάποιες άδειες. Έτσι, οι άδειες που θεωρήθηκαν ότι μπορούν πλήρως ή εν μέρει να καλυφθούν από υφιστάμενες, ήδη διαδεδομένες άδειες τοποθετήθηκαν σε αυτή την ομάδα. Οι άδειες αυτές είναι:

- Academic Free License (καλύπτεται από την Apache 2.0)
- Attribution Assurance Licenses (καλύπτεται από την BSD)
- CUA Office Public License (καλύπτεται από την MPL 1.1)
- Eiffel Forum License V2.0 (καλύπτεται από την BSD)
- Fair License (καλύπτεται από την BSD)
- Historical Permission Notice and Disclaimer (καλύπτεται από την BSD)
- Lucent Public License Version 1.02 (καλύπτεται από την CPL)
- University of Illinois/NCSA Open Source License (καλύπτεται από την BSD)
- X.Net License (καλύπτεται από την MIT)

**Μη επαναχρησιμοποιήσιμες άδειες.** Οι άδειες σε αυτή την ομάδα αναφέρονται ειδικά στους δημιουργούς τους και δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν από άλλους. Οι περισσότερες από αυτές, αλλά όχι όλες, σχετίζονται με εταιρείες και συνήθως εξυπηρετούν ιδιοτελείς σκοπούς. Για το λόγο αυτό το OSI ονόμασε αυτή την ομάδα αδειών «άδειες ματαιοδοξίας» (*vanity licenses*). Οι άδειες αυτές είναι:

- Apple Public Source License
- Computer Associates Trusted Open Source License 1.1
- EU DataGrid Software License
- Entessa Public License
- Frameworx License
- IBM Public License
- Motosoto License
- Naumen Public License
- Nethack General Public License
- Nokia Open Source License
- OCLC Research Public License 2.0
- PHP License
- Python license (CNRI Python License)
- Python Software Foundation License
- RealNetworks Public Source License V1.0
- Reciprocal Public License
- Ricoh Source Code Public License
- Sleepycat License
- Sun Public License
- Sybase Open Watcom Public License 1.0
- Vovida Software License v. 1.0
- W3C License
- wxWindows Library License
- Zope Public License

**Άδειες που έχουν αντικατασταθεί.** Στη κατηγορία αυτή ανήκουν άδειες που έχουν αντικατασταθεί από νεότερες εκδόσεις.

- Apache Software License v1.1
- Eiffel 1.0
- Lucent 1.0
- MPL 1.0

**Άδειες που έχουν αποσυρθεί οικειοθελώς.** Οι άδειες αυτές είναι:

- Intel Open Source License

- Jabber Open Source License
- MITRE Collaborative Virtual Workspace License
- Sun Industry Standards Source License (SISSL)

**Άλλες / Διάφορες άδειες.** Οι άδειες αυτές δεν εμπίπτουν σε καμιά από τις παραπάνω κατηγορίες και είναι οι:

- Adaptive Public License
- Artistic License
- Open Software License
- Q Public License
- zlib/libpng license

Τέλος, υπάρχουν και άλλες άδειες μη εγκεκριμένες από το OSI. Οι άδειες αυτές έχουν κριθεί από την ειδική επιτροπή του OSI ότι αλλοιώνουν τους στόχους και θέσεις του ανοιχτού λογισμικού, γι' αυτό και δεν έχουν εγκριθεί.

### 2.3.1 Δημοφιλέστερες άδειες ΕΛ/ΛΑΚ στο SourceForge.

Η δικτυακή πύλη SourceForge προσφέρει ένα περιβάλλον ώστε να ξεκινήσουν οι προγραμματιστές την ανάπτυξη ή τη βελτίωση ενός έργου ανοιχτού λογισμικού. Στο SourceForge έχουν δημιουργηθεί πάνω από 324.000 έργα ανοιχτού λογισμικού, ενώ αριθμεί περίπου στους 3,4 εκατομμύρια εγγεγραμμένους προγραμματιστές. Συνεπώς μπορεί να θεωρηθεί πως αντανακλά μεγάλο ποσοστό της κοινότητας ΕΛ/ΛΑΚ.

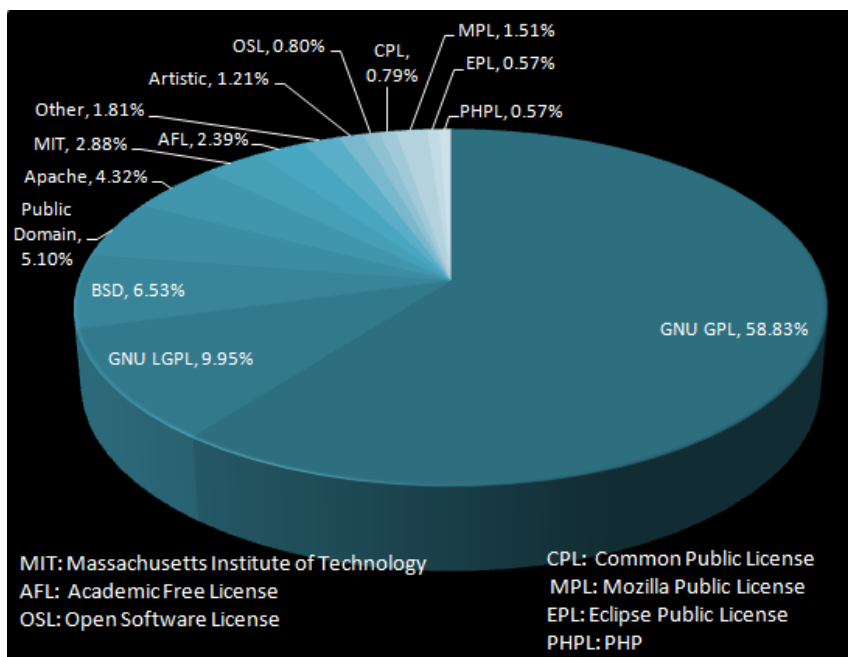
Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής δημιουργήθηκε σχεσιακή βάση δεδομένων ως υποσύνολο της βάσης δεδομένων της SourceForge για την άντληση πληροφοριών σχετικά με τη κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ. Η βάση περιγράφεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 5. Για την εξαγωγή της πληροφορίας που αφορά στη κατανομή των αδειών χρήσης ΕΛ/ΛΑΚ ανάμεσα στα παραγόμενα λογισμικά, χρησιμοποιήθηκε το ακόλουθο ερώτημα (query):

```
SELECT          s0310.trove_cat.root_parent,    s0310.trove_cat.fullname,
COUNT(s0310.groups.group_id) AS expr1
FROM            s0310.trove_cat INNER JOIN
                s0310.trove_group_link ON s0310.trove_cat.trove_cat_id
= s0310.trove_group_link.trove_cat_id INNER JOIN
                s0310.groups ON s0310.trove_group_link.group_id =
s0310.groups.group_id
GROUP BY s0310.trove_cat.root_parent, s0310.trove_cat.fullname
HAVING         (s0310.trove_cat.root_parent = 13)
```

Συνολικά βρέθηκαν 76 διαφορετικές άδειες, όμως μόνο οι 15 από αυτές κατάφεραν να συγκεντρώσουν ποσοστό πάνω από 0.35%. Με βάση τα στοιχεία του SourceForge, η ποσοστιαία κατανομή των αδειών χρήσης σε 278.802 έργα ΕΛ/ΛΑΚ (Μάρτιος 2010), απεικονίζεται στο Σχήμα 2-1.

Όπως φαίνεται στο σχήμα, οι πιο δημοφιλείς άδειες στη κοινότητα προγραμματιστών είναι οι άδειες που εξασφαλίζουν ότι και τα παραγόμενα λογισμικά θα παρέχουν ανοιχτό τον πηγαίο κώδικα, δηλαδή οι GPL και LGPL. Ακολουθούν οι ακαδημαϊκού τύπου άδειες BSD, MIT, AFL. Από τις εταιρικού τύπου άδειες, οι πιο δημοφιλείς είναι οι Apache, MPL και EPL. Εκτός από αυτές τις άδειες, στη βάση υπάρχουν καταχωρημένες και άλλες 60 άδειες, ανάμεσα στις οποίες άδειες γνωστών εταιρειών, όπως η Nokia Open Source License, Sun Public License, IBM Public License, Apple Public Source License, Microsoft Public License, Microsoft Reciprocal License, Intel Open Source License, Ricoh Source Code Public License, κ.α. Επίσης υπάρχουν έργα με

καταχωρημένες τις άδειες ειδικού σκοπού, όπως οι Educational Community License, European Union Public License, NASA Open Source Agreement, κ.α.



Σχήμα 2-1. Κατανομή αδειών χρήσης σε περίπου 278.000 προγράμματα ανοιχτού λογισμικού στο SourceForge (Μάρτιος 2010).

## 2.4 Το ανοιχτό λογισμικό στην αγορά ΤΠΕ

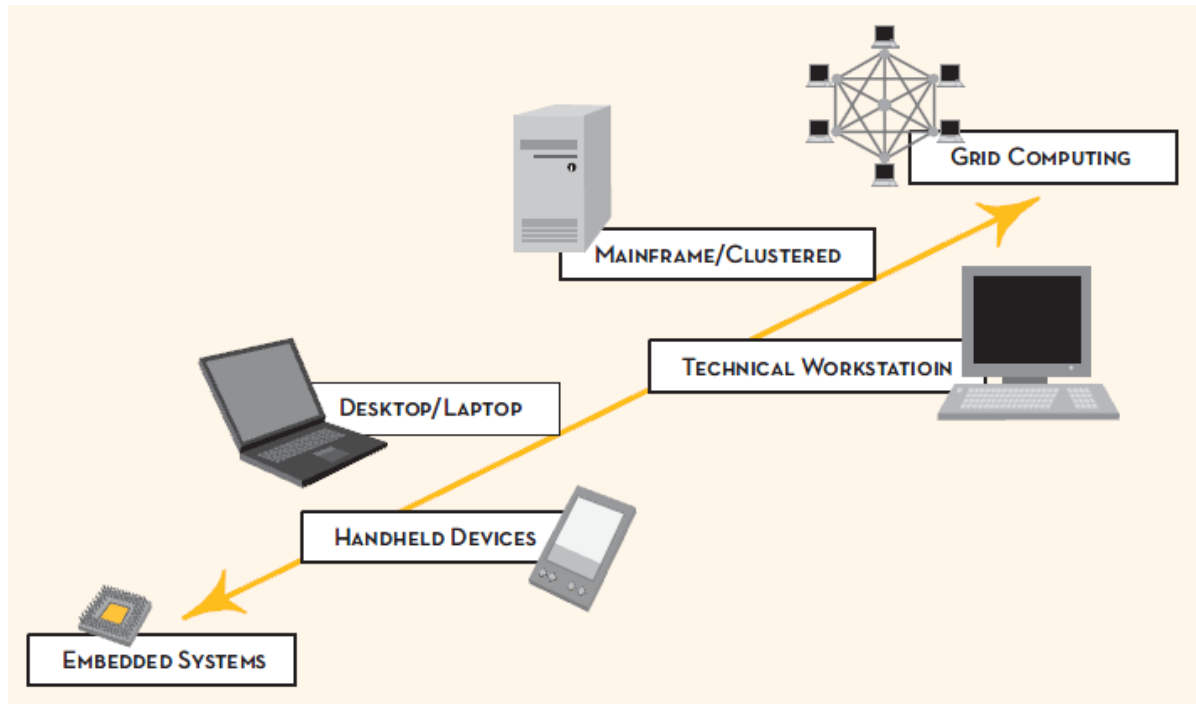
Το ανοιχτό λογισμικό γνωρίζει μεγάλη διάχυση, καθώς προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως τεχνολογική ποιότητα και αξιοπιστία (reliability), διαλειτουργικότητα (interoperability) και σημαντική εξοικονόμηση χρημάτων (καθώς προσφέρεται δωρεάν ή σε χαμηλή τιμή). Διαχειριστικά, τα χαρακτηριστικά αυτά του δίνουν σημαντικό πλεονέκτημα έναντι ανταγωνιστικών προϊόντων. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις γρήγορες και νέες εκδόσεις λογισμικού που προσφέρει το έχουν κάνει ιδιαίτερα διαδεδομένο σε όλους τους τομείς της αγοράς ΤΠΕ.

Σήμερα, το οικοσύστημα ΕΛ/ΛΑΚ αποτελείται από χιλιάδες έργα, κοινότητες και λύσεις λογισμικού. Το φάσμα των λογισμικών εκτείνεται από τα λειτουργικά συστήματα, τα οποία ελέγχουν από το πώς λειτουργεί ένας υπολογιστής, έως τις εφαρμογές για τον τελικό χρήστη, όπως διακομιστές δικτύου (web servers), βάσεις δεδομένων, μηχανές αναζήτησης, συστήματα διαχείρισης του δικτύου, συστήματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, λύσεις για τη συνεργασία ομάδων και συστημάτων Σχεδιασμού Επιχειρησιακών Πόρων (Enterprise Resource Planning -ERP) και Διαχείρισης Πελατειακών Πόρων (Customer Resource Management -CRM).

Αντίστοιχα, σε ηλεκτρονικό υλικό το ΕΛ/ΛΑΚ προσφέρει λύσεις και υποστήριξη σε εύρος που εκτείνεται από το χαμηλότερο επίπεδο (low-end) στα ενσωματωμένα συστήματα (embedded systems), μέχρι τα υψηλότερα επίπεδα (high-end) στα mainframe, υπερυπολογιστές και κατανεμημένα περιβάλλοντα.

Η αγορά των embedded systems περιλαμβάνει μια τεράστια γκάμα προϊόντων που ενσωματώνουν το υλικό του υπολογιστή με κατάλληλο λογισμικό, όπως δρομολογητές (routers), ιατρικός εξοπλισμός, συσκευές δοκιμών και μετρήσεων, συστήματα ψυχαγωγίας, συσκευές εγγραφής βίντεο, φωτογραφικές μηχανές, κινητά τηλέφωνα, Personal Digital Assistants (PDA), πιο πρόσφατα τα tablets και πολλά άλλα. Για παράδειγμα, η Sharp Corp προχώρησε στην παραγωγή των Zaurus PDA τα οποία είναι βασισμένα σε Linux. Επίσης, συνεργάζεται με τη SAP AG για τη δημιουργία εφαρμογών σε αυτή τη πλατφόρμα [33].

84 μεγάλες εταιρείες της αγοράς ΤΠΕ ίδρυσαν το Open Handset Alliance (OHA) με στόχο την ανάπτυξη ανοιχτών προτύπων για κινητά τηλέφωνα. Ανάμεσα στα μέλη της συμμαχίας περιλαμβάνονται εταιρείες όπως οι Google, HTC, Sony, Dell, Intel, Motorola, Qualcomm, Samsung Electronics, LG Electronics, T-Mobile, Nvidia. Το κυριότερο προϊόν της εταιρείας είναι το πολύ διαδεδομένο ΛΣ Android, του οποίου ο πυρήνας είναι βασισμένος σε Linux. Το Android υποστηρίζεται από την Google και αποτελεί το ΛΣ των smartphones κινητών τηλεφώνων που παράγονται από τις εταιρείες της συμμαχίας.



**Εικόνα 2-1.** Το ανοιχτό λογισμικό εφαρμόζεται από τα embedded systems έως τα grids.

Στο ανώτερο επίπεδο χρήσης, αναφέρονται παραδείγματα όπως τα πανεπιστήμια του State University της Νέας Υόρκης (SUNY) και το University of Liverpool που χρησιμοποιούν supercomputer αποτελούμενο με πάνω από 2.000 Linux διακομιστές (servers) και Linux clusters αντίστοιχα, για την υποστήριξη των ερευνητικών τους έργων. Στον τομέα των desktop/laptop (H/Y για την επιφάνεια εργασίας/φορητοί H/Y) το ανοιχτό λογισμικό είναι περισσότερο διαδεδομένο σε εφαρμογές, όπως τα Mozilla FireFox, Google Chrome, MySQL, Moodle, κ.α.

Πολλές κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ υποστηρίζονται πλέον, εκτός από τους εθελοντές προγραμματιστές, και από γνωστές εταιρείες λογισμικού που συμμετέχουν διαθέτοντας ανθρώπινους ή/και υλικοτεχνικούς πόρους. Πολλές από τις μεγαλύτερες εταιρείες λογισμικού και γενικότερα εταιρείες των ΤΠΕ (Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών) όπως οι Google, IBM, Sun (πρόσφατα αποκτήθηκε από την Oracle), Apple, Hewlett Packard, Dell, κ.α. συμμετέχουν σε κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ υποστηρίζοντας προϋπάρχοντα ή δημιουργώντας νέα προγράμματα ανοιχτού λογισμικού. Τη στροφή αυτή των μεγάλων εταιρειών των ΤΠΕ προς το ανοιχτό λογισμικό ακολούθησαν και εταιρείες που μέχρι πρόσφατα αντιδρούσαν στην ύπαρξη του ανοιχτού λογισμικού, όπως για παράδειγμα η Microsoft, η οποία εκτός από υλικοτεχνική υποστήριξη σε κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ, προχώρησε και στη δημιουργία νέας άδειας χρήσης ανοιχτού λογισμικού (Microsoft Public License, MPL).

Είναι φανερό ότι το ανοιχτό λογισμικό έχει λάβει σημαντική υπόσταση στην αγορά λογισμικού, δημιουργώντας νέες μορφές και ισορροπίες. Παράλληλα, δημιουργούνται συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες για νέες ή βελτιωμένες εκδόσεις προϊόντων λογισμικού σε σύντομο χρόνο, έτσι ώστε να συμβαδίζουν με τις ραγδαία εξελισσόμενες τεχνολογίες



στον τομέα της πληροφορικής και των επικοινωνιών. Οι εταιρείες του κλασσικού λογισμικού με κλειστό κώδικα, δε μπορούν να αντιμετωπίσουν αυτές τις ανάγκες με αποτελεσματικό και ταυτόχρονα οικονομικό τρόπο. Για παράδειγμα, νέες τεχνολογίες, όπως το cloud computing (υπολογιστικό νέφος), virtualization (εικονικό περιβάλλον), αλλά και υπηρεσίες και εφαρμογές διαδικτύου, σε τομείς όπως η ηλεκτρονική διακυβέρνηση (eGovernment), το ηλεκτρονικό εμπόριο (eCommerce), οι εφαρμογές λογισμικού κινητής τηλεφωνίας (π.χ. mCommerce, mGovernment, mBanking), κλπ.

Το καινοτόμο μοντέλο ανάπτυξης του ανοιχτού λογισμικού που διαθέτει μεγάλους πόρους σε ανθρώπινο κεφάλαιο και ανοιχτό κώδικα, φαίνεται να είναι η μόνη λύση για τις ανάγκες της ραγδαία εξελισσόμενης αγοράς ΤΠΕ. Για το λόγο αυτό κίνηται απαραίτητο να γίνει ένας αναλυτικός προσδιορισμός των παραγόντων που συντελούν στην πορεία και διάχυση του ΕΛ/ΛΑΚ. Η μελέτη και αποτίμηση των δεδομένων αυτών της αγοράς, καθώς και η εκτίμηση και πρόβλεψη της διάχυσης του ανοιχτού λογισμικού στο μέλλον, αποτελούν θέματα υψηλού ερευνητικού ενδιαφέροντος. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, φιλοδοξούν να συμβάλλουν σε αυτό ακριβώς το στάδιο της καθιέρωσης του ΕΛ/ΛΑΚ στο χώρο της αγοράς λογισμικού ως ένα αξιόπιστο και ανταγωνιστικό προϊόν.

Ποιο συγκεκριμένα η διατριβή, μελετώντας τη διάχυση του ανοιχτού λογισμικού, επιχειρεί να δώσει απάντηση στο βασικό ερώτημα που αφορά στο μέλλον και τη βιωσιμότητά του, αλλά και σε ερωτήματα όπως: Θα μπορέσει να αντέξει στον ανταγωνισμό της αγοράς? Ποια είναι τα κύρια στοιχεία των κοινοτήτων/λογισμικών που τα καθιστούν βιώσιμο? Ποιοι είναι οι παράγοντες που συντελούν στην διάχυση σε παγκόσμιο επίπεδο? Σε ποια έκταση μπορεί το ΕΛ/ΛΑΚ να επηρεάσει τον ανταγωνισμό και τη δομή της αγοράς; Τα επόμενα κεφάλαια επιχειρούν να απαντήσουν σε αυτά τα ερωτήματα.



### 3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ

Ένας από τους βασικούς στόχους και συνεισφορές της παρούσας διατριβής, αποτελεί η δημιουργία κατάλληλου θεωρητικού πλαισίου μέσα από το οποίο μπορεί να αναλυθεί, ερμηνευθεί και προβλεφθεί το φαινόμενο του ανοιχτού λογισμικού. Πολλοί ερευνητές επισημαίνουν την ανάγκη για οικοδόμηση θεωρίας ή θεωρητικών μοντέλων στο τομέα των ΠΣ [34]. Η διατριβή συνεισφέρει στην έρευνα σε αυτό το τομέα, καθώς στο ερευνητικό πεδίο του ανοιχτού λογισμικού, λίγες είναι οι προσπάθειες δημιουργίας νέας θεωρίας ή θεωρητικών μοντέλων ερμηνείας του φαινομένου.

Μια θεωρία είναι ένα σύνολο αλληλένδετων δομών (έννοιες), ορισμών και προτάσεων που παρουσιάζουν μια συστηματική προβολή των φαινομένων, καθορίζοντας τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών, με σκοπό την εξήγηση ή/και την πρόβλεψη των φαινομένων [35]. Αν και η ενδελεχής βιβλιογραφική ανασκόπηση σε μια έρευνα είναι αναγκαία, δεν είναι από μόνη της ικανή να παράξει νέα αποτελέσματα ή καινοτόμες μεθοδολογίες. Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση κατάλληλου θεωρητικού υπόβαθρου, που θα υποστηρίξει και τεκμηριώσει με ικανό τρόπο τα αποτελέσματα

Η ιδέα της αιτιότητας (causality), ή η σχέση μεταξύ αιτίας και γεγονότος, είναι κεντρικής σημασίας για πολλές αντιλήψεις της θεωρίας [36]. Όταν η θεωρία περιλαμβάνει εξήγηση και κατανόηση, είναι στενά συνδεδεμένη με την ιδέα της αιτιότητας. Για παράδειγμα, για την ερμηνεία ενός γεγονότος θα πρέπει να αναζητηθεί η αιτία του. Με παρόμοιο τρόπο, η ικανότητα της θεωρίας να δίνει προβλέψεις σε ένα φαινόμενο, μπορεί να εξαρτάται από τη γνώση των αιτιατών σχέσεων.

Η θεωρία μπορεί να έχει πολλές διαφορετικές διαστάσεις και μπορεί να ταξινομηθεί με διάφορους τρόπους (π.χ. [37], [38], [39]) Για τους σκοπούς της έρευνας χρησιμοποιήθηκε η κατηγοριοποίηση της θεωρίας σύμφωνα με τον πρωταρχικό σκοπό τον οποίο εξυπηρετεί η θεωρία υπό εξέταση [39]. Ο σκοπός αυτός εξαρτάται από το κεντρικό ζήτημα της έρευνας. Για παράδειγμα, εάν μας ενδιαφέρει η περιγραφή και κατηγοριοποίηση των οντοτήτων που πιστεύουμε ότι είναι σχετικές με μια συγκεκριμένη περιοχή της έρευνας, τότε κατάλληλη είναι μια περιγραφική θεωρία. Η διάκριση μεταξύ των κατηγοριών δεν είναι απόλυτη. Για παράδειγμα, μια ανάπτυξη θεωρίας μπορεί να έχει πρωταρχικό στόχο την κατανόηση ενός φαινομένου, αλλά επιπλέον να μπορεί να κάνει κάποιες περιορισμένες προβλέψεις για το τι αναμένεται να συμβεί και σε άλλες περιπτώσεις.

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον Gregory [39] οι θεωρίες για το τομέα των ΠΣ μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες γενικότερες κατηγορίες:

**Περιγραφικές θεωρίες (descriptive theories).** Απαντούν στο ερώτημα «τι είναι;». Περιγράφουν ή ταξινομούν συγκεκριμένες διαστάσεις και τα χαρακτηριστικά ατόμων, ομάδων, καταστάσεων, γεγονότων, κλπ. ή/και συνοψίζουν τα κοινά σημεία που βρέθηκαν σε διακριτές παρατηρήσεις. Απαιτούνται όταν τίποτα ή πολύ λίγα είναι γνωστά σχετικά με το εν λόγω φαινόμενο [40].

Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα διατριβή δημιούργησε μια νέα ταξινόμηση των επιχειρηματικών μοντέλων ανοιχτού λογισμικού, βάση των χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων τους. Η ταξινόμηση αυτή αποτέλεσε οδηγό για τη δημιουργία ενός γενικότερου θεωρητικού οντολογικού μοντέλου των επιχειρηματικών μοντέλων ανοιχτού λογισμικού [4]. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία δομημένης περίπτωσης (structured case) που αναλύεται στο Κεφάλαιο 4.

**Θεωρίες για την κατανόηση (theories of understanding).** Απαντά στα ερωτήματα "πώς" και "γιατί" κάτι συνέβη. Ωστόσο, δεν διατυπώνονται με τρόπο τέτοιο ώστε να

μπορούν να ελεγχθούν προβλέψεις. Η συμβολή στη γνώση για αυτό το είδος της θεωρίας γίνεται κατά κύριο λόγο με βάση το αν παρέχονται νέες ενδιαφέρουσες ιδέες, αλλά και με βάση την αξιοπιστία και την εγκυρότητα των επιχειρημάτων.

Στο πλαίσιο αυτό δημιουργήθηκε ένα θεωρητικό πλαίσιο μέσα από το πρίσμα των οποίων έγινε προσπάθεια κατανόησης των παραγόντων που επιδρούν στη διάχυση του ανοιχτού λογισμικού. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν οικονομικο-κοινωνικές θεωρίες, οι οποίες περιγράφονται συνοπτικά στην ενότητα 3.1.

**Θεωρίες πρόβλεψης (*Theories of prediction*).** Απαντούν στο ερώτημα «*τι θα συμβεί*». Αυτές οι θεωρίες είναι σε θέση να προβλέψουν αποτελέσματα, χωρίς κατ'ανάγκη να εξηγούν τις αιτιώδεις συσχετίσεις μεταξύ των οντοτήτων. Οι θεωρίες αυτού του τύπου συμβάλλουν στη γνώση ανακαλύπτοντας χαρακτηριστικά που μπορεί να ερμηνεύσουν τη πρόβλεψη. Για τον έλεγχο των θεωριών αυτών, συνήθως χρησιμοποιούνται στατιστικές μέθοδοι, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί σε σημείο που να ελέγχουν με ικανοποιητικό τρόπο τη σημαντικότητα των σχέσεων των οντοτήτων, καθώς και το βαθμό γενικότητας στον οποίο μπορούν να αναγνωρισθούν. Περιορισμοί αυτού του τύπου της θεωρίας υπάρχουν, εντούτοις. Η ύπαρξη συσχετίσεων μεταξύ δύο μεταβλητών δεν συνεπάγεται κατ'ανάγκη σχέση αιτίας-αιτιατού, π.χ. του ύψους και το βάρος είναι συσχετισμένα χαρακτηριστικά, αλλά το ένα δεν προκαλεί το άλλο.

**Θεωρίες ερμηνείας και πρόβλεψης (*Theories of explaining and prediction*).** Απαντούν στα ερωτήματα "*τι είναι*", "*πώς*", "*γιατί*" και "*τι θα συμβεί*". Αυτός ο τύπος θεωρίας είναι ο πιο ολοκληρωμένος, αφού περιλαμβάνει τόσο την πρόβλεψη και την κατανόηση των υποκείμενων αιτίων, καθώς και καλή περιγραφή των δομικών στοιχείων της θεωρίας. Κατά πολλούς συνιστά και την πραγματική έννοια της θεωρίας.

Στο πλαίσιο αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι θεωρίες αποδοχής και διάδοσης της τεχνολογίας για την οικοδόμηση κατάλληλων ερευνητικών μοντέλων που να ερμηνεύουν και εκτιμούν τη διάχυση, καθώς και την πρόβλεψη της διάχυσης του ανοιχτού λογισμικού. Οι θεωρίες περιγράφονται συνοπτικά στην ενότητα 3.2, ενώ τα μοντέλα και στατιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν περιγράφονται στο Κεφάλαιο 4.

### **3.1 Κοινωνικο-οικονομικές θεωρίες (*socio-economic theories*)**

Το ανοιχτό λογισμικό δεν είναι απλά μια *τεχνολογική* καινοτομία. Το «ανοιχτό μοντέλο» αποτελεί μια ιδεολογία. Επίσης, οι καινοτόμες πρακτικές της συνεργατικότητας και της ενθάρρυνσης της ενεργής συμμετοχής όχι μόνο των προγραμματιστών, αλλά και των χρηστών μέσω των κοινοτήτων ΕΛ/ΛΑΚ δίνουν στο ανοιχτό λογισμικό μια *κοινωνική* διάσταση.

Παράλληλα, η μεγάλη διάχυσή του σε συνδυασμό με το οριακό (*marginal*) κόστος του διευκολύνει την είσοδο νέων εταιρειών στην αγορά λογισμικού και δημιουργεί νέα επιχειρηματικά μοντέλα, όπου το μοντέλο κέρδους δεν προέρχεται πια από άδειες χρήσης. Συνεπώς δημιουργούνται νέες συνθήκες και ανακατατάξεις στην αγορά λογισμικού, προσδίδοντας στο ανοιχτό λογισμικό μια έντονη *οικονομική* διάσταση.

Προκύπτει ότι το ανοιχτό λογισμικό αποτελεί μια πολυδιάστατη οντότητα με τεχνολογικές, κοινωνικές και οικονομικές προεκτάσεις και ότι η υιοθέτησή του θα εξαρτάται από τεχνολογικούς, κοινωνικούς και οικονομικούς παράγοντες. Για το λόγο αυτό θεωρείται ότι η εξέτασή του μόνο σε τεχνολογικό επίπεδο, θα ήταν τουλάχιστον ελλιπής. Συνεπώς, η μελέτη των παραμέτρων της υιοθέτησης και διάχυσης του ανοιχτού λογισμικού μέσα σε ένα κοινωνικο-οικονομικό πλαίσιο θεωρείται επιβεβλημένη. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες κοινωνικο-οικονομικές θεωρίες.

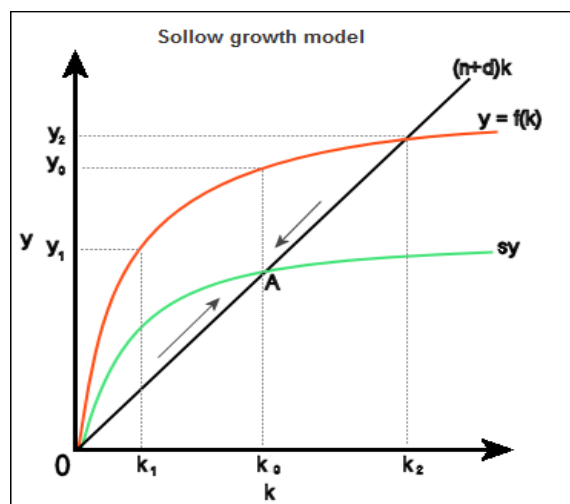
### 3.1.1 Θεωρία εξωγενούς ανάπτυξης (Exogenous growth theory)

Το νεοκλασικό μοντέλο ανάπτυξης, επίσης γνωστό ως Solow-Swan μοντέλο ανάπτυξης ή εξωγενές μοντέλο ανάπτυξης, είναι μια κατηγορία των οικονομικών μοντέλων της μακρο- οικονομικής ανάπτυξης στο πλαίσιο των νεοκλασικών οικονομικών. Τα νεοκλασικά μοντέλα ανάπτυξης προσπαθούν να εξηγήσουν τη μακροπρόθεσμη οικονομική ανάπτυξη με την εξέταση της παραγωγικότητας, τη συσσώρευση κεφαλαίου, την αύξηση του πληθυσμού, και την τεχνολογική πρόοδο.

Η έννοια της εξωγενούς ανάπτυξης προήλθε από το νεοκλασικό μοντέλο ανάπτυξης των Harrod–Domar [41, 42] και το έργο του Robert Solow [43], που περιγράφει πώς ένα σταθερό ποσοστό οικονομικής ανάπτυξης θα επιτευχθεί με τις κατάλληλες ποσότητες από τις τρεις κινητήριες δυνάμεις: την εργασία, το κεφάλαιο και τη τεχνολογία. Η θεωρία αναφέρει ότι όταν μια νέα τεχνολογία είναι διαθέσιμη, η εργασία και το κεφάλαιο πρέπει να προσαρμοστούν ώστε να διατηρηθεί η ισορροπία της ανάπτυξης. Η θεωρία της εξωγενούς ανάπτυξης ερμηνεύει την οικονομική ανάπτυξη που βασίζεται στην συνεχή τεχνολογική πρόοδο, ένα σταθερό κεφάλαιο-εκρών και το μερίδιο της εργασίας και σταθερά επιτόκια για κεφάλαιο (Kaldor, 1961).

Υποθέτει ότι η οικονομική ευημερία καθορίζεται κυρίως από τους εξωτερικούς παρά εσωτερικούς παράγοντες, όπως η ροή των αγαθών, ιδεών, κεφαλαίων και των τεχνολογικών καινοτομιών.

Γραφικά το μοντέλο αναπαριστάται στο Σχήμα 3-1. Η συνάρτηση  $y=f(k)$  εκφράζει την παραγωγή εισοδήματος ανά εργαζόμενο ως συνάρτηση του κεφαλαίου  $k$  ανά εργαζόμενο και απεικονίζεται με τη κόκκινη γραμμή στο διάγραμμα. Η συνάρτηση προέρχεται από τη συνάρτηση παραγωγής της νεοκλασικής θεωρίας  $Y/L=F(K/L)$ , όπου  $K$  είναι το κεφάλαιο και  $L$  το εργατικό δυναμικό μιας χώρας. Η συνάρτηση παραγωγής υποθέτει φθίνουσες αποδόσεις σε κεφάλαια, όπως φαίνεται και από τη πορεία της καμπύλης.



Σχήμα 3-1. Το μοντέλο Solow για τη θεωρία εξωγενούς ανάπτυξης

Στο Σχήμα 3-1,  $n$  είναι ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού,  $d$  είναι οι αποσβέσεις και  $s$  είναι το ποσοστό αποταμίευσης. Όταν ο ρυθμός αποταμίευσης είναι μεγαλύτερος από το άθροισμα των ρυθμών αύξησης του πληθυσμού και των αποσβέσεων, τότε το κεφάλαιο του εργαζόμενου αυξάνεται (πράσινη γραμμή πριν το σημείο A) και έχουμε εμπάθυνση του κεφαλαίου (capital deepening). Στο σημείο τομής των δύο καμπυλών A, το κεφάλαιο του εργαζόμενου είναι σταθερό, αλλά η συνολική παραγωγικότητα αυξάνεται στο ρυθμό της αύξησης του πληθυσμού. Μετά το A, το κεφάλαιο του εργαζόμενου αυξάνεται, αλλά μόνο με σταθερό ρυθμό, τόσο ώστε να διατηρεί την

αναλογία με την αύξηση του πληθυσμού και των αποσβέσεων. Σε αυτή τη περίπτωση έχουμε διεύρυνση κεφαλαίου (Capital widening).

Οι παράγοντες που μπορεί να θεωρηθούν στο πλαίσιο αυτής της θεωρίας είναι το εργατικό δυναμικό, η πυκνότητα του πληθυσμού, η αναλογία των εξαγωγών συν τις εισαγωγές στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν –ΑΕΠ (Gross Domestic Product- GDP) [44], η διάχυση της γνώσης μεταξύ των χωρών [45] και το εμπόριο [46]. Το εμπόριο θεωρείται, επίσης, ως δίαυλος για τη μεταφορά της τεχνολογικής γνώσης.

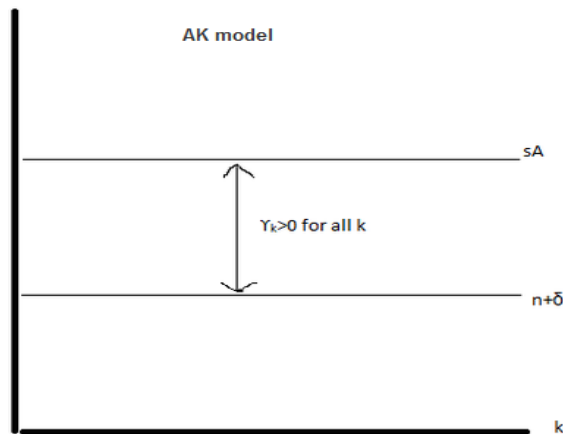
### **3.1.2 Θεωρία ενδογενούς ανάπτυξης (Endogenous growth theory)**

Η θεωρία ενδογενούς ανάπτυξης αποτελεί την θεωρητική και εμπειρική εργασία ενός ερευνητικού ρεύματος τη δεκαετία του '80. Το έργο αυτό διαφέρει από το νεοκλασικό μοντέλο εξωγενούς ανάπτυξης [43], θεωρώντας ότι η οικονομική ανάπτυξη είναι ένα ενδογενές αποτέλεσμα ενός οικονομικού συστήματος και όχι αποτέλεσμα εξωτερικών δυνάμεων. Για το λόγο αυτό, η θεωρητική εργασία δεν θεωρεί τις εξωγενείς τεχνολογικές αλλαγές για να εξηγήσει την αύξηση του κατά κεφαλήν εισοδήματος.

Όπως και στην νεοκλασική θεωρία της ανάπτυξης, η εστίαση σε ενδογενή ανάπτυξη σχετίζεται με τη συμπεριφορά της οικονομίας στο σύνολό της. Ως αποτέλεσμα, αυτή η εργασία είναι μεν συμπληρωματική, αλλά διαφορετική από τη μελέτη της παραγωγικότητας στο επίπεδο του κλάδου ή της επιχείρησης. Η θεωρία εξωγενούς ανάπτυξης δε μπορεί να εξηγήσει με ικανοποιητικό τρόπο τους ρυθμούς αποταμίευσης και τεχνολογικής προόδου. Η θεωρία ενδογενούς ανάπτυξης προσπαθεί να ξεπεράσει αυτό το μειονέκτημα με ένα μοντέλο στο οποίο οι βασικοί παράγοντες της ανάπτυξης καθορίζονται σαφώς. Η θεωρία αρχικά εισήχθη από τους Arrow, Uzawa και εξελίχθηκε στη σημερινή της μορφή από τους Lucas, Romer [47-49].

Σύμφωνα με τη θεωρία η οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας παράγεται μέσα από ένα σύστημα ως άμεσο αποτέλεσμα των εσωτερικών διεργασιών και διαδικασιών της. Κατά τον Romer η ενίσχυση του ανθρώπινου κεφαλαίου ενός έθνους θα οδηγήσει στην οικονομική ανάπτυξη μέσω της ανάπτυξης νέων μορφών τεχνολογίας και αποδοτικών και αποτελεσματικών μέσων της παραγωγής. Οι υποστηρικτές της θεωρίας πιστεύουν ότι η παραγωγικότητα και οι οικονομίες των βιομηχανικών χωρών του σήμερα σε σχέση με τις ίδιες χώρες σε προ-βιομηχανικές εποχές είναι απόδειξη ότι η ανάπτυξη δημιουργήθηκε και διατηρήθηκε από το εσωτερικό της χώρας και όχι μέσω του εμπορίου. Η θεωρία ενδογενούς ανάπτυξης υποδηλώνει ότι οι τεχνολογικές καινοτομίες καθοδηγούνται από τα κίνητρα κέρδους των παραγόντων σε μια οικονομία, και ότι οι κυβερνητικές πολιτικές για την τεχνολογική καινοτομία μπορούν μακροπρόθεσμα να επηρεάσουν την ανάπτυξη [45, 50].

Το απλούστερο μοντέλο ενδογενούς ανάπτυξης (AK) υποθέτει ένα σταθερό, εξωγενή ρυθμό αποταμίευσης και σταθερό επίπεδο της τεχνολογίας, με αποτέλεσμα την εξάλειψη των φθινουσών αποδόσεων στο κεφάλαιο και επομένως ανάπτυξη ενδογενώς. Ωστόσο, η θεωρία της ενδογενούς ανάπτυξης ενισχύεται και με μοντέλα με περισσότερους παράγοντες που προσδιορίζουν την κατανάλωση και την αποταμίευση, βελτιστοποιούν τη κατανομή των πόρων για την έρευνα και την ανάπτυξη (Research and Development –R&D), οδηγώντας σε τεχνολογική πρόοδο. Το AK μοντέλο απεικονίζεται στο Σχήμα 3-2.



Σχήμα 3-2. Το AK μοντέλο ενδογενούς ανάπτυξης

Στο παραπάνω σχήμα,  $A$  είναι μια θετική σταθερά που αντιστοιχεί στο τεχνολογικό επίπεδο,  $K$  είναι το κεφάλαιο (αλλά με τη γενικότερη έννοια περικλείοντας και το ανθρώπινο κεφάλαιο). Τα υπόλοιπα ορίζονται όπως και στο μοντέλο Solow [43], δηλαδή  $y=f(k)$  εκφράζει την παραγωγή εισοδήματος ανά εργαζόμενο ως συνάρτηση του κεφαλαίου  $k$  ανά εργαζόμενο,  $n$  είναι ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού,  $\delta$  είναι οι αποσβέσεις και  $s$  είναι το ποσοστό αποταμίευσης. Θέτοντας  $A= f(k)/k$  στο μοντέλο Solow, προκύπτει ότι αν η τεχνολογία είναι AK, τότε η καμπύλη αποταμίευσης,  $s \cdot f(k)/k$ , είναι μια οριζόντια γραμμή στο επίπεδο  $sA$ . Εάν  $sA > n + \delta$  τότε το  $k$  αυξάνει διαρκώς, χωρίς να εξαρτάται από την τεχνολογική πρόοδο.

Οι παράγοντες που σχετίζονται με τη θεωρία είναι κοινωνικοί, οικονομικοί, περιβαλλοντικοί, τεχνολογικοί και οργανωτικοί και περιγράφουν τις συνθήκες στο εσωτερικό μιας χώρας. Για παράδειγμα, η τεχνολογική υποδομή, ο αριθμός των χρηστών του Διαδικτύου, το ανθρώπινο κεφάλαιο (όπως χρησιμοποιείται από τον Barro [51]), το επίπεδο R&D, το μέσο επίπεδο εκπαίδευσης [52], κ.λπ.

### 3.1.3 Θεωρία ανθρώπινου κεφαλαίου (Human capital theory)

Το ανθρώπινο κεφάλαιο (human capital) αντιστοιχεί σε κάθε απόθεμα της γνώσης ή των δεξιοτήτων και χαρακτηριστικών που διαθέτει ένας εργαζόμενος (είτε έμφυτα ή επίκτητα), τα οποία συμβάλλουν στη παραγωγικότητά του. Σε μια πιο ευρεία προσέγγιση, τέτοια χαρακτηριστικά, εκτός βέβαια από την υποχρεωτική, ανώτερη και ανώτατη εκπαίδευση, μπορεί να είναι η κατάρτιση, η συμπληρωματική και η υποχρεωτική εκπαίδευση, αλλά και η στάση απέναντι στην εργασία, η ποιότητα του σχολείου, κλπ. Χρησιμοποιώντας αυτό το είδος του συλλογισμού, μπορούμε να κάνουμε κάποια πρόοδο προς την κατανόηση ορισμένων από τις διαφορές των αποδοχών σε εργαζόμενους που δεν αιτιολογούνται από την σχολική εκπαίδευση.

Η θεωρία εισήχθη από τους Schultz [53, 54] και Lewis [55] και δίνει έμφαση στον κρίσιμο ρόλο του «ανθρώπινου κεφαλαίου» (όπως είναι η εκπαίδευση, η υγεία κλπ) για την ανάπτυξη του ατόμου αλλά και της κοινωνίας. Στην ουσία, η θεωρία του ανθρώπινου κεφαλαίου είναι μια οικονομική θεωρία τονίζοντας ότι η εκπαίδευση, η γνώση, η υγεία, και οι δεξιότητες είναι μορφές κεφαλαίου, το ανθρώπινο κεφάλαιο. Η επένδυση στο ανθρώπινο κεφάλαιο παράγει αποδόσεις στο μέλλον. Οι οικονομολόγοι (π.χ., Schultz 1961) υποστηρίζουν ότι το ανθρώπινο κεφάλαιο μπορεί να είναι μια από τις κρίσιμες αιτίες που εξηγούν τις διαφορές στην ανάπτυξη (π.χ., το εισόδημα και την παραγωγικότητα) τόσο μεταξύ των ανθρώπων, όσο και μεταξύ των εθνών.

### 3.1.4 Θεωρία θεσμών (Institutional theory)

Οι θεσμοί μπορούν να οριστούν ως ένα διαρκές σύνολο κανόνων που εγγυώνται τη συνοχή του κοινωνικού συστήματος. Με αυτήν τη ευρεία έννοια στους θεσμούς περιλαμβάνονται:

- Τυπικοί ή Επίσημοι θεσμοί , όπως επιχειρήσεις, συνδικάτα, κρατικοί οργανισμοί, τοπική αυτοδιοίκηση, σχολεία.
- Κοινωνικές κατασκευές όπως το σύστημα δικαίου, το πολιτικό σύστημα, αλλά και η γλώσσα και το χρήμα.
- Άτυποι θεσμοί όπως συμβατικοί κανόνες (conventions), ηθικοί κανόνες (rules), εθιμικοί κανόνες (habits), κοινωνικές αξίες (norms), πολιτισμικές αξίες (culture) και συνήθειες (routines).

Η θεωρία θεσμών αναφέρεται στις πιο βαθιές και ανθεκτικές πτυχές της κοινωνικής δομής. Θεωρεί τις διαδικασίες με τις οποίες δομές, όπως σχήματα, κανόνες, πρότυπα και συνήθειες, καθιερώνουν και παγιώνουν τη κοινωνική συμπεριφορά. Ερευνά το πώς αυτά τα στοιχεία, δημιουργούνται, διαχέονται, υιοθετούνται και προσαρμόζονται στο χώρο και το χρόνο και πώς αυτά παρακμάζουν ή καταργούνται [56]. Παρά το γεγονός ότι το θέμα φαινομενικά είναι η σταθερότητα και η τάξη στην κοινωνική ζωή, η θεωρία μελετά όχι μόνο τη συναίνεση και συμφωνία, αλλά και τη σύγκρουση και την αλλαγή στις κοινωνικές δομές.

Η θεωρία παρουσιάζει τρία κύρια ρεύματα ερευνητών ανάλογα με τον τρόπο που μελετούν τους θεσμούς στην κοινωνία: (1) οι ορθολογιστές (rational choice theorists), οι οποίοι εστιάζουν στους τυπικούς θεσμούς, όπως ρυθμιστικά στοιχεία, νόμους, κλπ. (π.χ.[57], [58]), (2) οι πρώιμοι κοινωνιολόγοι (early sociologists), οι οποίοι εστιάζουν σε άτυπους θεσμούς, όπως κοινωνικές συμπεριφορές, κανόνες, συνήθειες, κλπ. (π.χ.[59, 60] ) και οι πιο πρόσφατοι ερευνητές οργανωσιακής κοινωνιολογίας και πολιτισμικής ανθρωπολογίας, οι οποίοι εστιάζουν σε πολιτιστικο-γνωστικά (cultural- cognitive) στοιχεία (π.χ. [61, 62]). Συνοπτικά τα θεμελιώδη στοιχεία των τριών ρευμάτων της θεωρίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-1.

Πίνακας 3-1. Ο τρεις πυλώνες της θεωρίας των θεσμών

Στοιχείο θεωρίας	Ρυθμιστική (Regulative)	Κανονιστική (Normative)	Γνωστική (Cognitive)
Συμμόρφωση με βάση	Σκοπιμότητα	Κοινωνική υποχρέωση	Θεωρείται δεδομένο
Μηχανισμοί	Εξαναγκαστικός	Κανονιστικός	Μιμητικός
Δείκτες	Ρυθμίσεις, νόμοι, θεσπίσεις	Πιστοποίηση, επικύρωση	Επικρατούσα αντίληψη
Βάση νομιμότητας	Νομικά εγκεκριμένη	Ηθικά ελεγχόμενη	Υποστηρίζεται πολιτιστικά και είναι θεμελιωδώς σωστή.

### 3.2 Θεωρίες αποδοχής και διάχυσης της τεχνολογίας

Η πιο γνωστή και ευρέως διαδεδομένη στο χώρο της τεχνολογίας, θεωρία για την ερμηνεία και πρόβλεψη της υιοθέτησης και διάχυσης των τεχνολογιών είναι η Θεωρία Διάχυσης Καινοτομιών. Η θεωρία χρησιμοποιείται στην παρούσα έρευνα με στόχο την εκτίμηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη διαδικασία διάχυσης, αλλά και εκτίμησης



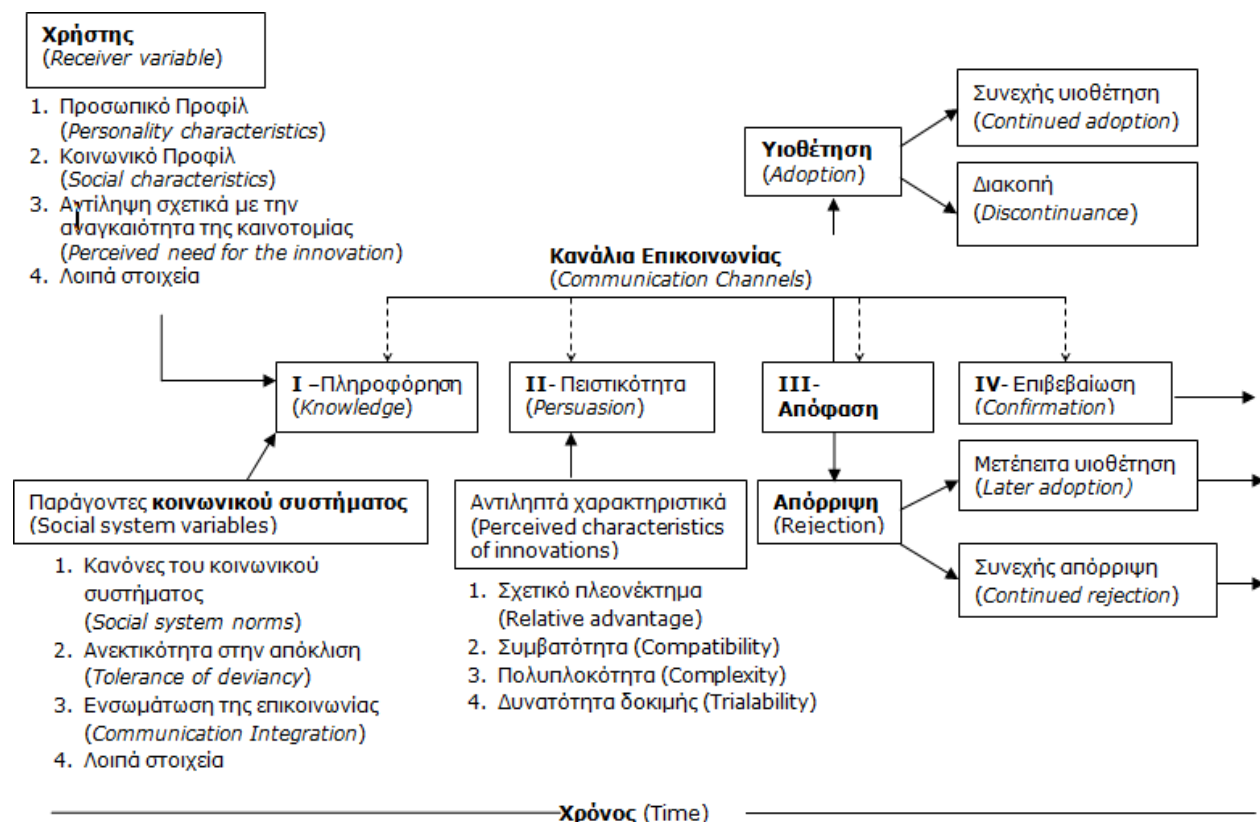
της πρόβλεψης της διάχυσης. Οι αντίστοιχες μελέτες παρουσιάζονται στα Κεφάλαια 6 και 7.

Ειδικότερα για το χώρο των Πληροφοριακών Συστημάτων, υπάρχει εκτεταμένη έρευνα για τη δημιουργία θεωριών ικανών να αποδώσουν την αποδοχή και υιοθέτησή τους. Οι θεωρίες αυτές έχουν εξειδικευτεί έτσι ώστε να περιλαμβάνουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ΠΣ. Με βάση αυτές τις θεωρίες υλοποιήθηκε μοντέλο εκτίμησης των σχέσεων των χαρακτηριστικών του ανοιχτού λογισμικού που οδηγούν στην επιτυχή βιωσιμότητά του. Το μοντέλο περιγράφεται στο Κεφάλαιο 5.

### 3.2.1 Θεωρία διάχυσης των καινοτομιών

Η Θεωρία Διάχυσης Καινοτομιών (Diffusion of Innovations -DOI Theory) διατυπώθηκε από τον Rogers [63, 64] και αποσκοπεί στο να ερμηνεύσει τον τρόπο με τον οποίο μια καινοτομία απορροφάται από ένα κοινωνικό σύστημα.

Διάχυση (Diffusion) είναι η διαδικασία κατά την οποία μια καινοτομία διαδίδεται μέσα από διάφορα κανάλια επικοινωνίας (communication channels), κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου μεταξύ των μελών ενός κοινωνικού συστήματος (ή δυνητικών χρηστών). Ο χρόνος, το κοινωνικό σύστημα, οι δυνητικοί χρήστες (adopters) και τα κανάλια επικοινωνίας αποτελούν τα δομικά στοιχεία της θεωρίας. Το εννοιολογικό μοντέλο της θεωρίας διάχυσης, όπως απεικονίστηκε από τον Rogers [64] παρουσιάζεται στο Σχήμα 3-3.



Σχήμα 3-3. Εννοιολογικό μοντέλο θεωρίας διάχυσης των καινοτομιών [64].

#### Κανάλια επικοινωνίας.

Αποτελούν το μέσο για τη μεταφορά των σχετικών με τη καινοτομία πληροφοριών μεταξύ των μελών του κοινωνικού συνόλου ή δυνητικών χρηστών της καινοτομίας. Τα μαζικά μέσα ενημέρωσης είναι πιο αποτελεσματικά στο να μεταφέρουν πληροφορίες και γνώση σχετικά με τις καινοτομίες, ενώ τα διαπροσωπικά κανάλια είναι πιο αποτελεσματικά στη διαμόρφωση ή/και αλλαγή στάσης προς μια αντίληψη. Συνεπώς

μπορούν να επηρεάσουν περισσότερο τη διαμόρφωση της τελικής απόφασης. Πρακτικά, οι περισσότεροι άνθρωποι δεν βασίζονται στην επιστημονική άποψη των ειδικών για την επιλογή μιας καινοτομίας, αλλά περισσότερο βασίζονται στις εκτιμήσεις του κοινωνικού τους περίγυρου, που έχουν ήδη υιοθετήσει τη καινοτομία.

### **Χρόνος.**

Η διάσταση του χρόνου εμπλέκεται στην διάχυση με τρεις τρόπους:

Πρώτον, ο χρόνος εμπλέκεται στη *διαδικασία της λήψης μιας απόφασης*. Η διαδικασία λήψης της απόφασης για υιοθέτηση ή μη μιας καινοτομίας (innovation decision) είναι η ψυχική ή διαδικασιακή μέσω της οποίας ένα άτομο (ή άλλη μονάδα, π.χ. οργανισμός, επιχείρηση, κλπ.) περνά από την πρώτη γνώση της καινοτομίας στη διαμόρφωση μιας αντίληψης προς τη καινοτομία και καταλήγει στην απόφαση να εγκρίνει ή να απορρίψει να εφαρμόσει τη νέα ιδέα και να επιβεβαιώσει την ορθότητα της εν λόγω απόφασης. Σύμφωνα με τη θεωρία διάχυσης, η διαδικασία αυτή υλοποιείται σε πέντε στάδια.

- Γνώση/πληροφόρηση (Knowledge). Το άτομο πληροφορείται για την καινοτομία και έχει κάποια ιδέα για το πώς λειτουργεί.
- Πειστικότητα (Persuasion). Το άτομο αποκτά μια θετική ή αρνητική αντίληψη για την καινοτομία.
- Η απόφαση (Decision). Το άτομο εμπλέκεται σε δραστηριότητες που οδηγούν σε μια επιλογή για να εγκρίνει ή να απορρίψει την καινοτομία.
- Εφαρμογή (Use). Το άτομο χρησιμοποιεί τη καινοτομία.
- Επιβεβαίωση (Confirmation). Το άτομο αξιολογεί τα αποτελέσματα της απόφασης.

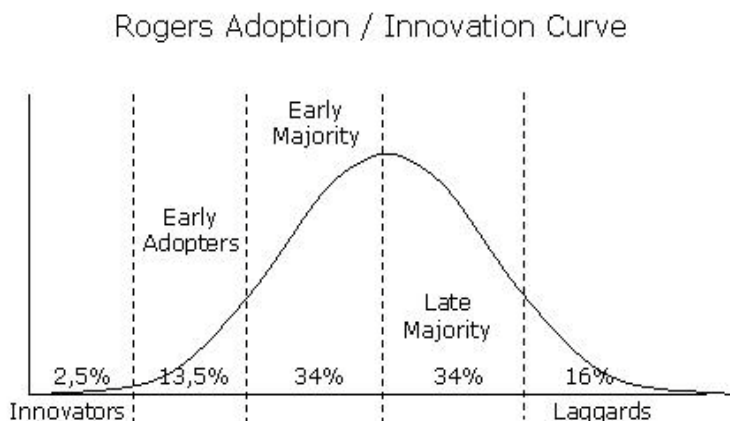
Σε οποιοδήποτε από τα παραπάνω στάδια είναι δυνατόν η καινοτομία να απορριφθεί, δηλαδή να αποφασισθεί η μη απορρόφησή της από το κοινωνικό σύνολο (rejection). Επιπλέον, μια καινοτομία μπορεί επίσης να απορριφθεί μετά την απορρόφησή της (discontinuance), είτε ως αποτέλεσμα της μειωμένης ικανοποίησης σχετικά με την απόδοσή της είτε επειδή μια νέα καινοτομία, φαινομενικά καλύτερη ή νέας τεχνολογικής γενιάς, αντικαθιστά την υφιστάμενη.

Ο δεύτερος τρόπος με τον οποίο ο χρόνος συμμετέχει στη διάχυση είναι στο *βαθμό «καινοτομικότητας» (innovativeness)* που παρουσιάζει ένα άτομο. Με τον όρο «καινοτομικότητα» νοείται ο βαθμός στον οποίο ένα άτομο έχει την τάση να λαμβάνει σχετικά νωρίτερα την απόφαση για υιοθέτηση καινοτομιών σε σχέση με τα υπόλοιπα μέλη ενός κοινωνικού συστήματος. Στη θεωρία περιγράφονται πέντε διαβαθμίσεις «καινοτομικότητας» (παρουσιάζονται με φθίνουσα σειρά καινοτομικότητας). Τα στάδια διάχυσης μιας καινοτομίας συνδέονται άμεσα με αυτές τις διαβαθμίσεις που απεικονίζονται γραφικά στο Σχήμα 3-4.

- *Καινοτόμοι (Innovators)* Αποτελούν το πρώτο 2,5% των αγοραστών. Η διαδικασία της διάδοσης μιας καινοτομίας ξεκινά με τους διορατικούς και ευρηματικούς καινοτόμους, οι οποίοι συχνά αφιερώνουν πολύ χρόνο, ενέργεια και δημιουργικότητα στην ανάπτυξη και εξερεύνηση νέων ιδεών. Συνήθως διαθέτουν χρηματική άνεση που μπορεί να απορροφήσει μια ενδεχομένως λανθασμένη υιοθέτηση μιας τεχνολογίας, καλές τεχνικές γνώσεις και ικανότητα να ανταπεξέρχονται στο μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας που μπορεί να χαρακτηρίζει την καινοτομία.
- Οι «*πρώιμοι χρήστες*» (*early adopters*), που αποτελούν το επόμενο 13,5% των αγοραστών. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν καταναλωτές που υιοθετούν την καινοτομία όταν τα πλεονεκτήματά της έχουν γίνει εμφανή και αρέσκονται

συνήθως στο να αποκτούν πλεονέκτημα έναντι των υπολοίπων. Θεωρούνται ως πολύ σημαντική κατηγορία χρηστών, καθώς είναι εκείνοι που δοκιμάζουν ουσιαστικά την καινοτομία. Τα λάθη ή οι αλλαγές που προκύπτουν ως αποτέλεσμα της χρήσης της καινοτομίας από τους πρώιμους χρήστες, διορθώνονται και ενσωματώνονται σε αυτήν, προς όφελος των επόμενων αγοραστών.

- Η «*πρώιμη πλειονότητα*» (*early majority*), που αντιστοιχεί στο 34% των αγοραστών. Στη συγκεκριμένη κατηγορία ανήκουν εκείνοι οι οποίοι υιοθετούν μια καινοτομία αμέσως πριν το μέσο καταναλωτή, μετά από αποδεδειγμένη χρησιμότητά της και αποτελούν τη μεγαλύτερη κατηγορία καθώς περιλαμβάνουν το 1/3 του συνόλου των καταναλωτών. Επηρεάζονται από το μέρος του κοινωνικού συνόλου που έχει υιοθετήσει το προϊόν ή την υπηρεσία, όπως οι πρώιμοι χρήστες, δίνουν σημασία στο κόστος, δεν τους αρέσει να παίρνουν ρίσκα και προσβλέπουν στη αύξηση της ευημερίας τους με τη χρήση της συγκεκριμένης καινοτομίας.
- Η «*καθυστερημένη πλειονότητα*» (*late majority*), αντιστοιχεί στο επόμενο 34% των αγοραστών. Οι εν λόγω καταναλωτές καθυστερούν να υιοθετήσουν μια καινοτομία, κυρίως επειδή είναι διστακτικοί, προσεκτικοί και δεν τους αρέσει να παίρνουν ρίσκα. Επηρεάζονται συνήθως από τους γνωστούς τους και το κόστος της καινοτομίας είναι σημαντικός παράγοντας για την τελική επιλογή τους.
- Οι «*αργοπορημένοι*» (*laggards*), αποτελούν το τελευταίο 16% των αγοραστών. Οι συγκεκριμένοι καταναλωτές είναι ιδιαίτερα διστακτικοί για τα νέα προϊόντα, είναι αποκομμένοι από την υπόλοιπη κοινωνία, έχουν καχύποπτη στάση για κάθε καινοτομία και χρειάζονται πολύ χρόνο για να πάρουν την απόφαση για την υιοθέτησή της.

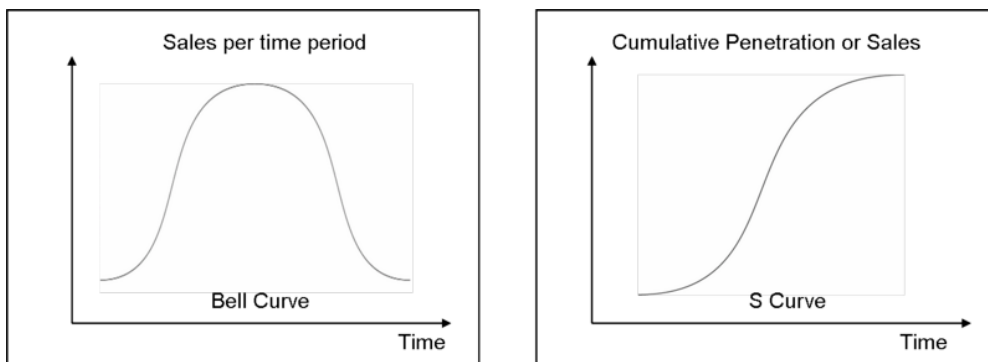


**Σχήμα 3-4. Ιδεατή διαδικασία διάχυσης καινοτομίας και κατανομή των χρηστών στο χρόνο [64].**

Ο τρίτος τρόπος με τον οποίο ο χρόνος συμμετέχει στη διάχυση είναι ο *ρυθμός υιοθέτησης (rate of adoption)*. Ο ρυθμός υιοθέτησης είναι η σχετική ταχύτητα με την οποία η καινοτομία υιοθετείται από τα μέλη ενός κοινωνικού συστήματος και εκφράζεται ως ο αριθμός των μελών του συστήματος που υιοθετούν την καινοτομία σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. Ο ρυθμός υιοθέτησης επηρεάζεται από τα πέντε χαρακτηριστικά με τα οποία γίνεται αντιληπτή μια καινοτομία από τα μέλη του κοινωνικού συστήματος. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι το *συγκριτικό πλεονέκτημα*, η *συμβατότητα*, η *πολυπλοκότητα*, η *δυνατότητα δοκιμής* και τα *εμφανή αποτελέσματα της χρήσης στο κοινωνικό σύστημα* και αναλύονται στις επόμενες παραγράφους.

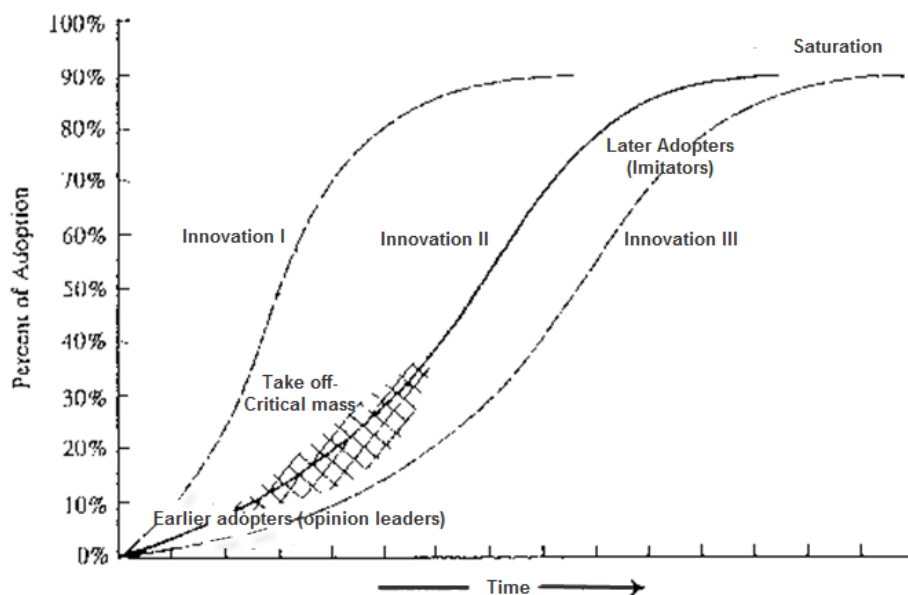
Η χρονική περίοδος κατά την οποία καταγράφεται ο μέγιστος αριθμός χρηστών στη μονάδα του χρόνου ονομάζεται «*σημείο ανάφλεξης*» (*inflection point*). Μετά από αυτή τη

χρονική στιγμή ο ρυθμός διείσδυσης μειώνεται μέχρι να καταγραφεί το τέλος του κύκλου ζωής του προϊόντος, το οποίο συνήθως αντικαθίσταται από την επόμενη γενιά. Η αθροιστική διείσδυση και υιοθέτηση μιας καινοτομίας ακολουθεί συνήθως σχήματα διείσδυσης που προσεγγίζονται από «σιγμοειδείς» (*S-shaped*) καμπύλες. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της αθροιστικής και μη διάχυσης μιας καινοτομίας απεικονίζεται στο Σχήμα 3-5.



Σχήμα 3-5 Καμπύλη διάχυσης μιας καινοτομίας

Όπως παρατηρείται στα παραπάνω σχήματα, οι καμπύλες αυτές ξεκινούν συνήθως από έναν μικρό αριθμό καινοτόμων αγοραστών. Οι αγοραστές αυτοί είναι οι «καινοτόμοι» (*innovators*) και «πρώιμοι χρήστες» (*early adopters*), που είναι πρόθυμοι να δοκιμάσουν νέες ιδέες και προϊόντα και να επωμισθούν το αντίστοιχο οικονομικό κόστος. Με τον τρόπο αυτό καθοδηγούν την κοινή γνώμη, ως αποτέλεσμα της συμπεριφοράς τους απέναντι στην καινοτομία γι' αυτό και ονομάζονται *καθοδηγητές γνώμης* (*opinion leaders*). Η απόφαση αυτή των καινοτόμων να υιοθετήσουν μια νέα υπηρεσία δεν εξαρτάται, ούτε επηρεάζεται, από τη στάση των υπόλοιπων μελών της κοινωνίας απέναντι στην καινοτομία.



Σχήμα 3-6. Αθροιστικές καμπύλες διάχυσης καινοτομιών [64]

Αυτή η αρχική ομάδα χρηστών που σπεύδουν να υιοθετήσουν την καινοτομία, αποτελεί τη λεγόμενη «κρίσιμη μάζα» (*critical mass*), το μέγεθος της οποίας επηρεάζει και τη συνολική πορεία της διείσδυσής της. Με την πάροδο του χρόνου, πολλές εξωτερικές επιδράσεις, όπως τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και η αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών

του κοινωνικού συνόλου (π.χ. η «από στόμα σε στόμα» διάδοση, «word-of-mouth»), έχουν ως αποτέλεσμα την υιοθέτηση του προϊόντος από τις υπόλοιπες κατηγορίες χρηστών, τους «μιμητές» (imitators).

Σε αυτή τη φάση η ανάπτυξη της αγοράς πραγματοποιείται με ταχείς ρυθμούς, παρατηρείται δηλαδή αύξηση του ρυθμού διείσδυσης. Τέλος, η αγορά «φθάνει στην ωριμότητα» όταν έχει προσεγγιστεί ο μέγιστος αριθμός εκείνων που έχουν υιοθετήσει το προϊόν ή την υπηρεσία, στο πλαίσιο του πληθυσμού της αγοράς που εξετάζεται. Σε αυτή την ώριμη φάση του «κορεσμού» (*saturation*) η καμπύλη αγοράς αρχίζει να μειώνεται, καθώς μειώνεται ο ρυθμός μεταβολής της διείσδυσης, τείνοντας ασυμπτωτικά στο «επίπεδο κορεσμού» (*saturation level*). Στο στάδιο αυτό, η καινοτομία είτε αποσύρεται είτε αντικαθίσταται από την επόμενη γενιά του προϊόντος. Οι παραπάνω έννοιες απεικονίζονται στο Σχήμα 3.6.

### **Η καινοτομία (*innovation*).**

Μπορεί να είναι μια ιδέα, μια συμπεριφορά, ένα προϊόν, μια υπηρεσία, μια τεχνολογία, ή ένα άλλο αντικείμενο το οποίο εκλαμβάνεται ως νέο από τους δυνητικούς χρήστες της καινοτομίας. Τα χαρακτηριστικά μιας καινοτομίας, όπως αυτή γίνεται αντιληπτή από τα μέλη ενός κοινωνικού συστήματος προσδιορίζουν το ρυθμό της διάχυσης. Στο παραπάνω σχήμα διακρίνονται οι διαφορετικοί ρυθμοί υιοθέτησης τριών καινοτομιών. Τι καθορίζει αυτή τη διαφορετικότητα; Γιατί ορισμένες καινοτομίες εξαπλώνονται πιο γρήγορα από άλλες; Η διαφορά οφείλεται αφενός στα *χαρακτηριστικά της καινοτομίας* και αφετέρου στα *χαρακτηριστικά του κοινωνικού συστήματος*. Τα χαρακτηριστικά μιας καινοτομίας είναι:

- *Σχετικό πλεονέκτημα (Relative advantage)* είναι ο βαθμός στον οποίο μια καινοτομία γίνεται αντιληπτή ως καλύτερη από μια που αντικαθιστά. Μια καινοτομία είναι σημαντικό να παρουσιάζει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε σχέση με τα προϊόντα που πρόκειται να αντικαταστήσει, καθώς όσο περισσότερο διαφοροποιείται από αυτά, τόσο πιο γρήγορα είναι πιθανό να πραγματοποιηθεί η διάδοσή της. Αν και το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα γίνεται διαφορετικά αντιληπτό σε κάθε ομάδα χρηστών, σε γενικές γραμμές μπορεί να αναφέρεται σε οικονομικό πλεονέκτημα, σε αύξηση του κοινωνικού κύρους ή σε κάποια διευκόλυνση και προσωπική ικανοποίηση. Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίληψη για το συγκριτικό πλεονέκτημα μιας καινοτομίας, τόσο πιο ταχύς είναι ο ρυθμός της διάχυσης.
- *Συμβατότητα (compatibility)* είναι ο βαθμός στον οποίο μια καινοτομία γίνεται αντιληπτή ως συμβατή με τις υφιστάμενες αξίες, τις εμπειρίες του παρελθόντος, καθώς και τις ανάγκες των εν δυνάμει χρηστών. Μια ιδέα που δεν είναι συμβατή με τις αξίες και τους κανόνες του κοινωνικού συστήματος θα υιοθετηθεί κυρίως μετά από μια αλλαγή και δημιουργία ενός νέου συστήματος αξιών, το οποίο όμως είναι μια σχετικά αργή διαδικασία.
- *Πολυπλοκότητα (complexity)* είναι ο βαθμός στον οποίο μια καινοτομία γίνεται αντιληπτή ως προς το κατά πόσο είναι εύκολη ή δύσκολη στη χρήση της. Οι καινοτομίες που είναι πιο εύκολο να καταλάβουμε υιοθετούνται πιο γρήγορα από τις καινοτομίες που η χρήση της απαιτεί μεγαλύτερη κατανόηση ή και την ανάπτυξη νέων δεξιοτήτων.
- *Δυνατότητα δοκιμής (Trialability)* είναι ο βαθμός στον οποίο μια καινοτομία μπορεί να διατεθεί για δοκιμή στους μελλοντικούς χρήστες. Μια καινοτομία γίνεται περισσότερο προσιτή στους πιθανούς χρήστες, όταν τους δίνεται η δυνατότητα να τη δοκιμάσουν για ένα μικρό διάστημα, με αποτέλεσμα να αντιλαμβάνονται τα πλεονεκτήματά της και τελικά να την υιοθετήσουν.

- *Εμφανή αποτελέσματα χρήσης (observability)* είναι ο βαθμός στον οποίο τα αποτελέσματα μιας καινοτομίας είναι ορατά σε άλλους.. Τα αποτελέσματα της χρήσης μιας καινοτομίας πρέπει να είναι εμφανή στους πιθανούς χρήστες, καθώς με τον τρόπο αυτό μειώνεται το ρίσκο και προκαλείται η εξάπλωση της ιδέας, μέσω της αλληλεπίδρασης μεταξύ των πιθανών χρηστών.

Ειδικά για στο πεδίο των ΠΣ οι Moore και Benbasat [65] προσάρμοσαν τα παραπάνω χαρακτηριστικά, προτείνοντας τα δομικά συστατικά της μελέτης της αποδοχής των ΠΣ σε ατομικό επίπεδο. Αυτά είναι το

- Το σχετικό πλεονέκτημα (Relative Advantage),
- η ευκολία χρήσης (Ease of Use),
- η εικόνα (Image),
- η προβολή (Visibility),
- η συμβατότητα (Compatibility),
- τα εμφανή αποτελέσματα χρήσης (Results Demonstrability),
- η εθελοντικότητα στη χρήση (Voluntariness of Use).

Η προγνωστική εγκυρότητα (predictive validity) αυτών των χαρακτηριστικών υποστηρίχθηκε και από άλλους ερευνητές (π.χ. Agarwal και Prasad [66], Karahanna et al.[67], Plouffe et al. [68], κ.α.).

### ***Το κοινωνικό σύστημα (social system).***

Ορίζεται ως ένα σύνολο αλληλένδετων μονάδων που ασχολούνται με την κοινή επίλυση προβλημάτων για να επιτευχθεί ένας κοινός στόχος. Τα μέλη ή οι μονάδες ενός κοινωνικού συστήματος μπορεί να άτομα, άτυπες ομάδες, οι οργανώσεις, και / ή υποσυστήματα. Το κοινωνικό σύστημα αποτελεί μια οριοθετημένη περιοχή μέσα στην οποία διαχέεται η καινοτομία. Η δομή του κοινωνικού συστήματος, οι καθιερωμένοι και άτυποι κανόνες συμπεριφοράς (*norms*) αποτελούν χαρακτηριστικά του κοινωνικού συστήματος που μπορούν να επηρεάσουν τη διάχυση. Επίσης, σημαντικό ρόλο στο κοινωνικό σύστημα μπορούν να παίξουν και άτομα τα οποία είναι σε θέση να επηρεάζουν τη στάση των μελών του κοινωνικού συνόλου, όπως οι opinion leaders που αναφέρθηκαν πιο πάνω.

Η περιγραφή της διαδικασίας διάχυσης μιας καινοτομίας πραγματοποιείται μέσω των «μοντέλων διάχυσης» Τα μοντέλα διάχυσης (diffusion models) είναι μαθηματικές συναρτήσεις, οι οποίες βασίζονται σε ένα σύνολο ανεξάρτητων μεταβλητών, όπως ο χρόνος, προκειμένου να προσεγγίσουν τη διαδικασία διάχυσης του υπό μελέτη προϊόντος ή υπηρεσίας. Ανάλογα με τις διάφορες κατηγοριοποιήσεις των μοντέλων, το είδος και ο αριθμός των μεταβλητών αυτών είναι δυνατόν να διαφοροποιείται. Τα διάφορα μοντέλα διάχυσης παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 4.

### **3.2.2 Θεωρίες Αποδοχής των Πληροφοριακών Συστημάτων**

Ένα σημαντικό πεδίο στην έρευνα των ΠΣ είναι η μελέτη του πως και γιατί τα άτομα υιοθετούν νέες τεχνολογίες της πληροφορίας. Ένα ρεύμα της έρευνας επικεντρώνεται στην αποδοχή της τεχνολογίας από το άτομο, με εξαρτημένη μεταβλητή την πρόθεση υιοθέτησης ή τη χρήση. Άλλοι ερευνητές έχουν επικεντρωθεί στην επιτυχία της εφαρμογής μιας τεχνολογίας σε οργανωτικό επίπεδο.

Οι πιο ευρέως αποδεκτές θεωρίες αποδοχής των ΠΣ είναι οι:

- η θεωρία αιτιολογημένης δράσης (Theory of reasoned action -TRA),

- η θεωρία σχεδιασμένης συμπεριφοράς (Theory of Planned Behavior -TPB),
- η κοινωνική γνωστική θεωρία (Social Cognitive Theory -SCT),
- η θεωρία διάχυσης των καινοτομιών DOI (που αναπτύχθηκε στην ενότητα 3.2.1)
- η ενοποιημένη θεωρία της αποδοχής και χρήσης της τεχνολογίας (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology -UTAUT).

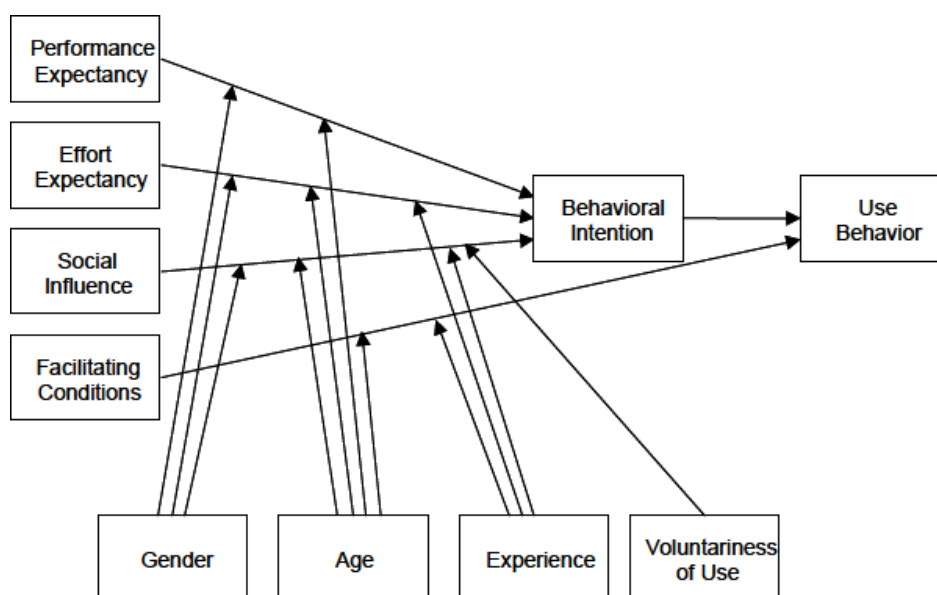
Επίσης πολύ γνωστά θεωρητικά μοντέλα είναι τα ακόλουθα:

- το Μοντέλο Αποδοχής της Τεχνολογίας (Technology Acceptance Model),
- το Μοντέλο Κινήτρων (Motivational Model -MM),
- το μοντέλο αξιοποίησης του Η/Υ (Model of PC Utilization -MPCU)
- το μοντέλο επιτυχίας των ΠΣ των DeLone και McLean (DeLone & McLean Information Systems Success Model).

Η διατριβή έχοντας σαν στόχο τη δημιουργία ενός νέου μοντέλου για την επιτυχία και βιωσιμότητα των συστημάτων ανοιχτού λογισμικού, έλαβε υπόψη τις θεωρίες αποδοχής και χρήσης της τεχνολογίας –UTAUT και το μοντέλο των DeLone και McLean. Τα θεωρητικά αυτά μοντέλα παρουσιάζονται συνοπτικά στις επόμενες παραγράφους.

### **Θεωρία αποδοχής και χρήσης της τεχνολογίας -UTAUT**

Η UTAUT έχει ως στόχο να εξηγήσει τη πρόθεση του χρήστη να χρησιμοποιήσει ένα ΠΣ, αλλά και τη μετέπειτα συμπεριφορά χρήσης. Η θεωρία προτείνει τέσσερις βασικές δομές ως άμεσους και καθοριστικούς παράγοντες για την πρόθεση χρήσης και της συμπεριφοράς του χρήστη [69]. Σχηματικά το μοντέλο απεικονίζεται στο Σχήμα 3-7.



Σχήμα 3-7. Το μοντέλο UTAUT [69].

Αυτά τα δομικά στοιχεία είναι τα: αναμενόμενη επίδοση (performance expectancy), αναμενόμενη προσπάθεια (effort expectancy), κοινωνική επιρροή (social influence) και συνθήκες διευκόλυνσης (facilitating conditions). Επίσης τα χαρακτηριστικά ενός ατόμου που αποτελούνται από το φύλο, την ηλικία, την εμπειρία και τη προθυμία της χρήσης, αποτελούν τους ενδιάμεσους παράγοντες που επιδρούν στην πρόθεση χρήσης και συμπεριφοράς [69].

Η θεωρία αυτή αναπτύχθηκε από τους Venkatesh, Morris, Davis G. και Davis F. [69] μέσα από μια αναθεώρηση και ενοποίηση των δομικών στοιχείων από οκτώ θεωρητικά μοντέλα ερμηνείας της πρόθεσης χρήσης και συμπεριφοράς. Τα οκτώ αυτά θεωρητικά

μοντέλα είναι η θεωρία αιτιολογημένης δράσης (TRA), η θεωρία σχεδιασμένης συμπεριφοράς (TPB), η κοινωνική γνωστική θεωρία (SCT), η θεωρία διάχυσης των καινοτομιών, το μοντέλο αποδοχής της τεχνολογίας (TAM), το μοντέλο κινήτρων (MM) και το μοντέλο αξιοποίησης του Η/Υ. Το μοντέλο UTAUT επικυρώθηκε σε μια διαχρονική μελέτη και διαπιστώθηκε ότι μπορεί να ερμηνεύσει το 70% της διακύμανσης της πρόθεση χρήσης [69].

Από θεωρητική άποψη η UTAUT παρέχει μια εκλεπτυσμένη εικόνα για το πώς οι καθοριστικοί παράγοντες της πρόθεσης και συμπεριφοράς εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου. Είναι επίσης σημαντικό ότι οι περισσότερες από τις βασικές σχέσεις στο μοντέλο επηρεάζονται από ενδιάμεσους παράγοντες. Για παράδειγμα, η ηλικία είναι ένα ατομικό χαρακτηριστικό που έχει λάβει πολύ λίγη προσοχή σε έρευνες που αφορούν την αποδοχή μιας τεχνολογίας. Ομοίως, η από κοινού επίδραση ηλικίας-φύλου αποτελεί ένα καινοτομικό στοιχείο της θεωρίας. Τα αποτελέσματα της θεωρίας συνοψίζονται στον Πίνακα 3-2.

**Πίνακας 3-2. Συνοπτική παρουσίαση αποτελεσμάτων UTAUT.**

<b>Εξαρτημένη μεταβλητή</b>	<b>Ανεξάρτητες μεταβλητές</b>	<b>Ενδιάμεσοι παράγοντες</b>	<b>Επεξήγηση</b>
Πρόθεση συμπεριφοράς	Αναμενόμενη επίδοση	Φύλο, ηλικία	Ισχυρότερη επίδραση σε άντρες και νεότερους εργαζομένους
Πρόθεση συμπεριφοράς	Αναμενόμενη προσπάθεια	Φύλο, ηλικία	Ισχυρότερη επίδραση σε γυναίκες, μεγαλύτερης ηλικίας και μικρότερης εμπειρίας.
Πρόθεση συμπεριφοράς	Κοινωνική επίδραση	Φύλο, ηλικία, εθελοντικότητα, εμπειρία	Ισχυρότερη επίδραση σε γυναίκες και μεγαλύτερες ηλικίες κάτω από συνθήκες υποχρεωτικής χρήσης και με μικρή εμπειρία.
Πρόθεση συμπεριφοράς	Συνθήκες διευκόλυνσης	Κανένα	Μη σημαντικό
Χρήση	Συνθήκες διευκόλυνσης	Ηλικία, εμπειρία	Ισχυρότερη επίδραση σε μεγαλύτερες ηλικίες με αυξανόμενη εμπειρία
Πρόθεση συμπεριφοράς	Αποτελεσματικότητα	Κανένα	Μη σημαντικό
Πρόθεση συμπεριφοράς	Ενθουσιασμός		Μη σημαντικό
Πρόθεση συμπεριφοράς	Άποψη απέναντι στη χρήση τεχνολογίας	Κανένα	Μη σημαντικό
Χρήση	Πρόθεση συμπεριφοράς	Κανένα	Άμεση επίδραση

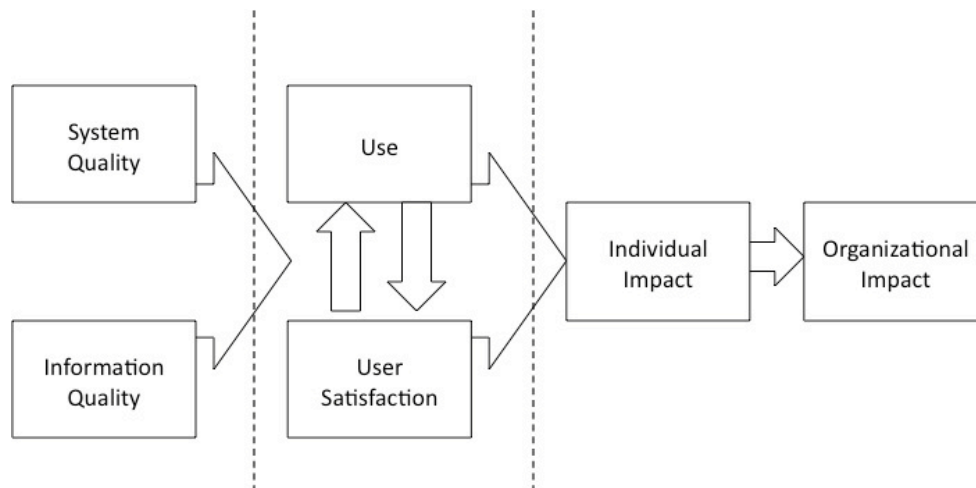
Η αναμενόμενη επίδοση φαίνεται να είναι ένας καθοριστικός παράγοντας της πρόθεσης συμπεριφοράς στις περισσότερες καταστάσεις: η δύναμη της σχέσης ποικίλλει με το φύλο και την ηλικία και είναι πιο σημαντική για τους άνδρες και τους νεότερους



εργαζόμενους. Η επίδραση της αναμενόμενης προσπάθειας για την πρόθεση επίσης εξαρτάται από το φύλο και την ηλικία και είναι πιο σημαντική για τις γυναίκες και τους εργαζομένους μεγαλύτερης ηλικίας, ενώ τα αποτελέσματα μειώνονται με την εμπειρία. Η επίδραση της κοινωνικής επιρροής στην πρόθεση συμπεριφοράς φάνηκε να μην είναι στατιστικά σημαντική όταν τα δεδομένα αναλύθηκαν χωρίς να συμπεριληφθούν οι τέσσερις ενδιάμεσοι παράγοντες. Τέλος, οι συνθήκες διευκόλυνσης στη χρήση είναι στατιστικά σημαντικές μόνο σε συνδυασμό με την ηλικία και εμπειρία.

### **Μοντέλο επιτυχίας των Delone και McLean**

Ένα από τα πιο αποτελεσματικά και περισσότερο εφαρμοζόμενα και δοκιμασμένα εργαλεία μέτρησης της ποιότητας ενός ΠΣ αποτελεί το μοντέλο επιτυχίας πληροφοριακών συστημάτων των DeLone και McLean [70, 71]. Μέσα από το συγκεκριμένο μοντέλο εξετάζονται ουσιαστικοί παράγοντες, οι οποίοι αλληλεξαρτώνται και αλληλεπιδρούν. Οι παράγοντες αυτοί διερευνούν έννοιες, όπως η ποιότητα του συστήματος, η ποιότητα της πληροφορίας, η ικανοποίηση του χρήστη, καθώς και η επίδραση της ποιότητας, τόσο στο άτομο, όσο και σε οργανισμούς. Το συγκεκριμένο μοντέλο σχηματικά μπορεί να αποδοθεί όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-8.



**Σχήμα 3-8. Μοντέλο Επιτυχίας των DeLone και McLean [70]**

*Ποιότητα Συστήματος (System Quality)* περιγράφει το πόσο «ικανοποιητικό» είναι το ΠΣ, όσον αφορά τα λειτουργικά του χαρακτηριστικά.

*Ποιότητα Πληροφορίας (Information Quality)* ορίζει το πόσο «ικανοποιητικό» είναι το ΠΣ, όσον αφορά τις εκροές του. Ορισμένοι παράγοντες οι οποίοι έχουν σχέση με την ποιότητα της πληροφορίας ενδεικτικά είναι: η σημαντικότητα, η σχετικότητα, η χρησιμότητα, η ακρίβεια, η πληρότητα, και το περιεχόμενο της πληροφορίας. Παράλληλα, η ποιότητα της πληροφορίας έχει σημαντικό αντίκτυπο και στη χρήση του πληροφοριακού συστήματος.

*Χρήση του Συστήματος (System Use)* αναφέρεται στη χρησιμοποίηση και αξιοποίηση των εκρών από το ίδιο το πληροφοριακό σύστημα.

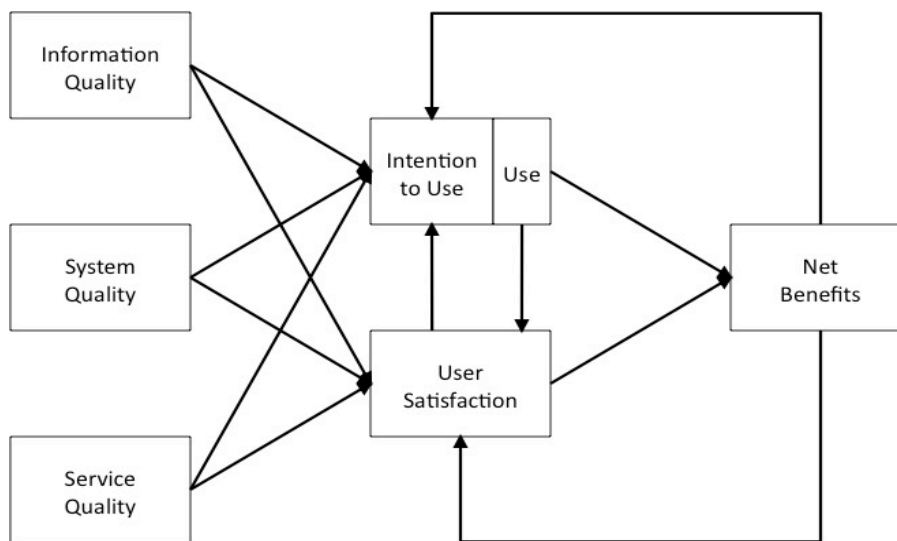
*Ικανοποίηση του Χρήστη (User Satisfaction)* μετρά το πώς αντιλαμβάνονται οι χρήστες το ίδιο το σύστημα κατά τη χρησιμοποίησή του, και θεωρείται ως μία σημαντική παράμετρος για τη μέτρηση της επιτυχίας ενός πληροφοριακού συστήματος. Το αποτέλεσμα του συνόλου της χρήσης είναι ισοδύναμο και σημαντικό, ανεξάρτητα από την αποτελεσματικότητα του καθαυτού συστήματος.

*Επίδραση στο Άτομο (Individual Impact)* αφορά το πώς επιδρά η χρήση ενός πληροφοριακού συστήματος στην εκτέλεση των καθηκόντων του ατόμου μέσα στον χώρο της εργασίας του. Σύμφωνα με τους DeLone & McLean (2002), η επίδραση θα

μπορούσε να αποτελεί μία ισχυρή ένδειξη ότι το ΠΣ προσφέρει στον χρήστη καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου των αποφάσεων του, βελτίωση σχετικά με τις αποφάσεις του για την παραγωγικότητα, αλλαγή στις δραστηριότητές του, καθώς και αλλαγή στην κατανόηση της σημαντικότητας και παράλληλα της χρησιμότητας του συστήματος του οργανισμού.

*Επίδραση στον Οργανισμό (Organizational Impact)* εξετάζει κατά πόσο τα αποτελέσματα της επίδρασης του ατόμου επηρεάζουν την λειτουργία του οργανισμού, και επιπροσθέτως μετράει την αποτελεσματικότητα του οργανισμού ως ένα ολόκληρο σύνολο, ως μία πλήρη οντότητα.

Μετά από δέκα χρόνια οι DeLone και McLean αναβάθμισαν το αρχικό τους μοντέλο για να συμπεριλάβουν την ποιότητα υπηρεσιών (service quality). Οι ίδιοι ανακοίνωσαν πως μια τέτοια αλλαγή ήταν απαραίτητη ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί το μοντέλο τους στα νέα δεδομένα της αγοράς των ΠΣ και ιδιαίτερα στην εμφάνιση και ραγδαία εξέλιξη του ηλεκτρονικού εμπορίου. Το ανανεωμένο μοντέλο των DeLone και McLean, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3-9, υποθέτει ότι η ποιότητα συστήματος, η ποιότητα πληροφορίας και η ποιότητα υπηρεσιών, τόσο μεμονωμένα όσο και συλλογικά, επηρεάζουν την ικανοποίηση του χρήστη και τη χρήση του συστήματος. Το μοντέλο επίσης προτείνει ότι η ικανοποίηση του χρήστη και η χρήση του συστήματος είναι αμοιβαία και άμεσα αλληλοεξαρτώμενοι παράγοντες της ατομικής επίδρασης. Επιπροσθέτως στην επίδραση του συστήματος δεν αναφέρει μόνο τη χρήση αλλά και την πρόθεση χρήσης. Τέλος, σε αυτό το μοντέλο προστίθενται τα οφέλη του δικτύου ως κύκλοι ανατροφοδότησης στη χρήση του συστήματος και στην ικανοποίηση του χρήστη.



**Σχήμα 3-9. Αναβαθμισμένο μοντέλο επιτυχίας των DeLone και McLean [71]**

*Ποιότητα Υπηρεσιών (Service Quality)* μετράει την αποτελεσματικότητα των υπηρεσιών που παρέχονται. Συγκεκριμένα για ένα ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα θα μπορούσε να οριστεί ως το ποσοστό της αξιοπιστίας, της ανταπόκρισης και της υποστήριξης που παρέχεται από τις κοινότητες ελεύθερου λογισμικού.

*Οφέλη Δικτύου (Net Benefits)* αποτελούν συνένωση των εννοιών επίδραση στο άτομο και επίδραση στον οργανισμό του αρχικού μοντέλου, και ουσιαστικά είναι ένα μέτρο των συνολικών ωφελειών που δύναται να αποκομίσει κάποιος από το πληροφοριακό σύστημα.

## 4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η έρευνα στηρίχθηκε σε αυστηρό θεωρητικό και μεθοδολογικό υπόβαθρο των μαθηματικών. Οι μελέτες που υλοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής περιλαμβάνουν τη δημιουργία θεωρητικών μοντέλων που να περιγράφουν τη πορεία της διάχυσης του ανοιχτού λογισμικού, αλλά και τους παράγοντες που τη σχηματίζουν. Τα θεωρητικά αυτά μοντέλα, επιβεβαιώνονται ή όχι με βάση τις μεθοδολογίες που περιγράφονται στο παρών κεφάλαιο. Η δημιουργία των θεωρητικών μοντέλων βασίστηκε τόσο στο θεωρητικό υπόβαθρο που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 3 όσο και τη βιβλιογραφική ανασκόπηση. Επιπλέον, ως εργαλείο δημιουργίας θεωρίας χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία δημιουργίας θεωρίας Structured-Case, η οποία αναλύεται στην ενότητα 4.9.

Τα σωρευτικά μοντέλα διάχυσης που αντλήθηκαν από τη θεωρία διάχυσης των καινοτομιών παρέχουν τη δυνατότητα απάντησης στο ερώτημα «*πως περιγράφεται η καμπύλη διάχυσης του ανοιχτού λογισμικού;*». Τα μοντέλα αυτά έχουν τη δυνατότητα να εκτιμήσουν και περιγράψουν με ακρίβεια τη πορεία διάχυσης και πως αυτή μπορεί να εξελιχθεί στο μέλλον. Η μεθοδολογία εκτίμησης και πρόβλεψης της πορείας διάχυσης περιγράφονται στις ενότητες 4.1 - 4.3.

Για την εκτίμηση της μελλοντικής πορείας μια τεχνολογίας, είναι επίσης απαραίτητο να γνωρίζουμε το *γιατί*. Δηλαδή, την απάντηση στο ερώτημα «*ποιοι είναι εκείνοι οι παράγοντες που καθορίζουν αυτή τη πορεία;*». Για την απάντηση αυτού του ερωτήματος χρησιμοποιήθηκαν εξελιγμένες στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης, όπως οι Two Stage Least Squares (2SLS) και Structural Equation Modelling (SEM) οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα εκτίμησης της βαρύτητας των παραγόντων καθώς και των αλληλεπιδράσεών τους, που συντελούν στη διάχυση της τεχνολογίας. Οι στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης περιγράφονται στις ενότητες 4.7-4.8.

Ο συνδυασμός σωρευτικών μοντέλων διάχυσης με στατιστικές μεθόδους αποτύπωσης των παραγόντων που συντελούν σε αυτή, προσφέρει επιπλέον πληροφορίες ως προς τους παράγοντες που καθορίζουν κομβικά σημεία της καμπύλης διάχυσης, όπως ο κόρος, ή η αρχή της διάχυσης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται παραμετροποιημένα σωρευτικά μοντέλα διάχυσης που δίνουν τη δυνατότητα εκτιμήσεων αυτού του είδους. Οι μεθοδολογίες που αντιστοιχούν σε αυτά τα μοντέλα περιγράφονται στην ενότητα 4.5.

Παράλληλα, ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν τη πορεία διάχυσης μιας τεχνολογίας είναι ο *ανταγωνισμός*. Για τη μελέτη της επίδρασης του ανταγωνισμού στη διάχυση του ανοιχτού λογισμικού, χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις Lotka – Volterra. Οι εξισώσεις στηρίζονται στις αρχές της πληθυσμιακής βιολογίας. Στη πραγματικότητα των σωρευτικά μοντέλα διάχυσης αποτελούν εξέλιξη των μοντέλων της πληθυσμιακής βιολογίας, διαμορφωμένων έτσι ώστε να λαμβάνουν υπόψη την αλληλεπίδραση ανταγωνιστικών προϊόντων. Στο πλαίσιο αυτό οι εξισώσεις χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της πορείας του ανοιχτού λογισμικού λόγω των πιέσεων που δέχεται από τον ανταγωνισμό της αγοράς λογισμικού. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ο υπολογισμός της ισορροπίας της αγοράς. Η μεθοδολογία αναλύεται στην ενότητα 4.6.

Η επιτυχής είσοδος του ανοιχτού λογισμικού στην αγορά σημείωσε σημαντικές ανακατατάξεις και αλλαγές. Η επανάσταση του ανοιχτού λογισμικού ως καινοτόμο μοντέλο ανάπτυξης λογισμικού, δημιούργησε μια νέα επανάσταση στον επιχειρηματικό τομέα, ως ένα καινοτόμο επιχειρηματικό μοντέλο, ή ως ένα καινοτόμο μοντέλο εσόδων από την εκμετάλλευσή του. Η παρούσα διατριβή εξέτασε ενδελεχώς τα διαφορετικά μοντέλα εσόδων που υιοθετήθηκαν από επιχειρήσεις ανοιχτού λογισμικού, με στόχο τη ταξινόμηση τους και τη δημιουργία ενός αφαιρετικού οντολογικού επιχειρηματικού

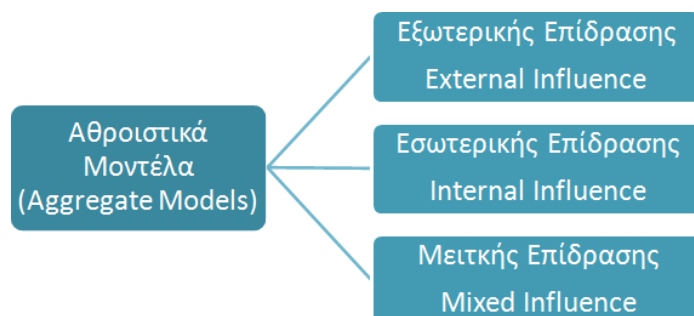
μοντέλου ανοιχτού λογισμικού. Η μελέτη έγινε με τη βοήθεια της μεθοδολογίας δημιουργίας θεωρίας Structured-Case, η οποία αναλύεται στην ενότητα 4.9.

#### 4.1 Σωρευτικά μοντέλα διάχυσης

Στο Κεφάλαιο 3, είδαμε ότι η θεωρία διάχυσης των καινοτομιών υποστηρίζει ότι η αθροιστική διείσδυση και υιοθέτηση μιας καινοτομίας ακολουθεί συνήθως σχήματα που προσεγγίζονται από «σιγμοειδείς» (*S-shaped*) καμπύλες. Η προσέγγιση αυτών των καμπυλών πραγματοποιείται μέσω των μοντέλων διάχυσης. Τα μοντέλα διάχυσης (*diffusion models*) είναι μαθηματικές συναρτήσεις, οι οποίες βασίζονται σε ένα σύνολο ανεξάρτητων μεταβλητών, όπως ο χρόνος, προκειμένου να προσεγγίσουν τη διαδικασία διάχυσης ενός προϊόντος ή υπηρεσίας.

Τα σωρευτικά (ή αθροιστικά) μοντέλα επικεντρώνονται στην εκτίμηση και την πρόβλεψη της συνολικής απόκρισης της αγοράς απέναντι στην καινοτομία, μελετώντας την πορεία διάχυσής της στο μακροεπίπεδο, χωρίς να λαμβάνουν ρητά υπόψη τα χαρακτηριστικά των χρηστών ή της ίδιας της καινοτομίας, τα οποία επηρεάζουν την απόφαση για την αποδοχή της [72-74]. Εκτιμούν συνήθως την αθροιστική διείσδυση της καινοτομίας επί της αγοράς αναφοράς, ενώ είναι δυνατόν με κατάλληλες τροποποιήσεις να παρέχουν εκτιμήσεις και για το επίπεδο της διείσδυσης ανά μονάδα χρόνου.

Μια βασική κατηγοριοποίηση των σωρευτικών μοντέλων διάχυσης είναι αναφορικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν την πορεία διείσδυσης. Τα μοντέλα «εξωτερικής επίδρασης» (*external influence*) [75] βασίζονται στην υπόθεση ότι η διαδικασία της διείσδυσης ενός προϊόντος είναι αποτέλεσμα εξωτερικών μόνο παραγόντων, όπως η τιμή και η διαφήμιση. Αντίθετα, τα μοντέλα «εσωτερικής επίδρασης» (*internal influence*) [76, 77] θεωρούν ότι η διαδικασία διάχυσης είναι αποτέλεσμα μόνο εσωτερικών διεργασιών του κοινωνικού συστήματος, λόγω της αλληλεπίδρασης των μελών του. Τέλος, τα μοντέλα «μεικτής επίδρασης» (*mixed influenced*) [78] συνδυάζουν στη διατύπωσή τους και τους εξωτερικούς και του εσωτερικούς παράγοντες, θεωρώντας ότι η διαδικασία διάχυσης είναι αποτέλεσμα επίδρασης των παραγόντων και των δυο κατηγοριών.



Σχήμα 4-1. Κατηγοριοποίηση σωρευτικών μοντέλων διάχυσης, ως προς τους παράγοντες που επηρεάζουν τη διείσδυση

Ανάλογα με τις διάφορες κατηγοριοποιήσεις των μοντέλων, το είδος και ο αριθμός των μεταβλητών αυτών είναι δυνατόν να διαφοροποιείται. Στη βιβλιογραφία συναντάται μεγάλη γκάμα μοντέλων διάχυσης, προσαρμοσμένα έτσι ώστε να μπορούν επιλύουν συγκεκριμένα προβλήματα, όπως:

- *Μοντέλα «Πρώτης αγοράς» (first purchase)*. Περιγράφουν τη διαδικασία διάχυσης μέχρι οι δυνητικοί χρήστες να υιοθετήσουν για πρώτη φορά την καινοτομία [75-78].
- *Μοντέλα «Επαναλαμβανόμενων αγορών» (repeat purchase)*. Περιγράφουν τη διαδικασία διάχυσης θεωρώντας επαναλαμβανόμενες υιοθετήσεις της καινοτομίας [79-81].

- *Μοντέλα «Υποκατάστασης ή συμπληρωματικότητας» (substitution or complementarity)*. Χρησιμοποιούνται προκειμένου να εξαχθεί το συμπέρασμα αν δύο, ή περισσότερα, προϊόντα είναι συμπληρωματικά ή υποκατάστατα [82, 83].
- *Μοντέλα «Ανταγωνισμού» (competition)*. Μελετούν το φαινόμενο της διάχυσης υπό το πρίσμα του ανταγωνισμού της αγοράς [84, 85].
- *Μοντέλα «Υποκατάστασης γενεών» (generation substitution)*. Περιγράφουν τη διαδικασία υποκατάστασης μιας τεχνολογικής γενεάς από τις διάδοχες της [86-88].
- *Μοντέλα «Δια-περιοχικής επίδρασης» (cross –area influence)*. Έχουν ως στόχο να αποτιμήσουν το μέγεθος της αλληλεπίδρασης μεταξύ γειτονικών περιοχών και τις επιπτώσεις στην πορεία διάχυσης [89-92].
- *Μοντέλα «Δυναμικών παραμέτρων» (dynamic parameters)*, τα οποία περιγράφουν της διαδικασία διείσδυσης βασιζόμενα στην υπόθεση ότι οι παράμετροι της διαδικασίας (κόρος, ρυθμός διείσδυσης) δεν παραμένουν σταθερά σε όλη τη διάρκεια του φαινομένου, αλλά μεταβάλλονται λόγω της μεταβολής άλλων παραγόντων, όπως το μέγεθος του πληθυσμού [93, 94].
- *Μοντέλα «Επίδρασης παραμέτρων μάρκετινγκ» (marketing mix models)*, τα οποία δημιουργούνται ενσωματώνοντας με διάφορους τρόπους τις μεταβλητές μάρκετινγκ που επηρεάζουν τη διάχυση όπως την τιμή διάθεσης και τη διαφήμιση της καινοτομίας ή δημογραφικές παραμέτρους [95-97].

Οι βασικές και απαραίτητες παράμετροι που ενσωματώνονται σε ένα τυπικό μοντέλο ζήτησης είναι το «επίπεδο κόρου» της αγοράς (saturation level) και ο «ρυθμός διείσδυσης» (penetration rate). Η πρώτη αναφέρεται στο μέγιστο αναμενόμενο επίπεδο διείσδυσης της καινοτομίας στην αγορά, ενώ η δεύτερη στο ρυθμό με τον οποίο η διείσδυση θα προσεγγίσει τον κόρο. Εκτός όμως από τις δύο βασικές αυτές παραμέτρους, στη βιβλιογραφία έχουν αναπτυχθεί μοντέλα τα οποία ενσωματώνουν μια σειρά από πρόσθετες παραμέτρους, με στόχο να αποτιμηθεί η επίδρασή τους στην πορεία διάχυσης του προϊόντος.

#### 4.1.1 Γενική μορφή σωρευτικών μοντέλων διάχυσης

Η γενική διατύπωση των σωρευτικών μοντέλων εκτίμησης και πρόβλεψης της ζήτησης δίνεται από την ακόλουθη διαφορική εξίσωση:

$$\frac{dY(t)}{dt} = d(Y(t), \bar{p}) \cdot [f(S, Y(t))] \quad (4-1)$$

Όπου:

- Η μεταβλητή  $Y(t)$  αντιστοιχεί στη συνολική διείσδυση τη χρονική στιγμή  $t$ .
- Το  $S$  αντιστοιχεί στο επίπεδο κόρου της αγοράς (saturation), δηλαδή στη μέγιστη αναμενόμενη αθροιστική διείσδυση της υπό εξέταση καινοτομίας.
- Το  $\bar{p}$  είναι το διάνυσμα των παραμέτρων του μοντέλου, οι οποίες θεωρούνται συνήθως σταθερές κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου. Οι παράμετροι είναι κυρίως ενδογενείς στο σύστημα που εξετάζεται, όπως η ένταση του μιμητισμού ή της καινοτομίας που διακρίνει τα μέλη του κοινωνικού συνόλου στο οποίο η τελευταία αναφέρεται.
- Ο όρος  $d(Y(t), \bar{p})$  είναι η συνάρτηση αναλογίας που εξαρτάται από το διάνυσμα των παραμέτρων και την αθροιστική διείσδυση που έχει καταγραφεί μέχρι τη χρονική στιγμή  $t$ . Περιγράφει την τάση αύξησης του ρυθμού διείσδυσης

της καινοτομίας καθώς είναι συνάρτηση του συνεχώς αυξανόμενου (αθροιστικού) επιπέδου διείσδυσης  $Y(t)$ .

- Ο όρος  $f(S, Y(t))$  είναι η συνάρτηση που περιγράφει την προοπτική της αγοράς που απομένει τη χρονική στιγμή  $t$ , η οποία εξαρτάται από το επίπεδο κορεσμού  $S$  και τον αριθμό των χρηστών της καινοτομίας,  $Y(t)$ , τη χρονική στιγμή  $t$ . Καθώς σχετίζεται συνήθως με το εναπομείναν ποσοστό της αγοράς που δεν έχει υιοθετήσει την καινοτομία (το οποίο σταδιακά μειώνεται) δρα ως παράγοντας μείωσης του ρυθμού διείσδυσης ο οποίος μηδενίζεται όταν η διείσδυση φτάσει στο επίπεδο κορεσμού. Ο όρος αυτός εξασφαλίζει ότι η διαδικασία της διάχυσης θα τερματιστεί, όταν η αγορά φτάσει στον κόρο.

Τόσο στην παραπάνω διαφορική εξίσωση, αλλά και όπου αλλού συναντάται, ο όρος «διείσδυση» ορίζεται ως το ποσοστό των χρηστών του προϊόντος επί του πληθυσμού αναφοράς. Πρέπει να διευκρινιστεί ότι, η έννοια πληθυσμός αναφέρεται στο στατιστικό πληθυσμό και όχι απαραίτητα στον πληθυσμό ατόμων (individuals). Κατά συνέπεια, αποκτά διαφορετική εν γένει υπόσταση, ανάλογα με το πλαίσιο της καινοτομίας που μελετάται κάθε φορά.

Μια συνηθισμένη προσέγγιση που απαντάται στη βιβλιογραφία είναι η υπόθεση ότι ο παράγοντας  $f(S, Y(t))$  ισούται με το εναπομείναν ποσοστό των δυνητικών χρηστών της καινοτομίας, δηλ  $f(S, Y(t)) = S - Y(t)$ , ενώ η μορφή του παράγοντα  $d(Y(t), \bar{p})$  ποικίλει, ανάλογα με τις ισχύουσες κάθε φορά υποθέσεις. Η προσέγγιση αυτή περιγράφεται μαθηματικά από την παρακάτω εξίσωση:

$$\frac{dY(t)}{dt} = d(Y(t), \bar{p})(S - Y(t)) \quad (4-2)$$

Ανάλογα με τις διάφορες μορφές του παράγοντα  $d(Y(t), \bar{p})$  προκύπτουν αντίστοιχα μοντέλα διάχυσης. Οι συνηθέστερες μορφές που συναντώνται στη βιβλιογραφία (π.χ. [95, 98]) για τον παράγοντα  $d(Y(t), \bar{p})$  παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-1:

Πίνακας 4-1. Γενικές μορφές μοντέλων διάχυσης

Κατηγορία	Παράγοντας	Εξισώσεις μοντέλου
<p><i>Μοντέλο εξωτερικής επίδρασης:</i></p> <p>Οι επιδράσεις προέρχονται από εξωτερικούς από το κοινωνικό σύστημα παράγοντες. Το μοντέλο έχει εκθετική μορφή.</p>	$d(Y(t), \bar{p}) = \alpha,$ $\alpha > 0$	$\frac{dY(t)}{dt} = \alpha(S - Y(t))$ $Y(t) = S(1 - e^{-\alpha t})$ <p style="text-align: right;">(4-3)</p>
<p><i>Μοντέλο εσωτερικής επίδρασης:</i></p> <p>Η διάχυση είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης των μελών του κοινωνικού συστήματος, χωρίς εξωτερικές επιδράσεις. Η λύση της εξίσωσης ισοδυναμεί με το Γραμμικό Λογιστικό Μοντέλο και έχει μορφή σιγμοειδούς καμπύλης.</p>	$d(Y(t), \bar{p}) = bY(t)$ $b > 0,$	$\frac{dY(t)}{dt} = bY(t)(S - Y(t))$ $Y(t) = \frac{1}{\left(\frac{1}{S}\right) + ce^{-bt}}$ <p style="text-align: right;">(4-4)</p>
<p><i>Μοντέλο μεικτής επίδρασης:</i></p> <p>Η διαδικασία διάχυσης επηρεάζεται τόσο από τους εξωτερικούς όσο και από τους εσωτερικούς παράγοντες. Πάνω σε αυτό το μοντέλο έχει αναπτυχθεί το μοντέλο Bass. Η</p>	$d(Y(t), \bar{p}) = a + bY(t)$ $a > 0, b > 0$	$\frac{dY(t)}{dt} = (a + bY(t))(S - Y(t))$ <p style="text-align: right;">(4-5)</p>

καμπύλη του είναι συμμετρική  
σιγμοειδής.

$$Y(t) = \frac{S - \frac{a(S - Y_0)}{a + bY_0} e^{-(a+bS)(t-t_0)}}{1 + \frac{b(S - Y_0)}{a + bY_0} e^{-(a+bS)(t-t_0)}}$$

Συνοψίζοντας, ανάλογα με τις υποθέσεις στις οποίες βασίζεται η ανάπτυξη των συναρτήσεων  $d(Y(t), \bar{p})$  και  $f(S, Y(t))$  προκύπτουν τα αντίστοιχα μοντέλα ζήτησης που απαντώνται στη βιβλιογραφία, τα σημαντικότερα από τα οποία παρουσιάζονται στις επόμενες ενότητες. Όλα τα μοντέλα που παρουσιάζονται στη συνέχεια έχουν τη δυνατότητα δημιουργίας μιας «σιγμοειδούς καμπύλης» (S-curve), προκειμένου να περιγράψουν την αθροιστική διείσδυση μιας καινοτομίας σε μια αγορά.

## 4.2 Σημαντικότερα μοντέλα διάχυσης

### Μοντέλο Bass

Το μοντέλο που αποτελεί μια από τις πρώτες συστηματικές και ολοκληρωμένες προσεγγίσεις που απαντώνται στη βιβλιογραφία, αναπτύχθηκε και προτάθηκε από το Frank Bass [78] και έχει χρησιμοποιηθεί πολλές φορές με επιτυχία, δίνοντας αποτελέσματα μεγάλης ακρίβειας. Παρά το γεγονός ότι μετά το μοντέλο Bass έχουν αναπτυχθεί και άλλες προσεγγίσεις, με αποτελέσματα μεγαλύτερης ακρίβειας αρκετές φορές, εν τούτοις παραμένει ένα αρκετά αξιόπιστο μοντέλο το οποίο αποτελεί και το μέτρο σύγκρισης των αποτελεσμάτων (benchmark model), στις περισσότερες από τις εργασίες που έχουν εκπονηθεί.

Στην εργασία που ο Bass παρουσιάζει το μοντέλο του, εκτός από τις μαθηματικές διατυπώσεις παρέχει και τη θεωρητική ανάλυση για την ερμηνεία της διαδικασίας διάδοσης ενός προϊόντος σε μια αγορά, με βάση οικονομικούς, κοινωνικούς, πολιτισμικούς και πολιτικούς παράγοντες που την επηρεάζουν [99]. Επιπλέον, περιγράφει την επίδραση των εξωτερικών παραγόντων, όπως τα μέσα μαζικής ενημέρωσης, αλλά και των εσωτερικών όπως της αλληλεπίδρασης των μελών του κοινωνικού συστήματος, την «από στόμα σε στόμα» (word-of-mouth) επικοινωνία μεταξύ των ατόμων [100].

Η ανάπτυξη του μοντέλου βασίζεται στη θεμελιώδη υπόθεση ότι η δεσμευμένη πιθανότητα υιοθέτησης της καινοτομίας κατά τη χρονική στιγμή  $t$ , δεδομένου ότι δεν έχει γίνει προηγούμενη υιοθέτηση, είναι γραμμική συνάρτηση του αριθμού των προηγούμενων αγοραστών και εκφράζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\frac{f(t)}{1 - F(t)} = p + qF(t) \tag{4-6}$$

Στην (4-6) η συνάρτηση  $f(t)$  αντιπροσωπεύει την πιθανότητα υιοθέτησης της καινοτομίας τη χρονική στιγμή  $t$ , δεδομένου ότι η καινοτομία δεν έχει υιοθετηθεί στο χρονικό διάστημα  $(0, t)$ .  $F(t)$  είναι αθροιστική συνάρτηση πυκνότητας, δηλαδή

$F(t) = \int_0^t f(t) dt$ , ενώ οι σταθερές  $p$ ,  $q$ , αναφέρονται στις παραμέτρους καινοτομίας (innovation) και μιμητισμού (imitation), αντίστοιχα.

Ο «συντελεστής καινοτομίας (coefficient of innovation)  $p$ , περιγράφει την πιθανότητα να πραγματοποιηθεί αγορά τη στιγμή εισαγωγής της καινοτομίας. Είναι ανάλογη προς το μέγεθος της «κρίσιμης μάζας» και σχετίζεται με το μέγεθος της ομάδας των «καινοτόμων» χρηστών. Η παράμετρος  $p$  επηρεάζει σημαντικά την πορεία της διάχυσης της καινοτομίας, καθώς περιέχει πληροφορία σχετικά με την προοπτική που έχει η καινοτομία στην αγορά. Η παράμετρος  $q$  είναι ο «συντελεστής μίμησης» (coefficient of imitation) και αντιστοιχεί στους εναπομείναντες πιθανούς μελλοντικούς χρήστες της

υπηρεσίας, οι οποίοι αναμένεται να υιοθετήσουν την καινοτομία εξαιτίας της κοινωνικής πίεσης και της διαφήμισής της.

Θεωρώντας το επίπεδο κόρου της αγοράς,  $S$ , και  $y(t)$  τον αριθμό των χρηστών τη χρονική στιγμή  $t$ ,  $Y(t)$  τον αθροιστικό αριθμό χρηστών μέχρι τη χρονική στιγμή  $t$ , τότε με βάση τις σχέσεις  $y(t) = \frac{dY(t)}{dt} = Sf(t)$  και  $Y(t) = SF(t)$ , το μοντέλο Bass περιγράφεται από την εξίσωση:

$$\frac{dY(t)}{dt} = \left( p + q \frac{Y(t)}{S} \right) (S - Y(t)) \quad (4-7)$$

Αν υποθεθεί ότι κατά την έναρξη της διαδικασίας διάχυσης ισχύει ότι  $Y(0)=0$ , αντικαθιστώντας τη σχέση αυτή στην (4-6), τότε προκύπτει ότι η σταθερά  $p$  αντιστοιχεί στην πιθανότητα να πραγματοποιηθεί αγορά τη στιγμή εισαγωγής της καινοτομίας, εκφράζοντας τη σπουδαιότητα των καινοτόμων χρηστών στη διαδικασία διάχυσης.

Η σχέση  $q \left( \frac{Y(t)}{S} \right)$  υποδεικνύει ότι η τιμή της παραμέτρου  $q$  σχετίζεται με το εύρος της αναμενόμενης επίδρασης του ποσοστού αυτών που έχουν υιοθετήσει την καινοτομία επί των συνολικών, τελικών, αποδεκτών της. Η λύση της διαφορικής εξίσωσης (4-7) δίνεται από τη σχέση:

$$Y(t) = S \left( \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \right) \quad (4-8)$$

Το μοντέλο Bass είναι μια συμμετρική σιγμοειδής καμπύλη και παρουσιάζει σημείο καμπής όταν  $Y(t)=S/2$ . Δηλαδή, η μέγιστη αύξηση λαμβάνει χώρα όταν το επίπεδο διάδοσης προσεγγίζει το μισό του επιπέδου κόρου ( $Y(t)=S/2$ ) και το σημείο ανάφλεξης συμβαίνει στο 50% του κόρου αντίστοιχα.

### **Μοντέλο Gompertz**

Το 1825, ο Gompertz εισήγαγε την ομώνυμη συνάρτηση ως μοντέλο που εκφράζει τη χρονική εξέλιξη της ανθρώπινης θνησιμότητας. Η καμπύλη που προκύπτει είναι ασύμμετρη σιγμοειδής με ιδιότητες που είναι χρήσιμες για την αναπαράσταση και την πρόβλεψη του φαινομένου της διάχυσης. Το μοντέλο εφαρμόστηκε για πρώτη φορά το 1975 για τη διάδοση νέων ιδεών από το Lakhani [101] και αργότερα από το Sahal [102, 103], ο οποίος χρησιμοποίησε το μοντέλο ως βάση για την απόδειξη διαφόρων υποθέσεων σχετικά με τη διάδοση καινοτομιών.

Το μοντέλο του Gompertz συναντάται στη βιβλιογραφία σε δύο μορφές, που για λόγους απλότητας ονομάζονται Gompertz I και Gompertz II [104, 105] προκύπτουν από τη γενική εξίσωση (4-1) με  $f(S, Y(t)) = \ln(S/Y(t))$ .

Οι δύο σχέσεις που περιγράφουν τα μοντέλα Gompertz, είναι ισοδύναμες και προκύπτουν η μια από την άλλη με βάση την αντικατάσταση  $A = e^{-a}$ .

Το μοντέλο Gompertz I δίνεται από την εξίσωση:

$$Y(t) = S e^{-e^{-a-bt}} \quad (4-9)$$

Το μοντέλο Gompertz II δίνεται από την εξίσωση:



$$Y(t) = Se^{-Ae^{-bt}} \quad (4-10)$$

Όπου:

- Η μεταβλητή  $Y(t)$  είναι το επίπεδο διάχυσης της καινοτομίας τη χρονική στιγμή  $t$ .
- Η παράμετρος  $a$  σχετίζεται με τη χρονική στιγμή όπου η διάδοση προσεγγίζει το σημείο ανάφλεξης, δηλαδή το 37% του ανωτέρου επιπέδου (του κόρου,  $S$ ),
- Η παράμετρος  $b$  καθορίζει την ταχύτητα διάδοσης της τεχνολογίας και είναι πάντα θετική.
- Η παράμετρος  $S$  αντιστοιχεί στον κόρο.

Το μοντέλο Gompertz αυξάνεται μονότονα ανάμεσα στο μηδέν (0) και στο  $S$ . Το μοντέλο είναι ασύμμετρο με προκαθορισμένο σημείο καμπής (ή σημείο ανάφλεξης) που παρατηρείται στο σημείο  $Y(t) = S/e$ , το οποίο προσεγγίζεται όταν το  $Y(t)$  φτάνει στο 37% του ανώτατου επιπέδου  $S$ . Οι παράμετροι  $a$  και  $b$  προσδιορίζουν το σχήμα της γραφικής παράστασης. Ο μέγιστος ρυθμός αύξησης  $S*b/e$  προσεγγίζεται όταν  $Y(t) = S/e$ .

### **Οικογένεια Λογιστικών Μοντέλων (Logistic Family Models)**

Η εισαγωγή του λογιστικού μοντέλου πραγματοποιήθηκε από τον Verhulst το 1838 για να περιγράψει εμπειρικά την αύξηση του μεγέθους ενός πληθυσμού. Κατά τις δεκαετίες του 1930 και 1940 το μοντέλο επανήλθε στο προσκήνιο από τους Pearl και Reed [106, 107], εκτιμώντας ταυτόχρονα τις παραμέτρους του με τη χρήση μη γραμμικής παλινδρόμησης. Ο Mansfield εισήγαγε το 1961 τη σιγμοειδή λογιστική καμπύλη για την πρόβλεψη της διάδοσης καινοτομιών, συνδέοντας το ρυθμό μεταβολής των αποδεκτών με οικονομικούς παράγοντες, όπως η αποδοτικότητα του νέου προϊόντος, η δυνατότητα και η ταχύτητα επέκτασης της επιχείρησης κ.α., στην προσπάθειά του να περιγράψει τη διάδοση μιας καινοτομίας σε ένα κλάδο επιχειρήσεων [77]. Το 1971 οι Fisher και Pry χρησιμοποίησαν τη λογιστική καμπύλη για να εκτιμήσουν την αντικατάσταση ενός προϊόντος από ένα άλλο [76]. Ο Blackman το 1972 παρουσίασε αναλυτικά το μοντέλο, επιβάλλοντας ουσιαστικά την καθιέρωσή του [108]. Στη συνέχεια, ακολούθησε ένα πλήθος εργασιών που χρησιμοποίησαν το μοντέλο ως μέσο περιγραφής της διάδοσης μιας νέας ιδέας, με αποτέλεσμα την καθιέρωσή τους ως μοντέλο πρόβλεψης της διάδοσης.

Η γενική μορφή της οικογένειας των λογιστικών μοντέλων, η οποία προκύπτει από την (4-1), αν  $f[S, Y(t)] = S - Y(t)$ , δίνεται από την παρακάτω σχέση [109]:

$$Y(t) = \frac{S}{1 + e^{f(t)}} \quad (4-11)$$

Το  $Y(t)$  αντιστοιχεί στο εκτιμώμενο επίπεδο διάδοσης ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας, ενώ το  $S$  αντιστοιχεί στο επίπεδο κορεσμού. Η συνάρτηση  $f(t)$  είναι μια συνάρτηση του χρόνου,  $t$  και περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$f(t) = -a - b * t(m, k) \quad (4-12)$$

Στην εξίσωση (4-12), η συνάρτηση  $f(t)$  αντιπροσωπεύει τον τρόπο μεταβολής της καμπύλης ως προς το χρόνο. Τα  $a$  και  $b$  διαμορφώνουν τη θέση και τη μορφή της καμπύλης. Η  $t(m, k)$  είναι μία μη γραμμική συνάρτηση χρόνου (εκτός από τη περίπτωση του γραμμικού λογιστικού μοντέλου, όπου  $t(m, k) = t$ ) και είναι εκάστη που καθορίζει τη μορφή του εκάστοτε λογιστικού μοντέλου. Οι παράμετροι των λογιστικών μοντέλων καθορίζουν τη θέση και το σχήμα των καμπυλών τους, καθώς αποτυπώνουν το ρυθμό μεταβολής της διεξόδου.

Οι πιο συνηθισμένες μορφές της συνάρτησης  $t(m, k)$  που προσδιορίζουν και το αντίστοιχο μοντέλο περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4-2. Οικογένεια Λογιστικών Μοντέλων

Μοντέλο	$t(m, k)$	Περιγραφή
Γραμμικό Λογιστικό Μοντέλο, ή μοντέλο Fisher-Pry [76].	$t$	Συμμετρική S-καμπύλη, η οποία παρουσιάζει σημείο καμπής ή μέγιστη αύξηση, όταν $Y(t)=S/2$ .
Μοντέλο Box-Cox	$t(m, k) = \frac{[(1+t)^m - 1]}{m}, k = 1$	Τα δεδομένα καθορίζουν και το βαθμό της συμμετρίας της καμπύλης.
Μοντέλο FLOG. (Flexible Logistic model) [110]	$t(m, k) = \frac{[(1+kt)^{\frac{m}{k}}]}{m}$	Τα δεδομένα καθορίζουν και το βαθμό της συμμετρίας της καμπύλης. Για $k=m=1$ το μοντέλο FLOG μετασχηματίζεται στο γραμμικό μοντέλο και για $k=1$ και $m>0$ το μοντέλο συμπίπτει με το μοντέλο Box-Cox

### 4.3 Περιορισμοί στη χρήση των σωρευτικών μοντέλων διάχυσης

Παρά το γεγονός ότι τα σωρευτικά μοντέλα αποτελούν τα πιο διαδεδομένα μοντέλα διάχυσης στη βιβλιογραφία αναφέρονται μια σειρά από σημεία τα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εφαρμογή τους [111]:

- Το επίπεδο κόρου και οι συντελεστές καινοτομίας και μίμησης θεωρούνται παράμετροι οι οποίοι διατηρούν σταθερές τιμές καθ' όλη τη χρονική περίοδο μελέτης. Αυτή η υπόθεση δεν ισχύει πάντα καθώς, για παράδειγμα, η καινοτομία γίνεται περισσότερο δημοφιλής, σε σχέση με την αρχική εκτίμηση, ή επειδή ο αριθμός των ανταγωνιστών αυξάνεται, μεταβάλλοντας έτσι και τις αρχικά εκτιμημένες τιμές των παραμέτρων της διείσδυσης.
- Βασίζονται στην υπόθεση ότι μόνο μια μονάδα προϊόντος υιοθετείται από κάθε χρήστη. Αυτό δεν ισχύει πάντα, καθώς πολλές τεχνολογικές καινοτομίες είναι δυνατόν να υιοθετηθούν περισσότερες από μια φορές, όπως συμβαίνει για παράδειγμα στην αγορά κινητής τηλεφωνίας.
- Η ίδια η καινοτομία παραμένει αναλλοίωτη στο χρόνο. Αυτό δεν ισχύει πάντα, ιδιαίτερα στην αγορά ΤΠΕ και γενικά στην αγορά υψηλής τεχνολογίας, καθώς οι κατασκευαστές και οι πάροχοι εισάγουν και προωθούν είτε νέα προϊόντα, είτε διαφοροποιήσεις των ήδη υπάρχοντων, επηρεάζοντας με τον τρόπο αυτό την πορεία διάχυσής τους.
- Στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν επαρκή ιστορικά δεδομένα και κατά συνέπεια οι προβλέψεις πρέπει να γίνουν βάσει ιστορικών αναλογιών, τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται δεν μπορούν να συμπεριλάβουν τις πολιτικές προώθησης των νέων προϊόντων που ακολουθούνται και οι οποίες είναι δυνατόν να είναι διαφορετικές.

### 4.4 Μέθοδοι εκτίμησης των παραμέτρων των μοντέλων διάχυσης

Η διαδικασία αυτή έχει ως στόχο τον υπολογισμό των τιμών των παραμέτρων που περιλαμβάνονται στη μαθηματική διατύπωση ενός μοντέλου διάχυσης, ώστε το τελευταίο να καταστεί ικανό να περιγράψει την παρατηρούμενη διαδικασία της

διάχυσης, με τη μικρότερη δυνατή απόκλιση μεταξύ των εκτιμώμενων (των παραγόμενων δηλαδή από το μοντέλο) και των παρατηρούμενων τιμών [112-114]. Έχοντας προσδιορίσει τις παραμέτρους το επιλεγμένο μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσεγγίσει τις παρατηρούμενες τιμές διεύθυνσης, αλλά και για να προβλέψει τις μελλοντικές τιμές που δεν έχουν καταγραφεί ακόμα. Επίσης, μπορεί να παράσχει εκτιμήσεις για τις ενδιάμεσες χρονικές στιγμές, για τις οποίες οι αντίστοιχες παρατηρήσεις δεν είναι διαθέσιμες. Με βάση αυτό το διαχωρισμό, προκύπτει και η αντίστοιχη κατηγοριοποίηση για τις παραγόμενες τιμές από ένα μοντέλο διάχυσης:

- *Εκτιμήσεις διάχυσης*, οι οποίες αναφέρονται στην προσέγγιση των πραγματικών τιμών που έχουν παρατηρηθεί.
- *Προβλέψεις διάχυσης*, οι οποίες παράγονται από ένα μοντέλο διάχυσης, αλλά αναφέρονται σε μελλοντικό χρόνο και δεν έχουν παρατηρηθεί ακόμα.

Η διαδικασία εκτίμησης των παραμέτρων αναφέρεται συχνά και ως διαδικασία «εκπαίδευσης» του μοντέλου (training) περιγράφοντας έτσι την εκπαίδευση του μοντέλου με στόχο τον υπολογισμό των παραμέτρων, κάνοντας χρήση των παρατηρούμενων ιστορικών δεδομένων.

Οι μέθοδοι που συνήθως χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των παραμέτρων των σωρευτικών μοντέλων διάχυσης είναι οι ακόλουθες:

*Εκτιμήσεις ανεξάρτητες του χρόνου:*

- Συμβατικά Ελάχιστα Τετράγωνα - Ordinary Least Squares (OLS)
- Μη Γραμμικά Ελάχιστα Τετράγωνα- Nonlinear Least Squares (NLS)
- Εκτίμηση Μέγιστης Πιθανοφάνειας - Maximum Likelihood Estimation (MLE)
- Γενετικοί Αλγόριθμοι- Genetic Algorithms (GA)

*Εκτιμήσεις που εξαρτώνται από το χρόνο:*

- Εκτίμηση Bayes - Bayesian estimation
- Προσαρμοστικές Αναδραστικές Διαδικασίες Εκτίμησης - Adaptive Feedback estimation procedures (Kalman filters κτλ.)

Η επιλογή της μεθόδου εκτίμησης εξαρτάται από τον αριθμό των διαθέσιμων δεδομένων και τη συνάρτηση του μοντέλου πρόβλεψης που θα επιλεγεί [112]. Εξαιτίας της φύσης των μοντέλων πρόβλεψης, η εκτίμηση των παραμέτρων είναι γενικά μια μη γραμμική διαδικασία [115], αλλά υπάρχουν και περιπτώσεις όπου είναι δυνατή η μετατροπή της μη γραμμικής μαθηματικής διατύπωσης σε γραμμική, με κατάλληλο μετασχηματισμό. Στις επόμενες ενότητες περιγράφονται μερικές οι μέθοδοι εκτίμησης των παραμέτρων, που χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα διατριβή.

#### **4.4.1 Συμβατικά Ελάχιστα Τετράγωνα (OLS)**

Η μέθοδος των Συμβατικών Ελάχιστων Τετραγώνων (Ordinary Least Squares –OLS) εφαρμόζεται σε γραμμικά μοντέλα διάχυσης και αποσκοπεί στο να ελαχιστοποιηθεί το άθροισμα της διαφοράς των τετραγώνων μεταξύ των πραγματικών και των εκτιμώμενων τιμών [116]. Η έννοια της γραμμικότητας δεν αναφέρεται στη σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών, αλλά στη δύναμη με την οποία συμμετέχουν οι παράμετροι στις αντίστοιχες εξισώσεις. Κατά συνέπεια, τα γραμμικά μοντέλα περιγράφονται ως προς τις παραμέτρους από σχέσεις πρώτου βαθμού, ενώ στα μη γραμμικά οι παράμετροι συμμετέχουν με μη γραμμικές μορφές, όπως οι εκθετικές ή οι λογαριθμικές.

Η μορφή ενός γραμμικού μοντέλου παλινδρόμησης πολλών μεταβλητών (multivariate linear regression model) δίνεται από την παρακάτω σχέση [117]:

$$y_i(x) = \sum_{k=1}^M a_k x_{k,i}, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (4-13)$$

Στην εξίσωση (4-13), τα  $a_k$  αναφέρονται στις παραμέτρους – συντελεστές των  $M$  ανεξάρτητων μεταβλητών  $x_k, k = 1, 2, \dots, M$ , οι οποίες συμμετέχουν στη μαθηματική διατύπωση του μοντέλου. Ο φυσικός αριθμός  $N$  αναφέρεται στο πλήθος των παρατηρήσεων.

Στην περίπτωση, όπου κάποιες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές  $x_k$  συμμετέχουν στη διατύπωση του μοντέλου μέσω μιας μη γραμμικής συνάρτησης  $f_k(\square)$  τότε η αντίστοιχη διατύπωση περιγράφεται ως εξής:

$$y_i(x) = \sum_{k=1}^M a_k f_k(x_{k,i}), \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (4-14)$$

Η γενική εξίσωση (4-14) μπορεί να μετασχηματιστεί στην εξίσωση (4-13), με κατάλληλο μετασχηματισμό των μεταβλητών που δεν συμμετέχουν γραμμικά.

Έστω  $(y_i, x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iM}, i = 1, 2, \dots, N)$  ένα σύνολο από παρατηρούμενα σημεία, όπου τα  $y_i$  αντιστοιχούν στην εξαρτημένη μεταβλητή ενώ τα  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iM}$  στις ανεξάρτητες. Η μέθοδος των Συμβατικών Ελαχίστων Τετραγώνων βασίζεται στην εύρεση των κατάλληλων τιμών των παραμέτρων  $a_k$  έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί το άθροισμα των τετραγώνων των διαφορών μεταξύ των παρατηρούμενων και των εκτιμώμενων από το μοντέλο τιμών, δηλαδή:

$$\arg \min_{a_k} \varepsilon^2 = \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^N \left[ y_i - \sum_{k=1}^M a_k x_{ik} \right]^2 \quad (4-15)$$

Στην εξίσωση (4-15), οι ποσότητες  $\varepsilon_i$  αντιστοιχούν στα σφάλματα μεταξύ της παρατηρούμενης τιμής,  $y_i$  και της εκτιμώμενης από το μοντέλο,

$$\hat{y}_i = \sum_{k=1}^M a_k x_{ik}, \quad i = 1, 2, \dots, N.$$

#### 4.4.2 Μη Γραμμικά Ελάχιστα Τετράγωνα (NLS)

Η μέθοδος των «Μη Γραμμικών Ελαχίστων Τετραγώνων» (Nonlinear Least Squares - NLS), ή Μη Γραμμική Παλινδρόμηση (Non Linear Regression) είναι μια τεχνική εκτίμησης των παραμέτρων, όπως η προηγούμενη, που εφαρμόζεται όμως σε μη γραμμικά μοντέλα. Αποσκοπεί και αυτή στην ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των τετραγώνων των διαφορών μεταξύ των πραγματικών και των εκτιμώμενων τιμών, που αντιπροσωπεύει το σφάλμα της εκτίμησης. Η διαδικασία ελαχιστοποίησης σφάλματος είναι μια επαναληπτική μέθοδος όπου κάθε φορά οι νέοι υπολογισμοί αποτελούν το σημείο εισόδου της επόμενης επανάληψης.

Η διαδικασία των επαναλήψεων κατά την εφαρμογή της μεθόδου των μη γραμμικών ελάχιστων τετραγώνων περιγράφεται από τον παρακάτω αλγόριθμο [116]:

1. Υπολογίζονται οι αρχικές τιμές για όλες τις παραμέτρους του μοντέλου, οι οποίες μπορούν να αποκτηθούν είτε μέσω γραμμικής παλινδρόμησης, είτε εξετάζοντας την καμπύλη που δημιουργείται από τα δεδομένα (data points) και δίνοντας κάποιες αυθαίρετες τιμές.
2. Υπολογίζεται η τιμή της συνάρτησης, εφαρμόζοντας τους αρχικούς υπολογισμούς.
3. Υλοποιείται ένας αλγόριθμος για να προσαρμόσει τις μεταβλητές, προκειμένου να πραγματοποιηθεί σύγκλιση του μοντέλου με τα δεδομένα.
4. Υπολογίζεται ξανά η συνάρτηση και συγκρίνεται με εκείνη του Βήματος 3.
5. Επαναλαμβάνονται τα Βήματα 3 & 4, μέχρι να μην υπάρχει κάποια, σημαντική, αλλαγή στη συνάρτηση. Σε αυτό το σημείο τερματίζονται και οι επαναλήψεις.
6. Υπολογίζεται η ακρίβεια των αποτελεσμάτων βάσει κατάλληλων στατιστικών μέτρων.

#### 4.4.3 Γενετικοί Αλγόριθμοι (GA)

Οι «Γενετικοί Αλγόριθμοι» (Genetic Algorithms - GAs) προτάθηκαν από το Holland [118, 119] το 1975 και είναι «μέθοδοι ευρετικής» αναζήτησης (heuristic methods). Βασίζονται στις αρχές της φυσικής επιλογής και της μίμησης των μηχανισμών της βιολογικής εξέλιξης που απαντώνται στη φύση, δηλαδή τους μηχανισμούς της φυσικής γενετικής, όπως αυτές καθορίστηκαν από το Δαρβίνο (Charles Darwin) [120] και οι οποίοι περιγράφονται συνοπτικά ως εξής [121]:

- Οι οργανισμοί που δε μπορούν να επιβιώσουν σε ένα περιβάλλον πεθαίνουν, ενώ οι υπόλοιποι πολλαπλασιάζονται μέσω της αναπαραγωγής.
- Οι απόγονοι παρουσιάζουν μικρές διαφοροποιήσεις από τους προγόνους τους, ενώ συνήθως υπερισχύουν αυτοί που συγκεντρώνουν τα καλύτερα χαρακτηριστικά.
- Σποραδικά συμβαίνουν τυχαίες μεταλλάξεις, από τις οποίες οι περισσότερες οδηγούν τα μεταλλαγμένα άτομα στο θάνατο, ενώ είναι πιθανό μερικές φορές να οδηγήσουν στη δημιουργία νέων, «καλύτερων» οργανισμών.
- Αν το περιβάλλον μεταβάλλεται με αργούς ρυθμούς, τα διάφορα είδη μπορούν να εξελισσονται σταδιακά ώστε να προσαρμόζονται σε αυτό.

Κατ' αναλογία με τις παραπάνω αρχές, οι οποίες περιγράφουν τις διαδικασίες των πληθυσμών που ανταγωνίζονται προκειμένου να επιβιώσουν, οι γενετικοί αλγόριθμοι περιγράφονται από αντίστοιχους τεχνητούς γενετικούς τελεστές, οι οποίοι εφαρμόζονται σε πληθυσμούς συμβολοσειρών που αντιπροσωπεύουν πληθυσμούς λύσεων και οι οποίες επιλέγονται προκειμένου να ικανοποιήσουν τους στόχους του εκάστοτε προβλήματος βελτιστοποίησης. Τα δομικά στοιχεία των γενετικών αλγορίθμων είναι:

- Η «Επιλογή» (selection), σύμφωνα με την οποία επιλέγονται τα «καταλληλότερα» μέλη του πληθυσμού τα οποία θα μεταφερθούν στην επόμενη γενιά.
- Η «Αναπαραγωγή» (reproduction) μέσω «Διασταύρωσης» (crossover), κατά την οποία συνδυάζονται τα στοιχεία των χρωμοσωμάτων δυο γονέων για να δημιουργήσουν δύο νέους «απογόνους» (offsprings) ανταλλάσσοντας αντίστοιχα κομμάτια από τους γονείς, των οποίων τα χρωμοσώματα διασπώνται σε ένα τυχαίο σημείο για να δημιουργήσουν τη γενετική αλυσίδα των απογόνων.

- Η «Μετάλλαξη» (mutation) σύμφωνα με την οποία αλλάζει αυθαίρετα ένα ή περισσότερα γονίδια ενός συγκεκριμένου χρωμοσώματος.

Οι τιμές για τις παραμέτρους του συστήματος που περιγράφει το πρόβλημα πρέπει να κωδικοποιούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να αναπαρίστανται από μια μεταβλητή που περιέχει σειρά χαρακτήρων ή δυαδικών ψηφίων (0/1). Αυτή η μεταβλητή μιμείται το γενετικό κώδικα που υπάρχει στους ζωντανούς οργανισμούς. Αρχικά, ο Γενετικός Αλγόριθμος παράγει πολλαπλά αντίγραφα της μεταβλητής/ γενετικού κώδικα, συνήθως με βάση τυχαίες τιμές, δημιουργώντας ένα πληθυσμό αρχικών λύσεων. Η καταλληλότητα του κάθε διανύσματος λύσεων, που αντιστοιχεί σε διάνυσμα τιμών των παραμέτρων του συστήματος, αξιολογείται με βάση τη σύγκλιση της κάθε λύσης προς μια συνάρτηση που προσδιορίζει το μέτρο ικανότητας της λύσης. Η συνάρτηση αυτή ονομάζεται «αντικειμενική συνάρτηση» ή «συνάρτηση ικανότητας» (objective function ή fitness function), και παίζει το ρόλο του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο εξελίσσεται ο πληθυσμός. Προσδιορίζει το στόχο στον οποίο πρέπει να φτάσουν οι λύσεις, αποτελώντας τη λύση του προβλήματος βελτιστοποίησης.

Οι λύσεις που βρίσκονται πιο κοντά στην επιθυμητή, σε σχέση με τις άλλες, σύμφωνα με το μέτρο που προσδιορίζεται από την αντικειμενική συνάρτηση, αναπαράγονται με κάποια πιθανότητα και δημιουργούν την επόμενη γενιά του πληθυσμού των λύσεων. Κατά τη διαδικασία της αναπαραγωγής υπόκεινται, πάλι με κάποια πιθανότητα σε τυχαία, αυθαίρετη, μετάλλαξη. Αυτό συμβαίνει για την αποφυγή παγίδευσης του αλγορίθμου ή της προσέγγισης ενός τοπικού ακρότατου, αντί για το ολικό. Επαναλαμβάνοντας αυτή τη διαδικασία για αρκετές γενιές, οι τυχαίες μεταλλάξεις σε συνδυασμό με την επιβίωση και αναπαραγωγή των γονιδίων/ λύσεων που πλησιάζουν καλύτερα το επιθυμητό αποτέλεσμα θα παράξουν ένα γονίδιο/ λύση που θα περιέχει τις τιμές για τις παραμέτρους που ικανοποιούν όσο καλύτερα γίνεται την αντικειμενική συνάρτηση.

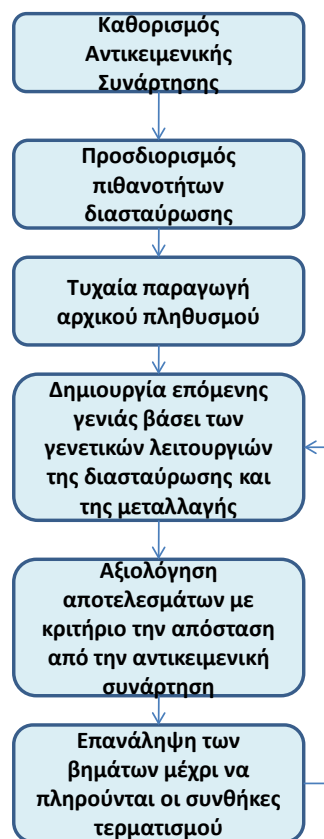
Οι Γενετικοί Αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει ή δεν είναι δυνατό να εφαρμοστεί αναλυτικός αλγόριθμος επίλυσης ενός προβλήματος βελτιστοποίησης ή όταν οι υπολογισμοί που απαιτούνται χαρακτηρίζονται από σημαντική πολυπλοκότητα. Έχουν εφαρμοστεί στο χώρο της υψηλής τεχνολογίας και αποτελούν ένα γρήγορα αναπτυσσόμενο τομέα της τεχνητής νοημοσύνης [122, 123]

Οι γενετικοί αλγόριθμοι διατηρούν έναν πληθυσμό πιθανών λύσεων του προβλήματος, σε αντίθεση με άλλες μεθόδους αναζήτησης που επεξεργάζονται ένα μόνο σημείο του διαστήματος αναζήτησης. Έτσι, ένας γενετικός αλγόριθμος πραγματοποιεί αναζήτηση σε πολλές κατευθύνσεις και υποστηρίζει καταγραφή και ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ αυτών των κατευθύνσεων. Τα διακριτά τμήματα από τα οποία πρέπει να αποτελείται ένας τυπικός Γενετικός Αλγόριθμος είναι:

- Μια γενετική αναπαράσταση των πιθανών λύσεων του προβλήματος.
- Ένας τρόπος δημιουργίας ενός αρχικού συνόλου από πιθανές λύσεις (αρχικοποίηση).
- Μια αντικειμενική συνάρτηση αξιολόγησης των ενδιάμεσων λύσεων που προκύπτουν.
- Γενετικοί τελεστές για τη δημιουργία νέων μελών (λύσεων) για τη δημιουργία της επόμενης γενιάς του πληθυσμού (των λύσεων) που θα αντικαταστήσει την προηγούμενη.
- Τιμές για τις διάφορες παραμέτρους που χρησιμοποιεί ο γενετικός αλγόριθμος

Με βάση τα παραπάνω, η διαδικασία χρήσης των γενετικών αλγόριθμων για την επίλυση ενός προβλήματος βελτιστοποίησης απαρτίζεται από τα παρακάτω έξι βήματα, που αποτυπώνονται γραφικά στο Σχήμα 4-2:

1. Καθορίζεται η αντικειμενική συνάρτηση για το πρόβλημα βελτιστοποίησης, η οποία είναι συνήθως η μέγιστη, ή ελάχιστη τιμή μιας συνάρτησης, μιας μεταβλητής, ή μιας παραμέτρου.
2. Προσδιορίζονται οι πιθανότητες διασταύρωσης και μεταλλαγής.
3. Παράγεται τυχαία ένας αρχικός πληθυσμός  $N(0)$ .
4. Δημιουργείται η επόμενη γενιά  $N(t+1)$ , με πιθανολογική επιλογή των μελών του πληθυσμού της προηγούμενης γενιάς  $N(t)$  για την παραγωγή απογόνων, βάσει των γενετικών τελεστών της διασταύρωσης και της μεταλλαγής.
5. Υπολογίζεται η επίδοση του κάθε μέλους του πληθυσμού της γενιάς  $N(t)$ , σε σχέση με την αντικειμενική συνάρτηση. Οι απόγονοι με τις κοντινότερες τιμές στην αντικειμενική συνάρτηση είναι πιθανότερο να συνεισφέρουν με έναν ή περισσότερους απογόνους στην επόμενη γενιά. Οι απόγονοι που αποκλίνουν από την αντικειμενική συνάρτηση απορρίπτονται.
6. Τα βήματα 4 και 5 επαναλαμβάνονται συνήθως έως ότου δημιουργηθεί ένας προεπιλεγμένος αριθμός γενεών ή παρέλθει κάποιος προκαθορισμένος χρόνος ή τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν σημαντική αλλαγή.



Σχήμα 4-2. Διαδικασία εφαρμογής Γενετικών Αλγορίθμων για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης

*Πλεονεκτήματα της μεθόδου:*

Χαρακτηριστικό των γενετικών αλγόριθμων είναι η υπεροχή τους στη λύση προβλημάτων αναζήτησης και βελτιστοποίησης. Τα βασικότερα χαρακτηριστικά τους,

τα οποία τους διαφοροποιούν και τους προσδίδουν υπεροχή έναντι των παραδοσιακών μεθόδων εκτίμησης παραμέτρων είναι τα ακόλουθα [118]:

1. Οι γενετικοί αλγόριθμοι κωδικοποιούν το σύνολο των τιμών που μπορούν να λάβουν οι μεταβλητές και όχι τις ίδιες τις μεταβλητές του προβλήματος.
2. Η αναζήτηση πραγματοποιείται σε πολλά σημεία ταυτόχρονα και σε ένα ευρύ σύνολο τιμών, σε αντίθεση με άλλες μεθόδους βελτιστοποίησης, όπου η επεξεργασία γίνεται βήμα προς βήμα, μεταβαίνοντας προσεκτικά από σημείο σε σημείο του πεδίου ορισμού του προβλήματος, με αποτέλεσμα η λύση να περιορίζεται σε μια περιοχή τοπικού και όχι ολικού ακρότατου.
3. Είναι ευέλικτοι, καθώς όλες οι απαραίτητες πληροφορίες ενσωματώνονται στην αντικειμενική συνάρτηση, χωρίς να απαιτούνται επιπλέον πληροφορίες κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου.
4. Οι κανόνες μετάβασης που χρησιμοποιούνται βασίζονται στην πιθανοθεωρία και δεν είναι αιτιοκρατικοί (deterministic).
5. Χαρακτηρίζονται από διαλειτουργικότητα με τα υπάρχοντα μοντέλα και συστήματα, με αποτέλεσμα να λειτουργούν με προσθετικό τρόπο, χωρίς να απαιτείται ο επανασχεδιασμός των συστημάτων.
6. Είναι εύκολα επεκτάσιμοι και εξελίξιμοι.
7. Οι συναρτήσεις που επεξεργάζονται οι γενετικοί αλγόριθμοι δεν παρουσιάζουν περιορισμούς και γίνεται χρήση της ανάδρασης κατά την εκτέλεση της διαδικασίας, με αποτέλεσμα να λαμβάνεται συνεχώς υπόψη η ήδη επεξεργασμένη πληροφορία.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά προσδίδουν στους γενετικούς αλγόριθμους σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως η αποδοτικότητα. Καθώς η επίλυση των προβλημάτων πραγματοποιείται με ταχύτητα και αξιοπιστία προσφέρουν σημαντική ευελιξία τόσο λόγω της επεκτασιμότητας, όσο και της διαλειτουργικότητας, του εύρους της εφαρμογής τους και των ελάχιστων περιορισμών που θέτουν. Τέλος, όταν απαιτείται αύξηση της αποδοτικότητας, οι γενετικοί αλγόριθμοι μπορούν να συνεργαστούν και με άλλες μεθόδους, αποτελώντας νέες υβριδικές μορφές μοντέλων, γεγονός που προσδίδει επιπλέον ευελιξία.

#### *Μειονεκτήματα της μεθόδου:*

Οι Γενετικοί Αλγόριθμοι χαρακτηρίζονται όμως από δυο βασικά μειονεκτήματα, τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη χρήση τους. Το πρώτο πηγάζει από το γεγονός ότι καθώς ο πληθυσμός κάθε γενεάς αποτιμάται ως προς την επίδοσή του, πραγματοποιείται ένας μεγάλος αριθμός συγκρίσεων με την αντικειμενική συνάρτηση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επιμήκυνση του χρόνου εκτέλεσης του αλγορίθμου, κάτι το οποίο μπορεί να αποτελέσει σημαντικό πρόβλημα στις περιπτώσεις μεγάλου όγκου ιστορικών δεδομένων. Με την εξέλιξη των σύγχρονων υπολογιστικών συστημάτων το παραπάνω πρόβλημα δεν αποτελεί πλέον ανασταλτικό παράγοντα για τη χρήση των γενετικών αλγορίθμων.

Το δεύτερο μειονέκτημα των γενετικών αλγορίθμων είναι ότι η σύγκλιση ενός προβλήματος βελτιστοποίησης δε οδηγεί απαραίτητα σε μια μονοσήμαντα ορισμένη βέλτιστη λύση, αλλά σε ένα σημείο που την προσεγγίζει. Επιπλέον, η λύση αυτή είναι δυνατό να αντιστοιχεί σε ένα τοπικό ακρότατο και όχι στο ολικό, δηλαδή όχι στη βέλτιστη λύση σε όλο το πεδίο ορισμού του προβλήματος. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται, εν μέρει, με το σωστό ορισμό των παραμέτρων του προβλήματος, όπως την αντικειμενική συνάρτηση, τους γενετικούς τελεστές και τον αρχικό πληθυσμό. Επίσης, η πιθανότητα εγκλωβισμού της διαδικασίας σε τοπικό ακρότατο μειώνεται αν η διαδικασία βελτιστοποίησης επαναληφθεί αρκετές φορές, με διαφορετικές αρχικές τιμές.



#### 4.4.4 Στατιστικά μέτρα αξιοπιστίας των εκτιμήσεων

Για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας των εκτιμήσεων και προβλέψεων που προκύπτουν από την εφαρμογή των σωρευτικών μοντέλων διάχυσης, είναι απαραίτητη η χρήση επαρκών μέτρων. Τα σημαντικότερα και πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα στατιστικά μέτρα αξιοπιστίας, προκειμένου να αξιολογηθεί η απόδοση των σωρευτικών μοντέλων διάχυσης περιγράφονται συνοπτικά στις επόμενες ενότητες.

##### 4.4.4.1 Συντελεστής Αποφασιστικότητας

Ο Συντελεστής Αποφασιστικότητας (Coefficient of Determination) περιγράφει το ποσοστό της διακύμανσης ή της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής (το εύρος των δυνατών τιμών της) που περιγράφεται από την ανεξάρτητη μεταβλητή ή τις ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου. Συμβολίζεται με  $R^2$  και κυμαίνεται ανάμεσα στις τιμές 0 και 1 (ή 0% έως 100%). Η τιμή 0 υποδηλώνει παντελή αδυναμία περιγραφής της εξαρτημένης μεταβλητής, ενώ η τιμή 1 δηλώνει ότι η ανεξάρτητη μεταβλητή περιγράφει πλήρως τη μεταβλητότητα της εξαρτημένης. Κατά συνέπεια, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του συντελεστή τόσο πιο ικανό είναι το μοντέλο να περιγράψει τη διαδικασία.

Ο τύπος υπολογισμού του συντελεστή αποφασιστικότητας δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$R^2 = 1 - \frac{SS_E}{SS_T}. \quad (4-16)$$

Ένας εναλλακτικός ορισμός, συχνά χρησιμοποιούμενος στη στατιστική, είναι ο παρακάτω:

$$R^2 = \frac{SS_R}{SS_T}. \quad (4-17)$$

Στις παραπάνω εξισώσεις, τα μεγέθη που εμφανίζονται ορίζονται από τις σχέσεις:

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum_i (y_i - \bar{y})^2 \\ SS_R &= \sum_i (\hat{y}_i - \bar{y})^2 \\ SS_E &= \sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2 \end{aligned} \quad (4-18)$$

Τα  $y_i, \hat{y}_i$  αντιστοιχούν στις πραγματικές και εκτιμώμενες τιμές αντίστοιχα, ενώ  $\bar{y}$  είναι η μέση τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής, υπολογισμένη με βάση τις παρατηρούμενες τιμές.

Παραλλαγή του συντελεστή αποφασιστικότητας αποτελεί ο «Προσαρμοσμένος συντελεστής αποφασιστικότητας» (coefficient of multiple determination), συμβολίζεται ως  $R_a^2$  και υπολογίζεται με βάση τη σχέση:

$$R_a^2 = \frac{(N-1)R^2 - k}{n-1-k} \quad (4-19)$$

όπου  $k$  είναι ο αριθμός των παραμέτρων του μοντέλου και  $N$  ο αριθμός των παρατηρήσεων. Ο συντελεστής  $R_a^2$  χρησιμοποιείται για να αποτιμηθεί το κόστος

ενσωμάτωσης του αριθμού των παραμέτρων σε ένα μοντέλο προκειμένου να αυξηθεί η ακρίβεια εκτίμησης. Είναι προφανές ότι:  $R_a^2 < R_a$

#### 4.4.4.2 Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα

Το «Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα» (Mean Square Error – MSE) ορίζεται ως η μέση τιμή των τετραγώνων των σφαλμάτων, δηλαδή των αποκλίσεων των εκτιμώμενων από τις πραγματικές τιμές,:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (4-20)$$

#### 4.4.4.3 Μέσο Απόλυτο Σφάλμα

Το «Μέσο Απόλυτο Σφάλμα» (Mean Absolute Error – MAE) ορίζεται ως η μέση τιμή της απόλυτης τιμής της απόκλισης των σφαλμάτων. Πρακτικά, το μέσο απόλυτο σφάλμα υπολογίζει τη μέση διαφορά των πραγματικών και των προβλεπόμενων τιμών, χωρίς να λαμβάνει υπόψη τις αρνητικές τιμές. Παρέχεται με τον τρόπο αυτό ένα μέτρο σύγκλισης της προβλεπόμενης καμπύλης με την πραγματική. Το μέσο απόλυτο σφάλμα υπολογίζεται με βάση τον παρακάτω τύπο :

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i| \quad (4-21)$$

όπου  $y_i$ ,  $\hat{y}_i$  είναι οι πραγματικές και οι εκτιμώμενες τιμές, αντίστοιχα, και  $N$  ο αριθμός των παρατηρήσεων.

#### 4.4.4.4 Μέσο Ποσοστιαίο Σφάλμα

Το «Μέσο Ποσοστιαίο Σφάλμα» (Mean Percentage Error – MPE) είναι η μέση τιμή του αθροίσματος όλων των ποσοστιαίων σφαλμάτων της απόκλισης των εκτιμώμενων τιμών από τις πραγματικές. Το Μέσο Ποσοστιαίο Σφάλμα υπολογίζεται με βάση τον ακόλουθο μαθηματικό τύπο:

$$MPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\hat{y}_i - y_i}{y_i} \quad (4-22)$$

όπου  $\hat{y}_i$  είναι η εκτιμώμενη τιμή,  $y_i$  η πραγματική τιμή και  $N$  το πλήθος των παρατηρήσεων.

#### 4.4.4.5 Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα

Το «Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα» (Mean Absolute Percentage Error- MAPE) είναι η μέση τιμή του αθροίσματος των απόλυτων τιμών των ποσοστιαίων σφαλμάτων για ένα σύνολο δεδομένων. Το Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα υπολογίζεται σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{\hat{y}_i - y_i}{y_i} \right| \quad (4-23)$$

Στην εξίσωση (4-23)  $\hat{y}_i$  είναι η εκτιμώμενη τιμή,  $y_i$  η πραγματική τιμή και  $N$  το πλήθος των παρατηρήσεων. Η σημασία του στατιστικού μέτρου αξιοπιστίας MAPE έγκειται στο γεγονός ότι το αποτέλεσμα εκφράζεται με γενικούς ποσοστιαίους όρους, το οποίο καθιστά το αποτέλεσμα ιδιαίτερα κατανοητό.

#### 4.5 Επεκτάσεις μοντέλων διάχυσης

Αν και η διαδρομή διάχυσης των περισσότερων καινοτομιών ακολουθεί μια σιγμοειδή καμπύλη, διαφορετικά είδη προϊόντων ή υπηρεσιών σχηματίζουν διαφορετικές καμπύλες. Συνεπώς, δεν είναι απαραίτητο η ίδια μαθηματική εξίσωση να μπορεί να περιγράψει με ακρίβεια τη πορεία διεξόδου διαφορετικών καινοτομιών. Για το λόγο αυτό, υπήρξε η ανάγκη βελτίωσης ή εξειδίκευσης των μοντέλων διάχυσης έτσι ώστε να μπορούν να περιγράψουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τη κάθε περίπτωση.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, τα μοντέλα πρόβλεψης του Bass, του Gompertz και της οικογένειας των λογιστικών μοντέλων που παρουσιάστηκαν παραπάνω, χρησιμοποιήθηκαν ως βάση για την ανάπτυξη νέων μοντέλων που εκτιμούν με μεγάλη ακρίβεια τη διάχυση μιας νέας υπηρεσίας ή ενός νεοεισερχόμενου προϊόντος στην αγορά [115, 124]. Τα μοντέλα αυτά, αποτελούν στην πλειοψηφία τους επεκτάσεις του μοντέλου μεικτής επίδρασης που περιγράφεται από την εξίσωση (4-5), θεωρώντας εναλλακτικές προσεγγίσεις για τους συντελεστές καινοτομίας και μίμησης.

Στόχος των μοντέλων είναι να καλύψουν τις αδυναμίες των ήδη υπαρχόντων, είτε για τις ανάγκες πρόβλεψης συγκεκριμένων καινοτομιών, είτε ως συμπληρωματικές προσεγγίσεις των μαθηματικών διατυπώσεών τους, κυρίως στο πλαίσιο της συμμετρίας, του ρυθμού μεταβολής της διάδοσης και της θέσης του σημείου «ανάφλεξης» (inflection point), του σημείου δηλαδή που αρχίζει η μείωση του ρυθμού διάδοσης [115, 125-127].

Πολλοί ερευνητές αμφισβήτησαν την υπόθεση ότι ο κόρος της αγοράς είναι σταθερός σε όλη τη διάρκεια της διάχυσης. Πράγματι, οι νέες ραγδαία εξελισσόμενες τεχνολογίες των ΤΠΕ παρουσιάζουν αυξημένο ρυθμό μεταβολής, γεγονός που θέτει σοβαρή αμφισβήτηση ως προς τη σταθερότητα του κόρου. Ως συνέπεια αυτού δημιουργήθηκαν νέα μοντέλα διάχυσης που επιτρέπουν τη μεταβολή του κόρου στη μονάδα του χρόνου. Τέτοια μοντέλα είναι για παράδειγμα των Chow [128], Chadda και Chitgopekar [129], Mahajan και Peterson [93], Meade [130], Karshenas και Stoneman [131], Islam και Meade [132], Islam, Fiebig και Meade [133], Talukdar, Sudhir & Ainslie [134], κλπ. Σε αυτά τα μοντέλα η κόρος της αγοράς θεωρείται ως συνάρτηση του χρόνου και συχνά ελέγχεται η επίδραση των παραγόντων που θα μπορούσαν να επηρεάσουν ένα χρονικά μεταβαλλόμενο κόρο. Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο των Mahajan και Peterson [93], τα οποία περιγράφεται αναλυτικότερα στην ενότητα 4.5.1.

Επίσης, ένα άλλο ερευνητικό ρεύμα δημιουργεί μοντέλα διάχυσης ικανά να ενσωματώσουν περισσότερους παράγοντες από το χρόνο και τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις και να εκτιμήσουν τους παράγοντες οι οποίοι επιδρούν και σχηματίζουν τη καμπύλη διάχυσης [135, 136]. Τα μοντέλα αυτά εκτιμούν την επίδραση των παραγόντων σε χρονικά σημεία- κλειδιά της διάχυσης, όπως είναι η έναρξή της, το σημείο ανάφλεξης και ο κόρος. Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο Dekimpe, το οποίο παρουσιάζεται στην ενότητα 4.5.2.

##### 4.5.1 Το δυναμικό μοντέλο των Mahajan και Peterson

Οι Mahajan και Peterson [93, 94] προτείνουν ένα μοντέλο διάχυσης (εφεξής δυναμικό μοντέλο) το οποίο θεωρεί ότι ο κόρος  $\bar{N}(t)$ , είναι συνάρτηση του χρόνου και

περιγράφεται από τη σχέση  $\bar{N}(t) = F(S(t))$ , όπου το  $S(t)$  είναι ένα διάνυσμα όλων των εξωγενών και ενδογενών παραγόντων που επηρεάζουν τον κόρο  $\bar{N}(t)$ . Παραδείγματα τέτοιων παραγόντων μπορεί να είναι οι κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες, ο συνολικός πληθυσμός της αγοράς, ο ανταγωνισμός, κυβερνητικές πολιτικές, δραστηριότητες marketing, κ.α.

Οι Mahajan και Peterson στο μοντέλο τους, λαμβάνουν υπόψη έναν από τους παραπάνω παράγοντες, δηλαδή την επίδραση της αύξησης του πληθυσμού της αγοράς. Στο μοντέλο θεωρούν ότι ο ρυθμός αύξησης του κόρου της αγοράς σε σχέση με το συνολικό πληθυσμό της αγοράς  $P(t)$ , σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή  $t$ , είναι σταθερός, έτσι ώστε:

$$\frac{d\bar{N}(t)}{dP(t)} = k_2 \quad (4-24)$$

Παραγωγίζοντας την (4-24) προκύπτει η (4-25), όπου  $k_1$  είναι η σταθερά ολοκλήρωσης και  $k_2$  είναι ο ρυθμός αύξησης του κόρου σε σχέση με την αύξηση του πληθυσμού της αγοράς.

$$\bar{N}(t) = f(S(t)) = f(P(t)) = k_1 + k_2 P(t) \quad (4-25)$$

Το δυναμικό μοντέλο δίνεται από την (4-26) και προκύπτει αντικαθιστώντας τη σχέση (4-25), στο γενικό μοντέλο μεικτής επίδρασης που δίνεται από την εξίσωση (4-5):

$$\frac{dN(t)}{dt} = (a + b N(t))(\bar{N}(t) - N(t)) = (a + b N(t))(k_1 + k_2 P(t) - N(t)) \quad (4-26)$$

$$N(t = t_0) = N_0 = 0, \bar{N}(t_0) = f_0$$

$N(t)$  είναι ο συνολικός αριθμός των χρηστών αθροιστικά, τη χρονική στιγμή  $t$ . Επίσης, τα  $a$  και  $b$  είναι οι παράμετροι που αντανάκλουν την επίδραση της καινοτομίας και μιμητισμού αντίστοιχα. Ο αρχικός αριθμός των χρηστών, δηλαδή ο αριθμός των χρηστών τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , θεωρείται ως  $N(t = t_0) = N_0$ , ενώ ο αρχικός κόρος  $f_0$  είναι ο αρχικά εκτιμώμενος κόρος τη χρονική στιγμή  $t_0$  έτσι ώστε  $\bar{N}(t_0) = f(S(t_0)) = f_0 \neq 0$ .

Επίσης, η ποσότητα  $\bar{N}(t) - N(t)$  αντιστοιχεί στους μη-χρήστες, οι οποίοι κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να επιλέξουν τη χρήση της καινοτομίας σε μεταγενέστερη χρονική στιγμή. Επισημαίνεται ότι η (4-26) μετατρέπεται στο απλό λογιστικό μοντέλο, όταν  $\bar{N}(t) = f(P(t)) = \bar{N}$  (σταθερά).

Τέλος, θεωρείται ότι η αύξηση του πληθυσμού της αγοράς είναι μια συνάρτηση του χρόνου που ακολουθεί επίσης μια σιγμοειδή καμπύλη. Για λόγους απλότητας, θεωρείται ότι η καμπύλη του πληθυσμού μπορεί να προσεγγιστεί από το γενικό μοντέλο μεικτής επίδρασης που δίνεται από την εξίσωση (4-5).

Δηλαδή, το μοντέλο διάχυσης του  $P(t)$  περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$\frac{dP(t)}{dt} = (m_1 + m_2 P(t))(\bar{P} - P(t)), \quad (4-27)$$

$$P(t = t_0) = P_0 = 0$$

Όπου,  $m_1, m_2$  είναι οι παράμετροι της καινοτομίας και του μιμητισμού που διακρίνει τα

μέλη του κοινωνικού συνόλου και  $\bar{P}$  είναι ο κόρος του πληθυσμού της αγοράς. Επίσης θεωρείται ότι οι αρχικές συνθήκες της διάδοσης είναι  $P(t=t_0)=0$ .

Σύμφωνα με την (4-5) και αντικαθιστώντας τις αρχικές συνθήκες  $P(t=t_0)=0$ , η λύση της εξίσωσης (4-27) και συνεπώς, ο πληθυσμός  $P(t)$  δίνεται από τη παρακάτω σχέση:

$$P(t) = \frac{\bar{P} \left( 1 - \exp \left[ -(m_1 + m_2 \bar{P})t \right] \right)}{1 + \bar{P} (m_2 / m_1) \exp \left[ -(m_1 + m_2 \bar{P})t \right]} \quad (4-28)$$

Οι παράμετροι  $m_1$ ,  $m_2$  και  $\bar{P}$  μπορούν να εκτιμηθούν με τη μέθοδο μη γραμμικών ελαχίστων τετραγώνων (NLS method) που περιγράφηκε στην ενότητα 4.4.2.

Σύμφωνα με τους Mahajan και Peterson [93] η λύση της (4-26) προκύπτει ως εξής. Αρχικά μετασχηματίζεται η (4-26) σε:

$$\frac{dN(t)}{(a + bN(t))(\bar{N}(t) - N(t))} = dt \quad (4-29)$$

Το οποίο μπορεί να εκφραστεί και ως:

$$\frac{bdN(t)}{(a + bN(t))(a + b\bar{N}(t))} + \frac{dN(t)}{(\bar{N}(t) - N(t))(a + b\bar{N}(t))} = dt \quad (4-30)$$

Παραγωγίζοντας, προκύπτει ότι:

$$\int_{t_0}^t \frac{bdN(t)}{(a + bN(t))} + \int_{t_0}^t \frac{dN(t)}{(\bar{N}(t) - N(t))} = \int_{t_0}^t (a + b\bar{N}(t)) dt \quad (4-31)$$

Συνεπώς:

$$\ln \left[ \frac{a + bN(t)}{a + bN(t_0)} \right] - \ln \left[ \frac{\bar{N}(t) - N(t)}{\bar{N}(t_0) - N(t_0)} \right] = a(t - t_0) + b \int_{t_0}^t \bar{N}(t) dt \quad (4-32)$$

εφαρμόζοντας και τις αρχικές συνθήκες:

$$\ln \left[ \frac{f_0(a + bN(t))}{a(\bar{N}(t) - N(t))} \right] = at + bM(t), \quad \text{όπου } M(t) = \int_{t_0}^t \bar{N}(t) dt \quad (4-33)$$

Παίρνοντας τον εκθετικό λογάριθμο της (4-33) :

$$\frac{f_0(a + bN(t))}{a(\bar{N}(t) - N(t))} = \exp(at + bM(t)) \quad (4-34)$$

Λύνοντας την (4-34) ως προς  $N(t)$ , προκύπτει ότι:

$$N(t) = \frac{\bar{N}(t) - f_0 \exp(-at - bM(t))}{1 + f_0(b/a) \exp(-at - bM(t))} \quad (4-35)$$

Που είναι και η λύση του δυναμικού μοντέλου της (4-26). Στην (4-35), τα  $\bar{N}(t)$ ,  $M(t)$  μπορούν να υπολογισθούν εύκολα από τη σχέση  $\bar{N}(t) = k_1 + k_2 P(t)$ , όπου ο πληθυσμός  $P(t)$  υπολογίζεται από την (4-28). Πιο συγκεκριμένα:

$$M(t) = \int_{t_0}^t \bar{N}(t) dt = \int_{t_0}^t k_1 dt + \int_{t_0}^t k_2 P(t) dt \quad (4-36)$$

Και από την (4-28):

$$\int_{t_0}^t P(t) dt = \int_{t_0}^t \left[ \frac{\bar{P} \left( 1 - \exp \left[ -(m_1 + m_2 \bar{P}) t \right] \right)}{1 + (m_2 / m_1) \bar{P} \exp \left[ -(m_1 + m_2 \bar{P}) t \right]} \right] dt \quad (4-37)$$

ή:

$$\begin{aligned} \int_{t_0}^t P(t) dt &= \int_{t_0}^t \left[ \frac{\bar{P}}{1 + (m_2 / m_1) \bar{P} \exp \left[ -(m_1 + m_2 \bar{P}) t \right]} \right] dt - \int_{t_0}^t \left[ \frac{\bar{P} \exp \left[ -(m_1 + m_2 \bar{P}) t \right]}{1 + (m_2 / m_1) \bar{P} \exp \left[ -(m_1 + m_2 \bar{P}) t \right]} \right] dt \\ &= \int_{t_0}^t \left[ \frac{\bar{P} \exp \left[ (m_1 + m_2 \bar{P}) t \right]}{\exp \left[ (m_1 + m_2 \bar{P}) t \right] + (m_2 / m_1) \bar{P}} \right] dt - \int_{t_0}^t \left[ \frac{\bar{P} \exp \left[ -(m_1 + m_2 \bar{P}) t \right]}{1 + (m_2 / m_1) \bar{P} \exp \left[ -(m_1 + m_2 \bar{P}) t \right]} \right] dt \end{aligned} \quad (4-38)$$

Θέτουμε:

$$\begin{aligned} y(t) &= (m_2 / m_1) \bar{P} + \exp \left[ (m_1 + m_2 \bar{P}) t \right] \\ z(t) &= 1 + (m_2 / m_1) \bar{P} \exp \left[ -(m_1 + m_2 \bar{P}) t \right] \end{aligned} \quad (4-39)$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές της (4-39) στην (4-38) προκύπτει ότι:

$$\begin{aligned} \int_{t_0}^t P(t) dt &= \frac{\bar{P}}{m_1 + m_2 \bar{P}} \int_{y(t_0)}^{y(t)} \frac{dy(t)}{y(t)} - \frac{1}{(m_2 / m_1)(m_1 + m_2 \bar{P})} \int_{z(t_0)}^{z(t)} \frac{dz(t)}{z(t)} dt = \\ &= \ln \left[ \left( \frac{y(t)}{y(t_0)} \right)^{b_1} \left( \frac{z(t)}{z(t_0)} \right)^{b_2} \right], \text{ where } b_1 = \frac{\bar{P}}{m_1 + m_2 \bar{P}} \text{ and } b_2 = \frac{m_1}{m_2(m_1 + m_2 \bar{P})} \end{aligned} \quad (4-40)$$

Επίσης ισχύει:

$$\begin{aligned} y(t_0) &= z(t_0) = \frac{m_2 \bar{P}}{m_1} + 1 \\ z(t) &= y(t) \exp \left[ -(m_1 + m_2 \bar{P}) t \right] \\ b_1 + b_2 &= \frac{\bar{P}}{m_1 + m_2 \bar{P}} + \frac{m_1}{m_2(m_1 + m_2 \bar{P})} = \frac{1}{m_2} \end{aligned} \quad (4-41)$$

Αντικαθιστώντας και τις τιμές της (4-41) στην (4-40):

$$\int_{t_0}^t P(t) dt = \frac{1}{m_2} \ln z(t) - \frac{1}{m_2} \ln \left( 1 + \frac{m_2 \bar{P}}{m_1} \right) + \bar{P} t \quad (4-42)$$

Συνεπώς το  $M(t)$  προκύπτει αντικαθιστώντας και την (4-42) στην (4-36):

$$M(t) = \frac{k_2}{m_2} \ln z(t) + (k_1 + k_2 \bar{P}) t - \frac{k_2}{m_2} \ln \left( 1 + \frac{m_2 \bar{P}}{m_1} \right) \quad (4-43)$$

Συνοψίζοντας, με βάση τα παραπάνω η λύση για το δυναμικό μοντέλο δίνεται από την

$$N(t) = \frac{\bar{N}(t) - f_0 \exp(-at - bM(t))}{1 + f_0(b/a) \exp(-at - bM(t))} \quad (4-44)$$

όπου,

$$M(t) = \int_{t_0}^t \bar{N}(t) dt = \frac{k_2}{m_2} \ln z(t) + (k_1 + k_2 \bar{P})t - \frac{k_2}{m_2} \ln \left( 1 + \frac{m_2}{m_1} \bar{P} \right) \quad (4-45)$$

και

$$z(t) = 1 + \frac{m_2}{m_1} \bar{P} \exp \left[ -(m_1 + m_2 \bar{P})t \right] \quad (4-46)$$

Επίσης, όπως είδαμε πιο πάνω, οι παράμετροι  $\bar{P}, m_1, m_2$  μπορούν να υπολογιστούν με τη μέθοδο NLS από την (4-28). Η εκτίμηση των παραμέτρων  $a, b, k_1, k_2$  προκύπτει από το διακριτό ανάλογο της (4-26), το οποίο δίνεται από την (4-47). Χρησιμοποιώντας και πάλι τη μέθοδο των μη γραμμικών ελαχίστων τετραγώνων (NLS), εκτιμώνται οι παράμετροι  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  από τις οποίες προκύπτουν τα  $a, b, k_1, k_2$  σύμφωνα με την (4-47).

$$N(t+1) = x_1 + x_2 P(t) + x_3 N(t) + x_4 N(t)P(t) + x_5 N^2(t), \quad (4-47)$$

$$x_1 = ak_1, x_2 = ak_2, x_3 = k_1 b - a + 1, x_4 = k_2 b, x_5 = -b$$

#### 4.5.2 Το παραμετροποιημένο μοντέλο Dekimpe

Το μοντέλο Dekimpe [135] αποτελεί επέκταση του μοντέλου Bass [78], τροποποιημένο έτσι ώστε να αντιμετωπίσει με πιο αποτελεσματικό τρόπο τη σύγκριση της διάχυσης μιας καινοτομίας μεταξύ χωρών. Το μοντέλο Bass περιορίζει τη σύγκριση των παραμέτρων της διάχυσης ανάμεσα σε διαφορετικές χώρες, για δύο βασικούς λόγους:

- Πρώτον, το μοντέλο Bass δε λαμβάνει υπόψη το συνολικό μέγεθος του πληθυσμού, αλλά μόνο τον αριθμό των χρηστών που έχουν υιοθετήσει μια τεχνολογία. Αυτό σημαίνει ότι μια μικρή και μια μεγάλη χώρα, που όμως έχουν τον ίδιο ακριβώς αριθμό χρηστών στη πάροδο του χρόνου, θα έχουν τις ίδιες παραμέτρους και συνεπώς την ίδια καμπύλη διάχυσης, γεγονός το οποίο δεν είναι απαραίτητα σωστό.
- Δεύτερον, με τη χρήση σταθερών χρονικών σημείων για όλες τις χώρες, υπάρχει υψηλότερος κίνδυνος για μεροληψία υπέρ εκείνων των χωρών στις οποίες ξεκινά νωρίτερα η διαδικασία υιοθέτησης και διάχυσης. Σε αυτή τη περίπτωση οι χώρες που διαθέτουν τη καινοτομία περισσότερα έτη, είναι πολύ πιθανό να παρουσιάζουν μεγαλύτερη διείσδυση σε σχέση με τις χώρες όπου η διάχυση ξεκίνησε πιο πρόσφατα. Το γεγονός αυτό μπορεί να δώσει λάθος αποτελέσματα ως προς τον ρυθμό της διείσδυσης.
- Το μοντέλο Dekimpe [135], παραμετροποιεί το μοντέλο Bass χρησιμοποιώντας δύο λογιστικά μοντέλα, έτσι ώστε να δίνεται η δυνατότητα να εξεταστούν οικονομικά οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάχυση στο πρώτο χρόνο εμφάνισης του προϊόντος, αλλά και το ρυθμό της διάχυσης.

Συνοπτικά, με το παραμετροποιημένο μοντέλο Dekimpe [135] δίνεται η δυνατότητα:

- Αποτελεσματικής ταυτόχρονης σύγκρισης της διάχυσης μιας καινοτομίας μεταξύ χωρών, χρησιμοποιώντας ενδογενείς ή εξωγενείς παράγοντες επίδρασης της διάχυσης.
- Αποτίμησης της βαρύτητας των παραγόντων που επιδρούν στη ταχύτητα της διάχυσης της καινοτομίας σε επίπεδο χωρών, αλλά και σε κρίσιμα χρονικά σημεία όπως είναι η έναρξη της διάχυσης και το σημείο ανάφλεξης.

Το μοντέλο παραμετροποιεί τέσσερα βασικά στοιχεία του μοντέλου Bass, δηλαδή, το μέγεθος του κοινωνικού συστήματος, το άνω όριο της διείσδυσης, ή κόρο της αγοράς, το επίπεδο αποδοχής της καινοτομίας το πρώτο χρόνο εμφάνισης και τη ταχύτητα της διάχυσης.

#### 4.5.2.1 Μέγεθος του κοινωνικού συστήματος, $S_i$ .

Ως κοινωνικό σύστημα (social system) ορίζεται ο πληθυσμός μέσα στον οποίο συντελείται η διάχυση. Το μέγεθος του μπορεί να ποικίλει από χώρα σε χώρα και συμβολίζεται με  $S_i$ , για κάθε χώρα  $i$ .

Ανάλογα με τη καινοτομία η οποία εξετάζεται, μπορεί να οριστούν διαφορετικοί πληθυσμοί. Για παράδειγμα, σε ένα καταναλωτικό προϊόν μπορεί να θεωρηθεί ολόκληρος ο πληθυσμός, ενώ σε ένα προϊόν που απευθύνεται σε οργανισμούς (π.χ. νοσοκομεία) μπορεί να θεωρηθούν άλλες μετρικές. Επίσης, το μέγεθος του πληθυσμού μπορεί να διαφοροποιείται μέσα στο χρόνο, γεγονός που έχει ιδιαίτερη σημασία στη περίπτωση μακροχρόνιων ερευνών. Σε κάθε περίπτωση, το μέγεθος του κοινωνικού συστήματος είναι παράγων εξωγενής στη διάχυση της καινοτομίας. Για παράδειγμα η αύξηση του πληθυσμού μιας χώρας εξαρτάται από δημογραφικούς ή άλλους παράγοντες που δεν εξαρτώνται, ούτε επιδρούν στη διάχυση μιας καινοτομίας.

Το μέγεθος του κοινωνικού συστήματος μπορεί να διαφοροποιήσει τις καμπύλες διάχυσης μιας καινοτομίας από χώρα σε χώρα. Για το λόγο αυτό, μια σημαντική παράμετρος στην επιλογή του μεγέθους του πληθυσμού, είναι η δυνατότητα αντικειμενικής σύγκρισης μεταξύ των χωρών. Για παράδειγμα, το αποτέλεσμα στη σύγκριση δύο χωρών θα είναι διαφορετικό αν για την αποτύπωση της διείσδυσης μιας καινοτομίας χρησιμοποιηθεί η μετρική «αριθμός χρηστών ανά συνολικό πληθυσμό της χώρας», από το να χρησιμοποιήσουμε απλά τη μετρική «αριθμός χρηστών». Χρησιμοποιώντας τη δεύτερη μετρική είναι πολύ πιθανό να καταλήξουμε σε λάθος συμπεράσματα για τη σύγκριση μεταξύ των χωρών. Για παράδειγμα η διείσδυση (αριθμός χρηστών) των κινητών τηλεφώνων μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερη στις ΗΠΑ απ' ό,τι στη Σουηδία, δε συμβαίνει όμως το ίδιο θεωρώντας ως διείσδυση το λόγο «αριθμός χρηστών ανά συνολικό πληθυσμό της χώρας». Στη δεύτερη περίπτωση διαπιστώνεται ότι η Σουηδία αν και έχει μικρότερο αριθμό χρηστών από τις ΗΠΑ, παρουσιάζει μεγαλύτερο ρυθμό διείσδυσης πλησιάζοντας πιο γρήγορα στο κόρο [135].

Για την επίλυση αυτών των προβλημάτων στη σύγκριση μεταξύ κρατών εφαρμόζονται κατάλληλες τροποποιήσεις, όπως αυτές περιγράφονται στις επόμενες ενότητες.

#### 4.5.2.2 Άνω όριο της διείσδυσης, και εγγενής χρησιμότητα $C_i$ .

Το μέγεθος του κοινωνικού συστήματος από μόνο του είναι πολλές φορές δύσκολο να αποτυπώσει το κοινωνικό δίκτυο μέσα στο οποίο διαχέεται μια καινοτομία, καθώς ένα συγκεκριμένο ποσοστό ατόμων μπορεί ποτέ να μην έχει την εγγενή χρησιμότητα (intrinsic utility) για την υιοθέτηση της καινοτομίας [64]. Για παράδειγμα τα κινητά τηλέφωνα δεν έχουν καμιά εγγενή χρησιμότητα στα βρέφη. Ακόμη και όταν αυτά μεγαλώσουν και υιοθετήσουν τη τεχνολογία, θα αντικατασταθούν από άλλα βρέφη



κ.ο.κ., έτσι ώστε πάντα θα υπάρχει ένα ποσοστό του πληθυσμού χωρίς καμιά εγγενή χρησιμότητα στα κινητά τηλέφωνα.

Το ποσοστό αυτό των χρηστών  $C_i$  μπορεί να μεταβάλλεται από χώρα σε χώρα  $i$  και είναι ανεξάρτητο του μεγέθους του κοινωνικού συστήματος. Έτσι μια μικρή χώρα μπορεί να έχει μεγαλύτερο ποσοστό και αντίστροφα. Όπως και το μέγεθος  $S_i$ , το ποσοστό  $C_i$  μπορεί να μεταβάλλεται με το χρόνο και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες που είναι όμως εξωγενείς ως προς τη καινοτομία αναφοράς.

Το ποσοστό  $C_i$  σε συνδυασμό με το μέγεθος του κοινωνικού συστήματος  $S_i$ , καθορίζει το άνω όριο της διείσδυσης και μπορεί να παραλληλιστεί με τον κόρο της αγοράς του μοντέλου Bass. Παραδοσιακά, ο κόρος θεωρείται ως μια παράμετρος, όπου ο τρόπος υπολογισμού της γίνεται εσωτερικά από το μοντέλο, με τη μέθοδο εκτίμησης NLS.

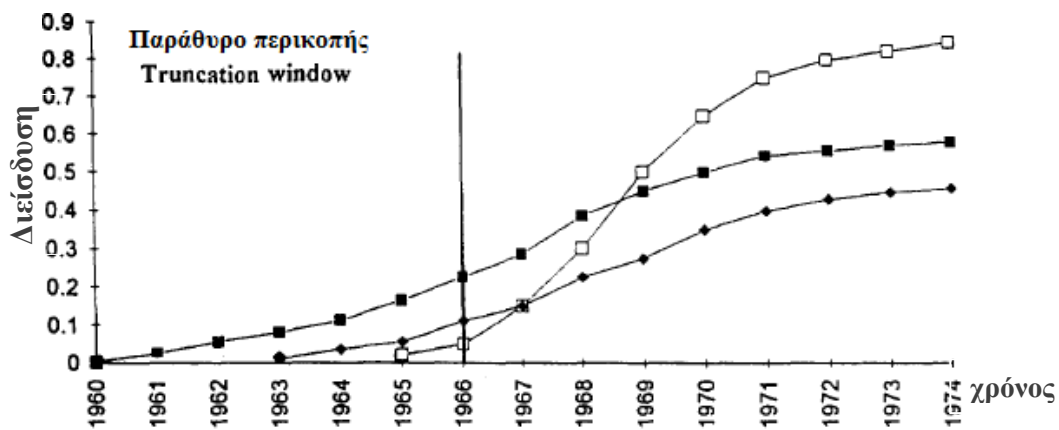
Στο μοντέλο Dekimpre ο κόρος αποτελείται από δύο μεταβλητές, το ποσοστό εγγενούς χρησιμότητας  $C_i$  και το μέγεθος του κοινωνικού συνόλου  $S_i$ . Χρησιμοποιώντας μια σύνθεση μεταβλητών  $C_i \cdot S_i$  αντί για μια ενιαία μεταβλητή, προσδίδεται μεγαλύτερη ευελιξία στον ορισμό του μοντέλου. Αυτό συμβαίνει για τους ακόλουθους λόγους.

Πρώτον, το μέγεθος  $S_i$  είναι μια παράμετρος κλίμακας του συνολικού πληθυσμού, ενώ η  $C_i$  είναι μια παράμετρος έντασης που αφορά στη μέγιστη δυνατή διάδοση στον πληθυσμό και δεν μετρά το μέγεθος ενός κοινωνικού συστήματος, αλλά μάλλον το βαθμό στον οποίο μια καινοτομία είναι συμβατή εντός του συνολικού πληθυσμού. Συνεπώς, οι μεταβλητές  $C_i$ ,  $S_i$  αντιπροσωπεύουν διαφορετικές έννοιες και διαδικασίες στη διάχυση. Ο διαχωρισμός των δύο μεταβλητών επιτρέπει την καλύτερη μοντελοποίηση με σαφώς ορισμένο πλαίσιο του προβλήματος μέσα σε ένα πρότυπο διάχυσης.

Δεύτερον, όταν οι δύο έννοιες είναι διακριτές, παρέχουν περισσότερη λεπτομέρεια στον ορισμό του μοντέλου και συνεπώς επιτρέπουν και καλύτερη αξιολόγηση της εξωτερικής εγκυρότητας των δεδομένων. Στο μοντέλο Bass μια δυναμική αγορά μπορεί να εκτιμηθεί, αλλά είναι δύσκολο να γνωρίζουμε αν ο αριθμός αυτός έχει εξωτερική εγκυρότητα. Με τη νέα προσέγγιση, η μελέτη της δυναμικής της ανάπτυξης μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο μετά την αποδοχή ενός εξωτερικά έγκυρου μέτρου του ανώτατου ορίου του κοινωνικού συστήματος.

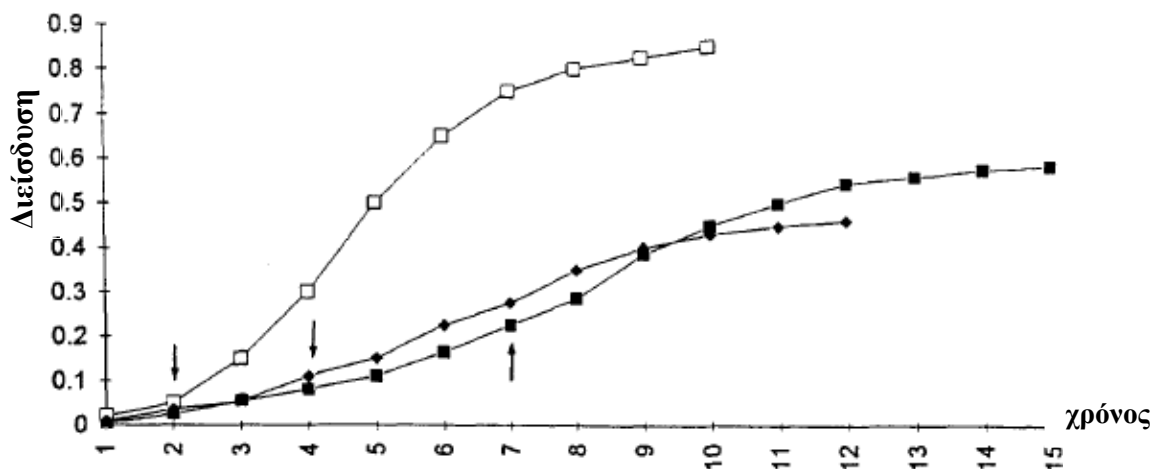
#### 4.5.2.3 Ορισμός χρονικού σημείου εκκίνησης της διάχυσης

Εκτός από τον πληθυσμό, ένα άλλο πρόβλημα με τη σύγκριση της διάχυσης μιας καινοτομίας μεταξύ διαφορετικών χωρών, είναι το διαφορετικό χρονικό σημείο εκκίνησης μιας καινοτομίας. Για παράδειγμα τα κινητά τηλέφωνα μπορεί να ξεκίνησαν τη διάχυσή τους τη δεκαετία του '80 στις Σκανδιναβικές χώρες, ενώ στην Ελλάδα να ξεκίνησαν μόλις τη δεκαετία του '90. Αυτή η χρονική διαφορά μπορεί να προκαλέσει σοβαρά σφάλματα και μεροληψία στη σύγκριση μεταξύ των χωρών.



Σχήμα 4-3. Μεροληψία αριστερής περικοπής (left-hand truncation): καμπύλες διάχυσης χωρίς κοινό χρονικό σημείο εκκίνησης της καινοτομίας [135].

Ο Dekimpe δίνει ένα παράδειγμα του πως μπορεί να προκύψει μια τέτοια μεροληψία στο Σχήμα 4-3. Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, εάν θεωρηθεί ένα χρονικό παράθυρο έρευνας για τα έτη 1966 έως το 1975 και παράλληλα σε μία χώρα η καινοτομία ξεκινά το 1960, ενώ σε μια άλλη χώρα η ίδια καινοτομία ξεκινά το 1967, οι καμπύλες διάχυσης περικόπτονται από αριστερά (left-hand truncation), έτσι ώστε για κάποιες χώρες δε περιλαμβάνεται ο αρχικός χρόνος εκκίνησης της καινοτομίας. Αυτή η περικοπή στο χρόνο εκκίνησης αυξάνει τη παράμετρο της καινοτομίας για τις χώρες που έχουν υποστεί αυτή τη περικοπή και συνεπώς και τις εκτιμήσεις για το πιθανό σημείο ανάφλεξης. Για το λόγο αυτό και για να είναι ακριβής η σύγκριση μεταξύ των χωρών είναι απαραίτητος ο ορισμός ενός κοινού χρονικού σημείου αναφοράς, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-4.



Σχήμα 4-4. Καμπύλες διάχυσης με κοινό χρονικό σημείο εκκίνησης της καινοτομίας [135].

Στο μοντέλο Dekimpe, ο χρόνος  $t$  αντιστοιχεί στον αριθμό των ετών που έχουν περάσει από την έναρξη της υιοθέτησης της καινοτομίας στην κάθε χώρα ( $t \geq 1$ ). Ο αριθμός 1 στον άξονα του χρόνου, αντιστοιχεί στον πρώτο χρόνο υιοθέτησης της καινοτομίας κάθε χώρας. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται μεροληψία λόγω περικοπής των αρχικών ετών και η σύγκριση μεταξύ των χωρών είναι πιο αποδοτική.

#### 4.5.2.4 Επίπεδο αποδοχής στο χρόνο εκκίνησης της καινοτομίας και ταχύτητα της διάχυσης

Έχοντας ορίσει το κοινό χρονικό σημείο εκκίνησης για κάθε χώρα, είναι πλέον εύκολο να οριστεί το επίπεδο υιοθέτησης της καινοτομίας στο πρώτο έτος της διάχυσης ( $t = 1$ ),

δηλαδή ο αριθμός των χρηστών του πρώτο έτους (καινοτόμοι) και συμβολίζεται στο μοντέλο ως  $n_{i,1}$ .

Επίσης ορίζεται η παράμετρος καινοτομίας (κατ' αναλογία του μοντέλου Bass) ως ο αριθμός των χρηστών της καινοτομίας το πρώτο έτος προς το σχετικό άνω όριο του κοινωνικού συνόλου. Αυτό μαθηματικά εκφράζεται ως:

$$A_{i,1} = \frac{n_{i,1}}{C_i S_i} \quad (4-48)$$

Η παράμετρος αυτή προσομοιάζει αλλά δεν είναι ακριβώς η ίδια με τη παράμετρο καινοτομίας  $\rho$  του μοντέλου Bass, καθώς είναι περισσότερο μια δεδομένη τιμή για τις χώρες που έχουν υιοθετήσει τη καινοτομία τουλάχιστον ένα έτος. Η παράμετρος αυτή αποτελεί μια σημαντική και άμεσα ερμηνευτική μετρική που απλοποιεί τη διαδικασία σύγκρισης του έτους εκκίνησης.

Τέλος, το μοντέλο ορίζει το ρυθμό της διείσδυσης,  $B_i$ , η οποία συμβαίνει μετά το πρώτο έτος υιοθέτησης και προσομοιάζει τη παράμετρο μιμητισμού  $q$  του μοντέλου Bass.

#### 4.5.2.5 Ορισμός του μοντέλου.

Το μοντέλο για μια δεδομένη χώρα  $i$ , ορίζεται από την ακόλουθη χρονοσειρά:

$$n_{i,t} = \left[ \left( \frac{n_{i,1}}{C_i S_i} \right) + B_i \left( \frac{N_{i,t-1}}{C_i S_i} \right) \right] [C_i S_i - N_{i,t-1}], t = 1, 2, \dots, k \quad (4-49)$$

Όπου  $n_{i,t}$  είναι ο αριθμός των χρηστών τη χρονική στιγμή  $t$ , και  $N_{i,t-1}$  είναι η αθροιστική διείσδυση μέχρι τη χρονική στιγμή  $t - 1$ . Από τον ορισμό του μοντέλου, ο χρόνος ξεκινά από την τιμή 1 (1<sup>ος</sup> χρόνος υιοθέτησης στην κοινή για όλες τις χώρες αρχή των αξόνων). Η μεταβλητή  $S_i$  αναφέρεται στο μέγεθος του κοινωνικού συστήματος, το οποίο περιορίζεται κατά ένα ποσοστό  $C_i$ , ( $0 \leq C_i \leq 1$ ). Συνεπώς ο όρος  $C_i S_i$ , εκφράζει το άνω όριο της υιοθέτησης και αντιστοιχεί στον κόρο της αγοράς  $S$  του μοντέλου Bass, όπως φαίνεται και στην εξίσωση (4-7).

Το σημείο τομής της καμπύλης διάχυσης με τον άξονα του χρόνου ορίζεται ως  $A_{i,1} = n_{i,1} / C_i S_i$  και αντιστοιχεί στη παράμετρο «καινοτομίας» ή «εξωτερικής επίδρασης» των συμβατικών μοντέλων διάχυσης. Ο ορισμός της παραμέτρου  $A_{i,1}$ , παρέχει μια σειρά από πλεονεκτήματα στο μοντέλο.

Πρώτον, είναι σαφώς καθορισμένη χρονικά (1<sup>ος</sup> χρόνος διάχυσης), σε αντίθεση με τη συνήθη παράμετρο καινοτομίας, όπου αναφέρεται στο χρόνο εκκίνησης γενικότερα. Δεύτερον, η τιμή της παραμέτρου είναι ενδογενής στο μοντέλο, μπορεί να υπολογισθεί απευθείας από τον τύπο (4-48) αρκεί να υπάρχουν τα δεδομένα του πρώτου έτους χρήσης. Επίσης, η ερμηνεία της δίνει σημαντικές πληροφορίες για τη συμπεριφορά των χρηστών διαφορετικών χωρών στην εκκίνηση της καινοτομίας. Η παράμετρος  $A_{i,1}$ , θεωρείται σταθερή και αποτελεί τα πρώτο σημείο της καμπύλης διείσδυσης κάθε χώρας.

Τέλος, η παράμετρος  $B_i$  ορίζεται ως ο ρυθμός αύξησης της διείσδυσης. Αυτή είναι η μοναδική παράμετρος η οποία εκτιμάται με στατιστικές μεθόδους.

Το μοντέλο δίνει τη δυνατότητα διερεύνησης των παραγόντων που καθορίζουν τις τιμές των παραμέτρων  $A_i$  και  $B_i$ , και συνεπώς και τη καμπύλη της διάχυσης. Η ανάλυση γίνεται σε επίπεδο χωρών και προσφέρει πληροφορίες για τους παράγοντες που επιδρούν στη διείσδυση στο πρώτο έτος και στο ρυθμό αύξησης της διείσδυσης.

Για την επίτευξη αυτών των υπολογισμών οι παράμετροι  $A_i$  και  $B_i$  μετασχηματίζονται με τη βοήθεια του λογιστικού μοντέλου ως εξής:

$$A_{i,1} = [1 + e^{d_1 X_i}]^{-1}$$

$$B_{i,t} = [1 + e^{d_2 X_i}]^{-1}$$
(4-50)

Ο μετασχηματισμός με το λογιστικό μοντέλο γίνεται για να εξασφαλιστεί ότι οι τιμές των παραμέτρων  $A_i$  και  $B_i$ , θα είναι στο διάστημα μηδέν και ένα (κατ' αναλογία των παραμέτρων καινοτομίας και μιμητισμού των κλασικών μοντέλων διάχυσης).

Στην (4-50), το  $X$  αντιστοιχεί στο διάνυσμα εξωγενών και ενδογενών παραγόντων που εξετάζονται ως προς την επίδρασή τους στη διάχυση, ενώ  $d_1$ ,  $d_2$  είναι τα διανύσματα των αντίστοιχων παραμέτρων των μεταβλητών  $X$  που εκφράζουν τη σημαντικότητα της επίδρασης των  $X$  για κάθε μια από τις παραμέτρους  $A_i$  και  $B_i$ . Οι πληροφορίες που απορρέουν από το μοντέλο είναι πολύ χρήσιμες για τη χάραξη πολιτικής και αποφάσεων σε επίπεδο κρατών, όσον αφορά στη προώθηση μιας καινοτομίας.

#### 4.5.2.6 Εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου

Η εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου γίνεται σε τρία διακριτά στάδια:

Στο **πρώτο στάδιο** γίνεται εξωτερική (από το μοντέλο) εκτίμηση και επικύρωση των εξωγενών μεταβλητών «μέγεθος του κοινωνικού συστήματος»  $S_i$  και «εγγενής χρησιμότητα»  $C_i$ . Όπως περιγράφεται στις ενότητες 4.5.2.1 και 4.5.2.2, το μέγεθος του κοινωνικού συστήματος και το ποσοστό περιορισμού από την εγγενή χρησιμότητα ορίζονται ανάλογα με το είδος της καινοτομίας και τον πληθυσμό- στόχο στον οποίο αυτή αναφέρεται. Οι δύο μεταβλητές μπορούν να ελεγχθούν για την εγκυρότητά τους με διάφορες μεθόδους, όπως (i) εκτιμήσεις και αξιολογήσεις μέσω συνεντεύξεων με εμπειρογνώμονες, (ii) στατιστικά, μέσω θεωρητικά συσχετισμένων μεταβλητών, (iii) σύγκριση με τις αντίστοιχες παραμέτρους κόρου που εκτιμώνται από τα συμβατικά μοντέλα διάχυσης. Οι μέθοδοι αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα ή σε συνδυασμό.

Στο **δεύτερο στάδιο** υπολογίζεται η παράμετρος  $A_{i,1}$ , η οποία όπως αναφέρεται στις προηγούμενες ενότητες υπολογίζεται απευθείας από τα δεδομένα και την εξίσωση (4-48), εφόσον βέβαια η καινοτομία έχει ένα χρόνο παρουσίας σε μια χώρα και έχουν προηγουμένως οριστεί οι μεταβλητές  $C_i$ ,  $S_i$ . Η παράμετρος  $A_{i,1}$  θεωρείται σταθερή και ορισμένη σε κάθε χρονικό σημείο της καμπύλης διεξόδου και αποτελεί το πρώτο της σημείο.

Έχοντας υπολογίσει την  $A_{i,1}$  για κάθε χώρα, οι παράγοντες που την καθορίζουν  $X$  και η βαρύτητά τους  $d_1$  μπορούν να εκτιμηθούν με παλινδρόμηση με χρήση της λογιστικής εξίσωσης (4-50). Τα αποτελέσματα αυτά είναι πολύ σημαντικά από διαχειριστικής άποψης, καθώς μπορούν να δώσουν αποτελέσματα για τους παράγοντες που επιδρούν σε μια καινοτομία, ακόμη και σε πολύ αρχικά στάδια της διάχυσης.

Στο **τρίτο στάδιο**, υπολογίζονται οι παράμετροι  $B_i$ , εσωτερικά από το μοντέλο (4-49) με τη μέθοδο των μη γραμμικών ελαχίστων τετραγώνων που εφαρμόζεται και στα συνήθη μοντέλα διάχυσης, διατηρώντας σταθερές τις παραμέτρους  $A_{i,1}$ ,  $C_i$ ,  $S_i$ . Οι παράγοντες  $X$  και η βαρύτητά τους  $d_2$  που επιδρούν στο ρυθμό αύξησης της διάχυσης μπορούν να εκτιμηθούν από την λογιστική εξίσωση (4-50) με παλινδρόμηση. Τα αποτελέσματα αυτά είναι επίσης πολύ σημαντικά, καθώς μπορούν να εκτιμήσουν τους παράγοντες που επιδρούν στη διάχυση, να συγκρίνουν με αποτελεσματικό τρόπο τις εκτιμήσεις και προβλέψεις διάχυσης των καινοτομιών μεταξύ κρατών, να δώσουν χρονική πρόβλεψη του κόρου ή και του σημείου ανάφλεξης για κάθε χώρα, κλπ.

#### 4.6 Μοντέλα ανταγωνισμού/ πληθυσμιακή βιολογία

Μια άλλη κατηγορία μοντέλων που αποτελεί επέκταση των μοντέλων διάχυσης, είναι τα μοντέλα που εκτιμούν την αλληλεπίδραση μεταξύ ανταγωνιστικών προϊόντων. Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που καθορίζει τη πορεία διάχυσης μιας τεχνολογίας είναι ο ανταγωνισμός. Ανάμεσα στις πιο σημαντικές σύγχρονες εργασίες που έχουν γίνει με στόχο την αποτύπωση της δυναμικής της αγοράς που χαρακτηρίζεται από ανταγωνιστική συμπεριφορά είναι αυτή των Meade – Islam [115]. Οι Mahajan – Sharma - Buzell [137] μελέτησαν την επίδραση ενός νεοεισερχόμενου στη δυναμική της αγοράς, ενσωματώνοντας στο μοντέλο Bass [78] κατάλληλες εκφράσεις, με στόχο την αποτύπωση των συνεπειών του ανταγωνισμού στην αγορά. Οι Krishnan – Bass – Kumar [138] πρότειναν μια μεθοδολογία για την περιγραφή της δυναμικής του κάθε συμμετέχοντα ανταγωνιστή μέσω κατάλληλης συνάρτησης κινδύνου (hazard function). Παρόμοιες συνεισφορές, προς την κατεύθυνση της περιγραφής της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στους ανταγωνιστές, περιγράφονται στις αναφορές [139-142]. Επίσης, οι Gruber - Verboven [143] αναλύουν σημαντικά θέματα που σχετίζονται με την είσοδο νέων παρόχων στην τηλεπικοινωνιακή αγορά.

Μια διαφορετική προσέγγιση αποτελεί η μελέτη του ανταγωνισμού της αγοράς με βάση της αρχές της πληθυσμιακής βιολογίας. Η πληθυσμιακή βιολογία προσδιορίζεται ως η μελέτη των οριακών αλλά και μακροχρόνιων μεταβολών των μεγεθών, των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και των ηλικιακών κατανομών ενός ή περισσότερων πληθυσμών και των βιολογικών και περιβαλλοντικών διαδικασιών που επηρεάζουν αυτές τις μεταβολές [144].

Η «πληθυσμιακή βιολογία» (population biology) έχει τις ρίζες της σε πολλές διαφορετικές περιοχές [144]: στις μελέτες της γεωγραφικής κατανομής των οργανισμών, στη μελέτη της φυσικής ιστορίας των συνηθειών και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των οργανισμών και του περιβάλλοντός τους, στη μελέτη της κληρονομικότητας των χαρακτηριστικών των οργανισμών από μια γενεά στην επόμενη, και στις θεωρίες που εξετάζουν πώς συνδέονται οι διαφορετικοί τύποι οργανισμών. Ο Charles Darwin [120] έκανε μια σύνθεση αυτών των περιοχών στο βιβλίο του «*Η προέλευση των ειδών μέσα από τη φυσική επιλογή*», το 1859, το οποίο αποτελεί μια κατάλληλη αφετηρία για την εισαγωγή στην πληθυσμιακή βιολογία. Η θεωρία της εξέλιξης μέσω φυσικής επιλογής είναι η πλέον σημαντική θεωρία στη βιολογία. Πριν από τον Charles Darwin υπήρξαν μια σειρά από μελέτες οι οποίες αποτέλεσαν τον πρόδρομο στην πληθυσμιακή οικολογία και τη συμπεριφορά των έμβιων οργανισμών, συσχετισμένες κυρίως με την εξέλιξη των εξημερωμένων ζώων.

Η θεωρία της φυσικής επιλογής, όπως αναπτύχθηκε από τον Charles Darwin, βασίζεται στις παρακάτω αρχές:

- Τα άτομα που απαρτίζουν ένα πληθυσμό διαφοροποιούνται ως προς τα φυσικά τους χαρακτηριστικά και αυτές οι διαφοροποιήσεις είναι κληρονομήσιμες στις επόμενες γενιές, τουλάχιστον σε ένα ποσοστό.
- Με την πάροδο των γενεών δημιουργούνται νέα είδη.
- Οι «γονείς» δημιουργούν περισσότερους «απογόνους» από όσους χρειάζονται για να τους αντικαταστήσουν, κατά συνέπεια οι πληθυσμοί έχουν την τάση να αυξάνονται εκθετικά. Επειδή οι πόροι είναι πεπερασμένοι, δεν επαρκούν για να υποστηρίξουν όλους τους «απογόνους» σε μακροπρόθεσμη χρονική κλίμακα.
- Ως συνέπεια των παραπάνω, δημιουργείται «αγώνας για επιβίωση» οπότε μόνο ένα ποσοστό, μερικές φορές εξαιρετικά μικρό, αναμένεται να επιβιώσει και να αναπαραχθεί.

- Η ικανότητα «επιβίωσης» (sustainability) εξαρτάται από τις παραλλαγές του κάθε είδους, καθώς κάποιες παραλλαγές έχουν τη δυνατότητα να επιβιώνουν και να παράγουν περισσότερους απογόνους από ότι οι υπόλοιπες. Αυτό οδηγεί στη δημιουργία παραλλαγών ενός είδους, οι οποίες είναι περισσότερο ευνοημένες από τις υπόλοιπες. Η διαδικασία αυτή, με την πάροδο του χρόνου, οδηγεί στη μεταβολή των χαρακτηριστικών των αντίστοιχων πληθυσμών.
- Δεδομένου ενός ικανού χρονικού διαστήματος, η σωρευμένη αλλαγή, που περιγράφηκε παραπάνω, αναμένεται να είναι μεγάλης κλίμακας και μετά από μεγάλες γεωλογικές περιόδους ένα συγκεκριμένο είδος να αποτελεί τον πρόγονο ενός μεγάλου αριθμού διαφορετικών ειδών.

Αρκετά φαινόμενα που αφορούν στις μεταβολές πληθυσμών είναι δυνατόν να περιγραφούν από μαθηματικές συναρτήσεις οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν με επαναληπτικό τρόπο σε μια σειρά από διαδοχικές γενιές. Κατά συνέπεια, γνωρίζοντας πώς ένας αριθμός ατόμων του πληθυσμού μιας γενιάς συνδέεται με την προηγούμενη ή την επόμενη γενιά, είναι δυνατόν να γίνει εκτίμηση της κατάστασης της επόμενης ή προηγούμενης γενιάς (αντίστοιχα), δεδομένου ότι η σχέση μεταξύ των γενεών παραμένει αμετάβλητη.

Επιπλέον, οι μεταβολές του πληθυσμού είναι δυνατόν να ακολουθούν «εκθετική» ή «γεωμετρική» αύξηση, ανάλογα με το αν μετρώνται σε συνεχή ή διακριτό χρόνο αντίστοιχα. Στην τελευταία περίπτωση, του διακριτού χρόνου, οι μετρήσεις πραγματοποιούνται σε συγκεκριμένα ισόχρονα διαστήματα.

Η διαδικασία της πληθυσμιακής μοντελοποίησης είναι η εφαρμογή κατάλληλων στατιστικών μοντέλων για τη μελέτη των μεταβολών των πληθυσμών, ως συνέπεια της αλληλεπίδρασης των οργανισμών με το φυσικό περιβάλλον, με οργανισμούς του ίδιου είδους (intra-species interaction), αλλά και οργανισμούς διαφορετικών ειδών (inter-species interaction). Ένα από τα σημαντικότερα ερωτήματα τα οποία καλείται να απαντήσει η πληθυσμιακή βιολογία είναι το κατά πόσον είδη τα οποία αλληλεπιδρούν είναι δυνατόν να συνυπάρξουν και ποιοι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συνύπαρξή τους.

Σύμφωνα με την πληθυσμιακή βιολογία η υπόθεση, βάση της οποίας περιγράφεται η μεταβολή ενός πληθυσμού, είναι ότι ο ρυθμός μεταβολής του είναι ανάλογος προς το τρέχον μέγεθός του. Η πιο κοινή προσέγγιση για την περιγραφή της μεταβολής του πληθυσμού ενός βιολογικού είδους, εν απουσία ανταγωνιστικών ειδών, δίνεται από τους Boyce - DiPrima και Neal [144, 145]:

$$\frac{dN(t)}{dt} = rf(N(t)) \left( 1 - \frac{N(t)}{K} \right) \quad (4-51)$$

Στην εξίσωση (4-51), το  $N(t)$  είναι το μέγεθος του πληθυσμού τη χρονική στιγμή  $t$ , η σταθερά  $r$  είναι ο ρυθμός μεταβολής του πληθυσμού και  $K$  το επίπεδο κόρου της «φέρουσα ικανότητα» (carrying capacity) για το συγκεκριμένο είδος. Η  $f$  είναι μια συνάρτηση πραγματικών αριθμών, μέσω της οποίας συμμετέχει στη διαδικασία το  $N(t)$ . Το  $K$  είναι το άνω όριο στο οποίο αναμένεται να φτάσει ασυμπτωτικά ένας πληθυσμός ο οποίος αυξάνεται με αρχική τιμή χαμηλότερη από  $K$ . Η λύση της παραπάνω εξίσωσης, η οποία προσδιορίζει το μέγεθος του πληθυσμού σε κάθε χρονική στιγμή,  $t$ , είναι η παρακάτω:

$$N = \frac{K}{1 + \left( \frac{K}{N_0} - 1 \right) \cdot e^{-rt}} \quad (4-52)$$

όπου  $N_0 = N(t = 0)$  είναι η αρχική τιμή του πληθυσμού.

Είναι εμφανής η αντιστοιχία που υπάρχει ανάμεσα στα μοντέλα της πληθυσμιακής βιολογίας και στα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιβλιογραφία για την εκτίμηση και πρόβλεψη της διεξόδου, όπως η οικογένεια των λογιστικών μοντέλων [76, 110] και του μοντέλου Gompertz [105, 146]. Στην πραγματικότητα, τα μοντέλα διάχυσης αποτελούν προεκτάσεις των πληθυσμιακών μοντέλων, τα οποία αναπτύχθηκαν αρχικά προκειμένου να περιγράψουν τις μεταβολές πληθυσμών και την εξάπλωση ασθενειών σε πληθυσμούς.

Στην περίπτωση που περισσότερα από ένα είδη συνυπάρχουν στο ίδιο περιβάλλον, αναμένεται να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους και μάλιστα με διαφορετικούς τρόπους, καθώς ανταγωνίζονται για τους ίδιους πόρους. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, αν συνυπάρξουν στο ίδιο περιβάλλον, αντί για ένα, δύο ή περισσότερα είδη, κάθε ένα από αυτά θα διεκδικήσει μέρος των διαθέσιμων πόρων, με στόχο την επιβίωσή του. Κατά συνέπεια, ανάλογα με τον τρόπο αλληλεπίδρασης, κάθε είδος θα αποτελέσει είτε ανασταλτικό είτε αυξητικό παράγοντα του ρυθμού μεταβολής των υπολοίπων ειδών. [147]

Ακριβείς ορισμοί και περιγραφές των διαφορετικών τρόπων αλληλεπίδρασης των διαφόρων ειδών δίνονται στις αναφορές [144, 147-149], ενώ ένας πιο αυστηρός ορισμός των τρόπων αλληλεπίδρασης δίνεται από τον Modis [150] όπου αναγνωρίζονται έξι τύποι αλληλεπίδρασης, ανάλογα με το ρυθμό μεταβολής των πληθυσμών. Οι διαφορετικοί τρόποι αλληλεπίδρασης, όπως δίδονται από τον Modis [150] συνοψίζονται στον Πίνακα 4-3.

Πίνακας 4-3. Τύποι αλληλεπίδρασης μεταξύ των ειδών [150]

Τύπος	Αλληλεπίδραση
«Κυνηγός – θήραμα» (Prey-Predator)	Ένα από τα είδη αποτελεί αντικείμενο τροφής των υπολοίπων και ο πληθυσμός του τείνει να μειώνεται.
«Ανταγωνισμός» (Competition)	Όλα τα είδη αποτελούν είδος τροφής και κυνηγοί ταυτόχρονα και ο πληθυσμός τους τείνει να μειώνεται..
«Αμοιβαιότητα» (Mutualism) ή «Συμβίωση» (Symbiosis)	Ο πληθυσμός όλων των ειδών τείνει να αυξάνεται λόγω της ύπαρξης των υπολοίπων πληθυσμών.
Commensalism	Ένα από τα είδη ωφελείται εξαιτίας της ύπαρξης του άλλου είδους. Τα άλλο είδος δεν επηρεάζεται ούτε θετικά ούτε αρνητικά.
Amensalism	Ένα από τα είδη βλάπτεται εξαιτίας της ύπαρξης του άλλου είδους. Τα άλλο είδος δεν επηρεάζεται ούτε θετικά ούτε αρνητικά.
«Ουδετερότητα» (Neutralism)	Δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των ειδών.

Στη παρούσα έρευνα μελετάται η περίπτωση του «ανταγωνισμού». Η μεθοδολογία που αναπτύσσεται βασίζεται στις υποθέσεις που περιγράφουν τις συμπεριφορές των ειδών, τα οποία στην περίπτωση αυτή είναι οι ανταγωνιστές της αγοράς λογισμικού. Πιο συγκεκριμένα, η βασική υπόθεση είναι ότι τα ανταγωνιστικά προϊόντα μιας αγοράς αντιστοιχούν στα βιολογικά είδη που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους προκειμένου να εξασφαλίσουν τη βιωσιμότητα και την αύξησή τους, δηλαδή το μερίδιο αγοράς τους.

Τα μερίδια αγοράς αποτελούν έναν αρκετά αξιόπιστο δείκτη του βαθμού του ανταγωνισμού, καθώς αποδίδουν τα ορατά αποτελέσματα του υποκείμενου, συνήθως μη συνεργατικού, παιγνίου ανάμεσα στα ανταγωνιστικά προϊόντα λογισμικού. Αντανακλούν συνεπώς τα αποτελέσματα των επιχειρηματικών και στρατηγικών αποφάσεων που σχετίζονται με παράγοντες όπως η διαφήμιση, η τιμολογιακή πολιτική, η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών κλπ.

#### 4.6.1 Εξισώσεις Lotka-Volterra

Η απλούστερη και ευρέως υιοθετούμενη προσέγγιση για την περιγραφή της αλληλεπίδρασης των βιολογικών ειδών είναι τα μοντέλα των Lotka – Volterra τα οποία βασίζονται στις συνεισφορές των Alfred J. Lotka και Vito Volterra. Αναλυτική περιγραφή, καθώς και εφαρμογές των μοντέλων αυτών, κυρίως για την περίπτωση αλληλεπίδρασης δύο ειδών, περιέχονται στις αναφορές [144, 145, 151, 152]. Επιπλέον, θεωρητικές αναλύσεις και εφαρμογές για την αλληλεπίδραση περισσότερων από δύο ειδών περιέχονται στις αναφορές [153-161].

Σύμφωνα με το μοντέλο των εξισώσεων, η δυναμική ενός συστήματος που αποτελείται από τα ανταγωνιστικά είδη  $i$  μπορούν να παρασταθούν από το ακόλουθο σύστημα μη γραμμικών διαφορικών εξισώσεων πρώτης τάξης:

$$\frac{dN_i}{dt} = N_i \left( a_i - \sum_{j=1}^m a_{ij} N_j \right), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4-53)$$

Στην (4-53) τα  $dN_i/dt$  περιγράφουν την ταχύτητα μεταβολής που αντιστοιχεί σε κάθε είδος,  $i$ . Οι συντελεστές  $a_i$  παρέχουν ένα μέτρο ανάλογο προς την «φέρουσα ικανότητα» των ειδών, η οποία σχετίζεται με την τιμή κορεσμού του πληθυσμού  $N_i$ . Όταν  $i = j$ , οι συντελεστές  $a_{ij}$  αποτελούν την εξειδικευμένη ή ανά είδος ικανότητα και εκφράζουν την ισχύ της αλληλεπίδρασης μεταξύ όμοιων ειδών.

Όταν  $i \neq j$ , οι συντελεστές  $a_{ij}$  καλούνται ποσοστά του ανταγωνισμού και αποτελούν μέτρο της έντασης της αλληλεπίδρασης του είδους  $j$  με το είδος  $i$ . Κάθε ποσοστό ανταγωνισμού παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την ερμηνεία της «μετακίνησης του πληθυσμού μεταξύ των ειδών» ή «churn effect», που είναι η απώλεια των μεριδίων αγοράς ενός είδους  $i$  λόγω του ανταγωνισμού που αντιμετωπίζει από το είδος  $j$ . Η μετακίνηση αυτή ή «churn effect» εκφράζει το αποτέλεσμα της επίδρασης που κάθε είδος ασκεί στη «φέρουσα ικανότητα» του δεύτερου είδους. Όσο υψηλότερος είναι ο συντελεστής  $a_{ij}$  σε σύγκριση με το συντελεστή  $a_{ji}$ , τόσο περισσότερο το είδος  $j$  επωφελείται σε βάρος του είδους  $i$ . Όταν  $a_{ij} > a_{ii}$  τότε το είδος  $i$  αντιμετωπίζει ισχυρό ανταγωνισμό από το είδος  $j$ . Όταν  $a_{ij} < a_{ii}$ , ο ανταγωνισμός είναι χαμηλός και το είδος  $i$  μπορεί να εξελιχθεί μέσα από δική του δυναμική, χωρίς να επηρεάζεται από οποιαδήποτε άλλο ανταγωνιστή [162].

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής χρησιμοποιούνται οι εξισώσεις Lotka – Volterra που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ τριών ανταγωνιστικών ειδών ( $m=3$ ). Οι εξισώσεις σε αυτή τη περίπτωση δίνονται από τη (4-54).



$$\begin{aligned}\frac{dN_1}{dt} &= N_1(a_1 - a_{11}N_1 - a_{12}N_2 - a_{13}N_3) = F(N_1, N_2, N_3) \\ \frac{dN_2}{dt} &= N_2(a_2 - a_{21}N_1 - a_{22}N_2 - a_{23}N_3) = G(N_1, N_2, N_3) \\ \frac{dN_3}{dt} &= N_3(a_3 - a_{31}N_1 - a_{32}N_2 - a_{33}N_3) = H(N_1, N_2, N_3)\end{aligned}\tag{4-54}$$

Το σύστημα (4-54) υποθέτουμε ότι είναι κλειστό με την έννοια ότι μόνο αυτά τα αλληλεπιδρώντα είδη υπάρχουν κατά την υπό εξέταση περίοδο. Επιπλέον, δεν υπάρχουν επιπτώσεις μετανάστευσης και όλοι οι εξωτερικοί παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την δυναμική του συστήματος θεωρούνται σταθεροί για την εξεταζόμενη χρονική περίοδο.

#### 4.6.2 Επίλυση της εξίσωσης – σημείο ισορροπίας

Η κατάσταση ισορροπίας μεταξύ των  $m=3$  ανταγωνιστικών ειδών συμβαίνει όταν κανένα από τα επίπεδα του πληθυσμού δεν μεταβάλλεται ή, ισοδύναμα, όταν όλες οι εξισώσεις του συστήματος (4-54) είναι ίσες με μηδέν. Στην περίπτωση των τριών ανταγωνιστικών ειδών, η λύση του συστήματος παρέχει  $2^m = 2^3$  κρίσιμα σημεία (critical points), ή σημεία ισορροπίας (equilibrium points.) Ωστόσο, δεν αντιστοιχούν όλες οι λύσεις σε σταθερά κρίσιμα σημεία. Η εξέταση του κατά πόσο ένα σημείο ισορροπίας είναι σταθερό, γίνεται εκτελώντας μια ανάλυση ιδιοτιμών (eigenvalue analysis).

Η ανάλυση ιδιοτιμών γίνεται αντικαθιστώντας τις υπολογισθείσες τιμές των σημείων ισορροπίας στο σύστημα (4-54) και στη συνέχεια μελετάται η συμπεριφορά του συστήματος σε μια μικρή περιοχή της κάθε λύσης. Έτσι, για κάθε σημείο ισορροπίας εξετάζεται η δυνατότητα γραμμικοποίησης του συστήματος σε μια μικρή περιοχή της κάθε λύσης. Εάν οι συναρτήσεις του συστήματος είναι διπλά διαφορίσιμες, το σύστημα είναι σχεδόν γραμμικό στη περιοχή του σημείου ισορροπίας και συνεπώς μπορεί να προσεγγιστεί από ένα αντίστοιχο γραμμικό σύστημα. Η προσέγγιση αυτή επιτυγχάνεται μέσω του ακόλουθου μετασχηματισμού:

$$U = N_1 - N_1^0 \quad V = N_2 - N_2^0 \quad W = N_3 - N_3^0\tag{4-55}$$

Όπου  $(N_1^0, N_2^0, N_3^0)$  είναι το σημείο ισορροπίας. Το γραμμικό σύστημα που προσεγγίζει το μη γραμμικό σύστημα (4-54), κοντά στο σημείο ισορροπίας  $(N_1^0, N_2^0, N_3^0)$ , προκύπτει με τη χρήση του Ιακωβιανού (Jacobian) πίνακα των μερικών παραγώγων, όπως φαίνεται στην (4-56):

$$\frac{\partial}{\partial t} \begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_{N_1}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) & F_{N_2}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) & F_{N_3}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) \\ G_{N_1}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) & G_{N_2}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) & G_{N_3}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) \\ H_{N_1}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) & H_{N_2}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) & H_{N_3}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix}\tag{4-56}$$

όπου

$$F_{N_i} = \frac{\partial F}{\partial N_i}, G_{N_i} = \frac{\partial G}{\partial N_i}, H_{N_i} = \frac{\partial H}{\partial N_i}, i = 1, \dots, 3\tag{4-57}$$

Η γενική λύση του συστήματος δίνεται από την (4-58):

$$\begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix} = c_1 \begin{pmatrix} \xi_{11} \\ \xi_{12} \\ \xi_{13} \end{pmatrix} e^{\lambda_1 t} + c_2 \begin{pmatrix} \xi_{12} \\ \xi_{22} \\ \xi_{23} \end{pmatrix} e^{\lambda_2 t} + c_3 \begin{pmatrix} \xi_{13} \\ \xi_{23} \\ \xi_{33} \end{pmatrix} e^{\lambda_3 t} \quad (4-58)$$

Όπου  $c_i$  είναι τυχαίες σταθερές και τα  $\lambda_i, \xi_{ij}$  είναι οι ιδιοτιμές και τα ιδιοδιανύσματα του Ιακωβιανού πίνακα αντίστοιχα. Η ανάλυση ιδιοτιμών του συστήματος, γίνεται για κάθε ένα από τα σημεία ισορροπίας. Προκειμένου να ελεγχθεί η σταθερότητα του συστήματος των εξισώσεων που περιγράφουν το προτεινόμενο μοντέλο στη περιοχή του συγκεκριμένου σημείου ισορροπίας, κατασκευάζεται και απεικονίζεται ένα διάγραμμα φάσης (phase diagram). Το διάγραμμα φάσης είναι μια γραφική παράσταση αντιπροσωπευτικών τροχιών των λύσεων, όπου απεικονίζονται και οι περιοχές σταθερότητας του συστήματος.

Γενικά, ένα ισορροπίας σημείο μπορεί να είναι σταθερό, μόνο αν η τροχιά της κάθε λύσης που προκύπτει για το σύστημα με βάση την αντίστοιχη ιδιοτιμή συγκλίνει στο σημείο ισορροπίας καθώς ο χρόνος,  $t$ , αυξάνεται. Σε αντίθετη περίπτωση, το σημείο θεωρείται ασταθές. Εναλλακτικά, εάν σε ένα σύστημα προκύψουν ιδιοτιμές με αντίθετο πρόσημο, στις γενικές λύσεις που προκύπτουν μια από τις μεταβλητές κυριαρχεί έναντι των υπολοίπων, κάνοντας το σύστημα μη φραγμένο και ασταθές. Αντίθετα, εάν όλες οι ιδιοτιμές του συστήματος είναι αρνητικές το ισορροπίας σημείο είναι σταθερό [148].

Η τελική λύση του συστήματος προκύπτει αντικαθιστώντας στον μετασχηματισμό της (4-55) τη γενική λύση του συστήματος και το σταθερό σημείο ισορροπίας που εξήχθη κατά τη διαδικασία της ανάλυσης των ιδιοτιμών, εφόσον βέβαια αυτό υπάρχει. Δηλαδή,

$$\begin{pmatrix} N_1 \\ N_2 \\ N_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} N_1^0 \\ N_2^0 \\ N_3^0 \end{pmatrix} \quad (4-59)$$

### 4.6.3 Πλεονεκτήματα της μεθόδου

Η μοντελοποίηση του ανταγωνισμού της αγοράς και η εκτίμηση της επίδρασής του στη διαδικασία της διάχυσης μιας καινοτομίας, αποτελεί μεγάλη ερευνητική πρόκληση. Οι περισσότερες εργασίες βασίζονται σε τροποποιήσεις του μοντέλου διάχυσης Bass, όπως για παράδειγμα η πολύ σημαντική συνεισφορά των Meade – Islam [115]. Επίσης οι Mahajan – Sharma - Buzell [137] μελέτησαν την επίδραση ενός νεοεισερχόμενου στην ανάπτυξη της αγοράς, ενσωματώνοντας στο μοντέλο Bass [78] κατάλληλες εκφράσεις, με στόχο την αποτύπωση των συνεπειών του ανταγωνισμού στην αγορά. Επίσης, οι Krishnan – Bass – Kumar [138] πρότειναν μια μεθοδολογία για την περιγραφή της δυναμικής του κάθε συμμετέχοντα ανταγωνιστή μέσω κατάλληλης συνάρτησης κινδύνου (hazard function). Παρόμοιες συνεισφορές, προς την κατεύθυνση της περιγραφής της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στους ανταγωνιστές, περιγράφονται στις αναφορές [139-142]. Η επίδραση της ανταγωνιστικής εισόδου ενός παρόχου σε μια αναπτυσσόμενη αγορά αναλύεται από τους Eliashberg - Jeuland [163], όπου μελετάται η μετάβαση από μια μονοπωλιακή σε μια ολιγοπωλιακή αγορά. Τέλος, οι Gruber - Verboven [143] αναλύουν σημαντικά θέματα που σχετίζονται με την είσοδο νέων παρόχων στην τηλεπικοινωνιακή αγορά, όπως την επίδραση στη διάχυση μιας καινοτομίας της καθυστέρησης της ρυθμιστικής αρχής στην έκδοση αρχικών αδειών, τις άμεσες και μακροπρόθεσμες επιδράσεις της έκδοσης επιπρόσθετων αδειών και τη διάκριση μεταξύ ταυτόχρονων και σειριακών εισόδων.

Παρόλα αυτά οι επεκτάσεις των μοντέλων Bass δε μπορούν να εκτιμήσουν ή να προβλέψουν ένα ενδεχόμενο σημείο ισορροπίας της αγοράς. Το σύστημα εξισώσεων ανταγωνισμού Lotka – Volterra αποτελεί μια αξιόπιστη μέθοδο εκτίμησης και πρόβλεψης της διαδικασίας διάχυσης ανταγωνιστικών προϊόντων λαμβάνοντας υπόψη

την επίδραση του ανταγωνισμού, υπερτερώντας έναντι των άλλων προσεγγίσεων εκτίμησης του ανταγωνισμού της αγοράς.

Επιπλέον παρέχει τη δυνατότητα πρόβλεψης ενός μελλοντικού σημείου ισορροπίας της αγοράς, εφόσον βέβαια αυτό μπορεί να υπάρξει. Στο σημείο αυτό μπορεί να προβλεφθεί η πορεία των ανταγωνιστικών ειδών αλλά και η ίδια η επιβίωσή τους, καθώς είναι πολύ φυσικό λόγω της ύπαρξης του ανταγωνισμού κάποιο από τα ανταγωνιστικά είδη να εξωθηθεί από την αγορά. Δεύτερον δίνει πληροφορίες σχετικά με την ένταση της αλληλεπίδρασης των ανταγωνιστικών προϊόντων και τη μετακίνηση του ποσοστού των χρηστών από το ένα προϊόν στο άλλο (churn effect). Η μελέτη των ποσοστών ανταγωνισμού έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για αγορές υψηλής τεχνολογίας, καθώς σχετίζεται με τα ποσοστά διάχυσης των προϊόντων και την πιθανότητα να επιλεγεί μια συγκεκριμένη τεχνολογία.

Επίσης μπορεί να αποκαλύψει αλληλεπιδράσεις ή μη προφανείς συμπεριφορές της αγοράς, όπως για παράδειγμα τη «συμβίωση» κάποιων ειδών σε ένα ευρύτερο ανταγωνιστικό σύστημα [150]. Συνεπώς, Το μοντέλο Lotka- Volterra μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο για χάραξη στρατηγικής και λήψης αποφάσεων.

#### **4.7 Οικονομετρικά μοντέλα και στατιστική ανάλυση δεδομένων**

Μια διαφορετική προσέγγιση για την εκτίμηση των παραγόντων που επιδρούν σε μια τεχνολογία, αλλά και για την πρόβλεψη μελλοντικών συμπεριφορών της, αποτελεί η χρήση οικονομετρικών μοντέλων. Η Οικονομετρία είναι ο κλάδος της οικονομικής επιστήμης που βασίζεται στην ανάπτυξη στατιστικών μεθόδων για την εκτίμηση σχέσεων μεταξύ μεγεθών (οικονομικών, κοινωνικών, τεχνολογικών, κλπ.), τον έλεγχο των θεωριών, αλλά και τη δημιουργία νέας θεωρίας με βάση την ανάλυση και επεξεργασία εμπειρικών δεδομένων.

Τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της βαρύτητας συγκεκριμένων παραγόντων, αλλά και τη πρόβλεψη σημαντικών μεταβλητών, όπως για παράδειγμα τα επιτόκια, ο πληθωρισμός, η ζήτηση ενός προϊόντος, το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν, κλπ. Συνεπώς, τα οικονομετρικά μοντέλα χρησιμοποιούνται ευρέως για την εφαρμογή πολιτικής στη κυβέρνηση και τις επιχειρήσεις.

Ένα οικονομετρικό μοντέλο μπορεί να κατασκευαστεί έτσι ώστε να αποτυπώνει μια ευρέως γνωστή θεωρία. Στη πραγματικότητα, όμως, η κατασκευή ενός οικονομετρικού μοντέλου δεν είναι απλή διαδικασία. Η θεωρία μπορεί να υποδείξει ποιες μεταβλητές είναι σημαντικές ή ίσως σχετικές αλλά δεν καθορίζει μονοσήμαντα την μαθηματική μορφή που συνδέει τις μεταβλητές. Συνήθως η επιλογή της μαθηματικής μορφής της συναρτησιακής σχέσεως είναι συνδυασμός των πληροφοριών από την θεωρία και τα πραγματικά δεδομένα.

Συμπερασματικά, μια πολύ σημαντική παράμετρος για την επιτυχή χρήση και αξιόπιστη εκτίμηση σχέσεων μεταξύ μεγεθών, αποτελεί ο *ορισμός* του οικονομετρικού μοντέλου. Αφενός, το μοντέλο θα πρέπει να είναι ορισμένο έτσι ώστε να αποτυπώνει τη σχέση αιτίας – αιτιατού μεταξύ των μεγεθών με βάση τη θεωρία ή λογική επαγωγή. Αφετέρου, το μοντέλο θα πρέπει να είναι ορισμένο έτσι ώστε τα δεδομένα να υπακούουν σε συγκεκριμένους στατιστικούς κανόνες. Σε διαφορετική περίπτωση οι εκτιμήσεις δε θα είναι αμερόληπτες και συνεπώς δε θα αποτυπώνουν τη σχέση αιτίας- αιτιατού με ορθό τρόπο.

Μια δεύτερη σημαντική παράμετρος είναι η χρήση της *κατάλληλης στατιστικής μεθόδου*. Για παράδειγμα, εάν η αιτιακή σχέση δύο μεγεθών είναι μονομερής ή αμφίδρομη, ή αν χρειάζεται η εξέταση των αιτιακών σχέσεων πολλών μεταβλητών ταυτόχρονα. Και σε

αυτή τη περίπτωση, μια λανθασμένη επιλογή μπορεί να οδηγήσει σε παραπλανητικά αποτελέσματα για τις σχέσεις μεταξύ των μεγεθών.

Τέλος, μια τρίτη παράμετρος που καθορίζει ένα οικονομετρικό μοντέλο, είναι η επιλογή των εμπειρικών δεδομένων. Οι στατιστικές παρατηρήσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- *Χρονολογικές σειρές (time series data)*: Διαχρονικές παρατηρήσεις για μια σειρά ετών, μηνών κτλ για το υπό εξέταση μέγεθος.
- *Διαστρωματικά στοιχεία (cross-sectional data)*: Παρατηρήσεις για έναν αριθμό μεγεθών για μια χρονική στιγμή.
- *Διαστρωματικά στοιχεία με χρονολογική σειρά (panel data)*: Διαχρονικές παρατηρήσεις για ένα διαφορετικό πλήθος μεγεθών.

Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας χρησιμοποιούνται δεδομένα τύπου *panel*. Στην ενότητα 4.7, παρουσιάζονται οι στατιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής, καθώς και οι αντίστοιχοι στατιστικοί έλεγχοι των δεδομένων, οι οποίοι είναι απαραίτητοι για τη διασφάλιση της αμεροληψίας των αποτελεσμάτων.

#### 4.7.1 Μοντέλο γραμμικής πολλαπλής παλινδρόμησης (multiple linear regression)

Η ανάλυση παλινδρόμησης (regression) είναι η στατιστική μέθοδος που προσπαθεί να ερμηνεύσει και να ποσοτικοποιήσει τις μεταβολές μιας μεταβλητής (εξαρτημένη) σε σχέση με τις μεταβολές άλλων μεταβλητών (ανεξάρτητες). Για τη περίπτωση της γραμμικής παλινδρόμησης, η ποσοτικοποίηση αυτή εκφράζεται με μια μαθηματική σχέση της μορφής:

$$y = \beta X + u \quad (4-60)$$

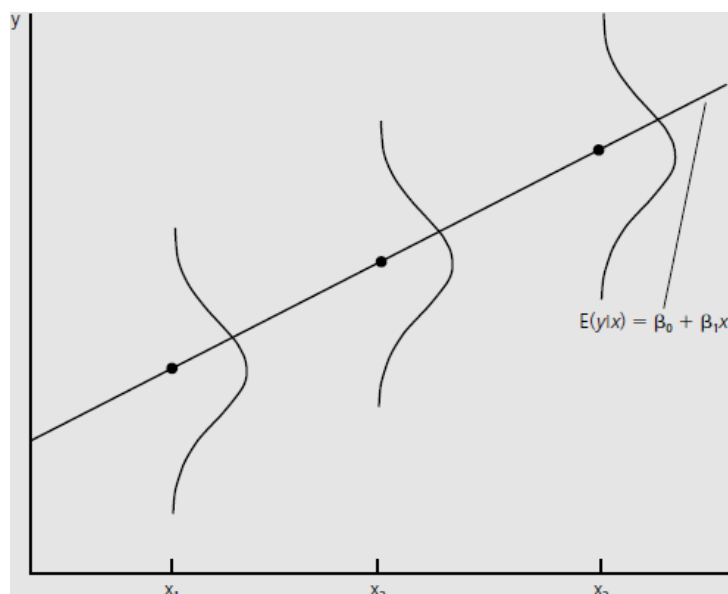
Όπου  $y$  είναι ένα διάνυσμα διαστάσεως  $n \times 1$  των παρατηρήσεων της εξαρτημένης μεταβλητής,  $X$  είναι ένας πίνακας διαστάσεως  $n \times (k+1)$  από  $k$  ανεξάρτητες μεταβλητές κάθε μια από τις οποίες διαθέτει  $n$  παρατηρήσεις και  $\beta$  ένα διάνυσμα από  $(k+1)$  παραμέτρους που αντιστοιχούν στις  $k$  ανεξάρτητες μεταβλητές και στη παράμετρο του σημείου τομής της οικονομετρικής εξίσωσης με τον κατακόρυφο άξονα (*intercept*).

Οι παράμετρος του σημείου τομής σπάνια χρησιμοποιείται στην ερμηνεία της οικονομετρικής εξίσωσης, χρησιμοποιείται όμως όταν θέλουμε να προβλέψουμε τιμές της  $y$ , με βάση την οικονομετρική εξίσωση. Οι υπόλοιπες  $k$  παράμετροι αποτελούν το βασικό μέσο ερμηνείας της σχέσης της μεταβλητής  $y$  (εξαρτημένη) με κάθε μια από τις  $X$  (ανεξάρτητες). Πιο συγκεκριμένα μια παράμετρος  $\beta_i$  της μεταβλητής  $X_i$ , μετρά τη μεταβολή στη  $y$  που οφείλεται στη μεταβολή της  $X_i$  κατά μια μονάδα, θεωρώντας ότι οι υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές  $X$  παραμένουν σταθερές (υπόθεση *ceteris paribus*). Κατ' επέκταση, εκφράζει και τη σχέση αιτίας- αιτιατού (*causality*) μεταξύ των δύο μεταβλητών.

Το  $u$  είναι μια τυχαία μεταβλητή που αντιπροσωπεύει τις ανεξάρτητες μεταβλητές που επιδρούν στην εξαρτημένη μεταβλητή  $y$  αλλά δεν έχουν περιληφθεί στην εξίσωση (π.χ. είτε λόγω κακού ορισμού, είτε γιατί τα εμπειρικά δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα). Το  $u$  ονομάζεται όρος σφάλματος (*error term*) ή διαταρακτικός όρος (*disturbance*) και είναι διαστάσεως  $n \times 1$ .

Η βασική υπόθεση στην ανάλυση παλινδρόμησης είναι ότι η μέση τιμή του διαταρακτικού όρου είναι ασυσχέτιστη με κάθε μια από τις ανεξάρτητες μεταβλητές  $X$ .

Μαθηματικά αυτό εκφράζεται ως  $E(u/X) = E(u) = 0$ . Εφαρμόζοντας αυτή τη σχέση στην (4-60), προκύπτει ότι  $E(y/X) = \beta X$ .



Σχήμα 4-5. Η  $E(y/X)$  είναι γραμμική συνάρτηση του  $X$ .

Συνοπτικά, η ανάλυση παλινδρόμησης είναι στοχαστική και διερευνά την συναρτησιακή σχέση ανάμεσα στις  $X$  και τον μέσο της κατανομής του  $y$  για δεδομένο  $X$  (δεσμευμένος μέσος). Επίσης, προκύπτει ότι υπάρχει μια γραμμική σχέση ανάμεσα στις τιμές του  $X$  και στους δεσμευμένους μέσους του  $y$ . Αυτή η γραμμικότητα σημαίνει ότι αύξηση της  $X$  κατά μία μονάδα αλλάζει την αναμενόμενη τιμή της  $y$  κατά τη ποσότητα  $\beta$ . Επίσης για οποιαδήποτε δεδομένη τιμή της  $X$ , η κατανομή της  $y$  είναι γύρω από το  $E(y/X)$ , δηλαδή η γραμμή παλινδρόμησης περνάει από όλους τους δεσμευμένους μέσους του  $y$ . Γραφικά αυτό αναπαριστάται στο Σχήμα 4-5 (για τη περίπτωση μιας μεταβλητής  $x$ ).

#### 4.7.2 Η μέθοδος συμβατικών ελαχίστων τετραγώνων OLS

Όπως περιγράφεται στην ενότητα 4.4.1 για τα μοντέλα διάχυσης, η μέθοδος των συμβατικών ελαχίστων τετραγώνων (OLS) αποσκοπεί στο να ελαχιστοποιηθεί το άθροισμα της διαφοράς των τετραγώνων μεταξύ των πραγματικών και των εκτιμώμενων τιμών. Στη περίπτωση της οικονομετρικής εξίσωσης (4-60), θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί η απόσταση  $y - X'\hat{\beta}$ , όπου  $X'$  είναι ο ανάστροφος πίνακας του διάνυσματος  $X$  και  $\hat{\beta}$  είναι η εκτιμήτρια (estimator) για το διάνυσμα παραμέτρων  $\beta$ .

Η μέθοδος OLS επιλέγει το  $\hat{\beta}$  κατά τρόπο ώστε να ελαχιστοποιεί τα τετράγωνα των διαφορών ανάμεσα στις πραγματικές και τις εκτιμώμενες τιμές. Δηλαδή:

$$\hat{\beta} = (\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_p) = \underset{\beta}{\operatorname{argmin}} (y - X\beta)'(y - X\beta) \quad (4-61)$$

Με βάση τη παραπάνω εξίσωση, η εκτιμήτρια  $\hat{\beta}$  δίνεται από τη σχέση (4-62) με την προϋπόθεση ότι ο πίνακας  $X'X$  είναι αντιστρέψιμος. Σε διαφορετική περίπτωση, η εκτιμήτρια  $\hat{\beta}$  δε μπορεί να υπολογισθεί.

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'y \quad (4-62)$$

Από την εκτιμήτρια  $\hat{\beta}$  μπορεί να υπολογιστούν οι προβλεπόμενες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής  $y$  και των σφαλμάτων  $u$  ως εξής:

$$\hat{y} = X\hat{\beta} = X(X'X)^{-1}X'y \quad (4-63)$$

$$\hat{u} = y - X\hat{\beta} = y - X(X'X)^{-1}X'y = (I_n - X(X'X)^{-1}X')y \quad (4-64)$$

Τα  $\hat{u}$  ονομάζονται κατάλοιπα της παλινδρόμησης (*residuals*).

#### 4.7.2.1 Αμεροληψία, αποτελεσματικότητα και συνέπεια της εκτιμήτριας των συντελεστών της γραμμικής παλινδρόμησης

Η ορθότητα των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την εκτίμηση των  $\hat{\beta}$  με τη βοήθεια της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων προϋποθέτουν ότι οι εκτιμήσεις είναι αμερόληπτες. Για την αμεροληψία των  $\hat{\beta}$  θα πρέπει να ισχύουν οι ακόλουθες υποθέσεις:

**OLS1.** Γραμμικότητα ως προς τις παραμέτρους (Linear in parameters).

Η σχέση (4-60) πρέπει να είναι γραμμική ως προς τις παραμέτρους. Αντίθετα, δε είναι απαραίτητο να είναι γραμμική ως προς το διάνυσμα των μεταβλητών  $X$ , κάθε μια από τις οποίες μπορεί να συμμετέχει στο μοντέλο σε οποιαδήποτε μη γραμμική μορφή (π.χ.  $\ln(X)$ ,  $1/X$ ,  $X^2$ , κλπ.). Στη περίπτωση που οι παράμετροι  $\beta$  δεν είναι γραμμικές, έχουμε μη γραμμική παλινδρόμηση, όπως για παράδειγμα στα μοντέλα διάχυσης. Η περίπτωση αυτή αντιμετωπίζεται με άλλες μεθόδους (π.χ. μη γραμμικά ελάχιστα τετράγωνα (NLS) στην ενότητα 4.4)

**OLS2.** Τυχαία δειγματοληψία (Random sampling).

Λαμβάνεται ένα τυχαίο δείγμα μεγέθους  $n$ ,  $\{(y_i, x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}) : i=1, 2, \dots, n\}$  της εξωγενειας από τον πληθυσμό.

**OLS3.** Αυστηρή εξωγένεια (Exogeneity).

Η τυχαία μεταβλητή των σφαλμάτων  $u$ , έχει μέση τιμή μηδέν, όποιες και αν είναι οι τιμές των ανεξάρτητων ερμηνευτικών μεταβλητών,  $X_i$ , δηλαδή,  $E(u/x_1, x_2, \dots, x_k) = 0$ .

Η υπόθεση αυτή είναι πολύ σημαντική, καθώς πάνω σε αυτή στηρίχτηκε και η εκτίμηση των  $\beta$ . Η υπόθεση αυτή παραβιάζεται σε περίπτωση που οποιαδήποτε από τις μεταβλητές  $X_i$  παρουσιάζει συσχέτιση με το σφάλμα  $u$ . Μια τέτοια μεταβλητή  $X_i$  ονομάζεται ενδογενής μεταβλητή (endogenous variable). Αντίθετα, εάν η  $X_i$  είναι ανεξάρτητη του σφάλματος λέγεται εξωγενής μεταβλητή (exogenous variable). Συνεπώς, η υπόθεση αυτή προϋποθέτει αυστηρή εξωγένεια.

Η υπόθεση της εξωγένειας παραβιάζεται και στις ακόλουθες περιπτώσεις. Αφενός, όταν η εξαρτημένη μεταβλητή προσδιορίζεται ταυτόχρονα με κάποια από τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Αφετέρου, στη περίπτωση που κάποια σημαντική μεταβλητή (δηλαδή μεταβλητή που ασκεί ισχυρή επίδραση στην εξαρτημένη μεταβλητή) παραληφθεί από το μοντέλο.

**OLS4.** Δεν υπάρχει τέλεια συγγραμμικότητα (perfect collinearity).

Στο δείγμα (και συνεπώς και στο πληθυσμό) καμιά από τις ανεξάρτητες μεταβλητές δεν είναι σταθερή και δεν υπάρχει τέλεια γραμμική σχέση μεταξύ δύο οποιοδήποτε ανεξάρτητων μεταβλητών.

**OLS5.** Ομοσκεδαστικότητα σφαλμάτων.

Υποθέτουμε ότι η διακύμανση των σφαλμάτων δεδομένου των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_i$  είναι ίδια για όλους τους συνδυασμούς τιμών των ερμηνευτικών μεταβλητών δηλαδή,  $Var(u/x_1, x_2, \dots, x_k) = \sigma^2$ . Αν η υπόθεση αυτή αποτύχει, τότε τα σφάλματα είναι ετεροσκεδαστικά (heteroscedastic).

**OLS5'.** Δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των σφαλμάτων δύο διαφορετικών χρονικών περιόδων (*serial correlation*).

Ένας ευρύτερος ορισμός της OLS5 προϋποθέτει ότι και μεταξύ των διαφόρων τιμών του όρου σφάλματος δεν υπάρχει συσχέτιση ή όπως αλλιώς λέγεται δεν υπάρχει *αυτοσυσχέτιση* (*autocorrelation*), δηλαδή  $cov(u_i u_j / X) = 0, i \neq j$ .

Στη περίπτωση χρονολογικών σειρών είναι πολύ συνηθισμένο το σφάλμα μιας χρονικής περιόδου να είναι συσχετισμένο με το σφάλμα της προηγούμενης χρονικής περιόδου, καθώς στη χρονική ακολουθία τα δεδομένα ανατακλούν την τάση της πορείας ενός μεγέθους. Το ίδιο συμβαίνει και αν έχουμε δεδομένα panel, όπου έχουμε χρονολογικές σειρές σε διαστρωματικά δεδομένα. Στη περίπτωση αυτή, τα σφάλματα είναι χρονικά συσχετισμένα ή αυτοσυσχετισμένα και η εκτιμήτρια των ελαχίστων τετραγώνων δεν είναι αποτελεσματική.

**OLS6.** Κανονική κατανομή των σφαλμάτων.

Ο πληθυσμός των σφαλμάτων ακολουθεί τη κανονική κατανομή με μέση τιμή 0 και διασπορά (Variance)  $Var(u/x_1, x_2, \dots, x_k) = \sigma^2$ . Δηλαδή  $u \sim N(0, \sigma^2)$ . Με βάση την υπόθεση αυτή συμπεραίνεται ότι και η κατανομή της εκτιμήτριας  $\hat{\beta}$ , ακολουθεί τη κανονική κατανομή  $\hat{\beta}_j \sim N(\beta_j, \sigma^2)$ .

Οι υποθέσεις OLS1-OLS6, αποτελούν τις κλασσικές υποθέσεις των γραμμικών μοντέλων.

**Αμεροληψία** (Unbiasedness) εκτιμήτριας  $\hat{\beta}$ : Κάτω από τις υποθέσεις OLS1-OLS4, αποδεικνύεται ότι η εκτιμήτρια  $\hat{\beta}$  είναι αμερόληπτη. Δηλαδή ισχύει  $E(\hat{\beta}_j) = \beta_j, j = 1, 2, \dots, k$

**Αποτελεσματικότητα** (Efficiency) εκτιμήτριας  $\hat{\beta}$ : Χρησιμοποιώντας τις υποθέσεις OLS1-OLS5, μπορεί να αποδειχθεί ότι η εκτιμήτρια  $\hat{\beta}$  είναι αμερόληπτη εκτιμήτρια με τη μικρότερη διακύμανση (μεταξύ όλων των άλλων αμερόληπτων εκτιμητριών).

Η αποτελεσματικότητα της  $\hat{\beta}$ , κάτω από τις υποθέσεις OLS1-OLS5, είναι γνωστή και ως θεώρημα Gauss-Markov. Σύμφωνα με το θεώρημα Gauss-Markov η εκτιμήτρια ελαχίστων τετραγώνων  $\hat{\beta}$  είναι η καλύτερη, γραμμική και αμερόληπτη εκτιμήτρια του διανύσματος των παραμέτρων της παλινδρόμησης (Best Linear Unbiased Estimator – BLUE).

**Συνέπεια** (Consistency) εκτιμήτριας  $\hat{\beta}$ : Κάτω από τις υποθέσεις OLS1-OLS4, η εκτιμήτρια ελαχίστων τετραγώνων  $\hat{\beta}$  των παραμέτρων  $\beta$  του πληθυσμού είναι συνεπής, δηλαδή η κατανομή της  $\hat{\beta}$  πυκνώνει γύρω από την τιμή της  $\beta$ , καθώς το μέγεθος του δείγματος  $n$  αυξάνει. Καθώς το  $n$  τείνει στο άπειρο, η τιμή της εκτιμήτριας  $\hat{\beta}$  τείνει στην τιμή της  $\beta$ .

$$plim \hat{\beta} = \beta \Leftrightarrow \hat{\beta} \xrightarrow{p} \beta \quad (4-65)$$

#### 4.7.3 Μοντέλα με δεδομένα Panel

Τα δεδομένα panel αναφέρονται σε χρονολογικές σειρές των ίδιων διαστρωματικών δεδομένων, π.χ. η μεταβολή των τιμών ενός χαρακτηριστικού μια χώρας σε ένα χρονικό εύρος πέντε ετών, για τις ίδιες 50 χώρες. Η γενική μορφή ενός τέτοιου μοντέλου είναι:

$$y_{it} = x_{it}\beta + c_i + u_{it}, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (4-66)$$

Όπου  $y_{it}$  είναι η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής για τον τομέα  $i$  και το χρονικό σημείο  $t$ . Το  $x_{it}$  είναι ένα διάνυσμα  $1 \times K$ , με  $K$  τον αριθμό των ανεξάρτητων ερμηνευτικών μεταβλητών. Οι αντίστοιχες παράμετροι των ερμηνευτικών μεταβλητών αντιστοιχούν στο διάνυσμα  $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_K)$ . Οι ερμηνευτικές μεταβλητές μπορούν να μεταβάλλονται χρονικά ή/και ανά τομέα. Στο μοντέλο αποτυπώνεται το γεγονός ότι στα δεδομένα panel

η ανάλυση παλινδρόμησης αποδίδεται όχι μόνο σε διαστρωματικό ( $i$ ) αλλά και σε χρονικό επίπεδο ( $t$ ).

Παρατηρούμε ότι εκτός από το γνωστό σφάλμα της εξίσωσης  $u_{it}$ , προστίθεται και όρος  $c_i$ . Στα δεδομένα panel, αποδίδονται δύο τύποι στατιστικών λαθών. Ο πρώτος τύπος είναι το σφάλμα διαστρωματικής επίδρασης  $c_i$  το οποίο αντιστοιχεί σε όλους τους μη παρατηρήσιμους, σταθερούς στο χρόνο παράγοντες που οφείλονται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε τομέα και που επιδρούν στην εξαρτημένη μεταβλητή  $y_{it}$ . Για το λόγο αυτό ο όρος  $c_i$  ονομάζεται και μη παρατηρούμενη επίδραση (unobserved effect) και μη παρατηρούμενη ετερογένεια (unobserved heterogeneity). Το δεύτερο σφάλμα είναι το ιδιοσυγκρασιακό σφάλμα (idiosyncratic error), ή idiosyncratic disturbance που είναι το χρονικά μεταβαλλόμενο σφάλμα  $u_{it}$  της εξίσωσης που αντιπροσωπεύει τους απαρατήρητους παράγοντες που μεταβάλλονται τόσο χρονικά, όσο και διαστρωματικά.

Τα δεδομένα τύπου panel, αν και είναι αρκετά πιο περίπλοκα στη στατιστική ανάλυσή τους, χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο σε εμπειρικές έρευνες, καθώς προσφέρουν μια σειρά από πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση μόνο διαστρωματικών δεδομένων, ή μόνο χρονολογικών σειρών:

- Το κυριότερο πλεονέκτημά τους είναι ότι μπορεί να ελεγχθεί η ετερογένεια μεταξύ των διαστρωματικών δεδομένων (μέσω του όρου της μη παρατηρούμενης ετερογένειας  $c_i$ ). Χωρίς τον έλεγχο της ετερογένειας υπάρχει κίνδυνος για μη αμερόληπτες εκτιμήσεις [164, 165].
- Τα δεδομένα panel, μπορούν να μετρήσουν επιδράσεις που δε θα μπορούσαν να εκτιμηθούν με τα άλλου τύπου δεδομένα, π.χ. τη μεταβολή του ποσοστού των ανέργων σε διαφορετικές χώρες, μέσα σε δύο έτη, κ.λ.π. Για το λόγο αυτό επιτρέπει την εκτίμηση πιο περίπλοκων συμπεριφορών των δεδομένων, που αποτελούν σημαντική πληροφορία για τη χάραξη στρατηγικής και λήψης αποφάσεων [164, 165].
- Τα δεδομένα panel, λόγω του συνδυασμού χρόνου-τομέα, προσφέρουν μεγαλύτερη πληροφόρηση για τη συμπεριφορά και τις μεταβολές των δεδομένων διαφορετικών τομέων μέσα στο βάθος χρόνου, από ότι θα έδινε η πληροφορία για ένα μόνο έτος [164, 165].
- Ένα συνηθισμένο πρόβλημα των χρονοσειρών είναι η συγγραμικότητα μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Το πρόβλημα αυτό αμβλύνεται με τα δεδομένα panel, καθώς η ύπαρξη των διαστρωματικών δεδομένων προσφέρει μεγαλύτερη διακύμανση [164, 165].
- Στα δεδομένα panel η μεγαλύτερη διακύμανση επιπλέον αντιστοιχεί σε περισσότερους βαθμούς ελευθερίας και συνεπώς αποτελεσματικότητα στις εκτιμήσεις [164, 165].

Στη περίπτωση των panel, ισχύουν οι βασικές υποθέσεις OLS1- OLS6, με τη διαφορά ότι θα πρέπει επιπλέον να ληφθεί υπόψη και ο όρος της μη παρατηρούμενης ετερογένειας. Πιο συγκεκριμένα οι υποθέσεις μετατρέπονται ως εξής:

**POLS1.** Γραμμικότητα ως προς τις παραμέτρους.

**POLS2.** Λαμβάνεται τυχαίο δείγμα στο διαστρωματικό επίπεδο.

**POLS3.** Ανεξαρτησία των σφαλμάτων από τις ερμηνευτικές μεταβλητές και τον όρο  $c_i$ :  
 $E(u_{it}/X_i, c_i) = 0$ .

**POLS4.** Καμιά από τις ανεξάρτητες μεταβλητές δεν είναι σταθερή και δεν υπάρχει τέλεια γραμμική σχέση μεταξύ δύο οποιωνδήποτε ανεξάρτητων μεταβλητών.



Κάτω από τις συνθήκες POLS1- POLS4, η εκτιμήτρια ελαχίστων τετραγώνων είναι αμερόληπτη και συνεπής καθώς το μέγεθος του δείγματος  $N$  τείνει στο άπειρο.

**POLS5.** Τα σφάλματα είναι ομοσκεδαστικά με  $Var(u_{it}/X_i, c_i) = Var(u_{it}) = \sigma_u^2, t=1, 2, \dots, T$ .

**POLS6.** Δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των σφαλμάτων δύο διαφορετικών χρονικών περιόδων (*serial correlation*):  $Cov(u_{it}, u_{is}/X_i, c_i) = 0, s \neq t$ . Καθώς στα panel υπάρχει και η χρονική διάσταση, θα πρέπει να εξασφαλιστεί η μη ύπαρξη αυτοσυσχέτισης στα σφάλματα.

Κάτω από τις συνθήκες POLS1- POLS6, η εκτιμήτρια ελαχίστων τετραγώνων είναι αποτελεσματική και σύμφωνα με το θεώρημα Gauss-Markov η καλύτερη, γραμμική και αμερόληπτη εκτιμήτρια του διανύσματος των παραμέτρων της παλινδρόμησης (Best Linear Unbiased Estimator – BLUE).

**POLS7.** Δεδομένου των  $X_i, c_i$  τα σφάλματα  $u_{it}$  είναι ανεξάρτητα και ταυτοτικά (identically) κατανομημένα και ακολουθούν τη κανονική κατανομή με μέση τιμή 0 και διασπορά  $\sigma_u^2$ . Δηλαδή  $u \sim N(0, \sigma_u^2)$ .

Το σημαντικότερο στοιχείο των δεδομένων panel, είναι ο έλεγχος της ύπαρξης μη παρατηρούμενων στοιχείων ετερογένειας στο διαστρωματικό επίπεδο, μέσω του όρου  $c_i$ . Πιο συγκεκριμένα ο όρος  $c_i$  αντιμετωπίζεται ως τυχαία μεταβλητή. Τα μοντέλα με δεδομένα panel, χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Σε αυτά που επιτρέπουν συσχέτιση μεταξύ των ερμηνευτικών μεταβλητών  $X_i$  και τον όρο  $c_i$  οπότε ονομάζονται μοντέλα **fixed effect** και αυτά που θεωρούν ότι η διαστρωματική επίδραση  $c_i$  είναι ανεξάρτητη των μεταβλητών  $X_i$  και ονομάζονται μοντέλα **random effect**.

Στη περίπτωση ενός μοντέλου random effect, στις παραπάνω υποθέσεις POLS1-7 προστίθεται και η υπόθεση **POLS8** ότι τα  $X_i, c_i$  είναι ανεξάρτητα, δηλαδή  $E(c_i | X_i) = 0$ . Στο μοντέλο random effect η εκτιμήτρια ελαχίστων τετραγώνων δεν είναι αμερόληπτη, είναι όμως συνεπής για μεγάλα  $N$  και η κατανομή της είναι ασυμπτωτικά κανονική.

#### 4.7.4 Στατιστικοί έλεγχοι υποθέσεων

Κατά το προσδιορισμό ενός οικονομετρικού μοντέλου, είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν οι έλεγχοι που θα εξασφαλίζουν τις βασικές υποθέσεις OLS1-6 του κλασσικού γραμμικού μοντέλου, ή POLS1-8 για μοντέλα με δεδομένα panel. Σε περίπτωση που υποθέσεις ισχύουν, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εκτιμήτρια ελαχίστων τετραγώνων, η οποία είναι και η καλύτερη γραμμική και αμερόληπτη εκτιμήτρια (θεώρημα Gauss-Markov). Σε διαφορετική περίπτωση, αναζητούνται άλλες εκτιμήτριες ή μέθοδοι επίλυσης, όπως περιγράφεται στις ενότητες 4.7.5-4.7.8.

**Συντελεστής συσχέτισης (correlation coefficient).** Οι ερμηνευτικές μεταβλητές  $X_i$  του οικονομετρικού μοντέλου θα πρέπει να είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με τον συντελεστή γραμμικής συσχέτισης ( $r$ ), ή αλλιώς συντελεστή συσχέτισης Pearson. Ο συντελεστής εξετάζει το βαθμό συσχέτισης μεταξύ δύο μεταβλητών. Με βάση αυτές τις συσχετίσεις, μπορούμε να επιλέξουμε τις ερμηνευτικές μεταβλητές  $X_i$  του μοντέλου. Σύμφωνα με τον Kennedy[166] ο συντελεστής θα πρέπει να είναι μικρότερος του 80%, για να μπορούν και οι δύο μεταβλητές να συμπεριληφθούν στο μοντέλο.

Ορίζεται με βάση ένα δείγμα  $N$  ζευγών παρατηρήσεων  $x_i$  και  $y_i$  ( $i=1,2,\dots,N$ ) και δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4-67)$$

όπου  $\bar{x}, \bar{y}$  είναι ο μέσος των  $X$  και  $Y$  αντίστοιχα και  $N$  είναι το πλήθος των παρατηρήσεων ( $i=1,2,\dots,N$ ). Ο συντελεστής συσχέτισης είναι καθαρός αριθμός, δηλαδή δεν εκφράζεται σε συγκεκριμένες μονάδες μέτρησης επομένως είναι ανεξάρτητος των χρησιμοποιούμενων μονάδων μέτρησης των μεταβλητών  $X$  και  $Y$ . Παίρνει τιμές στο διάστημα  $-1, 1$  και ισχύει ότι:

- για  $0 < r < +1$ : οι  $X, Y$  είναι θετικά γραμμικά συσχετισμένες.
- για  $-1 < r < 0$ : οι  $X, Y$  είναι αρνητικά γραμμικά συσχετισμένες.
- για  $r = \pm 1$ : υπάρχει τέλεια γραμμική συσχέτιση.
- για  $r = 0$ : δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών

**Στατιστικός έλεγχος Hausman.** Στη περίπτωση που έχουμε δεδομένα panel, χρησιμοποιείται το στατιστικό τεστ που προσδιορίζει εάν θα χρησιμοποιηθεί μοντέλο fixed, ή random effects. Η βασική διαφορά μεταξύ των δύο μοντέλων είναι το κατά πόσο ο όρος της ετερογένειας  $c_i$  είναι ανεξάρτητος των ερμηνευτικών μεταβλητών  $x_{it}$ . Το στατιστικό τεστ στηρίζεται στη διαφορά μεταξύ των εκτιμήσεων των δύο μοντέλων και προτάθηκε από τον Hausman [167].

Το γεγονός ότι όταν τα  $c_i$  και  $x_{it}$  είναι συσχετισμένα, η εκτιμήτρια fixed effects (FE) είναι συνεπής, ενώ η εκτιμήτρια random effects (RE) όχι, σημαίνει ότι μια στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο εκτιμητριών είναι απόδειξη κατά της εκτιμήτριας random effects.

Το τεστ λαμβάνει υπόψη ότι ισχύουν οι υποθέσεις POLS1-6 και συγκρίνει την συνεπή εκτιμήτρια  $\beta_{FE}$ , με την εκτιμήτρια  $\beta_{RE}$  που ελέγχεται για την συνέπειά της. Η μηδενική υπόθεση  $H_0$  είναι ότι δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των δύο εκτιμητριών, και άρα και η εκτιμήτρια  $\beta_{RE}$  είναι αποτελεσματική και συνεπής. Ο έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης δίνεται από τη σχέση:

$$H_0 = (\beta_{FE} - \beta_{RE})' (V_{FE} - V_{RE})^{-1} (\beta_{FE} - \beta_{RE}) \quad (4-68)$$

Όπου  $\beta_{FE}$  είναι το διάνυσμα των παραμέτρων της συνεπούς εκτιμήτριας fixed effects,  $\beta_{RE}$  το διάνυσμα των παραμέτρων της αποτελεσματικής εκτιμήτριας random effects,  $V_{FE}$  ο πίνακας συνδιακύμανσης της συνεπούς εκτιμήτριας, και  $V_{RE}$  ο πίνακας συνδιακύμανσης της αποτελεσματικής εκτιμήτριας. Το τεστ ακολουθεί τη κατανομή  $\chi^2$ . Εάν απορριφθεί η μηδενική υπόθεση, σημαίνει ότι η εκτιμήτρια  $\beta_{RE}$  δεν είναι συνεπής και άρα θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η εκτιμήτρια  $\beta_{FE}$ . Διαφορετικά, αν δηλαδή δεχτούμε την  $H_0$ , είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί η εκτιμήτρια  $\beta_{RE}$ , η οποία είναι πιο αποτελεσματική.

**Στατιστικός έλεγχος υπόθεσης OLS3/POLS3.** Ο βασικότερος έλεγχος είναι αυτός της αυστηρής εξωγένειας, δηλαδή ελέγχεται εάν ισχύει η υπόθεση OLS3/POLS3. Όπως είδαμε στη προηγούμενη ενότητα, εάν δεν ισχύει αυτή η υπόθεση τότε η εκτιμήτρια ελαχίστων τετραγώνων δεν είναι αμερόληπτη. Συνεπώς για να είναι σωστά ορισμένο το μοντέλο, θα πρέπει καταρχήν τα σφάλματα  $u_i$  να είναι ανεξάρτητα των ερμηνευτικών μεταβλητών  $X_i$ .

Η λογική αυτού του τεστ στηρίζεται στη λογική του Hausman τεστ [167], που χρησιμοποιείται και για την επιλογή μεταξύ των μοντέλων fixed και random effects. Το

στατιστικό τεστ προτάθηκε αρχικά από τον Durbin[168] και στη συνέχεια από τους Hausman[167] και Wu[169]. Γι αυτό και ονομάστηκε στατιστική των Durbin-Wu-Hausman.

Πιο συγκεκριμένα, το τεστ δεν αναγνωρίζει απευθείας εάν μια μεταβλητή είναι συσχετισμένη με τον όρο σφάλματος, αλλά θεωρεί δύο διαφορετικές εκτιμήτριες και συγκρίνει τη διαφορά τους. Η πρώτη εκτιμήτρια είναι η εκτιμήτρια των ελαχίστων τετραγώνων  $\beta_{OLS}$  που υποθέτει ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των σφαλμάτων και ανεξάρτητων μεταβλητών (POLS3). Έτσι είναι συνεπής και αποτελεσματική κάτω από τις υποθέσεις POLS1-6.

Σε περίπτωση που υπάρχει ενδογένεια κάποιων ερμηνευτικών μεταβλητών, τότε χρησιμοποιούνται βοηθητικές μεταβλητές (Instrumental Variables – IV) με τη βοήθεια των οποίων έχουμε έμμεση εκτίμηση των παραμέτρων των ενδογενών μεταβλητών. Για τις IV χρησιμοποιείται η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων δύο φάσεων (2SLS) που περιγράφεται στην ενότητα 4.7.6. Έτσι η δεύτερη εκτιμήτρια που χρησιμοποιείται είναι η εκτιμήτρια με βοηθητικές μεταβλητές  $\beta_{IV}$ , η οποία είναι συνεπής, αλλά όχι αποτελεσματική. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των δύο εκτιμητριών, και άρα είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί η εκτιμήτρια  $\beta_{OLS}$  που είναι αποτελεσματική και συνεπής. Διαφορετικά (απόρριψη της  $H_0$ ), χρησιμοποιείται η εκτιμήτρια με βοηθητικές μεταβλητές που είναι συνεπής. Το τεστ ακολουθεί τη κατανομή  $\chi^2$  με  $k$  βαθμούς ελευθερίας, όπου  $k$  είναι ο αριθμός των ενδογενών μεταβλητών.

Κατά αναλογία με την στατιστική που δίνεται από την (4-68), η στατιστική ενδογένειας έχει τη μορφή:

$$H_0 = n(\beta_{IV} - \beta_{OLS})'(V_{IV} - V_{OLS})^{-1}(\beta_{IV} - \beta_{OLS}) = n(\beta_{IV} - \beta_{OLS})'D^{-1}(\beta_{IV} - \beta_{OLS}) \quad (4-69)$$

Όπου  $\beta_{IV}$  είναι το διάνυσμα των παραμέτρων της συνεπούς εκτιμήτριας βοηθητικών μεταβλητών IV,  $\beta_{OLS}$  το διάνυσμα των παραμέτρων της αποτελεσματικής εκτιμήτριας OLS,  $V_{IV}$  και  $V_{OLS}$  είναι συνεπείς εκτιμήσεις των ασυμπτωτικών πινάκων συνδιακύμανσης των εκτιμητριών OLS και IV.

Ο πίνακας ασυμπτωτικών συνδιακυμάνσεων για τη περίπτωση βοηθητικών μεταβλητών, δίνεται από την (4-70), όπου  $X$  είναι όλες οι εξωγενείς μεταβλητές και  $Z$  οι βοηθητικές.

$$V(\widehat{\beta}_{IV}) = \widehat{\sigma}_{IV}^2 (X'Z(Z'Z)^{-1}Z'X)^{-1} = \widehat{\sigma}_{IV}^2 (X'P_ZX)^{-1} \quad (4-70)$$

$$V(\widehat{\beta}_{OLS}) = \widehat{\sigma}_{OLS}^2 (X'X)^{-1} \quad (4-71)$$

Ανάλογα με τον τρόπο εκτίμησης του  $\sigma^2$ , ο πίνακας  $D$  της (4-69) παίρνει τις ακόλουθες μορφές:

$$D = \widehat{\sigma}_{OLS}^2 ((X'P_ZX)^{-1} - (X'X)^{-1}) \quad (4-72)$$

$$D = \widehat{\sigma}_{IV}^2 ((X'P_ZX)^{-1} - (X'X)^{-1}) \quad (4-73)$$

Η πρώτη περίπτωση (4-72) προτάθηκε από τον Durbin και αργότερα από τον Wu (T4 στατιστική) και Hausman, ενώ η δεύτερη (4-73) από τον Wu (T3 στατιστική) και Hausman. Αν και οι δύο στατιστικές είναι συνεπείς κάτω από τη μηδενική υπόθεση, η στατιστική (4-72) είναι πιο αποτελεσματική και έχει καλύτερη απόδοση όταν οι βοηθητικές μεταβλητές είναι ασθενείς [170].

### Στατιστικός έλεγχος υπόθεσης ομοσκεδαστικότητας σφαλμάτων (POLS5/OLS5).

Για τον έλεγχο της ομοσκεδαστικότητας, έχουν αναπτυχθεί αρκετές αποτελεσματικές στατιστικές [171, 172], όπως των (i) White, (ii) Goldfeld-Quandt, (iii) Breusch and Pagan Lagrange Multiplier (LM), με το τελευταίο να χρησιμοποιείται εκτενέστερα.

- Το Breusch and Pagan LM τεστ [173] δίνεται από τη σχέση  $LM=nR^2$ , όπου το  $R^2$  είναι ο συντελεστής αποφασιστικότητας που προκύπτει από την παλινδρόμηση της εξίσωσης:

$$\widehat{u}^2 = \delta_0 + \delta_1 x_1 + \dots + \delta_k x_k + error \quad (4-74)$$

και  $u^2$  είναι τα κατάλοιπα της παλινδρόμησης της εξίσωσης στην οποία ελέγχεται η ομοσκεδαστικότητα. Κάτω από τη μηδενική υπόθεση της ομοσκεδαστικότητας, η κατανομή της στατιστικής  $LM$  ακολουθεί ασυμπτωτικά την κατανομή  $\chi^2$  με  $k$  βαθμούς ελευθερίας. Συνεπώς μπορεί να υπολογισθεί η πιθανότητα  $p$  να ισχύει η  $H_0$ . Σε περίπτωση απόρριψης της  $H_0$  τα σφάλματα είναι ετεροσκεδαστικά.

- Στη περίπτωση που έχουμε δεδομένα panel, είναι δυνατό να ελεγχθεί η ετεροσκεδαστικότητα σε επίπεδο διαστρωματικό (groupwise heteroscedasticity). Ο έλεγχος γίνεται με το στατιστικό τεστ του Wald, όπως τροποποιήθηκε από τον Greene [171]. Πιο συγκεκριμένα η στατιστική Wald που ελέγχει τη μηδενική υπόθεση της ομοσκεδαστικότητας (κοινή διασπορά  $\sigma^2$ ), δίνεται από τη σχέση:

$$W = \sum_{i=1}^n \frac{(\widehat{\sigma}_i^2 - \sigma^2)^2}{Var[\sigma_i^2]} \quad (4-75)$$

Η στατιστική ασυμπτωτικά ακολουθεί την κατανομή  $\chi^2$  με  $n$  βαθμούς ελευθερίας, όπου  $n$  είναι ο αριθμός των ομάδων ( $i=1, 2, \dots, n$ ) και  $T$  ο αριθμός των χρονικών περιόδων ( $t=1, 2, \dots, T$ ). Το τροποποιημένο στατιστικό τεστ του Greene δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$W = \sum_{i=1}^n \frac{(\widehat{\sigma}_i^2 - \sigma^2)^2}{f_{ii}} \quad (4-76)$$

όπου

$$f_{ii} = \frac{1}{T} \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (u_{it}^2 - \widehat{\sigma}_i^2)^2 \quad \text{και} \quad \widehat{\sigma}_i^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T u_{it}^2$$

### Στατιστικός έλεγχος υπόθεσης για σειριακή συσχέτιση (POLS6)

Όπως και στη περίπτωση της ετεροσκεδαστικότητας, υπάρχουν διάφορα τεστ για τον έλεγχο της αυτοσυσχέτισης. Στη παρούσα ενότητα παρουσιάζεται ο έλεγχος του Wooldridge [174] ο οποίος χρησιμοποιείται κυρίως για τη περίπτωση δεδομένων panel, καθώς το αποτέλεσμα της στατιστικής δεν επηρεάζεται από την ύπαρξη του όρου της ετερογένειας των δεδομένων panel. Συνοπτικά το τεστ ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

Αρχικά θεωρείται το μοντέλο δεδομένων panel της (4-66). Παίρνοντας τη διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών χρονικών περιόδων  $t, t-1$  έχουμε:

$$\Delta y_{it} = \Delta x_{it} \beta + \Delta u_{it}, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (4-77)$$

Παρατηρούμε ότι στη (4-77) δεν υπάρχει μεταβλητή ανεξάρτητη του χρόνου ή ο όρος ετερογένειας. Στη συνέχεια με παλινδρόμηση της (4-77) γίνεται εκτίμηση των καταλοίπων  $\widehat{e}_{it}$ ,  $e_{it} = \Delta u_{it}$ . Η στατιστική Wooldridge στηρίζεται στο γεγονός ότι εάν τα  $u_{it}$  δεν είναι σειριακά συσχετισμένα, τότε η συσχέτιση  $Corr(e_{it}, e_{it-1}) = -.5$  (αποδεικνύεται από τον Wooldridge) Συνεπώς ο έλεγχος περιλαμβάνει τη παλινδρόμηση των  $\widehat{e}_{it}$  ως προς τις  $\widehat{e}_{it-1}$  και ελέγχει τη πιθανότητα η εκτιμώμενη παράμετρος είναι ίση με  $-.5$ .

#### 4.7.5 Η μέθοδος εφικτών γενικευμένων ελαχίστων τετραγώνων FGLS

Αν και οι υποθέσεις POLS1-4 αρκούν για την αμεροληψία της εκτιμήτριας ελαχίστων τετραγώνων  $\widehat{\beta}$ , οι υποθέσεις POLS5, POLS6 είναι εξίσου σημαντικές για την

αποτελεσματικότητα των εκτιμήσεων. Έτσι αν δεν ισχύουν οι POLS5, POLS6 τα σφάλματα δεν είναι ομοσκεδαστικά και συνεπώς οι εκτιμήτριες των διασπορών  $Var(\hat{\beta}_j)$  δεν είναι αμερόληπτες. Καθώς τα τυπικά σφάλματα (standard errors) εξαρτώνται άμεσα από αυτές τις διασπορές, προκύπτουν μη έγκυρα αποτελέσματα (π.χ. η στατιστική δεν ακολουθεί τη κατανομή  $t$  και τα διαστήματα εμπιστοσύνης (confidence interval) δεν είναι σωστά υπολογισμένα, κλπ.)

Για την επίλυση αυτού του προβλήματος, χρησιμοποιούνται οι εκτιμήτριες γενικευμένων ελαχίστων τετραγώνων (generalized least squares- GLS). Οι εκτιμήτριες αυτές προέρχονται από το μετασχηματισμό των εκτιμητριών ελαχίστων τετραγώνων  $\hat{\beta}$  έτσι ώστε να άρειται η μεροληψία των διασπορών  $Var(\hat{\beta}_j)$ . Από το μετασχηματισμό προκύπτουν εκτιμήτριες που έχουν ασυμπτωτικά την κανονική κατανομή και είναι συνεπείς.

Για παράδειγμα στη περίπτωση ετεροσκεδαστικών σφαλμάτων με διασπορές  $\sigma_i^2$ , μπορούμε χωρίς σφάλμα της γενικότητας να υποθέσουμε ότι  $\sigma_i^2 = Var(u_i/x_i) = \sigma^2 h(x_i) = \sigma^2 h_i$ . Αποδεικνύεται ότι η  $u_i/\sqrt{h_i}$  έχει μέση τιμή μηδέν (δεδομένων των  $x_i$ ) και διασπορά  $\sigma^2$ . Διαιρώντας τη βασική οικονομετρική εξίσωση με τη ποσότητα  $\sqrt{h_i}$  προκύπτει η εξίσωση:

$$y_i^* = \beta_0 x_{i0}^* + \beta_1 x_{i1}^* + \dots + \beta_k x_{ik}^* + u_i^*, \text{ και } x_{ik}^* = 1/\sqrt{h_i} \quad (4-78)$$

Στη περίπτωση αυτή τα σφάλματα  $u_i^*$ , ακολουθούν την κανονική κατανομή με διασπορά  $\sigma^2$ , ενώ οι εκτιμήτριες  $Var(\hat{\beta}_i)$  είναι αμερόληπτες. Επομένως, για την εξίσωση (4-78) ικανοποιούνται οι συνθήκες OLS1-6. Οι εκτιμήτριες  $\beta_i$  στην εξίσωση (4-78) είναι οι εκτιμήτριες γενικευμένων ελαχίστων τετραγώνων (GLS). Επειδή η συνάρτηση  $h_i$  συνήθως δεν είναι γνωστή, είναι απαραίτητη η εκτίμησή της  $\hat{h}_i$ . Οι εκτιμήτριες που προκύπτουν σε αυτή τη περίπτωση είναι οι εκτιμήτριες εφικτών γενικευμένων ελαχίστων τετραγώνων (FGLS).

Στη παρούσα διατριβή χρησιμοποιούνται οι εκτιμήτριες εφικτών γενικευμένων ελαχίστων τετραγώνων (FGLS) σε μοντέλα δεδομένων panel. Σε αυτή τη περίπτωση οι εκτιμήτριες FGLS  $\hat{\beta}_{FGLS}$  δίνονται από τη σχέση:

$$\hat{\beta}_{FGLS} = (X' \hat{\Omega}^{-1} X)^{-1} X' \hat{\Omega}^{-1} y \text{ και } \widehat{Var}(\hat{\beta}_{FGLS}) = (X' \hat{\Omega}^{-1} X)^{-1}$$

Όπου  $X$  είναι ο πίνακας των ανεξάρτητων μεταβλητών και  $\Omega$  ο πίνακας συνδιακυμάνσεων, έτσι ώστε  $\Omega = \Sigma \otimes I$  και  $I$  ο μοναδιαίος πίνακας. Ο πίνακας  $\Sigma$  είναι ένας  $n \times n$  πίνακας των  $\sigma_{ij}$ , όπου  $n$  είναι ο αριθμός των ομάδων (groups) στο panel. Καθώς τα  $\sigma_{ij}$  δεν είναι γνωστά χρησιμοποιούνται εκτιμήσεις τους από την συνεπή εκτιμήτρια:

$$\hat{\sigma}_{ij} = \frac{e'_i e_j}{T} \quad (4-79)$$

$T$  είναι το σύνολο των χρονικών περιόδων. Για τον υπολογισμό της εκτιμήτριας  $\beta_{FGLS}$ , χρειάζεται ο αντίστροφος  $\Omega^{-1}$

$$\Omega^{-1} = \Sigma^{-1} \otimes I = \begin{bmatrix} \sigma_{11} I & \dots & \sigma_{1n} I \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} I & \dots & \sigma_{nn} I \end{bmatrix}, \text{ όπου } \hat{\Sigma} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T e_t e'_t = \frac{1}{T} E' E \quad (4-80)$$

$e'_t$  είναι ένα διάνυσμα  $1 \times n$  που περιέχει όλα τα  $n$  κατάλοιπα που αντιστοιχούν στις  $n$  ομάδες του panel σε χρόνο  $t$ , και τοποθετούνται στη  $t$ -ιστή γραμμή του πίνακα των καταλοίπων  $E$ , που είναι διάστασης  $T \times n$ .

Η εκτιμήτρια FGLS είναι συνεπής μόνο εφόσον οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι εξωγενείς (OLS3/POLS3). Σε περίπτωση που αυτό ισχύει και επιπλέον δεν ισχύουν οι συνθήκες ομοσκεδαστικότητας ή/και αυτοσυσχέτισης (OLS5-6/POLS5-6), τότε η

εκτιμήτρια FGLS είναι συνεπής και πιο αποτελεσματική από την εκτιμήτρια OLS, αφού με τους κατάλληλους μετασχηματισμούς ικανοποιεί τις συνθήκες (OLS5-6/POLS5-6).

#### 4.7.6 Η μέθοδος των βοηθητικών μεταβλητών (IV)

Η μέθοδος βοηθητικών μεταβλητών (Instrumental Variables – IV) χρησιμοποιείται όταν δεν ικανοποιείται η βασική υπόθεση της εξωγένειας (OLS3/POLS3). Αυτό μπορεί να οφείλεται σε δύο λόγους. Πρώτον λόγω της παράλειψης μιας στατιστικά σημαντικής ερμηνευτικής μεταβλητής από το μοντέλο, που προκαλεί συσχέτιση των σφαλμάτων με τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Δεύτερον γιατί μια ή περισσότερες από τις ερμηνευτικές μεταβλητές προσδιορίζεται από κοινού με την εξαρτημένη μεταβλητή, συνήθως μέσω ενός μηχανισμού ισορροπίας.

Επιγραμματικά, η μέθοδος στηρίζεται στην χρησιμοποίηση ανεξάρτητων μεταβλητών που δεν είναι ενδογενείς, οι οποίες να μπορούν να προσδιορίσουν κατά το καλύτερο δυνατό τρόπο τις ενδογενείς μεταβλητές. Οι ανεξάρτητες αυτές μεταβλητές ονομάζονται βοηθητικές (Instrumental Variables ή Instruments) και χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των ενδογενών μεταβλητών. Κατά τον τρόπο αυτό, στην αρχική οικονομετρική εξίσωση (4-60) αντικαθίστανται οι ενδογενείς μεταβλητές από τις αντίστοιχες εκτιμήσεις τους, εξαλείφοντας έτσι το πρόβλημα της ενδογένειας.

Η μέθοδος των βοηθητικών μεταβλητών (IV) αποτελεί την πιο δημοφιλή μέθοδο εκτίμησης όταν οι ερμηνευτικές μεταβλητές του υποδείγματος είναι ενδογενείς, δηλαδή όταν συσχετίζονται με τον διαταρακτικό όρο, καθώς δίνει συνεπείς εκτιμήτριες, που κατανέμονται ασυμπτωτικά σύμφωνα με την κανονική κατανομή. Η εκτιμήτρια των βοηθητικών μεταβλητών (εκτιμήτρια IV) ικανοποιεί υπό προϋποθέσεις την ελάχιστη απαίτηση της συνέπειας και βασίζεται σε ένα σύνολο μεταβλητών εκτός των ενδογενών ερμηνευτικών μεταβλητών ή της εξαρτημένης μεταβλητής. Στην κατηγορία των IV εκτιμητριών η πιο «γνωστή» και ευρύτατα χρησιμοποιούμενη εκτιμήτρια είναι αυτή των ελαχίστων τετραγώνων σε δύο στάδια (Two stages least squares TSLS ή 2SLS), όπου είναι και η πιο αποτελεσματική όσο αυξάνεται η συσχέτιση των βοηθητικών μεταβλητών με τις ερμηνευτικές μεταβλητές.

Παρά το ότι η μέθοδος είναι τεχνικά ανεπτυγμένη, βασίζεται στην θεωρητική επιλογή των συγκεκριμένων (βοηθητικών) μεταβλητών η οποία συχνά είναι αρκετά επίπονη, καθώς δεν υπάρχει συγκεκριμένος τρόπος επιλογής τους. Η μέθοδος προϋποθέτει από τη μια ότι οι βοηθητικές μεταβλητές είναι εξωγενείς, δηλαδή δεν συσχετίζονται με το διαταρακτικό όρο και από την άλλη ότι είναι σημαντικές, δηλαδή συσχετίζονται «ισχυρά» με τις ερμηνευτικές μεταβλητές. Η δεύτερη απαίτηση, ωστόσο, δύσκολα ικανοποιείται στην πράξη. Συνήθως οι βοηθητικές μεταβλητές συσχετίζονται «ασθενώς» με τις ενδογενείς ερμηνευτικές μεταβλητές. Το ζήτημα αυτό είναι γνωστό στην βιβλιογραφία, ως το ζήτημα των «ασθενών» βοηθητικών μεταβλητών (weak instruments). Οι Stock, Wright και Yogo [175] επισήμαναν ότι η εύρεση εξωγενών βοηθητικών μεταβλητών είναι μια δύσκολη «διαδικασία» και οι παράγοντες που συμβάλλουν στην εξωγένεια μπορεί την ίδια στιγμή να αποτελούν αιτία για την δημιουργία «ασθενών» βοηθητικών μεταβλητών.

Κάτω από την υπόθεση των ασθενών μεταβλητών οι εκτιμήτριες IV και ειδικότερα η εκτιμήτρια TSLS, δεν είναι αμερόληπτες και μάλιστα μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις η μεροληψία τους να είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη της εκτιμήτριας OLS. Επίσης, η ασυμπτωτική ανάλυση καταρρέει και τα τυπικά σφάλματα των εκτιμητριών είναι και αυτά μεροληπτικά καθιστώντας αναξιόπιστη τη στατιστική επαγωγή.

Η ερευνητική δραστηριότητα όλα αυτά τα χρόνια εστίασε σε όλες τις πτυχές των ασθενών βοηθητικών μεταβλητών. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην εύρεση μέτρων για την ανίχνευση των ασθενών βοηθητικών μεταβλητών. Ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης

ο ορισμός τους από τους Stock και Yogo [176] χρησιμοποιώντας την έννοια της μεροληψίας και της αλλοίωσης μεγέθους. Ερευνητές όπως οι Hahn και Hausman [177, 178] και Staiger και Stock [170] εστίασαν στα προβλήματα που ανακύπτουν όταν οι βοηθητικές μεταβλητές που έχει στη διάθεσή του ο ερευνητής χαρακτηρίζονται ως ασθενείς. Μια άλλη πτυχή του ζητήματος που προσέλκυσε μερίδα ερευνητών αφορά στην εύρεση αξιόπιστων ελέγχων για τη στατιστική επαγωγή, εκτίμηση διαστημάτων εμπιστοσύνης και έλεγχοι στατιστικών υποθέσεων. Τέλος, η εύρεση αξιόπιστων εκτιμητριών και εκτιμητριών με μικρότερη μεροληψία από τον 2SLS, αποτέλεσε και συνεχίζει να αποτελεί την πιο επίπονη και απαιτητική πλευρά του ζητήματος των ασθενών βοηθητικών μεταβλητών.

#### 4.7.6.1 Η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων δύο σταδίων (2SLS)

Η μέθοδος 2SLS προτάθηκε από τον Basman [179]. Έστω το πολυμεταβλητό γραμμικό υπόδειγμα  $y=X\beta+u$  της (4-60), όπου  $X$  είναι ο πίνακας των ανεξάρτητων μεταβλητών, διάστασης  $n \times K$  με  $n$  τον αριθμό των παρατηρήσεων και  $K$  τον αριθμό των ερμηνευτικών μεταβλητών. Υποθέτουμε ότι  $K_1$  μεταβλητές είναι ενδογενείς ( $X_1$ ) και  $K-K_1$  μεταβλητές είναι εξωγενείς ( $X_2$ ). Χρησιμοποιούνται βοηθητικές μεταβλητές ( $Z$ ) πλήθους  $L$ , οι οποίες θα πρέπει να είναι εξωγενείς, δηλαδή  $E(Z_i u_i) = 0$ . Θεωρούνται  $L_1$  βοηθητικές μεταβλητές ( $Z_1$ ) οι οποίες χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν τις  $X_1$  και δε χρησιμοποιούνται στην εξίσωση (excluded instruments). Δηλαδή:

Μεταβλητές εξίσωσης (4-60):  $X = [X_1 \ X_2] = [X_1 \ Z_2] = [\text{Ενδογενείς} \ \text{Εξωγενείς}]$

Βοηθητικές μεταβλητές:  $Z = [Z_1 \ Z_2] = [\text{Εξαιρούμενες (excluded)} \ \text{Περιλαμβανόμενες (included)}]$ .

Για τον προσδιορισμό των  $X_1$  ενδογενών μεταβλητών χρησιμοποιείται η ακόλουθη εξίσωση:

$$X_1 = Z\Pi + v = Z_1\Pi_1 + X_2\Pi_2 + v \quad (4-81)$$

Η εξίσωση (4-60) είναι η δομική εξίσωση του υποδείγματος, ενώ η (4-81) είναι μία «βοηθητική» παλινδρόμηση, η οποία καθιστά τις  $X_1$  και  $Z$  γραμμικά συσχετιζόμενες. Οι παράμετροι  $\Pi_1$  «ελέγχουν» την ποιότητα των βοηθητικών μεταβλητών και εκφράζουν το πώς επηρεάζονται οι ερμηνευτικές από τις βοηθητικές μεταβλητές.

- Οι βοηθητικές μεταβλητές συσχετίζονται με τις ερμηνευτικές μεταβλητές του υποδείγματος αν τουλάχιστον μια από τις παραμέτρους  $\Pi_{1ij}$  είναι μη μηδενική.
- Οι βοηθητικές μεταβλητές ονομάζονται ασθενείς αν όλα τα στοιχεία του  $\Pi_1$  είναι μηδέν ή κοντά στο μηδέν. Αντίθετα όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές του  $\Pi_1$ , τόσο καλύτερα προσεγγίζονται οι ενδογενείς μεταβλητές  $X_1$ .
- Οι ασθενείς βοηθητικές μεταβλητές ερμηνεύουν πολύ μικρό κομμάτι της μεταβλητότητας των τιμών των  $X_1$ , διαφορετικό από αυτό που ερμηνεύεται από τα  $X_2$ .

Για να είναι έγκυρη η μέθοδος θα πρέπει ο αριθμός των εξαιρούμενων βοηθητικών μεταβλητών να είναι τουλάχιστον ίσος με τον αριθμό των ενδογενών μεταβλητών ( $L_1 \geq K_1$ ).

- Εάν  $L_1 = K_1$ , τότε έχουμε ταυτοποίηση (identification)
- Εάν  $L_1 > K_1$ , τότε έχουμε υπερταυτοποίηση (overidentification)
- Εάν  $L_1 < K_1$  τότε έχουμε υποταυτοποίηση (underidentification)

Η μέθοδος χρησιμοποιείται κάτω από τις συνήθεις υποθέσεις των ελαχίστων τετραγώνων εκτός της OLS3/POLS3 η οποία όπως είδαμε δεν ισχύει. Επίσης θεωρούνται οι παρακάτω υποθέσεις:

**SLS1.** Οι βοηθητικές μεταβλητές δεν συσχετίζονται με το διαταρακτικό όρο, δηλαδή  $E(Z_i u_i) = 0$ .

**SLS2.** Οι βοηθητικές μεταβλητές είναι γραμμικά ανεξάρτητες και ισχύει η συνθήκη ταυτοποίησης  $L_1 \geq K_1$ .

**SLS3.** Οι ενδογενείς ερμηνευτικές μεταβλητές συσχετίζονται «ισχυρά» με τις βοηθητικές μεταβλητές. Δηλαδή, οι βοηθητικές μεταβλητές δεν είναι ασθενείς.

Κάτω από τις συνήθεις συνθήκες OLS/POLS 1-2 και τις νέες συνθήκες SLS1-3 η εκτιμήτρια  $\hat{\beta}_{2SLS}$  είναι συνεπής. Εάν επιπλέον ισχύει η συνθήκη ομοσκεδαστικότητας, τότε η εκτιμήτρια 2SLS κατανέμεται ασυμπτωτικά σύμφωνα με την κανονική κατανομή με μέση τιμή  $\beta$  και διασπορά  $V(\hat{\beta}_{2SLS}) = (\sigma^2/n)(Q'_{XZ}Q^{-1}_{ZZ}Q_{XZ})^{-1}$ , με  $Q_{XZ} = E(X'_i Z_i)$ ,  $Q_{ZZ} = E(Z'_i Z_i)$ .

Ο διαταρακτικός όρος  $u$  ακολουθεί τη κανονική κατανομή με μέση τιμή μηδέν και πίνακα συνδιακύμανσης  $\Omega$  τάξης  $n \times n$ . Σε περίπτωση ομοσκεδαστικότητας  $\Omega = \sigma^2 I$ . Σε περίπτωση ετεροσκεδαστικότητας και clustering (δηλαδή υπάρχουν συσχετίσεις ανάμεσα στις ομάδες του panel - clusters), έχουμε αντίστοιχα:

$$\Omega = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \sigma_n^2 \end{bmatrix}, \Omega = \begin{bmatrix} \Sigma_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \Sigma_M \end{bmatrix} \quad (4-82)$$

Όπου  $\Sigma_m$ ,  $m=1, \dots, M$  είναι ο πίνακας συνδιακύμανσης ανάμεσα στα clusters. Για το cluster  $m$  με  $t$  παρατηρήσεις ο πίνακας  $\Sigma_m$  θα είναι τάξης  $t \times t$ . Μηδενική συνδιακύμανση ανάμεσα στις παρατηρήσεις των clusters δίνει τον απλό πίνακα συνδιακύμανσης  $\Omega$ .

Σε περίπτωση που τα σφάλματα είναι ετεροσκεδαστικά, η εκτιμήτρια 2SLS εξακολουθεί να έχει ασυμπτωτικά τη κανονική κατανομή, αλλά τα τυπικά σφάλματα των εκτιμητριών είναι μεροληπτικά και οι στατιστικές  $t$  και  $F$  θα πρέπει να αναπροσαρμοστούν ώστε να δίνουν έγκυρα αποτελέσματα. Ομοίως και για τη περίπτωση της αυτοσυσχέτισης των σφαλμάτων.

Η μέθοδος 2SLS εκτελείται σε δύο στάδια (stages):

- Αρχικά εκτελείται η παλινδρόμηση της εξίσωσης (4-81) για την εκτίμηση όλων των ενδογενών παραμέτρων  $X_1$  μέσω των βοηθητικών μεταβλητών  $Z$ .
- Εκτελείται η παλινδρόμηση της εξίσωσης (4-60), αντικαθιστώντας τις τιμές των ενδογενών μεταβλητών με αυτές που εκτιμήθηκαν στο προηγούμενο στάδιο.

Η εκτιμήτρια 2SLS δίνεται από τη σχέση:

$$\hat{\beta}_{2SLS} = (X' P_Z X)^{-1} X' P_Z Z' \quad (4-83)$$

όπου  $P_Z = Z(Z'Z)^{-1}Z'$ , ο οποίος είναι συμμετρικός ( $P'_Z = P_Z$ ) και ταυτοδύναμος ( $P'_Z P_Z = P_Z$ ).

#### 4.7.6.2 Έλεγχος βοηθητικών μεταβλητών

Για την επιτυχή εφαρμογή της μεθόδου είναι απαραίτητο να επιλεγούν οι κατάλληλες βοηθητικές μεταβλητές, έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες SLS1-3. Σε περίπτωση που κάποια από τις SLS1-3 δεν ικανοποιείται, η εκτιμήτρια SLS είναι ασυνεπής. Για τον έλεγχο των συνθηκών έχουν δημιουργηθεί στατιστικά τεστ ελέγχου.

#### Εξωγένεια βοηθητικών μεταβλητών (SLS1)

Ο έλεγχος της SLS1 γίνεται από τη στατιστική Sargan [180]. Η μηδενική υπόθεση  $H_0$  είναι ότι οι βοηθητικές μεταβλητές είναι ορθογώνιες με το σφάλμα της δομικής εξίσωσης



και σωστά χρησιμοποιούνται ως βοηθητικές μεταβλητές. Η στατιστική δίνεται από τη σχέση:

$$Sargan's\ statistic = \frac{1}{\sigma^2} \hat{u}'Z(Z'Z)^{-1}Z'\hat{u} = \frac{\hat{u}'P_Z\hat{u}}{\hat{u}'\hat{u}/n} \quad (4-84)$$

Κάτω από την  $H_0$ , η στατιστική Sargan ακολουθεί τη κατανομή  $\chi^2$  με  $L-K$  βαθμούς ελευθερίας. Η στατιστική Sargan προϋποθέτει ομοσκεδαστικά και μη αυτοσυσχετιζόμενα σφάλματα. Σε περίπτωση που κάποια από τις δύο αυτές συνθήκες δεν ισχύουν, χρησιμοποιείται η στατιστική  $J$  Hansen [181]. Η στατιστική βασίζεται στη Γενικευμένη Μεθόδο των Ροπών (Generalized Method of Moments- GMM) που αναλύεται στην ενότητα 4.7.7. Όπως και η εκτιμήτρια (IV) αποτελεί μερική περίπτωση της εκτίμησης με τη μέθοδο GMM, η στατιστική Sargan αποτελεί ουσιαστικά μερική περίπτωση της στατιστικής  $J$ , η οποία για τη περίπτωση ετεροσκεδαστικών σφαλμάτων δίνεται από τη σχέση:

$$J(\hat{\beta}_{GMM}) = \hat{u}Z'(Z'\hat{\Omega}Z)^{-1}Z'\hat{u}' \quad (4-85)$$

Η μηδενική υπόθεση είναι ότι οι βοηθητικές μεταβλητές είναι ασυσχέτιστες με το σφάλμα της δομικής εξίσωσης και ότι οι εξαιρούμενες μεταβλητές, ορθώς εξαιρούνται από τη δομική εξίσωση. Όπως και η στατιστική Sargan, η στατιστική  $J$  Hansen ακολουθεί τη κατανομή  $\chi^2$  με  $L-K$  βαθμούς ελευθερίας.

### «Ασθενείς» βοηθητικές μεταβλητές (SLS3)

Ένας άλλος έλεγχος αφορά στην ύπαρξη ασθενών βοηθητικών μεταβλητών (SLS3) και υλοποιείται με τη στατιστική  $F$  που προκύπτει από την παλινδρόμηση των ενδογενών ερμηνευτικών μεταβλητών με τις βοηθητικές μεταβλητές (first stage statistic).

Στην εξίσωση (4-81) η εκτιμήτρια ελαχίστων τετραγώνων είναι  $\Pi_{OLS}=(Z'Z)^{-1}Z'X$  και η ασυμπτωτική κατανομή του είναι η κανονική με μέση τιμή  $\Pi$  και διασπορά  $\sigma^2(Z'Z)^{-1}$ . Κάτω από την μηδενική υπόθεση  $H_0: \Pi=0$  και σύμφωνα με τον ορισμό της  $F$  στατιστικής έχουμε ότι:

$$F = \frac{Y'Z(Z'Z)^{-1}Z'X}{\hat{\sigma}_y^2} \frac{1}{K} \quad (4-86)$$

Οι Stock και Yogo [176] χρησιμοποίησαν την στατιστική για να ελέγξουν τη μηδενική υπόθεση  $H_0$  ότι ο λόγος  $\mu^2/K$  είναι μικρότερος ή ίσος από μια κριτική τιμή, έναντι της εναλλακτικής ότι θα είναι μεγαλύτερος. Θέλησαν με αυτό τον τρόπο να ελέγξουν τον ορισμό που έδωσαν οι ίδιοι για τις βοηθητικές μεταβλητές, με βάση τη μεροληψία και την «αλλοίωση μεγέθους». Η κριτική τιμή για την  $F$  στατιστική λαμβάνεται από την ασυμπτωτική ανάλυση των Staiger και Stock [170], οι οποίοι υποστήριξαν ότι αυτή θα πρέπει να λαμβάνει την τιμή 10. Αν η τιμή της  $F$  είναι μικρότερη ή ίση της τιμής του κατωφλίου, 10, τότε δεν απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση και οι βοηθητικές μεταβλητές χαρακτηρίζονται ως ασθενείς, ενώ στην περίπτωση απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ως ισχυρές.

Όταν έχουμε ένα υπόδειγμα προς εκτίμηση με πολλές ενδογενείς ερμηνευτικές μεταβλητές ο πίνακας των συντελεστών των βοηθητικών μεταβλητών θα έχει διάσταση  $K \times n$  και ο έλεγχος θα βασιστεί σε πίνακα διάστασης  $n \times n$  ανάλογη της  $F$  στατιστικής, η οποία είναι

$$G_T = \frac{\Sigma_w^{-\frac{1}{2}} X'Z(Z'Z)^{-1}Z'X\Sigma_w^{-\frac{1}{2}}}{K} \quad (4-87)$$

όπου,  $\Sigma_w = \frac{X'M_Z X}{T-K}$  και  $M_Z = I - P_Z$

Στην περίπτωση του πολυμεταβλητού υποδείγματος ο συντελεστής συγκέντρωσης (concentration matrix) είναι ένας πίνακας διάστασης  $K \times K$ ,  $\mu^2 = \Sigma_w^{-1/2} P' Z' Z P \Sigma_w^{-1/2}$ . Ο έλεγχος τώρα βασίζεται στις ελάχιστες ιδιοτιμές (eigenvalues) του ο πίνακα  $G_T$ ,  $g_{min} = \min \text{eigenvalue}(G_T)$ , δηλαδή η κρίσιμη τιμή του ελέγχου θα είναι η ελάχιστη ιδιοτιμή της  $G_T$ . Η απόρριψη ή μη της μηδενικής υπόθεσης ότι ο λόγος  $\mu^2/K$  είναι μικρότερος ή ίσος από μια κρίσιμη τιμή, θα εξαρτάται από την ελάχιστη ιδιοτιμή του ο πίνακα ελέγχου  $G_T$ . Από τη θεωρία πινάκων έχουμε ότι ένας τετραγωνικός πίνακας θα είναι αντιστρέψιμος αν είναι πλήρως βαθμού. Συνεπώς για τον πίνακα του συντελεστή συγκέντρωσης θα ισχύει ότι ο βαθμός του θα είναι ίσος με  $K$ . Επίσης γνωρίζουμε ότι ο βαθμός ενός πίνακα είναι ίσος με τον αριθμό των μη μηδενικών ιδιοτιμών του. Η στατιστική  $G_T$  χρησιμοποιήθηκε από τους Cragg και Donald [182] αρχικά για τον έλεγχο της υποταυτοποίησης (underidentification), όταν δηλαδή ο πίνακας του συντελεστή συγκέντρωσης είναι μη αντιστρέψιμος. Οι Stock και Yogo (2005) χρησιμοποιούν τη συγκεκριμένη στατιστική όταν ο πίνακας του συντελεστή συγκέντρωσης είναι αντιστρέψιμος, γεγονός που ικανοποιεί την υπόθεση της ταυτοποίησης.

### Ταυτοποίηση της δομικής εξίσωσης (SLS2)

Το επόμενο τεστ αφορά στη ταυτοποίηση της δομικής εξίσωσης και τη συνθήκη SLS2. Η συνθήκη  $L \geq K$  είναι απαραίτητη, αλλά όχι επαρκής. Θα πρέπει ο πίνακας  $Q_{XZ} \equiv E(X_i' Z_i)$  να είναι  $K$  τάξης. Καθώς  $X_2 \equiv Z_2$ , η συνθήκη τάξης μπορεί να απλοποιηθεί έτσι ώστε να ελεγχθεί εάν ο πίνακας  $Q_{X_1 Z_1}$  είναι  $K_1$  τάξης. Η στατιστικές που χρησιμοποιούνται περισσότερο για τον έλεγχο της τάξης του πίνακα και της συνθήκης ταυτοποίησης είναι αυτές των Anderson [183] και η Cragg-Donald [182].

Η στατιστική Anderson βασίζεται στην υπόθεση ότι η μηδενικές υποθέσεις  $H_0 = \eta$  τάξη του πίνακα είναι  $K_1 - 1$  και  $H_0 = \eta$  μικρότερη κανονική συσχέτιση  $r_{K_1}$  είναι μηδενική, είναι ισοδύναμες. Κάτω από τη μηδενική υπόθεση η στατιστική ακολουθεί τη κατανομή  $\chi^2$  με  $(L - K + 1)$  βαθμούς ελευθερίας, έτσι ώστε να μπορεί να υπολογίσει και τη περίπτωση ταυτοποίησης ( $L=K$ ). Μια αποτυχία να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση προτείνει ότι το μοντέλο δεν ταυτοποιείται. Δεδομένης της μορφής της ( $N \times R^2$ ), η στατιστική αυτή μπορεί να ερμηνευθεί και ως LM τεστ. Η στατιστική Cragg and Donald είναι μια στατιστική Wald, που βασίζεται στις ιδιοτιμές του πίνακα  $G_T$ . Η κατανομή της ακολουθεί τη  $\chi^2$  με  $L - K + 1$  βαθμούς ελευθερίας.

Σε περίπτωση ετεροσκεδαστικών σφαλμάτων ή/και αυτοσυσχέτισης οι παραπάνω στατιστικές, δεν είναι έγκυρες. Γι' αυτό χρησιμοποιείται η στατιστική Kleibergen-Paap [184]  $rk$ . Η έκδοση της LM Kleibergen Paap στατιστική  $rk$  μπορεί να θεωρηθεί ως μια γενίκευση της στατιστικής κανονικής συσχέτισης του Anderson για ετεροσκεδαστικά και αυτοσυσχετιζόμενα σφάλματα. Ομοίως, η έκδοση Wald της στατιστικής Kleibergen Paap  $rk$  αποτελεί γενικευμένη περίπτωση της στατιστικής Cragg-Donald ώστε να περιλαμβάνει ετεροσκεδαστικά και αυτοσυσχετιζόμενα σφάλματα. Και στις δύο εκδόσεις της στατιστικής Kleibergen Paap  $rk$  η μηδενική υπόθεση θεωρεί ότι οι βοηθητικές μεταβλητές δεν είναι σχετικές και ότι ο πίνακας δεν είναι πλήρους τάξης. Απόρριψη της μηδενικής σημαίνει ότι ο πίνακας είναι πλήρους τάξης και το μοντέλο ταυτοποιείται. Η κατανομή της ακολουθεί τη  $\chi^2$  με  $L - K + 1$  βαθμούς ελευθερίας.

#### 4.7.6.3 Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας (Pagan and Hall)

Ο έλεγχος της ετεροσκεδαστικότητας με διάφορες στατιστικές (όπως περιγράφονται στην ενότητα 4.7.4), ελέγχουν τα σφάλματα στη δομική εξίσωση (structural equation) (4-60) και πουθενά αλλού στο σύστημα. Στην περίπτωση IV παλινδρόμησης, θα πρέπει να

ελεγχθούν τα σφάλματα και στις υπόλοιπες εξισώσεις του συστήματος (που αντιστοιχούν στην εξίσωση 4-81).

Για το σκοπό αυτό οι Pagan- Hall [185] δημιούργησαν μια στατιστική, η μηδενική υπόθεση της οποίας εξετάζει την ομοσκεδαστικότητα στην παλινδρόμηση IV, ανεξάρτητα από την παρουσία τυχόν ετεροσκεδαστικότητας αλλού στο σύστημα. Η στατιστική ακολουθεί τη κατανομή  $\chi^2$  με  $p$  βαθμούς ελευθερίας, όπου  $p$  είναι ο αριθμός των μεταβλητών που θεωρούνται να σχετίζονται με την ετεροσκεδαστικότητα της εξίσωσης. Απόρριψη της μηδενικής σημαίνει ότι τα σφάλματα είναι ετεροσκεδαστικά. Σύμφωνα με τους Pesaran and Taylor [186] που εκτέλεσαν κατάλληλα διαγνωστικά τεστ με τη μέθοδο Monte Carlo, η στατιστική είναι αποτελεσματική, αν και θα πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή σε μικρά δείγματα.

#### 4.7.7 Η γενικευμένη μέθοδος ροπών (Generalized Method of Moments)

Σύμφωνα με τον Wooldridge [174], η σύγχρονη προσέγγιση στο σύστημα βοηθητικών μεταβλητών (IV) όπου υπάρχει το πρόβλημα της αυτοσυσχέτισης ή/και της ετεροσκεδαστικότητας είναι η χρήση της Γενικευμένης Μεθόδου των Ροπών (GMM).

Η εκτίμηση με τη μέθοδο των ροπών έχει χρησιμοποιηθεί κατά κόρον στις περιπτώσεις εκτίμησης παραμέτρων με τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας με μη γραμμική βελτιστοποίηση. Οι Hansen [181] και White [187] έδειξαν πως η μέθοδος των ροπών μπορεί να γενικευτεί έτσι ώστε να εφαρμόζεται σε μια μεγάλη γκάμα περιπτώσεων οικονομετρικών μοντέλων. Ο Hansen [181] ο οποίος επινόησε το όνομα «γενικευμένη μέθοδος των ροπών» μελέτησε δεδομένα χρονολογικών σειρών, ενώ ο White [187] θεώρησε ανεξάρτητα δείγματα παρατηρήσεων. Οι Hansen [181] και White [187] εξήγαγαν τις ασυμπτωτικές ιδιότητες της εκτιμήτριας GMM, συμπεραίνοντας πως η μέθοδος των ροπών μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλά είδη οικονομετρικών μοντέλων. Για παράδειγμα αποτελεί μια καλή εναλλακτική λύση των fixed ή random effects IV εκτιμητριών, καθώς υποθέτει ότι οι συσχετισμοί μέσα στις ομάδες του panel είναι σταθεροί.

Η μέθοδος εφαρμόζεται στη περίπτωση υπερταυτοποίησης του μοντέλου και βασίζεται στη βελτιστοποίηση ενός συμμετρικού πίνακα στάθμισης  $W$ . Σε αυτή τη περίπτωση η εκτιμήτρια IV-GMM επιτρέπει την ύπαρξη αυθαίρετης ετεροσκεδαστικότητας και αυτοσυσχέτισης των σφαλμάτων και είναι πιο αποτελεσματική από την απλή IV-2SLS με εύρωστα τυπικά σφάλματα (robust standard errors), αφού αποδίδει μικρότερα τυπικά σφάλματα [188].

Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος θεωρεί το μοντέλο (4-60),  $y = X\beta + u$ , με  $u$  να ακολουθεί τη κανονική κατανομή με μέση τιμή μηδέν και πίνακα συνδιακύμανσης  $\Omega$ . Σε περίπτωση ομοσκεδαστικών σφαλμάτων  $\Omega = \sigma^2 I$ , διαφορετικά ο  $\Omega$  ορίζεται όπως στην (4-82). Ο πίνακας  $X$  είναι διάστασης  $(n \times K)$ . Επίσης θεωρείται ο πίνακας  $Z$  των βοηθητικών μεταβλητών, διάστασης  $(n \times L)$ . Οι  $L$  βοηθητικές μεταβλητές αντιστοιχούν σε  $L$  τάξεως ροπές:

$$g_i(\hat{\beta}) = Z_i' \hat{u}_i = Z_i'(y_i - X_i \hat{\beta}) \quad , i=1, \dots, n \quad (4-88)$$

Όπου κάθε διάνυσμα  $g_i$  έχει διάσταση  $L$ . Από την εξωγένεια των βοηθητικών μεταβλητών προκύπτουν  $L$  συνθήκες ροπών ή συνθήκες ορθογωνιότητας (orthogonality conditions), δηλαδή  $E(g_i(\beta)) = 0$ . Κάθε μια από τις  $L$  εξισώσεις ροπών αντιστοιχεί σε ένα δείγμα ροπών, το οποίο μπορεί να εκτιμηθεί από την ακόλουθη σχέση:

$$\bar{g}(\hat{\beta}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i'(y_i - X_i \hat{\beta}) = \frac{1}{n} Z'u \quad (4-89)$$

Η προσέγγιση της μεθόδου GMM είναι η επιλογή εκείνης της εκτιμήτριας  $\hat{\beta}$  η οποία ικανοποιεί την  $\bar{g}(\hat{\beta}_{GMM}) = 0$ .

Εάν η εξίσωση ταυτοποιείται (δηλαδή  $L=K$ ), τότε έχουμε τόσες εξισώσεις όσες είναι και οι  $L$  συνθήκες ροπών, δηλαδή τόσες εξισώσεις όσες και αγνώστους. Έτσι είναι δυνατό να βρούμε το  $\hat{\beta}$  που επιλύει την  $\bar{g}(\beta)=0$ . Σε αυτή τη περίπτωση η GMM εκτιμήτρια  $\hat{\beta}$  συμπίπτει με την εκτιμήτρια IV. Δηλαδή η μέθοδος βοηθητικών μεταβλητών IV είναι μια υποπερίπτωση της μεθόδου GMM.

Εάν η εξίσωση υπερταυτοποιείται (δηλαδή  $L>K$ ), τότε οι εξισώσεις είναι περισσότερες από τους αγνώστους και γενικά δε θα είναι δυνατό να βρούμε μια εκτιμήτρια που να ικανοποιεί όλες τις εξισώσεις. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ένας πίνακας στάθμισης (weighting matrix) ο οποίος εξασφαλίζει ότι επιλέγεται εκείνη η εκτιμήτρια, για την οποία η εξίσωση  $\bar{g}(\hat{\beta}_{GMM})$  είναι όσο το δυνατό πιο κοντά στο μηδέν. Η δυνατότητα αυτή δίνεται μέσω της ακόλουθης συνάρτησης-κριτηρίου:

$$J(\hat{\beta}_{GMM}) = n\bar{g}(\hat{\beta}_{GMM})'W\bar{g}(\hat{\beta}_{GMM}) \quad (4-90)$$

Όπου  $W$  είναι ο συμμετρικός  $L \times L$  πίνακας στάθμισης. Μια εκτιμήτρια GMM  $\hat{\beta}_{GMM}$  θα πρέπει να ελαχιστοποιεί την  $J(\hat{\beta}_{GMM})$ . Λύνοντας τις  $K$  πρώτης τάξης συνθήκες:

$$\frac{\partial J(\hat{\beta}_{GMM})}{\partial \hat{\beta}} = 0 \quad (4-91)$$

Προκύπτει η εκτιμήτρια GMM  $\hat{\beta}_{GMM}$

$$\hat{\beta}_{GMM} = (X'ZWZ'X)^{-1}X'ZWZ'y \quad (4-92)$$

Η αποτελεσματική εκτιμήτρια GMM είναι εκείνη που αντιστοιχεί στο βέλτιστο πίνακα στάθμισης  $W$ , δηλαδή εκείνον που ελαχιστοποιεί την ασυμπτωτική διακύμανση της εκτιμήτριας.

Ο Hansen [181] απέδειξε ότι ο βέλτιστος πίνακας είναι ο  $W = S^{-1}$ , όπου  $S$  είναι ο  $L \times L$  πίνακας συνδιακύμανσης των συνθηκών ροπών  $g$ , έτσι ώστε:

$$S = \frac{1}{n}E(Z'u u'Z) = \frac{1}{n}E(Z'\Omega Z) \quad (4-93)$$

Έτσι η αποτελεσματική εκτιμήτρια GMM δίνεται από τη σχέση:

$$\hat{\beta}_{GMM} = (X'ZS^{-1}Z'X)^{-1}X'ZS^{-1}Z'y \quad (4-94)$$

Λόγω της χρησιμοποίησης του βέλτιστου πίνακα στάθμισης η εκτιμήτρια GMM, είναι αποτελεσματικός και στη περίπτωση που τα σφάλματα είναι ετεροσκεδαστικά ή παρουσιάζουν συσχετίσεις ανάμεσα στις ομάδες του panel (clusters), ή παρουσιάζουν αυτοσυσχέτιση. Σε κάθε περίπτωση επιλέγεται ο κατάλληλος βέλτιστος πίνακας στάθμισης  $S^{-1}$ .

Στη περίπτωση που τα σφάλματα είναι ομοσκεδαστικά και δεν υπάρχουν άλλες συσχετίσεις (χρονικές ή ανάμεσα στις ομάδες του panel), τότε ο πίνακας  $S$  δίνεται από τη σχέση  $\sigma^2_{u/n}$  και ο βέλτιστος πίνακας στάθμισης είναι ανάλογος του ταυτοτικού πίνακα  $I$ . Στη περίπτωση αυτή η εκτιμήτρια IV-GMM συμπίπτει με την IV (ή 2SLS) εκτιμήτρια.

Στη περίπτωση που τα σφάλματα είναι ετεροσκεδαστικά, τότε ο πίνακας  $S$  θα δίνεται από τη σχέση:

$$\hat{S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{u}_i^2 Z_i' Z_i \quad (4-95)$$

Όπου τα κατάλοιπα  $\hat{u}_i$ , μπορούν να εκτιμηθούν από οποιαδήποτε συνεπή εκτιμήτρια (π.χ. τον 2SLS). Στη περίπτωση που τα σφάλματα παρουσιάζουν συσχετίσεις ανάμεσα στις ομάδες του panel (clusters), ο πίνακας  $S$  για  $M$  clusters δίνεται από τη σχέση:

$$\hat{S} = \sum_{j=1}^M \hat{u}_j' \hat{u}_j \quad (4-96)$$

$$\hat{u}_j = (y_j - X_j \hat{\beta}) X_j' Z (Z' Z)^{-1} z_j$$

Με τη χρήση αυτού του πίνακα, ο εκτιμήτρια είναι αποτελεσματική και για τη περίπτωση ετεροσκεδαστικών σφαλμάτων. Τέλος για τη περίπτωση αυτοσυσχέτισης ο πίνακας μπορεί να εκτιμηθεί από τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$\hat{S} = \hat{\Gamma}_0 + \sum_{j=1}^q K\left(\frac{j}{q_n}\right) (\hat{\Gamma}_j + \hat{\Gamma}_j') \quad (4-97)$$

$$\hat{\Gamma}_j = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-j} Z_t' \hat{u}_t \hat{u}_{t-j}' Z_{t-j}$$

Ο πίνακας  $\Gamma_j$  αντιστοιχεί στον πίνακα συνδιακύμανσης (correlation matrix) των αυτοσυσχετίσεων τάξης  $j=0, \dots, q$  και  $\hat{u}_t$  οι εκτιμήσεις των σφαλμάτων από την αρχική παλινδρόμηση της οικονομετρικής εξίσωσης.

#### 4.7.8 Μοντέλα ταυτόχρονων εξισώσεων (Simultaneous equations modeling)

Τα μοντέλα ταυτόχρονων εξισώσεων εφαρμόζονται στη περίπτωση που δύο μεταβλητές προσδιορίζονται ταυτόχρονα μέσω μιας σχέσης ισορροπίας. Δηλαδή κάθε μια από τις μεταβλητές έχει μια *ceteris paribus* σχέση αιτίας-αιτιατού με την άλλη μεταβλητή (και αντίστροφα).

Τέτοιου είδους σχέσεις προκύπτουν είτε από τη θεωρία, είτε από τη στατιστική ανάλυση. Για παράδειγμα στην οικονομική θεωρία τόσο η ζήτηση όσο και η τιμή καθορίζονται ταυτόχρονα από τις ενέργειες της αγοράς. Συνεπώς, η μεμονωμένη εξέταση της τιμής ή της ζήτησης δεν είναι επαρκής για να αποτυπώσει κατά την οικονομική έννοια τη στατιστική σχέση τους. Αντ' αυτού, θα πρέπει να εξεταστεί μια πιο ολοκληρωμένη σχέση, όπου αμφότερα ζήτηση και τιμή προσδιορίζονται ταυτόχρονα από τη λειτουργία των οικονομικών αγορών.

Στις περιπτώσεις αυτές η βέλτιστη λύση είναι η θεώρηση ενός συστήματος δομικών εξισώσεων που προσδιορίζει ταυτόχρονα τη σχέση κάθε μιας από τις αλληλοεξαρτώμενες μεταβλητές με την άλλη. Η ταυτόχρονη αυτή θεώρηση ουσιαστικά εξετάζει τη σχέση ισορροπίας μεταξύ των δύο μεταβλητών.

Πιο συγκεκριμένα ένα μοντέλο ταυτόχρονων εξισώσεων είναι της μορφής:

$$y_1 = a_1 y_2 + \beta_1 z_1 + u_1 \quad (4-98)$$

$$y_2 = a_2 y_1 + \beta_2 z_2 + u_2 \quad (4-99)$$

Όπου  $y_1, y_2$  είναι οι μεταβλητές οι οποίες προσδιορίζονται από κοινού μέσω του συστήματος των (4-98), (4-99). Επίσης, θεωρούνται οι εξωγενείς μεταβλητές  $z_1, z_2$ , οι οποίες επίσης προσδιορίζουν τις εξαρτημένες μεταβλητές  $y_1, y_2$ , ενώ τα  $u_1, u_2$  είναι τα ιδιοσυγκρασιακά σφάλματα των εξισώσεων. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των ταυτόχρονων εξισώσεων είναι ότι με τον καθορισμό του συστήματος είναι σαφές ποιες μεταβλητές υποτίθεται ότι είναι εξωγενείς και ποιες εμφανίζονται σε κάθε εξίσωση.

Καθώς παρατηρούνται μόνο τα αποτελέσματα σε ισορροπία, οι ερευνητές θα πρέπει να αιτιολογήσουν σαφώς τη λογική που υποστηρίζει την κατασκευή των δομικών εξισώσεων του μοντέλου, π.χ. οικονομική ή κοινωνική θεωρία και αποτελέσματα από τον πραγματικό κόσμο. Τα μοντέλα ταυτόχρονων εξισώσεων είναι κατάλληλα όταν κάθε εξίσωση στο σύστημα έχει *ceteris paribus* μια ερμηνεία. Καλά παραδείγματα είναι όταν διαφορετικές εξισώσεις περιγράφουν διαφορετικές πλευρές της αγοράς ή τις σχέσεις συμπεριφοράς των διαφόρων οικονομικών παραγόντων.

Λύνοντας το σύστημα ως προς  $y_2$  προκύπτει

$$y_2 = a_2(a_1y_2 + \beta_1z_1 + u_1) + \beta_2z_2 + u_2, \text{ ή}$$

$$(1 - a_2a_1)y_2 = a_2\beta_1z_1 + \beta_2z_2 + a_2u_1 + u_2, \text{ ή} \quad (4-100)$$

$$y_2 = \pi_{21}z_1 + \pi_{22}z_2 + v_2, \text{ δεδομένου ότι } a_2a_1 \neq 0.$$

Σύμφωνα με την (4-100) η  $y_2$  είναι συσχετισμένη με την  $v_2$  αν και μόνο αν το  $v_2$  συσχετίζεται με το  $u_1$  (καθώς τα  $z_1, z_2$  θεωρούνται εξωγενή). Όμως τα  $v_2, u_1$  γενικώς είναι συσχετισμένα αφού  $v_2 = u_1 + u_2$ . Εάν υποθέσουμε ότι  $u_1, u_2$  είναι ασυσχέιστα, τότε τα  $v_2, u_1$  πρέπει να είναι συσχετισμένα αν  $a_2 \neq 0$ . Αν  $a_2 = 0$ , τα  $v_2, u_1$  είναι συσχετισμένα, όταν τα  $u_1, u_2$  είναι συσχετισμένα. Αν  $a_2 = 0$  και  $u_1, u_2$  είναι ασυσχέιστα τα  $v_2, u_1$  είναι επίσης ασυσχέιστα. Όμως αν  $a_2 = 0$  σημαίνει ότι το  $y_1$  δεν εμφανίζεται στην εξίσωση (4-99) και επομένως τα  $y_1, y_2$  δεν προσδιορίζονται από κοινού. Συνεπώς δεν έχει νόημα η χρήση ταυτόχρονων εξισώσεων. Άρα σε περίπτωση που έχουμε σύστημα ταυτόχρονων εξισώσεων, τα  $v_2, u_1$  είναι συσχετισμένα, με αποτέλεσμα τα  $y_2, u_1$  να είναι συσχετισμένα. Αυτό με τη σειρά του σημαίνει ότι η  $y_2$  είναι ενδογενής στην εξίσωση (4-98) αφού είναι συσχετισμένη με το σφάλμα  $u_1$ . Ομοίως, με την ίδια διαδικασία αποδεικνύεται ότι η  $y_1$  είναι ενδογενής στην εξίσωση (4-99).

Συνεπώς, το πρόβλημα που ανακύπτει σε ένα τέτοιο σύστημα εξισώσεων είναι ότι εκτός από πολύ συγκεκριμένες περιπτώσεις, οι δύο εξαρτημένες μεταβλητές παρουσιάζουν ενδογένεια με το ιδιοσυγκρασιακό σφάλμα. Κάτι τέτοιο παραβιάζει την υπόθεση OLS3/POLS3 οδηγώντας σε μεροληψία των εκτιμήσεων και συνεπώς η συμβατική μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Ο Sargan [180] εισήγαγε τη μέθοδο των βοηθητικών μεταβλητών (IV) σαν τη καλύτερη μέθοδο εκτίμησης συστημάτων ταυτόχρονων εξισώσεων.

Στο πλαίσιο των βοηθητικών μεταβλητών μπορεί να χρησιμοποιηθούν οι εκτιμήτριες 2SLS, 3SLS και GMM. Γενικά, εάν το σύστημα ταυτοποιείται και οι αντίστοιχοι πίνακες είναι πλήρους τάξης οι εκτιμήτριες είναι συνεπείς και ασυμπτωτικά ακολουθούν τη κανονική κατανομή. Η μέθοδοι 3SLS και GMM είναι ασυμπτωτικά πιο αποτελεσματικοί, αλλά η 2SLS είναι πιο εύρωστη (robust) αφού στη περίπτωση που κάποια από τις δύο εξισώσεις δεν έχει οριστεί σωστά, οι εκτιμήτριες 3SLS και GMM δεν είναι συνεπείς.

Αν και η αλληλεξάρτηση μεταξύ μεταβλητών μπορεί να μελετηθεί και με άλλες μεθόδους (π.χ. μοντέλα δομικών εξισώσεων SEM), τα μοντέλα ταυτόχρονων εξισώσεων αποδίδουν καλύτερα τη σχέση ισορροπίας μεταξύ δύο μεταβλητών, ενώ επιπλέον υπερτερούν σε μελέτες δεδομένων χρονοσειρών και panel. Σε μοντέλα δεδομένων panel οι εφαρμογές των ταυτόχρονων εξισώσεων χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο, καθώς επιτρέπουν τον έλεγχο του όρου της ετερογένειας (κυρίως μέσω της μεθόδου first differencing), χωρίς οι εκτιμήσεις να παρουσιάζουν ιδιαίτερες δυσκολίες.

#### 4.8 Μοντέλα δομικών εξισώσεων (Structural Equations Modeling -SEM)

Η μέθοδος των δομικών εξισώσεων – SEM αποτελεί μια στατιστική τεχνική για τον έλεγχο και την εκτίμηση των σχέσεων αλληλεπίδρασης μεταξύ πολλαπλών εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών, ταυτοχρόνως. Σε αντίθεση με τα κλασσικά

οικονομετρικά μοντέλα μιας εξίσωσης, η SEM αποτελείται από ένα σύστημα δύο ή περισσότερων δομικών εξισώσεων, που επιτρέπει την ταυτόχρονη ανάλυση των αιτιακών σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών και την εξαγωγή αποτελεσμάτων με ενιαίο, συστηματικό και ολοκληρωμένο τρόπο [189-191].

Τα SEM αναπτύχθηκαν αρχικά από τον Wright [192] στις αρχές της δεκαετίας του 1920 και εφαρμόστηκαν στις φυσικές επιστήμες. Στις αρχές της δεκαετίας του 1970 και με τη βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού, η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε στις κοινωνικές επιστήμες, για την εκτίμηση *λανθανουσών μεταβλητών (latent variables -LV)*. Λόγω των δυνατοτήτων που προσφέρουν, τα μοντέλα SEM γρήγορα εξαπλώθηκαν και σε άλλες επιστήμες [193-195]. Στο ερευνητικό πεδίο των ΠΣ, τα SEM γνωρίζουν πολύ μεγάλη διάδοση. Σε κορυφαία επιστημονικά περιοδικά του χώρου, όπως τα Information Systems Research και Management Information Systems Quarterly, η μέθοδος εφαρμόζεται με πολύ μεγάλη συχνότητα [190, 191].

Η μέθοδος χρησιμοποιείται προκειμένου να προσδιοριστούν και να ποσοτικοποιηθούν οι σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών που συμμετέχουν στο μοντέλο, παρατηρήσιμων και μη. Το κύριο πλεονέκτημα των SEM έναντι εναλλακτικών μεθόδων (κυρίως στην εξέταση πολλών μεταβλητών ταυτόχρονα), όπως η παλινδρόμηση είναι η ταυτόχρονη αξιολόγηση και εκτίμηση των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών. Ανάμεσα στα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα των SEM, είναι η δυνατότητα για ευέλικτες υποθέσεις σχετικά με την κατασκευή μη-παρατηρήσιμων ή λανθανουσών μεταβλητών (LV) και η ανάλυση μοντέλων πολλαπλών μεταβλητών.

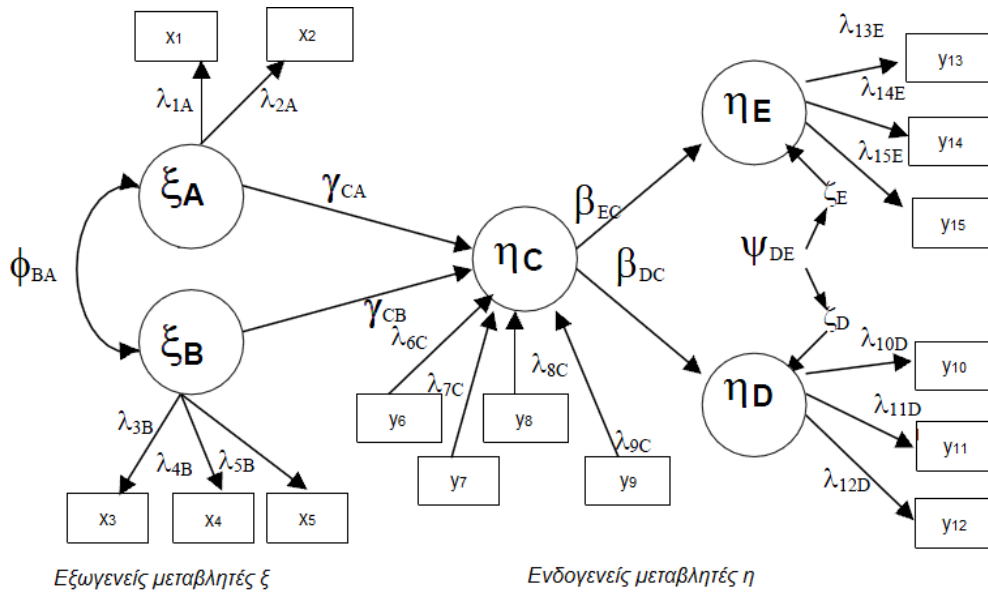
Οι λανθάνουσες μεταβλητές αποτελούν θεωρητικές ή υποθετικές *δομές (constructs)* οι οποίες είναι μεγάλης σημασίας στο θεωρητικό μοντέλο, αλλά δεν είναι μετρήσιμες, δηλαδή δεν υπάρχει καμιά άμεση μέθοδος μέτρησης των τιμών της. Δεδομένου ότι είναι μη παρατηρήσιμες, οι λανθάνουσες μεταβλητές μπορούν να εκτιμηθούν μέσω των μοντέλων SEM, από εμπειρικά μετρήσιμες μεταβλητές. Οι μεταβλητές αυτές ονομάζονται *μεταβλητές-δείκτες (index variables)* ή *έκδηλες μεταβλητές (manifest variables- MVs)*. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η ανάλυση των σχέσεων μεταξύ των LV που προκύπτουν από θεωρητικά μοντέλα, όπως πρόθεση, αντίληψη, ικανοποίηση, κλπ., και που διαφορετικά δε θα μπορούσαν να εκτιμηθούν.

Ένα SEM αποτελείται από δύο διαφορετικά υπομοντέλα: Το (*εσωτερικό-inner*) *δομικό μοντέλο* που αποτελείται από τις λανθάνουσες μεταβλητές και τις μεταξύ τους σχέσεις. Για κάθε μια από τις λανθάνουσες μεταβλητές ορίζεται ένα *μοντέλο μέτρησης (measurement model)* το οποίο περιλαμβάνει τις μεταβλητές-δείκτες βάσει των οποίων καθορίζεται κάθε λανθάνουσα μεταβλητή. Οι επιλογή των μεταβλητών-δεικτών θα πρέπει να είναι αιτιολογημένη και κατά το δυνατό να στηρίζεται σε κατάλληλο θεωρητικό υπόβαθρο.

Τα μοντέλα δομικών εξισώσεων επιτρέπουν την απεικόνιση των σχέσεων που δημιουργούνται ανάμεσα στις μεταβλητές [196-198]. Η απεικόνιση γίνεται με τη χρήση γεωμετρικών συμβόλων που συνθέτουν ένα διαδρομικό διάγραμμα ή ένα διάγραμμα πορείας (path diagram). Οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται είναι κοινοί και αποτελούνται από κύκλους, τετράγωνα, βέλη μονής και βέλη διπλής κατεύθυνσης. Οι κύκλοι απεικονίζουν τις λανθάνουσες μεταβλητές και τα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τις παρατηρήσιμες μεταβλητές. Τα βέλη μονής κατεύθυνσης ορίζουν την επίδραση μίας μεταβλητής σε μία άλλη και τα βέλη διπλής κατεύθυνσης εκτιμούν τη συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών. Το διάγραμμα πορείας είναι η απεικόνιση του μαθηματικού ισοδύναμου βάσει του οποίου υπολογίζονται οι συσχετίσεις μεταξύ εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών. Προκειμένου να επιτευχθεί η μετατροπή των διαδρομικών διαγραμμάτων σε δομικές εξισώσεις ακολουθείται μία σειρά από κανόνες. Οι κανόνες

αυτοί επιτρέπουν τον ορισμό του συνόλου των εξισώσεων που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση [192].

Διαγραμματικά, ένα γενικευμένο μοντέλο SEM έχει την ακόλουθη μορφή.



**Σχήμα 4-6. Γενικευμένο μοντέλο SEM**

Το εσωτερικό (δομικό) μοντέλο αποτελείται από τα ακόλουθα δομικά στοιχεία:

- Εξωγενείς λανθάνουσες μεταβλητές,  $\xi$
- Ενδογενείς λανθάνουσες μεταβλητές,  $\eta$
- Διαδρομές που συνδέουν τις εξωγενείς LV  $\xi$  με τις ενδογενείς  $\eta$ ,  $\gamma$
- Διαδρομές που συνδέουν τις ενδογενείς  $\eta$ ,  $\beta$
- Πίνακας συσχετίσεων των εξωγενών  $\xi$ ,  $\Phi$
- Πίνακας συσχετίσεων των σφαλμάτων των ενδογενών  $\eta$ ,  $\Psi$
- Τα σφάλματα των ενδογενών,  $\zeta$ .

Κάθε μοντέλο μέτρησης αποτελείται από τα ακόλουθα δομικά στοιχεία:

- Τις μεταβλητές-δείκτες  $x_i$ , που αντιστοιχούν σε (μία μόνο) εξωγενή λανθάνουσα μεταβλητή.
- Τις μεταβλητές-δείκτες  $y_i$ , που αντιστοιχούν σε (μία μόνο) ενδογενή λανθάνουσα μεταβλητή.
- Τις παραμέτρους  $\lambda_x$  που αποτυπώνουν τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών-δεικτών και της εξωγενούς λανθάνουσας στην οποία αντιστοιχούν.
- Τις παραμέτρους  $\lambda_y$  που αποτυπώνουν τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών-δεικτών και της ενδογενούς λανθάνουσας στην οποία αντιστοιχούν.
- Τα σφάλματα μέτρησης των  $x_i$ ,  $y_i$  (δεν αποτυπώνονται συνήθως στο διάγραμμα αλλά θεωρούνται δεδομένα και σαν μέρος του μοντέλου).

Ανάλογα με την αιτιακή σχέση ανάμεσα στις μεταβλητές- δείκτες και τις λανθάνουσες μεταβλητές, οι μεταβλητές-δείκτες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τις *διαμορφωτικές (formative)* όταν αποτελούν την αιτία για την ύπαρξη της  $\xi$  ή της  $\eta$  και τις *ανακλαστικές (reflective)* όταν είναι το αποτέλεσμα της ύπαρξης της  $\xi$  ή της  $\eta$ . Σε κάθε περίπτωση η σχέση αιτίας ή αιτιατού αποτυπώνεται και διαγραμματικά με τη κατάλληλη κατεύθυνση



του βέλους στη διαδρομή που συνδέει τις λανθάνουσες μεταβλητές με τις μεταβλητές-δείκτες (Σχήμα 4-6).

Μαθηματικά το εσωτερικό δομικό μοντέλο δίνεται από την ((4-101), θεωρώντας επίσης ότι  $E(\zeta/\eta)=0$ . Τα μοντέλα μέτρησης για ανακλαστικές και ενδογενείς LV δίνονται από την (4-102). Τα μοντέλα μέτρησης για διαμορφωτικές και ενδογενείς LV δίνονται από την (4-103). Ομοίως ορίζονται τα μοντέλα για τις εξωγενείς LV μεταβλητές.

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (4-101)$$

$$y = \Lambda\eta + \varepsilon \quad (4-102)$$

$$\eta = \Pi y + \varepsilon \quad (4-103)$$

Όπου  $\Lambda, \Pi$  οι πίνακες των παραμέτρων συσχέτισης των  $\eta, y$  στη περίπτωση ανακλαστικών και διαμορφωτικών μεταβλητών αντίστοιχα. Θεωρείται επίσης, ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των σφαλμάτων των ενδογενών LV και των μεταβλητών που καθορίζουν την LV, δηλ.  $E(\zeta/\eta)=0$ . Επίσης ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της ενδογενούς LV και των σφαλμάτων των μεταβλητών-δεικτών που καθορίζουν την LV, δηλ.  $E(\varepsilon/\eta)=0$ .

Το πρωτεύων πρόβλημα επίλυσης είναι η βέλτιστη εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου, καθώς και ο καθορισμός της επαρκούς προσέγγισης του δείγματος από τα εμπειρικά δεδομένα. Αν και πρόσφατα η μέθοδος επεκτάθηκε και για μη γραμμικές σχέσεις, τα SEM συνήθως υποθέτουν ότι οι σχέσεις ανάμεσα στις μεταβλητές είναι γραμμικές.

Για την επίλυση των SEM, έχουν αναπτυχθεί δύο βασικές μεθοδολογίες: Η μέθοδος Covariance Based SEM (CBSEM) που στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των συνδιακυμάνσεων και η μέθοδος Partial Least Squares (PLS) που στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των διασπορών των εξαρτημένων μεταβλητών.

Παρόλο που και οι δύο τεχνικές εξετάζουν μοντέλα του τύπου όπως στο Σχήμα 4-6, διαφέρουν ως προς τις στατιστικές υποθέσεις τους και τη φύση των στατιστικών μεγεθών που εξετάζουν [190]. Η μέθοδος CBSEM ελαχιστοποιεί τη διαφορά του πίνακα συνδιακύμανσης που προκύπτει από τα δεδομένα του δείγματος  $S$  και του πίνακα που περιέχει τις συνδιακυμάνσεις που προκύπτουν βάσει του μοντέλου που εξετάζεται  $\Sigma$ . Η αρχική υπόθεση του μοντέλου επιβεβαιώνεται από τη σχέση (4-104).

$$H_0 : S = \Sigma(\theta) \quad (4-104)$$

όπου το  $\theta$  αφορά το διάνυσμα των παραμέτρων του μοντέλου. Η επίλυση των δομικών εξισώσεων πραγματοποιείται με την ελαχιστοποίηση της διαφοράς μεταξύ των εκτιμώμενων και παρατηρούμενων συνδιακυμάνσεων. Συνεπώς, οι εκτιμήσεις των παραμέτρων αποτελούν προσεγγίσεις σχετικές με τον πίνακα συνδιακύμανσης των παρατηρήσεων.

Η ελαχιστοποίηση γίνεται κυρίως μέσω μιας συνάρτησης μέγιστης πιθανοφάνειας (Maximum likelihood – ML), αλλά χρησιμοποιούνται και άλλοι μέθοδοι όπως οι μέθοδοι Σταθμισμένων (Weighted Least Squares – WLS) και η μέθοδος Γενικευμένων Ελαχίστων Τετραγώνων (Generalized Least Squares – GLS). Για τη χρήση των παραπάνω μεθόδων είναι απαραίτητο να ικανοποιούνται ορισμένες στατιστικές υποθέσεις, όπως απαιτήσεις για τη κατανομή των δεδομένων (πολυπαραγοντική κανονική), το ελάχιστο μέγεθος του δείγματος, κλπ. [199]. Για την επίλυση των CBSEM, το πιο δημοφιλές στατιστικό πακέτο είναι το LISREL [200]. Επίσης συχνά χρησιμοποιούμενα είναι τα AMOS [201], Mplus [202], SEPATH [203], Ramona [204] κ.α.

Η μέθοδος PLS αντί για την ερμηνεία της συνδιακύμανσης, χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο που ελαχιστοποιεί τη διασπορά όλων των εξαρτημένων μεταβλητών. Η μέθοδος προτάθηκε από τον Wold [205, 206], αλλά ο αλγόριθμός της εξελίχθηκε και από τους Chin [207], Lohmöller [208]. Ο αλγόριθμος στηρίζεται στην ιδέα των επαναληπτικών διαδικασιών για εκτίμηση απλών και πολυδιάστατων μοντέλων και εφαρμόζει τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων (OLS). Για την επίλυση των μοντέλων PLS χρησιμοποιούνται διάφορα λογισμικά, όπως SmartPLS [209], WarpPLS [210], LVPLS [211], PLS-Graph [212], PLS-GUI [213], κ.α. Η μέθοδος περιγράφεται αναλυτικότερα στην επόμενη ενότητα.

#### 4.8.1 Η μέθοδος PLS- SEM

Η τεχνική PLS αποτελεί μια εναλλακτική μέθοδο επίλυσης μοντέλων δομικών εξισώσεων, η οποία συνδυάζει στοιχεία από τη γραμμική παλινδρόμηση και τη CBSEM. Ο σχεδιασμός της PLS επιτρέπει την ερμηνεία της διασποράς των δεδομένων, όπως και στην γραμμική παλινδρόμηση. Συνεπώς η PLS προσφέρεται για περιπτώσεις όπου είναι επιθυμητή η πρόβλεψη εκτός από την εκτίμηση των παραμέτρων. Επίσης είναι πιο κατάλληλη για τη δημιουργία θεωρίας ή νέων θεωρητικών μοντέλων, παρά για την επιβεβαίωση των καθιερωμένων θεωριών.

Ο βασικός αλγόριθμος της PLS περιλαμβάνει δύο στάδια [208]. Το πρώτο στάδιο βασίζεται σε μια επαναληπτική διαδικασία μεταξύ δύο εκτιμήσεων των λανθανουσών μεταβλητών: Αφενός γίνεται η εκτίμηση κάθε μιας από τις λανθάνουσες μεταβλητές από το εξωτερικό μοντέλο μέτρησης σαν ένας σταθμισμένος μέσος των μεταβλητών-δεικτών που την προσδιορίζουν. Αφετέρου, γίνεται η εκτίμηση των παραμέτρων των σχέσεων στο εσωτερικό δομικό μοντέλο με βάση τις εκτιμήσεις των λανθανουσών μεταβλητών από το εξωτερικό μοντέλο. Για τον υπολογισμό των βαρών στάθμισης χρησιμοποιούνται κυρίως τρεις μέθοδοι (ανάλογα με το λογισμικό που χρησιμοποιείται): η κεντροειδής (centroid), η παραγοντική (factor) και η διαδρομική (path) στάθμιση (weighting scheme). Στη συνέχεια υπολογίζονται εκ νέου οι τιμές των λανθανουσών μεταβλητών, ως γραμμικοί συνδυασμοί των αρχικά εκτιμώμενων τιμών τους και των παραμέτρων των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών που εκτιμήθηκαν. Στη συνέχεια, οι νέες εκτιμήσεις των λανθανουσών μεταβλητών στο εσωτερικό μοντέλο χρησιμοποιούνται για τον εκ νέου υπολογισμό των συντελεστών στάθμισης στο εξωτερικό μοντέλο μέτρησης.

Η διαδικασία των δύο εκτιμήσεων επαναλαμβάνεται ώσπου να επιτευχθεί η σύγκλιση (συνήθως χρησιμοποιείται ένας κανόνας διακοπής της διαδικασίας βασισμένος στη σχετική διαφορά των αποτελεσμάτων μεταξύ δύο διαδοχικών επαναλήψεων). Από τη διαδικασία του πρώτου σταδίου λαμβάνονται οι τελικές τιμές των παραμέτρων του μοντέλου μέτρησης, δηλαδή των συντελεστών στάθμισης (*weight* ή *loading*) της κάθε μεταβλητής-δείκτη (διαμορφωτική ή ανακλαστική) που προσδιορίζει τη λανθάνουσα μεταβλητή. Επίσης λαμβάνονται οι τελικές τιμές των λανθανουσών μεταβλητών ως γραμμικός συνδυασμός των μεταβλητών-δεικτών. Στο δεύτερο στάδιο, εφαρμόζεται η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων (OLS) -χωρίς πλέον επαναληπτική διαδικασία- για την εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου.

Με τη διαδικασία αυτή κάθε λανθάνουσα μεταβλητή προσδιορίζεται και από τα δύο υπομοντέλα, δηλαδή το εξωτερικό μοντέλο μέτρησης (measurement) και το εσωτερικό δομικό (inner structural), με τέτοιο τρόπο ώστε οι διασπορές των σφαλμάτων που αναφέρονται στις σχέσεις (4-101)-(4-103) και των δύο υπομοντέλων να ελαχιστοποιούνται. Καθώς οι λανθάνουσες μεταβλητές προκύπτουν ως γραμμικός συνδυασμός των ανεξάρτητων μεταβλητών που τις προσδιορίζουν, δεν υπάρχει καμιά σύμβαση για τη κατανομή των λανθανουσών μεταβλητών που προκύπτουν. Για το λόγο

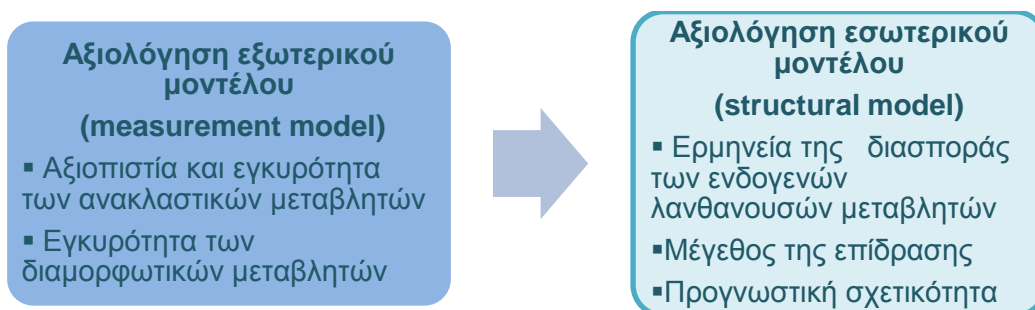
αυτό, εφαρμόζονται μη-παραμετρικές μέθοδοι υπολογισμού των παραμέτρων, όπως οι *bootstrap*, *jackknife*, και πιο πρόσφατα η *blindfolding* (ανάλογα με το λογισμικό που χρησιμοποιείται). Οι τεχνικές αυτές υπολογίζουν τη στατιστική σημαντικότητα των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών (t-values) και ερμηνεύονται όπως και στη κλασσική παλινδρόμηση [207, 214].

Αυτό αποτελεί και ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου, αφού δεν περιορίζεται από τις συνθήκες και στατιστικές ελέγχου συγκεκριμένης κατανομής. Επίσης, για το λόγο αυτό η μέθοδος είναι συνεπής ακόμη και για μικρά δείγματα. Το σφάλμα μέτρησης των λανθανουσών μεταβλητών που οφείλεται στο τρόπο εξαγωγής των τιμών τους κατά την επαναληπτική διαδικασία τείνει στο μηδέν, καθώς ο αριθμός των μεταβλητών-δεικτών αυξάνεται. Η ιδιότητα αυτή της μεθόδου ονομάζεται «συνέπεια σε μεγάλη κλίμακα» (consistency at large) και δεν έχει σχέση με το μέγεθος του δείγματος, αλλά με τον αριθμό των μεταβλητών-δεικτών που προσδιορίζουν τη λανθάνουσα μεταβλητή. Περισσότερες λεπτομέρειες για τον αλγόριθμο και τη τεχνική μπορούν να εξαχθούν από τους Fornell και Cha [215], Lohmöller[208].

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι υποστηρίζει μοντέλα με ανακλαστικές και διαμορφωτικές μεταβλητές-δείκτες, ή και συνδυασμό αυτών, αντίθετα με τη CBSEM, όπου η χρήση διαμορφωτικών μεταβλητών μπορεί να προκαλέσει προβλήματα ταυτοποίησης και ασυνέπεια των αποτελεσμάτων και είναι ακόμη σε ερευνητικό στάδιο [216, 217]. Για το λόγο αυτό συνήθως αποφεύγεται η χρήση τους στο πλαίσιο της CBSEM.

Τέλος, η PLS προσφέρει διερευνητική ανάλυση των διαδρομικών σχέσεων μεταξύ των λανθανουσών μεταβλητών, από την οποία προκύπτει σημαντική πληροφορία όχι μόνο ως προς τις άμεσες, αλλά και τις έμμεσες (mediation) σχέσεις μεταξύ των λανθανουσών μεταβλητών. Το γεγονός αυτό προσθέτει σημαντική πληροφορία στη περίπτωση της δημιουργίας θεωρίας ή νέων θεωρητικών μοντέλων, όπου οι διαδρομικές σχέσεις δεν είναι εκ των προτέρων γνωστές [218].

Η αξιολόγηση του μοντέλου και των αποτελεσμάτων του γίνεται μέσω μιας σειράς κριτηρίων σε μια διαδικασία δύο βημάτων [207]. Αφενός αποτιμάται η ικανότητα του εξωτερικού μοντέλου μέτρησης να εκτιμήσει τις λανθάνουσες μεταβλητές και αφετέρου αξιολογούνται τα αποτελέσματα του εσωτερικού δομικού μοντέλου (Σχήμα 4-7). Σε περίπτωση που τα κριτήρια για το εξωτερικό μοντέλο δεν ικανοποιούνται, δεν μπορεί να γίνουν αποδεκτά τα αποτελέσματα ή η αξιολόγηση του εσωτερικού μοντέλου. Σε αυτή τη περίπτωση το μοντέλο θα πρέπει να επαναπροσδιοριστεί. Αναλυτικότερα, τα κριτήρια αξιολόγησης για το κάθε υπομοντέλο παρουσιάζονται στις ενότητες 4.7.8.2 και 4.7.8.3.



Σχήμα 4-7. Αξιολόγηση του μοντέλου PLS σε δύο βήματα

#### 4.8.2 Αξιολόγηση εξωτερικού μοντέλου μέτρησης.

Στη περίπτωση που χρησιμοποιούνται ανακλαστικές μεταβλητές-δείκτες, τα κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούνται είναι:

- **Αξιοπιστία εσωτερικής συνοχής (Internal consistency reliability):**

Μπορεί να αποτιμηθεί με δύο μετρικές. Αφενός με τη στατιστική *Cronbach's α* [219], η οποία χρησιμοποιείται και στη περίπτωση CBSEM. Η στατιστική μετρά το βαθμό στον οποίο οι MV θα συμμετέχουν ταυτόχρονα στον προσδιορισμό της LV, όταν εκείνη αυξάνεται. Οι τιμές της κυμαίνονται από 0 (εντελώς αναξιόπιστες MV), στο 1 (τέλεια αξιόπιστες MV).

Εναλλακτικά, χρησιμοποιείται η μετρική «*σύνθετη αξιοπιστία*» (*Composite reliability*)  $\rho_c$ , η οποία είναι βελτιωμένη έναντι της μετρικής *Cronbach's α*, καθώς λαμβάνει υπόψη και τις διαφορετικές βαρύτητες των MV για την εκτίμηση της αξιοπιστίας τους [220]. Αυτό προσθέτει μεγαλύτερη εγκυρότητα για τη περίπτωση της PLS. Η μετρική δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\rho_c = \left( \sum \lambda_i \right)^2 \text{var}F / \left[ \left( \sum \lambda_i \right)^2 \text{var}F + \sum \theta_{ii} \right] \quad (4-105)$$

Όπου  $\lambda_i$ ,  $F$ ,  $\Theta$  είναι ο συντελεστής βαρύτητας, η διασπορά και το σφάλμα μέτρησης μιας MV. Αποτιμά το βαθμό στον οποίο η διασπορά των μεταβλητών-δεικτών ερμηνεύεται από την αντίστοιχη LV. Ένας αξιόπιστος δείκτης θα πρέπει να έχει συντελεστή βαρύτητας μεγαλύτερο από 0.7 και επίπεδο σημαντικότητας 0.05 [207].

- **Εγκυρότητα σύγκλισης (Convergent validity):**

Στόχος του κριτηρίου είναι η εξέταση αν οι χρησιμοποιούμενες MV αντιπροσωπεύουν μια και μόνο LV (Unidimensionality). Ο έλεγχος γίνεται με τη μετρική «*Μέση εξαγόμενη διασπορά*» (*Average variance extracted -AVE*), η οποία μετρά το ποσό της διασποράς μιας LV που οφείλεται στις μεταβλητές-δείκτες της, σε σύγκριση με το ποσό της διασποράς που οφείλεται στο σφάλμα μέτρησης [221]. Η AVE δίνεται από τη σχέση:

$$AVE = \left( \sum \lambda_i^2 \right) \text{var}F / \left[ \left( \sum \lambda_i^2 \right) \text{var}F + \sum \theta_{ii} \right] \quad (4-106)$$

Όπου  $\lambda_i$ ,  $F$ ,  $\Theta$  είναι ο συντελεστής βαρύτητας, η διασπορά και το σφάλμα μέτρησης μιας MV.

- **Διακρίνουσα εγκυρότητα (Discriminant validity):**

Το κριτήριο αυτό είναι συμπληρωματικό της εγκυρότητας σύγκλισης και υποθέτει ότι δύο διαφορετικές έννοιες θα πρέπει να παρουσιάζουν διαφορετικές συμπεριφορές. Ο έλεγχος μπορεί να γίνει με δύο διαφορετικά κριτήρια.

(α) Το κριτήριο Fornell and Larcker [221], που απαιτεί μια LV να μοιράζεται μεγαλύτερη διασπορά με τις μεταβλητές-δείκτες που τη προσδιορίζουν, παρά με οποιαδήποτε άλλη LV, δηλαδή η τετραγωνική ρίζα της AVE της κάθε LV θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τις συσχετίσεις της LV με τις υπόλοιπες.

(β) Η μετρική σύγκρισης των συντελεστών βαρύτητας (Cross-loadings). Η μετρική λαμβάνεται με συσχετισμό της LV με όλες τις υπόλοιπες. Εάν ο συντελεστής βαρύτητας της κάθε MV είναι υψηλότερος για την LV στην οποία αντιστοιχεί και καθένας από τους συντελεστές είναι υψηλότερος με τα δικά του στοιχεία, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι οι LV του μοντέλου διαφέρουν επαρκώς η μία από την άλλη [207].

Στη περίπτωση που χρησιμοποιούνται διαμορφωτικές μεταβλητές-δείκτες, τα κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούνται είναι:

- **Αξιοπιστία δείκτη (Indicator validity):**

Η αξιοπιστία των μεταβλητών-δεικτών MV ελέγχεται από το συντελεστή βαρύτητας της επίδρασης μιας MV στη λανθάνουσα μεταβλητή LV. Ο συντελεστής θα πρέπει να είναι στατιστικά σημαντικός στο επίπεδο 0.05, ώστε να είναι έγκυρος. Επίσης κάποιοι ερευνητές προτείνουν η τιμή των συντελεστών να είναι μεγαλύτερη από 0.1, ή 0.2 [207, 208].

Επίσης, για να την εγκυρότητα των μεταβλητών-δεικτών MV είναι απαραίτητη η συνθήκη της μη ύπαρξης γραμμικών συσχετίσεων μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών (collinearity). Για τον έλεγχο αυτής της συνθήκης χρησιμοποιείται ο δείκτης *Variance inflation factor (VIF)*, όπως και στη περίπτωση της γραμμικής παλινδρόμησης.

- *Νομολογική εγκυρότητα (Nomological validity):*

Θα πρέπει οι σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών-δεικτών και των λανθανουσών μεταβλητών, οι οποίες αποτελούν μέρος αποδεκτής θεωρίας ή έχουν ήδη ελεγχθεί από προηγούμενη έρευνα, να είναι στατιστικά σημαντικές [222].

- *Εξωτερική εγκυρότητα (External Validity):*

Ένας άλλος έλεγχος είναι το μέρος της λανθάνουσας μεταβλητής που δεν ερμηνεύεται από κάποια από τις MV, δηλαδή το σφάλμα  $\epsilon$  της LV. Προκειμένου να υπολογιστεί το μέγεθος του σφάλματος, επιλέγεται μια ανακλαστική μεταβλητή-δείκτης που αντιστοιχεί σε μια LV. Στη συνέχεια εφαρμόζεται παλινδρόμηση με τη διαμορφωτική μεταβλητή που αντιστοιχεί στην ίδια LV. Η διασπορά του σφάλματος δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Var}(\epsilon) = 1 - \frac{\gamma^2}{\text{rel}(\xi)} \quad (4-107)$$

Όπου  $\xi$  είναι η ανακλαστική μεταβλητή και  $\gamma$  η συσχέτιση μεταξύ της ανακλαστικής και διαμορφωτικής μεταβλητής. Στη σχέση περιλαμβάνεται και μια διόρθωση της αξιοπιστίας της ανακλαστικής μεταβλητής. Η εξωτερική εγκυρότητα θα είναι  $1 - \text{Var}(\epsilon)$  και ερμηνεύει ένα μέρος της διασποράς της εναλλακτικής ανακλαστικής μεταβλητής [222].

### 4.8.3 Αξιολόγηση εσωτερικού δομικού μοντέλου

Το βασικό κριτήριο των εκτιμήσεων είναι ο συντελεστής αποφασιστικότητας ( $R^2$ ) των ενδογενών λανθανουσών μεταβλητών. Μικρές τιμές του συντελεστή σημαίνει ότι το υποθετικό μοντέλο δε μπορεί να ερμηνεύσει τις ενδογενείς λανθάνουσες μεταβλητές και δημιουργεί αμφιβολίες σχετικά με την εγκυρότητα του μοντέλου [207].

Η δεύτερη μετρική που χρησιμοποιείται είναι οι συντελεστές των διαδρομών του μοντέλου που εκφράζουν τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών. Οι συντελεστές θα πρέπει να εξετάζονται ως προς το μέγεθος, το πρόσημο και τη στατιστική σημαντικότητα. Ερμηνεύονται όπως οι συντελεστές  $\beta$  της γραμμικής ανάλυσης παλινδρόμησης. Το πρόσημο όμως θα πρέπει να συμβαδίζει με τη φορά των υποτιθέμενων διαδρομών στο μοντέλο. Σε διαφορετική περίπτωση η υπόθεση απορρίπτεται [222].

Ένα άλλο πολύ σημαντικό μέτρο αξιολόγησης του μοντέλου είναι η ανάλυση συνδυασμών διαδρομικών μοντέλων έτσι ώστε να εκτιμηθεί η τυχόν επίδραση ενδιάμεσων λανθανουσών μεταβλητών (mediating and moderating effects) [223]. Έτσι σημαντικές άμεσες σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών μπορεί να γίνουν μη σημαντικές αν στη διαδρομική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών παρεμβάλλονται λανθάνουσες μεταβλητές μεγαλύτερης σημαντικότητας. Ο Albers [224] προτείνει μια νέα άποψη για

τον τρόπο ερμηνείας των σχέσεων, όπου εξετάζεται το άθροισμα των άμεσων και όλων των ενδιάμεσων επιδράσεων μιας λανθάνουσας μεταβλητής. Για κάθε επίδραση στο διαδρομικό μοντέλο, μπορεί να εκτιμηθεί το μέγεθος της επίδρασης (effect size)  $f^2$ . Η μετρική προτάθηκε από τον Cohen [225] και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$f^2 = \frac{R_{\text{included}}^2 - R_{\text{excluded}}^2}{1 - R_{\text{included}}^2} \quad (4-108)$$

Όπου  $R^2$  αντιστοιχεί στο ποσοστό της διασποράς της ενδογενούς λανθάνουσας μεταβλητής όταν η εξεταζόμενη (ενδιάμεση) λανθάνουσα μεταβλητή συμπεριλαμβάνεται ( $R_{\text{included}}^2$ ) και όταν παραλείπεται ( $R_{\text{excluded}}^2$ ) στη δομική εξίσωση.

Τέλος, οι μετρικές  $Q^2$ ,  $q^2$  εκτιμούν την ικανότητα πρόβλεψης του δομικού μοντέλου. Η μετρική Stone-Geisser [226, 227]  $Q^2$  αποτυπώνει πόσο καλά μπορούν οι παρατηρήσεις του δείγματος να αναπαραχθούν από το μοντέλο και τις παραμέτρους του. Δίνεται από την ακόλουθη σχέση.

$$Q^2 = 1 - \frac{\sum_D SSE_d}{\sum_D SSO_d} \quad (4-109)$$

Όπου  $SSE_d$  είναι το άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων πρόβλεψης και  $SSO_d$  το άθροισμα των τετραγώνων των παρατηρήσεων. Η μετρική  $q^2$  αντιστοιχεί στη σχετική επίδραση του μοντέλου στο δείγμα για κάθε εξαρτημένη λανθάνουσα μεταβλητή.

$$q^2 = \frac{Q_{\text{included}}^2 - Q_{\text{excluded}}^2}{1 - Q_{\text{included}}^2} \quad (4-110)$$

Πρόσφατα, γίνεται έρευνα γύρω από μια νέα μετρική που εκτιμά τη συνολική απόδοση του μοντέλου (Goodness of Fit -GoF) μετρική *GoF* αποτελεί αξιολόγηση όλου του μοντέλου (εσωτερικού δομικού και εξωτερικού) συνολικά, με έμφαση στην συνολική ικανότητα της πρόβλεψης. Το κριτήριο προτάθηκε από τον Tenenhaus [228] και αφορά μόνο μοντέλα με ανακλαστικές MV. Επίσης, καθώς είναι κάτι σχετικά καινούριο, η μετρική δεν έχει ελεγχθεί σε μεγάλη κλίμακα, ούτε έχουν γίνει τα απαραίτητα τεστ προσομοίωσης, γι' αυτό η χρήση της από μόνη της δεν εξασφαλίζει ότι το μοντέλο είναι πράγματι αξιόπιστο. Παρόλα αυτά μια καλή απόδοση του δείκτη (>0.9) είναι σημαντική ένδειξη για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Η μετρική δίνεται από τη σχέση:

$$GoF = \sqrt{\overline{communality} \cdot \overline{R^2}} \quad (4-111)$$

Όπου  $\overline{R^2}$  είναι η μέση διασπορά των λανθανουσών μεταβλητών και  $\overline{communality}$  είναι η μέση τιμή του δείκτη *communality*, δηλαδή η μέση τιμή όλων των τετραγώνων των συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών-δεικτών και των αντίστοιχων λανθανουσών μεταβλητών τους και δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\overline{communality} = \frac{1}{\sum_{q:P_q>1} P_q} \sum_{q:P_q>1} \sum_{p=1}^{P_q} cor^2(y_{pq}, \widehat{\eta}_q) \quad (4-112)$$

#### 4.8.4 Σύγκριση PLS και CBSEM

Τα βασικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν τις δύο μεθόδους παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-4. Όπως φαίνεται στον πίνακα η μέθοδος PLS είναι αρκετά πιο ευέλικτη σε σχέση με τη CBSEM, καθώς μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα με μικρό μέγεθος δείγματος και μεγάλη πολυπλοκότητα. Επίσης αποτελεί μη παραμετρική μέθοδο, χωρίς περιορισμούς και συνθήκες που πρέπει να πληρούνται στη κανονική κατανομή. Ακόμη,

ανακλαστικοί και διαμορφωτικοί δείκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα ή σε συνδυασμό στο μοντέλο, χωρίς κανένα πρόβλημα. Τέλος, παρέχει τη δυνατότητα πρόβλεψης των τιμών των λανθανουσών μεταβλητών.

**Πίνακας 4-4. Σύγκριση μεθόδων PLS και CBSEM [191]**

<b>Κριτήρια</b>	<b>PLS</b>	<b>CBSEM</b>
Αντικείμενο	Παρέχει πρόβλεψη	Παρέχει ακρίβεια στις παραμέτρους
Αλγοριθμική προσέγγιση Έλεγχος υπόθεσης	Ερμηνεία διασποράς Μη παραμετρική (με τεχνικές bootstrap, Jackknife, blindfolding)	Ερμηνεία συνδιακύμανσης Παραμετρική (Συνήθως ακολουθείται πολυπαραγοντική κανονική κατανομή και ανεξάρτητες παρατηρήσεις)
Εκτιμήσεις των παραμέτρων	Συνέπεια, κατά αναλογία της αύξησης των μεταβλητών-δεικτών κάθε λανθάνουσας	Συνέπεια εφόσον ακολουθείται η πολυπαραγοντική κανονική κατανομή και πληρούνται οι συνθήκες
Εκτιμήσεις των τιμών των LV Τύποι μεταβλητών-δεικτών	Υπολογίζονται από το μοντέλο Μπορεί να είναι είτε ανακλαστικοί είτε διαμορφωτικοί	Μόνο ενδιάμεσες εκτιμήσεις. Κυρίως ανακλαστικοί. Οι διαμορφωτικοί συνήθως αποφεύγονται καθώς δημιουργούν προβλήματα ταυτοποίησης.
Αποτελέσματα	Βέλτιστη τεχνική για προβλέψεις/ δημιουργία θεωρίας	Βέλτιστη τεχνική για ακρίβεια των παραμέτρων/ επιβεβαίωση θεωρίας.
Πολυπλοκότητα	Μεγάλη (π.χ. 100 LV και 1000 MV)	Μικρή έως μεσαίου μεγέθους (π.χ. λιγότεροι από 100 MV)
Μέγεθος δείγματος	30-100 μετρήσεις κατ ελάχιστο	Προτείνεται 200-800 παρατηρήσεις κατ ελάχιστο.
Τύπος βελτιστοποίησης	Επαναληπτικός τοπικά	Επαναληπτικός συνολικά στο μοντέλο
Έλεγχοι σημαντικότητας	Περιορισμένοι και μόνο μέσω προσομοιώσεων	Διαθέσιμοι
Δείκτης συνολικής απόδοσης του μοντέλου (GoF)	Έχει αναπτυχθεί σε πρόσφατη έρευνα, αλλά χρήζει βελτίωσης και ελέγχου	Διαθέσιμοι

Από την άλλη πλευρά η CBSEM είναι μια μέθοδος με μεγαλύτερη ακρίβεια στα αποτελέσματα (συντελεστές των παραμέτρων) και αξιοπιστία καθώς εάν πληρούνται οι στατιστικές συνθήκες είναι πάντα συνεπής. Επίσης διαθέτει μετρικές συνολικής απόδοσης του μοντέλου (GoF).

Συνεπώς οι δύο μέθοδοι μπορούν να θεωρηθούν συμπληρωματικές ως προς τη χρήση τους. Η PLS είναι πιο χρήσιμη στη δημιουργία θεωρίας και τη πρόβλεψη αποτελεσμάτων και θα μπορούσε ακόμη να αποτελέσει το πρώτο ερευνητικό βήμα πριν την επιβεβαίωση μιας θεωρίας. Η CBSEM λόγω της μεγαλύτερης ακρίβειας που διαθέτει είναι καλύτερη για επιβεβαίωση καθιερωμένων θεωρητικών μοντέλων [207, 214], ή ακόμη και θεωρητικών μοντέλων που έχουν προηγουμένως αξιολογηθεί μέσω μιας PLS μεθόδου .

#### **4.9 Δομημένη μέθοδος δημιουργίας θεωρίας Structured-Case**

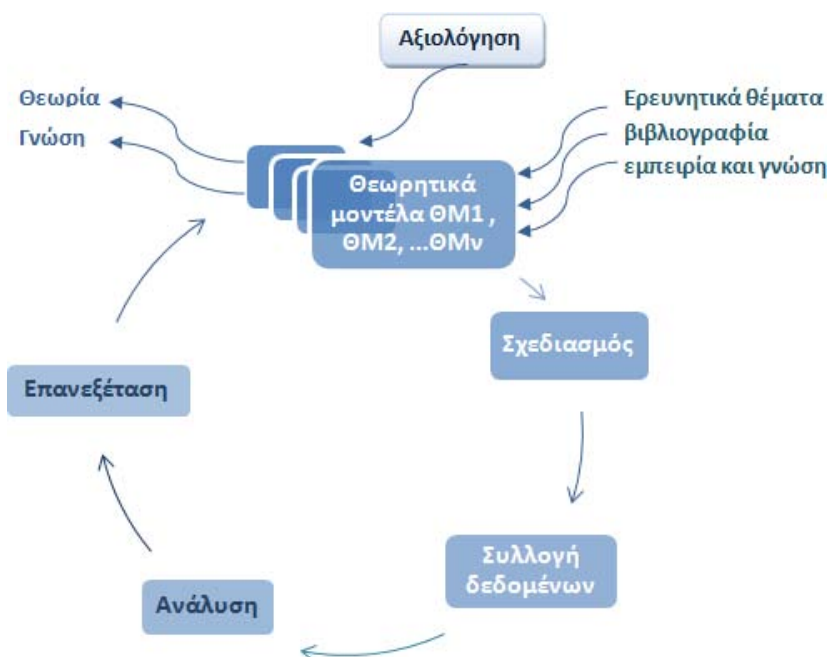
Η μεθοδολογία Structured-Case είναι μια πρωτότυπη σύνθεση βασισμένη στις αρχές της ποιοτικής έρευνας (qualitative research) και προτάθηκε από τους Carroll και Swatman [23, 24]. Επεκτείνει τις υφιστάμενες μεθόδους για την πραγματοποίηση

έρευνας μελέτης περίπτωσης (όπως π.χ. των Yin [229] και Eisenhardt [230]), καθώς οι δομές του αντιπροσωπεύονται από σαφείς, γραφικές φόρμες που ενσωματώνουν έναν επαναληπτικό κύκλο της διαδικασίας έρευνας.

Η εννοιολογική προσέγγιση της μεθοδολογίας structured-case εστιάζει σε δύο λέξεις κλειδιά, structured και case. Ο όρος *structured* αφορά στη χρήση ενός δομημένου μοντέλου διαδικασίας το οποίο αποτελείται από τρία συστατικά: (i) Το *θεωρητικό πλαίσιο-μοντέλο (conceptual framework)*, που αντιπροσωπεύει τη κατανόηση, τους στόχους και το θεωρητικό υπόβαθρο της έρευνας, (ii) τον *ερευνητικό κύκλο (research cycle)* που εμπερικλείει τη συλλογή, την ανάλυση και την ερμηνεία των δεδομένων. Τα δύο αυτά συστατικά αναδεικνύουν την ερευνητική διαδικασία, καταγράφουν τη δυναμική της και τεκμηριώνουν τη διαδικασία δημιουργίας θεωρίας βάσει πεδίου δεδομένων, (iii) την *αξιολόγηση βάσει της βιβλιογραφικής ανασκόπησης* που συγκρίνει και αντιπαραθέτει τα αποτελέσματα της ερευνητικής διαδικασίας με την ευρύτερη βιβλιογραφία με στόχο την υποστήριξη, τον επαναπροσδιορισμό, ή/και τη δημιουργία νέας επιστημονικής θεώρησης.

Ο όρος case χρησιμοποιείται περισσότερο με τη γενικότερη έννοια του ποιο είναι το αντικείμενο της μελέτης, παρά βάσει της πιο περιοριστικής έννοιας της μελέτης περίπτωσης ως ερευνητικής μεθόδου [231]. Μια περίπτωση (case) μπορεί να είναι ένα άτομο, ή μια ομάδα ατόμων, ένας οργανισμός, μια διαδικασία ή ένα πληροφοριακό σύστημα.

Τα παραπάνω δομικά στοιχεία αποτελούν το ολοκληρωμένο μεθοδολογικό πλαίσιο που λειτουργεί ως ένας αποτελεσματικός χάρτης για την ερμηνευτική έρευνα και επιτρέπει την κριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της έρευνας. Το ολοκληρωμένο μεθοδολογικό πλαίσιο απεικονίζεται στο Σχήμα 4-8.



Σχήμα 4-8. Η μεθοδολογική προσέγγιση δημιουργίας θεωρίας

#### 4.9.1 Προσδιορισμός Θεωρητικού Πλαισίου

Τα πρώτα στάδια της ερευνητικής προσπάθειας περιλαμβάνουν τη σκιαγράφιση του θεωρητικού ή εννοιολογικού πλαισίου πάνω στο οποίο θα στηριχθεί η έρευνα. Κατά τη διάρκεια της βιβλιογραφικής επισκόπησης, διαμορφώνονται ιδέες και ερευνητικά ερωτήματα επί των θεμάτων του ερευνητικού πεδίου. Ερμηνεύονται οι υφιστάμενες θεωρητικές προσεγγίσεις βάσει της τεχνογνωσίας και υφιστάμενης γνώσης και της



πρότερης πλούσιας εμπειρίας. Η διαδικασία της αποτύπωσης και αποσαφήνισης των εννοιών που προκύπτουν από τη παραπάνω διεργασία, έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη και τυχόν λανθάνοντα στοιχεία, αποτελεί πρωταρχικό στόχο της έρευνας.

Μια μεθοδολογικά καθορισμένη θεωρητική δομή αποτελεί το στοιχείο κλειδί της μεθόδου δομημένης-περίπτωσης, όχι μόνο κατά τα αρχικά στάδια, αλλά σε όλη τη διαδικασία της έρευνας. Η εν λόγω θεωρητική δομή χαρακτηρίζεται ως θεωρητικό πλαίσιο (conceptual framework) το οποίο εξηγεί διαγραμματικά και λεκτικά τα βασικά θέματα προς μελέτη, τους κρίσιμους παράγοντες προς εξέταση, τις δομές θεώρησης, τις μεταβλητές και τις συσχετίσεις μεταξύ τους [25]. Το θεωρητικό πλαίσιο σχηματίζεται βάσει των ερευνητικών θεμάτων, της υφιστάμενης γνώσης και ιδεών και τη βιβλιογραφία και φιλτράρεται από το θεωρητικό υπόβαθρο του ερευνητή. Για το λόγο αυτό το θεωρητικό πλαίσιο αποτελεί την αναπαράσταση της εννοιολογικής δομής της έρευνας.

- τα *ερευνητικά θέματα* ορίζουν τους κύριους τομείς ενδιαφέροντος της έρευνας. Σε αντίθεση με την συμπερασματική (deductive) επιστημονική έρευνα, όπου ο ερευνητής εισέρχεται στο πεδίο με αυστηρά καθορισμένα ερευνητικά ερωτήματα ή υποθέσεις, η επαγωγική (inductive), ποιοτική έρευνα ξεκινά με ευρύτητα ερευνητικών θεμάτων που εν συνεχεία συγκεκριμενοποιούνται μέσα από την ερευνητική διαδικασία.
- η *βιβλιογραφία* ενημερώνει την έρευνα με την παροχή κατανόησης των σημερινών γνώσεων και θεωριών στα πεδία ενδιαφέροντος. Επίσης τα κενά στη βιβλιογραφία μπορεί να αναδείξουν τους τομείς που χρήζουν περαιτέρω έρευνας.
- η *γνώση* μπορεί να προέρχεται από την προσωπικές και επαγγελματικές εμπειρίες του ερευνητή, αλλά και εμπειρογνώμονες και επαγγελματίες, στον τομέα της έρευνας.
- οι *θεωρητικές βάσεις* ή κοσμοθεωρία, με την οποία κάθε ερευνητής εισέρχεται στο πεδίο, περιλαμβάνει τις πεποιθήσεις, υποθέσεις και τις προσδοκίες για τον κόσμο [232]. Ο καθορισμός του θεωρητικού υπόβαθρου βοηθά το μελετητή να διευκρινίσει και να αντιμετωπίσει επιρροές στην έρευνα. Αυτό συμβαίνει όχι μόνο στη κατασκευή του αρχικού εννοιολογικού πλαισίου, αλλά ως μέρος του προβληματισμού σε κάθε κύκλο της έρευνας: ο ερευνητής λαμβάνει υπόψη το θεωρητικό υπόβαθρο και τις επιπτώσεις του σε όλη την έρευνα.

Το θεωρητικό πλαίσιο εκφράζει την υφιστάμενη κατανόηση του ερευνητικού πεδίου προσδιορίζοντας επακριβώς την ερευνητική περιοχή προς διερεύνηση καθώς και τις βασικές έννοιες και τις αλληλοσυσχετίσεις [25]. Το θεωρητικό πλαίσιο δεν προσδιορίζεται μόνο στην αρχή της ερευνητικής εργασίας. Στο τέλος κάθε ερευνητικού κύκλου, αξιολογείται και βελτιώνεται έτσι ώστε να συμπεριλάβει τη θεωρία και την τεχνογνωσία που αποκτήθηκε στα επιμέρους ερευνητικά θέματα. Στη συνέχεια το νέο θεωρητικό πλαίσιο αποτελεί τη βάση για επόμενο ερευνητικό κύκλο, ο οποίος βελτιώνει περαιτέρω τα ερευνητικά αποτελέσματα. Επομένως το θεωρητικό πλαίσιο είναι μια σειρά εξελισσόμενων θεωρητικών μοντέλων τα οποία αξιολογούνται και βελτιώνονται σε όλη τη διάρκεια της έρευνας.

#### **4.9.2 Διεξαγωγή Επαναλαμβανόμενης Έρευνας με Ερευνητικούς Κύκλους Εργασίας**

Η μελέτη των ερευνητικών ζητημάτων τα οποία συμπεριλαμβάνονται στο θεωρητικό πλαίσιο διευρύνεται μέσα από τους ερευνητικούς κύκλους εργασίας. Ο ερευνητικός

κύκλος αποτελείται από τέσσερα στάδια τα οποία έχουν προσαρμοστεί από προσεγγίσεις όπως ο κύκλος πρόβλημα-λύση (problem-solving cycle) της έρευνας δράσης (action research) [233] και η σταδιακή αυξητική διαδικασία βελτίωσης (incremental process improvement wheel) [234]. Παρά το γεγονός ότι τα τέσσερα στάδια περιγράφονται στη συνέχεια ως διακριτά, στην πράξη αυτό δεν είναι απόλυτο, γεγονός το οποίο επιτρέπει περισσότερη επανάληψη μεταξύ των σταδίων. Τα τέσσερα αυτά στάδια είναι:

**Μεθόδευση – Σχεδιασμός.** Η ερευνητική προσέγγιση, οι βασικές έννοιες και οι μεταξύ τους σχέσεις στο θεωρητικό πλαίσιο χρησιμοποιούνται προκειμένου να επιλεγεί ο ερευνητικός σχεδιασμός. Στο στάδιο αυτό προσδιορίζονται οι κατάλληλες μελέτες περίπτωσης, καθώς και οι τρόποι διευθέτησης διαδικαστικών ζητημάτων πρόσβασης σε πληροφορίες, δομές, οργανισμούς και οτιδήποτε άλλο κρίνεται απαραίτητο για τη συγκέντρωση δεδομένων. Επιπρόσθετα, μεθοδεύονται οι τεχνικές συλλογής, καταγραφής, επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων καθώς και των σχετικών κριτηρίων για αξιολόγηση της εγκυρότητας.

**Συλλογή Δεδομένων.** Τα δεδομένα συλλέγονται με οδηγό τη μεθόδευση που σχεδιάστηκε σε προηγούμενο στάδιο. Αν και θεωρητικά η συλλογή και ανάλυση των δεδομένων παρουσιάζονται ως διακριτά στάδια, στην πράξη οι εργασίες αυτές είναι αλληλένδετες και μπορεί να θεωρηθούν ως μια ευρύτερη δραστηριότητα [235]. Τα δεδομένα εξετάζονται και αναλύονται, καταγράφοντας διαφορετικές εκδοχές ερμηνείας τους, με στόχο τον εντοπισμό νέων ανοιχτών ερευνητικών περιοχών προς διερεύνηση. Στο στάδιο αυτό δημιουργούνται τυχόν ερωτηματολόγια ή άλλες τεχνικές που θα βοηθήσουν στην απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων.

**Ανάλυση.** Η ανάλυση των δεδομένων αφορά σε διαδικασίες οργάνωσης και περιορισμού των δεδομένων με στόχο την τεκμηριωμένη εξαγωγή λογικών συμπερασμάτων [235]. Συνήθως, για τη ποιοτική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιείται κάποια κωδικοποίηση. Οι κώδικες δε θα πρέπει να είναι μια τυχαία συλλογή κατηγοριών, αλλά να έχουν κάποια δομική τάξη [25]. Επίσης, η ανάλυση των δεδομένων πρέπει να συνδέεται με τα θέματα της έρευνας, έτσι ώστε τα συμπεράσματα να συνδέονται με τους στόχους της. Στη μέθοδο δομημένης-περίπτωσης, η κωδικοποίηση γίνεται με βάση τις δομικές έννοιες του θεωρητικού πλαισίου, που έχει οριστεί στο πρώτο στάδιο της έρευνας. Ο κώδικες αυτοί αποτελούν τους αρχικούς κώδικες που καθοδηγούν την ανάλυση και οι οποίοι στη προρεία εμπλουτίζονται με άλλους κώδικες που ενσωματώνουν νέα θέματα. Με τον τρόπο αυτό επίσης γίνεται η σύνδεση των δεδομένων, της ανάλυσης των δεδομένων και των θεμάτων της έρευνας.

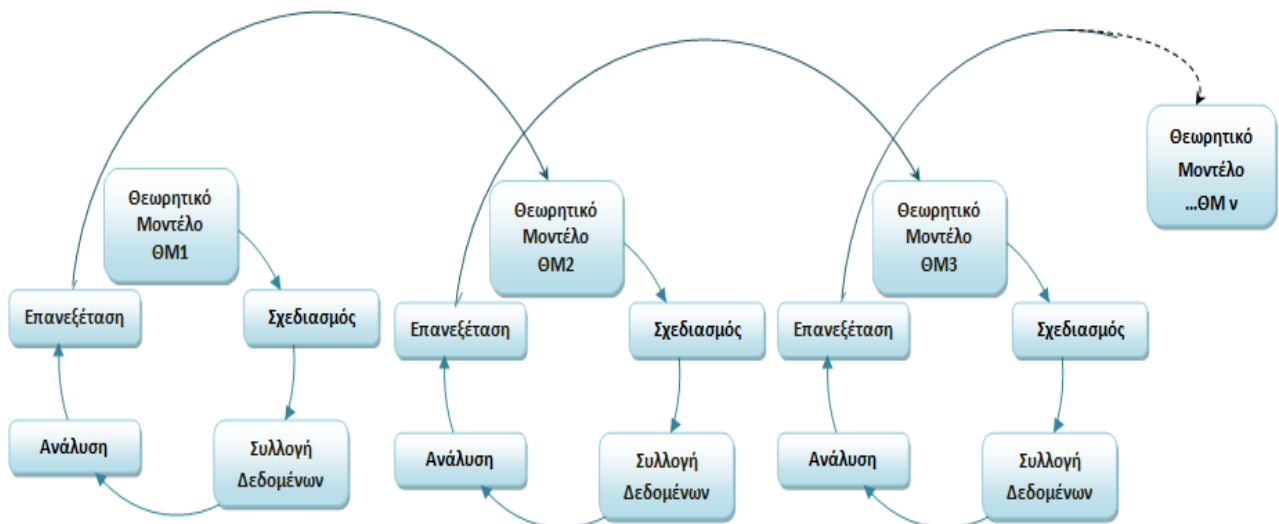
Η ανάλυση δεδομένων αποτελεί μια συνεχή επαναλαμβανόμενη διαδικασία η οποία περιλαμβάνει τη μελέτη των πηγών με στόχο την βαθύτερη κατανόηση των δεδομένων και των χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων που τα συνοδεύουν. Η αρχική κατανόηση καθοδηγεί την ανάγνωση των δεδομένων και οδηγεί σε νέα κατανόηση η οποία στη συνέχεια οδηγεί σε περαιτέρω ανάγνωση των δεδομένων. Στο συνολικό κύκλο ζωής της διαδικασίας μπορεί να αναδειχθούν νέες έννοιες και θέματα τα οποία δεν είχαν αρχικά προσδιοριστεί. Επομένως, αν και το θεωρητικό πλαίσιο δομεί τη συλλογή και την ανάλυση των δεδομένων, αυτό δεν είναι περιοριστικό και μπορεί να βελτιωθεί και εμπλουτιστεί από νέες έννοιες και θέματα που θα ανακύπτουν στην επαναλαμβανόμενη ανάλυση.

**Προβληματισμός- επανεξέταση.** Η προσεκτική επανεξέταση και κριτική ανάλυση όλων των εκδοχών κρίνεται απαραίτητη για την αποτελεσματικότητα της έρευνας. Η έρευνα προτρέπει σε προβληματισμό και συστηματική επανεξέταση των ζητημάτων, μέσω συζήτησης με εξειδικευμένους ερευνητές του χώρου με στόχο τη βελτίωση της έρευνας και των εξαγόμενων αποτελεσμάτων της. Οι εργασίες επανεξέτασης περιλαμβάνουν:

- την αναθεώρηση της ερευνητικής διαδικασίας και των μεθόδων συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων,
- την αποτίμηση των αποτελεσμάτων ανάλυσης συμπεριλαμβανομένης της αξιολόγησης των νέων ζητημάτων που ανεδείχθησαν, αμφισβήτησης των υφισταμένων εκδοχών και αναζήτησης των αποδείξεων για προσεκτικά αποτελέσματα,
- την αναθεώρηση των δομών της προσέγγισης. Τα δεδομένα εισαγωγής στο θεωρητικό πλαίσιο επανεξετάζονται ενώ τα ερευνητικά ζητήματα φιλτράρονται. Ο προβληματισμός για θέματα που μπορεί να προκύψουν, οδηγεί στην αποσαφήνισή τους με τη βοήθεια βιβλιογραφίας, εμπειρογνομώνων και επαγγελματιών του χώρου. Καθώς δομείται νέα γνώση επί των θεμάτων προς διερεύνηση, η γνώση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει στην περεταίρω κατανόηση πηγών και αρχείων τα οποία είχαν εξεταστεί σε προγενέστερη φάση. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι δεν υφίσταται μια τελική ερμηνεία σε ένα κείμενο αλλά αυτό αποτελεί μια συνεχή διαδικασία δημιουργίας ερμηνείας.
- τη δημιουργία θεωρίας πέρα από τα στατιστικά δεδομένα. Τα δεδομένα δεν είναι από μόνα τους σε θέση να δημιουργήσουν θεωρία. Για το λόγο αυτό αναζητούνται περισσότερες επιπτώσεις επί των ερευνητικών ζητημάτων, πέρα από αυτά που έχουν ήδη εξετασθεί. Αυτό μπορεί να υλοποιηθεί π.χ. κάνοντας μια κριτική ανασκόπηση της θεωρίας που έχει παραχθεί από τη μελέτη μιας συγκεκριμένης περίπτωσης και τα αποτελέσματα της μελέτης πολλών παρόμοιων περιπτώσεων.
- τη μεταβολή και επαναπροσδιορισμό του θεωρητικού πλαισίου ώστε αυτό να συμπεριλαμβάνει τη παραγόμενη γνώση και θεωρία. Η διαδικασία αυτή προϋποθέτει επανάληψη της διαδικασίας ανάμεσα στα δεδομένα, τα ευρήματα της έρευνας και τις αρχικές έννοιες του θεωρητικού πλαισίου. Η μεταβολή του θεωρητικού μοντέλου τεκμηριώνει καλύτερα τα ερευνητικά αποτελέσματα, καθώς κάθε θεωρητικός κύκλος αποτελεί βελτιωμένη έκδοση της παραγόμενης θεωρίας. Επιπρόσθετα, επιτρέπει την εξωτερική αξιολόγηση του παραγόμενου θεωρητικού πλαισίου, από εξειδικευμένους ερευνητές οι οποίοι μπορούν να καταθέτουν τις παρατηρήσεις τους σε κάθε νέα έκδοση. Το στάδιο επανεξέτασης ολοκληρώνεται όταν το θεωρητικό μοντέλο ενημερώνεται με τις απαραίτητες βελτιώσεις που προέκυψαν από τη γνώση που αποκτήθηκε στον ερευνητικό κύκλο. Το κάθε θεωρητικό πλαίσιο αποτελεί τη βάση για ένα νέο κύκλο έρευνας.

### *Δημιουργία Θεωρίας*

Η αλληλεπίδραση μεταξύ του θεωρητικού πλαισίου και του κύκλου έρευνας παρέχει δημιουργία γνώσης και θεωρίας όπως διαγραμματικά απεικονίζεται στο Σχήμα 4-9. Το αρχικό θεωρητικό μοντέλο, ΘΜ1, εκφράζει την αρχική κατανόηση, προσδιορίζει τον ερευνητικό χώρο και οδηγεί τον πρώτο ερευνητικό κύκλο. Στο τέλος του ερευνητικού κύκλου, ως αποτέλεσμα επανεξέτασης, το θεωρητικό μοντέλο ενημερώνεται ώστε να ενσωματώνει την κατανόηση που αποκτήθηκε σε αυτόν τον κύκλο εργασίας. Το νέο θεωρητικό μοντέλο, ΘΜ2, εκφράζει την αρχική κατανόηση, αποτελώντας τη βάση για το δεύτερο κύκλο έρευνας, με νέα παραγόμενη γνώση και θεωρία και διαδικασία επανεξέτασης που ενσωματώνονται στο θεωρητικό μοντέλο ΘΜ3. Με τον τρόπο αυτό κάθε ερευνητικός κύκλος δημιουργεί αντίστοιχα θεωρητικά μοντέλα ΘΜ1, ΘΜ2, ...ΘΜn όπου αποτελεί και τη τελευταία έκδοση της θεωρίας που έχει δημιουργηθεί.



**Σχήμα 4-9. Η σπειροειδής μεθοδολογική προσέγγιση δομημένης-περίπτωσης**

Οι πολλαπλές επαναλήψεις αυτών των κύκλων ορίζουν ένα ελικοειδές μοντέλο ως αποτέλεσμα της υφιστάμενης γνώσης και θεωρίας η οποία θέτει τα θεμέλια για επιπρόσθετο ερευνητικό κύκλο το οποίο διευρύνει και αναθεωρεί την υφιστάμενη κατανόηση. Η συνακόλουθη σειρά των θεωρητικών πλαισίων τεκμηριώνει τόσο τη διαδικασία δημιουργίας θεωρίας όσο και την σύνδεση αυτής με τα συλλεγμένα δεδομένα στο ερευνητικό πεδίο.

Στη μέθοδο δομημένης-περίπτωσης, η θεωρία δημιουργείται βάσει μιας συνειδητής διαδικασίας προβληματισμού, εστιασμένη σε θέματα όπως «*τι σημαίνουν αυτά τα ευρήματα;*», «*ποιες μπορεί να είναι οι εναλλακτικές επεξηγήσεις των ευρημάτων;*», «*ποιες αδιαμφισβήτητες αποδείξεις δίνουν αυτές τις ερμηνείες;*», «*κατά πόσο αυτά τα ευρήματα σχετίζονται με τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνητικών κύκλων;*». Ο ερευνητής επανεξετάζει τα συλλεγμένα δεδομένα, τη βιβλιογραφία και τη γνώση ειδικών και εμπειρογνομόνων και δημιουργεί επιπλέον ερωτήματα και προβληματισμούς.

Η θεωρία χτίζεται στη βάση πολλαπλών περιπτώσεων που χρησιμοποιούνται για να εμπλουτίζουν και αναθεωρούν το θεωρητικό μοντέλο. Η διαδικασία αυτή είναι κατάλληλη για τη δημιουργία θεωρίας που έχει κάποιο επίπεδο αφαιρετικότητας, αλλά ταυτόχρονα είναι στενά συνδεδεμένη με τη παρατήρηση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι επαναλήψεις του ερευνητικού κύκλου οδηγούν σε αύξηση των θεωρητικών εννοιών οι οποίες εφαρμόζονται διευρυμένα. Η κίνηση από τα δεδομένα στην θεωρία περιγράφεται ως εργασία πεδίου που οδηγεί στη δημιουργία θεωρίας, η οποία στη συνέχεια οδηγεί σε περαιτέρω έρευνα για πρακτική εφαρμογή. Ως αποτέλεσμα, η θεωρία που έχει δημιουργηθεί αντανάκλα τις ενέργειες, τα προβλήματα και τα ζητήματα που αντιμετωπίζουν οι επιστήμονες που προσπαθούν να εφαρμόσουν τη θεωρία στην πράξη.

Αυτό είναι εξαιρετικά συναφές με το χώρο των ΠΣ, ο οποίος διακρίνεται από ραγδαίες αλλαγές στην πράξη και ένα αυξανόμενο κενό μεταξύ έρευνας και εφαρμογής [236].

### **4.9.3 Η αξιολόγηση της θεωρίας βάσει ενδεδειγμένης βιβλιογραφικής ανασκόπησης**

Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει την επιβεβαίωση της αναδυόμενης θεωρίας μέσα από τη βιβλιογραφία. Στη πραγματικότητα, η ελικοειδής πορεία της έρευνας και των θεωρητικών μοντέλων δεν τελειώνει ποτέ: κάθε ερευνητικός κύκλος μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό και τη βαθύτερη κατανόηση των ζητημάτων. Ο ερευνητής αποφασίζει το σημείο στο οποίο θα τελειώσει την επανάληψη των ερευνητικών κύκλων.

Σύμφωνα με τους Glaser and Strauss [237] η εξέταση νέων περιπτώσεων σταματά όταν η έρευνα φτάσει σε θεωρητικό κορεσμό, δηλαδή όταν οι νέες παρατηρήσεις που έχει στη διάθεση του ο ερευνητής, είναι ουσιαστικά οι ίδιες με αυτές προηγούμενων σταδίων, ή όταν οι νέες εξεταζόμενες περιπτώσεις οδηγούν σε μικρή αύξηση της κατανόησης και αμελητέα συμπεράσματα. Η περαιτέρω επαναξιολόγηση των συλλεγμένων δεδομένων τερματίζεται όταν η επιπρόσθετη τεχνογνωσία ελαττώνεται. Στο σημείο όπου έχει αποκτηθεί μια ικανοποιητική εικόνα των φαινομένων, το υφιστάμενο θεωρητικό πλαίσιο είναι συγκρίσιμο με τα προτεινόμενα από τη βιβλιογραφία. Το τελικό στάδιο για τη δημιουργία θεωρίας είναι ευρύτερο, ουσιαστικότερο και με περισσότερο ενδιαφέρον. Σε αυτό το στάδιο συντελείται η ενδελεχής και σε βάθος σύγκριση των ευρημάτων της έρευνας με συναφή ή αντικρουόμενη γνώση που προέρχεται από τη βιβλιογραφία. Από τη σύγκριση θα πρέπει να προκύπτει:

- (i) Συμφωνία μεταξύ των ευρημάτων και της βιβλιογραφίας, έτσι ώστε η θεωρία που έχει δημιουργηθεί να επαναλαμβάνει, ενισχύει, ή επεκτείνει την υφιστάμενη βιβλιογραφία. Η συμφωνία με την υφιστάμενη θεωρία (σε άλλα πεδία αναφοράς) ενδυναμώνει τη παραγόμενη θεωρία οδηγώντας τη σε υψηλότερα θεωρητικά επίπεδα. Μια περισσότερο αφαιρετική θεωρία έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να είναι εφαρμόσιμη σε περισσότερα ερευνητικά πεδία.
- (ii) Διαφωνία μεταξύ των ευρημάτων και της βιβλιογραφίας. Τα σημεία και η φύση κάθε διαφωνίας, απαιτούν εξέταση και πειστικά επιχειρήματα που να αιτιολογούν τις διαφορές. Στην ερμηνευτική έρευνα τέτοιες διαφωνίες συχνά συμβαίνουν, λόγω διαφορετικής προσέγγισης στην ερμηνεία των δεδομένων, ή λόγω της ιδιομορφίας μιας περίπτωσης. Τέτοιες διαφωνίες απαιτούν περισσότερη ανάλυση, διερεύνηση και επανεξέταση των δεδομένων με νέες οπτικές γωνίες ή τον προσδιορισμό των παραγόντων που μπορούν να ερμηνεύσουν τις διαφορές.

Συμπερασματικά, αυτό το στάδιο οδηγεί σε κριτική επανεκτίμηση των ευρημάτων και επαναξιολόγηση των δεδομένων με νέες οπτικές γωνίες, που οδηγεί στη δημιουργία θεωρίας σε υψηλότερο και περισσότερο αφηρημένο επίπεδο. Το γεγονός αυτό ενδυναμώνει τη θεωρία και αυξάνει την εφαρμοσιμότητά της σε διαφορετικά πεδία έρευνας. Επεκτάσεις της υφιστάμενης βιβλιογραφίας και εναρμόνιση αυτής με αντικρουόμενη βιβλιογραφία προσδιορίζουν και την ολοκλήρωση της ερευνητικής διαδικασίας.



## 5. ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Ένα από τα βασικά προβλήματα του ανοιχτού λογισμικού όσον αφορά στην υιοθέτησή του, είναι η αβεβαιότητα για το μέλλον και τη βιωσιμότητά του [19-22]. Αυτό οφείλεται στην ιδιαιτερότητα του ανοιχτού λογισμικού ως προς το μοντέλο ανάπτυξής του. Δηλαδή, στο γεγονός ότι η δημιουργία του έχει προέλθει από μια ομάδα προγραμματιστών-μελών, από διαφορετικές γεωγραφικές τοποθεσίες που είναι πολύ πιθανό να μη γνωρίζονται μεταξύ τους και που τα κίνητρα και οι στόχοι που τους συνδέουν ως ομάδα μπορεί να είναι εκ διαμέτρου αντίθετα. Συνεπώς το ενδεχόμενο διάλυσης αυτής της ομάδας-κοινότητας και η επακόλουθη εγκατάλειψη του προγράμματος είναι αρκετά υψηλό.

Το γεγονός αυτό είναι φυσικό να προβληματίζει τους χρήστες ως προς το ρίσκο της υιοθέτησης ενός λογισμικού με μικρό κύκλο ζωής. Συνήθως το ρίσκο αυτό δεν περιλαμβάνει άμεσες απώλειες σε χρήματα, καθώς το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιείται δωρεάν. Εντούτοις, εμπεριέχει έμμεσο κόστος ως προς το χρόνο εκμάθησης και λειτουργίας. Το κόστος αυτό σε περίπτωση εταιρειών, μπορεί να μετατραπεί και σε μεγάλο χρηματικό κόστος, λόγω των χαμένων ανθρωπωρών.

Έτσι σε πολλές περιπτώσεις, τα προϊόντα που δεν υποστηρίζονται από ιδιωτικές εταιρείες, όπως για παράδειγμα η Red Hat, ή από πολύ μεγάλες κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ με ευρέως διαδεδομένα λογισμικά όπως τα Linux και Apache, ενδέχεται να έχουν μικρή βιωσιμότητα. Είναι χαρακτηριστικό ότι στη δημοφιλή πλατφόρμα ανάπτυξης ανοιχτού λογισμικού SourceForge, ενώ υπάρχουν πάνω από 300.000 εγγεγραμμένα προγράμματα, μεγάλο ποσοστό από αυτά παραμένουν ανενεργά μετά την εγγραφή τους [238]. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν επίσης και οι Stewart et al [239].

Συνεπώς, ο καθορισμός των παραγόντων που ανάγουν ένα ανοιχτό λογισμικό σε βιώσιμο σε ένα εύλογο βάθος χρόνου, αποτελεί αντικείμενο υψηλού ενδιαφέροντος, καθώς οι παράγοντες αυτοί μπορούν να αποτελέσουν σημαντικά κριτήρια για την υιοθέτηση και αποδοχή του από άτομα και εταιρείες.

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στην δημιουργία ενός μοντέλου που θα προσδιορίζει εκείνους τους παράγοντες για τη πρόβλεψη της βιωσιμότητας των προγραμμάτων ανοιχτού λογισμικού. Λόγω της μεθοδολογίας ανάπτυξης του ανοιχτού λογισμικού και της μεγάλης εξάρτησής του από την κοινότητα από την οποία προέρχεται, η μελέτη δε θα μπορούσε να είναι ανεξάρτητη της κοινότητάς του. Συνεπώς, αναζητούνται χαρακτηριστικά και παράγοντες που προσδιορίζουν τη κοινότητα του λογισμικού. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται εμπειρικά στοιχεία που περιγράφουν τις κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ και που προέρχονται από τη δημοφιλή πλατφόρμα ανάπτυξης ανοιχτού λογισμικού SourceForge.

Η δομή του κεφαλαίου έχει ως ακολούθως: Αρχικά, παρουσιάζονται το μοντέλο ανάπτυξης ανοιχτού λογισμικού, οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται, καθώς και περιγραφή της πύλης SourceForge. Ακολουθεί η βιβλιογραφική επισκόπηση που αφορά στην έρευνα για τη βιωσιμότητα των προγραμμάτων ΕΛ/ΛΑΚ και το προτεινόμενο εννοιολογικό μοντέλο βιωσιμότητας. Στην ενότητα 5.5 παρουσιάζεται η μεθοδολογία άντλησης των εμπειρικών δεδομένων από ένα υποσύνολο της βάσης SourceForge, καθώς και η σχεσιακή βάση δεδομένων και τα σχετικά ερωτήματα. Στην ενότητα 5.6 παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση των δεδομένων και τα σχετικά αποτελέσματα. Τα τελικά συμπεράσματα συνοψίζονται στην ενότητα 5.7.

### 5.1 Το καινοτόμο μοντέλο ανάπτυξης του ανοιχτού λογισμικού

Το μοντέλο ανάπτυξης ανοιχτού λογισμικού ουσιαστικά είναι η ταχεία και άμεση δημιουργία λογισμικού μέσα σε ένα ανοιχτό και συνεργατικό περιβάλλον. Βασίζεται στη

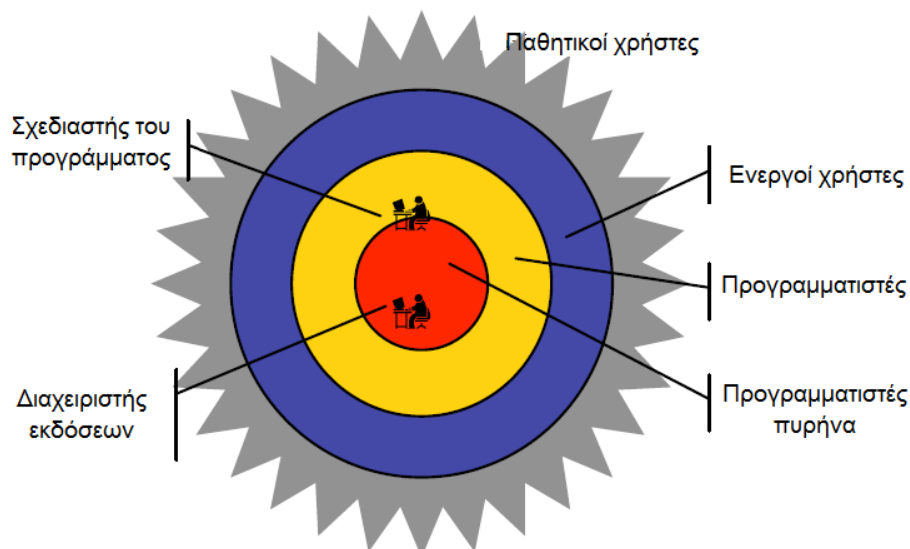
συνεργασία διαφορετικών ατόμων, από οποιοδήποτε μέρος του κόσμου που συναντώνται με τη φυσική τους υπόσταση σπάνια, αν όχι ποτέ. Οι κοινότητες που αναλαμβάνουν έργα ελεύθερου λογισμικού μοιάζουν περισσότερο με οργανωμένες ομάδες όπου οι συμμετέχοντες κατά μια έννοια ανακάλυψαν ο ένας τον άλλον και ενώνουν τις ατομικές ικανότητές τους με τρόπο ώστε να ενσωματωθούν και να λειτουργήσουν συνεργατικά.

Οι κοινότητες είναι αυτόνομες, δηλαδή δεν υπάρχει κάποιος μεγάλος οργανισμός ή κυρίαρχο συμβαλλόμενο μέλος κάτω από το οποίο να γίνεται η συνεργασία αυτή, ενώ οι παραδοσιακές μέθοδοι και διαδικασίες ανάπτυξης αντικαθίστανται από πιο ελεύθερες, χωρίς προκαθορισμένο συντονισμό. Ωστόσο, πολλά έργα ΕΛ/ΛΑΚ συνήθως έχουν έναν ή περισσότερους βασικούς διαχειριστές (που συχνά είναι εκείνοι που αρχικά συνέλαβαν την ιδέα του έργου) και οι οποίοι αποφασίζουν τι είδους σχεδιαστικές αλλαγές θα γίνουν στο βάση του κώδικα, τι θα εκδοθεί στο κοινό, ποια προβλήματα θα διορθωθούν, κλπ.

Ο Eric Raymond (ο οποίος επινόησε και τον όρο «ανοιχτό λογισμικό») στο γνωστό βιβλίο του «The Cathedral and the Bazaar» [28] παρομοιάζει το μοντέλο και τα μέλη της κοινότητας ΕΛΛΑΚ με ένα παζάρι, όπου τα μέλη της κοινότητας όπως οι έμποροι, αποφασίζουν αυτόνομα για το μέγεθος και το είδος της συνεισφοράς τους στην ανάπτυξη ενός έργου. Αντίθετα, ο κόσμος του εμπορικού λογισμικού με τον παραδοσιακό τρόπο ανάπτυξης παρομοιάζεται με μητρόπολη, η οποία ακολουθώντας το αυστηρό πρωτόκολλο, αναπτύσσεται αργά υπό τις οδηγίες μιας κεντρικής εξουσίας.

### 5.1.1 Κατηγοριοποίηση των μελών της κοινότητας ΕΛ/ΛΑΚ

Τα μέλη μιας κοινότητας παρουσιάζουν μεγάλη ανομοιογένεια και ποικίλουν από απλούς χρήστες που θέλουν να δοκιμάσουν το πρόγραμμα, κατασκόπους (lurkers) που αναζητούν ιδέες και κώδικα, τακτικούς συμμετέχοντες που προσφέρουν το έργο τους χωρίς αμοιβή, μέχρι υπαλλήλους πλήρους απασχόλησης (που πληρώνονται, αν και πιο σπάνια). Σε γενικές γραμμές, υπάρχει μια στοιχειώδης ιεραρχική δομή των ατόμων και των διαδικασιών στις ομάδες ανάπτυξης ανοιχτού λογισμικού. Οι Crowston et al [240] προτείνουν μια ιεραρχική δομή που παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-1.



Σχήμα 5-1. Ιεραρχική δομή μελών κοινότητας ΕΛ/ΛΑΚ [240]

Σύμφωνα με τη δομή αυτή, κεντρικό ρόλο έχουν ο *σχεδιαστής του προγράμματος*, ο οποίος και συνέλαβε την ιδέα δημιουργίας του λογισμικού και οι *βασικοί προγραμματιστές πυρήνα* (core developers). Είναι αυτοί με τη μεγαλύτερη συνεισφορά σε κώδικα, οι οποίοι επιβλέπουν το σχεδιασμό και την εξέλιξη του έργου. Το μέγεθος της ομάδας αυτής είναι συνήθως μικρό για μεγαλύτερη ευελιξία, έλεγχο και



εξοικονόμηση χρόνου που μπορεί να χαθεί στο μεταξύ τους συντονισμό. Σε πολλές περιπτώσεις ο σχεδιαστής και οι βασικοί προγραμματιστές μπορεί να είναι το ίδιο ή τα ίδια πρόσωπα.

Γύρω από αυτή τη βασική ομάδα βρίσκονται οι *συνεργάτες προγραμματιστές* (co-developers). Τα άτομα αυτά συνεισφέρουν σποραδικά – και όποτε αυτοί το θελήσουν – να ελέγχουν, να μεταβάλλουν και να διορθώνουν σφάλματα (bugs) του κώδικα. Τα άτομα της ομάδας αυτής έχουν τη δυνατότητα να μεταφερθούν σε ανώτερο επίπεδο και να γίνουν προγραμματιστές πυρήνα, αν επιδείξουν ικανότητα και ενεργητικότητα. Όπως είναι λογικό, το μέγεθος της ομάδας των συνεργατών μπορεί (και πρέπει) να είναι πολύ μεγαλύτερο από τη βασική ομάδα, γιατί το απαιτούμενο επίπεδο αλληλεπίδρασης είναι πολύ χαμηλότερο. Επίσης, είναι σημαντικό αυτή η ομάδα να έχει μεγάλο μέγεθος, καθώς αποτελεί και τη βασική ομάδα αποσφαλμάτωσης και βελτίωσης του κώδικα.

Στο επόμενο επίπεδο βρίσκονται οι *ενεργοί χρήστες* (active users). Αυτοί αποτελούνται είτε από παθητικούς προγραμματιστές που παρακολουθούν το πρόγραμμα για μελλοντική συμμετοχή, ή προσωπική τους χρήση, είτε από μη προγραμματιστές που χρησιμοποιούν τις τελευταίες εκδόσεις του λογισμικού και έχουν ενεργό συμμετοχή στη διαμόρφωση του. Για παράδειγμα, υποβάλλουν προτάσεις βελτίωσης, ιδέες για νέα χαρακτηριστικά αλλά και αναφορές σφαλμάτων. Επίσης ενδέχεται να βοηθήσουν στη συγγραφή τεκμηρίωσης και να απαλλάξουν τους προγραμματιστές από απορίες των απλών χρηστών σε θέματα μεταγλώττισης, ρύθμισης και χρήσης του λογισμικού.

Στο τελευταίο επίπεδο βρίσκονται οι *παθητικοί χρήστες* (passive users), οι οποίοι δε συνεισφέρουν με κάποιο τρόπο, αλλά απλώς χρησιμοποιούν το λογισμικό. Τα όρια αυτής της ομάδας είναι απροσδιόριστα, αφού οποιοσδήποτε μπορεί να «κατεβάσει» και εγκαταστήσει το λογισμικό.

Λόγω του σχήματός της, η δομή στο Σχήμα 5-1 πήρε την ονομασία «κρεμμυδοειδής» («onion-like»), καθώς τα διαφορετικά επίπεδα προγραμματιστών-χρηστών περιβάλλει το ένα το άλλο όπως στο κρεμμύδι. Μια τέτοιας μορφής δομή είναι η κοινότητα του Linux. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό στο Linux είναι ο μικρός και συμπαγής πυρήνας του. Το σύστημα επεκτείνεται με την προσάρτηση ανεξάρτητων λειτουργικών μονάδων (modules), τα οποία είναι έτσι σχεδιασμένα ώστε να μπορούν να προσαρτηθούν στο πυρήνα χωρίς να επηρεάζονται τα άλλα μέρη του προγράμματος [7].

### 5.1.2 Διαδικασίες οργάνωσης και συντονισμού

Οι διαδικασίες οργάνωσης και συντονισμού δεν είναι ίδιες για κάθε κοινότητα και ο βαθμός του φορμαλισμού που ακολουθείται στις κλασικές μεθόδους τεχνολογίας λογισμικού (Software Engineering) ποικίλει ανάλογα με την ιδεολογία και τους στόχους της κοινότητας, αλλά και τη συμμετοχή ή υποστήριξη από εταιρείες λογισμικού [30, 241]. Για παράδειγμα η κοινότητα Mozilla [242] έχει πιο αυστηρές διαδικασίες και ελέγχους που υποβάλλει η ομάδα του πυρήνα και η οποία προέρχεται από τους κόλπους της εταιρείας Mozilla Corporation.

Επίσης στο Debian Project οι διαχειριστές εκλέγονται με ανοιχτές διαδικασίες, αλλά συγκεντρώνουν μεγάλη εξουσία και έλεγχο στο πρόγραμμα. Έχουν καταγραφεί διαφορετικές προσεγγίσεις διαχείρισης έργου (project management) στα διάφορα έργα ΕΛ/ΛΑΚ. Σύμφωνα με τον Gallivan [243] η διαχείριση στηρίζεται περισσότερο σε μηχανισμούς κοινωνικού ελέγχου παρά εμπιστοσύνης. Έτσι δημιουργούνται κοινωνικές νόρμες και κουλτούρα που εφαρμόζονται συνήθως από την ομάδα πυρήνα [16, 240]. Καθώς τα μέλη της ομάδας θεωρούνται ομότιμα, η διαδικασία αξιολόγησης γίνεται με τη μέθοδο peer review, δηλαδή αξιολογεί το κάθε μέλος το άλλο.

### 5.1.3 Τεχνολογία λογισμικού

Η υλοποίηση των προγραμμάτων ακολουθεί μια «από κάτω προς τα πάνω» (bottom up) διαδικασία, όπου το μεγαλύτερο μέρος του κώδικα προέρχεται από τη βάση των συνεργατών προγραμματιστών. Το κλειδί στον τρόπο ανάπτυξης του λογισμικού από μιας τέτοιας μεγάλης κλίμακας προγραμματιστές, είναι η σπονδυλωτή ή αρθρωτή δομή κώδικα (modularity), όπου υλοποιείται με κατακερματισμό των λειτουργιών και η χρησιμοποίηση αυτοτελών λειτουργικών μονάδων κώδικα (module). Έτσι ο κάθε προγραμματιστής μπορεί να δουλεύει ανεξάρτητα και να καταθέτει το δικό του (ή δικά του) modules που θα συνθέσουν το πάζλ της τελικής έκδοσης. Σύμφωνα με τους Feller και Fitzgerald [244] τα στάδια στη δημιουργία μιας έκδοσης λογισμικού είναι:

- Συγγραφή του module (*code writing*) και κατάθεσή του στη κοινότητα για αξιολόγηση.
- Αξιολόγηση από ένα δίκτυο ομότιμων προγραμματιστών (*peer review*)
- Αρχικός έλεγχος των module πριν τη καταχώρηση (*pre-commit test*)
- Έκδοση υπό ανάπτυξη (*development release*). Εφόσον περάσει τους αρχικούς ελέγχους ο κώδικας που συνεισφέρουν οι διάφοροι προγραμματιστές, συμπεριλαμβάνεται σε μια δοκιμαστική έκδοση μέσα σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Αυτό αποτελεί και σημαντικό κίνητρο για τους εθελοντές προγραμματιστές που βλέπουν το κώδικά τους να χρησιμοποιείται.
- Παράλληλη αποσφαλμάτωση (Parallel debugging). Η δοκιμαστική έκδοση προσφέρεται στη κοινότητα για κρίση. Ακολουθείται δηλαδή η λογική του Linus Torvalds (Linus's Law) ότι «...δεδομένων πολλών ματιών, κάθε σφάλμα μπορεί να αποκαλυφθεί...» («...given enough eyeballs every bug is shallow..»). Κατά τη λογική αυτή, όσο περισσότεροι βλέπουν τον κώδικα, τόσο πιο πιθανό είναι να βρεθεί και διορθωθεί το σφάλμα σε μικρό χρόνο. Ο μικρός χρόνος αποσφαλμάτωσης επιτρέπει και τις συχνές εκδόσεις.
- Έκδοση λογισμικού (Production release). Μια σχετικά σταθερή έκδοση δημοσιοποιείται.

Στα στοιχεία αυτά συμπεριλαμβάνεται το γεγονός ότι οι απαιτήσεις (specification and requirement analysis) του προγράμματος δεν είναι απαραίτητο να περιλαμβάνονται (τουλάχιστον όλες) στον αρχικό σχεδιασμό, καθώς το έργο ΕΛ/ΛΑΚ είναι μια on-going διαδικασία, όπου μπορεί να μεταβάλλεται και διαμορφώνεται ανάλογα με τις απαιτήσεις που θέτουν οι εθελοντές προγραμματιστές και η κοινότητα γενικότερα. Η αρθρωτή δομή στον κώδικα επιτρέπει αυτή τη διαδικασία, αφού εάν αφαιρεθεί κάποιο ή κάποια τμήματα κώδικα ο βασικός πυρήνας παραμένει ανεπηρέαστος.

Επίσης, είναι σημαντικό το ότι δίνεται η δυνατότητα εφαρμογής νέων ιδεών, χωρίς τη προηγούμενη έγκριση ή το συντονισμό της ομάδας πυρήνα. Με αυτό τον τρόπο εξοικονομείται επιπλέον χρόνος για την επόμενη έκδοση.

### 5.1.4 Εργαλεία ανάπτυξης ανοιχτού λογισμικού

Λόγω του ότι οι εθελοντές προγραμματιστές μπορεί να αριθμούν ακόμα και σε χιλιάδες και το ότι βρίσκονται σε διαφορετικά μέρη ανά το κόσμο, στο μοντέλο ανοιχτού λογισμικού χρησιμοποιούνται κάποια εργαλεία τα οποία διευκολύνουν την άμεση επικοινωνία και συντονισμό των εργασιών. Μερικά από αυτά είναι [16, 30]:

- επικοινωνία και μηνύματα μέσω των καταλόγων email lists του έργου

- συζητήσεις με συνδεδεμένα μηνύματα (threaded messages, discussion forum), πίνακες ανακοινώσεων (bulletin boards) και blogs της κοινότητας
- κατάλογοι ενημέρωσης (news postings),
- σύγχρονη ανταλλαγή μηνυμάτων και συνομιλία (instant messaging or Internet Relay Chat -IRC)

Επίσης, σε συνδεδεμένες με τη κοινότητα ιστοσελίδες μπορεί να αναρτηθούν:

- έτοιμα σενάρια χρήσης (scenarios of usage),
- οδηγίες (how-to guides),
- εργασίες που πρέπει να γίνουν (to-do lists),
- απαντήσεις σε συχνές ερωτήσεις (Frequently Asked Questions-FAQ) ή άλλα κρίσιμα στοιχεία
- Wikis, όπου μπορεί ο κάθε συμμετέχων να αναρτήσει μια πληροφορία
- κλασσική τεκμηρίωση συστήματος (system documentation)

Τέλος, άλλα στοιχεία που χρησιμοποιούνται είναι

- Αρχεία περιγραφής της άδειας χρήσης που χρησιμοποιεί το έργο και τα οποία περιγράφουν το περιεχόμενο του λογισμικού και πως αυτό μπορεί να διαμοιραστεί, μεταβληθεί και αναδιανεμηθεί.
- Διαγράμματα της τρέχουσας αρχιτεκτονικής του ανοιχτού λογισμικού
- Διαλειτουργικότητα με άλλες εφαρμογές που μπορεί να υλοποιηθεί με κατάλληλες γλώσσες scripting (scripting languages), όπως η Perl και η php και ικανότητα να ενσωματώνει modules ή scripts από άλλα έργα ΕΛ/ΛΑΚ.

Για την παράλληλη ανάπτυξη και αξιολόγηση του κώδικα χρησιμοποιούνται ειδικά διαμορφωμένα συστήματα όπως:

- Συστήματα ελέγχου έκδοσης (version control systems), π.χ. CVS (Concurrent Versions System), SVN (Subversion), Arch. Επιτρέπουν σε πολλούς ανθρώπους να εργαστούν πάνω στον ίδιο βασικό κώδικα ταυτόχρονα και να παρακολουθούν ποιος κάνει ποια αλλαγή.
- Συστήματα ανίχνευσης σφαλμάτων (bug tracking systems), π.χ. Bugzilla. Χρησιμοποιούνται για να κερδίσουν ανατροφοδότηση (feedback) από τους χρήστες. Χρησιμοποιούνται συχνά για να αποθηκεύσουν και τις πραγματικές εκθέσεις σφαλμάτων (bug reports) καθώς επίσης και τα αιτήματα χαρακτηριστικών γνωρισμάτων.
- Αυτόματες κατασκευές (Automatic builds), π.χ. tinderbox. Διασφαλίζουν ότι ο νεότερος κώδικας στο σύστημα ελέγχου έκδοσης χτίζεται ακόμα. Οι δοκιμές κατασκευής μπορούν να γίνουν σε διαφορετικά περιβάλλοντα υλικού (hardware) ή λογισμικού (software).

Η πρόσβαση στα στοιχεία αυτά βρίσκονται στη διάθεση οποιουδήποτε θα ήθελε να συμμετέχει, μέσω διαδικτυακών πυλών κατασκευασμένων ειδικά για την παραγωγή ανοιχτού λογισμικού. Η χρήση του διαδικτύου κάνει δυνατή την άμεση δημοσιοποίηση όλων των παραπάνω πληροφοριών, γεγονός που αφενός επιτρέπει την εξ αποστάσεως συνεργασία και αφετέρου επιδρά θετικά στη συμμετοχή των εθελοντών προγραμματιστών.

Τέτοιες πύλες είναι για παράδειγμα οι SourceForge.net, Savannah.org, Freshment.org, Tigris.org, Apache.org, Mozilla.org όπου είναι δυνατή η κατασκευή πολλών διαφορετικών έργων ΕΛ/ΛΑΚ. Άλλες πύλες είναι κατασκευασμένες ειδικά για ένα έργο ΕΛ/ΛΑΚ (π.χ. Debian) και τέλος υπάχρουν και οι πύλες-κατάλογοι πηγαίου κώδικα έργων ΕΛ/ΛΑΚ (directories), κ.α.

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τη πύλη SourceForge, το περιεχόμενο της οποίας περιγράφεται στην επόμενη ενότητα.

## 5.2 Το περιβάλλον ανάπτυξης λογισμικού SourceForge

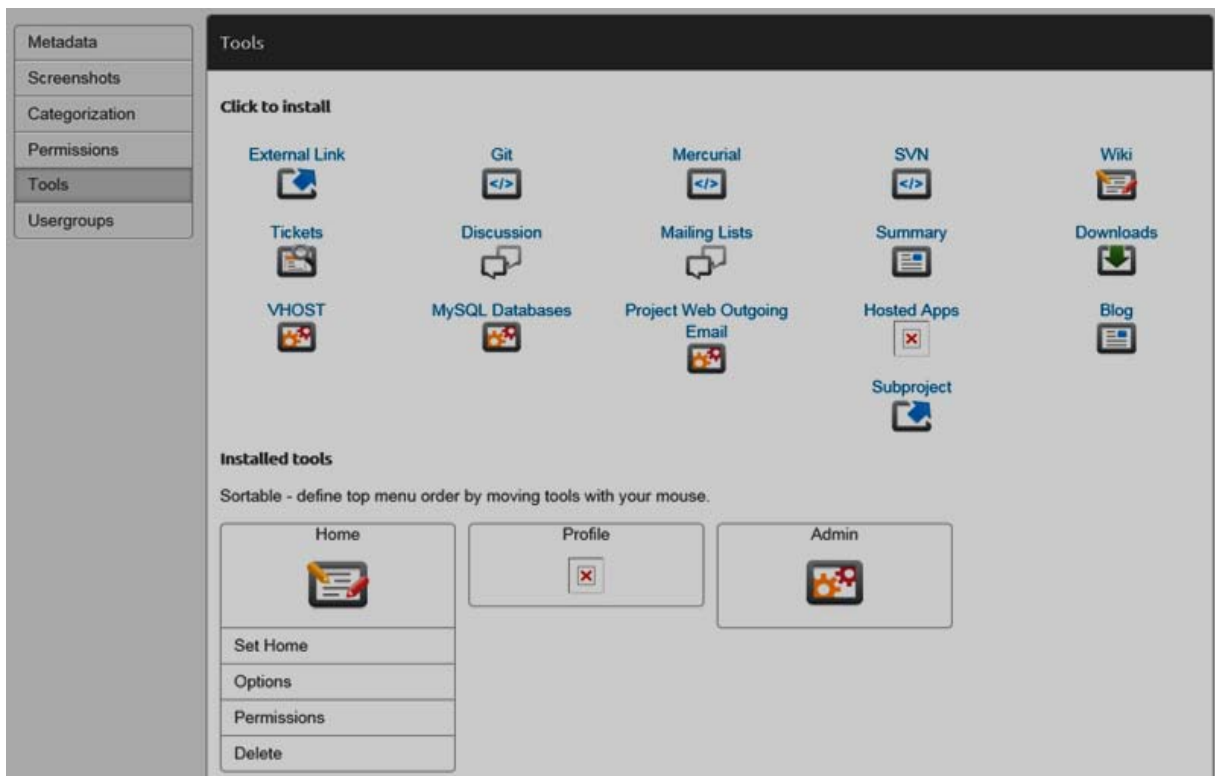
Η διαδικτυακή πύλη SourceForge, είναι η μεγαλύτερη πύλη ανάπτυξης ανοιχτού λογισμικού στον κόσμο, με αποθηκευμένο το μεγαλύτερο ποσό πηγαίου κώδικα που είναι διαθέσιμος στο Διαδίκτυο. Ανήκει και λειτουργεί από την Dice Holdings Inc. (μαζί με τις Slashdot και Freecode -παλαιότερη ονομασία Freshmeat). Η εταιρεία παρέχει δωρεάν υπηρεσίες με ελεύθερη πρόσβαση και φιλοξενία καθώς και εργαλεία για τους προγραμματιστές λογισμικού ανοιχτού κώδικα. Παρόμοιες ιστοσελίδες και ανταγωνιστές του SourceForge είναι το RubyForge, το Tigris.org, το BountySource, το Launchpad, το BerliOS, το JavaForge και το GNU Savannah.

Ο ιστοτόπος SourceForge.net υποστηρίζεται από μία βάση δεδομένων που περιλαμβάνει ιστορικά και στατιστικά στοιχεία με πάνω από 300.000 έργα ανοιχτού λογισμικού (projects) και περισσότερες από 850.000 δραστηριότητες προγραμματιστών και 3,4 εκατομμύρια εγγεγραμμένων χρηστών. Η ιστοσελίδα του sourceforge.net προσέλκυσε τουλάχιστον 46 εκατομμύρια επισκέπτες (Δεκέμβριος του 2012) και αριθμεί πάνω από 4.000.000 downloads την ημέρα. Οποιοδήποτε χρήστης μπορεί μπαίνοντας στο ιστοτόπο της SourceForge.net να επιλέξει ανάμεσα από μία πληθώρα εφαρμογών, να την κατεβάσει δωρεάν και να την εγκαταστήσει στον προσωπικό του υπολογιστή.

Κάθε χρήστης μπορεί να εγγραφεί δωρεάν στον ιστοτόπο για να δημιουργήσει τα δικά του έργα (project) και να συνεισφέρει κώδικα και αρχεία. Το Sourceforge παρέχει στην κοινότητα ανάπτυξης ΕΛ/ΛΑΚ έναν αριθμό εργαλείων βασισμένων στον παγκόσμιο ιστό (Εικόνα 5-1). Επίσης υπάρχουν εργαλεία για τη διευκόλυνση της διαχείρισης των έργων, τα οποία στο σύνολό τους αποτελούν το Σύστημα Συνεργατικής Ανάπτυξης του SourceForge (SourceForge Collaborative Development System).

Οι υπηρεσίες που προσφέρει το SourceForge περιλαμβάνουν:

- οδηγίες και τεκμηρίωση χρήσης σχετικά με τις υπηρεσίες που παρέχει το SourceForge,
- on-line υποστήριξη (μέσω email, IRC, ή ticket),
- σύστημα διαχείρισης του έργου (Project control) Οι διαχειριστές μπορούν να ελέγχουν τη λίστα των μελών της ομάδας και να δίνουν δικαιώματα ανάλογα με το επίπεδο συμμετοχής στο έργο. Επίσης, οι διαχειριστές μπορούν να επιλέξουν και ρυθμίσουν τις υπηρεσίες του SourceForge, σύμφωνα με τις ανάγκες του έργου,
- στατιστικά στοιχεία για το πρόγραμμα (π.χ. αρχεία εκδόσεων) και για τη χρήση και κίνηση των χρηστών στον ιστοτόπο (web analytics),
- έναν αξιόπιστο web server βασισμένο στον Apache 2.2.x., που παρέχει υπηρεσίες για το έργο (Project web), όπως στατικό HTML περιεχόμενο, Content Management System (CMS) για το περιεχόμενο του έργου, περιβάλλον δοκιμών, δυνατότητα χρησιμοποίησης άλλων διαδικτυακών εφαρμογών που θα διευκολύνουν την κοινότητα του έργου, κ.α.,



**Εικόνα 5-1. Υπηρεσίες διαχείρισης έργων SourceForge**

- βάση δεδομένων για τα στοιχεία κάθε έργου (σε mySQL) και εργαλεία διαχείρισης της βάσης (phpMyAdmin),
- προσωπικό HTML περιεχόμενο για τους προγραμματιστές του έργου, όπου μπορεί ο κάθε προγραμματιστής να δημοσιοποιεί στοιχεία σχετικά με το επαγγελματικό του προφίλ, κλπ. (Developer web),
- Σύστημα διαχείρισης του πηγαίου κώδικα (source code management - SCM). Οι διαχειριστές μπορούν να επιλέξουν ανάμεσα στα Subversion (SVN), Git, Mercurial, Bazaar, Concurrent Version System (CVS). Αρχικά το SourceForge υποστήριζε το CVS, το οποίο χρησιμοποιείται από την πλειοψηφία των έργων. Πρόσφατα το SVN, αποτελεί ένα πιο μοντέρνο και αναβαθμισμένο εργαλείο για τη διαχείριση του κώδικα, γι' αυτό και ανεβαίνει στη προτίμηση των διαχειριστών.
- Σύστημα διαχείρισης αρχείων που επιτρέπει στους προγραμματιστές να διαχειρίζονται τα αρχεία τους, τα αρχεία του έργου και να «ανεβάζουν» (upload) αρχεία στο σύστημα που κρατάει αρχείο των διαφόρων εκδόσεων File Release System (FRS).
- Δυνατότητα δημοσιοποίησης των στοιχείων του έργου, με νέα, ανακοινώσεις εκδόσεων, κτλ:
- Mailing lists που διευκολύνουν την επικοινωνία των μελών της ομάδας (προγραμματιστές και χρήστες) και προσφέρουν ενημέρωση για στοιχεία του έργου όπως υποβολή νέου κώδικα (source code commits), ανίχνευση αλλαγών σε tickets, κ.α. Η υπηρεσία βασίζεται στο GNU Mailman 2.1
- Φόρουμ συζητήσεων (phpBB forums)
- Δυνατότητα αποθήκευσης αντιγράφων των δεδομένων (backups)
- Αντίγραφα των αρχείων είναι διαθέσιμα σε διακομιστές-καθρέπτες (mirrors), για γρήγορο κατέβασμα αρχείων.

### 5.2.1 Περιεχόμενο της βάσης SourceForge

Η πύλη SourceForge υποστηρίζεται από μια βάση δεδομένων όπου διατηρούνται όλα τα στοιχεία που αφορούν στο έργο και στα μέλη της ομάδας έργου. Η Dice Inc. έχει διαθέσει ορισμένα δεδομένα της SourceForge.net στο Πανεπιστήμιο της Notre Dame με αποκλειστικό σκοπό τη στήριξη ακαδημαϊκών και επιστημονικών ερευνών σχετικά με το Ανοιχτό Λογισμικό. Υπάρχουν πάνω από 100 σχέσεις (πίνακες) με δεδομένα που παρέχει στο Πανεπιστήμιο της Notre Dame [245]. Η SourceForge.net τροποποιεί τα δεδομένα προς διάθεση έτσι ώστε να απαλείψει στοιχεία προσωπικών δεδομένων των χρηστών και αφαιρεί ότι έχει σχέση με την λειτουργικότητα της ιστοσελίδας. Σε συνέχεια, σε μηνιαία βάση, ένα πλήρες αντίγραφο της βάσης δεδομένων (χωρίς προσωπικά δεδομένα και δεδομένα ασφάλειας) διατίθεται από το Πανεπιστήμιο της Notre Dame προς την υπόλοιπη πανεπιστημιακή κοινότητα.

Οι ερευνητές του Πανεπιστημίου της Notre Dame έχουν δημιουργήσει μια βάση δεδομένων που αποτελείται από τα μηνιαία αντίγραφα, όπου κάθε μήνας αποθηκεύεται σε ένα ξεχωριστό σχήμα (schema). Έτσι, κάθε μήνα η βάση περιέχει μία εικόνα της κατάστασης όλων των έργων της SourceForge.net την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Τον Ιούνιο του 2005, η βάση δεδομένων ήταν πάνω από 200 Gbytes σε μέγεθος, και έχει διαπιστωθεί ότι αυξάνεται με ρυθμό περίπου 30 Gbytes το μήνα. Πολλά από τα στοιχεία είναι ίδια, μεταξύ των μηνιαίων βάσεων, αλλά οι τάσεις ή αλλαγές στις δραστηριότητες των έργων και η δομή μπορεί να ερευνηθεί με σύγκριση μεταξύ των μηνιαίων αντιγράφων. Μόνο πανεπιστημιακοί και ακαδημαϊκοί ερευνητές μπορούν να ζητήσουν γραπτώς από το Πανεπιστήμιο της Notre Dame (ΗΠΑ) να τους παρέχει πρόσβαση στα δεδομένα.

Οι πίνακες που περιέχονται στην αποθήκη δεδομένων (repository) διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

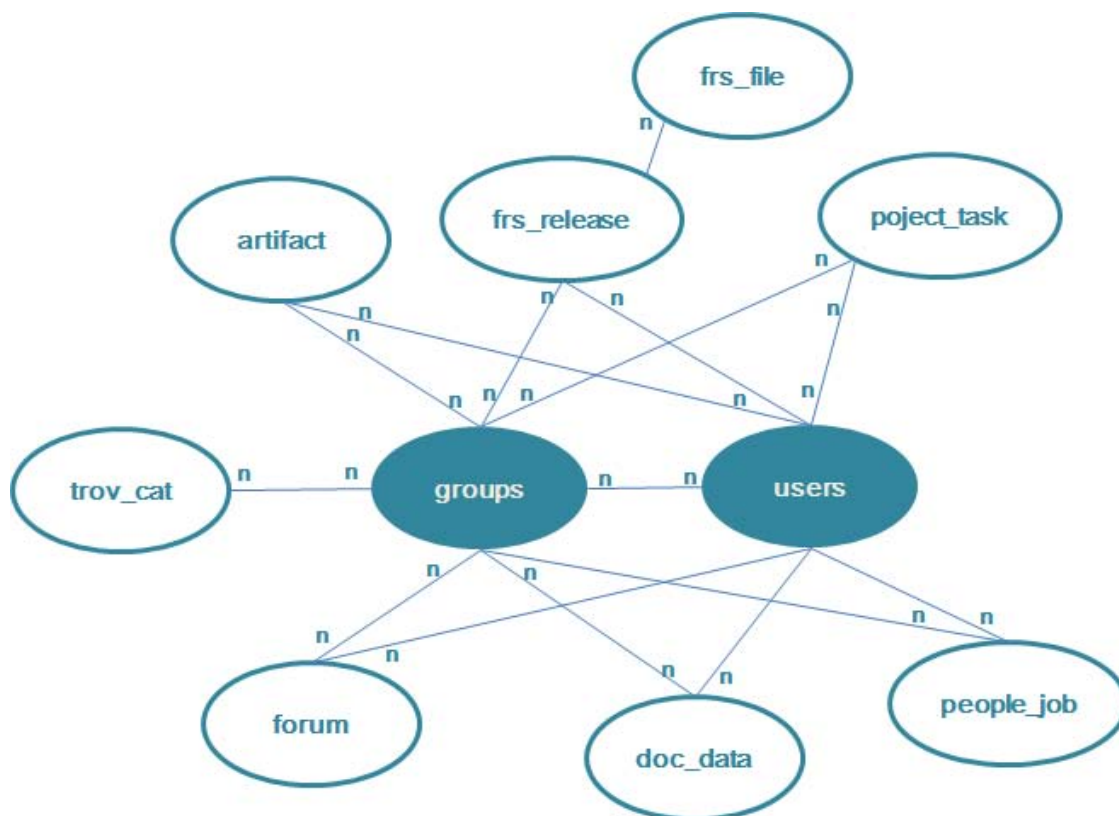
- Τους πίνακες που απαιτούνται για την λειτουργία της ιστοσελίδας του SourceForge π.χ. οι πίνακες user, group κτλ.
- Τους πίνακες που περιέχουν τα στατιστικά για ολόκληρη την κοινότητα, συμπεριλαμβανομένων και την καθημερινή πρόσβαση στις ιστοσελίδες, τον αριθμό των λήψεων ενός προγράμματος από τον διακομιστή (downloads) κτλ.
- Τους πίνακες με τα ιστορικά στοιχεία των υπόλοιπων πινάκων.

Οι πίνακες αποθηκεύονται σε μηνιαία βάση στο αντίστοιχο σχήμα (schema) με ονομασία της μορφής sfmmgy (όπου mm είναι ο μήνας και yy το έτος). Τα σχήματα ξεκινούν από τον Ιανουάριο του 2003 έως σήμερα, π.χ.:

- Ιανουάριος 2003 (sf0103)
- Νοέμβριος 2004 (sf1104)
- Δεκέμβριος 2004 (sf1204)
- ....

Κάθε σχήμα περιέχει πάνω από 70 πίνακες, αριθμός που μπορεί να μεταβάλλεται από μήνα σε μήνα. Στο Παράρτημα I αναφέρονται τα ονόματα των πινάκων της βάσης SourceForge για το μήνα Μάρτιο 2010 (σχήμα sf0310). Οι πίνακες με τα στατιστικά και ιστορικά στοιχεία δεν έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς τα στοιχεία τους μπορούν να εξαχθούν από τους βασικούς πίνακες με κατάλληλα ερωτήματα (queries). Επίσης, πολλοί από αυτούς υπάρχουν σε λίγα μόνο σχήματα και συνεπώς δεν έχουν χρονική συνέχεια. Εξαιρέση αποτελούν οι πίνακες που καταχωρούν τα ημερήσια downloads και

pageviews του κάθε έργου. Στο Σχήμα 5-2 παρουσιάζεται το διάγραμμα συσχετίσεων των βασικών οντοτήτων της βάσης (Entity Relationship –ER diagram).



Σχήμα 5-2. Διάγραμμα συσχετίσεων οντοτήτων της βάσης SourceForge

Οι βασικές οντότητες της βάσης είναι η ομάδα-κοινότητα του έργου (πίνακας *groups*) και οι προγραμματιστές-χρήστες (πίνακας *users*). Οι οντότητες αυτές πλαισιώνονται από οντότητες που περιγράφουν:

- τη δραστηριότητα των προγραμματιστών-χρηστών μέσα στην ομάδα (πίνακας *artifact*), όπως για παράδειγμα η ενημέρωση και διόρθωση σφαλμάτων (*bugs*), η υποβολή αιτημάτων για υποστήριξη (*support request*), κ.α.
- τα αρχεία και τα πακέτα εκδόσεων του κάθε έργου (πίνακες *frs\_file*, *frs\_release*)
- τα στοιχεία του κάθε έργου όσον αφορά στη διαχείριση και την κατανομή εργασιών σε προγραμματιστές-χρήστες (πίνακας *project\_task*)
- τη δραστηριότητα που παρουσιάζει μια κοινότητα στο forum της (πίνακας *forum*)
- στοιχεία της τεκμηρίωσης του έργου, εφόσον αυτή έχει δημιουργηθεί (πίνακας *doc\_data*),
- στοιχεία που αφορούν σε αγγελίες για προσφορά εργασίας, σε συγκεκριμένα έργα και για συγκεκριμένες εργασίες, όπως προγραμματιστές, δοκιμαστές, συγγραφείς τεκμηρίωσης, σχεδιαστές ιστοσελίδων, κλπ (πίνακας *people\_job*)
- στοιχεία που κατηγοριοποιούν το group, όπως η άδεια χρήσης, η κατηγορία του έργου (π.χ. λειτουργικό σύστημα, βάση δεδομένων, παιχνίδι, Content Management System (CMS) Enterprise Resource Planning (ERP), και πολλά άλλα είδη εφαρμογών), η συμβατότητα με ΛΣ, κλπ. (πίνακας *trov\_cat*)

Όπως φαίνεται στο σχήμα πολλές από τις οντότητες συνδέονται με σχέσεις «πολλά προς πολλά» (n-n). Για παράδειγμα ένα group μπορεί να έχει πολλούς users και ένας user μπορεί να συμμετέχει σε πολλά groups. Για το λόγο αυτό έχουν δημιουργηθεί

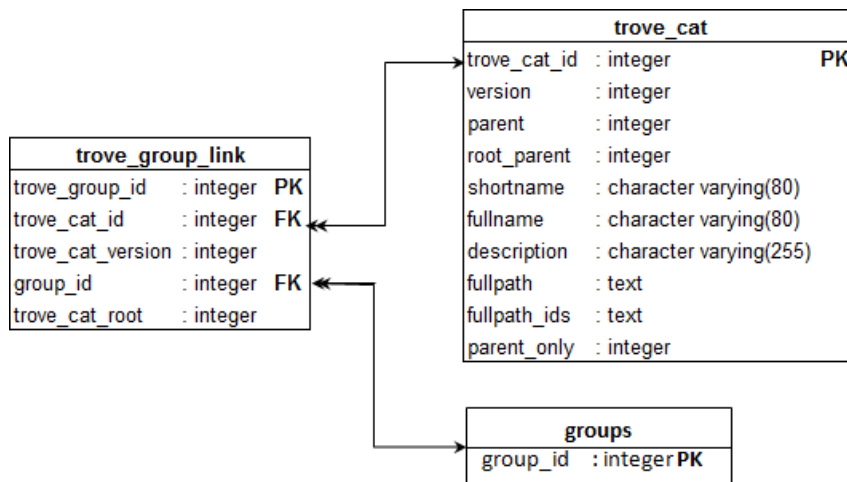
πίνακες σύνδεσης, οι οποίοι κανονικοποιούν τη βάση μετατρέποντας τις «πολλά προς πολλά» σχέσεις σε «ένα προς πολλά» (1-n). Για παράδειγμα, ο πίνακας *user\_group* συνδέει τις οντότητες *users*, *groups*.

Αναλυτικά, τα πεδία των βασικότερων πινάκων, καθώς και των πινάκων σύνδεσης παρουσιάζονται στο Παράρτημα II. Επίσης, αναφέρονται τα πρωτεύοντα (primary) και ξένα (foreign) κλειδιά (key) για κάθε πίνακα. Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται οι βασικές οντότητες της βάσης, όπως έχουν καταχωρηθεί στη βάση του Πανεπιστημίου Notre Dame [245].

### 5.2.2 Ο πίνακας groups.

Στον πίνακα αυτό περιέχονται στοιχεία σχετικά με το όνομα και το περιεχόμενο του έργου, την ημερομηνία δημιουργίας, τη διεύθυνση της ιστοσελίδας του καθώς και μια σειρά από χαρακτηριστικά, όπως, η χρήση CVS, φόρουμ, newsgroup, κ.α. Αναλυτικότερα, τα πεδία του πίνακα παρουσιάζονται στο Παράρτημα II.

Τα έργα κατηγοριοποιούνται από τη SourceForge, ανάλογα με: (α) το περιεχόμενό τους, (β) την άδεια χρήσης, (γ) τη συμβατότητά τους με τα διάφορα ΛΣ, (δ) τη γλώσσα ή γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται για την υλοποίησή του, (ε) το στάδιο εξέλιξης του έργου. Οι κατηγοριοποιήσεις αυτές περιλαμβάνονται στο πίνακα *tron\_cat*. Καθώς ένα έργο μπορεί να ανήκει σε πολλές κατηγορίες και η κάθε κατηγορία περιλαμβάνει πολλά έργα (σχέση «πολλά προς πολλά»), χρησιμοποιείται ο πίνακας *tron\_group\_link* που κανονικοποιεί τη σχέση. Το διάγραμμα συσχετίσεων φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.

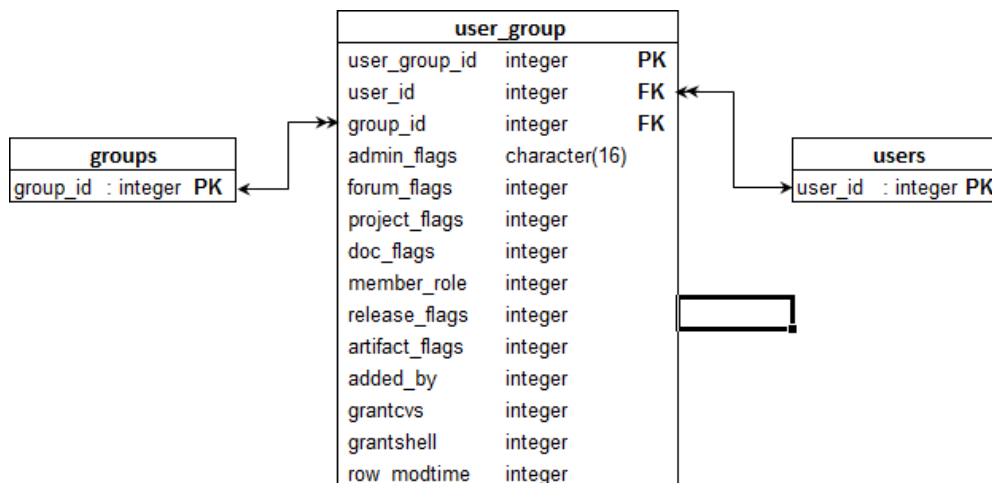


Σχήμα 5-3. Διάγραμμα συσχετίσεων για τους πίνακες groups και tron\_cat.

### 5.2.3 Ο πίνακας users.

Ο πίνακας *users* περιέχει τα βασικά στοιχεία των χρηστών, όπως η ημερομηνία εγγραφής τους (*add\_date*), η γλώσσα που χρησιμοποιούν (*language*) και η πόλη από την οποία προέρχονται (*timezone*). Αναλυτικά, ο ορισμός των πεδίων του πίνακα παρουσιάζεται στο Παράρτημα II. Η συσχέτιση του πίνακα *users* με τον πίνακα *groups*, καθώς αποτελεί σχέση «πολλά προς πολλά», φιλτράρεται μέσα από τον πίνακα *user\_group*, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.





Σχήμα 5-4. Διάγραμμα συσχέτισεων των πινάκων *users* και *groups*

### 5.2.4 Κατηγορίες αντικειμένων (artifacts)

Αντικείμενα (artifact) είναι ένας γενικός όρος που αντιπροσωπεύει τους διάφορους τύπους δραστηριοτήτων των μελών της κοινότητας του έργου. Η SourceForge έχει δημιουργήσει ένα σύστημα καταχώρησης (System Tracker) αναφορών για την εξέλιξη των διαφόρων αντικειμένων, όπου τα μέλη της κοινότητας μπορούν να ενημερώνονται για τα διάφορα θέματα που προκύπτουν και την εξέλιξή τους.

Ο τύπος των αντικειμένων καθορίζεται αυτόματα από το σύστημα και αφορά κυρίως σε αναφορά και επίλυση σφαλμάτων (bug reports), αιτήματα υποστήριξης (support request) και απαντήσεις τους, αιτήματα προσθήκης νέων λειτουργιών και χαρακτηριστικών στο πρόγραμμα (feature request) και ενημέρωση για την υλοποίησή τους, προσαρτήσεις κώδικα (patches) και λίστες με διάφορες εργασίες (TO DO Lists). Ωστόσο, τα έργα μπορούν επίσης να καθορίσουν το δικό τους τύπο αντικειμένων.

Στον επόμενο πίνακα, παρουσιάζονται μερικές από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενες κατηγορίες αντικειμένων (artifact) που μπορεί να συναντήσει κανείς στη βάση (συνολικά για το Μάρτιο του 2010 υπήρχαν 448 διαφορετικά είδη αντικειμένων). Για κάθε ένα από αυτά το σύστημα κρατά την ημερομηνία αναφοράς και επίλυσης ή υλοποίησης του αιτήματος.

Πίνακας 5-1. Οι συχνότερες κατηγορίες αντικειμένων εργασιών στη SourceForge (σε σύνολο 448).

	Κατηγορία artifact	Περιγραφή
1	Bugs	Σφάλματα
	Support request	Αιτήματα υποστήριξης
2	Patches	Προσαρτήσεις κώδικα για διόρθωση σφαλμάτων/ βελτίωση λειτουργίας
3	Feature request	Αιτήματα για νέες λειτουργίες και χαρακτηριστικά
4	To do	Πρόχειρη λίστα εργασιών
5	Module Feature Requests και Module Bugs	Σφάλματα και νέες λειτουργίες σε επίπεδο λειτουργικής μονάδας (Module)
6	User Reports	Επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργήσουν αναφορά σφαλμάτων και αιτημάτων λειτουργίας
7	Plug-in	Προσάρτηση κώδικα 'plug-in' για καλύτερη συμβατότητα/ βελτίωση της λειτουργικότητας
8	Requirements	Ανάλυση λειτουργικών απαιτήσεων του προγράμματος
9	Pre-release Bugs	Έλεγχος και αποσφαλμάτωση του προγράμματος για εσωτερική χρήση (από την ομάδα πυρήνα)
10	wishlist	Σχέδιο μελλοντικών στοιχείων που θα μπορούσαν να προσαρτηθούν μακροπρόθεσμα

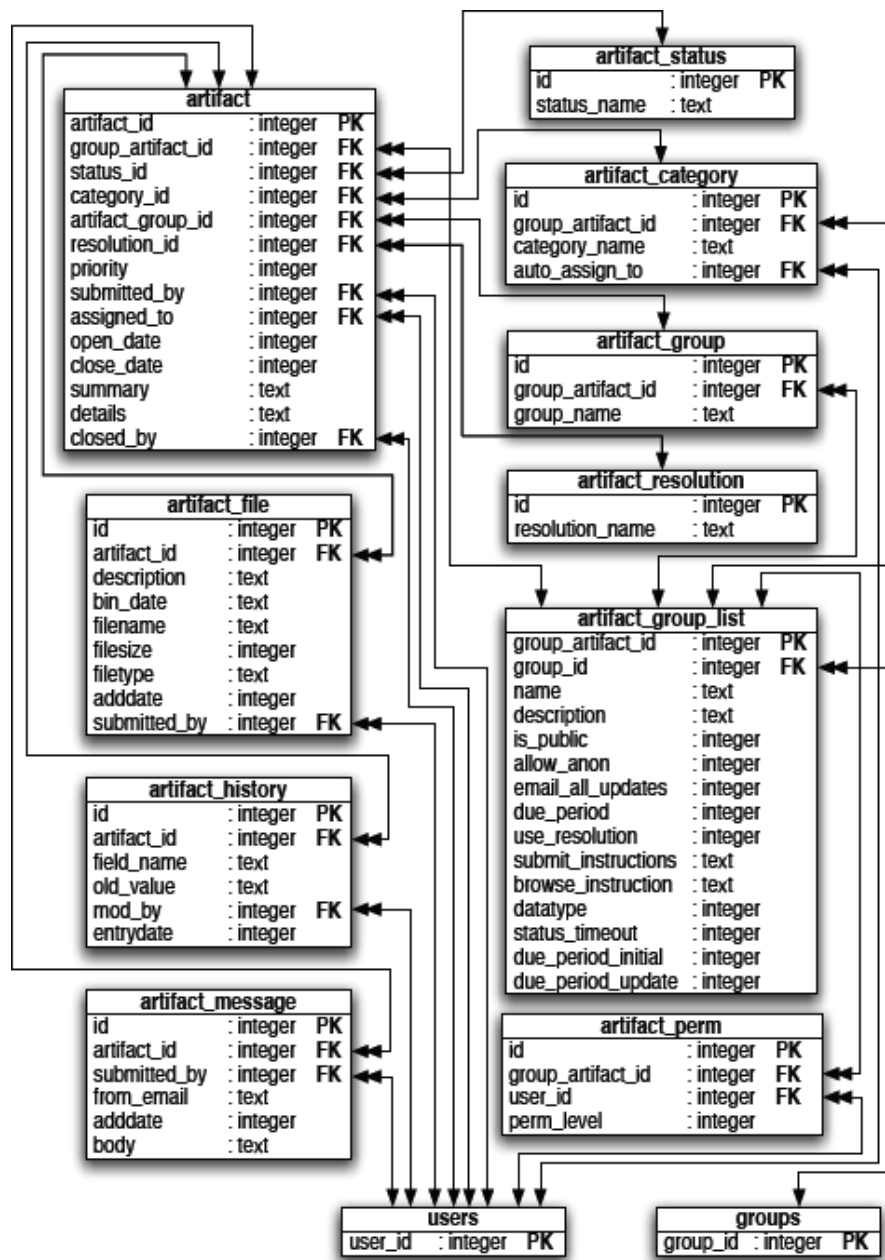
11	Package Submissions	υποβολές πακέτων προγραμμάτων
12	Package Requests	Αιτήματα για υποβολή πακέτων
13	Translations	Καταχωρήσεις για ενημέρωση ή βελτίωση μεταφράσεων
14	Data File Requests	Αιτήματα που σχετίζονται με δεδομένα και όχι με κώδικα
15	Web Site Requests	Αιτήματα που σχετίζονται αποκλειστικά για τον ιστοτόπο του έργου
16	Roadmap	Σχεδιασμός λειτουργιών για τις επόμενες εκδόσεις
17	Design	Αρχιτεκτονική προγράμματος (συνήθως χρησιμοποιείται από την ομάδα πυρήνα μόνο)
18	Maintenance	Εργασίες συντήρησης
19	Improvements	Προτάσεις για το πώς μπορεί να βελτιωθεί ο κώδικας
20	Ease of use Issues	Προβλήματα τα οποία δεν είναι σφάλματα κώδικα, αλλά δυσχεραίνουν τη λειτουργία του προγράμματος.
21	Documentation Requests	Αιτήματα για συγγραφή τεκμηρίωσης
22	Test Tracker	Καταχωρήσεις των ελέγχων κώδικα

Κάθε εγγραφή αντικειμένου έχει δύο χρήστες που συνδέονται με αυτήν. Ο ένας χρήστης είναι το πρόσωπο που δημιούργησε ή επισύναψε το αντικείμενο, και ο άλλος χρήστης είναι το πρόσωπο που ανέλαβε τη διεκπεραίωση του αντικειμένου.

Η ανάθεση ενός αντικειμένου σε έναν χρήστη γενικά γίνεται με δύο τρόπους. Ο ένας είναι η αυτόματη ανάθεση σε έναν συγκεκριμένο χρήστη, μετά από κατάλληλη ρύθμιση στη SourceForge. Το σύστημα μπορεί να ρυθμιστεί έτσι ώστε οι νέες εγγραφές αντικειμένου ενός συγκεκριμένου τύπου να αντιστοιχίζεται αυτόματα σε συγκεκριμένο χρήστη.

Ο άλλος τρόπος είναι ένα τρίτος χρήστης να αναθέτει το αντικείμενο. Στην ορολογία της τεχνολογίας λογισμικού η διαδικασία αυτή ονομάζεται διαλογή (*triage*). Η διαλογή είναι μια τεχνική καταμερισμού της εργασίας που εξασφαλίζει ότι οι πιο εξειδικευμένοι χρήστες θα αναλάβουν εργασίες σχετικές με το αντικείμενό τους και δε θα χάσουν χρόνο ψάχνοντας ανάμεσα στα αντικείμενα (*artifacts*) του system Tracker. Τα εισερχόμενα αντικείμενα εξετάζονται από ένα (ή πολλά) άτομα που, στη συνέχεια, αναθέτουν τα αντικείμενα στο κατάλληλο προσωπικό.

Στο Σχήμα 5-5 παρουσιάζονται οι πίνακες και οι συσχετίσεις τους που αφορούν στις εγγραφές αντικειμένων (*artifact*), όπως αυτοί περιγράφονται από τους Christey και Madey [246]. Ο βασικός πίνακας *artifact* περιέχει στοιχεία που περιγράφουν το θέμα του (*summary*, *details*), την ημερομηνία εγγραφής *open\_date*, την ημερομηνία επίλυσης (εφόσον έχει επιλυθεί) *close\_date*, το χρήστη που το κατέθεσε *submitted\_by*, το χρήστη που το ανέλαβε *assigned\_to*, το χρήστη που τελικά το ολοκλήρωσε *closed\_by*, τη κατάσταση στην οποία βρίσκεται *status\_id* που συνδέεται με τον πίνακα *artifact\_status* (π.χ. ανοιχτό, κλειστό, σε αναμονή, διαγραμμένο), κ.α. Περισσότερες λεπτομέρειες για το *artifact* βρίσκονται στον πίνακα *artifact\_file*, ενώ η σύνδεση του πίνακα *artifact* με τον πίνακα *groups* γίνεται μέσω του πίνακα *artifact\_group\_list*. Οι πίνακες *artifact\_group* και *artifact\_category* περιέχουν πληροφορίες σχετικά με τη κατηγορία του αντικειμένου, ο πίνακας *artifact\_message* περιλαμβάνει μηνύματα χρηστών σχετικά με *artifacts*, ο πίνακας *artifact\_perm* περιγράφει τα δικαιώματα ανάλογα με το επίπεδο χρηστών και τέλος ο πίνακας *artifact\_resolution* περιγράφει μια πιο αναλυτική αναφορά κατάστασης (π.χ. Fixed, out of date, postponed, rejected, duplicate, κλπ.).



Σχήμα 5-5. Διάγραμμα συσχετίσεων των αντικειμένων artifacts [246].

### 5.2.5 Αρχεία εκδόσεων λογισμικού (File Release Data)

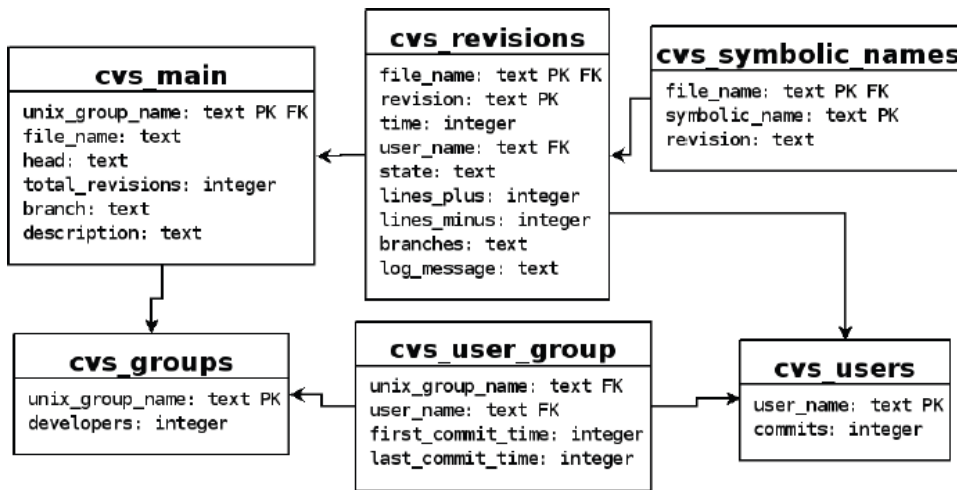
Ο πηγαίος κώδικας για το έργο είναι διαθέσιμος ανά πάσα στιγμή απευθείας από το σύστημα διαχείρισης κώδικα (SCM) που χρησιμοποιεί το κάθε έργο. Τα περισσότερα έργα χρησιμοποιούν το σύστημα CVS, αλλά πρόσφατα πολλά από αυτά μεταπηδούν στο πιο σύγχρονο και λειτουργικό SVN. Τόσο το CVS, όσο και το SVN είναι λογισμικά ανοιχτού κώδικα.

Το σύστημα CVS επιτρέπει τη λήψη αντιγράφων ολόκληρου το κώδικα με τα οποία ο προγραμματιστής μπορεί να πειραματίζεται τοπικά στον υπολογιστή του. Το τοπικό αυτό αντίγραφο ονομάζεται sandbox και επιτρέπει τη ταυτόχρονη δημιουργία κώδικα από πολλούς προγραμματιστές τοπικά στο δίσκο τους. Όταν το πρόγραμμα ολοκληρωθεί, αυτό υποβάλλεται στο σύστημα με την εντολή commit. Τα υποβληθέντα αρχεία χαρακτηρίζονται από την ημερομηνία υποβολής και το όνομα του δημιουργού τους και είναι στη διάθεση της κοινότητας για έλεγχο και αποσφαλμάτωση. Το σύστημα μπορεί να διαχειριστεί αλλαγές, διαγραφές και ενημερώσεις των υποβληθέντων

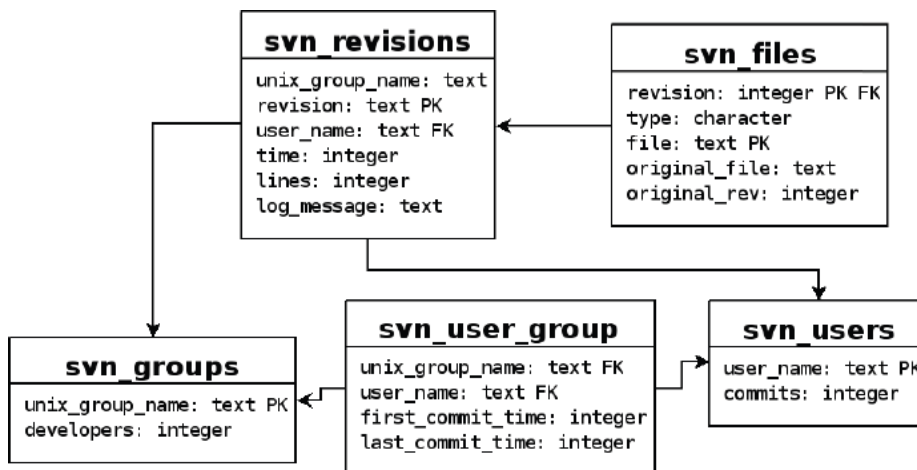
αρχείων, καθώς και τη περίπτωση που δύο ή περισσότερα υποβληθέντα αρχεία-προγράμματα δημιουργούν αντίφαση μεταξύ τους.

Επίσης, διατηρεί ιστορικά στοιχεία όλων των εκδόσεων. Με αυτό τον τρόπο μπορεί κάποιος να δουλέψει σε παλαιότερες εκδόσεις λογισμικού. Τέλος, περιέχει εντολές διαχείρισης εκδόσεων όπως η tag όπου ένας προγραμματιστής μπορεί να βάλει μια δική του ετικέτα (tag) σε μια έκδοση και να δημιουργήσει μια δική του διακλάδωση (branch) έκδοσης. Για παράδειγμα, μετά την έκδοση 1 ενός προγράμματος, οι προγραμματιστές ξεκινούν να δουλεύουν στην έκδοση 2, ενώ παράλληλα η έκδοση 1 βρίσκεται στο στάδιο αποσφαλμάτωσης. Αυτό είναι δυνατό, εισάγοντας μια ετικέτα (tag) και δημιουργώντας μια διακλάδωση (branch) της έκδοσης 1. Οι προγραμματιστές μπορούν να δουλεύουν με οποιαδήποτε από τις δύο εκδόσεις χωρίς καμιά σύγκρουση (conflict).

Τα στοιχεία των έργων που αποθηκεύονται στο SCM, η SourceForge τα διατηρεί σε βάση δεδομένων, υποσύνολο της οποίας διατηρεί και το Πανεπιστήμιο Notre Dame, αλλά σε ξεχωριστή βάση (από αυτή στο Σχήμα 5-2). Καθώς τα CVS και SVN έχουν αρκετές διαφορές, δημιουργήθηκαν διαφορετικοί πίνακες για τη κάθε περίπτωση. Τα διαγράμματα συσχετίσεων οντοτήτων για τα συστήματα CVS και SVN φαίνονται στο Σχήμα 5-6 και στο Σχήμα 5-7 αντίστοιχα.



Σχήμα 5-6. Διάγραμμα συσχετίσεων για το SCM CVS [247].



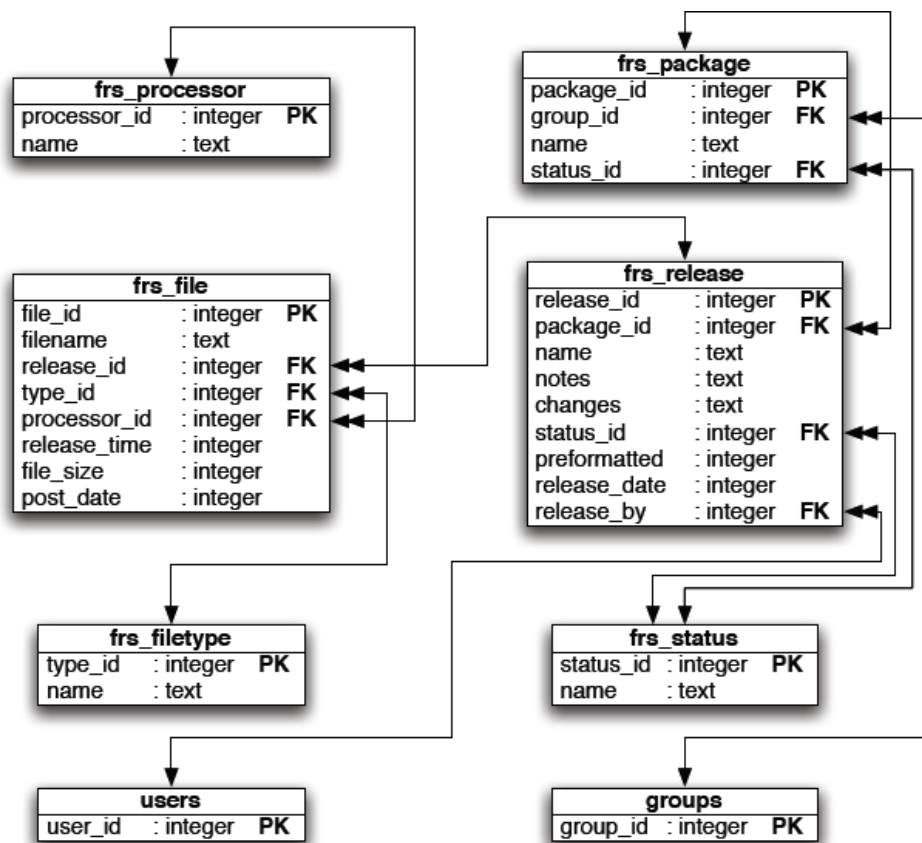
Σχήμα 5-7. Διάγραμμα συσχετίσεων για το SCM SVN [247].

Ωστόσο, για πολλά έργα θεωρείται ότι ο πηγαίος κώδικας στο CVS/ SVN βρίσκεται στο στάδιο της ανάπτυξης και συνεπώς μπορεί και να μη λειτουργεί σωστά. Για τη παροχή μιας σταθερής έκδοσης του λογισμικού στους χρήστες, ο πηγαίος κώδικας

συσκευάζεται συνήθως σε ένα πακέτο (packet) αρχείων εκδόσεων (file release) και τίθενται προς διάθεση.

Το πόσο συχνά διατίθενται εκδόσεις αρχείων, η σταθερότητα του λογισμικού σε μία έκδοση αρχείων ή το κάθε πότε δημιουργείται μία νέα έκδοση αρχείων διαφέρει από έργο σε έργο, ανάλογα με την εσωτερική διαδικασία ανάπτυξής του. Η SourceForge.net πέρα από το σύστημα SCM, παρέχει τη δυνατότητα διαχείρισης των αρχείων και εκδόσεων των αρχείων, όπως η δυνατότητα δημιουργίας αριθμού έκδοσης, πακετάρισμα, καθώς και πληροφορίες για τη κατάσταση της έκδοσης αρχείων.

Τα στοιχεία αυτά διατηρούνται στη βάση δεδομένων που περιγράφεται από το Σχήμα 5-2, ως εξής: Ο πίνακας *frs\_file*, περιέχει τα στοιχεία των αρχείων, ενώ ο *frs\_filetype* περιέχει τον τύπο του αρχείου (π.χ. jpeg, zip, pdf, html, deb, κλπ.). Ο πίνακας *frs\_release* τα στοιχεία της κάθε έκδοσης και ο πίνακας *frs\_package* τα στοιχεία του κάθε πακέτου έκδοσης. Ο πίνακας *frs\_status* τα στοιχεία της κατάστασης του πακέτου και τέλος ο *frs\_processor* περιέχει τον τύπο επεξεργαστή που χρησιμοποιήθηκε για το κάθε αρχείο. Οι σχετικοί πίνακες και τα πεδία τους παρουσιάζονται στο Παράρτημα II. Το διάγραμμα συσχετίσεων των πινάκων παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-8.

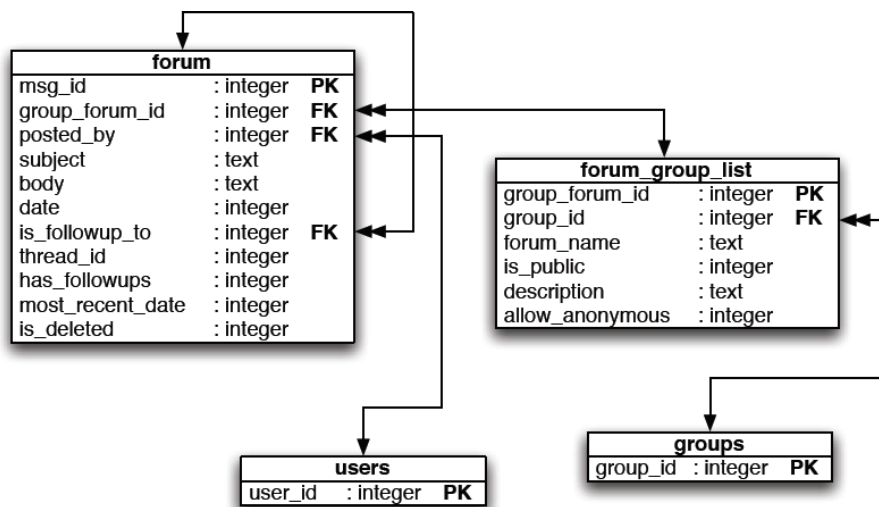


Σχήμα 5-8. Διάγραμμα συσχετίσεων για το σύστημα αρχείων εκδόσεων [246].

### 5.2.6 Δεδομένα Συζητήσεων (Forum)

Τα forum είναι μια δυνατότητα που παρέχεται από τη SourceForge.net και επιτρέπει στους χρήστες να ανταλλάσσουν μηνύματα και σχόλια με άλλους χρήστες. Μπορούν έτσι να δημιουργούνται αλυσίδες σχολίων- απαντήσεων σε κάποιο αρχικό ζήτημα. Ένα έργο μπορεί να έχει πολλαπλά φόρουμ, πιθανότατα για να διαχωρίζονται τα διάφορα θέματα προς συζήτηση. Επίσης, τα fora μπορεί να είναι είτε ιδιωτικά, επιτρέποντας μόνο σε μέλη του έργου να διαβάζουν και να στέλνουν σχόλια, είτε δημόσια επιτρέποντας στο κοινό να διαβάζει και να δημοσιεύει μηνύματα.

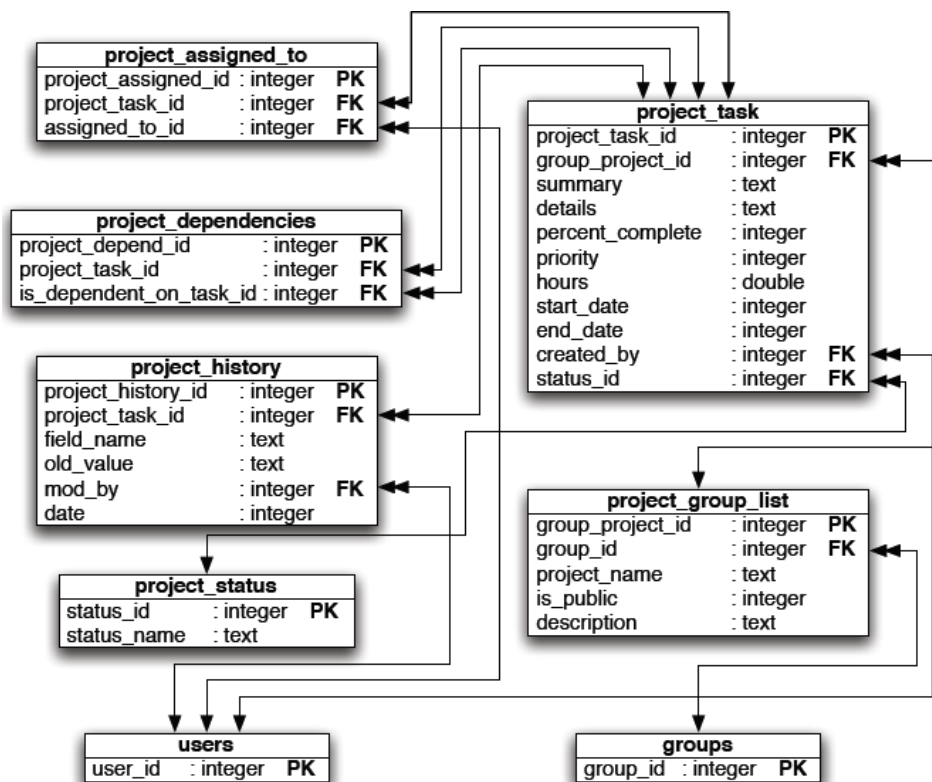
Στο Σχήμα 5-9 παρουσιάζονται οι πίνακες της βάσης δεδομένων της SourceForge που αφορούν στα φόρουμ (forum) και οι αντίστοιχες συσχετίσεις τους με τους πίνακες *groups* και *users*. Ο πίνακας *forum\_group\_list* χρησιμοποιείται ως συνδετικός πίνακας των πινάκων *forum* και *groups* και για τη κανονικοποίηση της βάσης. Αναλυτικότερα τα πεδία των σχετικών πινάκων παρουσιάζονται στο Παράρτημα II.



Σχήμα 5-9. Διάγραμμα συσχετίσεων για τη περιγραφή των σχολίων του forum [246]

### 5.2.7 Στοιχεία εργασιών ενός έργου (project tasks)

Μια άλλη δυνατότητα που παρέχεται είναι η διαχείριση και κατανομή των εργασιών στους προγραμματιστές. Οι εργασίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε ομάδες, να διασπαστούν σε δευτερεύουσες εργασίες εξαρτημένες από άλλες εργασίες, και να έχουν χαρακτηριστικά όπως προτεραιότητα, κατάσταση και ημερομηνίες έναρξης και λήξης. Το διάγραμμα συσχετίσεων των πινάκων στους οποίους καταχωρούνται τα στοιχεία της διαχείρισης των έργων παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-10.



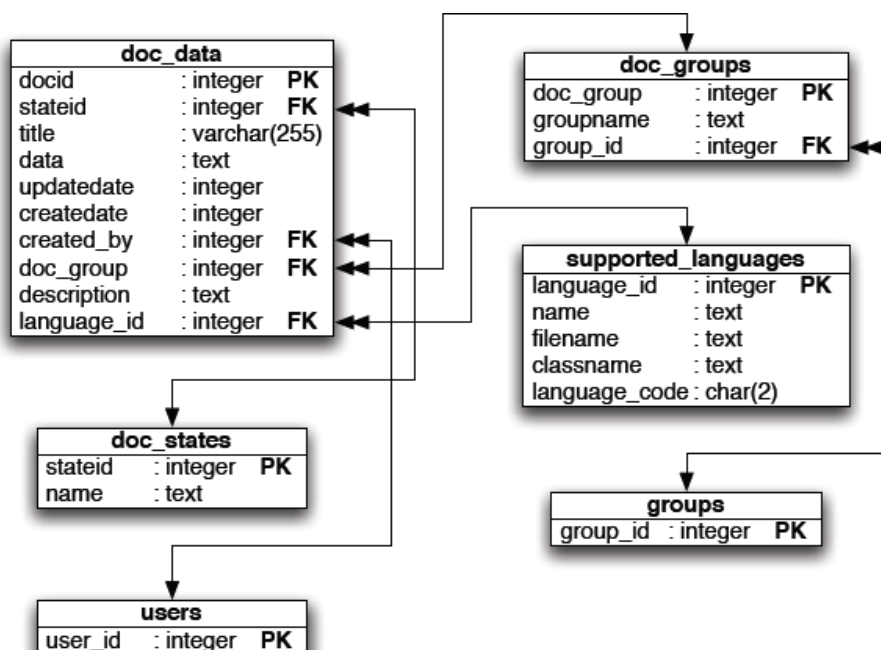
Σχήμα 5-10. Διάγραμμα συσχετίσεων για τη κατανομή εργασιών κάθε έργου [246]

Το σύστημα διαχείρισης εργασιών δεν αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης, καθώς στερείται των δυνατοτήτων διαχείρισης των πόρων και του προσωπικού. Όπως φαίνεται στο σχήμα, ο κεντρικός πίνακας που περιγράφει τις διάφορες εργασίες είναι ο πίνακας *project\_task*, ο οποίος συνδέεται με τον πίνακα *groups*, μέσω του πίνακα *project\_group\_list*, μετατρέποντας τη σχέση «πολλά προς πολλά» σε «ένα προς πολλά». Ο πίνακας *project\_assigned\_to* περιέχει τους χρήστες στους οποίους ανατίθενται οι εργασίες. Οι πίνακες *project\_history* και *project\_dependencies* περιέχουν ιστορικά καθώς και στοιχεία εξάρτησης μιας εργασίας από μια άλλη (ή άλλες). Τέλος, ο πίνακας *project\_status* περιγράφει τη κατάσταση της εργασίας, δηλαδή, μη ολοκληρωμένη (open), ολοκληρωμένη (closed), διαγραμμένη (deleted). Οι πίνακες με τα πεδία τους παρουσιάζονται στο Παράρτημα II.

### 5.2.8 Δεδομένα Τεκμηρίωσης (Documentation File Data)

Σε πολλά προγράμματα ανοιχτού κώδικα η τεκμηρίωση περιλαμβάνεται στο πηγαίο κώδικα, αλλά συχνά πρέπει να υποβάλλεται σε επεξεργασία από προγράμματα επεξεργασίας κειμένου ώστε να προσφέρεται σε μια κατανοητή για τον τελικό χρήστη μορφή.

Πρόσφατα, ολοένα και περισσότερα έργα που διατηρούν τη δική τους ιστοσελίδα τείνουν να παρέχουν την τεκμηρίωση του έργου στον τελικό χρήστη από την ιστοσελίδα τους. Για το λόγο αυτό, η SourceForge παρέχει τη δυνατότητα στα έργα να δημοσιεύουν στο Web απλά έγγραφα, είτε σε κείμενο ASCII, είτε σε μορφή HTML. Τα έγγραφα μπορούν να ταξινομηθούν σε κατηγορίες τεκμηρίωσης, και να έχουν τη δική τους φυσική γλώσσα. Τα έργα μπορούν επίσης να ανοίξουν στο ευρύ κοινό μια σελίδα υποβολής τεκμηρίωσης, έτσι ώστε οι διάφοροι χρήστες να υποβάλλουν τεκμηρίωση (ή μέρος αυτής) στο έργο. Παρόλα αυτά δε φαίνεται να υπάρχει κάποιος ιδιαίτερος μηχανισμός αναμόρφωσης και βελτίωσης της τεκμηρίωσης. Το σχετικό διάγραμμα συσχετίσεων των αντίστοιχων πινάκων, φαίνεται στο Σχήμα 5-11.



Σχήμα 5-11. Διάγραμμα συσχετίσεων για την τεκμηρίωση του έργου [246]

Όπως φαίνεται στο σχήμα ο βασικός πίνακας που περιγράφει τα στοιχεία της τεκμηρίωσης είναι ο πίνακας *doc\_data*, ο οποίος συνδέεται με τον πίνακα *groups* μέσω του πίνακα *doc\_groups*. Επίσης, ο πίνακας *supported\_languages* αναφέρει τις γλώσσες που μπορεί κανείς να δει τη τεκμηρίωση, ενώ ο πίνακας *doc\_states* αναφέρει τη

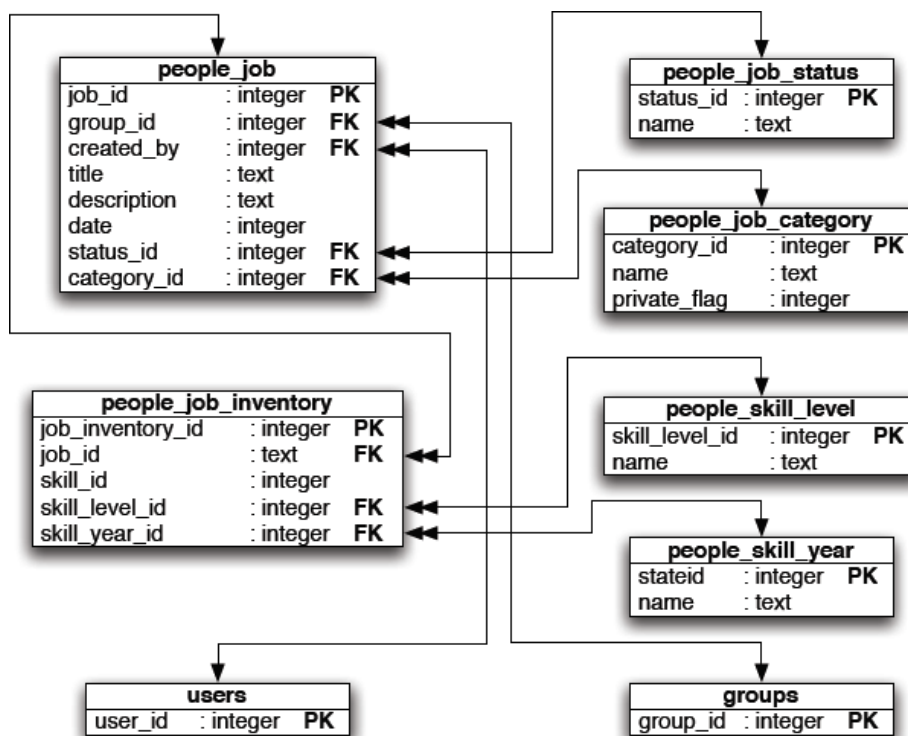
κατάσταση (στάδιο εξέλιξης) της τεκμηρίωσης. Αναλυτικά, οι πίνακες με τα πεδία τους παρουσιάζονται στο Παράρτημα II.

### 5.2.9 Προσφορά εργασίας σε έργα (Project Jobs Data)

Πολλά προγράμματα ανοιχτού κώδικα ψάχνουν για νέους ανθρώπους που θα εμπλακούν στο πρόγραμμα και θα συνεισφέρουν με κάποιο τρόπο. Η SourceForge παρέχει τη δυνατότητα δημοσίευσης αγγελιών προσφοράς εργασίας. Οι αγγελίες συνήθως στοχεύουν σε άτομα με εξειδικευμένα προσόντα που καθορίζονται από την λίστα δεξιοτήτων. Ο κατάλογος περιέχει το είδος των απαιτούμενων γνώσεων/δεξιοτήτων, όπως εμπειρία με μια συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού, σε ένα λειτουργικό σύστημα, ή άλλη τεχνολογία, και διευκρινίζει το επίπεδο δεξιοτήτων και την επιθυμητή εμπειρία σε έτη που απαιτούνται για μία συγκεκριμένη εργασία.

Εκτός όμως από αυτή τη κατηγορία, οι αγγελίες μπορούν να αναφέρονται και σε άλλες κατηγορίες χρηστών, π.χ. συγγραφείς τεκμηρίωσης, σχεδιαστές ιστοσελίδων, ειδικούς αποσφαλμάτωσης προγραμμάτων, κλπ. Το σύστημα επίσης καταχωρεί τη κατάσταση κάθε θέσης, δηλαδή αν η θέση είναι ανοικτή ή έχει καταληφθεί. Δεν καταχωρεί όμως, τότε καταλήφθηκε και από ποιόν χρήστη.

Οι σχετικοί πίνακες και το διάγραμμα συσχετίσεων τους απεικονίζονται στο Σχήμα 5-12. Ο βασικός πίνακας *people\_job*, περιέχει τα βασικά στοιχεία της εργασίας με μια σύντομη περιγραφή της (*description*). Πλαισιώνεται από τους πίνακες *people\_job\_category*, όπου αναφέρονται οι διαφορετικές κατηγορίες χρηστών (π.χ. programmer, tester, web designer, κλπ.), *people\_skill\_year* και *people\_skill\_level*, όπου αναφέρονται η εξειδίκευση, τα προσόντα και η εμπειρία των χρηστών σε έτη, *people\_job\_status*, όπου αναφέρεται η κατάσταση της αγγελίας. Τέλος, ο πίνακας *people\_job\_inventory* αποτελεί συνδετικό πίνακα του πίνακα *people\_job* και των πινάκων *people\_skill\_year*, *people\_skill\_level*. Αναλυτικά, οι πίνακες με τα πεδία τους παρουσιάζονται στο Παράρτημα II.



Σχήμα 5-12. Διάγραμμα συσχετίσεων για την προσφορά εργασίας του έργου [246]



### 5.3 Βιβλιογραφική ανασκόπηση βιωσιμότητας έργων ΕΛ/ΛΑΚ

Γενικά ως βιωσιμότητα ορίζεται η ικανότητα ενός οργανισμού να επιβιώσει. Στην οικολογία η λέξη περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο τα βιολογικά συστήματα καταφέρνουν να επιτείνουν τη διαφορετικότητα και παραγωγικότητά τους στην πάροδο του χρόνου. Από οικονομικής άποψης ο όρος αναφέρεται ως η ικανότητα για μακροπρόθεσμη επιβίωση και όφελος τόσο στο οικονομικό όσο και στο φυσικό περιβάλλον [248].

Στη περίπτωση των κοινοτήτων ανοιχτού λογισμικού, σημαντικό στοιχείο επιβίωσης είναι η ύπαρξη ενεργών χρηστών και προγραμματιστών που συντηρούν και αναβαθμίζουν ποιοτικά το πρόγραμμα. Ο Raymond [28] όρισε ως επιτυχημένα, εκείνα τα έργα ΕΛ/ΛΑΚ τα οποία προσελκύουν διαρκώς εθελοντές προγραμματιστές οι οποίοι βελτιώνουν το πρόγραμμα με συχνές και μικρού χρονικού διαστήματος εκδόσεις (“..release often and early...”).

Για το λόγο αυτό, στη παρούσα μελέτη ως «βιωσιμότητα» προγράμματος ΕΛ/ΛΑΚ, ορίζεται η ύπαρξη κάποιου είδους δραστηριότητας ανάπτυξης και συντήρησης λογισμικού μέσα στην κοινότητα για όλο το χρονικό διάστημα από τη στιγμή της δημιουργίας του. Εννοιολογικά, η «βιωσιμότητα» είναι πολύ κοντά στην έννοια της «επιτυχίας» ή «αποδοχής» ενός λογισμικού, καθώς συνδέεται στενά με την ενεργό δράση μιας κοινότητας λογισμικού (π.χ. δημιουργία κώδικα, διόρθωση σφαλμάτων, μηνύματα λάθους, επίκληση βοήθειας και υποστήριξης, μηνύματα σε forum, κλπ.). Η βασική διαφορά ανάμεσα στη «βιωσιμότητα» και «επιτυχία» ενός προγράμματος, είναι ότι η «επιτυχία» αναφέρεται σε συγκεκριμένο χρονικό σημείο, ενώ η βιωσιμότητα προϋποθέτει συνεχή «αποδοχή» και «επιτυχία» σε βάθος χρόνου. Παρόλη τη σημαντικότητα που έχει η βιωσιμότητα σε on-going έργα, όπως τα ΕΛ/ΛΑΚ, η έρευνα που σχετίζεται με τη βιωσιμότητα των έργων ΕΛ/ΛΑΚ είναι πολύ περιορισμένη.

Αντίθετα, το μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας αναφέρεται στους δείκτες που συνιστούν στην «επιτυχία» του, η οποία ως έννοια είναι πολύ διαδεδομένη στο τομέα των ΠΣ (π.χ. το μοντέλο των Delone και McLean [71], το μοντέλο TAM [249], κ.α.). Ωστόσο, οι συμβατικές μετρικές αυτών των μοντέλων, επικεντρώνονται στη χρήση και στο περιβάλλον της χρήσης του λογισμικού. Στην περίπτωση του ΕΛ/ΛΑΚ, το περιβάλλον ανάπτυξης είναι δημόσια ορατό, ενώ το περιβάλλον χρήσης είναι δύσκολο να παρατηρηθεί [250].

Έτσι, οι συνήθεις δείκτες επιτυχίας που εφαρμόζονται στα εμπορικά προγράμματα λογισμικού δε θεωρούνται κατάλληλες για τα έργα ΕΛ/ΛΑΚ [251]. Επίσης, ο κώδικας του ανοιχτού λογισμικού δημιουργείται από εθελοντές προγραμματιστές, οι οποίοι όταν εγκαταλείψουν το πρόγραμμα, αυτό παραμένει ανενεργό. Δηλαδή, δεν έχει καμιά προοπτική εξέλιξης ή συντήρησης και συνεπώς θεωρείται μη επιτυχημένο. Ως εκ τούτου, η τρέχουσα βιβλιογραφία προσδιορίζει άλλες μετρικές επιτυχίας, εστιάζοντας κυρίως στη δραστηριότητα των προγραμματιστών.

Για παράδειγμα, οι Crowston et al [250] προτείνουν ως μετρικές επιτυχίας, το μέγεθος της κοινότητας των εθελοντών προγραμματιστών και την ικανότητά της να παράγει νέο κώδικα να αναβαθμίζει τον ήδη υπάρχον. Επίσης, οι Stewart, Ammeter και Maruping, [251] πρότειναν ως μετρικές επιτυχίας, το ενδιαφέρον το χρηστών σε βάθος χρόνου (μεταβολή των εγγεγραμμένων χρηστών σε ένα έργο ΕΛ/ΛΑΚ) και την παραγόμενη ποσότητα κώδικα (αριθμός αρχείων που εκδίδονται). Οι Gallego et al [252] χρησιμοποιούν το μοντέλο TAM [249], για τον προσδιορισμό της επιτυχίας των έργων ΕΛ/ΛΑΚ, ενώ οι Crowston et al [250] και Lee et al [253] βασίζονται στην έρευνά τους στο μοντέλο Delone και McLean [71].

Μετρικές για τη δραστηριότητα ή απόδοση των προγραμματιστών αποτελούν επίσης ο αριθμός των ολοκληρωμένων εργασιών (π.χ. προβλήματα που έχουν διορθωθεί και χαρακτηριστικά που έχουν προσαρτηθεί κατόπιν υπόδειξης) [241, 254], ο αριθμός των νέων εκδόσεων [255], ο αριθμός των υποβολών κώδικα στο σύστημα ανάπτυξης του λογισμικού (π.χ. το concurrent versioning system -CVS) [256], ο αριθμός των γραμμών κώδικα ανά προγραμματιστή [257], κ.α.

Προσπάθειες για προσδιορισμό των παραγόντων που εξασφαλίζουν τη βιωσιμότητα του ΕΛ/ΛΑΚ, είναι πολύ περιορισμένες. Εξαιρέση αποτελούν οι Subramaniam et al. [255] και Chengalur et al. [258]. Οι δύο αυτές μελέτες συμπεριέλαβαν στην αναζήτηση μετρικών επιτυχίας των έργων ΕΛ/ΛΑΚ τη διάσταση του χρόνου, μελετώντας τη συμπεριφορά των προγραμμάτων σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Παρόλα αυτά και οι δύο εστιάζουν στα χαρακτηριστικά των έργων ΕΛ/ΛΑΚ.

Η παρούσα εργασία επίσης αναζητά δείκτες που προσδιορίζουν τη βιωσιμότητα των έργων ΕΛ/ΛΑΚ σε βάθος χρόνου, εστιάζοντας όμως σε χαρακτηριστικά της κοινότητας του έργου, όπως η απόδοση και η παραγωγικότητα. Αναλυτικότερα, το εννοιολογικό μοντέλο και οι υποθέσεις του παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα.

#### 5.4 Εννοιολογικό μοντέλο και υποθέσεις

Για τη δημιουργία του εννοιολογικού μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν το θεωρητικό μοντέλο αποδοχής και χρήσης της τεχνολογίας UTAUT των Venkatesh, Morris, Davis G. [69] και το μοντέλο επιτυχίας των Davis F. και DeLone και McLean [71]. Τα μοντέλα παρουσιάζονται αναλυτικότερα στο Κεφάλαιο 3.

Σύμφωνα και με τα δύο μοντέλα, σημαντικός παράγοντας για τη χρήση και αποδοχή της τεχνολογίας είναι η «πρόθεση χρήσης» (intention to use). Στο μοντέλο UTAUT ως παράγοντες που προσδιορίζουν την «πρόθεση χρήσης», παρουσιάζονται οι «αναμενόμενη προσπάθεια» (effort expectancy), η «αναμενόμενη αποδοτικότητα» (performance expectancy) και η «κοινωνική επίδραση» (social influence). Επίσης, στο μοντέλο των Davis F. και DeLone και McLean, οι παράγοντες που προσδιορίζουν την «πρόθεση χρήσης», είναι η «ποιότητα υπηρεσιών» (service quality), η «ποιότητα συστήματος» (system quality) και η «ποιότητα πληροφορίας» (information quality).

Για το λογισμικό ανοιχτού κώδικα, θεωρείται ότι υποστηρίζεται από μια ομάδα προγραμματιστών (group) οι οποίοι επιπλέον είναι και χρήστες του λογισμικού. Υποθέτουμε ότι η «αναμενόμενη προσπάθεια» και «αποδοτικότητα» των προγραμματιστών θα επιδρά θετικά στην «πρόθεση χρήσης» του προγράμματος. Πιο συγκεκριμένα θεωρούνται οι έννοιες «παραγωγικότητα» (productivity), «αποδοτικότητα» (performance), «προσέλκυση χρηστών» (user attraction) και «βιωσιμότητα» (sustainability). Διαγραμματικά το μοντέλο παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-13.



Σχήμα 5-13. Εννοιολογικό μοντέλο βιωσιμότητας προγραμμάτων ΕΛ/ΛΑΚ.

Η έννοια «παραγωγικότητα» χρησιμοποιείται κατά αναλογία των εννοιών «αναμενόμενη προσπάθεια» και «ποιότητα της πληροφορίας» των μοντέλων UTAUT και DeLone και McLean αντιστοίχως. Υποθέτουμε ότι η παραγωγικότητα της ομάδας όσων αφορά τις καταθέσεις νέων ιδεών, αρχείων και εκδόσεων λογισμικού, αναβαθμίζει τη ποιότητα του προγράμματος και των αποτελεσμάτων του (πληροφορία) και αυξάνει τη πιθανότητα περισσότεροι χρήστες να προσανατολιστούν στη χρήση του («πρόθεση χρήσης»).

**Υπόθεση Y1:** Η παραγωγικότητα μιας ομάδας ανοιχτού λογισμικού έχει θετική επίδραση στη πρόθεση χρήσης.

Η έννοια «αποδοτικότητα» χρησιμοποιείται κατά αναλογία των εννοιών «αναμενόμενη αποδοτικότητα» και «ποιότητα υπηρεσιών» των μοντέλων UTAUT και DeLone και McLean αντιστοίχως. Υποθέτουμε ότι η επίδοση της ομάδας όσον αφορά στο χρόνο ανταπόκρισης στην υποστήριξη των χρηστών, στη βελτίωση του προγράμματος και σε νέες εκδόσεις επιδρούν θετικά στην «πρόθεση χρήσης» του προγράμματος.

**Υπόθεση Y2:** Η αποδοτικότητα μιας ομάδας ανοιχτού λογισμικού έχει θετική επίδραση στη πρόθεση χρήσης.

Η έννοια «κοινωνική επίδραση» χρησιμοποιείται κατά αναλογία της έννοιας «κοινωνική επίδραση» του μοντέλου UTAUT. Καθώς, κάθε κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ μπορεί να θεωρηθεί ως μια μικρή κοινωνία, εξετάζεται η επίδραση της ήδη υπάρχουσας βάσης των χρηστών του λογισμικού της κοινότητας στη προσέλκυση νέων χρηστών (π.χ. μέσα από δημοσιεύσεις και σχόλια στο forum του έργου).

**Υπόθεση Y3:** Η κοινωνική επίδραση μπορεί να επηρεάσει θετικά στη πρόθεση χρήσης.

Σύμφωνα και με τα δύο μοντέλα UTAUT και DeLone και McLean η «πρόθεση χρήσης» αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την χρήση του προγράμματος. Στο μοντέλο χρησιμοποιείται η μεταβλητή «προσέλκυση χρηστών» ως η ικανότητα του έργου να προσελκύει νέους χρήστες και συνεπώς να αυξάνει τη χρήση του. Δηλαδή, η χρήση θεωρείται με την ευρύτερη έννοια της προσέλκυσης νέων και ενεργών χρηστών, οι οποίοι αφενός είναι χρήστες του προγράμματος (συνεπώς προσδιορίζουν την έννοια «χρήση»), αφετέρου προσδιορίζουν την έννοια της βιωσιμότητας αφού οι ενεργοί χρήστες παράγουν κάποιου είδους δραστηριότητα μέσα στη κοινότητα. Επιπλέον, αυτή η διάσταση της χρήσης εμπεριέχει και την έννοια του χρόνου, αφού αναφέρεται σε νέους χρήστες σε επόμενο χρονικό σημείο ( $t+k$ ), γεγονός που προσδιορίζει καλύτερα την βιωσιμότητα του έργου.

**Υπόθεση Y4:** Η πρόθεση χρήσης επιδρά θετικά στην ικανότητα του προγράμματος για προσέλκυση ενεργών χρηστών σε επόμενες χρονικές περιόδους (χρόνος  $t+k$ ).

Η έννοια της «βιωσιμότητας» ενός έργου ΕΛ/ΛΑΚ ορίζεται ως η ύπαρξη κάποιου είδους δραστηριότητας ανάπτυξης και συντήρησης λογισμικού μέσα στην κοινότητα για όλο το χρονικό διάστημα από τη στιγμή της δημιουργίας του. Είναι προφανές ότι η έννοια «βιωσιμότητα» εμπεριέχει τη διάσταση του χρόνου. Για το λόγο αυτό το μοντέλο θεωρεί τρία χρονικά σημεία μελέτης. Ξεκινώντας από ένα χρονικό σημείο  $t$  (2005), όπου μελετάται η «πρόθεση χρήσης», ελέγχεται ποιο θα είναι το αποτέλεσμα της σε χρόνο  $t+k$  (2008) ως προς τη «προσέλκυση νέων χρηστών». Τέλος ελέγχεται η επίδραση της προσέλκυσης νέων χρηστών στη βιωσιμότητα του προγράμματος και σε χρόνο  $t+k+v$  (2010).

**Υπόθεση Y5:** Η προσέλκυση ενεργών χρηστών αποτελεί θετικό παράγοντα για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα του προγράμματος (χρόνος  $t+k+v$ ).

## 5.5 Μεθοδολογία

Για τον έλεγχο των υποθέσεων και αποτίμηση του μοντέλου είναι απαραίτητο να μελετηθούν στοιχεία από διαφορετικές κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ σε διαφορετικά σημεία στο

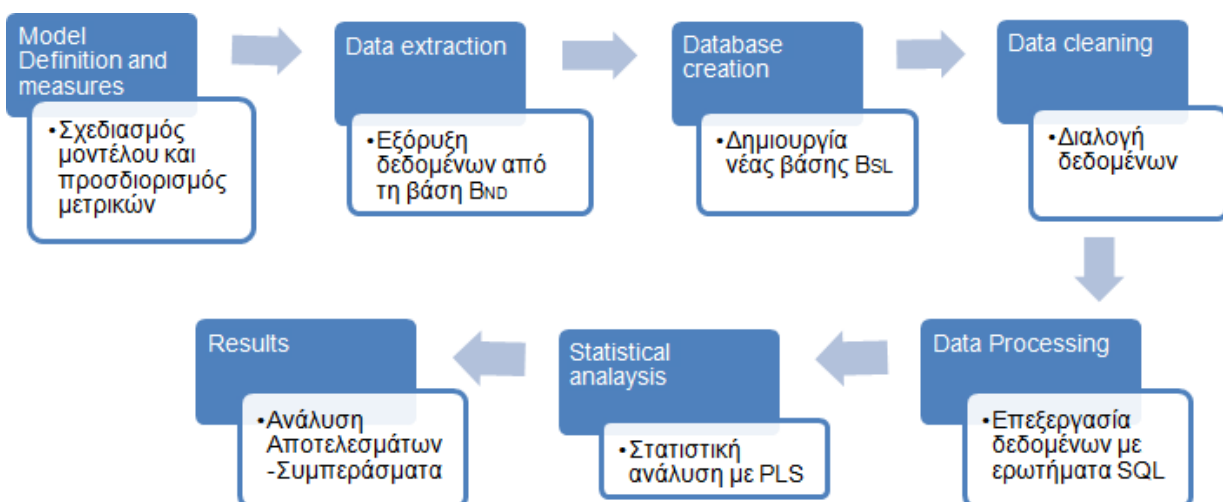
χρόνο. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε η πύλη SourceForge, η οποία αποτελεί τη μεγαλύτερη πλατφόρμα δημιουργίας και συντήρησης έργων ΕΛ/ΛΑΚ. Όπως περιγράφεται στην ενότητα 5.2, το πανεπιστήμιο Notre Dame δημιούργησε ένα υποσύνολο της βάσης SourceForge ( $B_{SF}$ ) που το διαθέτει στην επιστημονική κοινότητα για έρευνα. Η παρούσα μελέτη χρησιμοποίησε τη βάση του Notre Dame ( $B_{ND}$ ) για την εξαγωγή των απαραίτητων για την εργασία δεδομένων (π.χ. αριθμός αντικειμένων artifacts, αριθμός εγγεγραμμένων χρηστών, κλπ.).

Σύμφωνα με το μοντέλο, η μελέτη των στοιχείων αφορά σε τρεις χρονικές περιόδους. Για το λόγο αυτό συλλέχθηκαν δεδομένα για τις χρονικές περιόδους (i) έως το Μάρτιο του 2005 (ii) από τον Απρίλιο του 2005 έως το Μάρτιο του 2008 και (iii) από τον Απρίλιο του 2008 έως το Μάρτιο του 2010. Στόχος της χρήσης των τριών αυτών περιόδων είναι η εκτίμηση της επίδρασης των παραγόντων της μιας χρονικής περιόδου ως αίτια της συμπεριφοράς των χρηστών της κοινότητας σε μεταγενέστερο χρόνο. Με τον τρόπο αυτό εκτιμώνται οι παράγοντες που επιδρούν στη βιωσιμότητα του έργου.

Αρχικά ορίστηκαν οι μετρικές που είναι απαραίτητες για την αποτίμηση του μοντέλου και επιλέχθηκαν οι απαραίτητοι πίνακες της βάσης  $B_{ND}$ . Για την επεξεργασία των δεδομένων, δημιουργήθηκε μια νέα μικρότερη και πιο ευέλικτη βάση δεδομένων ( $B_{SL}$ ) σε SQL server. Στη συνέχεια έγινε διαλογή των δεδομένων και επιλογή συγκεκριμένης ομάδας έργων ΕΛ/ΛΑΚ, που να αντιπροσωπεύει τους στόχους του έργου. Στο επόμενο βήμα πραγματοποιείται η επεξεργασία των δεδομένων, όπου με κατάλληλα ερωτήματα (SQL queries) στη βάση  $B_{SL}$ , εξάγονται οι μετρικές που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο.

Τέλος, γίνεται η στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Για την αποτίμηση του μοντέλου, χρησιμοποιήθηκε σύστημα δομικών εξισώσεων και η μέθοδος PLS. Η μέθοδος, που περιγράφεται αναλυτικότερα στην ενότητα 4.8, θεωρείται η πλέον κατάλληλη σε περιπτώσεις όπου ελέγχεται η αλληλεπίδραση πολλών μεταβλητών, χωρίς να υπάρχει απαραίτητα προκαθορισμένο θεωρητικό υπόβαθρο. Συνεπώς αποτελεί ιδανική λύση για τη περίπτωση του εννοιολογικού μοντέλου που αποτυπώνεται στο Σχήμα 5-13, όπου επιχειρείται η ερμηνεία διαχρονικών φαινομένων από την αλληλεπίδραση διαφορετικών μεταβλητών, σε διαφορετικά σημεία στο χρόνο.

Διαγραμματικά, η μεθοδολογία της παρούσας μελέτης απεικονίζεται στο Σχήμα 5-14. Στις επόμενες ενότητες περιγράφονται αναλυτικότερα κάθε ένα από τα βήματα της μεθοδολογίας.



Σχήμα 5-14. Διαγραμματική απεικόνιση μεθοδολογίας

### 5.5.1 Ορισμός μεταβλητών-δεικτών του μοντέλου

Στα μοντέλα δομικών εξισώσεων, οι λανθάνουσες μεταβλητές δε μπορούν να μετρηθούν άμεσα, για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ένας αριθμός μεταβλητών-δεικτών από τις οποίες προσεγγίζονται. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5-13, οι λανθάνουσες μεταβλητές που συμμετέχουν στο μοντέλο, είναι η «αποδοτικότητα», η «παραγωγικότητα», η «πρόθεση χρήσης», η «προσέλκυση χρηστών» και τέλος η «βιωσιμότητα».

Η «αποδοτικότητα» της ομάδας αντανακλάται από τον μέσο χρόνο διεκπεραίωσης των αντικειμένων artifacts και το μέσο χρόνο μεταξύ των διαδοχικών εκδόσεων του έργου στην πρώτη χρονική περίοδο, δηλαδή μέχρι το Μάρτιο του 2005. Η «παραγωγικότητα» αποδίδεται από τρεις δείκτες: το σύνολο των εκδόσεων του λογισμικού, το μέσο όρο του μεγέθους των αρχείων των εκδόσεων και το παραγόμενο μέγεθος αρχείων των αντικειμένων artifacts. Ως «κοινωνική επίδραση» θεωρείται η επίδραση των μελών της κοινότητας στη προσέλκυση νέων χρηστών. Αυτό μπορεί να γίνει για παράδειγμα μέσα από τα fora της κοινότητας. Έτσι για τον προσδιορισμό της κοινωνικής επίδρασης, θεωρούνται οι μετρικές «αριθμός χρηστών που συμμετέχουν στο forum» και «αριθμός μηνυμάτων με πάνω από 2 συνδεδεμένα μηνύματα». Δηλαδή, αν τα σχόλια δεν είναι μεμονωμένα, αλλά προσελκύουν νέα σχόλια και συζήτηση γύρω από κάποιο θέμα, αυτό μπορεί να αποτελέσει μέσο επίδρασης για νέους χρήστες.

Και οι τρεις λανθάνουσες μεταβλητές θεωρούνται στο χρόνο  $t$  (2005) και μελετάται η επίδρασή τους στη μεταβλητή «πρόθεση χρήσης» στον ίδιο χρόνο. Για την «πρόθεση χρήσης» θεωρούνται οι δείκτες «αριθμός εγγεγραμμένων χρηστών» και «αριθμός downloads», καθώς πολλοί χρήστες μπορεί να εγγράφονται στο έργο, ή να «κ παβάζουν» το πρόγ ρμμα, απλ ώ για να έχουν μια γ νικ ή εικ ύα, ή να διαπιστώσουν κάποια στοιχεία του, χωρίς όμως τελικά να αποφασίσουν ότι θα το χρησιμοποιήσουν. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι μετά από μια σύντομη περίοδο δοκιμής, δεν έμειναν τελικά ικανοποιημένοι από τα στοιχεία λειτουργίας και χρήσης του.

Αντίθετα η ενεργή συμμετοχή των χρηστών σε κάποια δραστηριότητα (ενεργοί χρήστες), αποτελεί σαφή ένδειξη ότι πράγματι χρησιμοποιούν το πρόγραμμα, καθώς δείχνουν ενδιαφέρον για τη βελτίωσή του, ή ζητούν κάποια βοήθεια στη χρήση του. Για το λόγο αυτό θεωρείται ότι οι ενεργοί χρήστες αποτελούν δείκτη για τη χρήση του προγράμματος. Στο μοντέλο χρησιμοποιείται η μεταβλητή «προσέλκυση χρηστών» ως η ικανότητα του έργου να προσελκύει νέους χρήστες και συνεπώς να αυξάνει τη χρήση του. Η «προσέλκυση χρηστών» αντανακλάται από τους δείκτες (i) αριθμός των χρηστών που εγγράφηκαν στο χρονικό διάστημα  $k$  (δηλαδή στο διάστημα 2005-2008) και είναι ενεργοί (συνεπώς είναι και χρήστες), (ii) τον αριθμό αντικειμένων artifacts που έχουν καταθέσει οι νέοι χρήστες στο ίδιο χρονικό διάστημα και (iii) τον αριθμό των σχολίων στο forum του έργου που έχουν καταθέσει οι νέοι χρήστες στο χρονικό διάστημα  $k$ . Και οι τρεις δείκτες αποτυπώνουν την εξέλιξη της χρήσης του έργου, αφού αποτυπώνουν αυξανόμενη δραστηριότητα, δηλαδή διαφορετική από αυτή των προηγούμενων ετών.

Τέλος η «βιωσιμότητα» αποτιμάται σε ακόμη πιο μεγάλο χρονικό διάστημα ( $t+k+v$ ). Θεωρείται ότι αν εξακολουθεί να υπάρχει δραστηριότητα και ενεργή συμμετοχή και στο χρονικό διάστημα  $v$ , τότε το έργο θα είναι βιώσιμο [258]. Η δραστηριότητα αντανακλάται από τις μεταβλητές:

- (i) αριθμός αντικειμένων artifacts που κατατίθεται από χρήστες στο χρονικό διάστημα  $v$  (δηλαδή από το 2008 έως το 2010),
- (ii) αριθμός αντικειμένων artifacts που διεκπεραιώθηκαν στο ίδιο διάστημα.

Συνοπτικά, οι μεταβλητές, οι δείκτες τους και η περιγραφή των δεικτών παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-2.

Πίνακας 5-2. Ορισμός μεταβλητών-δεικτών

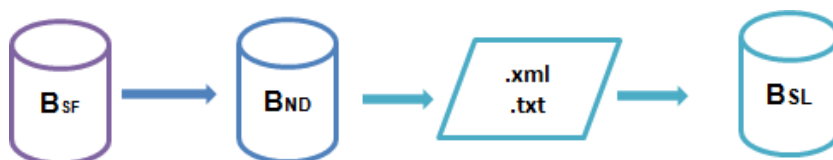
Λανθάνουσα Μεταβλητή	Μεταβλητή-Δείκτης	Περιγραφή	Χρόνος
<i>Αποδοτικότητα ομάδας</i> Χρόνος $t$	Μέσος χρόνος διεκπεραίωσης των αντικειμένων artifacts	Μέσος χρόνος διεκπεραίωσης των αντικειμένων artifacts σε ημέρες, για το σύνολο των artifacts έως τον Μάρτιο του 2005.	Μάρτιος 2005
	Μέσος χρόνος μεταξύ των διαδοχικών εκδόσεων	Μέσος χρόνος μεταξύ των διαδοχικών εκδόσεων του έργου έως τον Μάρτιο του 2005 (σε ημέρες).	Μάρτιος 2005
<i>Παραγωγικότητα ομάδας</i> Χρόνος $t$	Αριθμός εκδόσεων	Το σύνολο των εκδόσεων του έργου έως το Μάρτιο του 2005.	Μάρτιος 2005
	Μέσο μέγεθος αρχείων εκδόσεων	Μέσος όρος του μεγέθους των αρχείων όλων των εκδόσεων ενός έργου έως το Μάρτιο του 2005.	Μάρτιος 2005
	Μέγεθος αρχείων artifacts	Μέγεθος των αρχείων των αντικειμένων artifacts του έργου έως το Μάρτιο του 2005.	Μάρτιος 2005
<i>Κοινωνική επίδραση</i> Χρόνος $t$	Αριθμός χρηστών που συμμετέχουν στο forum	Αριθμός εγγεγραμμένων χρηστών του έργου που έχουν κάνει τουλάχιστον ένα σχόλιο στο forum έως το Μάρτιο του 2005.	Μάρτιος 2005
	Αριθμός μηνυμάτων που έχουν περισσότερα από 2 συνδεδεμένα μηνύματα	Συνολικός αριθμός μηνυμάτων για το έργο που έχουν περισσότερα από 2 συνδεδεμένα μηνύματα στο forum Μάρτιο του 2005.	Μάρτιος 2005
<i>Πρόθεση χρήσης</i> Χρόνος $t$	Αριθμός εγγεγραμμένων χρηστών	Συνολικός αριθμός εγγεγραμμένων χρηστών του έργου έως το Μάρτιο του 2005.	Μάρτιος 2005
	Αριθμός downloads	Συνολικός αριθμός των downloads που έχουν καταμετρηθεί από το SourceForge για το έργο έως το Μάρτιο του 2005.	Μάρτιος 2005
<i>Προσέλκυση χρηστών</i> Χρόνος $t+k$	Αριθμός νέων και ενεργών χρηστών	Αριθμός ενεργών χρηστών που εγγράφηκαν το διάστημα Απρίλιος 2005 - Μάρτιος 2008.	Απρίλιος 2005 - Μάρτιος 2008
	Αριθμός σχολίων στο forum από νέους χρήστες	Αριθμός σχολίων ή μηνυμάτων στο forum του έργου από χρήστες που εγγράφηκαν το διάστημα Απρίλιος 2005 - Μάρτιος 2008.	Απρίλιος 2005 - Μάρτιος 2008
	Αριθμός αντικειμένων artifacts που έχουν υποβληθεί από νέους χρήστες	Αριθμός αντικειμένων artifacts που έχουν υποβληθεί από χρήστες που εγγράφηκαν το διάστημα Απρίλιος 2005 - Μάρτιος 2008.	Απρίλιος 2005 - Μάρτιος 2008
<i>Βιωσιμότητα</i>	Αριθμός αντικειμένων	Αριθμός αντικειμένων artifacts	Απρίλιος 2008

Χρόνος $t+k+v$	artifacts που έχουν διεκπεραιωθεί	που έχουν διεκπεραιωθεί κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2008 - Μάρτιος 2010.	- Μάρτιος 2010
	Αριθμός αντικειμένων artifacts που δεν έχουν διεκπεραιωθεί	Αριθμός αντικειμένων artifacts που έχουν υποβληθεί, αλλά παραμένουν ανοιχτά κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2008 - Μάρτιος 2010.	Απρίλιος 2008 - Μάρτιος 2010

### 5.5.2 Εξόρυξη δεδομένων από τη βάση $B_{ND}$ και δημιουργία νέας βάσης $B_{SL}$

Το Πανεπιστήμιο Notre Dame λαμβάνει σε μηνιαία βάση δεδομένα από τη βάση SourceForge, τα οποία αποθηκεύει σε δική του βάση ( $B_{ND}$ ) σε περιβάλλον PostgreSQL. Για τους εγγεγραμμένους χρήστες παρέχεται διαδικτυακό περιβάλλον ερωτήσεων (<http://srda.cse.nd.edu/cgi-bin/form.pl>) από το οποίο μπορεί κανείς να εξαγάγει τα δεδομένα της βάσης με τα κατάλληλα SQL ερωτήματα.

Το μειονέκτημα αυτού του περιβάλλοντος είναι ότι έχει μεγάλο χρόνο απόκρισης, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις πιο περίπλοκων ερωτημάτων. Για το λόγο αυτό, αποφασίστηκε η εξαγωγή των απαραίτητων πινάκων και εισαγωγή τους σε τοπική βάση  $B_{SL}$ , έτσι ώστε να είναι δυνατός ο πειραματισμός και επεξεργασία των δεδομένων, χωρίς το «overhead» της δικτυακής σύνδεσης. Σχηματικά, η διαδικασία περιγράφεται στο Σχήμα 5-15.



Σχήμα 5-15. Εξόρυξη δεδομένων σε τοπική βάση  $B_{SL}$

Το περιβάλλον ερωτήσεων απεικονίζεται στην Εικόνα 5-2. Όπως μπορεί κανείς να διαπιστώσει, είναι δυνατόν να υποβληθούν ερωτήματα SQL και να εξαχθούν τα αντίστοιχα στοιχεία της βάσης.

Ανάλογα με την επιλογή του χρήστη, τα αποτελέσματα των ερωτημάτων αποθηκεύονται είτε σε μορφή XML, ή σε μορφή κειμένου .txt, όπου τα πεδία διαχωρίζονται μεταξύ τους με χαρακτήρα που επιλέγει ο χρήστης (επιλογή separator). Οι δύο αυτές μορφές έχουν τα προτερήματα και τα μειονεκτήματά τους. Όσον αφορά τον τύπο κειμένου (text) το εξαγώγιμο αρχείο έχει λιγότερο όγκο οπότε η επεξεργασία του είναι πολύ πιο σύντομη. Από την άλλη πλευρά, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πίνακες που περιέχουν πεδία τύπου κειμένου (text) διότι τα πεδία αυτά είναι πολύ πιθανό να περιέχουν ήδη τον διαχωριστικό χαρακτήρα και έτσι είναι αδύνατον να εισαχθεί στην τοπική βάση. Σε αντίθεση το αρχείο τύπου XML δεν παρουσίαζε αυτό το πρόβλημα αλλά ο όγκος του αρχείου είναι σαφώς μεγαλύτερος και πολλές φορές αδύνατον να επεξεργαστεί. Οπότε ανάλογα με την περίπτωση επιλέγεται και ο τύπος του αρχείου.

Η  $B_{ND}$  περιέχει πίνακες για κάθε μήνα και έτος από το 2003 έως σήμερα, διαχωρισμένους σε αντίστοιχα σχήματα. Για τις ανάγκες της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τα σχήματα που αναφέρονται στο Μάρτιο του 2005, Μάρτιο του 2008 και Μάρτιο του 2010, δηλαδή τα sf0305, sf0308, sf0310. Από τα σχήματα αυτά επιλέχθηκαν μόνο οι βασικοί πίνακες και οι συνδέσεις τους (όπως περιγράφονται στις ενότητες 5.2.2 - 5.2.9) που ήταν απαραίτητοι για την εξαγωγή των μεταβλητών δεικτών του μοντέλου. Επίσης μεταφέρθηκε ο πίνακας *stats\_group\_id\_alltime\_agg* για το σχήμα sf0305, που είναι στατιστικός πίνακας και περιέχει τον αριθμό των downloads για κάθε έργο αθροιστικά και έως το χρονικό σημείο του σχήματος.

SourceForge.net Research Archive Query Form

**SELECT:**

**FROM:**

**WHERE:**

**Separator**

:

;

#

.

XML

**Add SQL query to result file?**

yes

no

[Query History](#)

```
1. Mon Jan 7 21:38:46 2013 -- SELECT count(a.artifact_id) as arts,
b.group_id FROM sf0305.artifact a, sf0305.artifact_group_list b WHERE
(a.group_artifact_id=b.group_artifact_id) and (a.status_id=2) group by
```

**Εικόνα 5-2. Περιβάλλον διεπαφής με τη βάση του πανεπιστημίου Notre Dame**

Για την εξαγωγή των πινάκων χρησιμοποιήθηκαν απλά SQL ερωτήματα της μορφής:

```
SELECT * FROM sf0310.groups
```

Στη συνέχεια, τα παραγόμενα αρχεία (XML, ή .txt) εισήχθησαν στη τοπική βάση B<sub>SL</sub> σε περιβάλλον SQL server, ως ακολούθως.

Αρχικά, δημιουργήθηκαν αντίστοιχα με τη βάση B<sub>ND</sub> σχήματα sf0305, sf0308, sf0310, ώστε να διαχωρίζονται οι πίνακες χρονικά, π.χ.

```
CREATE SCHEMA [s0310] AUTHORIZATION [dbo]
```

Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν όλοι οι πίνακες χωρίς τα δεδομένα.

**Παράδειγμα:**

```
CREATE TABLE [s0310].groups
(
group_id integer not null ,
group_name text not null
homepage text
status char(1)
unix_group_name text not null
register_time integer not null
http_domain text
short_description text
license text
is_public integer not null
)
```

Για την εισαγωγή δεδομένων χρησιμοποιείται η εντολή BULK INSERT του SQL Server:

*Παράδειγμα για τη περίπτωση αρχείων μορφής κειμένου (txt):*



```
BULK INSERT s0310.artifact FROM
'C:\bsl\2010\s0310artifact.txt'
WITH (FIELDTERMINATOR = ';',FIRSTROW =1, CODEPAGE = 'ANSI',
ROWTERMINATOR = '\n')--, BATCHSIZE = 2)
GO
```

### Παράδειγμα για τη περίπτωση αρχείων μορφής XML:

```
SELECT * FROM #WorkingTable
CREATE TABLE #WorkingTable
(Data XML)
DECLARE @XML AS XML, @hDoc AS INT
DELETE FROM #WorkingTable
INSERT INTO #WorkingTable
SELECT * FROM OPENROWSET (BULK 'C:\bsl\2010\s0310groups.xml',
SINGLE_BLOB)
AS data
SELECT @XML = Data FROM #WorkingTable
EXEC sp_xml_preparedocument @hDoc OUTPUT, @XML
INSERT INTO s0310.groups
SELECT *
FROM OPENXML(@hDoc, '/root/row',3)
WITH (
group_id integer not null ,
group_name text not null
homepage text
status char(1)
unix_group_name text not null
register_time integer not null
http_domain text
short_description text
license text
is_public integer not null
)
EXEC sp_xml_removedocument @hDoc
```

Μετά την εισαγωγή των πινάκων στη τοπική βάση, δημιουργούνται τα πρωτεύοντα κλειδιά για κάθε πίνακα, έτσι ώστε να είναι δυνατή η συσχέτιση των πινάκων.

### Παράδειγμα:

```
ALTER TABLE s0310. ALTER COLUMN group_id integer not null;
GO
ALTER TABLE s0103.groups WITH NOCHECK ADD CONSTRAINT PK_group_id
PRIMARY KEY CLUSTERED (group_id);
GO
```

## 5.5.3 Επιλογή δεδομένων

Στη βάση δεδομένων υπάρχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός εγγεγραμμένων έργων, πολλά από αυτά όμως παραμένουν ανενεργά. Για παράδειγμα το Μάρτιο του 2010 στον πίνακα *groups* ήταν καταχωρημένα 221.802 έργα, πολλά όμως από αυτά έχουν λιγότερους από 2 χρήστες και ο αριθμός των αντικειμένων *artifact* παραμένει ο ίδιος από το 2005. Δηλαδή για 5 χρόνια δε παρουσίασαν κανένα ίχνος δραστηριότητας.

Καθώς στόχος της εργασίας είναι η μελέτη βιώσιμων έργων, έγινε η επιλογή ενός υποσυνόλου των εγγεγραμμένων έργων με βάση τη δραστηριότητά τους από το σημείο αναφοράς της μελέτης, δηλαδή το Μάρτιο του 2005. Πιο συγκεκριμένα επιλέχθηκαν τα έργα που είναι εγγεγραμμένα μέχρι το Μάρτιο του 2005, έχουν τουλάχιστον ένα διεκπεραιωμένο *artifact* στο διάστημα 2004-2005 και επιπλέον εξακολουθούν να

υπάρχουν στη βάση το Μάρτιο του 2010 και έχουν τουλάχιστον ένα διεκπεραιωμένο artifact στο διάστημα 2008-2010. Εάν ένα έργο ικανοποιεί αυτά τα κριτήρια, τότε σίγουρα θα είναι βιώσιμο, σύμφωνα με τον ορισμό της βιωσιμότητας όπως διατυπώθηκε στην ενότητα 5.4.

Για να βρεθούν αυτά τα έργα χρησιμοποιήθηκε το επόμενο SQL ερώτημα στη τοπική βάση B<sub>SL</sub>:

```
SELECT DISTINCT s0310.groups.group_id
FROM           s0310.artifact_group_list INNER JOIN
               s0310.artifact ON
s0310.artifact_group_list.group_artifact_id =
s0310.artifact.group_artifact_id INNER JOIN
               s0310.groups ON
s0310.artifact_group_list.group_id = s0310.groups.group_id
WHERE         (YEAR(DATEADD(s, s0310.artifact.close_date,
CONVERT(DATETIME, '1970-01-01 00:00:00', 102))) BETWEEN 2004 AND
2005) AND (s0310.groups.group_id IN
           (SELECT DISTINCT groups_1.group_id
            FROM
s0310.artifact_group_list AS artifact_group_list_1 INNER JOIN
                           s0310.artifact
AS artifact_1 ON artifact_group_list_1.group_artifact_id =
artifact_1.group_artifact_id INNER JOIN
                           s0310.groups
AS groups_1 ON artifact_group_list_1.group_id = groups_1.group_id
                           WHERE         (YEAR(DATEADD(s,
artifact_1.close_date, CONVERT(DATETIME, '1970-01-01 00:00:00',
102))) BETWEEN 2008 AND 2010)))
```

Από το παραπάνω ερώτημα προκύπτει ένα σύνολο από 2.304 έργα, τα οποία και αποτελούν και το αντικείμενο μελέτης. Για την καλύτερη μελέτη τους, δημιουργείται ο πίνακας *act\_groups* με τα στοιχεία των έργων ως υποσύνολο του πίνακα *s0310.groups*, ο οποίος θα είναι και ο πίνακας που θα χρησιμοποιήσουμε στο πλαίσιο της εργασίας. Η δημιουργία του πίνακα γίνεται με ένα απλό ερώτημα δημιουργίας πίνακα ως ακολούθως:

```
SELECT      s0310.groups.*
INTO        act_groups
FROM        act_groups_first INNER JOIN
           s0310.groups ON act_groups_first.group_id =
           s0310.groups.group_id
```

Για να διαπιστωθεί ότι το δείγμα των έργων που θα χρησιμοποιηθεί είναι τυχαίο, ελέγχονται τα χαρακτηριστικά των έργων, έτσι ώστε να μην υπάρχει κάποια ιδιαίτερη τάση σε μια μόνο κατηγορία, γεγονός που μπορεί να προκαλούσε κάποια μεροληψία. Οι κατηγορίες που ελέγχονται είναι:

- *Ηλικία έργου*, δηλαδή ο χρόνος από την ημερομηνία εγγραφής του στο SourceForge. Τα περισσότερα έργα έχουν εγγραφεί το 2003 και 2004, αλλά οι εγγραφές ξεκινούν από 1999 (έναρξη λειτουργίας του SourceForge).
- *Άδεια χρήσης* ανοιχτού λογισμικού. Όπως και στο σύνολο του πληθυσμού (δηλαδή στα 221.802 έργα), η συντριπτική πλειοψηφία χρησιμοποιεί τη GNU GPL, ενώ με μεγάλη διαφορά ακολουθούν οι GNU LGPL, BSD, Apache V2.0, MIT License, Mozilla Public License, zlib/libpng και PHP Licence. Συνολικά καταγράφηκαν 50 διαφορετικές άδειες. Χαρακτηριστικό είναι ότι πολλά έργα χρησιμοποιούν περισσότερες από μια άδειες με μια εκ των δύο να είναι η GNU GPL. Αυτό γίνεται εκδίδοντας διαφορετικά τμήματα του ίδιου προγράμματος

κάτω από διαφορετικές άδειες. Ο λόγος είναι ότι οι εθελοντές προγραμματιστές πολύ δύσκολα προτιμούν να συνεισφέρουν σε πρόγραμμα που δε προστατεύει τη φιλοσοφία του ΕΛ/ΛΑΚ και που μπορεί να γίνει αντικείμενο εκμετάλλευσης συγκεκριμένων εταιρειών. Για το λόγο αυτό, πολλές εταιρείες διατηρούν κάποιο μέρος του κώδικα κάτω από την άδεια χρήσης GNU GPL, ελπίζοντας έτσι να προσελκύσουν μεγαλύτερο αριθμό εθελοντών.

- *Κοινό* στο οποίο αναφέρεται. Επίσης, σε αυτή τη περίπτωση, πολλά έργα μπορεί να σχετίζονται με πάνω από μια κατηγορίες. Τα περισσότερα έργα (1826) αναφέρονται σε προγραμματιστές, ενώ 1468 έργα σε τελικούς χρήστες.
- *Θεματικό περιεχόμενο*. Εδώ παρουσιάζεται μεγάλη διακύμανση, με πιο δημοφιλείς τις κατηγορίες «Ανάπτυξη Λογισμικού» (Software Development), «Δυναμικό Περιεχόμενο» (Dynamic Content), «Διαδίκτυο» (Internet), «Διοίκηση Συστημάτων» (Systems Administration), «Επικοινωνίες» (Communications), «Παιχνίδια/Διασκέδαση» (Games/Entertainment). Συνολικά βρέθηκαν 195 κατηγορίες περιεχομένου. Πολλά έργα μπορούν να επιλέξουν πάνω από μια κατηγορίες.
- *Συμβατότητα* με λειτουργικά συστήματα. Τα περισσότερα έργα (53%) δηλώνουν συμβατότητα με όλα τα POSIX (τύπου Linux/BSD/UNIX ΛΣ), ενώ το 45% δηλώνει ότι είναι ανεξάρτητο ΛΣ. Το 38% υποστηρίζεται από όλων των εκδόσεων των Windows.
- *Γλώσσα προγραμματισμού* που χρησιμοποιείται. Τα πιο πολλά έργα χρησιμοποιούν περισσότερες από μια γλώσσες,. Παρόλα αυτά οι πιο δημοφιλείς είναι η Java, C++, C, PHP, Python, Perl, JavaScript και C#. Συνολικά βρέθηκαν 73 διαφορετικές γλώσσες.
- *Περιβάλλον Βάσης Δεδομένων*. Όπως αναμένεται η πιο δημοφιλής βάση είναι η MySQL (26.7%), και ακολουθούν με διαφορά οι JDBC (8.6%), PostgreSQL (7.4%), Microsoft SQL Server (4.9%).
- *Διεπαφή χρήστη*. Ένα έργο μπορεί να χρησιμοποιεί διαφορετικά περιβάλλοντα διεπαφής. Τα πιο δημοφιλή είναι τα «Web-based» και «Windows/XWindows».
- *Φυσική γλώσσα*. Αν και τα 2.203 από τα 2.304 έργα χρησιμοποιούν την Αγγλική γλώσσα, πολλά έργα χρησιμοποιούν παράλληλα και άλλες γλώσσες. Βρέθηκαν συνολικά 60 διαφορετικές γλώσσες. Δεύτερη σε προτίμηση είναι η Γερμανική (459 έργα) και τρίτη η Γαλλική (398 έργα). Η Ελληνική γλώσσα βρέθηκε σε 54 έργα.

Αναλυτικότερα, η κατανομή των έργων στις διάφορες κατηγορίες όπως προέκυψαν από κατάλληλα ερωτήματα στη βάση, καθώς και τα ερωτήματα που χρησιμοποιήθηκαν για το σκοπό αυτό παρουσιάζονται στο Παράρτημα III.

#### 5.5.4 Επεξεργασία δεδομένων

Για τη δημιουργία των μεταβλητών δεικτών που παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 5-2, δημιουργήθηκαν μια σειρά από SQL ερωτήματα στη βάση B<sub>SQL</sub>, ως ακολούθως:

##### «Βιωσιμότητα»

*Αριθμός αντικειμένων artifacts που έχουν διεκπεραιωθεί*

```
SELECT          COUNT(s0310.artifact.artifact_id) AS closed,
                dbo.act_groups.group_id
FROM            s0310.artifact_group_list INNER JOIN
```

```

        s0310.artifact ON
s0310.artifact_group_list.group_artifact_id =
s0310.artifact.group_artifact_id INNER JOIN
        dbo.act_groups ON
s0310.artifact_group_list.group_id = dbo.act_groups.group_id
WHERE      (DATEADD(s, s0310.artifact.close_date,
CONVERT(DATETIME, '1970-01-01 00:00:00', 102)) BETWEEN
CONVERT(DATETIME, '2008-04-01 00:00:00', 102) AND
        CONVERT(DATETIME, '2010-03-31 00:00:00',
102))
GROUP BY dbo.act_groups.group_id

```

### **Αριθμός αντικειμένων artifacts που δεν έχουν διεκπεραιωθεί**

```

SELECT      COUNT(s0310.artifact.artifact_id) AS [open],
dbo.act_groups.group_id
FROM        s0310.artifact_group_list INNER JOIN
        s0310.artifact ON
s0310.artifact_group_list.group_artifact_id =
s0310.artifact.group_artifact_id INNER JOIN
        dbo.act_groups ON
s0310.artifact_group_list.group_id = dbo.act_groups.group_id
WHERE      (DATEADD(s, s0310.artifact.close_date,
CONVERT(DATETIME, '1970-01-01 00:00:00', 102)) BETWEEN
CONVERT(DATETIME, '2008-04-01 00:00:00', 102) AND
        CONVERT(DATETIME, '2010-03-31 00:00:00',
102))
GROUP BY dbo.act_groups2.group_id

```

### **«Προσέλκυση χρηστών»**

Αρχικά δημιουργείται ένας πίνακας με όλους τους νέους χρήστες, δηλαδή αυτούς που έχουν εγγραφεί στο διάστημα από 01/04/2005 έως 31/03/2008:

```

Create table s0308.active_users
SELECT      user_id, DATEADD(s, add_date, CONVERT(DATETIME, '1970-
01-01 00:00:00', 102)) AS reg_date
INTO
        active_users
FROM        s0308.users
WHERE      (DATEADD(s, s0308.users.add_date, CONVERT(DATETIME,
'1970-01-01 00:00:00', 102)) >= CONVERT(DATETIME, '2005-04-01
00:00:00', 102))

```

Στη συνέχεια ο πίνακας αυτός ενημερώνεται με πεδία που αντιστοιχούν στις διάφορες δραστηριότητες που μπορεί να συμμετέχει ένας χρήστης. Αυτές είναι όλες οι δραστηριότητες artifacts, η συμμετοχή σε συζητήσεις forum, η δημιουργία τεκμηρίωσης, η συμμετοχή σε εκδόσεις (releases) και η ανάληψη κάποιας εργασίας του έργου. Οι στήλες των διαφόρων δραστηριοτήτων έχουν τη τιμή NULL όταν ένας χρήστης δεν έχει επιδείξει έστω και μια συμμετοχή στη δραστηριότητα. Η ενημέρωση του πίνακα active\_users γίνεται με τις ακόλουθες εντολές:

```

UPDATE      s0308.active_users
SET
        release = s0308.frs_release.released_by
FROM        s0308.active_users INNER JOIN
        s0308.frs_release ON
s0308.active_users.user_id = s0308.frs_release.released_by

UPDATE      s0308.active_users
SET
        forum = s0308.forum.posted_by
FROM        s0308.active_users INNER JOIN

```

```

s0308.forum ON s0308.active_users.user_id =
s0308.forum.posted_by

UPDATE    s0308.active_users
SET       doc = s0308.doc_data.created_by
FROM      s0308.active_users INNER JOIN
          s0308.doc_data ON
s0308.active_users.user_id = s0308.doc_data.created_by

UPDATE    s0308.active_users
SET       artifact_closed = s0308.artifact.closed_by
FROM      s0308.active_users INNER JOIN
          s0308.artifact ON
s0308.active_users.user_id = s0308.artifact.closed_by

UPDATE    s0308.active_users
SET       artifact_assigned = s0308.artifact.assigned_to
FROM      s0308.active_users INNER JOIN
          s0308.artifact ON
s0308.active_users.user_id = s0308.artifact.assigned_to

UPDATE    s0308.active_users
SET       artifact_submitted = s0308.artifact.submitted_by
FROM      s0308.active_users INNER JOIN
          s0308.artifact ON
s0308.active_users.user_id = s0308.artifact.submitted_by

UPDATE    s0308.active_users
SET       projects =
s0308.project_assigned_to.assigned_to_id
FROM      s0308.active_users INNER JOIN
          s0308.project_assigned_to ON
s0308.active_users.user_id =
s0308.project_assigned_to.assigned_to_id

```

Τέλος, δημιουργείται ο τελικός πίνακας *act\_newusers*, ο οποίος περιέχει όλους τους νέους (για το διάστημα 2005-2008) και ενεργούς χρήστες. Στη συνέχεια υπολογίζονται οι αντίστοιχοι δείκτες.

```

SELECT    user_id AS act_user
FROM      s0308.active_users
INTO      act_newusers,
WHERE     (release IS NOT NULL) OR
          (artifact_submitted IS NOT NULL) OR
          (forum IS NOT NULL) OR
          (doc IS NOT NULL) OR
          (artidact_closed IS NOT NULL) OR
          (artifact_assigned IS NOT NULL) OR
          (projects IS NOT NULL)

```

### *Αριθμός νέων και ενεργών χρηστών*

```

SELECT    dbo.act_groups.group_id, COUNT(dbo.
act_newusers.act_user) AS users
FROM      dbo.act_groups INNER JOIN
          s0308.user_group ON dbo.act_groups.group_id
= s0308.user_group.group_id INNER JOIN
          dbo.act_newusers ON
s0308.user_group.user_id = dbo.act_newusers.act_user
GROUP BY dbo.act_groups.group_id

```

### Αριθμός σχολίων στο forum από νέους χρήστες

```
SELECT      dbo.act_groups.group_id, COUNT(s0308.forum.msg_id) AS
messages
FROM        dbo. act_newusers INNER JOIN
           s0308.user_group ON dbo. act_newusers
.act_user = s0308.user_group.user_id INNER JOIN
           dbo.act_groups ON s0308.user_group.group_id
= dbo.act_groups.group_id INNER JOIN
           s0308.forum ON dbo. act_newusers . act_user
= s0308.forum.posted_by
GROUP BY   dbo.act_groups.group_id
```

### Αριθμός αντικειμένων artifacts που έχουν υποβληθεί από νέους χρήστες

```
SELECT      dbo.act_groups.group_id,
COUNT(s0308.artifact.artifact_id) AS subm_artif
FROM        dbo. act_newusers INNER JOIN
           s0308.user_group ON dbo.
act_newusers.act_user = s0308.user_group.user_id INNER JOIN
           dbo.act_groups ON s0308.user_group.group_id
= dbo.act_groups.group_id INNER JOIN
           s0308.artifact ON dbo. act_newusers.
act_user = s0308.artifact.submitted_by
GROUP BY   dbo.act_groups.group_id
```

### «Αποδοτικότητα ομάδας»

#### Μέσος χρόνος διεκπεραίωσης των αντικειμένων artifacts

```
SELECT      AVG(DAY(DATEADD(s, s0305.artifact.close_date,
CONVERT(DATETIME, '1970-01-01 00:00:00', 102))) - DAY(DATEADD(s,
s0305.artifact.open_date,
CONVERT(DATETIME, '1970-01-01 00:00:00',
102)))) AS avg_time, dbo.act_groups.group_id
FROM        s0305.artifact INNER JOIN
           s0305.artifact_group_list ON
s0305.artifact.group_artifact_id =
s0305.artifact_group_list.group_artifact_id INNER JOIN
           dbo.act_groups ON
s0305.artifact_group_list.group_id = dbo.act_groups.group_id
WHERE       (s0305.artifact.close_date > 0) AND (NOT
(s0305.artifact.close_date IS NULL))
GROUP BY   dbo.act_groups.group_id
```

#### Μέσος χρόνος μεταξύ των διαδοχικών εκδόσεων για κάθε έργο.

```
SELECT      dbo.act_groups.group_id,
AVG(s0305.frs_file.release_time) AS mean_time
FROM        s0305.frs_file INNER JOIN
           s0305.frs_release ON
s0305.frs_file.release_id = s0305.frs_release.release_id INNER
JOIN
           s0305.frs_package ON
s0305.frs_release.package_id = s0305.frs_package.package_id INNER
JOIN
           dbo.act_groups ON
s0305.frs_package.group_id = dbo.act_groups.group_id
GROUP BY   dbo.act_groups.group_id
```

### «Παραγωγικότητα ομάδας»

### Αριθμός εκδόσεων

```
SELECT      dbo.act_groups.group_id,
COUNT(s0305.frs_release.release_id) AS releases
FROM        s0305.frs_release INNER JOIN
            s0305.frs_package ON
s0305.frs_release.package_id = s0305.frs_package.package_id INNER
JOIN
            dbo.act_groups ON
s0305.frs_package.group_id = dbo.act_groups.group_id
GROUP BY   dbo.act_groups.group_id
```

### Μέσο μέγεθος αρχείων εκδόσεων

```
SELECT      dbo.act_groups.group_id, AVG(s0305.frs_file.file_size)
AS avgsize
FROM        s0305.frs_file INNER JOIN
            s0305.frs_release ON
s0305.frs_file.release_id = s0305.frs_release.release_id INNER
JOIN
            s0305.frs_package ON
s0305.frs_release.package_id = s0305.frs_package.package_id INNER
JOIN
            dbo.act_groups ON
s0305.frs_package.group_id = dbo.act_groups.group_id
GROUP BY   dbo.act_groups.group_id
```

### Μέγεθος αρχείων artifacts

```
SELECT      dbo.act_groups.group_id,
SUM(s0305.artifact_file.filesize) AS total_size
FROM        s0305.artifact_group_list INNER JOIN
            dbo.act_groups ON
s0305.artifact_group_list.group_id = dbo.act_groups.group_id
INNER JOIN
            s0305.artifact ON
s0305.artifact_group_list.group_artifact_id =
s0305.artifact.group_artifact_id INNER JOIN
            s0305.artifact_file ON
s0305.artifact.artifact_id = s0305.artifact_file.artifact_id
GROUP BY   dbo.act_groups.group_id
```

### «Κοινωνική επίδραση»

#### Αριθμός χρηστών που συμμετέχουν στο forum

```
SELECT DISTINCT COUNT(s0305.forum.posted_by) AS users,
dbo.act_groups.group_id
FROM        s0305.forum_group_list INNER JOIN
            s0305.forum ON
s0305.forum_group_list.group_forum_id =
s0305.forum.group_forum_id INNER JOIN
            dbo.act_groups ON
s0305.forum_group_list.group_id = dbo.act_groups.group_id
GROUP BY   dbo.act_groups.group_id
```

#### Αριθμός μηνυμάτων που έχουν περισσότερα από 2 συνδεδεμένα μηνύματα.

Αρχικά εξάγονται για κάθε μήνυμα ο αριθμός των συνδεδεμένων μηνυμάτων (δημιουργείται View με όνομα *message\_follow*).

```
SELECT      s0305.forum.is_followup_to,
COUNT(s0305.forum.is_followup_to) AS follows
```

```

FROM          s0305.forum INNER JOIN
              s0305.forum_group_list ON
s0305.forum.group_forum_id =
s0305.forum_group_list.group_forum_id INNER JOIN
              dbo.act_groups ON
s0305.forum_group_list.group_id = dbo.act_groups.group_id
GROUP BY s0305.forum.is_followup_to

```

Στη συνέχεια δημιουργείται το ερώτημα για τα συνδεδεμένα μηνύματα.

```

SELECT      dbo.act_groups.group_id,
COUNT(s0305.forum.is_followup_to) AS no_messages
FROM        s0305.forum INNER JOIN
              s0305.forum_group_list ON
s0305.forum.group_forum_id =
s0305.forum_group_list.group_forum_id INNER JOIN
              dbo.act_groups ON
s0305.forum_group_list.group_id = dbo.act_groups.group_id INNER
JOIN
              dbo.message_follow ON s0305.forum.msg_id =
dbo.message_follow.is_followup_to
WHERE      (dbo.message_follow.is_followup_to <> 0) AND
(dbo.message_follow.follows > 1)
GROUP BY  dbo.act_groups.group_id

```

### «Πρόθεση χρήσης»

#### Αριθμός εγγεγραμμένων χρηστών

```

SELECT      dbo.act_groups.group_id, COUNT(s0305.users.user_id) AS
users05
FROM        s0305.user_group INNER JOIN
              s0305.users ON s0305.user_group.user_id =
s0305.users.user_id INNER JOIN
              dbo.act_groups ON s0305.user_group.group_id
= dbo.act_groups.group_id
GROUP BY  dbo.act_groups.group_id

```

#### Αριθμός downloads

```

SELECT      dbo.act_groups.group_id,
s0405.stats_groupid_alltime_agg.downloads
FROM        s0405.stats_groupid_alltime_agg INNER JOIN
              dbo.act_groups ON
s0405.stats_groupid_alltime_agg.group_id =
dbo.act_groups.group_id

```

## 5.6 Στατιστική ανάλυση δεδομένων και αποτελέσματα

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τα ερωτήματα της προηγούμενης ενότητας, αποτελούν τις τιμές των μεταβλητών-δεικτών του μοντέλου. Τα στατιστικά τους στοιχεία απεικονίζονται στον Πίνακα 5-3.

Πίνακας 5-3. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία μεταβλητών

Μεταβλητές	Όνομα	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
<i>Αποδοτικότητα ομάδας</i>	<i>performance</i>				
Μέσος χρόνος διεκπεραίωσης των αντικειμένων artifacts σε ημέρες	close_time	29	0	7	3,69
Μέσος χρόνος μεταξύ των διαδοχικών εκδόσεων για κάθε	release_time	31	1	14	4,05



έργασε ημέρες

<i>Παραγωγικότητα ομάδας</i>		<i>productivity</i>			
Μέγεθος αρχείων artifacts*	art_files	80.820.851	31	1.058.200	4.616.614,46
Μέσο μέγεθος αρχείων εκδόσεων*	mean_files	232.489.127	1.895	2.190.302,31	9.531.113,23
Αριθμός εκδόσεων	no_releases	636	1	22	31,97
<i>Κοινωνική επίδραση</i>		<i>soc_impact</i>			
Αριθμός χρηστών που συμμετέχουν στο forum	forum_users	63.137	1	274	1.414,63
Αριθμός μηνυμάτων με πάνω από 2 συνδεδεμένα μηνύματα	2_messages	5.052	1	78	283,18
<i>Πρόθεση χρήσης</i>		<i>intention</i>			
Αριθμός εγγεγραμμένων χρηστών	users	284	1	6	11,90
Αριθμός downloads*	downloads	24.313.762	2	125.835	901.720,22
<i>Προσέλκυση χρηστών</i>		<i>usr_attraction</i>			
Αριθμός νέων και ενεργών χρηστών	new_active	35	1	2	2,86
Αριθμός αντικειμένων artifacts που έχουν κατατεθεί από τους νέους χρήστες	art_new	1.145	1	27	86,42
Αριθμός σχολίων στο forum από τους νέους χρήστες	new_message	2.840	1	41	159,08
<i>Βιωσιμότητα</i>		<i>sustainability</i>			
Αριθμός αντικειμένων artifacts που δεν έχουν διεκπεραιωθεί	art_open	17.510	1	98	620,60
Αριθμός artifacts που έχουν διεκπεραιωθεί	art_closed	17.512	1	71	491,97

\* Σημ. Εξ αιτίας της μεγάλης τυπικής τους απόκλισης, για τις μεταβλητές αυτές λαμβάνεται ο φυσικός λογάριθμος των τιμών τους κατά τη στατιστική ανάλυση.

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων γίνεται με τη μέθοδο PLS και το λογισμικό SmartPLS. Η μέθοδος περιγράφεται αναλυτικά στην ενότητα 4.8.1-4.8.3. Θεωρείται ότι το μοντέλο αποτελείται από ανακλαστικές μεταβλητές-δείκτες.

### 5.6.1 Αξιολόγηση εξωτερικού μοντέλου

Αρχικά γίνεται η αξιολόγηση του εξωτερικού μοντέλου, δηλαδή εξετάζεται η καταλληλότητα του δείγματος και κατά πόσο οι μεταβλητές-δείκτες μπορούν να αντανakλούν τις λανθάνουσες μεταβλητές. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται η αξιοπιστία και εγκυρότητα των μεταβλητών μέσω της συγκλίνουσας και διακρίνουσας εγκυρότητας (Convergent validity και Discriminant validity). Οι δύο αυτές στατιστικές εκτιμούν πόσο καλά οι μεταβλητές-δείκτες συνδέονται με τις λανθάνουσες μεταβλητές τους.

Η συγκλίνουσα εγκυρότητα ελέγχεται μέσω των στατιστικών αξιοπιστία στοιχείου (Item reliability), σύνθετη αξιοπιστία (Composite reliability) και μέση εξαγόμενη διασπορά (Average variance extracted -AVE) [189]. Η αξιοπιστία στοιχείου ελέγχεται από τους συντελεστές βαρύτητας κάθε μεταβλητής (loadings). Όπως φαίνεται στον Πίνακα 5-4, τα loadings κάθε μεταβλητής (με γαλάζιο χρώμα) είναι μεγαλύτερα από 0,5 και συνεπώς ικανοποιούν του κριτήριο του Chin [207]. Η σύνθετη αξιοπιστία είναι μέτρο της εσωτερικής συνοχής (Internal consistency reliability) και παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-5. Από τον πίνακα προκύπτει ότι οι τιμές σύνθετης αξιοπιστίας είναι όλες μεγαλύτερες από 0,8, γεγονός που ικανοποιεί το κριτήριο των Fornell and Larcker [221]. Τέλος, η μέση εξαγόμενη διασπορά AVE θα πρέπει να είναι πάνω από 0,5, γεγονός που σημαίνει ότι η κάθε μεταβλητή μπορεί να ερμηνεύει πάνω από το 50% της διασποράς

των δεικτών από τους οποίους προσδιορίζεται. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 5-5 όλες οι μεταβλητές έχουν AVE μεγαλύτερη του 0,7. Συνεπώς ικανοποιούνται όλα τα κριτήρια της συγκλίνουσας εγκυρότητας.

**Πίνακας 5-4. Συντελεστές βαρύτητας κάθε μεταβλητής (loadings) και μεταξύ των μεταβλητών (cross-loadings)**

	<i>performance</i>	<i>productivity</i>	<i>soc_impact</i>	<i>intention</i>	<i>usr_attraction</i>	<i>sustainability</i>
<b>close_time</b>	<b>0,921</b>	0,112	0,078	0,312	0,172	0,229
<b>release_time</b>	<b>0,868</b>	0,093	0,109	0,451	0,123	0,189
<b>art_files</b>	0,317	<b>0,781</b>	0,077	0,225	0,111	0,431
<b>mean_files</b>	0,286	<b>0,821</b>	0,105	0,289	0,132	0,319
<b>no_releases</b>	0,101	<b>0,744</b>	0,094	0,305	0,188	0,331
<b>forum_users</b>	0,088	0,234	<b>0,908</b>	0,401	0,167	0,232
<b>2_messages</b>	0,102	0,3	<b>0,913</b>	0,345	0,199	0,285
<b>users</b>	0,189	0,305	0,134	<b>0,895</b>	0,382	0,284
<b>downloads</b>	0,277	0,292	0,173	<b>0,854</b>	0,43	0,234
<b>new_active</b>	0,125	0,331	0,198	0,336	<b>0,873</b>	0,405
<b>art_new</b>	0,231	0,286	0,222	0,343	<b>0,891</b>	0,317
<b>new_message</b>	0,164	0,211	0,215	0,331	<b>0,784</b>	0,397
<b>art_open</b>	0,327	0,221	0,246	0,288	0,189	<b>0,971</b>
<b>art_closed</b>	0,304	0,209	0,212	0,247	0,267	<b>0,926</b>

Η διακρίνουσα εγκυρότητα μπορεί να ελεγχθεί με δύο τρόπους. Το κριτήριο των Fornell and Larcker [221] απαιτεί η τετραγωνική ρίζα της AVE της κάθε μεταβλητής να είναι μεγαλύτερη από τις συσχετίσεις της μεταβλητής με τις υπόλοιπες. Στον Πίνακα 5-5 φαίνονται οι συσχετίσεις των μεταβλητών, ενώ με έντονα γράμματα αναφέρεται η τετραγωνική ρίζα της AVE. Όπως είναι προφανές ικανοποιείται το κριτήριο των Fornell and Larcker [221].

Ο δεύτερος τρόπος υλοποιείται με τη σύγκριση των βαρών των μεταβλητών-δεικτών της κάθε λανθάνουσας μεταβλητής (loadings) με τα βάρη των μεταβλητών-δεικτών των υπόλοιπων μεταβλητών (cross-loadings). Θα πρέπει τα loadings της κάθε μεταβλητής να είναι υψηλότερα για την μεταβλητή στην οποία αναφέρονται από ότι για τις υπόλοιπες (cross-loadings) [207]. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 5-4 και αυτό το κριτήριο ικανοποιείται. Συνεπώς ικανοποιούνται όλα τα απαραίτητα κριτήρια για την επιτυχή αξιολόγηση του εξωτερικού μοντέλου, γεγονός που επιτρέπει τη στατιστική ανάλυση του εσωτερικού ή δομικού μοντέλου.

**Πίνακας 5-5. Στατιστικές εγκυρότητας και αξιοπιστίας: Σύνθετη αξιοπιστία, AVE και συσχετίσεις μεταβλητών.**

	<b>Composite reliability</b>	<b>AVE</b>	<i>performance</i>	<i>productivity</i>	<i>soc_impact</i>	<i>intention</i>	<i>usr_attraction</i>	<i>sustainability</i>
<i>performance</i>	0,916	0,892	<b>0,944</b>					
<i>productivity</i>	0,853	0,769	0,345	<b>0,877</b>				
<i>soc_impact</i>	0,971	0,920	0,231	0,128	<b>0,959</b>			
<i>intention</i>	0,904	0,882	0,332	0,217	0,297	<b>0,939</b>		
<i>usr_attraction</i>	0,912	0,873	0,228	0,182	0,343	0,158	<b>0,934</b>	
<i>sustainability</i>	0,951	0,958	0,329	0,301	0,402	0,189	0,257	<b>0,979</b>

### 5.6.2 Δομικό μοντέλο

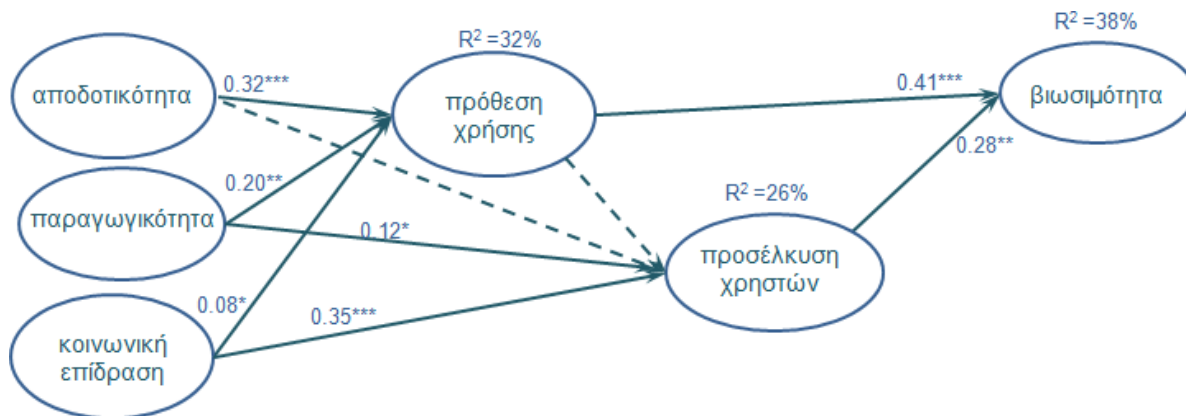
Για την αποτίμηση του δομικού μοντέλου χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SmartPLS. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί τη διαδικασία bootstrapping για την εκτίμηση των συντελεστών που αντιστοιχούν στις σχέσεις μεταξύ των λανθανουσών μεταβλητών (path coefficients). Αρχικά, ελέγχεται το μοντέλο που ορίστηκε στο Σχήμα 5-13 απ' όπου προκύπτει ότι η σχέση μεταξύ της πρόθεσης χρήσης και της προσέλκυσης χρηστών δεν είναι στατιστικά σημαντική (συντελεστής 0,04 σε επίπεδο σημαντικότητας  $p > 0,05$ ). Το γεγονός αυτό δημιουργεί την ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης μεταξύ σχέσεων των λανθανουσών μεταβλητών. Για το λόγο αυτό εξετάζονται οι διαφορετικοί συνδυασμοί των διαδρομών μεταξύ τους. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-6.

Πίνακας 5-6. Συντελεστές διαδρομών και έλεγχος σημαντικότητας (bootstrap)

Υπόθεση	Από	Προς	Συντελεστής διαδρομής (path)
Υ1	αποδοτικότητα	πρόθεση χρήσης	0,32***
Υ2	παραγωγικότητα	πρόθεση χρήσης	0,20**
Υ3	κοινωνική επίδραση	πρόθεση χρήσης	0,08*
Υ4	πρόθεση χρήσης	προσέλκυση χρηστών	0,04
Υ5	προσέλκυση χρηστών	βιωσιμότητα	0,28**
	πρόθεση χρήσης	βιωσιμότητα	0,41***
	αποδοτικότητα	βιωσιμότητα	0,02
	παραγωγικότητα	βιωσιμότητα	0,05
	κοινωνική επίδραση	βιωσιμότητα	0,11
	αποδοτικότητα	προσέλκυση χρηστών	0,2
	παραγωγικότητα	προσέλκυση χρηστών	0,12*
	κοινωνική επίδραση	προσέλκυση χρηστών	0,35***

Σημ. \*  $p < 0,1$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*\*\*  $p < 0,001$

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα, όλες οι υποθέσεις Υ1-Υ5 υποστηρίζονται από τη στατιστική ανάλυση, εκτός από την υπόθεση Υ4. Επίσης, πέρα από τις υποθέσεις, προκύπτουν επιπλέον διαδρομές με συντελεστές μεγάλης στατιστικής σημαντικότητας, γεγονός που υποδεικνύει την αλλαγή του αρχικού σχεδιασμού του μοντέλου. Το τελικό μοντέλο, όπως διαμορφώθηκε από τη στατιστική ανάλυση απεικονίζεται στο Σχήμα 5-16.



Σχήμα 5-16. Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης PLS

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, οι δύο στατιστικά σημαντικές μεταβλητές που επηρεάζουν άμεσα τη βιωσιμότητα ενός έργου είναι η πρόθεση χρήσης και η προσέλκυση νέων χρηστών σε προγενέστερους χρόνους. Και οι δύο μεταβλητές μαζί μπορούν να ερμηνεύσουν το 38% της διασποράς της βιωσιμότητας. Μεταβλητές έμμεσης επίδρασης είναι η αποδοτικότητα, η παραγωγικότητα και η κοινωνική επίδραση. Οι τρεις αυτές μεταβλητές δε βρέθηκαν να συνδέονται άμεσα με τη βιωσιμότητα του έργου, καθώς οι συντελεστές των άμεσων διαδρομών που προέκυψαν ήταν στατιστικά μη σημαντικοί (Πίνακας 5-6).

Η αποδοτικότητα και παραγωγικότητα της κοινότητας ενός έργου, μαζί με την κοινωνική επίδραση από την κοινότητα ερμηνεύει το 32% της πρόθεσης χρήσης του έργου, για το ίδιο χρονικό διάστημα. Συνεπώς, οι χρήστες μπορούν να επηρεαστούν από συζητήσεις και σχόλια σε forum σχετικά με ένα έργο και να αποκτήσουν ενδιαφέρον για τη χρήση του. Ενδιαφέρον ή πρόθεση χρήσης, όμως αποκτούν κυρίως όταν αντιλαμβάνονται ότι το έργο διαρκώς αναβαθμίζεται ποιοτικά, όπως για παράδειγμα μέσω συχνών εκδόσεων, ή γρήγορης διεκπεραίωσης αιτημάτων και σφαλμάτων του προγράμματος (απόδοση και παραγωγικότητα). Η κοινωνική επίδραση, όπως αυτή μπορεί να υπάρχει μέσα από τα fora συζητήσεων της κοινότητας του έργου, έχει πολύ μεγαλύτερη επίδραση στο να προσελκύσει νέους χρήστες/προγραμματιστές σε χρόνο  $t+k$ , παρά στο να επηρεάσει τη πρόθεση χρήσης στο χρόνο  $t$ . Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί από το γεγονός ότι το να κατεβάσει κάποιος ένα πρόγραμμα ή να συνεισφέρει (πρόθεση χρήσης) αποτελούν πράξεις με οριακό κόστος όχι μόνο σε χρήματα αλλά κυρίως σε χρόνο. Συνεπώς, μπορεί να μπει στη λίστα των «υποψήφιων χρηστών» χωρίς απαραίτητα να έχει επηρεαστεί από τα forum συζητήσεων.

Η προσέλκυση όμως των νέων και ενεργών χρηστών φαίνεται να επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από τη κοινωνική επίδραση. Η παραγωγικότητα και κοινωνική επίδραση μπορούν να ερμηνεύσουν το 26% της διασποράς της προσέλκυσης νέων χρηστών. Η παραγωγικότητα της κοινότητας σε χρόνο  $t$ , επηρεάζει τους νέους χρήστες/προγραμματιστές σε μελλοντικό χρόνο  $t+k$ . Δηλαδή, η αυξημένη δραστηριότητα σε ένα έργο σε συνδυασμό με τη κοινωνική επίδραση των forum, από όπου μπορεί κάποιος μη χρήστης να ενημερωθεί για τη δραστηριότητα αυτή, θα αποτελέσουν ισχυρά κίνητρα για μελλοντική ενεργή συμμετοχή νέων χρηστών. Αντίθετα η αποδοτικότητα και η πρόθεση χρήσης σε χρόνο  $t$ , δε φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο για τη προσέλκυση νέων χρηστών σε μεταγενέστερο χρόνο.

## 5.7 Συμπεράσματα

Στο Κεφάλαιο αυτό μελετήθηκε ο τρόπος συνεργασίας και ανάπτυξης λογισμικού των κοινοτήτων ΕΛ/ΛΑΚ. Μέσα από ένα πολυδιάστατο δομικό μοντέλο επιχειρείται η μελέτη της δυναμικής των έργων ΕΛ/ΛΑΚ και των παραγόντων που καθορίζουν τη μελλοντική τους εξέλιξη και πορεία.

Για το σκοπό αυτό, μελετήθηκε μια από τις μεγαλύτερες κοινότητες ανάπτυξης έργων ΕΛ/ΛΑΚ, η SourceForge. Λαμβάνοντας υπόψη ιστορικά στοιχεία της εξέλιξης των έργων στην πύλη SourceForge, το μοντέλο χρησιμοποιεί διαφορετικά χρονικά σημεία και αποδεικνύει ότι δύο από τους βασικούς παράγοντες που καθορίζουν τη μελλοντική πορεία ενός έργου, είναι η ικανότητά του να προσελκύει το ενδιαφέρον των χρηστών σε πρώτη χρονική φάση και σε δεύτερη χρονική φάση τους ενεργούς χρήστες/προγραμματιστές. Έτσι, βασικό πρώτο βήμα είναι οι χρήστες να αποκτήσουν το ενδιαφέρον να δοκιμάσουν ένα πρόγραμμα ή να εγγραφούν στο έργο ως παθητικοί χρήστες/παρατηρητές. Η επιλογή τους θα καθοριστεί από την απόδοση και τη παραγωγικότητα της κοινότητας, η οποία όχι μόνο βελτιώνει την ποιότητα του έργου, αλλά και την ποιότητα των υπηρεσιών. Παράλληλα, η τελική τους απόφαση θα επηρεαστεί από την κοινωνική επίδραση που ασκείται μέσω των συζητήσεων των fora

της κοινότητας. Οι παράγοντες αυτοί θα καθορίσουν και τη τελική απόφαση για ενεργή συμμετοχή των χρηστών σε επόμενη χρονική περίοδο. Η διαρκής προσέλκυση νέων χρηστών με πρόθεση χρήσης ή ενεργή συμμετοχή θα εξασφαλίσει τη διάρκεια και βιωσιμότητα ενός έργου.

Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής παρουσιάζουν ενδιαφέρον τόσο από ερευνητικής όσο και από πρακτικής άποψης. Ερευνητικά η διάσταση του χρόνου στη μελέτη των έργων ΕΛ/ΛΑΚ, παραμένει πολύ περιορισμένη. Το προτεινόμενο μοντέλο, διαφέρει από την έως τώρα βιβλιογραφία στο γεγονός ότι μελετά χρονικά μεταβαλλόμενους παράγοντες η επίδραση των οποίων μπορεί να προβλέψει σε ποσοστό 38% τη μελλοντική εξέλιξη ενός έργου.

Στη πράξη, η μελέτη αυτή μπορεί να αποτελέσει μια σημαντική πληροφορία για χρήστες (ιδιώτες ή εταιρείες) που επιθυμούν να επιλέξουν ή όχι τη χρήση ενός προγράμματος ΕΛ/ΛΑΚ, μέσα από μια πύλη όπως η SourceForge. Εάν αυτό το έργο δεν δείχνει να έχει στοιχεία για βιωσιμότητα, τότε θα ήταν καλύτερα να αποφεύγεται για λόγους εξοικονόμησης χρόνου. Επίσης, στη περίπτωση εταιρειών, μια λάθος επιλογή λογισμικού μπορεί να μεταφραστεί σε απώλεια αρκετών ανθρωποωρών και συνεπώς να έχει και οικονομικό κόστος.

### **5.7.1 Περιορισμοί της έρευνας και των αποτελεσμάτων**

Στα στοιχεία που περιορίζουν τα αποτελέσματα της έρευνας θα πρέπει να αναφερθούν τα ακόλουθα. Πρώτον, δε λαμβάνονται υπόψη μεγάλες κοινότητες δημοφιλών λογισμικών όπως το Linux και το Apache, καθώς αυτές οι κοινότητες είναι ανεξάρτητες και δεν αποτελούν μέρος μιας ευρύτερης πύλης ανάπτυξης όπως η SourceForge. Παρόλα αυτά, καθώς η SourceForge παρέχει πολύ μεγάλο ποσοστό των έργων ΕΛ/ΛΑΚ, το δείγμα μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό. Δεύτερον, δε λαμβάνονται υπόψη στην έρευνα στοιχεία όπως στατικά χαρακτηριστικά των έργων, π.χ άδεια χρήσης και συμβατότητα με ΛΣ. Η έρευνα, όμως εστιάζει αφενός στα χαρακτηριστικά της κοινότητας (π.χ. δραστηριότητα, χρήστες, προγραμματιστές, λογισμικά) και όχι του έργου. Αφετέρου, εστιάζει στη διάσταση του χρόνου και για το λόγο αυτό επιλέχθηκαν χρονικά μεταβαλλόμενες μεταβλητές.

Τέλος, τα αποτελέσματα του μοντέλου ερμηνεύουν το 38% της βιωσιμότητας του έργου, γεγονός που σημαίνει υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης σε μελλοντική έρευνα, με επιπλέον καθοριστικούς παράγοντες που θα μπορούσαν ενδεχομένως να προσδιοριστούν.

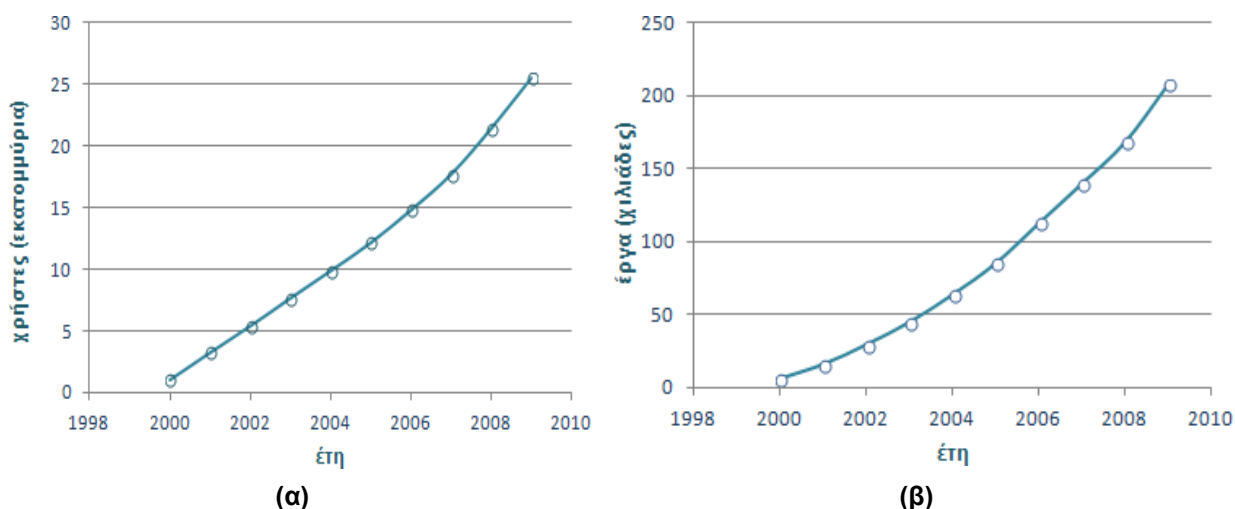


## 6. ΔΙΑΧΥΣΗ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Τα τελευταία χρόνια η χρήση του ανοιχτού λογισμικού είναι διαδεδομένη όχι μόνο ανάμεσα στους εθελοντές προγραμματιστές και οπαδούς της ιδέας του ανοιχτού λογισμικού, αλλά και σε χρήστες με λιγότερες τεχνολογικές γνώσεις, σε εταιρείες και οργανισμούς. Το ανοιχτό λογισμικό έχει φτάσει σε σημείο ωριμότητας τέτοιο ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διαφορετικά επίπεδα χρηστών και γι' αυτό το λόγο γνωρίζει μεγάλη διάδοση σε πολλούς και διαφορετικούς τομείς της τεχνολογίας.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα, αποτελεί η ανερχόμενη αγορά των tablets και smartphones επικρατεί το ΛΣ Android [259]. Το Android είναι ανοιχτό λογισμικό βασισμένο στον πυρήνα του Linux και αναπτύχθηκε αρχικά από τη Google. Στο τομέα των λειτουργικών συστημάτων το Linux είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο ανάμεσα στους εξυπηρετητές (severs). Επίσης, στο τομέα των εξυπηρετητών δικτύου (web servers), ο Apache web server παραμένει σταθερά στην πρώτη θέση προτίμησης των χρηστών [260]. Μεγάλη διάδοση γνωρίζουν επίσης οι βάσεις δεδομένων MySQL και PostgreSQL, τα περιβάλλοντα ανάπτυξης και οι γλώσσες προγραμματισμού Eclipse, PHP και Java, οι φυλλομετρητές (browsers) FireFox και Chrome [259] και πολλά άλλα.

Σύμφωνα με την εταιρεία ερευνών Forrester το 46% των εταιρειών της Β. Αμερικής χρησιμοποιούν ανοιχτό λογισμικό [261]. Σε μια άλλη έρευνα το αντίστοιχο ποσοστό των επιχειρήσεων για την Ευρώπη ανέρχεται στο 31% [262]. Χαρακτηριστική είναι ακόμη, η πορεία της αύξησης των εγγεγραμμένων χρηστών και των έργων ΕΛ/ΛΑΚ στην πύλη ανάπτυξης ανοιχτού λογισμικού SourceForge. Στο Σχήμα 6-1 απεικονίζεται η αύξηση των εγγεγραμμένων χρηστών και έργων στη τελευταία δεκαετία. Τα στοιχεία εξήχθησαν από τη βάση SourceForge, όπως περιγράφεται στο Κεφάλαιο 5 (τα αντίστοιχα ερωτήματα στη βάση παρουσιάζονται στο Παράρτημα IV).



**Σχήμα 6-1. (α) Αριθμός εγγεγραμμένων χρηστών (β) Αριθμός εγγεγραμμένων έργων στη πύλη SourceForge τη τελευταία δεκαετία.**

Όπως αποτυπώνεται και στο παραπάνω σχήμα, την τελευταία δεκαετία το ανοιχτό λογισμικό παρουσιάζει ραγδαία αύξηση. Παρόλα αυτά ο τομέας της έρευνας που εστιάζει στη διερεύνηση των αιτιών ή παραγόντων που συντελούν σε αυτή τη πορεία της διάχυσης παραμένει πολύ περιορισμένος [13-17], ενώ ακόμη πιο λίγες είναι οι αναφορές στην έρευνα σε επίπεδο χωρών.

Λαμβάνοντας υπόψη τη παγκόσμια διάσταση του ανοιχτού λογισμικού, το έκτο Κεφάλαιο μελετά τη πορεία της διάχυσής του σε επίπεδο χωρών καθώς και τους παράγοντες που συντελούν σε διαφορετικά στάδια της διάχυσης (στην αρχή της διάχυσης, στον κόρο και στο μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης). Καθώς κάθε χώρα αποτελεί ένα κοινωνικο-πολιτικό σύστημα με διαφορετικές κοινωνικές, πολιτικές, πολιτισμικές

κουλτούρες και οικονομικές συνθήκες, αναζητούνται αυτοί οι παράγοντες που οδηγούν στην υιοθέτηση ή μη της τεχνολογίας του ανοιχτού λογισμικού.

Για το σκοπό αυτό η μελετώνται αφενός η περίπτωση ενός από τα πιο ευρέως διαδεδομένα λογισμικά ανοιχτού κώδικα, του Apache web server (ενότητα 6.2) και αφετέρου η χρήση του ανοιχτού λογισμικού γενικότερα σε επίπεδο χωρών (ενότητα 6.3). Τα τελικά συμπεράσματα παρουσιάζονται στην ενότητα 6.4.

### 6.1.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση: αντιληπτά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ΕΛ/ΛΑΚ

Οι περισσότερες αναφορές σχετικά με τους παράγοντες που επιδρούν στην υιοθέτηση και διάχυση του ανοιχτού λογισμικού εστιάζουν σε επίπεδο εταιρειών [19, 20, 22, 263-267]. Άλλες πάλι εστιάζουν στους παράγοντες της επιτυχίας του, μελετώντας τα χαρακτηριστικά των έργων ανοιχτού λογισμικού [252, 268, 269]. Η χρήση του σε παγκόσμιο επίπεδο μελετάται από λίγες έρευνες [21, 267, 270-272], ενώ κάποιες από αυτές δεν υποστηρίζονται από θεωρητικό υπόβαθρο ή εμπειρικά δεδομένα [273]. Για το λόγο αυτό, αρχικά πραγματοποιήθηκε μια ενδελεχής βιβλιογραφική ανασκόπηση και καταγραφή των παραγόντων που επιδρούν θετικά ή αρνητικά στην υιοθέτηση του ανοιχτού λογισμικού.

Οι μελέτες που παρουσιάζονται στο παρόν Κεφάλαιο βασίζονται στη θεωρία διάχυσης των καινοτομιών (Diffusion of Innovations -DoI ) και στα μαθηματικά μοντέλα που την περιγράφουν. Η θεωρία έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε πολλές έρευνες για τη περιγραφή της διάχυσης τεχνολογιών ΤΠΕ. Για παράδειγμα ο Liang [274] για συστήματα λήψης αποφάσεων, οι Kauffman and Techatassanasoontorn [136] για ψηφιακή και ασύρματη τηλεφωνία, οι Krcmar and Lucas [275] για ΠΣ, ο Gurbaxany [276] για το Bitnet, οι Kim και Galliers [277], Rai, Ravichandran and Sammadar [278], Press [279] για το Internet, οι Whitmore et al. [270] για το ανοιχτό λογισμικό, ο Chen [280] για τη διάχυση του διαδικτύου και πολλοί άλλοι.

Όπως περιγράφεται στην ενότητα 3.2.1, σύμφωνα με τη θεωρία DoI μια καινοτομία μπορεί να παρουσιάζει διαφορετικούς ρυθμούς υιοθέτησης και διάχυσης. Στο Σχήμα 3-6 διακρίνονται οι διαφορετικοί ρυθμοί στην υιοθέτηση τριών καινοτομιών. Σύμφωνα με τη θεωρία η διαφορετικότητα αυτή καθορίζεται αφενός από τα χαρακτηριστικά της ίδιας της καινοτομίας και αφετέρου από τα χαρακτηριστικά του κοινωνικού συστήματος. Ως χαρακτηριστικά της καινοτομίας ορίζονται τα εμφανή αποτελέσματα χρήσης ή παρατηρησιμότητα (observability), η δυνατότητα δοκιμής ή δοκιμασιμότητα (Trialability), το σχετικό πλεονέκτημα (Relative Advantage), η συμβατότητα (Compatibility) και η πολυπλοκότητα (Complexity). Οι παράγοντες που συλλέχθηκαν κατά τη φάση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης ταξινομήθηκαν με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά και παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-1. Η ταξινόμηση αυτή αποτέλεσε βοηθητικό εργαλείο για το προσδιορισμό των παραγόντων που εξετάστηκαν στο πλαίσιο της μελέτης της διάχυσης του ανοιχτού λογισμικού.

**Πίνακας 6-1. Ταξινόμηση παραγόντων που επιδρούν στην υιοθέτηση του ανοιχτού λογισμικού**

Κατηγορία	Χαρακτηριστικά	Πηγή	
Παρατηρησιμότητα (Observability)	Κώδικας ανοιχτός για παρατήρηση και αξιολόγηση	(Εξ' ορισμού)	[+]
	Ασαφές τελικό κόστος απόκτησης (total cost of ownership)	[19, 20]	[-]
	Έλλειψη σχετικής πληροφόρησης	[21], [264]	[-]
Δοκιμασιμότητα (Trialability)	Κώδικας ανοιχτός για δοκιμή και αξιολόγηση χωρίς ιδιαίτερο χρηματικό κόστος	(Εξ' ορισμού)	[+]



<i>Σχετικό πλεονέκτημα (Relative Advantage)</i>	Εξοικονόμηση χρημάτων	[19], [20], [21], [22], [265], [273]-[266, 281-283]	[+]
	Αντιλαμβανόμενη αξιοπιστία	[19], [20], [21], [250], [263], [266], [268]	[+]
	Αντιλαμβανόμενη ποιότητα	[19], [20], [21], [250], [263], [266], [268]	[+]
	Ανεξαρτησία από προμηθευτές λογισμικού	[263], [265]	[+]
	Διαρκής τεχνική υποστήριξη και αναβάθμιση του λογισμικού από τις κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ	[19], [20], [284], [285]	[+]
	Φόβος για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα του λογισμικού	[19], [20], [21], [264], [271], [273]	[-]
	Κόστος υιοθέτησης κυρίως σε μορφή χρόνου και προσπάθειας	[21, 22, 264, 273, 283, 284]	[-]
	Θέματα νομικά και αδειών χρήσης	[21], [255], [263]	[-]
<i>Συμβατότητα (Compatibility)</i>	Συμβατότητα με υπάρχουσες τεχνολογίες	[19], [20], [21], [271], [282], [283]	[+]
	Ύπαρξη συμπληρωματικών προγραμμάτων/εφαρμογών	[19], [20]	[+]
<i>Πολυπλοκότητα (Complexity)</i>	Αντιλαμβανόμενη πολυπλοκότητα	[19], [20], [263], [271],[283]	[-]
	Έλλειψη επαρκών γνώσεων και εμπειριών του προσωπικού στο ανοιχτό λογισμικό	[19],[20], [21], [263], [264], [266]	[-]
	Μεγάλο πλήθος εκδόσεων και διαφοροποιήσεων μεταξύ των εκδόσεων (forking)	[263], [266], [271],	[-]

Όπως αποτυπώνεται στον Πίνακα 6-1, από τον ορισμό του, το ανοιχτό λογισμικό διαθέτει τον πηγαίο κώδικα για επιθεώρηση, δοκιμή, τροποποίηση και αξιολόγηση. Συνεπώς, διαθέτει αυξημένη «παρατηρησιμότητα»[19], δηλαδή το βαθμό στον οποίο τα αποτελέσματα μιας καινοτομίας μπορεί να γίνουν αντιληπτά από τους άλλους. Αντίθετα μειονεκτεί στο γεγονός ότι δε διαθέτει την ανάλογη με το ιδιόκτητο λογισμικό διαφήμιση, ενώ το συνολικό κόστος απόκτησης δεν είναι πάντα σαφές.

Από την άλλη πλευρά και σε αντίθεση με το ιδιόκτητο λογισμικό, το ΕΛ/ΛΑΚ μπορεί να χρησιμοποιηθεί δοκιμαστικά χωρίς κόστος ή χρονικό περιορισμό, προκειμένου να αξιολογηθεί ως προς τη χρήση του. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί δοκιμαστικά από τον διαχειριστή των ΠΣ μιας εταιρείας πριν τη τελική του εγκατάσταση σε όλους τους χρήστες, χωρίς κόστος. Συνεπώς, υπερτερεί έναντι του ιδιόκτητου λογισμικού ως προς τη «δοκιμαστικότητα».

Τα «σχετικά πλεονεκτήματα» του ΕΛ/ΛΑΚ, όπως αυτά προέκυψαν από τη βιβλιογραφία είναι η ποιότητα και αξιοπιστία του συστήματος, οι υπηρεσίες υποστήριξης και διαρκούς αναβάθμισης από την κοινότητα του λογισμικού, η ανεξαρτησία από προμηθευτές λογισμικού και η απόκτησή του χωρίς άμεσο οικονομικό κόστος. Παρόλα αυτά το ανοιχτό λογισμικό δεν αποτελεί πάντα την πιο οικονομική λύση από άποψης κόστους σε χρόνο και προσπάθεια. Για παράδειγμα, μπορεί να μην είναι φιλικό προς τον μη τεχνολογικά εξειδικευμένο χρήστη, ή να μη διαθέτει ικανοποιητική τεκμηρίωση, ή η κοινότητα υποστήριξης να είναι πολύ μικρή και συνεπώς να μη μπορεί να ανταπεξέλθει ικανοποιητικά σε υπηρεσίες υποστήριξης. Στις περιπτώσεις αυτές μπορεί να απαιτηθεί μεγάλη προσπάθεια και χρόνος για την εγκατάσταση, εκπαίδευση και τεχνική

υποστήριξη του λογισμικού, γεγονός που σε μεγάλες εταιρείες μεταφράζεται σε μεγάλο κόστος ανθρωπωρών. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να εξετάζεται κατά περίπτωση για το κατά πόσο η υιοθέτησή του αποτελεί τη πιο συμφέρουσα λύση.

Επίσης, ως σημαντικό μειονέκτημα επισημάνθηκε ο φόβος και η αβεβαιότητα ως προς τη βιωσιμότητα του λογισμικού. Τέλος, ανασταλτικό παράγοντα για την υιοθέτησή του από εταιρείες αποτελούν οι περίπλοκοι όροι αδειών χρήσης και τα νομικά θέματα που μπορεί να προκύψουν.

Στις περισσότερες έρευνες διαφαίνεται ότι το ΕΛ/ΛΑΚ γίνεται αντιληπτό ως ένα λογισμικό με χαρακτηριστικά διαλειτουργικότητας και φορητότητας (portability). Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι τα περισσότερα ΕΛ/ΛΑΚ χρησιμοποιούν «ανοιχτά πρότυπα» και είναι συμβατά με πολλές τεχνολογίες. Συνεπώς, η «συμβατότητα» αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα για το ΕΛ/ΛΑΚ.

Αντίθετα, από τους περισσότερους χρήστες θεωρείται ως αυξημένης «πολυπλοκότητας», γεγονός που δυσχεραίνει την υιοθέτησή του. Η πολυπλοκότητα του ΕΛ/ΛΑΚ προέρχεται από το γεγονός ότι πολλά λογισμικά δε συνοδεύονται από την απαραίτητη τεκμηρίωση ή ότι η εγκατάσταση και λειτουργία τους απαιτούν εξειδικευμένες γνώσεις. Την πολυπλοκότητα αυξάνουν επίσης η ύπαρξη πολλών και διαφορετικών εκδόσεων, αλλά και διαφοροποιήσεων των εκδόσεων σε διαφορετικές διανομές (forking). Για παράδειγμα, υπάρχουν πάνω από 100 διαφορετικές διανομές Linux [286].

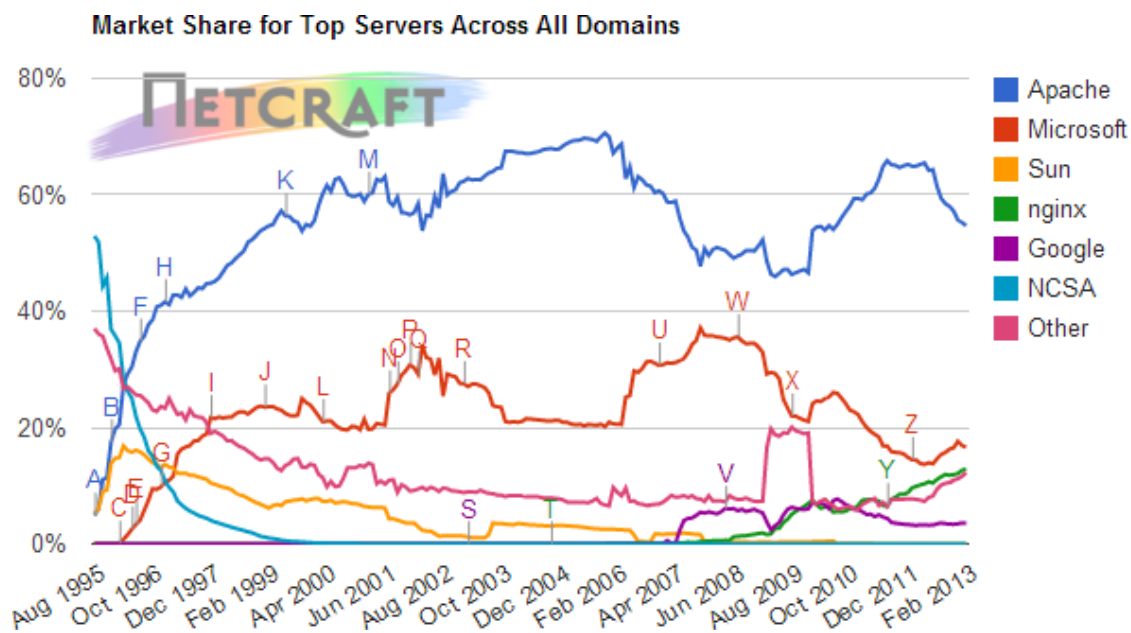
Οι μελέτες που παρουσιάζονται στο παρόν Κεφάλαιο ερευνούν τα χαρακτηριστικά του *κοινωνικού συστήματος* που μπορεί να επηρεάσουν τη πορεία διείσδυσης του ανοιχτού λογισμικού. Αυτά μπορεί να είναι θεσμικά, πολιτικά, οικονομικά και κοινωνικοί κανόνες ή νόρμες. Η πορεία διάχυσης του ανοιχτού λογισμικού εξετάζεται χρησιμοποιώντας τα μοντέλα διάχυσης των Mahajan και Peterson [93] και Dekimpe [135] από τη θεωρία διάχυσης των καινοτομιών [64].

## **6.2 Η περίπτωση του Apache web server.**

Η πρώτη μελέτη εξετάζει τη διάχυση του ανοιχτού λογισμικού για τη περίπτωση του Apache. Ο Apache είναι ένας Hypertext Transfer Protocol (HTTP) εξυπηρετητής (server), δηλαδή ένα πρόγραμμα που εξυπηρετεί σελίδες διαδικτύου (web pages) σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Για το λόγο αυτό ονομάζεται και εξυπηρετητής δικτύου (Web server).

Η επιλογή του συγκεκριμένου λογισμικού έγινε με βάση το γεγονός ότι ο Apache γνωρίζει πολύ μεγάλη διάδοση, καθώς αποτελεί σταθερά τη πρώτη προτίμηση των χρηστών ανάμεσα στους εξυπηρετητές δικτύου [287]. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6-2, ο Apache όχι μόνο αποτελεί την επικρατούσα επιλογή των χρηστών με ποσοστό 55%, αλλά παρουσιάζει και μεγάλη διαφορά από τον Microsoft IIS που βρίσκεται στη δεύτερη θέση με ποσοστό 16%. Συνεπώς η μελέτη των παραγόντων που συντελούν σε αυτή τη μεγάλη μεγέθους διάχυση έχουν σημαντικό ενδιαφέρον. Πρακτικά, η μεγάλη υιοθέτηση του Apache τον καθιστά μια από τις βασικές υποδομές της λειτουργίας του διαδικτύου και άρα η μελέτη της διάχυσής του (όπως και γενικότερα του τομέα των web servers) έχει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον για εταιρείες που ασχολούνται με υπηρεσίες και εφαρμογές διαδικτύου, κοινωνικά δίκτυα, υπηρεσίες cloud κ.α.

Επίσης, η μελέτη περίπτωσης αποτελεί μια κατάλληλη ερευνητική μεθοδολογία για ανάλυση και κατανόηση του αντικειμένου σε μεγαλύτερο βάθος και για το λόγο αυτό θεωρείται κατάλληλη για τη δημιουργία θεωρίας [229].



Σχήμα 6-2. Διείσδυση του Apache. Πηγή: Netcraft web server survey [287].

Η συνεισφορά της μελέτης είναι διττή. Αφενός, επιχειρείται η μοντελοποίηση της πορείας της διάχυσης του λογισμικού, ερευνώντας το μοντέλο εκείνο που μπορεί να αποτυπώσει τη πορεία της διάχυσης με το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Αφετέρου, επιχειρείται η εκτίμηση των κοινωνικο-οικονομικών παραγόντων που καθορίζουν αυτή τη διάχυση σε επίπεδο χωρών. Για το σκοπό αυτό δημιουργείται ένα νέο θεωρητικό μοντέλο-πλαίσιο, κάτω από το πρίσμα του οποίου διερευνώνται αυτοί οι παράγοντες.

Πιο συγκεκριμένα, κάθε χώρα θεωρείται ως ένα κοινωνικο-οικονομικό σύστημα μέσα στο οποίο συντελείται η ανάπτυξη μιας τεχνολογίας, όπως ο Apache και η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως το αποτέλεσμα των θεσμικών, κοινωνικών, πολιτικών, οικονομικών και κοινωνικών δυνάμεων μιας χώρας. Για την αποτύπωση αυτών των παραγόντων, χρησιμοποιούνται οι κοινωνικο-οικονομικές θεωρίες των θεσμών, της ενδογενούς και της εξωγενούς ανάπτυξης. Οι προτεινόμενες θεωρίες έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στο πλαίσιο της έρευνας της ανάπτυξης τεχνολογικών καινοτομιών και ΠΣ σε επίπεδο χωρών [3, 45, 46, 288, 289].

### 6.2.1 Ο Apache HTTP server

Ο Apache δημιουργήθηκε από μια μικρή ομάδα προγραμματιστών οι οποίοι αποτελούσαν και μέρος της ομάδας-πυρήνα για τον πρώτο HTTP server που δημιουργήθηκε, τον NCSA. Όταν ο NCSA σταμάτησε να εξελίσσεται, η ομάδα αυτή βασιζόμενη στην έκδοση NCSA httpd 1.3, [45]συγκέντρωσε αναφορές και διορθώσεις σφαλμάτων του, προσαρτήσεις κώδικα και άλλες βελτιώσεις και δημιούργησε τον Απρίλιο του 1995 τη πρώτη επίσημη διάθεση του Apache, την έκδοση 0.6.2, η οποία είχε πολύ μεγάλη επιτυχία. Το Δεκέμβριο του 1995 εκδόθηκε η πρώτη μεγάλη διανομή Apache 1.0, η οποία είχε πολλά νέα χαρακτηριστικά, όπως νέο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό που να υποστηρίζει περισσότερο αρθρωτή δομή, API (Application Programming Interface) για μεγαλύτερη επεκτασιμότητα, περισσότερες λειτουργίες, εκτεταμένο έλεγχο σφαλμάτων και ανανεωμένη τεκμηρίωση. Από το Δεκέμβριο του 1995 και έως σήμερα ο Apache παραμένει πρώτος σε προτίμηση, ανάμεσα στους εξυπηρετητές δικτύου. Στον Πίνακα 6-2 αναφέρονται τα σημαντικότερα χρονικά σημεία στην ιστορία του.

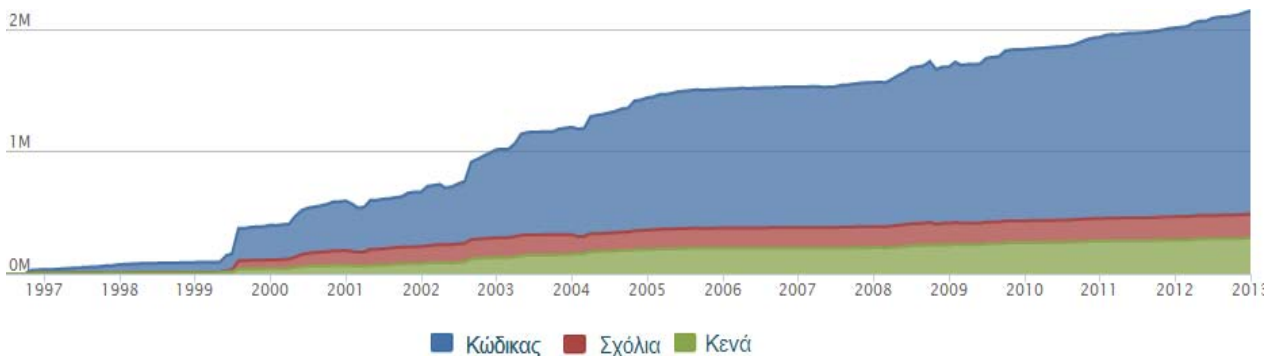
Το έργο (project) Apache πλέον υποστηρίζεται από μια μεγάλη κοινότητα προγραμματιστών εθελοντών και μια βασική ομάδα πυρήνα, οι οποίοι συντονίζουν, σχεδιάζουν και αναπτύσσουν κώδικα και τη σχετική του τεκμηρίωση με το συνεργατικό

μοντέλο ανάπτυξης του ανοιχτού λογισμικού. Η άδεια χρήσης του έργου είναι η Apache Software License, η οποία είναι συμβατή με τη GPL (General Public License).

**Πίνακας 6-2. Σημαντικά ιστορικά σημεία της εξέλιξης του Apache**

Έτος	Γεγονός
1980-1990	Tim Berners-Lee υλοποιεί το “Enquire” και το σύστημα “Information Management” το οποίο οδήγησε στον πρώτο HTTP server.
1990-1995	Το National Center for Supercomputing Applications (NCSA) στο Πανεπιστήμιο του Ιλινόις (University of Illinois) διέθεσε τη πρώτη έκδοση του εξυπηρετητή NCSA HTTP server.
Απρίλιος 1995	Πρώτη επίσημη διάθεση του Apache HTTP server (έκδοση 0.6.2)
Δεκέμβριος 1995	Πρώτη μεγάλη έκδοση του Apache (έκδοση 1.0)
Ιούνιος 1999	Δημιουργία του Ιδρύματος Apache (Apache Software Foundation. -ASF)
Απρίλιος 2000	Δεύτερη μεγάλη έκδοση του Apache (έκδοση 2.0 Alpha 1)
2007	Έκδοση του Google web server
2008	Ανακοίνωση για τη τρίτη μεγάλη έκδοση του Apache (version 3.0) [290]
2013	Τρέχουσα έκδοση: 2.4.3

Σύμφωνα με τα στοιχεία της πύλης ohloh.net [291] ο Apache διαθέτει 112 βασικούς (πυρήνας) προγραμματιστές και 2.150.514 γραμμές κώδικα εκ των οποίων το 9% αποτελεί τεκμηρίωση και το 13,6% κενές γραμμές. Σύμφωνα μάλιστα με το μοντέλο Constructive Cost Model (COCOMO) ο αριθμός αυτός αντιστοιχεί σε 446 έτη εργασίας! Το μεγαλύτερο μέρος του κώδικα είναι γραμμένο σε C, αλλά χρησιμοποιούνται και άλλες γλώσσες όπως οι XML, Forth, κ.α. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται η εξέλιξη του κώδικα Apache από το 1996 έως σήμερα.



**Σχήμα 6-3. Εξέλιξη του κώδικα Apache από το 1996 έως σήμερα**

Από το 1999 ο Apache υποστηρίζεται οργανωτικά, νομικά και οικονομικά από το ίδρυμα μη κερδοσκοπικού σκοπού Apache Software Foundation (ASF) το οποίο δημιουργήθηκε από μέλη της κεντρικής ομάδας ανάπτυξης του Apache και διοικείται από την κοινότητα. Κύριος οικονομικός υποστηρικτής του ASF είναι η εταιρεία IBM [292], αλλά η επιτυχία του έργου έχει τραβήξει το ενδιαφέρον πολλών εταιρειών λογισμικού, οι οποίες επίσης υποστηρίζουν οικονομικά το ASF. Για παράδειγμα οι Hewlett Packard, Google, Yahoo, Microsoft και πρόσφατα η Facebook [293].

Η κοινότητα Apache έχει δημιουργήσει και αναπτύξει μια σειρά από άλλα έργα ανοιχτού λογισμικού που αποτελούν υλοποιήσεις βασικών τεχνολογιών του διαδικτύου, όπως XML εργαλεία, Web services components, το έργο Jakarta (που είναι ένα σετ εργαλείων του Web, βασισμένο σε Java), το πολύ επιτυχημένο ERP Apache OFBiz (Apache Open

For Business Project) και πολλά άλλα. Συνολικά υπάρχουν 76 projects εκτός του Apache project τα οποία διοικούνται και συντηρούνται από το ASF. Αυτά τα συμπληρωματικά έργα εξασφαλίζουν και βοηθούν ακόμη περισσότερο στην εξάπλωση του Apache ανάμεσα στους web servers.

### 6.2.2 Μεθοδολογική προσέγγιση

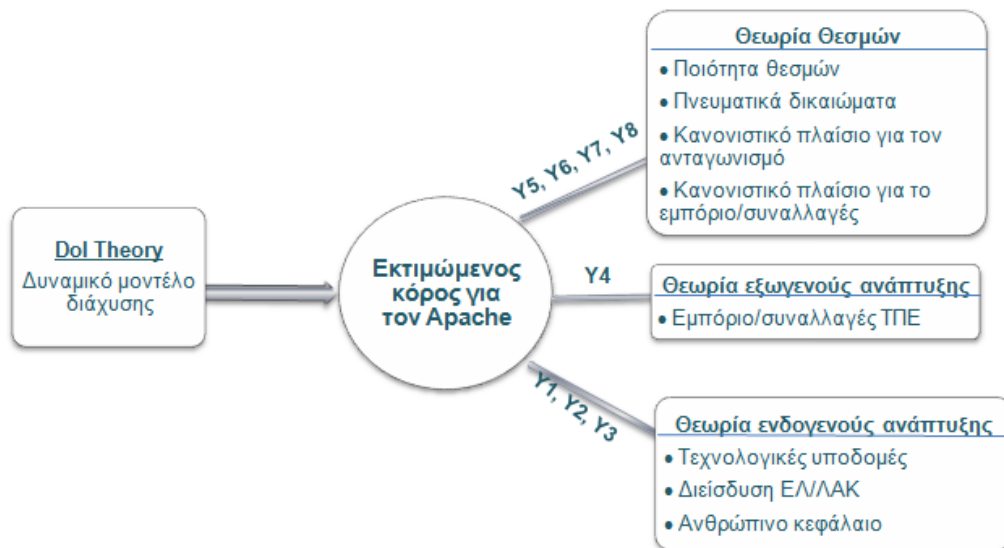
Το πρώτο πρόβλημα που αντιμετωπίζεται στη μελέτη της διάχυσης του Apache είναι η επιλογή του κατάλληλου μαθηματικού μοντέλου που προσεγγίζει κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τη διάχυση. Όπως περιγράφεται στην ενότητα 4.1 στο πλαίσιο της θεωρίας διάχυσης των καινοτομιών έχουν δημιουργηθεί μια σειρά από μαθηματικά μοντέλα ικανά να περιγράψουν τη διάχυση των καινοτομιών [115]. Σύμφωνα με αυτά τα μοντέλα, οι καινοτομίες ακολουθούν μια σιγμοειδή καμπύλη με τρία κύρια στάδια: την είσοδο, την μέγιστη ανάπτυξη (όπου η καινοτομία παρουσιάζει το μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης) και την ωριμότητα (όπου η καινοτομία έχει φτάσει στο στάδιο κορεσμού και ο ρυθμός ανάπτυξης μηδενίζεται ασυμπτωτικά).

Τα περισσότερα μοντέλα θεωρούν ότι το στάδιο κορεσμού ή κόρος είναι σταθερός και δε μεταβάλλεται με το χρόνο. Παρόλα αυτά, διαφορετικές καινοτομίες μπορεί να παρουσιάζουν διαφορετική ταχύτητα και πορεία διάχυσης καταλήγοντας σε διαφορετικές καμπύλες. Λαμβάνοντας υπόψη αφενός ότι η εξέλιξη και ανάπτυξη του Apache υπήρξε ραγδαία μέσα στα τελευταία δέκα χρόνια (Σχήμα 6-2 και Σχήμα 6-3), και αφετέρου ότι είναι ένα on-going έργο που διαρκώς εξελίσσεται, θεωρείται ότι ο κόρος του δεν είναι ένα στατικό σημείο, αλλά εξελίσσεται με το χρόνο.

Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται το δυναμικό μοντέλο των Mahajan και Peterson [93, 94], το οποίο περιγράφεται αναλυτικά στην ενότητα 4.5.1. Οι Mahajan και Peterson [93, 94] προτείνουν ένα μοντέλο διάχυσης το οποίο θεωρεί ότι ο κόρος  $\bar{N}(t)$ , είναι συνάρτηση του χρόνου και περιγράφεται από τη σχέση  $\bar{N}(t) = F(S(t))$ , όπου το  $S(t)$  είναι ένα διάνυσμα όλων των εξωγενών και ενδογενών παραγόντων που επηρεάζουν τον κόρο  $\bar{N}(t)$ . Παραδείγματα τέτοιων παραγόντων μπορεί να είναι οι κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες, ο συνολικός πληθυσμός της αγοράς, ο ανταγωνισμός, κυβερνητικές πολιτικές, δραστηριότητες marketing, κ.α. Το μειονέκτημα το μοντέλου είναι ότι για την εκτίμησή του λαμβάνεται υπόψη μόνο ο παράγοντας του συνολικού πληθυσμού της αγοράς, ως καθοριστικός της πορείας της διάχυσης.

Η συνεισφορά της παρούσας μελέτης είναι ότι επεκτείνει το μοντέλο, επιχειρώντας την αποτίμηση ενός συνόλου κοινωνικών, θεσμικών, τεχνολογικών και οικονομικών παραγόντων που μπορεί να επηρεάσουν τον εκάστοτε κόρο της καινοτομίας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται οι κοινωνικο-οικονομικές θεωρίες των θεσμών, της ενδογενούς και της εξωγενούς ανάπτυξης, κάτω από το πρίσμα των οποίων αντλούνται οι παράγοντες που θα μπορούσαν να ασκήσουν επίδραση στη πορεία του Apache. Οι θεωρίες παρουσιάζονται αναλυτικότερα στις ενότητες 3.1.4, 3.1.1 και 3.1.2 αντίστοιχα.

Σχηματικά, το θεωρητικό και μεθοδολογικό πλαίσιο της έρευνας απεικονίζεται στο Σχήμα 6-4. Όπως φαίνεται στο σχήμα, αρχικά γίνεται εκτίμηση της μεταβλητής του κόρου του Apache με τη βοήθεια της θεωρίας DoI και του δυναμικού μοντέλου των Mahajan και Peterson [93, 94]. Στο στάδιο αυτό είναι απαραίτητη η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και αποτίμηση της καταλληλότητας του μοντέλου να περιγράψει επιτυχώς τη διάχυση του Apache. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται οι κατάλληλες στατιστικές, αλλά και το κλασσικό λογιστικό μοντέλο διάχυσης ως σημείο αναφοράς και σύγκρισης (η εκτίμηση και αξιολόγηση του μοντέλου υλοποιείται στην ενότητα 6.2.5).



Σχήμα 6-4. Θεωρητικό και μεθοδολογικό πλαίσιο έρευνας

Στη συνέχεια εξετάζεται η σχέση της επίδρασης των διαφόρων οικονομικών, κοινωνικών, τεχνολογικών και θεσμικών παραγόντων στον εκτιμώμενο από το προηγούμενο στάδιο, κόρο του Apache. Για το σκοπό αυτό υλοποιείται οικονομετρική ανάλυση σε εμπειρικά δεδομένα, όπου αξιολογείται η επίδραση και η βαρύτητα της επίδρασης των παραγόντων (η οικονομετρική ανάλυση υλοποιείται στην ενότητα 6.2.7).

Η οικονομετρική ανάλυση γίνεται με τη χρησιμοποίηση δεδομένων panel (τα μοντέλα τύπου panel περιγράφονται αναλυτικότερα στην ενότητα 4.7.3) σε δείγμα 25 χωρών και για το χρονικό διάστημα 2003-2008. Με τον τρόπο αυτό αποτιμούνται οι παράγοντες εκείνοι που μπορούν να επιδράσουν στην εξέλιξη και πορεία της διάχυσης του λογισμικού ανοιχτού κώδικα Apache.

Κάθε χώρα θεωρείται ως ένα κοινωνικο-οικονομικό σύστημα μέσα στο οποίο συντελείται η ανάπτυξη μιας τεχνολογίας, όπως ο Apache και η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως το αποτέλεσμα των θεσμικών, κοινωνικών, πολιτικών, οικονομικών δυνάμεων μιας χώρας. Αυτό ταιριάζει απόλυτα στον Apache που ως ανοιχτό λογισμικό πέρα από τη τεχνολογική εμπειρέχει επίσης και κοινωνική και οικονομική διάσταση. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται το θεωρητικό πλαίσιο που αποτυπώνεται στο Σχήμα 6-4, κάτω από το πρίσμα του οποίου αναζητούνται οι πιθανοί παράγοντες επίδρασης στη διάχυση.

Πιο συγκεκριμένα, θεωρείται ότι ο κόρος του Apache αποτελεί μια συνάρτηση όχι μόνο του χρόνου, αλλά και θεσμικών, κοινωνικών, πολιτικών, οικονομικών παραγόντων, ως ακολούθως:

$$\bar{N}^i(t) = F(X^{it}, Y^{it}, Z^{it}, \theta^i) \quad (6-1)$$

Όπου  $X^{it}$  είναι ένα διάνυσμα με όλους τους σχετικούς με τη θεωρία ενδογενούς ανάπτυξης παράγοντες,  $Y^{it}$  ένα διάνυσμα με όλους τους σχετικούς με τη θεωρία εξωγενούς ανάπτυξης παράγοντες,  $Z^{it}$  ένα διάνυσμα με όλους τους σχετικούς με τη θεωρία θεσμών παράγοντες για κάθε χώρα  $i$ , και χρόνο  $t$ .

Επίσης, ορίζεται το διάνυσμα  $\mathcal{G}^i$  για κάθε χώρα  $i$ , το οποίο καθορίζει το επίπεδο των χωρών σε ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες. Η κατηγοριοποίηση γίνεται με βάση το αν μια χώρα ανήκει στον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) [294]. Στη περίπτωση αυτή θεωρείται αναπτυγμένη χώρα, διαφορετικά θεωρείται αναπτυσσόμενη. Η κατηγοριοποίηση αυτή έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στη βιβλιογραφία για τη σύγκριση μεγεθών σε επίπεδο χωρών (π.χ. [288, 295]). Στόχος

αυτής της κατηγοριοποίησης αποτελεί η σύγκριση και εξαγωγή αποτελεσμάτων για ενδεχόμενες διαφορές μεταξύ ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών.

Οι θεωρίες παρέχουν πλήθος δυνατοτήτων ως προς τους παράγοντες που μπορούν να επιλεγούν. Καθώς, δε βρέθηκε προηγούμενη βιβλιογραφία σχετικά με τους παράγοντες που επιδρούν στη διάχυση του ανοιχτού λογισμικού σε επίπεδο χωρών, η τελική επιλογή των παραγόντων του μοντέλου έγινε με βάση:

- Τα χαρακτηριστικά του ανοιχτού λογισμικού και ιδιαίτερα του Apache
- Προηγούμενη έρευνα στη διάχυση των καινοτομιών.
- Συγκεκριμένες υποθέσεις, οι οποίες στηρίζονται σε σχετική βιβλιογραφία και λογικά συμπεράσματα. Οι υποθέσεις αυτές περιγράφονται στις ακόλουθες παραγράφους.

### 6.2.3 Υποθέσεις εννοιολογικού μοντέλου

*Παράγοντες θεωρίας ενδογενούς ανάπτυξης.*

Η θεωρία υποστηρίζει ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν τον μηχανισμό ανάπτυξης μιας χώρας, εξαρτώνται καθαρά από εσωτερικές διεργασίες και μπορεί να είναι κοινωνικοί, οικονομικοί, περιβαλλοντικοί και τεχνολογικοί. Για παράδειγμα, η τεχνολογική υποδομή, ο αριθμός των χρηστών του Διαδικτύου, το ανθρώπινο κεφάλαιο [51], το επίπεδο της έρευνας και ανάπτυξης (R&D), το μέσο επίπεδο εκπαίδευσης [52], κ.λπ.

Καθώς ο Apache αποτελεί υποδομή του διαδικτύου, θεωρείται ότι η τεχνολογική πρόοδος στις τηλεπικοινωνίες και στις υποδομές παίζει καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξή του. Επίσης, σε πολλές μελέτες της διάχυσης ΠΣ η τεχνολογική ετοιμότητα αναφέρεται ως ένας σημαντικός παράγοντας [296, 297]. Συνεπώς, θεωρείται ότι η τεχνολογική υποδομή μιας χώρας θα έχει θετικό αντίκτυπο στη διάχυση του Apache.

**Υπόθεση Y1.** *Η τεχνολογική υποδομή μιας χώρας έχει θετικό αντίκτυπο στη διάχυση του Apache.*

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας μπορεί να θεωρηθεί η υφιστάμενη γνώση και διείσδυση του ανοιχτού λογισμικού σε μια χώρα. Δηλαδή θεωρείται ότι όσο περισσότεροι άνθρωποι γνωρίζουν και χρησιμοποιούν το ανοιχτό λογισμικό, τόσο πιο πιθανό είναι να επιλέξουν και ένα γνωστό και διακεκριμένο λογισμικό όπως ο Apache. Η υπόθεση αυτή αποτελεί μια έμμεση επίδραση δικτυακής εξωτερικότητας (network externality effect) [298], σύμφωνα με την οποία η ήδη υπάρχουσα βάση των χρηστών μιας τεχνολογίας αποτελεί σημαντικά θετικό παράγοντα για τη διάχυσή του. Επίσης έρχεται σε συμφωνία με τη μελέτη των Talukdar et al. [134], οι οποίοι απέδειξαν ότι η ήδη υπάρχουσα βάση χρηστών συμπληρωματικών προϊόντων μιας τεχνολογίας, επιδρά θετικά και στη διάχυση της ίδιας της τεχνολογίας.

**Υπόθεση Y2.** *Η διείσδυση του ΕΛΛΑΚ παίζει σημαντικό ρόλο στη διάχυση του Apache.*

Τέλος εξετάζεται το ανθρώπινο κεφάλαιο και το μορφωτικό επίπεδο μιας χώρας. Το ανθρώπινο κεφάλαιο αποτελεί σημαντική πηγή για την πρόοδο στη γνώση, σε νέες ιδέες και σε προϊόντα που σχετίζονται με τη τεχνολογία. Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι το μέσο επίπεδο εκπαίδευσης [52] και η ποιότητα του ανθρώπινου κεφαλαίου [295] ασκούν θετική επίδραση στη υιοθέτηση μιας τεχνολογίας. Στην περίπτωση του Apache αυτό επιβεβαιώνεται από διάφορες έρευνες [19, 266, 271]. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 6-1 οι έρευνες αυτές έδειξαν ότι ένας ανασταλτικός παράγοντας υιοθέτησης του ανοιχτού λογισμικού είναι η αντιλαμβανόμενη πολυπλοκότητα και ότι οι χρήστες που

διαθέτουν περισσότερες τεχνολογικές δεξιότητες είναι πιο πιθανό να υιοθετήσουν το ανοιχτό λογισμικό.

Για την εκτίμηση της διείσδυσης του ανοιχτού λογισμικού χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τη βάση B<sub>ND</sub> της SourceForge που περιγράφεται στο Κεφάλαιο 5. Πιο συγκεκριμένα, θεωρείται ότι η κατανομή των εγγεγραμμένων χρηστών σε έργα της SourceForge, μπορεί να αποτελέσει αντιπροσωπευτικό δείγμα για τη κατανομή των χρηστών ανοιχτού λογισμικού ανά χώρα. Τα δεδομένα προέκυψαν από κατάλληλα διαμορφωμένο ερώτημα SQL, το οποίο παρέχεται στο Παράρτημα IV (*Αριθμός εγγεγραμμένων χρηστών ανά έτος και ανά γεωγραφική περιοχή*).

**Υπόθεση Y3.** *Η ποιότητα του ανθρώπινου κεφαλαίου και το μορφωτικό επίπεδο αποτελούν θετικούς παράγοντες για τη διάχυση του Apache.*

*Παράγοντες θεωρίας εξωγενούς ανάπτυξης.*

Πολλοί ερευνητές θεωρούν το εμπόριο ως ένα κανάλι μεταφοράς ιδεών και γνώσεων, αλλά και της τεχνολογίας [45, 46]. Λαμβάνοντας υπόψη τη παγκόσμια διάσταση του web και του Apache web server, καθώς και το συνεργατικό τρόπο ανάπτυξης που υιοθετείται από τη κοινότητα Apache, θεωρείται ότι η διάχυση της γνώσης και των ιδεών (knowledge spillovers) μέσα από τις τεχνολογικές εισροές/εκροές μεταξύ των χωρών, ασκούν σημαντική επίδραση στη διάδοση του Apache. Η υπόθεση στηρίζεται στο ότι το διεθνές εμπόριο (εισαγωγές και εξαγωγές) προϊόντων ΤΠΕ μπορεί να θεωρηθεί ως ποσό ανάλογο της μεταφοράς γνώσης και τεχνολογίας ανάμεσα στις χώρες. Την προσέγγιση αυτή υιοθετούν επίσης οι Barro και Sala-i-Martin [44].

**Υπόθεση Y4.** *Το εμπόριο προϊόντων ΤΠΕ ασκεί θετική επίδραση στη διάχυση του Apache.*

*Παράγοντες θεωρίας θεσμών.*

Η λειτουργία και ποιότητα των θεσμών μπορεί να παίξουν σημαντικό ρόλο στο τρόπο που τα κοινωνικά συστήματα αντιμετωπίζουν μια κατάσταση, ιδέα ή τεχνολογία. Για το λόγο αυτό σε πολλές μελέτες χρησιμοποιείται η θεωρία θεσμών ως πρίσμα ερμηνείας της υιοθέτησης ΤΠΕ [288, 289, 299, 300]. Οι κυβερνήσεις έχουν τη δυνατότητα να αναλάβουν δράσεις και παρεμβάσεις στις αγορές, διαδραματίζοντας σημαντικό ρόλο στη διάδοση των νέων τεχνολογιών. Ειδικότερα στην περίπτωση του ανοιχτού λογισμικού έχουν καταγραφεί μια σειρά από δράσεις και πολιτικές που προωθούν το ΕΛ/ΛΑΚ στο δημόσιο τομέα [301, 302]. Κίνητρα για τις δράσεις αυτές μπορεί να είναι οικονομικά (το ΕΛ/ΛΑΚ είναι οικονομικά αποδοτικό), τεχνολογικά (πολλές ΕΛ/ΛΑΚ τεχνολογίες όπως το Linux και το Apache, έχουν αποδείξει την ποιότητα και τη συνοχή τους, μέσα από χρόνια δοκιμών και επικύρωσης) και ιδεολογικά (το ΕΛ/ΛΑΚ αντιπροσωπεύει τις ιδέες της ελευθερίας, της διαφάνειας και της συνεργατικότητας). Ως εκ τούτου, η μελέτη της επίδρασης των θεσμών μιας χώρας στη διάχυση του Apache παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Η μελέτη επικεντρώνεται σε τέσσερις θεσμικούς παράγοντες: (i) την ποιότητα των θεσμών (ii) τα πνευματικά δικαιώματα και τις άδειες χρήσης και τις ρυθμιστικές πολιτικές ως προς: (iii) τον ανταγωνισμό της αγοράς και (iv) των περιορισμών στο διεθνές εμπόριο και τις συναλλαγές.

*Ποιότητα των θεσμών.* Καταρχήν εξετάζεται η επίδραση της ποιότητας των θεσμών μιας χώρας. Για την εκτίμηση της ποιότητας των θεσμών χρησιμοποιείται η προσέγγιση των Martinez and Williams [288]. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, ως μέτρο της ποιότητας των θεσμών χρησιμοποιείται ο σταθμικός μέσος των έξι παγκόσμιων δεικτών διακυβέρνησης ή World Governance Indicators (WGI) που αναπτύχθηκαν από τον οργανισμό της Παγκόσμιας Τράπεζας (World Bank) [303]. Οι δείκτες αυτοί αντιπροσωπεύουν τις διαστάσεις της διακυβέρνησης μιας χώρας και είναι οι ακόλουθοι:



- ελευθερία λόγου, δηλαδή, το επίπεδο της ικανότητας των πολιτών να συμμετάσχουν σε διαδικασίες όπως η επιλογή της κυβέρνησής τους και τα ελεύθερα μέσα ενημέρωσης (*voice and accountability*).
- πολιτική σταθερότητα και απουσία της βίας, η οποία αντανάκλα την πιθανότητα ότι η κυβέρνηση δεν θα αποσταθεροποιηθεί ή ανατραπεί (*political stability and absence of violence*).
- την αποτελεσματικότητα και αξιοπιστία της κυβέρνησης ως προς τη ποιότητα των δημόσιων υπηρεσιών, το βαθμός της ανεξαρτησίας από πολιτικές πιέσεις, την ποιότητα της χάραξης της πολιτικής και την εφαρμογή τους (*government effectiveness*).
- την ποιότητα των ρυθμιστικών κανόνων, δηλαδή τις πολιτικές, τους νόμους και κανονισμούς που επιτρέπουν την προώθηση και την ανάπτυξη του ιδιωτικού τομέα (*regulatory quality*).
- το κράτος δικαίου που εκφράζει την εμπιστοσύνη και τη συνοχή με τους κανόνες της κοινωνίας (*rule of law*).
- τον έλεγχο της διαφθοράς που αντανάκλα περιπτώσεις όπου η δημόσια εξουσία χρησιμοποιείται για προσωπικό όφελος (*control of corruption*).

Οι δείκτες είναι σύνθετοι και βασίζονται σε αρκετές εκατοντάδες μεταβλητές που προέρχονται από 31 διαφορετικές πηγές δεδομένων και καλύπτουν πάνω από 200 χώρες. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα δεδομένα και τη μεθοδολογία περιέχονται στο [304].

**Υπόθεση Y5.** *Η ποιότητα των θεσμών ασκεί επίδραση στη διάχυση του Apache.*

*Πνευματικά δικαιώματα και άδειες χρήσης.* Η πολιτική μιας χώρας έναντι στη προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων μπορεί να έχει σημαντική επίδραση σε ένα λογισμικό που η άδεια χρήσης του είναι δωρεάν και ο κώδικας μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άλλους, όπως είναι η περίπτωση του Apache.

**Υπόθεση Y6.** *Το κανονιστικό πλαίσιο των πνευματικών δικαιωμάτων και αδειών χρήσης μπορεί να έχουν επίδραση στην υιοθέτηση του Apache.*

*Ανταγωνισμός.* Οι κανονισμοί και δράσεις που αφορούν σε ρυθμίσεις για το επιχειρηματικό περιβάλλον, έτσι ώστε να αντανάκλουν την αποτελεσματικότητα της κυβέρνησης να βελτιώσει τον ανταγωνισμό θεωρείται ότι μπορεί να έχει αντίκτυπο στον ανταγωνισμό της αγοράς των web servers και την υιοθέτηση της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

Ως μέτρο για αυτή τη παράμετρο, χρησιμοποιείται ο δείκτης «ρυθμιστικό πλαίσιο επιχειρήσεων» (Business regulation) που αναπτύχθηκε από το Δίκτυο Ελεύθερης Οικονομίας (Economic Freedom Network) του ινστιτούτου Fraser Institute για ερευνητικούς σκοπούς [305]. Το δίκτυο έχει μέλη ινστιτούτα από 80 χώρες και χρησιμοποιεί 42 διακριτές μετρικές από 141 έθνη. Η έρευνα περιλαμβάνει μια σειρά από δείκτες οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του βαθμού της επίδρασης της πολιτικής και των θεσμών στην οικονομική ελευθερία μιας χώρας. Ο δείκτης «ρυθμιστικό πλαίσιο επιχειρήσεων» είναι ένας σύνθετος δείκτης αποτελούμενος από οκτώ υποδείκτες και αντιστοιχεί στο βαθμό τον οποίο το ισχύον ρυθμιστικό πλαίσιο και οι γραφειοκρατικές διαδικασίες περιορίζουν τη δυνατότητα ίδρυσης μια νέας επιχείρησης και μειώνουν τον ανταγωνισμό στην αγορά [306].

**Υπόθεση Y7.** *Το ρυθμιστικό πλαίσιο που τονώνει τον ανταγωνισμό και τις επιχειρήσεις, μπορεί να επηρεάσει τον ανταγωνισμό της αγοράς των web servers και τη διάχυση του Apache.*

*Διεθνές εμπόριο.* Υποθέτουμε ότι το ρυθμιστικό πλαίσιο που διευκολύνει το διεθνές εμπόριο, θα διευκολύνει τις συναλλαγές και συνεπώς και τη διάδοση των ιδεών, γνώσεων και τεχνολογιών μεταξύ των χωρών. Η υπόθεση αυτή γίνεται κατ' αναλογία της υπόθεσης Υ4.

**Υπόθεση Υ8.** Το ρυθμιστικό πλαίσιο που διευκολύνει το διεθνές εμπόριο, μπορεί να επηρεάσει θετικά τη διάχυση του Apache.

#### 6.2.4 Περιγραφή εμπειρικών δεδομένων

Η αθροιστική διείσδυση του Apache web server (συμβολίζεται με  $N(t)$ ) προέρχεται από στοιχεία της Netcraft, η οποία διατηρεί ιστορικά στοιχεία για όλους τους web servers από το 1996 έως και σήμερα στο πλαίσιο μιας διαχρονικής έρευνας για τους Web Servers (Netcraft web server survey) [307]. Το χρονικό εύρος των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα εκτείνεται από το πρώτο εξάμηνο του έτους 1996 έως και το πρώτο εξάμηνο του έτους 2010 και είναι σε εξαμηνιαία βάση.

Ως συνολικό μέγεθος του πληθυσμού της αγοράς (στο μοντέλο συμβολίζεται με  $P(t)$ ) θεωρείται ο συνολικός πληθυσμός όλων των πιθανών web server χρηστών. Καθώς δεν υπάρχει άμεσο μέτρο του συνολικού πληθυσμού, αυτός μπορεί να προσεγγιστεί από τον αριθμό των χρηστών του Διαδικτύου (Internet). Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι κάθε πιθανός χρήστης ενός web server, θα πρέπει να έχει ήδη εγκαταστήσει μια σύνδεση στο Internet. Τα στοιχεία για τη διείσδυση των χρηστών του Διαδικτύου εξήχθησαν από τη βάση δεδομένων των Ηνωμένων Εθνών (Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών - ΟΗΕ) [308]. Κατ' αναλογία με τα δεδομένα της διείσδυσης του Apache, τα δεδομένα για τη διείσδυση των χρηστών του Διαδικτύου εκτείνονται από το έτος 1996 έως το 2009 σε εξαμηνιαία βάση. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τις ποσότητες  $N(t)$  και  $P(t)$ , παρέχονται στον Πίνακα 6-3.

**Πίνακας 6-3.** Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τα  $N(t)$ ,  $P(t)$

Στατιστικά	$N(t)$	$P(t)$
Αριθμός παρατηρήσεων	29	29
Μέσος	35,38	3,67
Τυπικό σφάλμα μέσου	6,53	0,62
Τυπική απόκλιση	35,17	3,26
Διασπορά	1.237,05	10,63
Ελάχιστη τιμή	0,01	0,15
Μέγιστη τιμή	112,16	10,60
<i>Σημείωση: Τιμές <math>N(t)</math> σε εκατομμύρια και <math>P(t)</math> σε δισεκατομμύρια</i>		

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6-4 ο κόρος για τον Apache προκύπτει από το δυναμικό μοντέλο διάχυσης και είναι συνάρτηση του χρόνου  $\bar{N}(t)$ . Πιο συγκεκριμένα ο εκτιμώμενος κόρος  $\bar{N}_i(t)$  για κάθε χώρα  $i$ , προκύπτει από την σχέση (6-2).

$$\bar{N}_i(t) = k_1 + k_2 P_i(t) \tag{6-2}$$

όπου  $P_i(t)$  αντιστοιχεί στο συνολικό πληθυσμό της αγοράς και  $k_1$ ,  $k_2$  είναι οι εκτιμώμενοι παράμετροι του δυναμικού μοντέλου διάχυσης, η εκτίμηση των οποίων περιγράφεται στην ενότητα 6.2.5

Οι παράγοντες οι οποίοι εξετάζονται για την επίδρασή τους στον κόρο του Apache παρουσιάζονται στο Σχήμα 6-4. Τα μεγέθη και οι πηγές των μεταβλητών που αντιστοιχούν σε αυτούς τους παράγοντες παρέχονται στον Πίνακα 6-4. Οι μεταβλητές αξιολογούνται για το μέγεθος της επίδρασής τους στον κόρο του Apache μέσω οικονομετρικής ανάλυσης με δεδομένα panel (ενότητα 4.7.3) σε δείγμα 25 χωρών και για το χρονικό διάστημα 2003-2008.

**Πίνακας 6-4. Μεταβλητές, μεγέθη και πηγές**

Μεταβλητές	Παράγοντες	Μετρικές	Πηγές
<i>Μεταβλητές θεωρίας ενδογενούς ανάπτυξης Χ<sup>it</sup></i>			
OSS	Διείσδυση ανοιχτού λογισμικού.	Φυσικός λογάριθμος	University of Notre Dame [309]
phone	<i>Τηλεφωνικές γραμμές</i> : Γραμμές που συνδέουν τον τερματικό εξοπλισμό του συνδρομητή με το τηλεφωνικό δίκτυο και που έχουν ένα κόμβο σε τηλεφωνικό κέντρο. Περιλαμβάνονται οι συνδρομητές σε ολοκληρωμένες υπηρεσίες ψηφιακών ενσύρματων και σταθερής ασύρματης επικοινωνίας.	Φυσικός λογάριθμος	World Bank Indicators [310]
ICTexp	<i>Δαπάνες ΤΠΕ</i> : Περιλαμβάνουν υλικό υπολογιστικών συστημάτων (π.χ. Η/Υ, μέσα αποθήκευσης, περιφερειακές συσκευές, κλπ.), λογισμικό υπολογιστικών συστημάτων (π.χ. ΛΣ, εφαρμογές, κλπ.), υπηρεσίες σχετικές με υπολογιστικά συστήματα (π.χ. συμβουλευτική και τεχνική υποστήριξη, υπηρεσίες διαδικτύου, κλπ.), υπηρεσίες τηλεπικοινωνιών και εξοπλισμό ενσύρματης και ασύρματης επικοινωνίας.	Ποσοστό % του GDP (ΑΕΠ)	World Bank Indicators [310]
educGNI	<i>Δαπάνες για την εκπαίδευση</i> : αναφέρεται στις τρέχουσες δαπάνες λειτουργίας στον τομέα της εκπαίδευσης, συμπεριλαμβανομένων των μισθών και ημερομισθίων και εξαιρουμένων των επενδύσεων κεφαλαίου σε κτίρια και εξοπλισμό. Οι δαπάνες εκφράζονται σε ποσοστό % του Ακαθάριστου Εθνικού Εισοδήματος (ΑΕΕ)- Gross National Income (GNI)	Ποσοστό % του GNI	World Bank Indicators [310]
HCI	<i>Human Capital Index (Δείκτης ανθρώπινου κεφαλαίου)</i> : ο δείκτης αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (UNDP), και βασίζεται στο ποσοστό αλφαριθμητισμού των ενηλίκων και το μικτό ποσοστό εγγραφών στη πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση. Οι εκθέσεις που περιέχουν περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τη μεθοδολογία για τον υπολογισμό όλων των δεικτών παρέχονται στην ιστοσελίδα των Ηνωμένων Εθνών [42].	Εκφράζεται σε τιμές μεταξύ 0 and 1.	United Nations [311]
<i>Μεταβλητές θεωρίας εξωγενούς ανάπτυξης Υ<sup>it</sup></i>			
ICTtrade	<i>Εμπόριο ΤΠΕ</i> - Μέσος όρος εισαγωγών και εξαγωγών αγαθών ΤΠΕ, ανά ΑΕΠ	Ποσοστό % του GDP	World Bank Indicators [310]
<i>Μεταβλητές θεωρίας θεσμών Ζ<sup>it</sup></i>			
IQ	<i>Ποιότητα των θεσμών (Institutional quality)</i> : Πόσο αποτελεσματική είναι μια κυβέρνηση ως προς 6 κοινωνικές διαστάσεις. Υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε μεγαλύτερη ποιότητα.	Οι τιμές του κυμαίνονται στο διάστημα (-2,5, +2,5)	Worldwide Governance Indicators [303]
IPR	<i>Προστασία πνευματικών δικαιωμάτων</i> : Είναι το αποκλειστικό δικαίωμα ενός φυσικού ή νομικού προσώπου να καθορίζει πώς ένας πόρος χρησιμοποιείται. Εάν ο πόρος ανήκει στο κράτος, ο παράγοντας που καθορίζει τη χρήση του πρέπει να λειτουργεί κάτω από ένα σύνολο κανόνων. Περιλαμβάνονται και η προστασία της	Εκφράζεται σε τιμές μεταξύ 1 and 10.	Economic Freedom Network [305]

	προσωπικής ζωής και των δράσεων.		
<i>royalty</i>	<i>Άδειες χρήσης:</i> Οι πληρωμές και οι εισπράξεις μεταξύ κατοίκων και μη κατοίκων μιας χώρας για την εξουσιοδοτημένη χρήση άυλων, μη παραχθέντων, μη χρηματοοικονομικών περιουσιακών στοιχείων και δικαιωμάτων ιδιοκτησίας (όπως διπλώματα ευρεσιτεχνίας, τα πνευματικά δικαιώματα, εμπορικά σήματα, βιομηχανικές διεργασίες, και franchise) και για τη χρήση, μέσω συμφωνιών αδειών εκμετάλλευσης, παραχθέντων πρωτοτύπων των πρωτοτύπων (όπως ταινίες και χειρόγραφα). Τα δεδομένα είναι σε δολάρια ΗΠΑ.	Φυσικός λογάριθμος	World Bank Indicators [310]
<i>B_R</i>	<i>Business Regulation:</i> ο βαθμός στον οποίο κανονισμοί και οι γραφειοκρατικές διαδικασίες περιορίζουν την είσοδο νέων εταιρειών και τη μείωση του ανταγωνισμού. Υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε λιγότερους περιορισμούς και τη βελτίωση των συνθηκών ανταγωνισμού.	Εκφράζεται σε τιμές μεταξύ 1 and 10.	Economic Freedom Network [305]
<i>regTradeBar</i>	<i>Regulatory Trade Barriers</i> Δασμολογικοί φραγμοί στο εμπόριο και στο κόστος των εισαγωγών και εξαγωγών. Υψηλότερες τιμές δείχνουν υψηλότερη ποιότητα:	Εκφράζεται σε τιμές μεταξύ 1 and 10.	Economic Freedom Network [305]
<i>Ποιοτική μεταβλητή θ</i>			
<i>OECD</i>	Μεταβλητή που διαχωρίζει τις αναπτυγμένες από τις αναπτυσσόμενες χώρες. Αντιστοιχεί στη τιμή 0 για τις χώρες-μέλη του ΟΟΣΑ και στη τιμή 1 διαφορετικά.	Λαμβάνει τις τιμές 0 ή 1	ΟΟΣΑ [294]

Οι χώρες που συμμετέχουν επιλέχθηκαν έτσι ώστε να υπάρχει αντιπροσωπευτικό δείγμα από κάθε ήπειρο. Πιο συγκεκριμένα επιλέχθηκαν 13 χώρες από την Ευρώπη (Βέλγιο, Φιλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ιταλία, Ολλανδία, Ισπανία, Σουηδία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ρουμανία, Ρωσία, Τουρκία), 5 χώρες από την Αμερική (Αργεντινή, Βραζιλία, Καναδάς, Μεξικό, ΗΠΑ), 4 χώρες από την Ασία (Κίνα, Ινδία, Ιαπωνία, Κορέα), 2 χώρες από την Αφρική (Ν. Αφρική και Τυνησία) και η Αυστραλία.

Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για κάθε μια από τις μεταβλητές του panel παρέχονται στον Πίνακα 6-5. Η μεταβλητή  $Nbar$  αντιστοιχεί στο κόρο  $\bar{N}(t)$ .

**Πίνακας 6-5. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μεταβλητών**

Μεταβλητή	Αριθμός Παρατηρήσεων	Μέσος	Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστο	Μέγιστο
<i>Nbar</i>	150	5,121	0,956	3,541	7,678
<i>phone</i>	150	16,610	1,327	13,967	19,723
<i>ICTexp</i>	150	5,663	1,279	3,164	10,098
<i>OSS</i>	150	9,474	1,374	3,892	13,210
<i>educGNI</i>	150	4,451	1,131	1,801	6,853
<i>HCI</i>	125	0,916	0,095	0,570	0,993
<i>ICTtrade</i>	148	20,225	13,358	6,343	59,473
<i>IQ</i>	150	0,692	0,761	-0,715	1,897
<i>IPR</i>	150	6,736	1,927	2,298	9,608

<i>royalty</i>	136	21,038	1,747	15,642	24,005
<i>B_R</i>	150	4,99	2,12	0,00	9,00
<i>regTradeBar</i>	150	7,169	1,102	3,597	9,333
<i>OECD</i>	150	0,32	0,47	0	1

## 6.2.5 Εκτίμηση και αξιολόγηση μοντέλου διάχυσης

Για την εκτίμηση της πορείας διάχυσης του Apache, χρησιμοποιείται το δυναμικό μοντέλο (dynamic model) των Mahajan και Peterson [93, 94]. Η εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου αλλά και οι τιμές του μεταβαλλόμενου με το χρόνο κόρου  $\bar{N}(t)$  περιγράφεται αναλυτικά στην ενότητα 4.5.1.

Εκτός από την εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου και της διάχυσης, υπολογίζονται επίσης και ο χρόνος του σημείου ανάφλεξης (inflection point), δηλαδή το σημείο όπου επιτυγχάνεται ο μέγιστος ρυθμός αύξησης της διάχυσης. Τέλος, εκτιμάται η πρόβλεψη της διάχυσης μέχρι το χρονικό αυτό σημείο.

Το μοντέλο αξιολογείται τόσο ως προς την ικανότητα εκτίμησης της καμπύλης που προσεγγίζει τη διάχυση του Apache, όσο και ως προς την ικανότητα πρόβλεψης της πορείας της διάχυσης. Για τον έλεγχο της ικανότητας πρόβλεψης χρησιμοποιείται ένα μέρος του δείγματος (holdback sample) το οποίο αποτελεί και μέτρο σύγκρισης για την ικανότητα πρόβλεψης του μοντέλου. Έτσι, για την εκτίμηση του μοντέλου χρησιμοποιούνται οι πρώτες 24 χρονικές παρατηρήσεις των  $N(t)$  και  $P(t)$ , ενώ οι υπόλοιπες 5 παρατηρήσεις αποτελούν το holdback sample.

Η αξιολόγηση της εκτίμησης πραγματοποιείται με δύο τρόπους. Πρώτον, συγκρίνοντας τις εκτιμώμενες έναντι των παρατηρούμενων τιμών για το  $N(t)$ . Η σύγκριση γίνεται με τις στατιστικές που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της ικανότητας προσέγγισης (Goodness of fit). Αυτές είναι ο συντελεστής αποφασιστικότητας ( $R^2$ ), το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (MSE) και ο Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο σφάλμα (MAPE). Οι στατιστικές και τα μέτρα τους περιγράφονται στις ενότητες 4.4.4.1, 4.4.4.2 και 4.4.4.5 αντίστοιχα.

Δεύτερον, χρησιμοποιείται το γενικό μοντέλο μεικτής επίδρασης (εφεξής λογιστικό μοντέλο) που δίνεται από την εξίσωση (4-5) ως στοιχείο αναφοράς και σύγκρισης. Δηλαδή, γίνεται εκτίμηση της πορείας της διάχυσης με βάση το λογιστικό μοντέλο (logistic model) και υπολογίζονται οι στατιστικές της ικανότητας προσέγγισης του μοντέλου  $R^2$ , MSE και MAPE. Η αξιολόγηση του δυναμικού μοντέλου υλοποιείται συγκρίνοντας τις στατιστικές του με αυτές που προέκυψαν από την εκτίμηση του λογιστικού μοντέλου.

Για την πρόβλεψη της διάχυσης χρησιμοποιούνται οι παράμετροι του δυναμικού μοντέλου που εκτιμήθηκαν στο προηγούμενο στάδιο και υπολογίζονται τα σημεία της καμπύλης για τα επόμενα χρονικά σημεία.

Η ακρίβεια πρόβλεψης αξιολογείται συγκρίνοντας την προβλεπόμενη από τις παρατηρούμενες τιμές για τις χρονικές στιγμές  $t = 25$  έως 29. Το χρονικό αυτό διάστημα αντιστοιχεί στο τμήμα του δείγματος που δεν έχει ληφθεί υπόψη στην εκτίμηση και συνεπώς μπορεί να αποτελέσει αξιόπιστο μέτρο σύγκρισης. Από το σημείο αυτό ακολουθεί η ίδια λογική με την αξιολόγηση της εκτίμησης. Δηλαδή, αφενός χρησιμοποιούνται οι στατιστικές  $R^2$ , MSE και MAPE για το ίδιο μοντέλο και αφετέρου συγκρίνονται οι τιμές των  $R^2$ , MSE και MAPE του δυναμικού μοντέλου με αυτές που προκύπτουν για το λογιστικό μοντέλο.

Αρχικά εκτιμώνται οι παράμετροι  $m_1$ ,  $m_2$  από τη σχέση (4-27). Οι εκτιμήσεις προκύπτουν εφαρμόζοντας τη μέθοδο μη γραμμικών ελαχίστων τετραγώνων (NLS) που παρουσιάζεται στην ενότητα 4.4.2 στην εξίσωση (4-28). Τα αποτελέσματα της εκτίμησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-6.

**Πίνακας 6-6. Εκτίμηση παραμέτρων για τον πληθυσμό  $P(t)$ - λογιστικό μοντέλο**

Αριθμός παρατηρήσεων: 24		MSE=0,006	
$R^2 = 0,99$		MAPE=0,078	
$F(2, 21) = 1451,71^{***}$			
Παράμετροι	Τιμές	Τυπικό σφάλμα	t-ratio
$\bar{P}$	25,75	3,402	7,56 <sup>***</sup>
$m_1$	0,0031	0,00027	11,23 <sup>***</sup>
$m_2$	0,004706	0,00087	5,43 <sup>***</sup>
<b>Σημείωση:</b> Επίπεδα σημαντικότητας: * = $p < 0,10$ , ** = $p < 0,05$ και *** = $p < 0,01$			

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα όλες οι εκτιμώμενες παράμετροι έχουν ισχυρά επίπεδα σημαντικότητας ( $p < 0,01$ ). Επίσης, οι στατιστικές  $R^2$ , MSE και MAPE δείχνουν πολύ καλή προσέγγιση της καμπύλης.

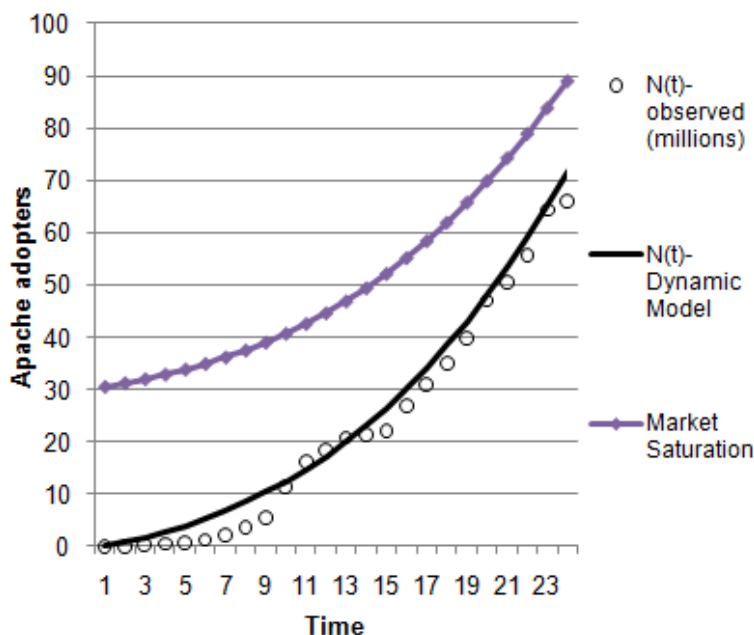
Στη συνέχεια εκτιμώνται οι υπόλοιπες παράμετροι από την παλινδρόμηση της (4-47). Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-7.

**Πίνακας 6-7. Αποτελέσματα εκτίμησης για το  $N(t)$ - Δυναμικό μοντέλο**

Αριθμός παρατηρήσεων: 24					
$R^2 = 0,98$					
$F(4, 19) = 895,33^{***}$					
Παράμετροι	Τιμές	Τυπικό σφάλμα	t-ratio	Παράμετροι	Τιμές
$x_2$	5,669	0,156	1,57 <sup>**</sup>	$a$	0,79
$x_3$	0,067	0,23	7,78 <sup>***</sup>	$b$	-0,00476
$x_4$	-0,034	0,0034	3,22 <sup>***</sup>	$k_1$	30
$x_5$	0,048	0,0028	4,34 <sup>***</sup>	$k_2$	7,15
<b>Σημείωση:</b> Επίπεδα σημαντικότητας: * = $p < 0,10$ , ** = $p < 0,05$ και *** = $p < 0,01$					

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα και σε αυτή τη περίπτωση όλες οι εκτιμώμενες παράμετροι ( $x_2$  έως  $x_5$ ) έχουν ισχυρά επίπεδα σημαντικότητας ( $p < 0,05$ ) και συνεπώς μπορούν να γίνουν αποδεκτές. Σημειώνεται ότι τα αποτελέσματα του πίνακα αφορούν τη δεύτερη παλινδρόμηση όπου εξαιρείται η μεταβλητή  $x_1$ . Η εξαίρεση έγινε καθώς στην αρχική παλινδρόμηση η μεταβλητή  $x_1$  παρουσίασε χαμηλά επίπεδα σημαντικότητας ( $t$ -ratio 0,22 και  $p$ -value 0,61).

Όπως φαίνεται στη σχέση (4-47), από τις μεταβλητές  $x_2$  έως  $x_5$ , μπορούν να προκύψουν οι τιμές των παραμέτρων  $a$ ,  $b$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ , οι οποίες επίσης αποτυπώνονται στον Πίνακα 6-7. Αντικαθιστώντας τις τιμές των παραμέτρων  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ , στις εξισώσεις (4-44)-(4-46) προκύπτουν οι τιμές του μεταβλητού κόρου  $\bar{N}(t)$  (market saturation) καθώς και η καμπύλη διάχυσης  $N(t)$  του δυναμικού μοντέλου (dynamic model). Οι αντίστοιχες καμπύλες απεικονίζονται στο Σχήμα 6-5.



Σχήμα 6-5. Εκτίμηση της διάχυσης του Apache με το δυναμικό μοντέλο

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα υπάρχει μια παραλληλία στις πορείες της διάχυσης και του κόρου της αγοράς, γεγονός που δείχνει ότι ο κόρος τη χρονική στιγμή  $t$ , μπορεί να επηρεάσει τη διάχυση τη χρονική στιγμή  $t+1$  και το αντίστροφο.

Επίσης χρησιμοποιώντας τις ίδιες παραμέτρους μπορεί να γίνει η πρόβλεψη των τιμών των  $\bar{N}(t)$  και  $N(t)$  και για επόμενες χρονικές στιγμές. Η πρόβλεψη γίνεται μέχρι το χρόνο  $t^*$  του σημείου ανάφλεξης. Ο υπολογισμός του χρόνου  $t^*$ , βασίζεται στο γεγονός ότι στο χρόνο αυτό επιτυγχάνεται ο μέγιστος ρυθμός αύξησης της διάχυσης. Συνεπώς έχουμε ένα τοπικό μέγιστο στη καμπύλη διάχυσης, για το οποίο ισχύει  $dN(t)/dt = 0$ . Θέτοντας την εξίσωση (4-26) ίση με το μηδέν, προκύπτει ότι  $\bar{N}(t) = -a/b$ . Αντικαθιστώντας τη τιμή αυτή καθώς και τη τιμή της (4-28) στην εξίσωση (4-25), προκύπτει ότι ο χρόνος  $t^*$  δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

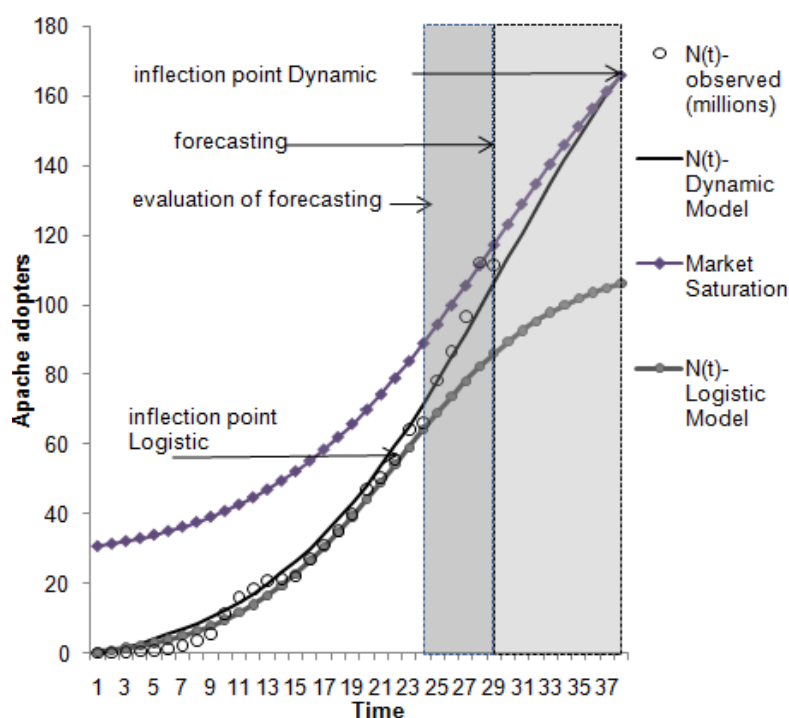
$$t^* = \frac{\ln\left(\frac{1}{S}\right)}{m_1 + m_2 \bar{P}}, \text{ όπου } S = \frac{a + k_1 b + k_2 b \bar{P}}{k_2 b \bar{P} - \bar{P}(a + k_1 b) \left(\frac{m_2}{m_1}\right)} \quad (6-3)$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές των παραμέτρων στην (6-3), προκύπτει ότι  $t^*=37.94$ , δηλαδή το σημείο ανάφλεξης παρουσιάζεται περίπου στο χρονικό σημείο 38. Το χρονικό αυτό σημείο αντιστοιχεί στο δεύτερο εξάμηνο του 2014. Η πρόβλεψη της διάχυσης γίνεται μέχρι αυτό το σημείο και παρουσιάζεται στο Σχήμα 6-6.

Επίσης υπολογίζεται το σημείο ανάφλεξης για το λογιστικό μοντέλο με βάση το γεγονός ότι το λογιστικό μοντέλο ακολουθεί τη κανονική κατανομή που είναι συμμετρική και συνεπώς η καμπύλη παρουσιάζει μέγιστο στο σημείο  $N(t) = (\bar{N}/2)$ . Το χρονικό σημείο δίνεται από τη σχέση:

$$t^* = \frac{\ln\left(\frac{1}{S}\right)}{a + b\bar{N}}, \text{ όπου } S = 2 + \bar{N}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (6-4)$$

Στο σχήμα απεικονίζονται το δυναμικό μοντέλο (dynamic model), το λογιστικό μοντέλο (logistic model) και ο κόρος (saturation) μέχρι το χρονικό σημείο 38, όπου συμβαίνει ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης (inflection point). Είναι χαρακτηριστικό ότι για το λογιστικό μοντέλο το σημείο ανάφλεξης υπολογίζεται στο πρώτο εξάμηνο του 2007.



Σχήμα 6-6. Πρόβλεψη της διάχυσης του Apache με το δυναμικό μοντέλο και σύγκριση με το λογιστικό μοντέλο

Τα σκιασμένα μέρη στο σχήμα αποτελούν την πρόβλεψη της διάχυσης. Η χαμηλή τιμή του κόρου της αγοράς για το λογιστικό μοντέλο κρατά τη καμπύλη διάχυσης σε πολύ χαμηλά επίπεδα με πολύ μεγάλη απόκλιση από τις πραγματικές τιμές. Αντίθετα, η προσέγγιση από το δυναμικό μοντέλο είναι πολύ καλύτερη, υποστηρίζοντας την υπόθεση ότι ένας χρονικά μεταβαλλόμενος κόρος περιγράφει καλύτερα μια ταχέως εξελισσόμενη τεχνολογία όπως ο Apache.

Η αξιολόγηση της εκτίμησης και της πρόβλεψης παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-8.

Πίνακας 6-8. Αξιολόγηση της εκτίμησης για το  $N(t)$

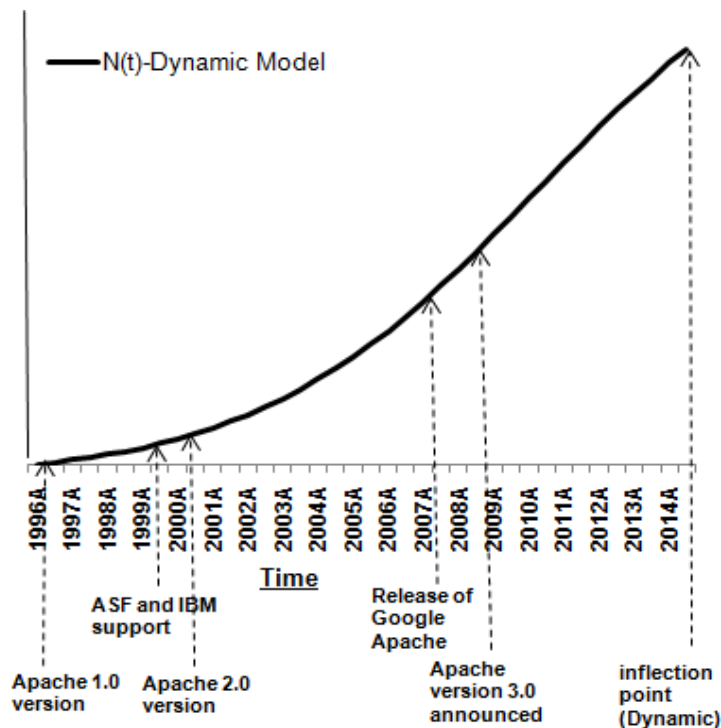
	Εκτίμηση		Πρόβλεψη	
Αριθμός παρατηρήσεων:	24		29	
	<i>Δυναμικό μοντέλο</i>	<i>Λογιστικό μοντέλο</i>	<i>Δυναμικό μοντέλο</i>	<i>Λογιστικό μοντέλο</i>
$R^2$	0,98	0,98	0,988	0,81
$MSE$	9,4	9,21	15,4	78,3
$MAPE$	1,3	2,145	1,068	2,808

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, οι τιμές των στατιστικών  $R^2$ ,  $MSE$  και  $MAPE$  δείχνουν ικανοποιητική εκτίμηση των παραμέτρων και για τα δύο μοντέλα. Όμως οι τιμές των στατιστικών δίνουν προβάδισμα στο δυναμικό μοντέλο έναντι του λογιστικού μοντέλου ιδιαίτερα στη περίπτωση της πρόβλεψης. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι ο χρονικά μεταβαλλόμενος κόρος μπορεί να αποδώσει καλύτερα τη γρήγορη εξέλιξη και ανάπτυξη της διάχυσης.



## 6.2.6 Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Για τη καλύτερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων, σημειώνονται τα ιστορικά κομβικά σημεία της εξέλιξης του Apache όπως αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-2, πάνω στην εκτιμώμενη καμπύλη διάχυσης. Ο συνδυασμός αυτός απεικονίζεται στο Σχήμα 6-7. Η γραμμή του χρόνου έχει μετατραπεί για να δείχνει τα αντίστοιχα έτη της εξέλιξης (1996-2010), ενώ το πρώτο εξάμηνο κάθε έτους χαρακτηρίζεται από το γράμμα «Α». Η καμπύλη διάχυσης προβλέπεται μέχρι το δεύτερο μισό του χρόνου 2014 (χρόνος του σημείου ανάφλεξης)



Σχήμα 6-7. Καμπύλη διάχυσης και κομβικά χρονικά σημεία Apache

Όπως προκύπτει από το σχήμα, τα ιστορικά σημεία δικαιολογούν τη πορεία της καμπύλης διάχυσης. Η χρονική περίοδος 1999 έως 2000 αντιστοιχεί στο αρχικό στάδιο της διάχυσης (take-off), όπου δημιουργείται η απαραίτητη κρίσιμη μάζα για τη μελλοντική πορεία της διάχυσης. Η εποχή αυτή πράγματι ήταν το στάδιο της αρχικής εξάπλωσης καθώς συνδέεται και με δύο σημαντικά γεγονότα: πρώτον, το 1999, ιδρύθηκε το ASF με την οικονομική υποστήριξη της IBM. Αυτό οδήγησε στη δεύτερη μεγάλη έκδοση του Apache, το 2000. Δεύτερον, το έτος 2000 συνέπεσε με τη μεγάλη διάδοση του Internet και την αύξηση των επενδύσεων των επιχειρήσεων στο Διαδίκτυο. Ανάμεσά τους, σημαντικές επιχειρήσεις διαδικτύου όπως οι Yahoo!, eBay, Amazon και το Google που προσφέρουν web υπηρεσίες και εφαρμογές χρησιμοποιώντας τον Apache http server. Αυτό αύξησε την δημοτικότητα του Apache και, κατά συνέπεια, την υιοθέτησή του.

Το έτος 2007 ( $t = 23$  και  $t = 24$ ) είναι ο χρόνος που η Google κυκλοφόρησε τη δική της έκδοσή του Apache, τον web server της Google. Η Google αποτελεί ένα σημαντικό μέρος του Διαδικτύου, με ένα μεγάλο αριθμό http servers που χρησιμοποιούνται για να προσφέρει τις υπηρεσίες της. Ο ρυθμός αύξησης του Apache δείχνεται να επηρεάζεται θετικά. Αυτή η θετική επίδραση σημαίνει ότι ο ανταγωνισμός επηρεάζει θετικά τη διάχυση του Apache.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το σημείο ανάφλεξης υλοποιείται μετά από μια σχετικά μεγάλη χρονική περίοδο (7 ετών ή 14 τμήματα χρόνου) από την εποχή της τελευταίας παρατήρησης ( $t = 24$ ) του δείγματος που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση και την

πρόβλεψη της καμπύλης διάχυσης. Σε γενικές γραμμές, χρονικά μακρινές προβλέψεις (άνω των 5 ετών) δεν είναι ασφαλείς, με οποιοδήποτε μοντέλο διάχυσης, ειδικά όταν το σημείο καμπής δεν έχει επιτευχθεί. Παράγοντες της αγοράς, όπως είναι η νέα έκδοση του Apache 3.0, οι τεχνολογικές βελτιώσεις στην αγορά διακομιστών, ο ανταγωνισμός, κοινωνικο-οικονομικοί παράγοντες κλπ. μπορεί να τροποποιήσουν τον κόρο της αγοράς και συνεπώς τη καμπύλη διάχυσης και το σημείο καμπής.

## 6.2.7 Οικονομική ανάλυση

Για τη μελέτη της επίδρασης των παραγόντων που αντιστοιχούν στις παραπάνω υποθέσεις, χρησιμοποιούνται διαστρωματικά δεδομένα χρονολογικών σειρών (panel data) αποτελούμενα από  $i=25$  χώρες και  $t=6$  έτη.

Για την εξαγωγή αξιόπιστων και αμερόληπτων αποτελεσμάτων από την ανάλυση παλινδρόμησης, τα δεδομένα θα πρέπει να ικανοποιούν μια σειρά από συνθήκες, οι οποίες ελέγχονται με κατάλληλα στατιστικά τεστ. Επίσης, πολύ σημαντικός είναι ο έλεγχος της οικονομετρικής εξίσωσης ως προς τη σωστή επιλογή και προσδιορισμό των ανεξάρτητων μεταβλητών (specification tests). Για παράδειγμα η παράλειψη μιας στατιστικά σημαντικής μεταβλητής, μπορεί να οδηγήσει σε μη αμερόληπτες εκτιμήσεις. Οι έλεγχοι που ακολουθούν αναφέρονται αναλυτικότερα στο Κεφάλαιο 4 και στην ενότητα 4.7.4. Για την υλοποίηση των ελέγχων, χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο STATA.

Αρχικά, ελέγχεται η πιθανότητα να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Οι συντελεστές συσχέτισης δίνονται από την (4-67). Σύμφωνα με τον Kennedy [166] υψηλές θεωρούνται οι συσχετίσεις πάνω από 80%. Σε αυτή τη περίπτωση, οι δύο μεταβλητές δε μπορεί να θεωρηθούν ανεξάρτητες. Οι συσχετίσεις των μεταβλητών παρουσιάζεται στον Πίνακα 6-9.

Πίνακας 6-9. Πίνακας συσχετίσεων

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<i>phone</i>	1												
<i>ICTexp</i>	2	0,12	1										
<i>OSS</i>	3	0,62***	0,19**	1									
<i>educGNI</i>	4	-0,58***	0,09	-0,18**	1								
<i>HCI</i>	5	-0,07	0,21**	0,33***	0,16*	1							
<i>ICTtrade</i>	6	0,43***	0,43***	0,13	-0,22***	0,10	1						
<i>IQ</i>	7	-0,21***	0,34***	0,29***	0,45***	0,61***	0,02	1					
<i>IPR</i>	8	-0,14*	0,42***	0,34***	0,43***	0,35***	0,02	0,82***	1				
<i>royalty</i>	9	0,66***	0,46***	0,68***	-0,22**	0,43***	0,43**	0,50***	0,45***	1			
<i>B_R</i>	10	-0,19**	0,29***	0,16*	0,52***	0,23***	-0,13	0,65***	0,65***	0,24**	1		
<i>reg TradeBar</i>	11	-0,14*	0,24***	0,29***	0,36***	0,42***	0,00**	0,82**	0,74	0,43	0,69***	1	
<i>OECD</i>	12	0,00	0,03	0,28***	0,22***	0,61	0,17*	0,75	0,51	0,47	0,50	0,64**	1

Σημείωση. Επίπεδα σημαντικότητας: \* =  $p < 0,10$ , \*\* =  $p < 0,05$  και \*\*\* =  $p < 0,01$

Όπως φαίνεται στον πίνακα οι μεταβλητές που δεν ικανοποιούν το κριτήριο είναι οι *IPR* και *regTradeBar*, οι οποίες έχουν υψηλή συσχέτιση με τη μεταβλητή *IQ* και συνεπώς δε μπορούν να συμπεριληφθούν στο οικονομετρικό μοντέλο. Όλες οι υπόλοιπες συσχετίσεις είναι λιγότερο από 70%. Έτσι ορίζεται το ακόλουθο οικονομετρικό μοντέλο:

$$Nbar_{it} = a + b_1 phone_{it} + b_2 ICTexp_{it} + b_3 OSS_{it} + b_4 educGNI_{it} + b_5 HCI_{it} + b_6 B\_R_{it} + b_7 ICTtrade_{it} + b_8 IQ_{it} + b_9 royalty_{it} + b_{10} OECD_{it} + u_i + \varepsilon_{it} \quad (6-5)$$

Το μοντέλο αξιολογεί την *ceteris paribus* επίδραση καθενός από τους παράγοντες στην ανάπτυξη του κόρου του Apache server σε εθνικό επίπεδο.

Στα δεδομένα panel, αποδίδονται δύο τύποι στατιστικών λαθών. Ο πρώτος είναι το σφάλμα μη παρατηρούμενης ετερογένειας  $u_i$ , το οποίο αντιστοιχεί σε όλους τους απαραίτητους, σταθερούς στο χρόνο παράγοντες, που οφείλονται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε χώρας και που επιδρούν στην εξαρτημένη μεταβλητή  $Nbar_{it}$ . Το δεύτερο σφάλμα είναι το ιδιοσυγκρασιακό ή χρονικά μεταβαλλόμενο σφάλμα  $\varepsilon_{it}$  της εξίσωσης που αντιπροσωπεύει τους απαραίτητους παράγοντες που μεταβάλλονται τόσο χρονικά, όσο και τομεακά. Ο συντελεστής  $\alpha$  αντιστοιχεί στο σημείο τομής της εξίσωσης και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της πρόβλεψης των τιμών της  $Nbar_{it}$ . Τέλος, οι συντελεστές  $b_j$  ( $j = 1$  ως 10) αντανakλούν τη σχετική επίδραση καθενός από τους παράγοντες στην εξαρτημένη μεταβλητή.

Στη συνέχεια ελέγχεται εάν η ατομική επίδραση  $u_i$  είναι ανεξάρτητη από τις μεταβλητές  $X_{it}$  της οικονομετρικής εξίσωσης, οπότε έχουμε random effects model, ή συσχετισμένη με αυτές και έχουμε τη περίπτωση fixed effects model. Ο έλεγχος πραγματοποιείται με το Hausman τεστ [167]. Το αποτέλεσμα υποδεικνύει τη χρησιμοποίηση του μοντέλου fixed effects ( $\chi^2(9) = 46,05, p=0, p$  η πιθανότητα τα  $u_i$  να είναι ανεξάρτητα των  $X_{it}$ ). Επίσης, από τη στατιστική Breusch and Pagan Lagrangian multiplier (LM) test για random effects [173] προκύπτει ότι η διασπορά της μη παρατηρούμενης ετερογένειας για κάθε χώρα  $u_i$ , είναι σημαντικά διαφορετική από το μηδέν ( $\chi^2(1) = 56,0, p = 0, H_0: Var(u)=0$ ), δείχνοντας τη σημαντικότητα της ετερογένειας.

Το επόμενο τεστ εξετάζει την περίπτωση ύπαρξης ενδογενών μεταβλητών. Μια μεταβλητή είναι ενδογενής όταν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτισή της με το σφάλμα της εξίσωσης  $\varepsilon_{it}$ . Από το Durbin-Wu-Hausman (DWH) τεστ (προτάθηκε από τον Durbin [168] και αργότερα από τους Wu [169] και Hausman [167]), προκύπτει ότι η μεταβλητή  $IQ$  είναι ενδογενής ( $\chi^2(1) = 10,44, p = 0,001$ , κάτω από τη μηδενική υπόθεση ότι η  $IQ$  είναι εξωγενής). Σε αυτή τη περίπτωση η χρήση της κλασσικής μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων δεν δίνει αμερόληπτες εκτιμήσεις. Η λύση στην αντιμετώπιση του προβλήματος της ενδογένειας είναι η χρησιμοποίηση της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων δύο σταδίων (Two Stage Least Squares - 2SLS). Η μέθοδος περιγράφεται αναλυτικά στην ενότητα 4.7.6.

Επίσης τα δεδομένα panel, παρουσιάζουν συχνά συσχετίσεις μεταξύ τους μέσα στο χρόνο ή/και μέσα στο τμήμα του panel, ή/και ανάμεσα στα τμήματα του panel, παραβιάζοντας τις απαραίτητες συνθήκες που πρέπει να ισχύουν για την ύπαρξη αμερόληπτων και συνεπών εκτιμήσεων. Για το λόγο αυτό εφαρμόζονται δύο έλεγχοι για την εκτίμηση της αυτοσυσχέτισης και ετεροσκεδαστικότητας για τις 25 ομάδες χωρών.

Το σχετικό Wooldridge τεστ [174] απέρριψε τη μηδενική υπόθεση της μη ύπαρξης αυτοσυσχέτισης πρώτης τάξης με  $F(1, 22) = 39,67, p = 0$ , όπου  $p$  η πιθανότητα να μην υπάρχει χρονική αυτοσυσχέτιση. Συνεπώς, υπάρχει χρονική αυτοσυσχέτιση στα ιδιοσυγκρασιακά σφάλματα. Επίσης πραγματοποιήθηκε έλεγχος για ετεροσκεδαστικά δεδομένα μέσα στα τμήματα του panel, με τη στατιστική Pagan και Hall [185] για εκτίμηση με IV μεταβλητές. Το αποτέλεσμα επισήμανε πως τα σφάλματα είναι ετεροσκεδαστικά ( $\chi^2(11) = 23,072, p = 0,017$ ).

Σύμφωνα με τον Wooldridge [174], η σύγχρονη προσέγγιση στο σύστημα βοηθητικών μεταβλητών (IV) όπου υπάρχει το πρόβλημα της αυτοσυσχέτισης ή/και της ετεροσκεδαστικότητας είναι η χρήση της Γενικευμένης Μεθόδου των Ροπών (GMM). Η μέθοδος εφαρμόζεται στην περίπτωση υπεραυτοποίησης του μοντέλου και βασίζεται στη βελτιστοποίηση ενός συμμετρικού πίνακα σθάθμισης. Όπως περιγράφεται αναλυτικότερα στην ενότητα 4.7.7, σε αυτή την περίπτωση η εκτιμήτρια IV-GMM επιτρέπει την ύπαρξη αυθαίρετης ετεροσκεδαστικότητας και αυτοσυσχέτισης των

σφαλμάτων και είναι συνεπώς πιο αποτελεσματική από την απλή IV-2SLS με εύρωστα τυπικά σφάλματα (robust standard errors), αφού αποδίδει μικρότερα τυπικά σφάλματα [188]. Οι Hansen [181] και White [187] εξήγαγαν τις ασυμπτωτικές ιδιότητες της εκτιμήτριας GMM, συμπεραίνοντας πως η μέθοδος των ροπών μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλά είδη οικονομετρικών μοντέλων. Για παράδειγμα αποτελεί μια καλή εναλλακτική λύση των fixed ή random effects IV εκτιμητριών, καθώς υποθέτει ότι οι συσχετισμοί μέσα στις ομάδες του panel είναι σταθεροί. Συνεπώς, στη περίπτωση του μοντέλου (6-5) η βέλτιστη επιλογή είναι η μέθοδος IV με τη γενικευμένη μέθοδο των ροπών (IV -GMM εκτιμήτρια) που λαμβάνει υπόψη αυτοσυσχέτιση και ετεροσκεδαστικότητα (Heteroscedastic and Autocorrelated – HAC errors) στα τυπικά σφάλματα.

Για τη μέθοδο αυτή είναι απαραίτητο να γίνει η επιλογή των βοηθητικών IV μεταβλητών. Όπως περιγράφεται αναλυτικότερα στην ενότητα 4.7.6, αυτή είναι μια επίπονη διαδικασία, καθώς για να θεωρηθούν έγκυρα τα αποτελέσματα, οι IV θα πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Πιο συγκεκριμένα, οι IV θα πρέπει να είναι: (i) ασυσχέτιστες με το ιδιοσυγκρασιακό σφάλμα  $\varepsilon_{it}$ , (ii) ασυσχέτιστες με τις εξωγενείς μεταβλητές της πρώτης εξίσωσης (iii) συσχετισμένες με την ενδογενή μεταβλητή  $IQ_{it}$ . Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 6-9, οι μεταβλητές  $IPR_{it}$ ,  $RegTradeBar_{it}$  και  $royalty_{it}$ , θα μπορούσαν να ικανοποιούν τα (ii) και (iii) και έτσι να επιλεγούν ως υποψήφιοι IV. Για τον έλεγχο των υποψηφίων IV και την εφαρμογή της IV-GMM, το μοντέλο της (6-5) μετασχηματίζεται σε δύο δομικές εξισώσεις και δίνεται από την (6-6).

$$Nbar_{it} = a + b_1 phone_{it} + b_2 ICTexp_{it} + b_3 OSS_{it} + b_4 educGNI_{it} + b_5 HCI_{it} + b_6 B\_R_{it} + b_7 ICTtrade_{it} + b_8 IQ_{it} + b_9 OECD_t + v_{it} \quad (6-6)$$

$$IQ_{it} = c_0 + c_1 IPR_{it} + c_2 regTradeBar_{it} + c_3 royalty_{it} + \mu_{it}$$

Όπου  $v_{it} = u_i + \varepsilon_{it}$  και  $\mu_{it}$  είναι τα αντίστοιχα σφάλματα κάθε δομικής εξίσωσης.

Αρχικά, γίνεται έλεγχος της ορθογωνιότητας των IV με το ιδιοσυγκρασιακό σφάλμα  $\varepsilon_{it}$ . Όπως περιγράψαμε στην ενότητα 4.7.6.2, για τη περίπτωση HAC σφαλμάτων, χρησιμοποιείται η στατιστική  $J$  Hansen [181]. Η στατιστική βασίζεται στη γενικευμένη μέθοδο των ροπών (GMM) και δίνεται από τη σχέση (4-85). Η μηδενική υπόθεση είναι ότι οι βοηθητικές μεταβλητές είναι ασυσχέτιστες με το σφάλμα της δομικής εξίσωσης και ότι οι εξαιρούμενες μεταβλητές, ορθώς εξαιρούνται από τη δομική εξίσωση. Εφαρμόζοντας τη στατιστική  $J$  Hansen στο μοντέλο (6-6), επιβεβαιώνεται η μηδενική υπόθεση καθώς  $\chi^2(2)=2,78$ ,  $p = 0,24$  και συνεπώς ισχύει η προϋπόθεση της εξωγένειας (i).

Εκτός από τις συνθήκες (i)- (iii), για να είναι οι IV έγκυρες, θα πρέπει να ταυτοποιούν την εξίσωση (6-6), δηλαδή να είναι ικανές να προσδιορίσουν την ενδογενή μεταβλητή. Για να ταυτοποιείται η οικονομετρική εξίσωση θα πρέπει ο αριθμός των IV (=3) να είναι μεγαλύτερος ή ίσος των ενδογενών μεταβλητών (=1). Στην περίπτωση αυτή ικανοποιούν τους περιορισμούς υπερταυτοποίησης (overidentification restrictions). Επίσης, θα πρέπει να είναι επαρκείς για τον προσδιορισμό της ενδογενούς μεταβλητής, δηλαδή να μην είναι ασθενείς (weak instruments). Για τον έλεγχο αυτών των συνθηκών, έχουν δημιουργηθεί κατάλληλοι στατιστικοί έλεγχοι, οι οποίοι περιγράφονται αναλυτικά στην ενότητα 4.7.6.2. Η εφαρμογή των ελέγχων για το μοντέλο της (6-6), δίνει τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Για τον έλεγχο ταυτοποίησης της εξίσωσης χρησιμοποιείται το Kleibergen-Paap [184] rk τεστ. Για την περίπτωση HAC σφαλμάτων χρησιμοποιούνται οι τροποποιημένες εκδόσεις της Kleibergen-Paap rk, LM και Wald. Οι στατιστικές αυτές ελέγχουν αν οι βοηθητικές μεταβλητές είναι σχετικές, δηλαδή εάν είναι συσχετισμένες με την ενδογενή μεταβλητή (συνθήκη (iii)). Απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης σημαίνει ότι ο πίνακας των βοηθητικών μεταβλητών είναι πλήρους τάξης, δηλαδή η εξίσωση ταυτοποιείται. Το

αποτέλεσμα της αντίστοιχης στατιστικής για το μοντέλο της (6-6) απορρίπτει τη μηδενική υπόθεση, δηλαδή δείχνει ότι το μοντέλο προσδιορίζεται (η Kleibergen-Paap rk LM στατιστική είναι  $\chi^2(3) = 12,52$ ,  $p = 0,005$ , ενώ η Kleibergen-Paap rk Wald στατιστική είναι  $\chi^2(3) = 72,76$ ,  $p = 0$ ).

Η επόμενη στατιστική ελέγχει το βαθμό συσχέτισης των IV με τις ενδογενείς μεταβλητές. Εάν η συσχέτιση είναι ασθενής, τότε οι εκτιμήτριες δεν είναι επαρκείς και θα πρέπει να αναζητηθούν άλλες IV. Ο έλεγχος για ασθενείς IV για HAC σφάλματα γίνεται με τη Kleibergen-Paap Wald rk F στατιστική. Ένας πρόχειρος κανόνας είναι η F-στατιστική να είναι τουλάχιστον 10 για να θεωρηθεί αρκετά ισχυρή συσχέτιση [170]. Η αντίστοιχη F-στατιστική για την (6-6) είναι  $F(3, 100) = 21,66$ ,  $p = 0$ , υποδεικνύοντας πως δεν υπάρχει πρόβλημα ασθενούς συσχέτισης.

Τέλος, η στατιστική Anderson και Rubin [312] ελέγχει τη στατιστική σημαντικότητα των ενδογενών μεταβλητών, με μηδενική υπόθεση ότι οι συντελεστές των ενδογενών μεταβλητών στη δομική εξίσωση είναι από κοινού ίσοι με μηδέν. Το τεστ είναι εύρωστο (robust) σε ετεροσκεδαστικά και αυτοσυσχετισμένα σφάλματα, αλλά σε ασθενή ταυτοποίηση, καθώς η ισχύς του τεστ μειώνεται παράλληλα με το βαθμό συσχέτισης των βοηθητικών μεταβλητών με τις ενδογενείς μεταβλητές. Το αποτέλεσμα για την  $\chi^2(3) = 10,45$ ,  $p = 0,01$  απορρίπτει τη μηδενική υπόθεση, επιβεβαιώνοντας τη σημαντικότητα της ενδογενούς  $IQ_{it}$ .

Από τις ανωτέρω δοκιμές προκύπτει ότι οι προτεινόμενες IV είναι έγκυρες. Συνεπώς η ενδογενής μεταβλητή ταυτοποιείται από τις  $IPR_{it}$ ,  $regTradeBar_{it}$  και  $royalty_{it}$  και μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος IV –GMM στο μοντέλο που δίνεται από τη (6-6). Τα αποτελέσματα της μεθόδου παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-10.

Πίνακας 6-10. Αποτελέσματα παλινδρόμησης για τη  $\bar{N}(t)$  με τη μέθοδο IV GMM.

Δεύτερη παλινδρόμηση				Πρώτη παλινδρόμηση		
Εξαρτημένη μεταβλητή: $\bar{N}(t)$				Εξαρτημένη μεταβλητή: $IQ$		
Αρ. παρατηρήσεων: 112				Αρ. παρατηρήσεων: 112		
Centered $R^2 = 0,93$				Centered $R^2 = 0,93$		
Uncentered $R^2 = 0,99$				Uncentered $R^2 = 0,96$		
$F(9, 102) = 86,76^{***}$				$F(11, 100) = 66,87^{***}$		
Μεταβλητές				Τυπικό		
	Συντελεστής	Τυπικό Σφάλμα	z	Συντελεστής	Σφάλμα	t
<i>phone</i>	0,570	0,049	11,72 <sup>***</sup>			
<i>ICTexp</i>	0,085	0,035	2,43 <sup>**</sup>			
<i>ICTtrade</i>	0,015	0,003	4,32 <sup>***</sup>			
<i>HCI</i>	0,011	0,007	1,91 <sup>*</sup>			
<i>OSS</i>	0,190	0,040	4,73 <sup>***</sup>			
<i>educGNI</i>	0,088	0,034	2,58 <sup>***</sup>			
<i>B_R</i>	0,021	0,023	0,91			
<i>OECD</i>	-0,411	0,158	-2,60 <sup>***</sup>			
<i>cons</i>	-5,901	0,785	-7,52 <sup>***</sup>			
<i>IQ</i>	0,280	0,131	2,14 <sup>**</sup>			
<i>royalty</i>				0,179	0,039	4,63 <sup>***</sup>
<i>regTradeBar</i>				0,137	0,043	3,16 <sup>**</sup>
<i>IPR</i>				0,094	0,023	4,08 <sup>***</sup>

Σημείωση: Επίπεδα σημαντικότητας: \* =  $p < 0,10$ , \*\* =  $p < 0,05$  και \*\*\* =  $p < 0,01$

### 6.2.8 Αποτελέσματα

Ο Πίνακας 6-9 δείχνει τη θετική επίπτωση και τη στατιστική σημαντικότητα της τεχνολογικής υποδομής με τις μεταβλητές *phone* και *ICTexp*. Μάλιστα η μεταβλητή *phone* έχει το μεγαλύτερο συντελεστή επίδρασης (0,57) και είναι η πιο στατιστικά σημαντική μεταβλητή της παλινδρόμησης. Αυτό ήταν ένα αναμενόμενο αποτέλεσμα, δεδομένου ότι η λειτουργία και δυναμική αγορά των web servers εξαρτάται από την

ύπαρξη της αναγκαίας υποδομής. Έτσι, η υπόθεση Y1 μπορεί να γίνει αποδεκτή. Το ίδιο ισχύει και για την Y2, καθώς η μεταβλητή OSS παρουσιάζει υψηλή επίδραση (4,73 με επίπεδο σημαντικότητας  $p = 0$ ). Ο θετικός συντελεστής (0,19) σημαίνει ότι οι χρήστες μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας ΕΛ/ΛΑΚ, όπως ο Apache web server, επηρεάζονται από τη γενικότερη χρήση του ανοιχτού λογισμικού.

Επίσης τα στατιστικά μέτρα των μεταβλητών educGNI και HCI, επιβεβαιώνουν την υπόθεση Y3 ότι η υιοθέτηση του Apache web server επηρεάζεται από το επίπεδο των δεξιοτήτων και της εκπαίδευσης των δυνητικών χρηστών. Έτσι, εξειδικευμένοι χρήστες είναι πιο πιθανό να επιλέξουν ένα πιο εξελιγμένο λογισμικό, όπως ο Apache.

Οι τεχνολογικές ροές και οι δευτερογενείς επιδράσεις που εκφράζονται από τις συναλλαγές ΤΠΕ ανά ΑΕΠ, εμφανίζουν επίσης θετικό αντίκτυπο στον κόρο του Apache, με υψηλή στατιστική σημαντικότητα. Αυτό με τη σειρά του επιβεβαιώνει την υπόθεση (Y4), ότι το εμπόριο ΤΠΕ και η ελεύθερη ανταλλαγή κώδικα, γνώσεων και ιδεών που προσφέρονται από μια τεχνολογία ΕΛ/ΛΑΚ, όπως ο Apache, έχουν μια θετική σχέση.

Η ποιότητα των θεσμών IQ έχει υψηλό συντελεστή στην παλινδρόμηση (0,28) και είναι στατιστικά σημαντική, επομένως η υπόθεση ότι η ποιότητα των θεσμών έχει θετική επίδραση στην ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών όπως ο Apache (Y5) γίνεται αποδεκτή. Το αποτέλεσμα σημαίνει ότι οι καλά οργανωμένες κοινωνίες προωθούν τη διάδοση των νέων τεχνολογιών, καθώς δημιουργούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την ανάπτυξη των αγορών λογισμικού και την αύξηση του ανταγωνισμού. Επιπλέον, η ελευθερία της έκφρασης και της ελευθερίας των μέσων ενημέρωσης είναι σύμφωνη με τις ιδέες του λογισμικού ανοικτού κώδικα και ανοικτό περιεχόμενο. Οι υποθέσεις Y6 και Y8 δεν μπορούσαν να επαληθευτούν, καθώς οι αντίστοιχες μεταβλητές δεν εξετάστηκαν για την άμεση επίδρασή τους στον κόρο του Apache, αλλά χρησιμοποιήθηκαν ως μέσα για τον προσδιορισμό της ποιότητας των θεσμών IQ. Ωστόσο, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6-9 το σύνολο των τριών μεταβλητών έχουν ένα πολύ υψηλό αντίκτυπο στην ποιότητα των θεσμών IQ. Έτσι, μπορεί να θεωρηθεί ότι έχουν μια έμμεση και θετική επίδραση στον αναμενόμενο κόρο του Apache.

Το ρυθμιστικό πλαίσιο που προωθεί τον ανταγωνισμό, δε βρέθηκε να έχει κάποια επίδραση ( $p > 0,1$ ) και ως εκ τούτου η υπόθεση Y7 μπορεί να γίνει αποδεκτή. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι ο Apache κατέχει τη πρώτη θέση σε μια αγορά με μικρό επίπεδο ανταγωνισμού (ουσιαστικά είναι μόνο 2 σημαντικοί ανταγωνιστές, ο Apache και ο IIS) με μικρή διακύμανση σε επίπεδο χώρας. Επιπλέον, ο Apache μπορεί να αποκτηθεί δωρεάν, κατά συνέπεια δεν επηρεάζεται από τις πολιτικές, όπως ο έλεγχος των τιμών. Ως αποτέλεσμα, η διείσδυση του Apache έχει αυξηθεί ανεξάρτητα από τις συνθήκες ανταγωνισμού της χώρας.

Τέλος, η υπόθεση Y9 ότι οι ανεπτυγμένες χώρες έχουν υψηλότερα επίπεδα κορεσμού, είναι επίσης αποδεκτή. Ο στατιστικά σημαντικός, αρνητικός συντελεστής (-0,41) του ΟΟΣΑ, δείχνει ότι ο αναμενόμενος κόρος της αγοράς των αναπτυσσόμενων χωρών (συμβολίζεται με 1) είναι περίπου 41% λιγότερο από ότι ο αντίστοιχος στις ανεπτυγμένες χώρες (*ceteris paribus*). Παρά το γεγονός ότι ο Apache μπορεί να αποκτηθεί χωρίς χρηματικό κόστος, η υιοθέτησή του εμποδίζεται από το κόστος της προσπάθειας και εμπειρίας, το οποίο είναι υψηλότερο για τις χώρες με τα χαμηλότερα επίπεδα των δεξιοτήτων εκπαίδευσης και τεχνολογικής εξέλιξης. Το αποτέλεσμα έρχεται σε συμφωνία με το πρόβλημα του ψηφιακού χάσματος μεταξύ των αναπτυσσόμενων και αναπτυσσόμενων χωρών. Έτσι, οι ανεπτυγμένες χώρες, με το υψηλότερο τεχνολογικό και εκπαιδευτικό επίπεδο, αποτελούν θερμοκοιτίδες των νέων τεχνολογιών, όπως ο Apache server, στις οποίες μπορούν να αναπτυχθούν.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έχουν δημοσιευτεί στο επιστημονικό περιοδικό Telecommunications Policy [3].

### 6.3 Παράγοντες που επιδρούν στη διάχυση του ανοιχτού λογισμικού

Ως επόμενο βήμα, μελετούνται οι παράγοντες που επιδρούν στη διείσδυση του ΕΛ/ΛΑΚ σε επίπεδο χωρών. Για το σκοπό αυτό θεωρείται ότι η κατανομή των εγγεγραμμένων χρηστών σε έργα της SourceForge, μπορεί να αποτελέσει αντιπροσωπευτικό δείγμα για τη κατανομή των χρηστών ανοιχτού λογισμικού ανά χώρα. Τα δεδομένα προέκυψαν από κατάλληλα διαμορφωμένο ερώτημα SQL στη βάση B<sub>ND</sub>, το οποίο παρέχεται στο Παράρτημα IV (Αριθμός εγγεγραμμένων χρηστών ανά έτος και ανά γεωγραφική περιοχή).

Το δείγμα που χρησιμοποιείται περιλαμβάνει τις 25 χώρες που χρησιμοποιήθηκαν και στην περίπτωση του Apache, για το χρονικό διάστημα 1999 (έναρξη της SourceForge) έως το Δεκέμβριο του 2009. Για τη μελέτη της διάχυσης μεταξύ των χωρών χρησιμοποιείται το μοντέλο Dekimpe [135], το οποίο παρουσιάζεται αναλυτικά στην ενότητα 4.5.2.

Το μοντέλο αποτελεί επέκταση του μοντέλου Bass [78], τροποποιημένο έτσι ώστε να αντιμετωπίσει με πιο αποτελεσματικό τρόπο τη σύγκριση της διάχυσης μιας καινοτομίας μεταξύ χωρών. Το μοντέλο Bass περιορίζει τη σύγκριση των παραμέτρων της διάχυσης ανάμεσα σε διαφορετικές χώρες, για δύο βασικούς λόγους:

- Πρώτον, το μοντέλο Bass δε λαμβάνει υπόψη το συνολικό μέγεθος του πληθυσμού, αλλά μόνο τον απόλυτο αριθμό των χρηστών που έχουν υιοθετήσει μια τεχνολογία. Αυτό σημαίνει ότι μια μικρή και μια μεγάλη χώρα, που όμως έχουν τον ίδιο ακριβώς αριθμό χρηστών στη πάροδο του χρόνου, θα έχουν τις ίδιες παραμέτρους και συνεπώς την ίδια καμπύλη διάχυσης, γεγονός το οποίο δεν είναι απαραίτητα σωστό.
- Δεύτερον, με τη χρήση σταθερών χρονικών σημείων για όλες τις χώρες, υπάρχει υψηλότερος κίνδυνος για μεροληψία υπέρ εκείνων των χωρών στις οποίες ξεκινά νωρίτερα η διαδικασία υιοθέτησης και διάχυσης. Σε αυτή την περίπτωση οι χώρες που διαθέτουν τη καινοτομία περισσότερα έτη, είναι πολύ πιθανό να παρουσιάζουν μεγαλύτερη διείσδυση σε σχέση με τις χώρες όπου η διάχυση ξεκίνησε πιο πρόσφατα. Το γεγονός αυτό μπορεί να δώσει λάθος αποτελέσματα ως προς τον ρυθμό της διείσδυσης.
- Το μοντέλο Dekimpe [135], παραμετροποιεί το μοντέλο Bass χρησιμοποιώντας δύο λογιστικά μοντέλα, έτσι ώστε να δίνεται η δυνατότητα να εξεταστούν οικονομικά οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάχυση στον πρώτο χρόνο εμφάνισης του προϊόντος, αλλά και το ρυθμό της διάχυσης.

Συνοπτικά, με το παραμετροποιημένο μοντέλο Dekimpe [135] δίνεται η δυνατότητα:

- Αποτελεσματικής ταυτόχρονης σύγκρισης της διάχυσης μιας καινοτομίας μεταξύ χωρών, χρησιμοποιώντας ενδογενείς ή εξωγενείς παράγοντες επίδρασης της διάχυσης.
- Αποτίμησης της βαρύτητας των παραγόντων που επιδρούν στην ταχύτητα της διάχυσης της καινοτομίας σε επίπεδο χωρών, αλλά και σε κλίμαα χρονικά σημεία όπως είναι η έναρξη της διάχυσης και το σημείο ανάφλεξης.

#### 6.3.1 Ορισμός του μοντέλου και των παραμέτρων του

Το μοντέλο για μια δεδομένη χώρα  $i$ , ορίζεται ως ακολούθως:

$$n_{i,t} = \left[ \left( \frac{n_{i,1}}{C_i S_i} \right) + B_i \left( \frac{N_{i,t-1}}{C_i S_i} \right) \right] [C_i S_i - N_{i,t-1}], t = 1, 2, \dots, k \quad (6-7)$$

Όπου  $n_{i,t}$  είναι ο αριθμός των χρηστών τη χρονική στιγμή  $t$ , και  $N_{i,t-1}$  είναι η αθροιστική διείσδυση μέχρι τη χρονική στιγμή  $t - 1$ . Από τον ορισμό του μοντέλου, ο χρόνος ξεκινά από την τιμή 1 ( $1^{0s}$  χρόνος υιοθέτησης στην κοινή για όλες τις χώρες αρχή των αξόνων). Η μεταβλητή  $S_i$  αναφέρεται στο μέγεθος του κοινωνικού συστήματος, το οποίο περιορίζεται κατά ένα ποσοστό  $C_i$ , ( $0 \leq C_i \leq 1$ ). Συνεπώς, ο όρος  $C_i S_i$ , εκφράζει το άνω όριο της υιοθέτησης και αντιστοιχεί στον κόρο της αγοράς  $S$  του μοντέλου Bass, όπως φαίνεται και στην εξίσωση (4-7).

Το σημείο τομής της καμπύλης διάχυσης ορίζεται ως  $A_{i,1}=n_{i,1}/C_i S_i$  και αντιστοιχεί στη παράμετρο «καινοτομίας» ή «εξωτερικής επίδρασης» των συμβατικών μοντέλων διάχυσης. Η παράμετρος  $A_{i,1}$ , θεωρείται σταθερή και αποτελεί τα πρώτο σημείο της καμπύλης διείσδυσης κάθε χώρας. Τέλος, η παράμετρος  $B_i$  ορίζεται ως ο ρυθμός αύξησης της διείσδυσης και αντιστοιχεί στη παράμετρο μιμητισμού (imitation). Αυτή είναι η μοναδική παράμετρος η οποία εκτιμάται με στατιστικές μεθόδους.

Το μοντέλο δίνει τη δυνατότητα διερεύνησης των παραγόντων που καθορίζουν τις τιμές των παραμέτρων  $A_i$  και  $B_i$ , και συνεπώς και τη καμπύλη της διάχυσης. Η ανάλυση γίνεται σε επίπεδο χωρών και προσφέρει πληροφορίες για τους παράγοντες που επιδρούν στη διείσδυση στο πρώτο έτος και στο ρυθμό αύξησης της διείσδυσης. Για την επίτευξη αυτών των εκτιμήσεων, οι παράμετροι  $A_i$  και  $B_i$  μετασχηματίζονται με τη βοήθεια του λογιστικού μοντέλου ως εξής:

$$\begin{aligned} A_{i,1} &= [1 + e^{d_1 X_i}]^{-1} \\ B_{i,t} &= [1 + e^{d_2 X_i}]^{-1} \end{aligned} \tag{6-8}$$

Στην (6-8), το  $X$  αντιστοιχεί στο διάνυσμα εξωγενών και ενδογενών παραγόντων που εξετάζονται ως προς την επίδρασή τους στη διάχυση, ενώ  $d_1$ ,  $d_2$  είναι τα διανύσματα των αντίστοιχων παραμέτρων των μεταβλητών  $X$  που εκφράζουν τη σημαντικότητα της επίδρασης των  $X$  για κάθε μια από τις παραμέτρους  $A_i$  και  $B_i$ .

Το μοντέλο παραμετροποιεί τέσσερα βασικά στοιχεία του μοντέλου Bass, δηλαδή, το μέγεθος του κοινωνικού συστήματος, το άνω όριο της διείσδυσης, (ή κόρο της αγοράς), το επίπεδο αποδοχής της καινοτομίας τον πρώτο χρόνο εμφάνισης και την ταχύτητα της διάχυσης.

**Μέγεθος του κοινωνικού συστήματος  $S_i$ .** Ως μέγεθος του κοινωνικού συστήματος θεωρείται ο πληθυσμός μιας χώρας, προσέγγιση που ακολουθείται σε πολλές έρευνες [135, 136]. Επίσης είναι λογική επιλογή και για την περίπτωση των χρηστών του ανοιχτού λογισμικού και ιδιαίτερα της SourceForge, καθώς αυτοί αποτελούν υποσύνολο του πληθυσμού της κάθε χώρας.

**Άνω όριο της διείσδυσης,  $C_i S_i$ .** Το μέγεθος του κοινωνικού συστήματος από μόνο του είναι πολλές φορές δύσκολο να αποτυπώσει το κοινωνικό δίκτυο μέσα στο οποίο διαχέεται μια καινοτομία, καθώς ένα συγκεκριμένο ποσοστό ατόμων μπορεί ποτέ να μην έχει την εγγενή χρησιμότητα (intrinsic utility) για την υιοθέτηση της καινοτομίας [64]. Σύμφωνα με το μοντέλο Dekimpe, θα πρέπει να οριστεί ένα άνω όριο της διείσδυσης, βάσει της κατά το δυνατό καλύτερης προσέγγισης της πραγματικότητας. Για παράδειγμα, το σύνολο του πληθυσμού από 0-5 ετών δε θα μπορούσαν να είναι εγγεγραμμένοι χρήστες στη SourceForge. Για το λόγο αυτό ορίζεται ως εγγενής χρησιμότητα  $C_i$ , το ποσοστό του πληθυσμού που είναι μεταξύ 15 και 65 ετών, θεωρώντας ότι στο ηλικιακό αυτό διάστημα ανήκουν οι συντριπτική πλειοψηφία των χρηστών.

**Ορισμός κοινού χρονικού σημείου εκκίνησης της διάχυσης.** Ως χρόνος εκκίνησης θεωρείται το έτος 1999, όπου ήταν και ο πρώτος χρόνος λειτουργίας της SourceForge.



Επίσης δεν είναι πολύ μακριά από την έναρξη της διάχυσης του ανοιχτού λογισμικού. Τα πρώτα λογισμικά ανοιχτού κώδικα Apache και Linux δημιουργήθηκαν το 1995.

**Επίπεδο αποδοχής της καινοτομίας το πρώτο χρόνο εμφάνισης.** Η παράμετρος  $A_{i,1}$ , η οποία όπως είδαμε στις προηγούμενες ενότητες υπολογίζεται απευθείας από τα δεδομένα και την εξίσωση (4-48), εφόσον βέβαια η καινοτομία έχει ένα χρόνο παρουσίας σε μια χώρα και έχουν προηγουμένως οριστεί οι μεταβλητές  $C_i$ ,  $S_i$ .

**Ταχύτητα της διάχυσης.** Αντιστοιχεί στη παράμετρο  $B_i$  και υπολογίζεται από την (6-7) με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

**Διάνυσμα παραμέτρων  $X$ .** Στην (6-8), το  $X$  αντιστοιχεί στο διάνυσμα εξωγενών και ενδογενών παραγόντων που εξετάζονται ως προς την επίδρασή τους στη διάχυση. Οι παράγοντες που εξετάζονται για την επίδρασή τους στη διάχυση προέρχονται από το μοντέλο του Σχήματος 6-4. Πιο συγκεκριμένα, θεωρείται το ίδιο θεωρητικό πλαίσιο και υποθέσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την διερεύνηση της διάχυσης του Apache, ενώ λήφθηκαν υπόψη και τα αποτελέσματα της οικονομετρικής ανάλυσης της ενότητας 6.2.7.

Δηλαδή, δε λαμβάνεται υπόψη η μεταβλητή  $B\_R$  η οποία βρέθηκε να μην έχει επίδραση στη διάχυση του Apache και η  $IQ$ , η οποία είναι ενδογενής και μπορεί να προκαλέσει μεροληψία στο αποτέλεσμα. Αντίθετα, λήφθηκαν υπόψη οι  $IPR$ ,  $regTradeBar$  και  $royalty$ , οι οποίες μετά την αφαίρεση της  $IQ$  με την οποία είχαν υψηλή συσχέτιση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο.

### 6.3.2 Εκτίμηση των παραμέτρων.

Τα δεδομένα για τη παράμετρο  $C_i$  αντλήθηκαν από τη βάση δεδομένων της Παγκόσμιας Τράπεζας, World Bank Indicators [310] και πιο συγκεκριμένα από τον δείκτη «ποσοστό % του συνολικού πληθυσμού για τις ηλικίες 15-64» (population ages 15-64, % of total). Για τη παράμετρο  $S_i$  τα δεδομένα αντλήθηκαν από τη βάση των Ηνωμένων Εθνών (United Nations) [311] και τους Δείκτες Παγκόσμιας Ανάπτυξης (World Development Indicators). Χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης «συνολικός πληθυσμός» (Total Population).

Με βάση τα δεδομένα αυτά υπολογίστηκε η τιμή της παραμέτρου  $A_{i,1}$  για κάθε χώρα  $i$ . Στον Πίνακα 6-11 παρουσιάζεται η φθίνουσα κατάταξη των 25 χωρών με βάση

- (i) τον αριθμό των εγγεγραμμένων χρηστών στη SourceForge ανά χώρα για το 2009,
- (ii) τον αριθμό των εγγεγραμμένων χρηστών προς το άνω όριο της διείσδυσης, ανά χώρα για το 2009,
- (iii) τις τιμές για το επίπεδο αποδοχής της καινοτομίας κατά το χρόνο εκκίνησης (παραμέτρος  $A_{i,1}$ )
- (iv) τη ταχύτητα της διάχυσης για κάθε χώρα. Οι τιμές της παραμέτρου  $B_i$  προέκυψαν με τη μέθοδο των μη γραμμικών ελαχίστων τετραγώνων που περιγράφεται στην ενότητα 4.4.2, αντικαθιστώντας τις τιμές των υπολοίπων παραμέτρων στην (6-7).

Πίνακας 6-11. Κατατάξεις χωρών ανάλογα με τη χρήση του ΕΛ/ΛΑΚ.

α/α	(i) 2009	(ii) Λαμβάνοντας υπόψη το άνω όριο $C_i S_i$ . (2009)	(iii) Κατά $A_{i,1}$ (1999)	(iv) Κατά $B_i$
1	ΗΠΑ	Ολλανδία	Νορβηγία	Ολλανδία
2	Γερμανία	Φιλανδία	Φιλανδία	Γαλλία
3	Ινδία	Νορβηγία	Αυστραλία	Ιταλία

4	Καναδάς	Αυστραλία	ΗΠΑ	Νορβηγία
5	Γαλλία	Καναδάς	Καναδάς	Ελλάδα
6	Κίνα	ΗΠΑ	Ολλανδία	Φιλανδία
7	Βραζιλία	Βέλγιο	Γερμανία	Κορέα (Δημ.)
8	Αυστραλία	Γερμανία	Βέλγιο	Γερμανία
9	Ιταλία	Γαλλία	Βρετανία	ΗΠΑ
10	Βρετανία	Ιταλία	Γαλλία	Βραζιλία
11	Ολλανδία	Ελλάδα	Ισπανία	Αυστραλία
12	Ρωσία	Βρετανία	Ιταλία	Καναδάς
13	Ισπανία	Ισπανία	Ρουμανία	Βρετανία
14	Ιαπωνία	Ρουμανία	Ελλάδα	Βέλγιο
15	Βέλγιο	Αργεντινή	Αργεντινή	Αργεντινή
16	Μεξικό	Βραζιλία	Ρωσία	Ρουμανία
17	Τουρκία	Κορέα (Δημ.)	Βραζιλία	Ν. Αφρική
18	Αργεντινή	Ρωσία	Μεξικό	Ρωσία
19	Ρουμανία	Τουρκία	Ιαπωνία	Τουρκία
20	Φιλανδία	Ν. Αφρική	Κίνα	Ισπανία
21	Κορέα (Δημ.)	Τυνησία	Ινδία	Τυνησία
22	Νορβηγία	Ιαπωνία	Ν. Αφρική	Ιαπωνία
23	Ν. Αφρική	Μεξικό	Κορέα (Δημ.)	Ινδία
24	Ελλάδα	Ινδία	Τυνησία	Μεξικό
25	Τυνησία	Κίνα	Τουρκία	Κίνα

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στον παραπάνω πίνακα, όταν στα επίπεδα χρήσης λαμβάνεται υπόψη ο συνολικός πληθυσμός μιας χώρας, η εικόνα της κατάταξης των χωρών αλλάζει σημαντικά. Βλέπουμε δηλαδή διαφορά μεταξύ των στηλών (i) και (ii) του πίνακα. Στη στήλη (ii) αποτυπώνεται η «σχετική» χρήση, δηλαδή η χρήση του ΕΛ/ΛΑΚ σε σχέση με τον πραγματικό πληθυσμό (ή άνω όριο της διείσδυσης), ενώ στη στήλη (i) αναγράφεται απλώς ο αριθμός των χρηστών. Είναι προφανές πως ο σωστότερος τρόπος για τη σύγκριση της διάχυσης μεταξύ των χωρών είναι να ληφθούν υπόψη και παράμετροι που αφορούν το συνολικό πληθυσμό και οι οποίες μεταβάλλονται από χώρα σε χώρα.

Η στήλη (ii) δείχνει τη κατάταξη των χωρών ως προς τη χρήση ΕΛ/ΛΑΚ έως το Δεκέμβριο του 2009 και έχοντας λάβει υπόψη και το συνολικό πληθυσμό της χώρας. Οι χώρες στη στήλη (iv), έχουν καταταχτεί ανάλογα με το ρυθμό ανάπτυξης που παρουσιάζουν στη χρήση ΕΛ/ΛΑΚ. Παρατηρούμε ότι κάποιες χώρες, όπως οι Γαλλία, Ιταλία και Ελλάδα παρουσιάζουν μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης, παρά χρήση (όπως αυτή αποτυπώνεται στη στήλη (ii)). Η στήλη (iii) παρουσιάζει τη κατάταξη των χωρών σύμφωνα με τη τιμή της παραμέτρου  $A_{i,1}$ . Καθώς η  $A_{i,1}$  εκφράζει τον «σχετικό αριθμό των χρηστών» ως προς το άνω όριο της διείσδυσης κατά την εκκίνηση της καινοτομίας, στις πρώτες θέσεις της κατάταξης βρίσκονται οι πιο «καινοτόμες» ως προς την υιοθέτηση του ΕΛ/ΛΑΚ χώρες.

Διαπιστώνεται επίσης ότι οι στήλες (iii) και (iv), δίνουν αποτελέσματα πολύ κοντά στη στήλη (ii). Για τη στήλη (iii), είναι απόλυτα αναμενόμενο, αφού από τον ορισμό της η παράμετρος  $A_{i,1}$  εκφράζει τον «σχετικό αριθμό των χρηστών» ως προς το άνω όριο της

διείσδυσης. Η ταχύτητα της διείσδυσης διαφοροποιεί ελαφρά τη κατάταξη των (ii) και (iii), χωρίς όμως μεγάλες εκπλήξεις.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η επίδραση των παραγόντων  $X$ , στην εκκίνηση της διάχυσης (παράμετρος  $A_{i,t}$ ) και στη ταχύτητα της διάχυσης (παράμετρος  $B_i$ ) με παλινδρόμηση των λογιστικών εξισώσεων (6-8). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-12.

**Πίνακας 6-12. Παράγοντες επίδρασης στην εκκίνηση και ταχύτητα της διάχυσης ΕΛ/ΛΑΚ**

	Εκκίνηση της διάχυσης ( $A_{i,t}$ ) $R^2 = 0.92$		Ταχύτητα της διάχυσης ( $B_i$ ) $R^2 = 0.87$	
Μεταβλητές	Συντελεστής	Τυπικό Σφάλμα	Συντελεστής	Τυπικό Σφάλμα
<i>phone</i>	0,23***	0,03	0,14**	0,059
<i>ICTexp</i>	0,09**	0,042	0,11**	0,038
<i>ICTtrade</i>	0,08**	0,029	0,21***	0,051
<i>HCI</i>	0,03*	0,016	0,08**	0,035
<i>educGNI</i>	0,07**	0,025	0,06**	0,023
<i>OECD</i>	-0,14***	0,034	-0,02	0,015
<i>royalty</i>	0,11**	0,043	0,09***	0,018
<i>regTradeBar</i>	0,02	0,025	0,01	0,012
<i>IPR</i>	0,12**	0,038	0,02*	0,011

**Σημείωση:** Επίπεδα σημαντικότητας: \* =  $p < 0,10$ , \*\* =  $p < 0,05$  και \*\*\* =  $p < 0,01$

### 6.3.3 Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 6-12, αν και οι ίδιοι παράγοντες έχουν επίδραση τόσο κατά την εκκίνηση, όσο και κατά τη πορεία της διάχυσης, οι παράγοντες παρουσιάζουν διαφορετική βαρύτητα ως προς την επίδρασή τους στα διαφορετικά στάδια της διάχυσης.

Χαρακτηριστική είναι επίσης η διαφορά που εντοπίζεται ανάμεσα στις αναπτυσσόμενες και τις ανεπτυγμένες χώρες κατά την εκκίνηση της τεχνολογίας. Όπως φαίνεται στην τιμή της μεταβλητής *OECD*, κατά την εκκίνηση της διάχυσης υπήρχε μεγάλη διαφορά ανάμεσα στις ανεπτυγμένες και τις αναπτυσσόμενες χώρες. Αντίθετα, η κατηγοριοποίηση σε ανεπτυγμένες/αναπτυσσόμενες χώρες δε φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο ως προς την ταχύτητα της διάχυσης. Δηλαδή, μπορεί κάποιες αναπτυσσόμενες χώρες να έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα διάχυσης από κάποιες ανεπτυγμένες. Επίσης, δε βρέθηκε επίδραση του ρυθμιστικού πλαισίου για τις συναλλαγές και το εμπόριο σε κανένα από τα δύο στάδια της διάχυσης.

Αντίθετα, οι παράγοντες που σταθερά παίζουν σημαντικό ρόλο στη διάχυση είναι οι παράγοντες των τεχνολογικών υποδομών (τηλεφωνικές γραμμές και δαπάνες ΤΠΕ) και οι πληρωμές/εισπράξεις αδειών χρήσης (*royalty*). Η τελευταία μεταβλητή μπορεί να θεωρηθεί και ως δείκτης καινοτομίας μιας χώρας, καθώς αποτυπώνει την ποσότητα των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, πνευματικών δικαιωμάτων, εμπορικών σημάτων, κ.λπ., τα οποία μπορεί να θεωρηθούν ως ένδειξη των καινοτομιών που παράγονται σε μια χώρα. Συνεπώς, μπορεί να θεωρηθεί ότι οι χώρες που παρουσιάζουν μεγαλύτερο δείκτη καινοτομίας, είναι περισσότερο πιθανό να έχουν γρήγορη εξέλιξη στη διάχυση μιας καινοτομίας, όπως το ΕΛ/ΛΑΚ.

Κατά την εκκίνηση της διάχυσης του ΕΛ/ΛΑΚ οι παράγοντες με μεγαλύτερη βαρύτητα είναι η εκπαίδευση (δαπάνες) και η προστασία πνευματικών δικαιωμάτων. Οι δύο μεταβλητές παίζουν ρόλο και κατά τη πορεία της διάχυσης, αλλά με μικρότερη βαρύτητα απ' ό τι στην εκκίνηση. Συνεπώς, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι το ΕΛ/ΛΑΚ (το οποίο δεν προϋποθέτει αυστηρή προστασία δικαιωμάτων) βρήκε μεγαλύτερη απήχηση στις χώρες με μεγαλύτερη προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων. Στην ταχύτητα της διάχυσης, ο ρόλος της προστασίας δικαιωμάτων παραμένει σε μικρότερα επίπεδα.

Στην ταχύτητα της διάχυσης σημαντικότερο ρόλο παίζουν οι διεθνείς συναλλαγές ΤΠΕ (*ICTtrade*) και η ποιότητα του ανθρώπινου κεφαλαίου (*HCI*). Οι δύο μεταβλητές επιδρούν θετικά και κατά την εκκίνηση της τεχνολογίας ΕΛ/ΛΑΚ, αλλά με μικρότερη βαρύτητα. Όσον αφορά στις διεθνείς συναλλαγές, φαίνεται ότι η διάδοση ιδεών και τεχνογνωσίας μέσω των καναλιών του διεθνούς εμπορίου μπορεί να αποτελέσει καταλυτικό παράγοντα για την επιτάχυνση της διαδικασίας της διάδοσης τεχνολογικών καινοτομιών όπως το ΕΛ/ΛΑΚ. Επίσης, αν η εκπαίδευση και το μορφωτικό επίπεδο παίζουν ρόλο στην αρχική υιοθέτηση του ΕΛ/ΛΑΚ, η ποιότητα του ανθρώπινου κεφαλαίου παίζει σημαντικότερο ρόλο στην αποδοχή και αφομοίωση της τεχνολογίας, γ' αυτό και επιδρά περισσότερο στη ταχύτητα της διάδοσης.

#### **6.4 Συμπεράσματα για τη διάχυση ΕΛ/ΛΑΚ**

Λαμβάνοντας υπόψη τη παγκόσμια διάσταση του ανοιχτού λογισμικού, το παρόν Κεφάλαιο έχει ως στόχο να εμπλουτίσει την υπάρχουσα γνώση και να ρίξει φως στο φαινόμενο ΕΛ/ΛΑΚ και στην παγκόσμια διάδοσή του. Για το σκοπό αυτό, προτείνει ένα θεωρητικό πλαίσιο μέσα από το οποίο παρέχεται καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας διάχυσης και των παραγόντων που την προσδιορίζουν.

Κάθε χώρα θεωρείται ως ένα κοινωνικο-πολιτικό σύστημα με διαφορετικές κοινωνικές, πολιτικές, πολιτισμικές κουλτούρες και οικονομικές συνθήκες μέσα στις οποίες συμβαίνει η διάχυση του ανοιχτού λογισμικού. Το προτεινόμενο θεωρητικό πλαίσιο που αποτελείται από τις θεωρίες εξωγενούς και ενδογενούς ανάπτυξης και τη θεωρία θεσμών μπορεί να περικλείει πολλές από αυτές τις διαφορετικές συνθήκες.

Το πλαίσιο αυτό εφαρμόζεται αφενός για την περίπτωση ενός από τα πιο ευρέως διαδεδομένα λογισμικά ανοιχτού κώδικα, του Apache web server (ενότητα 6.2) και αφετέρου για την αποτίμηση της διείσδυσης των χρηστών ανοιχτού λογισμικού σε επίπεδο χωρών (ενότητα 6.3).

Η μελέτη του Apache web server αποτελεί μια περιπτώσιολογική μελέτη, με μεθοδολογία που αποτελείται από δύο διακριτά βήματα, κάθε ένα εκ των οποίων συμβάλλει στην κατανόηση του μηχανισμού διάχυσης. Το πρώτο βήμα περιλαμβάνει τη διαδικασία της εκτίμησης και πρόβλεψης της παγκόσμιας διάδοσης και το δυναμικό της αγοράς του Apache web server. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται το δυναμικό μοντέλο των Mahajan και Peterson [93, 94], όπου θεωρεί το δυναμικό της αγοράς ως συνάρτηση του χρόνου. Το μοντέλο αυτό αποδείχθηκε αποτελεσματικότερο στη πρόβλεψη της διάχυσης του Apache, σε σχέση με τα κλασσικά μοντέλα διάχυσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα κλασσικά μοντέλα διάχυσης θεωρούν το δυναμικό της αγοράς ως σταθερό στη πορεία του χρόνου και συνεπώς δε μπορούν να αποτυπώσουν με μαθηματικό τρόπο τις μεταβαλλόμενες επιδράσεις των αγορών και την ταχεία διάδοση που αλλάζει τα χαρακτηριστικά του μεγέθους της αγοράς.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η διείσδυση του Διαδικτύου έχει θετικό αντίκτυπο στο δυναμικό της αγοράς και ότι η ανάπτυξη του Apache δεν έχει φτάσει ακόμη το μέγιστο ποσοστό της (σημείο καμπής). Το τελευταίο σημαίνει ότι η καμπύλη διάχυσης και το δυναμικό της αγοράς εξακολουθεί να αυξάνεται για τα επόμενα πέντε τουλάχιστον

χρόνια. Η ταχύτητα στο ρυθμό διάχυσης και οι διαρκώς μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς δεν επιτρέπουν ασφαλείς μακροπρόθεσμες προβλέψεις (άνω των πέντε ετών).

Στο δεύτερο βήμα, εξετάζονται οι κοινωνικο-οικονομικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη δυναμική της αγοράς Apache, χρησιμοποιώντας την εκτίμηση του δυναμικού μοντέλου, καθώς και το προτεινόμενο θεωρητικό πλαίσιο. Τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι η διάχυση του Apache εξαρτάται από ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες σε μια χώρα, όπως η τεχνολογική υποδομή, το επίπεδο των δεξιοτήτων και της εκπαίδευσης και το εμπόριο ΤΠΕ. Ένα άλλο σημαντικό αποτέλεσμα είναι η επίδραση της ποιότητας των θεσμών, δηλαδή τα θεσμικά όργανα, οι κανόνες και νόμοι μιας οργανωμένης κοινωνίας. Όπως προκύπτει από το μοντέλο, η ποιότητα των θεσμών επηρεάζει θετικά την ανάπτυξη της τεχνολογίας Apache. Αντίθετα, η ρύθμιση που προωθεί τον ανταγωνισμό δεν φαίνεται να έχει κάποια επίδραση.

Τέλος, εξετάστηκε η συμπεριφορά της διάχυσης Apache σε αναπτυσσόμενες και αναπτυσσόμενες χώρες, όπου βρέθηκε σημαντικό προβάδισμά του στις αναπτυσσόμενες χώρες. Το αποτέλεσμα είναι σύμφωνο με άλλες τεχνολογικές καινοτομίες και το πρόβλημα του ψηφιακού χάσματος.

Η δεύτερη έρευνα, χρησιμοποιεί τα ευρήματα που προέκυψαν από τη μελέτη περίπτωσης του Apache και έχει ως στόχο τη μελέτη των παραγόντων που επιδρούν σε διαφορετικά στάδια της διάχυσης του ΕΛ/ΛΑΚ σε παγκόσμιο επίπεδο. Χρησιμοποιείται το ίδιο θεωρητικό πλαίσιο και ελέγχονται οι παράγοντες που βρέθηκαν να έχουν κάποια επίδραση στη διάχυση του Apache. Το ερευνητικό ενδιαφέρον της δεύτερης έρευνας είναι αφενός ότι μελετάται πάνω στη διείσδυση των χρηστών του ΕΛ/ΛΑΚ (καθώς δεν αποτελεί μελέτη περίπτωσης) και αφετέρου ότι δίνει τη δυνατότητα να βρεθούν οι παράγοντες που επιδρούν σε διαφορετικά στάδια της διάχυσης κάθε χώρας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται το μοντέλο διάχυσης Dekimpe [135], που παραμετροποιεί το μοντέλο Bass χρησιμοποιώντας δύο λογιστικά μοντέλα, έτσι ώστε να δίνεται η δυνατότητα να εξεταστούν οικονομετρικά ο ρυθμός της διάχυσης, αλλά και οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάχυση στο πρώτο χρόνο εμφάνισης του προϊόντος.

Σε γενικές γραμμές τα αποτελέσματα των δύο μελετών συμφωνούν ως προς τους παράγοντες της επίδρασης. Αυτοί είναι η τεχνολογική υποδομή, το επίπεδο παρεχόμενης εκπαίδευσης και ανθρώπινου κεφαλαίου και το διεθνές εμπόριο και συναλλαγές ΤΠΕ. Επίσης εξετάστηκαν οι παράγοντες της καινοτομίας μιας χώρας (*royalty*), του ρυθμιστικού πλαισίου των συναλλαγών ΤΠΕ (*regTradeBar*) και της προστασίας των πνευματικών δικαιωμάτων (*IPR*), που είχαν εξεταστεί στη μελέτη του Apache μόνο ως έμμεση επίδραση. Η καινοτομικότητα μιας χώρας είχε σημαντική επίδραση και στα δύο στάδια της διάχυσης, ενώ η αυστηρή προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων ασκεί περισσότερο θετική επίδραση κατά το χρόνο εκκίνησης της τεχνολογίας ΕΛ/ΛΑΚ. Το ρυθμιστικό πλαίσιο των συναλλαγών ΤΠΕ δε βρέθηκε να ασκεί καμιά επίδραση.

Σημαντικό εύρημα είναι επίσης η διαφορετική βαρύτητα κάθε παράγοντα ανάλογα με το στάδιο της διάχυσης, όπως αυτά αναφέρονται αναλυτικά στην προηγούμενη ενότητα. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι η διαφορά στη συμπεριφορά των αναπτυσσόμενων και αναπτυσσόμενων χωρών υπάρχει μόνο κατά την εκκίνηση της τεχνολογίας, ενώ αντίθετα δε φαίνεται να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς την ταχύτητα της διάδοσης.

Τα αποτελέσματα της έρευνας μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμα βοηθητικά εργαλεία τόσο στην έρευνα όσο και στη πράξη. Στην έρευνα συμβάλλουν με την παροχή νέων κατευθύνσεων προς την ανάπτυξη ενός θεωρητικού πλαισίου για την ερμηνεία της διάχυσης της τεχνολογίας ΕΛ/ΛΑΚ. Αυτό, με τη σειρά του, θα βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση της πορείας της διάχυσης της αγοράς λογισμικού. Για τους υπεύθυνους



## 7. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟ

Η αγορά λογισμικού χαρακτηρίζεται από μια τάση υψηλής συγκέντρωσης. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι το λογισμικό έχει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες για μια μονοπωλιακή συμπεριφορά [317]. Οι επιδράσεις των δικτυακών εξωτερικοτήτων (network externalities) και του «εγκλωβισμού» (lock-in effects) τόσο στη πλευρά της ζήτησης όσο και στην πλευρά της προσφοράς, σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος μετάβασης σε άλλο λογισμικό ή σύστημα, δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες για μονοπώλια. Οι επιχειρήσεις ανταγωνίζονται μεταξύ τους για τις τιμές, την ποιότητα και την καινοτομία. Σε μερικές περιπτώσεις ανταγωνίζονται μεταξύ τους ακόμη και για το μονοπώλιο.

Η είσοδος του ανοικτού λογισμικού στην αγορά κατά την τελευταία δεκαετία, θεωρείται ότι είναι σε θέση να αντισταθμίσει αυτό το πρόβλημα με την αλλαγή των κανόνων του ανταγωνισμού [6]. Το καινοτόμο μοντέλο ανάπτυξης του ΕΛ/ΛΑΚ επέτρεψε τη μείωση του υψηλού σταθερού κόστους ανάπτυξης του ιδιόκτητου λογισμικού. Ως αποτέλεσμα, πολλές επιχειρήσεις ανασύνταξαν τη στρατηγική τους προς τη κατεύθυνση του ανοικτού λογισμικού είτε προσαρμόζοντας τα επιχειρηματικά τους μοντέλα, είτε εφαρμόζοντας νέα επιχειρηματικά μοντέλα ανοικτού λογισμικού [4]. Οι νέες εισοδοί στη αγορά κατάφεραν να κερδίσουν σημαντικά μερίδια αγοράς από τα καθιερωμένα προϊόντα λογισμικού, υποδεικνύοντας ότι το ΕΛ/ΛΑΚ μπορεί να είναι η λύση για την τάση του λογισμικού για μονοπωλιακές αγορές.

Ως εκ τούτου, η μελέτη της εξέλιξης και της δομής της αγοράς λογισμικού, εξαιτίας της ύπαρξης του ΕΛ/ΛΑΚ θεωρείται υψηλού ενδιαφέροντος, τόσο για την έρευνα όσο και για την πράξη. Η συνεισφορά της παρούσας διατριβής στον τομέα αυτό της έρευνας, υλοποιείται μέσα από τρεις μελέτες.

Η πρώτη μελέτη αναλύει τα δεδομένα της αγοράς λογισμικού και κάνει μια πρώτη εκτίμηση της *επίδρασης του ανοικτού λογισμικού στον ανταγωνισμό* της.

Η δεύτερη μελέτη ερευνά τα επιχειρηματικά μοντέλα ανοικτού λογισμικού που έχουν δημιουργηθεί στην αγορά μέσα από μελέτες περίπτωσης. Στόχος της έρευνας είναι η δημιουργία ενός ολιστικού εννοιολογικού πλαισίου αναφοράς των επιχειρηματικών μοντέλων ανοικτού λογισμικού, που περιλαμβάνει την ταξινόμηση των διαφορετικών επιχειρηματικών μοντέλων, αλλά και ένα γενικευμένο οντολογικό επιχειρηματικό μοντέλο ανοικτού λογισμικού.

Ακολουθώντας τα αποτελέσματα των προηγούμενων μελετών, η τρίτη μελέτη υλοποιεί μια σε βάθος ανάλυση της αγοράς των ΛΣ και της περίπτωσης του Linux. Στόχος αυτής της έρευνας είναι η αποτίμηση της επίδρασης του ανοικτού λογισμικού στον ανταγωνισμό της αγοράς που χαρακτηρίζεται από μονοπωλιακή συμπεριφορά, όπως είναι η περίπτωση των ΛΣ.

### 7.1 Οικονομικά χαρακτηριστικά της αγοράς λογισμικού

Αρχικά, πραγματοποιείται ανάλυση της αγοράς λογισμικού. Αντλώντας στοιχεία από τη σχετική βιβλιογραφία [313-315] αποκαλύπτονται ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της αγοράς, που καθορίζουν τον ανταγωνισμό και τη δυναμική της. Τα πιο σημαντικά από τα οποία είναι:

- *Υψηλό κόστος ανάπτυξης και χαμηλό κόστος παραγωγής*: οι περισσότερες ανθρωποώρες αναλώνονται κατά την ανάπτυξη, έλεγχο και αποσφαλμάτωση του κώδικα. Αντίθετα, η αναπαραγωγή του τελικού προϊόντος σε ψηφιακά μέσα έχει οριακό κόστος.

- *Οικονομίες εύρους στην παραγωγή (economies of scope)*: τμήματα κώδικα που έχουν ελεγχθεί και κριθεί κατάλληλα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλα προϊόντα.
- *Θετικές δικτυακές εξωτερικότητες τόσο από πλευράς ζήτησης (demand), όσο και από πλευράς προσφοράς (supply)*: η χρησιμότητα του λογισμικού αυξάνεται καθώς ο αριθμός των χρηστών του αυξάνεται (πλευρά της ζήτησης). Επίσης αυξάνεται ανάλογα με τον αριθμό των προμηθευτών λογισμικού που το χρησιμοποιούν για τη δημιουργία νέων προϊόντων (π.χ. εφαρμογές ή συμπληρωματικά προϊόντα – από τη πλευρά της προσφοράς).
- *Επιδράσεις εγκλωβισμού (Lock-in effects)*: Πολλοί χρήστες «εγκλωβίζονται» σε κάποιο προϊόν λογισμικού και δεν επιθυμούν να δοκιμάσουν ή μεταβούν σε κάποιο άλλο, είτε γιατί δεν έχουν μεγάλες τεχνολογικές δεξιότητες και δεν θέλουν να χάσουν χρόνο στην εκμάθηση χρήσης νέου προϊόντος, είτε είναι εταιρείες που επίσης φοβούνται το κόστος μετάβασης σε άλλο λογισμικό που θα προκύψει από την αναγκαία εκπαίδευση και τεχνική υποστήριξη που θα χρειαστεί. Έτσι σε πολλές περιπτώσεις οι χρήστες εγκλωβίζονται σε κατώτερης ποιότητας λογισμικά.
- *Η σπουδαιότητα των αδειών χρήσης και πατεντών*: Χρησιμοποιούνται ευρέως από τις εταιρείες λογισμικού στα μοντέλα εσόδων τους.
- *Η σπουδαιότητα των προτύπων (standards)*: το λογισμικό που δεν είναι συμβατό με τις επικρατούσες τεχνολογίες δε χρησιμοποιείται και συνεπώς εξωθείται από την αγορά.

Τα οικονομικά αυτά χαρακτηριστικά δημιουργούν τη δυναμική του ανταγωνισμού στην αγορά λογισμικού.

Οι δικτυακές εξωτερικότητες και οι lock-in επιδράσεις δημιουργούν ιδανικές συνθήκες για μια μονοπωλιακή δομή της αγοράς. Το γεγονός αυτό εντείνεται από το υψηλό κόστος για την ανάπτυξη λογισμικού, που αποθαρρύνει νέες εισόδους στην αγορά. Επίσης, τα χαρακτηριστικά αυτά δημιουργούν μεγάλο συγκριτικό πλεονέκτημα στις επιχειρήσεις που πρώτοι εισέρχονται σε έναν τομέα της αγοράς και δημιουργούν την απαραίτητη κρίσιμα μάζα χρηστών. Για το λόγο αυτό ο ανταγωνισμός των εταιρειών αφορά περισσότερο στην ίδια την αγορά (το δίκτυο των χρηστών), παρά *ανάμεσα* στα προϊόντα της αγοράς (ποιότητα). Από την άλλη πλευρά οι τεχνολογικές εξελίξεις και καινοτομίες δημιουργούν ευκαιρίες για νέες εισόδους στην αγορά που θα απειλήσουν τα μονοπώλια και ολιγοπώλια των καθιερωμένων προϊόντων. Βέβαια, το μέγεθος της δυσκολίας που αντιμετωπίζει ένα νεοεισερχόμενο προϊόν, ποικίλει ανάλογα με την ένταση των δικτυακών εξωτερικοτήτων και των επιδράσεων εγκλωβισμού που επικρατούν στο συγκεκριμένο τομέα της αγοράς.

Τέλος, τα πρότυπα (standards) αποτελούν σημαντικό παράγοντα για τη διάχυση ενός προϊόντος και για το λόγο αυτό αποτελούν αντικείμενο ανταγωνισμού ανάμεσα στις εταιρείες. Σύμφωνα με τον Bessen [316] υπάρχουν τρεις κατηγορίες ανταγωνισμού στα πρότυπα:

- «ο πόλεμος των προτύπων» (*standards war*), όπου οι εταιρείες ανταγωνίζονται στο να καθορίσουν το πρότυπο,
- «διαπραγμάτευση προτύπων» (*standards negotiation*), όπου δύο ή περισσότερες εταιρείες θέλουν ένα πρότυπο, αλλά διαφωνούν ως προς το ποιο θα είναι αυτό,
- «πρότυπο-ηγέτης» (*standards leader*), όπου μια εταιρεία κατέχει το καθιερωμένο πρότυπο και οι υπόλοιπες εταιρείες θέλουν να αποκτήσουν διαλειτουργικότητα



με αυτό το πρότυπο.

### 7.1.1 Επίδραση του ανοιχτού λογισμικού στα οικονομικά χαρακτηριστικά της αγοράς

Αναλύοντας τα χαρακτηριστικά του ανοιχτού λογισμικού, αναδύονται σημαντικές συσχετίσεις ή αντιθέσεις με τα οικονομικά χαρακτηριστικά του λογισμικού και της αγοράς, οι οποίες με τη σειρά τους μπορεί να έχουν σημαντικές επιδράσεις στην αγορά λογισμικού και τον ανταγωνισμό. Για το λόγο αυτό, παραθέτονται και πάλι τα βασικά χαρακτηριστικά της αγοράς, αλλά μέσα από το πρίσμα των οικονομικών του ΕΛ/ΛΑΚ.:

- *Υψηλό κόστος ανάπτυξης και οικονομίες εύρους στην παραγωγή:* Το ΕΛ/ΛΑΚ χαρακτηρίζεται από την χρήση σπονδυλωτής δομής στον κώδικα (modularity), το οποίο με τη σειρά του επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση κώδικα στο ίδιο ή σε διαφορετικά προϊόντα, προσφέροντας *οικονομίες εύρους*. Επίσης, η κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ συμβάλλει στην ανάπτυξη και αποσφαλμάτωση κώδικα, παρέχοντας σημαντικούς πόρους τόσο σε ανθρώπινο κεφάλαιο, όσο και σε κώδικα. Έτσι μπορούν να εξοικονομηθούν χρήματα για περισσότερη καινοτομία ή εξέλιξη και διαφοροποίηση του προϊόντος από άλλα ανταγωνιστικά.
- *Οι δικτυακές εξωτερικότητες και οι επιδράσεις εγκλωβισμού:* Ένα προϊόν ΕΛ/ΛΑΚ αντιμετωπίζει λιγότερες δυσκολίες εισόδου στην αγορά, καθώς προσφέρεται δωρεάν ή σε πολύ χαμηλή τιμή και οποιοσδήποτε μπορεί να το δοκιμάσει. Το ΕΛ/ΛΑΚ θα αντικαταστήσει στην προτίμηση των χρηστών το ανταγωνιστικό ιδιόκτητο λογισμικό, μόνο εφόσον κριθεί ότι το κόστος μετάβασης σε χρόνο και προσπάθεια είναι μικρότερο από το κόστος αγοράς του ιδιόκτητου λογισμικού. Επίσης, το λογισμικό χρησιμοποιείται και ελέγχεται μέσα στο δίκτυο χρηστών της κοινότητας, η οποία μπορεί να αποτελέσει τη κρίσιμη μάζα για τη διάχυση του λογισμικού.
- *Ανταγωνισμός για το συγκριτικό πλεονέκτημα της γρήγορης εισόδου:* Το ανοιχτό λογισμικό και το καινοτόμο μοντέλο ανάπτυξής του, δίνει τη δυνατότητα πολλών και συχνών αναβαθμισμένων εκδόσεων του προϊόντος [317] σε χρονικά διαστήματα που τα αντίστοιχα ιδιόκτητα λογισμικά δε μπορούν να παρακολουθήσουν. Συνεπώς, υπερέχει σε καινοτομία και μπορεί να αποδώσει σημαντικό συγκριτικό πλεονέκτημα για καινοτομίες ή και εισόδους σε νέους τομείς της αγοράς.
- *Η σπουδαιότητα των αδειών χρήσης και πατεντών:* Το ανοιχτό λογισμικό από τον ορισμό του δεν αποκλείει κανέναν στη χρήση του και έχει τα χαρακτηριστικά ενός δημόσιου αγαθού. Οι άδειες χρήσης ΕΛ/ΛΑΚ είναι εξίσου σημαντικές για το ανοιχτό λογισμικό, όπως και για το ιδιόκτητο, με εντελώς διαφορετική όμως έννοια. Στο ΕΛ/ΛΑΚ οι άδειες χρήσης συνήθως προστατεύουν το λογισμικό από το να μετατραπεί σε ιδιόκτητο (περισσότερες πληροφορίες για τις άδειες χρήσης αναφέρονται στην ενότητα 2.3).
- *Η σπουδαιότητα των προτύπων (standards):* Το ίδρυμα ανοιχτού λογισμικού (OSI) υποστηρίζει ενεργά τα ανοιχτά πρότυπα [318]. Σε πολλές περιπτώσεις έχουν αναπτυχθεί προσαρμογές που επιτρέπουν τη διαλειτουργικότητα και συμβατότητα του ΕΛ/ΛΑΚ με άλλα προϊόντα λογισμικού (Για παράδειγμα τα Mozilla Firefox και OpenOffice μπορούν να λειτουργήσουν στα Windows). Για το λόγο αυτό το ΕΛ/ΛΑΚ χαρακτηρίζεται από διαλειτουργικότητα (interoperability) και φορητότητα (portability). Το γεγονός αυτό επιτρέπει τόσο στους χρήστες όσο και στους κατασκευαστές εφαρμογών να αποφύγουν εξαρτήσεις και εγκλωβισμό σε συγκεκριμένους προμηθευτές λογισμικού.

## 7.2 Επιδράσεις του ανοιχτού λογισμικού στην αγορά

Η ανάλυση των εξελίξεων και ανακατατάξεων στην αγορά λογισμικού δίνει μερικά ενδιαφέροντα αποτελέσματα που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη προκειμένου να δοθεί απάντηση στο ερώτημα σχετικά με το αντίκτυπο του ΕΛ/ΛΑΚ στον ανταγωνισμό. Τα αποτελέσματα αυτά παραθέτονται στις ακόλουθες παραγράφους:

*Παρουσία ενός μεγάλου αριθμού επιτυχημένων Επιχειρηματικών Μοντέλων ΕΛ/ΛΑΚ (EM ΕΛ/ΛΑΚ):*

Πολλές επιχειρήσεις έχουν προσθέσει το ανοιχτό λογισμικό στις αλυσίδες παραγωγής του προϊόντος τους. Ήδη ένας μεγάλος αριθμός ερευνητών έχει μελετήσει τα διαφορετικά επιχειρηματικά μοντέλα [30, 284, 315, 317, 319-326]. Τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να είναι είτε υφιστάμενες επιχειρήσεις που άλλαξαν τη στρατηγική τους, ή τα επιχειρηματικά τους μοντέλα (π.χ. Novell, IBM), ή νέες που έχουν χτίσει τα επιχειρηματικά τους μοντέλα γύρω από το οικοσύστημα ΕΛ/ΛΑΚ.

Τα νέα EM ΕΛ/ΛΑΚ παρουσιάζουν αξιοσημείωτα κέρδη. Γνωστά παραδείγματα είναι η Google, RedHat, Novell, Sun, IBM, EyeOS, και πλήθος άλλες. Τα EM δραστηριοποιούνται σε όλους σχεδόν τους τομείς της αγοράς. Για παράδειγμα διανομές Linux (πχ. Red Hat, Canonical), ΠΣ επιχειρήσεων (enterprise information systems), όπως τα Alfresco, SugarCRM, JBoss, υπηρεσίες διαδικτύου (π.χ. Google, Yahoo), βάσεις δεδομένων (MySQL), cloud computing (EyeOS), κ.α.

*Οι μεγαλύτερες εταιρείες της βιομηχανίας λογισμικού αναπτύσσουν τις στρατηγικές τους προς το ΕΛ/ΛΑΚ:*

Εταιρείες, όπως η IBM, SUN, Hewlett Packard (HP), SAP, Apple, κλπ. ανταγωνίζονται στην υποστήριξη του ΕΛ/ΛΑΚ. Για παράδειγμα, η IBM εντάχθηκε στην κοινότητα Apache συμβάλλοντας στην υποστήριξη υλοποίησης ανοικτού κώδικα αναφοράς των νέων τεχνολογιών του Παγκοσμίου Ιστού, όπως τον Apache HTTP server, XML εργαλεία, κλπ. Η IBM σε αντάλλαγμα, χρησιμοποιεί τον Apache HTTP server ως βασικό συστατικό στοιχείο του επιτυχημένου προϊόντος WebSphere. Η IBM διαθέτει επίσης μια εξαιρετική σχέση με την κοινότητα Apache [292].

Επίσης, η HP έχει κάνει μια σημαντική επένδυση με περισσότερους από 2.500 προγραμματιστές του να απασχολούνται στο Linux και σε προγράμματα ανοιχτού κώδικα. Άλλες δράσεις περιλαμβάνουν κέντρα εκπαίδευσης των πελατών σε όλο τον κόσμο, προγράμματα οδήγησης εκτυπωτών, εργαλεία, βιβλιοθήκες πακέτα λογισμικού, κλπ. Σύμφωνα με τις τελευταίες εκτιμήσεις η HP έχει πουλήσει περισσότερους από 2 εκατομμύρια Linux servers που αντιστοιχούν σε 9 δισεκατομμύρια δολάρια εσόδων. Το σύνολο του ανοιχτού λογισμικού που προσφέρεται από την HP περιλαμβάνεται στο HP Ολοκληρωμένο Χαρτοφυλάκιο Ανοιχτού Λογισμικού (HP Open Source Integrated Portfolio) και περιέχει ενδιάμεσο λογισμικό (middleware), υπηρεσίες, λειτουργικά συστήματα και πλατφόρμες που μπορούν να σχεδιαστούν έτσι ώστε να ικανοποιούν διαφορετικές ανάγκες των πελατών τους, ανάλογα με το είδος της επιχείρησής τους [327].

*Στρατηγικές συμμαχίες των επιχειρήσεων της βιομηχανίας λογισμικού για τυποποίηση και συμβατότητα μεταξύ των συστημάτων (ειδικά με τις τεχνολογίες ΕΛ/ΛΑΚ):*

Οι επιχειρήσεις στο χώρο της αγοράς λογισμικού ανταγωνίζονται στην επίτευξη συνεργασιών που θα εξασφαλίζουν τη συμβατότητα των μελλοντικών εφαρμογών λογισμικού στο λογισμικό που παράγουν. Αντίστροφα, οι κατασκευαστές λογισμικού εφαρμογών αναζητούν συμμαχίες με τις κυριότερες επιχειρήσεις που παράγουν λογισμικό υποδομής. Οι εταιρικές σχέσεις στηρίζονται στην βάση για κοινά πρότυπα.

Η Microsoft, για παράδειγμα, τον Οκτώβριο του 2006, συνεργάστηκε επίσημα με τη

Zend για τη βελτίωση των επιδόσεων της PHP στην πλατφόρμα των Windows, στηριζόμενοι σε ανοιχτά πρότυπα. Στο Microsoft Open Source Lab (OSSL), οι προγραμματιστές συνεχίζουν να αναπτύσσουν εφαρμογές της PHP με βάση εφαρμογές ανοιχτού κώδικα για Windows και παρέχουν τον πηγαίο κώδικα πίσω στην κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ [328].

Επίσης, το 2006 η Microsoft και η Novell ανακοίνωσαν μια «συνεργασία διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας» (patent cooperation), που εξαιρούσε τους Linux πελάτες της Novell από αγωγές ευρεσιτεχνίας από τη Microsoft ενάντια στο Linux. Η συμφωνία ήταν προσεκτικά διατυπωμένη για την αποφυγή σύγκρουσης με την GPL2. Η Microsoft θα πλήρωνε στη Novell 240 εκατομμύρια δολάρια για εκπωπικά κουπόνια για τους πελάτες που θα μετέβαιναν σε Novell SuSE Linux αντί για άλλες διανομές Linux. Η συμμαχία Microsoft και Novell έχει σχεδιαστεί για τη βελτίωση της διαλειτουργικότητας των Windows με το SuSE Linux, αλλά επίσης έχει ως στόχο να επιβραδύνει τη διάχυση της Red Hat. Από την άλλη πλευρά, η Red Hat συμμαχισε με την Sun Microsystems για να προωθήσει την υιοθέτηση του ανοικτού πηγαίου κώδικα Java και να επιβραδύνει τη διάχυση της πλατφόρμας «.NET» της Microsoft.

*Η Microsoft στρέφει τη στρατηγική της προς το ΕΛ/ΛΑΚ:*

Η προσπάθεια της *Microsoft* για συνεργασία με εταιρίες ΕΛ/ΛΑΚ, αποδεικνύει ότι η *Microsoft* δεν ενεργεί πλέον ως μονοπώλιο, αλλά νιώθει την απειλή των ανταγωνιστικών προϊόντων ΕΛ/ΛΑΚ. Επιπλέον, παρόλο που η *Microsoft* αποτελούσε τον κυριότερο αντίπαλο του ΕΛ/ΛΑΚ, διακηρύσσοντας τα μειονεκτήματά του, αλλάζει πολιτική και αναλαμβάνει πρωτοβουλίες προς το ΕΛ/ΛΑΚ., όπως την έναρξη της κοινότητας ΕΛ/ΛΑΚ(Port25), τη δημιουργία των εγκεκριμένων από το OSI αδειών ΕΛ/ΛΑΚ (Microsoft Public License MPL-και Microsoft αμοιβαία Άδεια ΑΟΚ), κλπ.

*Ο ανταγωνισμός μεταξύ των προϊόντων ΕΛ/ΛΑΚ:*

Τα προϊόντα ΕΛ/ΛΑΚ ανταγωνίζονται μεταξύ τους σκληρά για προγραμματιστές και μέλη της κοινότητας, διανομές και βέβαια πελάτες. Υπάρχουν δύο επίπεδα του ανταγωνισμού: ως προς το είδος του προϊόντος και ως προς τη διανομή (π.χ. οι διανομείς του Linux είναι σε επιθετικό ανταγωνισμό μεταξύ τους).

Ο ανταγωνισμός μεταξύ των διανομών Linux παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Το 2002, οι διανομείς Linux ίδρυσαν την κοινοπραξία «United Linux» σε μια προσπάθεια να δημιουργηθεί μια κοινή βάση κώδικα και ένας αποτελεσματικός ανταγωνιστής για την Red Hat, η οποία είχε αποκτήσει δεσπίζουσα θέση, ειδικά στην αμερικανική αγορά. Μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε από την *Alfresco* [329] χρησιμοποιώντας τα στοιχεία που παρέχονται από τα 25.000 μέλη της κοινότητας *Alfresco* δίνει μια εικόνα της προτίμησης σε διάφορα ΕΛ/ΛΑΚ. Ειδικότερα, μεταξύ των διανομών Linux, το πιο δημοφιλές είναι το Linux-Ubuntu και Red Hat Linux με ποσοστό 31%, με τα Debian και Novell Suse Linux να ακολουθούν με 14% και 11% αντίστοιχα.

*Το λογισμικό ως υπηρεσία:*

Το μεγαλύτερο ποσοστό των δαπανών στο χώρο των ΤΠΕ κατέχουν οι υπηρεσίες και όχι τα προϊόντα. Τα λογισμικά πακέτα κατέχουν μόνο το 6%, ενώ οι υπηρεσίες πληροφορικής το 24% των συνολικών δαπανών ΤΠΕ για το 2007 [330]. Αυτό οφείλεται στη νέα τάση της αγοράς λογισμικού για παροχή υπηρεσιών που προκύπτουν από αναδυόμενες τεχνολογίες, όπως του διαδικτύου, της κινητής τηλεφωνίας κλπ. Η αγορά αυτή προσφέρει μεγάλες προοπτικές στο ΕΛ/ΛΑΚ, όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λογισμικό υποδομής για την ανάπτυξη τέτοιων υπηρεσιών. Για παράδειγμα, η Google, η Amazon και η Yahoo έχουν χτίσει τις εφαρμογές και τις υπηρεσίες τους σε ΕΛ/ΛΑΚ. Χρησιμοποιώντας Linux στους εκατοντάδες servers τους, δε χρειάζεται να πληρώνουν άδειες χρήσης λογισμικού, εξοικονομώντας έτσι πολύ μεγάλο ποσό.

## 7.2.1 Εκτίμηση της επίδρασης του ανοιχτού λογισμικού στον ανταγωνισμό

Τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν μια ένδειξη των ανακατατάξεων και συνθηκών ως προς τον ανταγωνισμό στην αγορά λογισμικού. Προχωρώντας ένα ακόμη βήμα η μελέτη αυτή επιχειρεί την εκτίμηση της δομής της αγοράς λογισμικού σε κομβικούς τομείς της.

Πιο συγκεκριμένα θεωρούνται οι τομείς των ΛΣ, των διακομιστών δικτύου (web servers) και των φυλλομετρητών δικτύου (web browsers). Οι τομείς αυτοί θεωρούνται οι πιο αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις από την αγορά του λογισμικού, δεδομένου ότι αντιστοιχούν σε ευρέως χρησιμοποιούμενο λογισμικό από όλες τις κατηγορίες και τα επίπεδα των χρηστών. Η μελέτη της δομής της αγοράς στηρίζεται σε εμπειρικά δεδομένα και τον ευρέως χρησιμοποιούμενο δείκτη συγκέντρωσης Herfindahl-Hirshman Index (HHI).

Ο δείκτης HHI ορίζεται ως το άθροισμα των τετραγώνων των μεριδίων αγοράς όλων των επιχειρήσεων και αποτελεί ένδειξη της συγκέντρωσης της αγοράς (market concentration) [331]. Πιο συγκεκριμένα, εάν το μερίδιο αγοράς μιας εταιρείας  $i$ , είναι  $s_i$ , τότε ο HHI ορίζεται ως:

$$HHI = \sum_{i=1}^n s_i^2, s_i = w_i/w \quad (7-1)$$

Όπου  $n$  είναι ο συνολικός αριθμός των επιχειρήσεων στην αγορά,  $w_i$  οι πωλήσεις της εταιρείας  $i$  και  $w$  οι συνολικές πωλήσεις της αγοράς. Το μερίδιο αγοράς μπορεί να μετρηθεί από την άποψη των πωλήσεων, των εσόδων, τον αριθμό των εργαζομένων, κλπ. Εκφρασμένος σε ποσοστά, ο δείκτης HHI κυμαίνεται από  $1/n$  έως  $1$ . Ισοδύναμα, ο δείκτης μπορεί να κυμαίνεται μέχρι  $10.000$ , αν τα ποσοστά χρησιμοποιούνται ως ακέραιοι αριθμοί. Το μέγιστο στην περίπτωση αυτή είναι  $100^2 = 10.000$ .

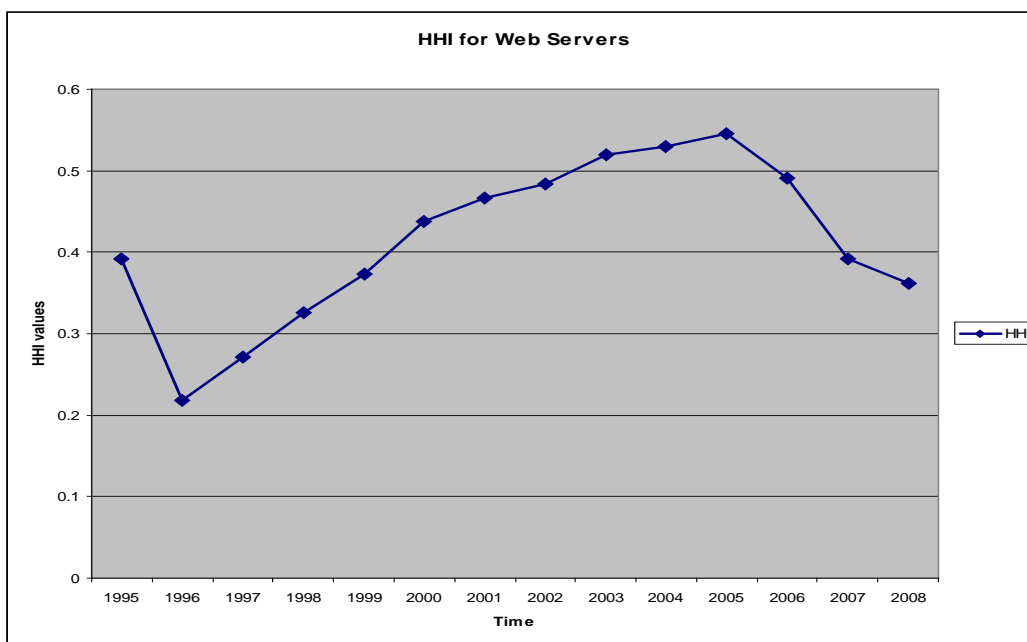
Η συμπεριφορά του δείκτη HHI στηρίζεται στο γεγονός ότι τα μερίδια αγοράς υψώνονται στο τετράγωνο πριν από την άθροιση τους, δίνοντας έτσι επιπλέον βαρύτητα στις επιχειρήσεις με μεγαλύτερη διείσδυση. Συνεπώς, όταν οι τιμές του HHI είναι πιο κοντά στη μονάδα δείχνει υψηλή συγκέντρωση της αγοράς, ενώ τιμές πιο κοντά στο  $1/n$  δείχνουν μια ανταγωνιστική αγορά χωρίς κυρίαρχους παίκτες.

Τα μερίδια αγοράς που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της μελέτης, αντιστοιχούν στα ποσοστά χρήσης των κυριότερων προϊόντων της αγοράς, δηλαδή που το συνολικό ποσοστό χρήσης τους πλησιάζει στο 100%. Στις ενότητες που ακολουθούν κάθε τμήμα της αγοράς εξετάζεται χωριστά.

### 7.2.1.1 Δομή αγοράς (market structure) web servers

Όπως είδαμε και στο Κεφάλαιο 6, στην αγορά των web servers επικρατεί σταθερά το ανοιχτό λογισμικό Apache. Για τον υπολογισμό του δείκτη HHI, χρησιμοποιούνται δεδομένα από την έρευνα της Netcraft για web servers [332] και αφορούν στο διάστημα από το 1995 μέχρι το 2008 σε ετήσια βάση. Στο Σχήμα 7-1 απεικονίζονται οι τιμές του δείκτη HHI για κάθε έτος.

Όπως φαίνεται στο σχήμα, κατά τη διάρκεια των ετών 1995 και 1996 η αγορά είναι ασταθής. Αυτό είναι αρκετά λογικό, καθώς το χρονικό αυτό διάστημα ουσιαστικά αντιστοιχεί και στο ξεκίνημα της αγοράς του διαδικτύου και των web servers. Το 1995 έγινε η επίσημη είσοδος του Apache server έχοντας το πλεονέκτημα της πρώτης κίνησης σε σχέση με τη Microsoft που ακολούθησε το 1996. Από τότε ο Apache έχει κατακτήσει την αγορά και αύξησε τη διαφορά των μεριδίων αγοράς από τους ανταγωνιστές του. Από το 2006, ωστόσο, υπάρχει μια μείωση των μεριδίων του και αύξηση του ανταγωνισμού της αγοράς, κυρίως λόγω της εισόδου νέων προϊόντων, όπως της Google.



Σχήμα 7-1. Τιμές του δείκτη HHI στην αγορά των Web Servers

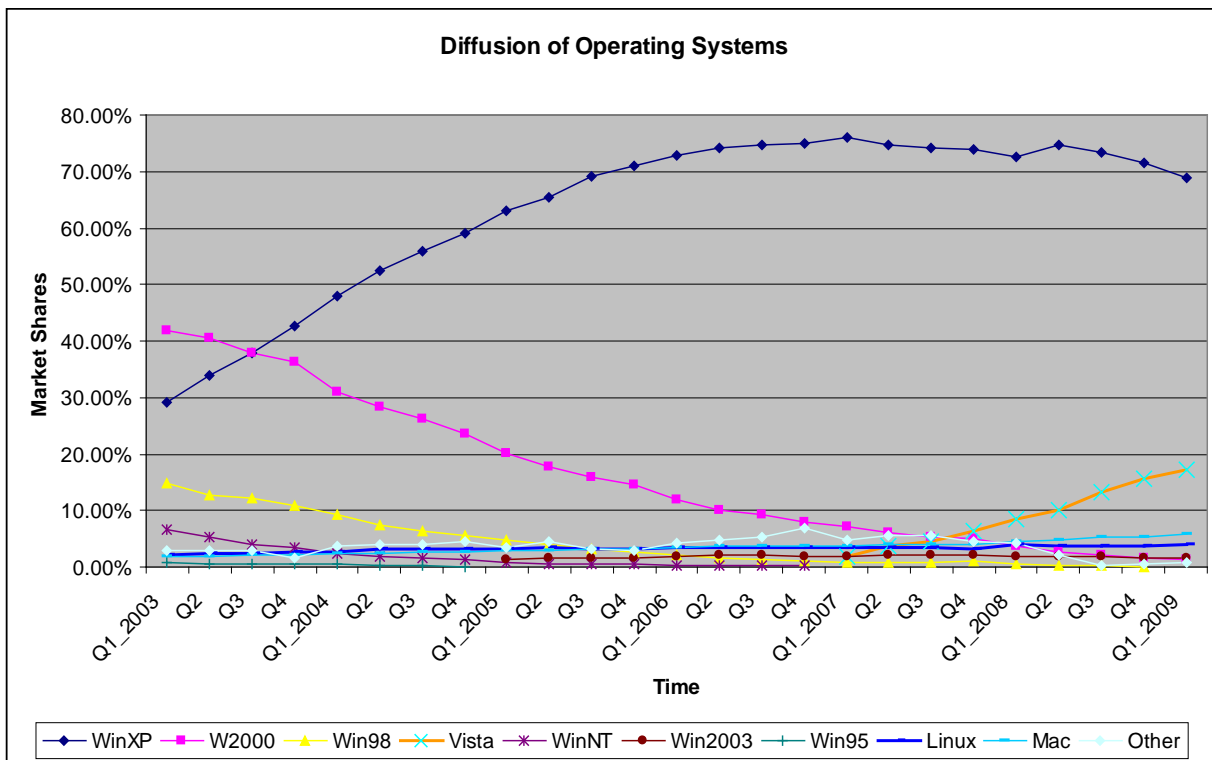
### 7.2.1.2 Δομή αγοράς operating systems

Στην περίπτωση των λειτουργικών συστημάτων, το σύνολο των δεδομένων συλλέχθηκε από τα αρχεία της πύλης W3Schools, και αφορούν στο χρονικό διάστημα 2003-2009 σε τριμηνιαία βάση. Η W3Schools είναι μια πύλη για άτομα με ενδιαφέρον στις τεχνολογίες του διαδικτύου και προσφέρει στους χρήστες της, εκπαιδευτικό υλικό, αναφορές που σχετίζονται με τα θέματα ανάπτυξης ιστοσελίδων, όπως HTML, XML, CSS, JavaScript, κ.α. Η ιστοσελίδα διατηρεί στατιστικά στοιχεία σε μηνιαία βάση για τους web browsers και τα αντίστοιχα λειτουργικά συστήματα [333].

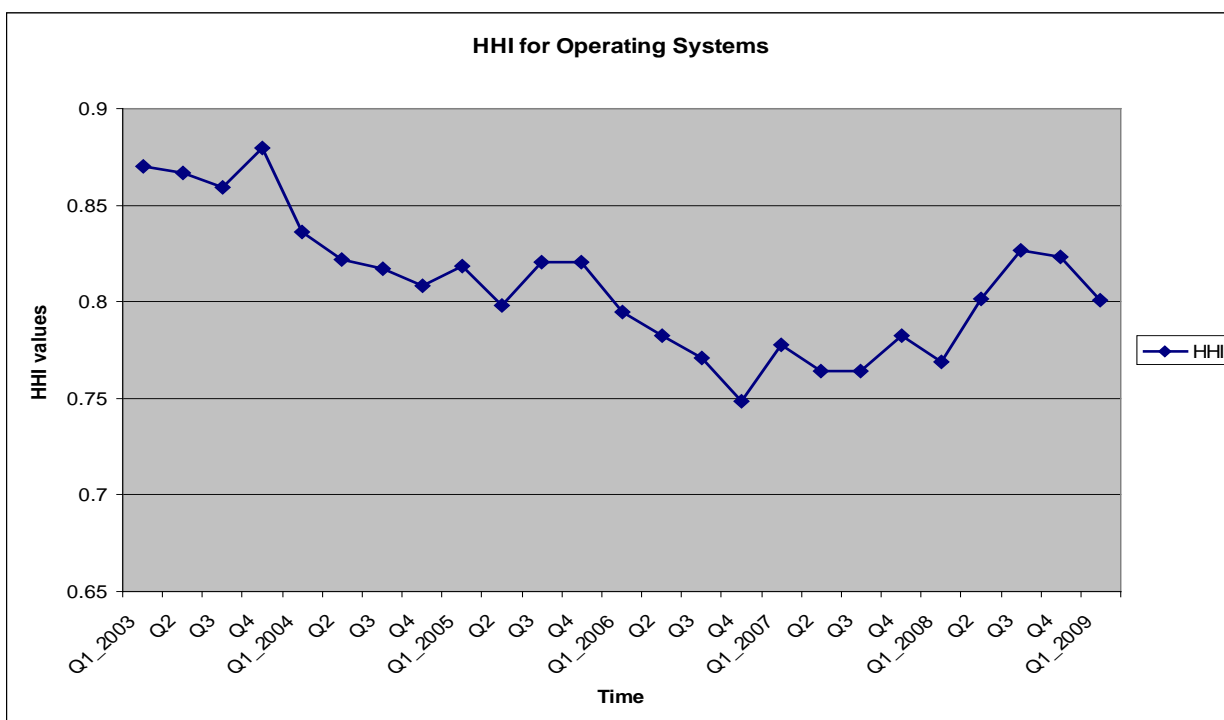
Αν και αυτό είναι μόνο ένα μέρος των πραγματικών στοιχείων για τα μερίδια αγοράς των λειτουργικών συστημάτων, η υψηλή επισκεψιμότητα του ιστοτόπου [334] και το είδος του πληθυσμού που τον επισκέπτονται, δημιουργεί ένα αξιόπιστο στατιστικό δείγμα για τις συνολικές τάσεις της αγοράς.

Η W3Schools τηρεί αρχείο των λειτουργικών συστημάτων και των αντίστοιχων εκδόσεών τους, η διεύθυνση των οποίων απεικονίζονται στο Σχήμα 7-2. Όπως φαίνεται στο σχήμα, η κυριαρχία των Windows XP είναι προφανής, αν και υπάρχει μια μείωση των μεριδίων αγοράς του, ενώ τα Windows Vista δεν έχουν ακόμη επιτύχει ένα υψηλό επίπεδο υιοθέτησης. Ο υπολογισμός του HHI, γίνεται σε επίπεδο εταιρειών και όχι εκδόσεων. Γι αυτό τα δεδομένα ομαδοποιούνται και αθροίζονται κατά εταιρεία. Προέκυψαν τρεις σημαντικές εταιρείες: η Microsoft, η Apple και το ΕΛ/ΛΑΚ Linux. Τα υπόλοιπα ΛΣ είχαν ποσοστό χρήσης λιγότερο του 0,5% και δε λήφθηκαν υπόψη. Τα αποτελέσματα της πορείας του δείκτη απεικονίζονται στο Σχήμα 7-3.

Είναι προφανές ότι η συγκέντρωση αυτής της αγοράς είναι σημαντικά υψηλή, με τιμές που φθάνουν στο 0,9. Ωστόσο, υπάρχει μια γενική πτωτική τάση, η οποία εξηγείται κυρίως από την είσοδο του Mac OSX και την αύξηση των μεριδίων αγοράς του.



Σχήμα 7-2. Διείσδυση διαφορετικών εκδόσεων λειτουργικών συστημάτων

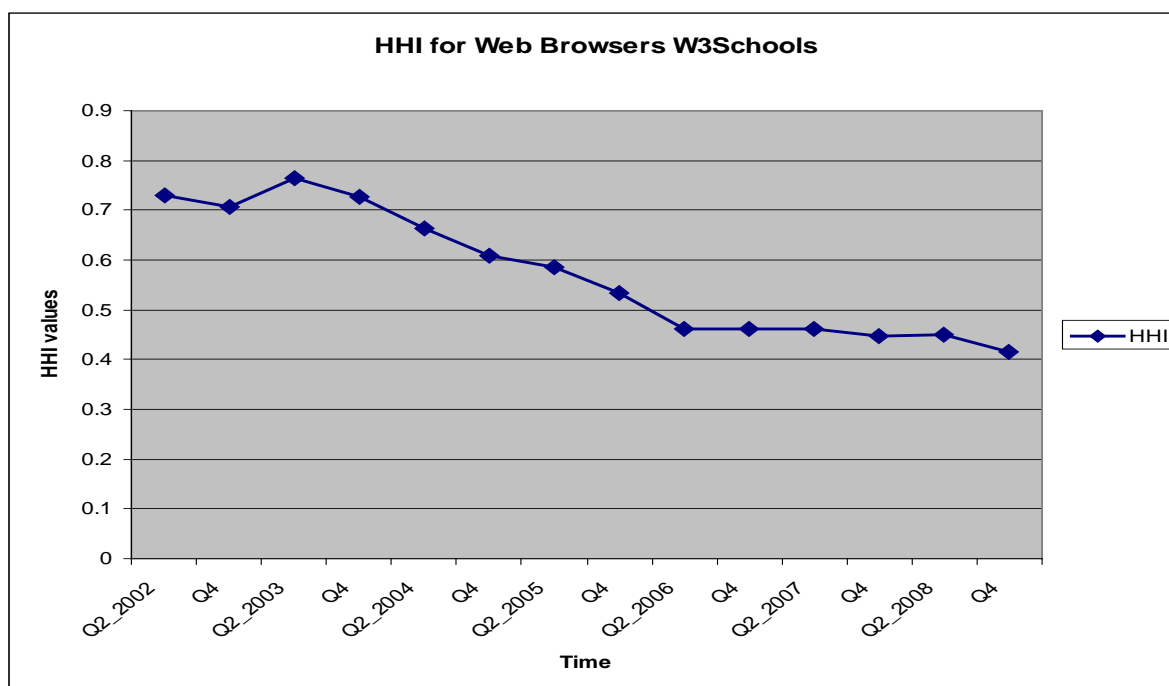


Σχήμα 7-3. Τιμές του δείκτη HHI στην αγορά των λειτουργικών συστημάτων.

### 7.2.1.3 Δομή αγοράς web browsers

Ενώ οι δύο προηγούμενες περιπτώσεις αφορούν σε λογισμικό υποδομής, οι web browsers είναι μια εφαρμογή λογισμικού που χρησιμοποιείται ευρέως από όλες τις ηλικίες και ομάδες του πληθυσμού (που χρησιμοποιούν Η/Υ φυσικά). Συνεπώς, αποτελεί πολύ σημαντικό τομέα της αγοράς λογισμικού. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται προέρχονται, από την έρευνα της W3Schools [335] και αφορούν το

χρονικό διάστημα 2002-2009 σε τριμηνιαία βάση. Τα αποτελέσματα της πορείας του δείκτη HHI στην αγορά παρουσιάζονται στο Σχήμα 7-4.



**Σχήμα 7-4. Τιμές του δείκτη HHI για την αγορά των web browsers**

Όπως φαίνεται στο σχήμα, η συγκέντρωση ήταν υψηλή κατά τα πρώτα χρόνια, με την κυριαρχία του Internet Explorer που αποτελούσε αναπόσπαστο τμήμα του επίσης κυρίαρχου ΛΣ Windows. Από το 2005, ωστόσο, υπάρχει μια δραματική μείωση της συγκέντρωσης, με τη δυναμική είσοδο νέων φυλλομετρητών, όπως τα Firefox, Chrome, Safari και Opera, τα οποία είναι βασισμένα σε λογισμικό ανοιχτού κώδικα. Ειδικότερα, τα υψηλότερα ποσοστά συγκεντρώνουν τα ΕΛ/ΛΑΚ Firefox (Mozilla) και Chrome (Google), ενώ ακολουθούν τα Safari και Opera.

Η τιμή του HHI το πρώτο τρίμηνο του 2009, φτάνει στο 0,4 που αποτελεί ποσοστό μιας σχετικά ανταγωνιστικής αγοράς.

## 7.2.2 Συμπεράσματα και περιορισμοί της έρευνας

Η μελέτη υλοποιεί μια ανάλυση της αγοράς λογισμικού και εξετάζει την επίδραση του ανοιχτού λογισμικού στη δυναμική της αγοράς και στη δομή της. Γενικά, οι αγορές λογισμικού έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως δικτυακές εξωτερικότητες και επιδράσεις εγκλωβισμού που δημιουργούν δυσμενείς συνθήκες για τον ανταγωνισμό. Τα χαρακτηριστικά του ανοιχτού λογισμικού, από την άλλη πλευρά μπορούν να μειώσουν την ένταση των περιοριστικών αυτών συνθηκών της αγοράς.

Το γεγονός αυτό οδήγησε πολλές επιχειρήσεις της βιομηχανίας λογισμικού να προσαρμόσουν τη στρατηγική τους προς το ΕΛ/ΛΑΚ. Επίσης, πολλές εταιρείες έχουν δημιουργήσει επιχειρηματικά μοντέλα γύρω από το οικοσύστημα ΕΛ/ΛΑΚ με επιτυχή αποτελέσματα. Η ανάλυση της αγοράς δείχνει ότι το ΕΛ/ΛΑΚ μπορεί να επηρεάσει τη δυναμική της αγοράς και τον ανταγωνισμό. Τα αποτελέσματα μπορεί να επαληθευτούν από σημαντικές εξελίξεις στο χώρο που σηματοδοτήθηκαν από τις κυρίαρχες εταιρείες λογισμικού, όπως οι IBM, Microsoft, Zend, HP, Novell, Google, κ.α.

Οι επιπτώσεις του ΕΛ/ΛΑΚ στον ανταγωνισμό, μπορούν να αξιολογηθούν περαιτέρω με την εφαρμογή του δείκτη HHI. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκαν τρεις σημαντικοί τομείς της αγοράς που είναι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι σε όλες τις ομάδες του

πληθυσμού. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη σύγκριση των τιμών των δεικτών HHI συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Και στις τρεις περιπτώσεις οι αγορές παρουσιάζουν υψηλή συγκέντρωση, γεγονός που είναι σύμφωνο με τα χαρακτηριστικά της αγοράς του λογισμικού. Επίσης, σε όλες τις περιπτώσεις, υπάρχει μια μείωση στην συγκέντρωση η οποία συνεπάγεται αύξηση του ανταγωνισμού.
- Η λιγότερο συγκεντρωμένη αγορά είναι η αγορά των web servers, όπου το κορυφαίο προϊόν είναι το ΕΛ/ΛΑΚ Apache. Νέοι είσοδοι, όπως το Google GFE (που επίσης είναι βασισμένο σε ΕΛ/ΛΑΚ), αυξάνουν τον ανταγωνισμό.
- Η περισσότερο συγκεντρωμένη αγορά είναι η αγορά των λειτουργικών συστημάτων, όπου τα Windows έχουν κυριαρχήσει στην αγορά. Ωστόσο, υπάρχει επίσης μια μείωση –αν και μικρή– στη συγκέντρωση, με την είσοδο του Mac OSX (που είναι επίσης βασισμένο σε ΕΛ/ΛΑΚ).
- Στον τομέα των web browsers, έχουμε σημαντική αύξηση του ανταγωνισμού. Η αγορά παρουσίασε δραματική μείωση της συγκέντρωσης, με τα ΕΛ/ΛΑΚ Firefox και Chrome να κερδίζουν σημαντικά μερίδια αγοράς.

Παρόλα αυτά, εξωγενείς παράγοντες, όπως είναι οι συνεργασίες και οι συγχωνεύσεις μπορεί να επηρεάσουν τις συνθήκες της αγοράς ως προς τον ανταγωνισμό. Επίσης, μια περαιτέρω έρευνα και σε άλλα τμήματα της αγοράς, ή η δημιουργία ενός μοντέλου που θα διερευνήσει την ανταγωνιστική δυναμική στις αγορές λογισμικού μπορεί να ρίξει περισσότερο φως στην υπάρχουσα γνώση για το συνολικό ανταγωνισμό της αγοράς.

Τα αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάστηκαν στο συνέδριο Mediterranean Conference of Information Systems (MCIS '09) [6].

### **7.3 Το ανοιχτό λογισμικό ως καινοτόμο επιχειρηματικό μοντέλο**

Όταν ο Richard Stallman έδωσε για πρώτη φορά τον ορισμό του Ελεύθερου Λογισμικού, θεωρήθηκε περισσότερο ως ιδεολογικό κίνημα ενάντια στην εμπορική εκμετάλλευση του λογισμικού. Ο επαναπροσδιορισμός του ελεύθερου λογισμικού ως λογισμικού ανοιχτού κώδικα ή Ελεύθερου Λογισμικού/Λογισμικού Ανοιχτού Κώδικα (ΕΛ/ΛΑΚ), εστίασε περισσότερο στη σημασία του ελεύθερα διαθέσιμου πηγαίου κώδικα, γεγονός που σημαίνει ότι μια επιχείρηση μπορεί να επιλέξει να διαθέσει ελεύθερα τον πηγαίο κώδικα, αλλά να εξακολουθεί να μπορεί να χρησιμοποιήσει το προϊόν εξυπηρετώντας τα συμφέροντά της.

Ως συνέπεια αυτού, καταγράφεται ένα διαρκώς αυξανόμενος αριθμός επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται γύρω από το οικοσύστημα ΕΛ/ΛΑΚ με σημαντικά κέρδη, ενώ ο πηγαίος κώδικας παραμένει ανοιχτός και ελεύθερα διαθέσιμος. Παράλληλα, όλο και περισσότερες επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον τομέα των ΤΠΕ, αλλάζουν τη στρατηγική τους προς τη κατεύθυνση του ανοιχτού λογισμικού, προσπαθώντας να αποκτήσουν συγκριτικό πλεονέκτημα, δημιουργώντας ένα κατά το δυνατό καινοτόμο πλαίσιο δημιουργίας κέρδους από το ΕΛ/ΛΑΚ. Οι προσπάθειες αυτές αποτελούν ουσιαστικά προσπάθειες δημιουργίας νέων επιχειρηματικών μοντέλων που στρέφονται γύρω από το ανοιχτό λογισμικό, δηλαδή νέων Επιχειρηματικών Μοντέλων Ανοιχτού Λογισμικού (OSS Business Models) ή EM ΕΛ/ΛΑΚ (OSS BM).

Συνεπώς το ανοιχτό λογισμικό δεν είναι μόνο ένα καινοτόμο μοντέλο ανάπτυξης κώδικα, αλλά και ένα καινοτόμο επιχειρηματικό μοντέλο. Οι διαφορετικές μορφές των επιχειρηματικών μοντέλων ΕΛ/ΛΑΚ όπως εφαρμόζονται από επιχειρήσεις, έχουν αποτελέσει το αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας (π.χ. [30, 284, 321, 324, 325, 336]) και μάλιστα έχουν δημιουργηθεί διαφορετικές ταξινομήσεις.



Παρόλα αυτά, καμιά προηγούμενη έρευνα δεν επιχείρησε τη μελέτη των δομικών του στοιχείων. Η γνώση του EM EΛ/ΛAK είναι κατακερματισμένη και η έννοια σπάνια διευκρινίζεται ρητά. Ως εκ τούτου, θεωρείται απαραίτητη η δημιουργία ενός ενιαίου και ολοκληρωμένου πλαισίου που θα περιλαμβάνει τις διαφορετικές εκφάνσεις του όρου, παρέχοντας μια κοινή αντίληψη, γλώσσα, και ορισμό του αντικειμένου.

Στόχος της μελέτης είναι να συνεισφέρει σε αυτό το κενό της έρευνας, παρέχοντας ένα γενικό και ολοκληρωμένο πλαίσιο EM EΛ/ΛAK, που ορίζει ρητά τα δομικά στοιχεία του και περιγράφει τη βαθύτερη δομή που προκύπτει από τις διαφορετικές στρατηγικές εκμετάλλευσης του EΛ/ΛAK από τις επιχειρήσεις. Η μελέτη επικεντρώνεται στην ανάπτυξη της γνώσης και της θεωρίας, παρέχοντας απαντήσεις σε κρίσιμα ερωτήματα της έρευνας σχετικά με τα βασικά δομικά στοιχεία και κοινά χαρακτηριστικά των EM EΛ/ΛAK. Η έρευνα χρησιμοποιεί τη μεθοδολογία της δομημένης περίπτωσης (structured-case) και προτείνει ένα ολιστικό εννοιολογικό πλαίσιο που αποτελείται από δύο μοντέλα; Το οντολογικό (ontological) επιχειρηματικό μοντέλο EΛ/ΛAK και τη ταξινόμηση (taxonomy) επιχειρηματικών μοντέλων EΛ/ΛAK. Η ταξινόμηση προκύπτει ως αποτέλεσμα της κάθετης ανάλυσης του δομικού στοιχείου «Προσφερόμενη Αξία» του οντολογικού μοντέλου. Επίσης, αναλύονται οι ευκαιρίες και απειλές για τις επιχειρήσεις που υιοθετούν κάποιο EM EΛ/ΛAK.

### 7.3.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Προηγούμενες μελέτες στον τομέα της έρευνας των επιχειρηματικών μοντέλων ανοιχτού λογισμικού, εστίασαν κυρίως στο τρόπο αποκομιδής κερδών ή του μοντέλου εσόδων (revenue model) που μπορεί να έχει μια εταιρεία εκμεταλλευόμενη το EΛ/ΛAK, ενώ παράλληλα ο πηγαίος κώδικας θα παραμένει ανοιχτός και ελεύθερος για χρήση [30, 284, 315, 317, 319-326] Μάλιστα δημιουργήθηκαν και διαφορετικές ταξινομήσεις των EM EΛ/ΛAK [284, 315, 320]. Προσπάθειες για τη δημιουργία ενός ενιαίου οντολογικού EM EΛ/ΛAK μοντέλου δε βρέθηκαν στη βιβλιογραφία.

Στον τομέα της έρευνας επιχειρηματικών μοντέλων και δημιουργίας αντίστοιχης θεωρίας, υπάρχει μια ποικιλία ορισμών και προσεγγίσεων. Οι Chesbrough και Rosenbloom [337] δίνουν έμφαση στις σχέσεις μεταξύ τεχνικών δυνατοτήτων και την υλοποίηση της οικονομικής αξίας. Οι Amit και Zott [338] περιγράφουν το σχεδιασμό των συναλλαγών μιας επιχείρησης στη δημιουργία αξίας, οι Linder και Cantrell [339] εστιάζουν στις βασικές αρχές της επιχείρησης για τη δημιουργία αξίας. Οι Malone et al [340] προσφέρουν ένα λειτουργικό ορισμό και τη διάκριση διαφορετικών τύπων επιχειρηματικών μοντέλων, ενώ οι Osterwalder [341], Gordijn [342] και Morris et al. [343] δίνουν έμφαση στην οντολογική προσέγγιση των επιχειρηματικών μοντέλων.

Οι Osterwalder et al. [344] ταξινόμησαν τις ερευνητικές προσπάθειες γύρω από τα επιχειρηματικά μοντέλα σε τρεις κύριες κατηγορίες: (i) εκείνες που ακολουθούν μια οντολογική προσέγγιση, διασπώντας την έννοια σε δομικά στοιχεία και κοινά χαρακτηριστικά που περιγράφουν κάθε επιχειρηματικό μοντέλο (ii) εκείνες που περιγράφουν μια σειρά γενικών τύπων επιχειρηματικών μοντέλων με κοινά χαρακτηριστικά (ταξινομήσεις) και (iii) εκείνες που παρουσιάζουν τις πτυχές ενός συγκεκριμένου επιχειρηματικού μοντέλου στον πραγματικό κόσμο (μελέτες περιπτώσεων).

Λαμβάνοντας υπόψη την οντολογική προσέγγιση του Osterwalder [341] για επιχειρηματικά μοντέλα, η μελέτη αποσκοπεί αφενός στην αναγνώριση των δομικών τμημάτων του EM EΛ/ΛAK και τη δημιουργία ενός "γενικού" οντολογικού επιχειρηματικού μοντέλου ανοιχτού λογισμικού και αφετέρου σε μια ταξινόμηση των διαφόρων τύπων του EM EΛ/ΛAK.

### 7.3.2 Θεωρητικό πλαίσιο έρευνας και μεθοδολογία

Στο πνεύμα της ερμηνευτικής σχολής [345-350], η προσέγγιση της μελέτης είναι η κατανόηση των διαφορετικών μοντέλων ΕΛ/ΛΑΚ και η οικοδόμηση νέας θεωρίας, παρά η χρήση καθιερωμένων θεωριών. Η έρευνα περιλαμβάνει μια σειρά από μελέτες περιπτώσεων επιχειρήσεων προσανατολισμένες στο ΕΛ/ΛΑΚ οι οποίες αναλύονται με τη μεθοδολογία Structured-Case [24].

Η μέθοδος δομημένη- περίπτωση προσφέρει μια ευέλικτη μεθοδολογική προσέγγιση στη διαδικασία της έρευνας πεδίου, που επιτρέπει την εξαγωγή θεωρίας, γνώσης και πράξης μέσα από εμπειρικά δεδομένα. Η μέθοδος επιτρέπει την ερμηνεία, κατανόηση και τον προσδιορισμό των σχέσεων μεταξύ των εννοιών, με στόχο την οικοδόμηση ενός οδηγού γνώσης σχετικό με τη μοντελοποίηση των ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ. Αυτού του είδους η μεθοδολογική προσέγγιση ταιριάζει απόλυτα στο ανοιχτό λογισμικό, που είναι μια περιοχή που χαρακτηρίζεται από ραγδαίες εξελίξεις και συνεπώς υπάρχει ανάγκη για από κοινού εξέταση της θεωρίας και πράξης.

Η ανάπτυξη των εννοιολογικών πλαισίων (conceptual frameworks –CF), δηλαδή τα  $CF_1$ ,  $CF_2$ , ...,  $CF_N$ , χρησιμοποιούνται για να παρουσιάσουν τη διαδικασία απόκτησης της γνώσης και της οικοδόμησης θεωρίας. Το αρχικό θεωρητικό μοντέλο,  $CF_1$ , εκφράζει την αρχική κατανόηση, προσδιορίζει τον ερευνητικό χώρο και οδηγεί τον πρώτο ερευνητικό κύκλο. Στο τέλος του ερευνητικού κύκλου, ως αποτέλεσμα επανεξέτασης, το θεωρητικό μοντέλο ενημερώνεται ώστε να ενσωματώνει την κατανόηση που αποκτήθηκε σε αυτόν τον κύκλο εργασίας. Το νέο θεωρητικό μοντέλο,  $CF_2$ , εκφράζει την αρχική κατανόηση, αποτελώντας τη βάση για το δεύτερο κύκλο έρευνας, με νέα παραγόμενη γνώση και θεωρία και διαδικασία επανεξέτασης που ενσωματώνονται στο θεωρητικό μοντέλο  $CF_3$ . Με τον τρόπο αυτό κάθε ερευνητικός κύκλος δημιουργεί αντίστοιχα θεωρητικά μοντέλα  $CF_1$ ,  $CF_2$ , ...,  $CF_N$ , όπου  $CF_N$  είναι η τελευταία έκδοση της θεωρίας που έχει δημιουργηθεί.

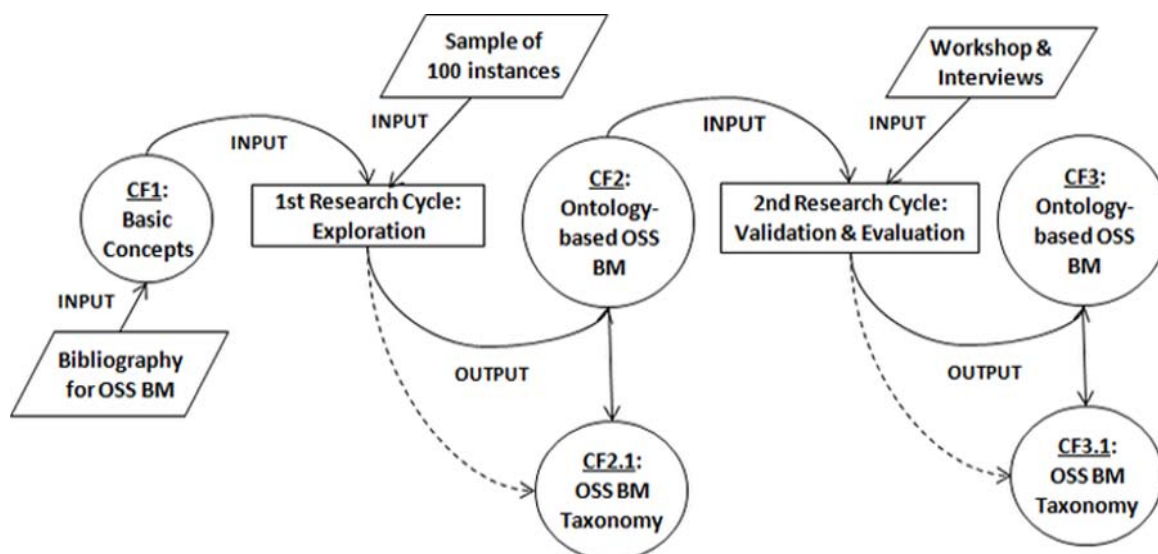
Η διαδικασία οικοδόμησης θεωρίας είναι αλληλένδετη με την πράξη. Η εφαρμοσμένη έρευνα μπορεί να οδηγήσει στην οικοδόμηση θεωρίας, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα της θεωρίας. Οι πολλαπλές επαναλήψεις αυτών των κύκλων ορίζουν ένα ελικοειδές μοντέλο ως αποτέλεσμα της υφιστάμενης γνώσης και θεωρίας η οποία θέτει τα θεμέλια για επιπρόσθετο ερευνητικό κύκλο το οποίο διευρύνει και αναθεωρεί την υφιστάμενη κατανόηση, όπου η τρέχουσα γνώση και θεωρητικό υπόβαθρο αποτελούν τη βάση για τον επόμενο κύκλο έρευνας, η οποία θα ενισχύσει, αναθεωρήσει ή και αξιολογήσει την κατανόηση της έρευνας. Η συνακόλουθη σειρά των θεωρητικών πλαισίων τεκμηριώνει τόσο τη διαδικασία δημιουργίας θεωρίας όσο και την σύνδεση αυτής με τα συλλεγμένα δεδομένα στο ερευνητικό πεδίο. Η μέθοδος περιγράφεται αναλυτικότερα στην ενότητα 4.9.

Για την ανάλυση των ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ, εφαρμόζονται δύο κύκλοι έρευνας. Στο τέλος κάθε ερευνητικού κύκλου προκύπτουν δύο εννοιολογικά μοντέλα. Το ένα αφορά το οντολογικό επιχειρηματικό μοντέλο ΕΛ/ΛΑΚ, ενώ το άλλο αφορά στην ταξινόμηση των επιχειρηματικών μοντέλων με βάση συγκεκριμένα δομικά στοιχεία του οντολογικού μοντέλου. Κατά τον πρώτο κύκλο, επιλέγεται δείγμα από 100 περιπτώσεις δημοφιλών ΕΛ/ΛΑΚ έργων που υποστηρίζονται από επιχειρήσεις, ή επιχειρήσεις που σχετίζονται με το ΕΛ/ΛΑΚ και δραστηριοποιούνται στο χώρο των υπηρεσιών. Το επιλεγμένο δείγμα αφορά επιχειρήσεις που ιδρύθηκαν στο χρονικό διάστημα μεταξύ 1984 και 2008 και αποτελεί οδηγό για τη διερεύνηση των διαφορετικών περιπτώσεων επιχειρηματικών μοντέλων. Στο Παράρτημα V παρουσιάζεται η πλήρης λίστα των επιλεγμένων περιπτώσεων, καθώς και ο τομέας της αγοράς στον οποίο δραστηριοποιούνται.

Το δείγμα επιλέχθηκε έτσι ώστε να αντανακλά και τις τρεις πτυχές της αγοράς της Τεχνολογίας Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ), δηλαδή τους τομείς της αγοράς λογισμικού (software), υλικού (hardware) και υπηρεσιών (services). Αποκλείστηκαν έργα που δεν γίνονται αντιληπτά από τους χρήστες/προγραμματιστές ΕΛ/ΛΑΚ ως ανοιχτό λογισμικό, ή χρησιμοποιούν διαδικασίες ανάπτυξης ΕΛ/ΛΑΚ για περιορισμένο πληθυσμό και χωρίς πραγματική απελευθέρωση της πνευματικής ιδιοκτησίας [351], όπως για παράδειγμα τα έργα «shared source» της Microsoft. Οι περιπτώσεις του δείγματος επιλέχθηκαν σύμφωνα με τη δημοτικότητά τους σε πύλες σχετικές με το ανοιχτό λογισμικό ή τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις στο χώρο του λογισμικού. Τέτοιες πύλες είναι οι SourceForge.net, Think Geek, LinuxDevices.com, DesktopLinux.com, eWeek, CIOInsight και InfoWorld.

Ο δεύτερος κύκλος της έρευνας έχει ως στόχο να επικυρώσει, να αξιολογήσει και να βελτιώσει περαιτέρω τα αρχικά πορίσματα. Κατά τη διαδικασία συλλογής δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές δευτερογενείς πηγές δεδομένων, όπως οι εκθέσεις των επιχειρήσεων και τεχνικές εκθέσεις για τα πρότυπα και τις προδιαγραφές των επιχειρηματικών μοντέλων που χρησιμοποιούν. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν πηγές δεδομένων που προέρχονται από εργαστήρια, συνεντεύξεις, επεξηγηματικό υλικό, όπως ενημερωτικά δελτία και άλλες εκδόσεις, προκειμένου για την εξαγωγή των συμπερασμάτων της έρευνας.

Για τη συλλογή αυτών των δεδομένων, πραγματοποιήθηκε διήμερο σεμινάριο με ογδόντα δύο συμμετέχοντες, ακαδημαϊκούς και εμπειρογνώμονες από την ελληνική αγορά στο χώρο του ΕΛ/ΛΑΚ. Οι συμμετέχοντες εργάστηκαν από κοινού για τη συλλογή όλων των πληροφοριών που απαιτούνται για τις βασικές δομές ενός ολοκληρωμένου πλαισίου ΕΛ/ΛΑΚ. Τα πρωτόκολλα των διαδικασιών είχαν καθοριστεί εκ των προτέρων, προκειμένου να κατευθύνεται η συζήτηση της ομάδας και να τεκμηριώνονται τα διαφορετικά σενάρια για τα δομικά στοιχεία του ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ. Μετά την ολοκλήρωση του εργαστηρίου, διεξήχθησαν σύντομες συνεντεύξεις με τον κάθε έναν από τους συμμετέχοντες ξεχωριστά, προκειμένου για τη καλύτερη μεταφορά γνώσης μεταξύ του ερευνητή και του ερωτηθέντα. Οι συντάκτες ενήργησαν ως ένα ουδέτερο μέσο, μέσω του οποίου ανταλλάχθηκαν ερωτήσεις και απαντήσεις χωρίς καμιά μορφή προκατάληψης ή μεροληψίας. Σκοπός των συνέντευξης ήταν η οριστική γνώμη των συμμετεχόντων σε κρίσιμα ζητήματα ΕΛ/ΛΑΚ. Τα αποτελέσματα του σεμιναρίου και των συνεντεύξεων απεικονίζονται με περισσότερη λεπτομέρεια στο Παράρτημα VI.



Σχήμα 7-5. Μεθοδολογική προσέγγιση ανάλυσης των ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ.

Η διαδικασία συνοψίζεται στο Σχήμα 7-5. Όπως φαίνεται στο σχήμα, ένα βήμα πριν τον πρώτο ερευνητικό κύκλο, κατασκευάζεται ένα αρχικό εννοιολογικό πλαίσιο CF<sub>1</sub>, που βασίζεται σε βιβλιογραφικές πηγές από προηγούμενη έρευνα στον τομέα των ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ.

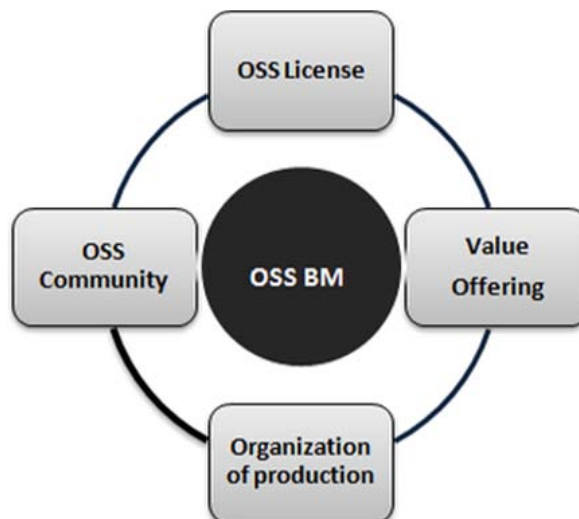
Στη συνέχεια το CF<sub>1</sub> αναλύεται και αξιολογείται στον πρώτο κύκλο έρευνας με νέες πηγές και πληροφορίες που προκύπτουν από τη μελέτη του δείγματος των 100 περιπτώσεων επιχειρήσεων ΕΛ/ΛΑΚ. Στο τέλος αυτού του κύκλου θα προκύψουν τα εννοιολογικά πλαίσια CF<sub>2</sub> (οντολογικό μοντέλο) και CF<sub>2.1</sub> (ταξινόμηση). Με την ίδια διαδικασία, τα CF<sub>2</sub> και CF<sub>2.1</sub> θα αξιολογηθούν και φιλτραριστούν περισσότερο στον επόμενο ερευνητικό κύκλο, με νέες πληροφορίες οι οποίες προέρχονται από τα συμπεράσματα των συνεντεύξεων και του σεμιναρίου. Τα συμπεράσματα αυτά αποτελούν στην ουσία εργαλείο αξιολόγησης του CF<sub>2</sub> και CF<sub>2.1</sub>. Στο τέλος αυτού του ερευνητικού κύκλου θα προκύψουν και τα τελικά εννοιολογικά πλαίσια CF<sub>3</sub> και CF<sub>3.1</sub>.

### 7.3.3 Ερευνητικοί κύκλοι

#### 7.3.3.1 Πρώιμος ερευνητικός κύκλος- εννοιολογικό πλαίσιο CF1.

Το CF<sub>1</sub> βασίζεται σε βιβλιογραφικές πηγές από προηγούμενη έρευνα στον τομέα των ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ [30, 284, 315, 317, 319-326]. Περιλήφθηκαν επίσης προηγούμενες έρευνες σχετικά με τις οργανωτικές και διοικητικές διαδικασίες στις κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ που υποστηρίζονται από επιχειρήσεις. Ο λόγος είναι ότι τέτοιου είδους διαδικασίες θεωρούνται ως στρατηγικής σημασίας για την υλοποίηση ενός επιτυχημένου ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ [9, 352-354].

Τα κύρια ευρήματα που προέκυψαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση επικεντρώνονται σε τέσσερα βασικά (και συχνά αναφερόμενα) στοιχεία των επιχειρηματικών μοντέλων. Αυτά είναι (i) το είδος της άδειας ΕΛ/ΛΑΚ (OSS License) που υιοθετήθηκε (ii) η προσφερόμενη αξία (Value offering) του προϊόντος ή της υπηρεσίας ΕΛ/ΛΑΚ (iii) η κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ (OSS Community) (iv) η οργάνωση της παραγωγικής διαδικασίας (Organization of production). Σχηματικά, τα αποτελέσματα του πρώτου εννοιολογικού πλαισίου CF1 αποτυπώνονται στο Σχήμα 7-6.



Σχήμα 7-6. CF1: Βασικές έννοιες των επιχειρηματικών μοντέλων ΕΛ/ΛΑΚ.

#### 7.3.3.2 Πρώτος ερευνητικός κύκλος- εννοιολογικά πλαίσια CF2 και CF2.1.

Στον πρώτο κύκλο της έρευνας, γίνεται ανάλυση του δείγματος των 100 περιπτώσεων ΕΛ/ΛΑΚ προκειμένου να αντληθούν περισσότερες πληροφορίες για καθένα από τα

τέσσερα δομικά στοιχεία του CF1 (Σχήμα 7-6). Τα αποτελέσματα για κάθε ένα από αυτά τα στοιχεία παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

**Άδειες ΕΛ/ΛΑΚ (OSS Licenses):** Οι άδειες χρήσης ΕΛ/ΛΑΚ χρησιμοποιούνται κυρίως ως ασπίδα προστασίας του ελεύθερα διαθέσιμου κώδικα, έτσι ώστε και τα παραγόμενα λογισμικά να παραμένουν ελεύθερα διαθέσιμα. Όπως περιγράψαμε και στην ενότητα 2.3, οι άδειες χρήσης μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις ευρύτερες κατηγορίες, ανάλογα με το μέγεθος της προστασίας που προσφέρουν [29-31]. Αυτές είναι

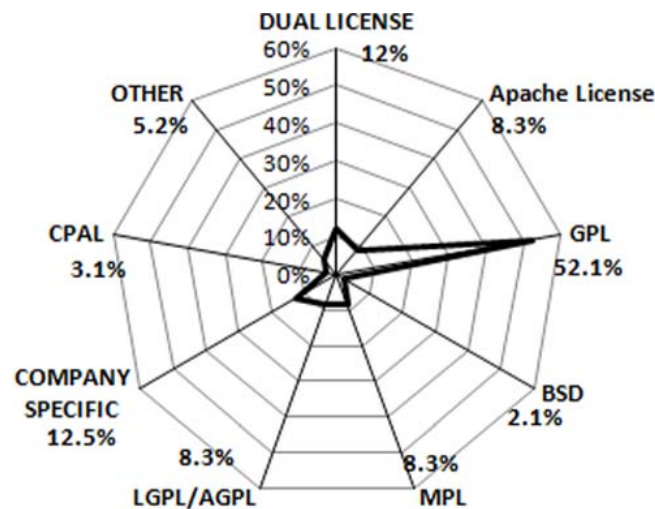
- Οι Ελεύθερες (*Permissive licenses*) άδειες, οι οποίες θέτουν λίγους ή καθόλου περιορισμούς στα παραγόμενα λογισμικά. Τέτοιου τύπου άδειες είναι για παράδειγμα οι BSD και MIT License. Το κύριο μειονέκτημα αυτών των αδειών είναι ότι το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ιδιοτελείς σκοπούς και τα παραγόμενά του να καταλήξουν σε κλειστού τύπου λογισμικό [30].
- οι «Αμοιβαίες» (*Reciprocal licenses*), όπου είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι και οι παραγόμενες διανομές του λογισμικού θα διαθέτουν ελεύθερα τον πηγαίο κώδικα για τροποποίηση ή επαναχρησιμοποίηση. Οι άδειες αυτές είναι και οι πιο δημοφιλείς ανάμεσα στις κοινότητες των προγραμματιστών ΕΛ/ΛΑΚ, για παράδειγμα οι GPL, LGPL και Affero GPL.
- Οι «Εταιρικού τύπου» άδειες (*Corporate type license*). Οι άδειες αυτές είναι λιγότερο αυστηρές από τις «Αμοιβαίες». Παρόλο που διατηρούν κοινά στοιχεία με τις «Αμοιβαίες», όπως περιορισμοί που «κληρονομούνται» σε παράγωγα προϊόντα, οι περιορισμοί αυτοί στοχεύουν κυρίως στην εξασφάλιση ότι μια συγκεκριμένη εταιρεία διατηρεί τον έλεγχο των παράγωγων έργων. Συνήθως, οι άδειες αυτές δημιουργούνται από επιχειρήσεις για να συνοδεύσουν ανοιχτό λογισμικό που έχει αναπτυχθεί ή υποστηρίζεται από αυτές. Για παράδειγμα, η Mozilla Public License (MPL) για το εγχείρημα Mozilla, η Eclipse Public License (EPL) για το Έργο Eclipse, κλπ.

Μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η επιλογή της άδειας ΕΛ/ΛΑΚ είναι στενά συνδεδεμένη με τη στρατηγική προσέγγιση μιας επιχείρησης για την εφαρμογή του ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ, καθώς ορίζει το επίπεδο των κινδύνων που αναλαμβάνει μια εταιρεία με το άνοιγμα του κώδικα στους ανταγωνιστές της. Στο Σχήμα 7-7 παρουσιάζονται τα είδη των αδειών που χρησιμοποιούνται από τα έργα του δείγματος. Οι περισσότερες επιχειρήσεις προτιμούν την επιλογή της GPL (52%) και άλλων αμοιβαίων αδειών, όπως οι AGPL, LGPL, Apache, και Common Public Attribute License (CPAL). Οι άδειες αυτές αφενός εξασφαλίζουν καλές σχέσεις με τους εθελοντές προγραμματιστές, την κοινότητα και την ιδεολογία ΕΛ/ΛΑΚ, καθώς διασφαλίζουν πως το λογισμικό παραμένει ανοιχτό. Αφετέρου, προστατεύουν και την ίδια την εταιρεία από τη περίπτωση που το λογισμικό θα γίνει αντικείμενο εκμετάλλευσης από τρίτους (π.χ. ανταγωνιστές).

Πολλές εταιρείες ακολουθούν μια άλλη πολιτική, εφαρμόζοντας διαφορετικές άδειες στο ίδιο προϊόν, όπου συνήθως, η μια από τις δύο άδειες είναι η άδεια GPL. Η τακτική αυτή καλείται «διπλή άδεια» (*dual license*). Η προσέγγιση αυτή δεν αποτελεί ένα διαφορετικό είδος άδειας, αλλά είναι μάλλον μια επιχειρηματική στρατηγική, όπου μια επιχείρηση προσφέρει δωρεάν χρήση του ανοιχτού πηγαίου κώδικα με μια άδεια ΕΛ/ΛΑΚ, ή, εναλλακτικά, προσφέρει αμοιβή για τα δικαιώματα εμπορικής διανομής και ένα μεγαλύτερο σύνολο χαρακτηριστικών για το προϊόν με μια συνηθισμένη εμπορική άδεια. Η στρατηγική αυτή φαίνεται ιδιαίτερα διαδεδομένη, καθώς ακολουθείται από το 12% του δείγματος.

Η δεύτερη προτίμηση είναι «Εταιρικού τύπου» άδειες (20,8%), στις οποίες οι επιχειρήσεις μπορούν να βάλουν δικούς τους περιορισμούς, διασφαλίζοντας τα δικαιώματά τους, κυρίως ως προς πιθανούς ανταγωνιστές. Οι άδειες αυτές συνήθως

παρέχουν το όνομα της εταιρείας, το οποίο αποτελεί και μια στρατηγική μάρκετινγκ και διαφήμισης του ονόματος της επιχείρησης. Ελάχιστες επιχειρήσεις παίρνουν το ρίσκο της χρησιμοποίησης «ελεύθερων αδειών» (2,1%).



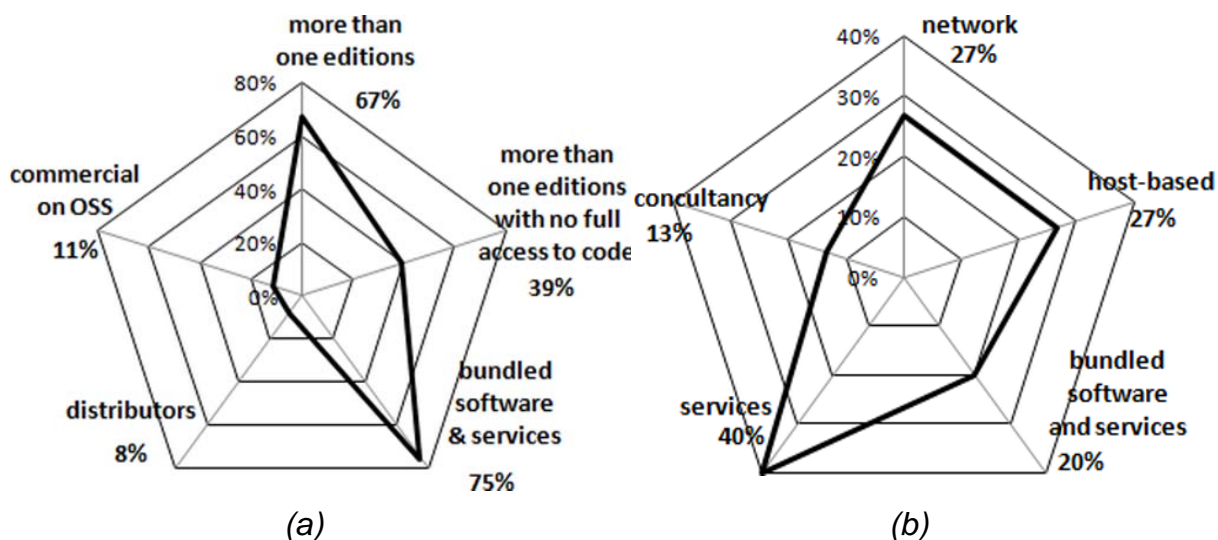
Σχήμα 7-7. Ποσοστά των διαφορετικών αδειών χρήσης ΕΛ/ΛΑΚ στο δείγμα

**Προσφερόμενη αξία (Value Offering):** Στο δείγμα εφαρμόστηκαν δύο επίπεδα ομαδοποίησης, ως προς τον τομέα της αγοράς και ως προς την προσφερόμενη αξία (Value Offering) των προϊόντων αναφοράς. Στο πρώτο επίπεδο, 73 (από τις 100 περιπτώσεις), βρέθηκαν στον τομέα του λογισμικού, 15 στον τομέα των υπηρεσιών και 12 ήταν λογισμικό που έχει σχεδιαστεί για συγκεκριμένη τεχνολογία (π.χ. εκτυπωτές) και υποστηρίζονται από εταιρείες hardware (Παράρτημα V). Στη συνέχεια γίνεται η κατηγοριοποίηση ανάλογα με την «προσφερόμενη αξία», για κάθε μια από τις τρεις αυτές κατηγορίες.

#### Τομέας Λογισμικού.

Τα διαφορετικά είδη «προσφερόμενης αξίας» και τα ποσοστά τους, που βρέθηκαν στο δείγμα παρουσιάζονται στο Σχήμα 7-8(a). Όπως φαίνεται στο σχήμα, η πιο δημοφιλής στρατηγική είναι η προσφορά διαφορετικών εκδόσεων για το ίδιο προϊόν, έτσι ώστε στη κάθε έκδοση να περιλαμβάνονται πρόσθετες δυνατότητες και λειτουργίες, με ποσοστό 67%. Το επιχειρηματικό μοντέλο που αντιστοιχεί στη στρατηγική αυτή, ορίζουμε ως «εκδόσεις προστιθέμενης αξίας» (Added value editions). Στη περίπτωση αυτή υπάρχει μια έκδοση «Κοινότητας» (Community) με τις βασικές λειτουργίες και χωρίς κόστος αγοράς. Συνήθως αυτές οι εκδόσεις βγαίνουν με άδεια χρήσης GPL. Οι άλλες εκδόσεις είναι ενισχυμένες με περισσότερες λειτουργίες και συνήθως έχουν ονομασίες 'Enterprise' και 'Professional' και απαιτούν κάποιο είδος αμοιβής. Η αμοιβή μπορεί να προέρχεται είτε από ετήσιες συνδρομές, είτε –πιο σπάνια- από τη τιμή του προϊόντος (π.χ. Alfresco, Opsview, Compiere, Jaspersoft, κλπ).

Επίσης, η στρατηγική αυτή μπορεί να περιλαμβάνει διαφορετικά επίπεδα διαφάνειας στο κώδικα. Έτσι, αν και οι εκδόσεις «Community» προσφέρουν ελεύθερα τον κώδικα, αυτό δεν είναι απαραίτητο για τις άλλες εκδόσεις. Για παράδειγμα, οι εκδόσεις 'Professional', μπορεί να έχουν κάποια τμήματα κώδικα που δεν είναι ανοιχτός. Την πολιτική αυτή ακολουθεί το 39% του δείγματος. Συνεπώς, ορίζουμε ως «επίπεδο διαφάνειας» (Level of openness) την έκταση στην οποία ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα και σε επιπλέον λειτουργίες.



Σχήμα 7-8. (a) Προσφερόμενη αξία για τον τομέα του λογισμικού (b) Προσφερόμενη αξία για τον τομέα των υπηρεσιών

**Ομαδοποίηση λογισμικού και υπηρεσιών σε ένα πακέτο (Bundling software with services):** Υπάρχει μια υψηλή τάση (75% του δείγματος) να συνδυάζει τα προϊόντα με προσφερόμενες υπηρεσίες, όπως τεκμηρίωση, τεχνική υποστήριξη, εκπαίδευση, ενσωμάτωση του λογισμικού σε υπάρχοντα ΠΣ (integration), τη μετάβαση από άλλο λογισμικό στο νέο (migration), κ.α. Η μέθοδος πληρωμής δεν γίνεται ανά τιμή μονάδας, αλλά έχει τη μορφή συνδρομητικών συμβολαίων. Τα συμβόλαια μπορούν να έχουν διαφορετικά επίπεδα προσφορών, ως προς τον αριθμό των υπηρεσιών και τη διάρκεια του χρόνου που προσφέρονται. Τέτοιες περιπτώσεις είναι JBoss, Compiere, Alfresco, κλπ.

**Διανομείς (Distributors):** προσφέρουν πακέτα διανομών ανοιχτού λογισμικού (συνήθως για το ΛΣ Linux). Τα πακέτα μπορεί να περιλαμβάνουν CD της διανομής, αναβάθμιση εγκαταστάσεων, υπηρεσίες συντήρησης και υποστήριξης. Οι επιχειρήσεις που υιοθετούν αυτό το μοντέλο συνήθως δεν χρεώνουν για το λογισμικό, αλλά το υπόλοιπο του πακέτου διανομής (distribution) με τη μορφή των συνδρομών. Μπορούν επίσης να αποκομίσουν κέρδος από συμπληρωματικό λογισμικό και εφαρμογές που δημιουργούν και «ταιριάζει απόλυτα» με διανομές τους. Αυτή η κατηγορία αντιπροσωπεύει το 8% του δείγματος (π.χ. διανομή Ubuntu της Canonical, Fedora Linux της Red Hat, openSUSE της Novell και πολλές άλλες).

Τέλος, το 11% του δείγματος αφορά σε περιπτώσεις προσφοράς εμπορικών εφαρμογών (οι οποίες μπορεί να είναι κλειστού ή ανοιχτού κώδικα), οι οποίες τρέχουν σε κάποια πλατφόρμα ανοιχτού λογισμικού ή είναι συμπληρωματικό λογισμικό ενός ανοιχτού λογισμικού. Η προσφερόμενη αξία αυτού του λογισμικού είναι ότι προφέρει περισσότερες λειτουργίες, ή αναβαθμίζει το λογισμικό ή το κάνει πιο φιλικό στο χρήστη. Το μοντέλο αυτό το ορίσαμε ως «εμπορικές εφαρμογές ανοιχτού λογισμικού» (Commercial on OSS). Παραδείγματα τέτοιων EM αποτελούν οι Nusphere Corporations με το Nusphere PHP tools, η Acquia Drupal, η NoMachine company (που είναι τμήμα της Medialogic S.p.A. εταιρεία υπηρεσιών για διανομές Linux), κ.α.

### Τομέας υπηρεσιών

Η κατανομή της «προσφερόμενης αξίας» για τον τομέα των υπηρεσιών παρουσιάζεται στο Σχήμα 7-8(b). Όπως φαίνεται στο σχήμα, το 40% αυτής της ομάδας αποτελεί το επιχειρηματικό μοντέλο των «υπηρεσιών» (Services). Οι υπηρεσίες περιλαμβάνουν όλα τα συνηθισμένα είδη των υπηρεσιών που εκτελούνται για το ιδιόκτητο ή κλειστού τύπου λογισμικό, αλλά εξειδικεύονται περισσότερο στο ανοιχτό λογισμικό. Τέτοιες υπηρεσίες είναι η ενσωμάτωση ανοιχτού λογισμικού σε υπάρχοντα ΠΣ, η μετάβαση από ένα

σύστημα σε άλλο που χρησιμοποιεί ή είναι εξολοκλήρου ΕΛ/ΛΑΚ, εκπαίδευση στη χρήση και εγκατάσταση λογισμικών ΕΛ/ΛΑΚ, προσαρμογή ΕΛ/ΛΑΚ στις ανάγκες της εταιρείας, τεχνική υποστήριξη, απομακρυσμένη διαχείριση του διακομιστή, την ασφάλεια και τη συντήρηση. Επιπλέον, η υπηρεσία "πιστοποίηση" αφορά αποκλειστικά ΕΛ/ΛΑΚ λογισμικό και είναι ο έλεγχος που πραγματοποιείται προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι το λογισμικό πακέτο συμμορφώνεται με ένα προκαθορισμένο σύνολο κανόνων. Η εταιρεία που εκδίδει την πιστοποίηση είναι νομικά υπεύθυνη για την εν λόγω συμμόρφωση (π.χ. OpenLogic).

Ως υποσύνολο της κατηγορίας «υπηρεσιών», είναι η «ομαδοποίηση λογισμικού και υπηρεσιών σε ένα πακέτο». Σε αυτή τη περίπτωση, επιχειρήσεις υπηρεσιών αναπτύσσουν και προσφέρουν λογισμικό ανοιχτού κώδικα δωρεάν, φιλοδοξώντας να προσελκύσουν πελάτες για τις προσφορές των υπηρεσιών τους. Σε όλες τις περιπτώσεις η μέθοδος πληρωμής είναι με βάση τις συμβάσεις συνδρομής σε διαφορετικές τιμές ανάλογα με τον αριθμό των υπηρεσιών και τη διάρκειά της. (π.χ. Infrae, Zenoss, Cloud.com, κλπ).

Η κατηγορία «Δίκτυο» (*Network*), αφορά ενώσεις οργανώσεων από διαφορετικές τοποθεσίες σε όλο τον κόσμο, που αναπτύσσει λογισμικό προσαρμοσμένο κατά παραγγελία στις ανάγκες των πελατών κυρίως σε ποιο εξειδικευμένες αγορές. Επιτυχής παραδείγματα του μοντέλου είναι Ορίχο, Zea Συνεργάτες και Infrae.

Τέλος, η κατηγορία «υπηρεσιών διαδικτύου» (*Host based*) δημιουργεί αξία με έναν μάλλον έμμεσο τρόπο. Περιλαμβάνει τις εταιρείες που χρησιμοποιούν ΕΛ/ΛΑΚ ως πλατφόρμα για εφαρμογές και υπηρεσίες διαδικτύου. Οι επιχειρήσεις μπορούν να μειώσουν το κόστος της εφαρμογής και/ή να προσαρμόσουν την πλατφόρμα ΕΛ/ΛΑΚ στις ιδιαίτερες ανάγκες τους. Η Google, eBay, Amazon, πάροχοι εφαρμογών και υπηρεσιών διαδικτύου (*application service providers -ASP*), οι Cloud.Com και eyeOS για cloud computing, κλπ. κάνουν βαριά χρήση του ΕΛ/ΛΑΚ για την παροχή υπηρεσιών και εφαρμογών στους πελάτες τους.

*Τομέας υλικού και συσκευών Η/Υ.*

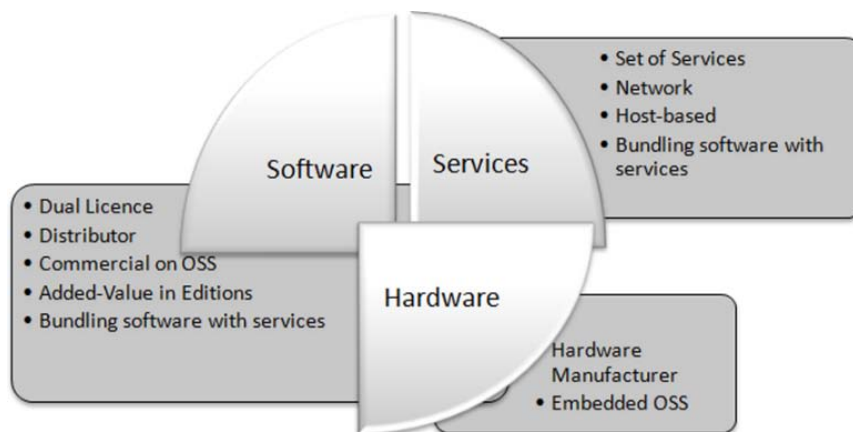
Στην κατηγορία αυτή αναγνωρίστηκαν 8 περιπτώσεις λογισμικού εργαλείων και οδηγών (*tools και drivers*) για συγκεκριμένους κατασκευαστές υλικού (π.χ. εργαλεία λογισμικού για το SONY VAIO, οι *drivers* για τους εκτυπωτές της Hewlett Packard, κ.λπ.) και 4 περιπτώσεις σχετικά με λογισμικό ενσωματωμένο σε συσκευές (*embedded software*) π.χ. το δημοφιλές Android υποστηρίζεται από την Open Handset Alliance, το Embedded Linux Development Kit(ELDK) από τη Denx, κλπ.

Οι κατασκευαστές *hardware (Hardware manufacturers)* συνήθως δημιουργούν οι ίδιοι το λογισμικό που είναι απαραίτητο για τη λειτουργία των προϊόντων τους, όπως *drivers*, εργαλεία διαμόρφωσης, κλπ. Καθώς τα έσοδά τους δε προέρχονται από το λογισμικό, η δημιουργία κώδικα αποτελεί μια πρόσθετη επιβάρυνση και είναι ένα κέντρο κόστους. Έτσι, πολλοί κατασκευαστές *hardware* απελευθερώνουν τον ήδη υπάρχοντα κώδικα ως ΕΛ/ΛΑΚ ή στηρίζουν οικονομικά κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ, έτσι ώστε να αποκτήσουν ανθρώπινο δυναμικό για την ανάπτυξη και συντήρηση του απαραίτητου για τη λειτουργία των προϊόντων τους λογισμικού. Η τακτική αυτή, αποτελεί επίσης και μια πρακτική μάρκετινγκ, καθώς η υποστήριξη των κοινοτήτων ΕΛ/ΛΑΚ μπορεί να τους αποφέρει δημοτικότητα.

Το ενσωματωμένο λογισμικό ανοικτού κώδικα (*embedded software*) είναι προσαρμοσμένο λογισμικό για τη λειτουργία συσκευών που δεν είναι Η/Υ, αλλά έχουν υπολογιστική ικανότητα (π.χ. κινητά τηλέφωνα, χειριστήρια μηχανής). Το πιο διαδεδομένο ΕΛ/ΛΑΚ για ενσωματωμένα συστήματα (*embedded systems*) είναι το ΛΣ Linux. Τα ευρήματα της κατηγορίας 'value offering' δημιουργούν ένα αρχικό μοντέλο



ταξινόμησης των ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ, CF2.1. Στο μοντέλο αυτό προσθέσαμε τη στρατηγική «dual license» η οποία εφαρμόζεται από το 12% του δείγματος. Το μοντέλο ταξινόμησης CF2.1 απεικονίζεται στο Σχήμα 7-9.



Σχήμα 7-9. CF2.1. Ταξινόμηση ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ

**Κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ (OSS community):** Όλες οι περιπτώσεις του δείγματος που αναπτύσσουν λογισμικό OSS έχουν δημιουργήσει μια κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ μέσω της οποίας μπορούν να αλληλεπιδρούν με πιθανούς χρήστες και προγραμματιστές. Το στοιχείο της «κοινότητας» (*community*) έχει μια περίοπτη θέση στην ιστοσελίδα του έργου, με σημαντικό χώρο και πολλές λειτουργίες, αποκαλύπτοντας ότι όλες οι επιχειρήσεις θεωρούν την κοινότητα και τη σχέση τους με αυτή, ως μεγάλης σημασίας. Στην «κοινότητα», οι δυνητικοί χρήστες μπορούν να βρουν υποστήριξη, τεκμηρίωση, πρόσθετο κώδικα ή να υποβάλλουν αιτήσεις για υποστήριξη και πρόσθετες λειτουργίες. Μπορούν επίσης να λάβουν μέρος σε φόρουμ και να συμμετέχουν ενεργά με την ανάπτυξη κώδικα. Προφανώς, οι επιχειρήσεις αφιερώνουν επιπλέον προσπάθεια και χρήματα για να επενδύσουν σε μια ισχυρή κοινότητα. Αυτό αποτελεί μια ένδειξη της σημασίας και της ανάγκης των επιχειρήσεων να επιτευχθεί η καλύτερη συνεργασία με την κοινότητα, και συνεπώς με τους χρήστες του προϊόντος. Η κοινότητα μπορεί να γίνει ένα βασικό στοιχείο της υποδομής της επιχείρησης, δεδομένου ότι προσφέρει πολύτιμους πόρους του κώδικα, των προγραμματιστών και τη συνεχή ανατροφοδότηση από τους χρήστες [355].

Επιπλέον, ο κώδικας που παράγεται από τις κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ, επιτρέπει τη συχνή απελευθέρωση νέων εκδόσεων σε σύντομους κύκλους, που δημιουργούν σε μια επιχείρηση τις προϋποθέσεις για το πλεονέκτημα της πρώτης κίνησης (*first mover advantage*). Επίσης, όταν η κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ είναι ισχυρή, μπορεί να χρησιμεύσει ως διαφημιστικό μέσο για τη διάχυση του προϊόντος σε σύντομο χρονικό διάστημα, το οποίο αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα σε μια αγορά που χαρακτηρίζεται από δικτυακές εξωτερικότητες (*network effects*). Μια σειρά από έρευνες συμφωνούν ότι τα ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ είναι προσανατολισμένα στην κοινότητα και οι εταιρείες αναζητούν τους καλύτερους δυνατούς τρόπους σύνδεσης των προϊόντων τους με μια ισχυρή κοινότητα [263, 285, 322].

**Οργάνωση διοίκησης και παραγωγής (Organization of production and governance):** Οι πρακτικές των επιχειρήσεων για την εσωτερική οργάνωση και τη σχέση με τις αντίστοιχες κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ υπήρξε το αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας [321, 353, 354, 356, 357]. Από την άποψη της παραγωγής (*production*), έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία διαφορετικές πρακτικές εργασίας που αφορούν στη κατανομή των μελών της ομάδας έργου, στα επίπεδα πρόσβασης σε εξωτερικούς συμμετέχοντες για επιθεώρηση και επικύρωση κώδικα, στα διαφορετικά επίπεδα δικαιωμάτων κατά τη διαδικασία υποβολής κώδικα (*commits*), στα δικαιώματα για δημιουργία νέων υποέργων, στη δυνατότητα παρακολούθησης της διαδικασίας

παραγωγής. Όσον αφορά στη διοίκηση (*governance*), υπάρχουν διαφορετικές εργασιακές πρακτικές που αναφέρονται στη σχετική βιβλιογραφία, σχετικά με τα δικαιώματα πρόσβασης σε προγραμματιστές και την αυστηρότητα που επιβάλλεται σε διαδικασίες, όπως το να γίνει κάποιος μέλος της κοινότητας, να αποκτήσει το αξίωμα της απελευθέρωσης νέων εκδόσεων (*release authority*) και την ηγεσία του έργου (*project leader*).

Για τη διαπίστωση των παραπάνω συμπερασμάτων εξετάστηκε ένα υποσύνολο από 20 περιπτώσεις του δείγματος. Δηλαδή εξαιρέθηκαν οι περιπτώσεις των τομέων υλικού (*hardware*) και υπηρεσιών (*services*), καθώς και ορισμένες περιπτώσεις όπου οι σχετικές πληροφορίες δεν μπορούσαν να ανιχνευθούν. Η εξέταση του δείγματος περιελάμβανε την αναγνώριση οποιασδήποτε από τις παραπάνω πρακτικές και στις δύο πλευρές των διαδικασιών παραγωγής και διοίκησης. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης συνοψίζονται στον Πίνακα 7-1.

Όπως φαίνεται στον πίνακα, οι περισσότεροι περιορισμοί επιβάλλονται στις διαδικασίες διοίκησης, όπου οι επιχειρήσεις προτιμούν να διατηρούν έλεγχο. Στη διαδικασία παραγωγής, οι περισσότερες επιχειρήσεις προτιμούν διαβαθμισμένα επίπεδα πρόσβασης, αν και οι χρήστες έχουν μεγάλη ελευθερία στη διαδικασία υποβολής κώδικα.

**Πίνακας 7-1. Οργάνωση διοίκησης και παραγωγής σε κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ**

<b>Παραγωγή</b>	<b>Ποσοστό*</b>	<b>Διοίκηση</b>	<b>Ποσοστό *</b>
Διαβαθμισμένα επίπεδα πρόσβασης στον κώδικα	65%	Αυστηρότητα στη διαδικασία εισαγωγής μελών	15%
Επίπεδα δικαιωμάτων στη διαδικασία υποβολής κώδικα ( <i>commit</i> )	65%	Ηγεσία έργου σε μέλη	20%
Διαφάνεια στη διαδικασία παραγωγής	75%	Εξουσιοδότηση για νέες εκδόσεις	45%
* Σε δείγμα από 20 περιπτώσεις του τομέα αγοράς λογισμικού ( <i>S/W sector</i> )			

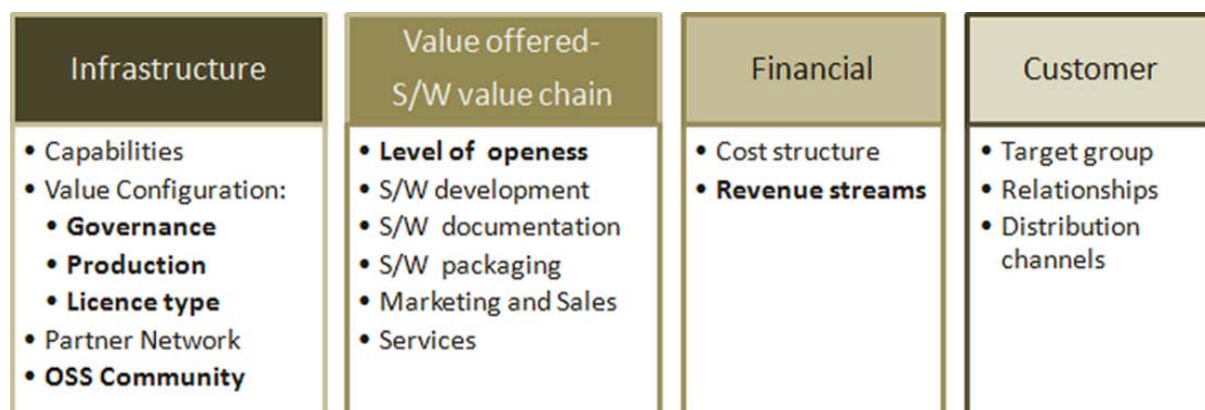
### Οντολογικό μοντέλο

Τα ευρήματα του πρώτου ερευνητικού κύκλου συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- i. Επιλογή του τύπου άδειας ΕΛ/ΛΑΚ, ανάλογα με τη στρατηγική της εταιρείας. Οι αμοιβαίες άδειες εξασφαλίζουν καλή σχέση με την κοινότητα, οι «εταιρικού τύπου» άδειες μπορούν να αποτελέσουν πρακτική *marketing* και η στρατηγική της «διπλής άδειας» (*dual license*).
- ii. Δημιουργία και υποστήριξη μιας «κοινότητας ΕΛ/ΛΑΚ» (*OSS Community*). Η κοινότητα μπορεί να προσφέρει σημαντικούς πόρους σε κώδικα, προγραμματιστές και συνεχή ανατροφοδότηση από τους χρήστες, δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για σύντομους κύκλους εκδόσεων. Η κοινότητα μπορεί επίσης να αποτελέσει ένα διαφημιστικό μέσο.
- iii. Η προσφερόμενη αξία (*Value offering*) στους δυνητικούς χρήστες μπορεί να εμφανίζεται σε οποιοδήποτε τμήμα της αλυσίδας παραγωγής, δηλαδή στην ανάπτυξη κώδικα, τεκμηρίωση, δημιουργία πακέτου έκδοσης, *marketing* και υπηρεσίες. Για παράδειγμα, μια εταιρεία μπορεί να προσφέρει μόνο το τμήμα «δημιουργίας πακέτου λογισμικού», ή μόνο το τμήμα «τεκμηρίωση» από ένα λογισμικό που έχει αναπτυχθεί από την κοινότητα. Τα διαφορετικά είδη εμπορίας των τμημάτων της αλυσίδας παραγωγής, αναλύονται στην προτεινόμενη ταξινόμηση EM ΕΛ/ΛΑΚ του μοντέλου CF2.1.

- iv. Η αξία προέρχεται επίσης από το «επίπεδο διαφάνειας» το οποίο μια εταιρεία επιτρέπει και το οποίο υλοποιείται μέσω διαφορετικών τύπων εκδόσεων του ίδιου προϊόντος. Το στοιχείο αυτό δε συναντάται στα EM ιδιόκτητου λογισμικού.
- v. Μοντέλα εσόδων (*Revenue models*): Άμεσα έσοδα με τη μορφή συνδρομητικών συμβολαίων και έμμεσα με τη μορφή μείωσης εξόδων και πρακτικής marketing.
- vi. Διαμόρφωση και ρύθμιση της οργάνωσης της διοίκησης και της παραγωγής με διαφορετικά επίπεδα περιορισμών και δικαιωμάτων.

Για τη δημιουργία ενός γενικού EM ΕΛ/ΛΑΚ χρησιμοποιείται ως βάση το οντολογικό μοντέλο του Osterwalder [341]. Στη συνέχεια, συνδέονται τα δομικά στοιχεία του ΕΛ/ΛΑΚ που προσδιορίστηκαν κατά τον πρώτο ερευνητικό κύκλο – αποτελέσματα (i)-(vi), με τα δομικά στοιχεία του οντολογικού EM Osterwalder [341]. Ο συνδυασμός αυτός οδηγεί στο προτεινόμενο οντολογικού EM ΕΛ/ΛΑΚ (εννοιολογικό μοντέλο CF2) που απεικονίζεται στο Σχήμα 7-10.



Σχήμα 7-10. CF2. Οντολογικό επιχειρηματικό μοντέλο ΕΛ/ΛΑΚ

Το δομικό στοιχείο «Υποδομή» (*Infrastructure*) αποτελείται από τρεις συνιστώσες:

- Την «ικανότητα» (*Capability*), που περιγράφει τους πόρους και τις βασικές ικανότητες που είναι απαραίτητες για την λειτουργία της επιχείρησης και του επιχειρηματικού μοντέλου της.
- Το «Δίκτυο Συνεργατών» (*Partner Network*), το οποίο απεικονίζει το δίκτυο των συνεργαζόμενων εταιρειών το οποίο είναι απαραίτητο για την αποτελεσματική εμπορευματοποίηση της αξίας του προϊόντος.
- Τη «Διαμόρφωση Αξίας» (*Value Configuration*), που περιγράφει τη ρύθμιση των δραστηριοτήτων και των πόρων.

Επιπλέον και με βάση τα αποτελέσματα του πρώτου ερευνητικού κύκλου προστίθενται τα ακόλουθα δομικά στοιχεία:

- «Κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ» (*OSS Community*), σύμφωνα με τα συμπεράσματα της παραγράφου (ii).
- «Τύπος αδειών ΕΛ/ΛΑΚ» (*Licence type*), «παραγωγή» (*Production*) και «διοίκηση» (*Governance*), οι οποίες αφορούν στο μοντέλο οργάνωσης της επιχείρησης. Σύμφωνα με τα συμπεράσματα των (i), (vi), τα δομικά αυτά στοιχεία τοποθετούνται κάτω από το στοιχείο «Διαμόρφωση αξίας» (*Value Configuration*).

Η «προσφερόμενη αξία» (*Value offered*) αφορά κυρίως στη χρησιμότητα ενός προϊόντος λογισμικού που προέρχεται από τα λειτουργικά στοιχεία ή το είδος της υπηρεσίας που προσφέρεται. Κάτω από αυτό το στοιχείο, προσθέτουμε τα δομικά στοιχεία «επίπεδο διαφάνειας» (*Level of openness*) και όλα τα τμήματα της αλυσίδας

παραγωγής του λογισμικού. Η «προσφερόμενη αξία» μπορεί να αναλυθεί περαιτέρω στη ταξινόμηση EM ΕΛ/ΛΑΚ CF2.1.

«Πελάτης» (*Customer*): Αυτό το μέρος του επιχειρηματικού μοντέλου περιγράφει την ομάδα χρηστών που η εταιρεία έχει ως στόχο, τα διάφορα μέσα που χρησιμοποιεί η εταιρεία για να επικοινωνεί με τους πελάτες της και το είδος των δεσμών που μια εταιρεία δημιουργεί με τους πελάτες της.

«Οικονομικές Πτυχές» (*Financial Aspects*): Το στοιχείο «Δομή κόστους» (*Cost Structure*) αντιστοιχεί στο σύνολο των νομισματικών συνεπειών που προέρχονται από τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση του επιχειρηματικού μοντέλου. Σε αντίθεση με το ιδιόκτητο λογισμικό, σε ένα EM ΕΛ/ΛΑΚ «τα μοντέλα εσόδων» δεν προέρχονται από χρέωση των αδειών χρήσης του λογισμικού, αλλά όπως αναφέρεται στο σημείο (v), μπορεί να έχουν άμεση και / ή έμμεσα κέντρα κέρδους.

### 7.3.3.3 Δεύτερος ερευνητικός κύκλος- εννοιολογικά πλαίσια CF3 και CF3.1.

Ο δεύτερος ερευνητικός κύκλος δέχεται ως πηγή εισόδου τα ευρήματα του προηγούμενου ερευνητικού κύκλου, για την αξιολόγηση και επικύρωσή τους με τη μέθοδο που περιγράφεται στην ενότητα 7.3.2 (Σχήμα 7-5). Ο δεύτερος ερευνητικός κύκλος στοχεύει στην ενίσχυση των θεωρητικών μοντέλων με πιθανά πρόσθετα χαρακτηριστικά που μπορεί να μην έχουν προκύψει και/ή παραλείφθηκαν στο δείγμα του πρώτου κύκλου έρευνας ή την απόρριψη άλλων στοιχείων.

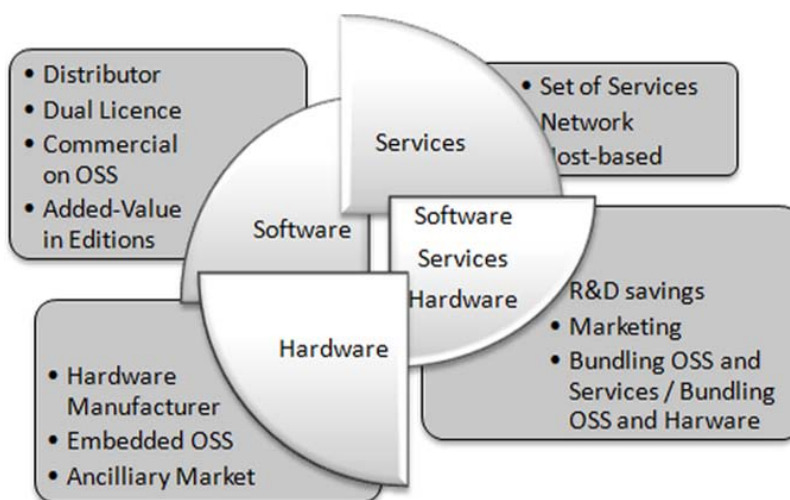
Αρχικά επικυρώνεται το εννοιολογικό πλαίσιο CF2.1 με σύγκριση των αποτελεσμάτων από την αντίστοιχη βιβλιογραφία (Παράρτημα VI(A)). Παρά το γεγονός ότι τα επιχειρηματικά μοντέλα που βρέθηκαν στο δείγμα, επικυρώθηκαν από τη βιβλιογραφία, η σύγκριση αποκάλυψε και κάποιες διαφορές. Πρώτον, το επιχειρηματικό μοντέλο «*Added value editions*» δεν αναφέρεται σε σχετική βιβλιογραφία. Συνεπώς, αποτελεί ένα νέο εύρημα της παρούσας έρευνας. Δεύτερον, εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία τρία επιπλέον EM ΕΛ/ΛΑΚ τα οποία δεν περιλαμβάνονταν στο δείγμα της έρευνας. Αυτά είναι, το μοντέλο «Επικουρική αγορά» (*Ancillary market*) και αναφέρεται στην πώληση σχετικών με το ΕΛ/ΛΑΚ προϊόντων που δεν είναι λογισμικό, όπως βιβλία ή άλλες εκδόσεις για το ΕΛ/ΛΑΚ (π.χ. ο εκδοτικός οίκος O' Reilly), και άλλα φυσικά στοιχεία ή αντικείμενα (π.χ. μπλουζάκια, συλλεκτικά αντικείμενα, κλπ.) [30], [323], [317]. Επίσης, δύο μοντέλα έμμεσων εσόδων, δηλαδή η χρησιμοποίηση του ΕΛ/ΛΑΚ ως στρατηγική μάρκετινγκ και ως μέσο για την εξοικονόμηση κόστους για την έρευνα και ανάπτυξη (*R&D*) [30], [323], [325], [321]. Οι δύο αυτές στρατηγικές μπορούν εφαρμοστούν σε όλους τους τομείς της αγοράς των ΤΠΕ. Το επιχειρηματικό μοντέλο «*Ancillary market*» τοποθετείται κάτω από τον τομέα του υλικού, όπως και στη σχετική βιβλιογραφία.

Στη συνέχεια, το εννοιολογικό πλαίσιο CF2.1 αξιολογήθηκε περαιτέρω μέσω των αποτελεσμάτων από τις συνεντεύξεις και το σεμινάριο, όπως περιγράφεται στην ενότητα 7.3.2. Οι περισσότεροι από τους ερωτηθέντες (72%) γνώριζαν 9 από τα 13 επιχειρηματικά μοντέλα που βρέθηκαν στον πρώτο ερευνητικό κύκλο, αν και οι περισσότεροι από αυτούς (65%), τα χαρακτήρισε ως «επιχειρηματικές πρακτικές» ή «στρατηγικές» και όχι «μοντέλα». Όλα τα EM της CF2.1 ήταν γνωστά στους ερωτηθέντες, με το μοντέλο «*Ancillary market*» να είναι το λιγότερο γνωστό (28%), ενώ τα μοντέλα '*Added value editions*' και '*Distributor*' ήταν τα περισσότερο γνωστά με ποσοστό αναφοράς 94%. Επίσης πολύ γνωστές ήταν οι πρακτικές έμμεσου κέρδους με τη χρήση του ΕΛ/ΛΑΚ, δηλαδή η πολιτική μάρκετινγκ που περιλαμβάνει συμμετοχή σε έργα ΕΛ/ΛΑΚ για τη προβολή του «εμπορικού σήματος» (*Brand name*) της εταιρείας (93%), και η «εξοικονόμηση κόστους σε R&D» (ποσοστό 94%).

Στην ερώτηση «ποια είναι η γνώμη σας σχετικά με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του κάθε μοντέλου ΕΛ/ΛΑΚ» υπήρξε σύγκλιση των απόψεων, η πιο

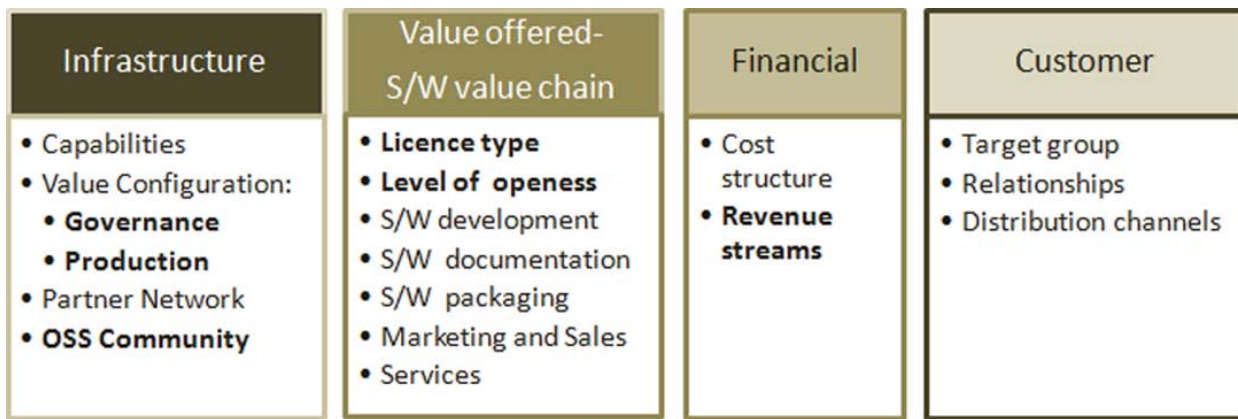
συχνές από τις οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα VI(A). Τέλος, αναφέρθηκαν κοινά στοιχεία μεταξύ των διαφορετικών τομέων της αγοράς, δηλαδή το μοντέλο *'Bundling of software and services'* όπου βρέθηκε στο τομέα του λογισμικού και των υπηρεσιών. Επίσης το μοντέλο *'Bundled OSS with hardware'*, το οποίο αποτελεί ένα οικονομικό σύστημα πώλησης και βρέθηκε στους τομείς λογισμικού και υλικού. Λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα ευρήματα, η ταξινόμηση CF2.1 βελτιώνεται στο εννοιολογικό μοντέλο CF3.1 (Σχήμα 7-11).

Δεδομένου ότι δεν υπάρχει προηγούμενη προσπάθεια για τη δημιουργία ενός οντολογικού επιχειρηματικού μοντέλου ΕΛ/ΛΑΚ και συνεπώς δεν υπάρχει σχετική βιβλιογραφία για την επικύρωση, το μοντέλο CF2 αξιολογείται μόνο με βάση το εργαστήριο και τις απαντήσεις των συνεντεύξεων. Η οντολογική προσέγγιση του ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ εξηγήθηκε στους συμμετέχοντες και τους ζητήθηκε να σχολιαστεί το επίπεδο της επάρκειας των προτεινόμενων δομικών στοιχείων, δηλαδή εάν αυτές οι δομές θα πρέπει να υπάρχουν στο μοντέλο και αν ναι, εάν έχουν τοποθετηθεί στη σωστή θέση του οντολογικού μοντέλου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα VI(B). Η πλειοψηφία των ερωτηθέντων συμφώνησε με την επάρκεια των στοιχείων ως δομές του οντολογικού ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ. Ένα μικρό ποσοστό διαφώνησε με τις δομές «επίπεδο της διαφάνειας» (*Level of openness*) (18%) και «διοίκηση» (*Governance*) (11%), ενώ άλλοι δεν ήταν σίγουροι για την επάρκεια του «επιπέδου της διαφάνειας» (*Level of openness*) (5%) και την «παραγωγή» (*Production*) (12%).



Σχήμα 7-11. CF3.1. Ταξινόμηση ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ

Ως προς την τοποθέτηση των δομικών στοιχείων, η αξιολόγηση αποκάλυψε μια δομική ανατιστοιχία. Πιο συγκεκριμένα, το 79% των ερωτηθέντων θεώρησε το δομικό στοιχείο *'Licence type'* ως τμήμα της δομής *'Value offered'* και όχι της δομής *'Value configuration'*. Αυτό ήταν ένα σωστό αποτέλεσμα, καθώς ο τύπος άδειας είναι πιο στενά συνδεδεμένος με την αλυσίδα παραγωγής λογισμικού, παρά με τις υποδομές της επιχείρησης. Για τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία, οι πλειοψηφία των ερωτηθέντων συμφώνησαν με τη τοποθέτησή τους στο μοντέλο. Ένα ποσοστό δεν ήταν σίγουροι για τη τοποθέτηση των *'Level of openness'* (15%) και *'Production'* (12%). Τέλος, το 20% των ερωτηθέντων πρότειναν νέες δομές και τοποθέτησή τους, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγές σε έναν επόμενο ερευνητικό κύκλο. Λαμβάνοντας υπόψη και αυτά τα ευρήματα, το μοντέλο CF2 βελτιώνεται στο τελικό οντολογικό ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ CF3 (Σχήμα 7-12).



Σχήμα 7-12. CF3. Οντολογικό επιχειρηματικό μοντέλο ΕΛ/ΛΑΚ

### 7.3.4 Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας συντελούν στη δημιουργία ενός γενικευμένου οντολογικού επιχειρηματικού μοντέλου ΕΛ/ΛΑΚ. Επίσης, μια κάθετη ανάλυση της δομής «Value offered» του οντολογικού μοντέλου, προσφέρει τη δυνατότητα ταξινόμησης των διαφορετικών στρατηγικών των επιχειρήσεων για άμεσο ή έμμεσο κέρδος μέσω της δραστηριοποίησής τους με το ΕΛ/ΛΑΚ. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα αποτελέσματα προέκυψαν μέσα από τη μελέτη συγκεκριμένων περιπτώσεων μοντέλων ΕΛ/ΛΑΚ, προκύπτει ότι τα εννοιολογικά μοντέλα CF3.1 και CF3, προσφέρουν ένα ολιστικό πλαίσιο μελέτης των ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ.

Τα αποτελέσματα από την μελέτη περιπτώσεων και ανάλυση των δεδομένων δείχνουν ότι τα ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ επηρεάζονται από ένα συνδυασμό τεχνολογικών και επιχειρηματικών στοιχείων. Οι συγγραφείς ακολουθούν την κατάταξη και ορολογία του ΕΛ/ΛΑΚ, ομαδοποιώντας τα πορίσματα της μελέτης, επιτρέποντας σε νέες έννοιες και διαστάσεις των ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ να αναδυθούν μέσα από αυτές τις ομάδες. Οι έννοιες αυτές με τη σειρά τους αποκαλύπτουν τα δομικά στοιχεία της οντολογικής υπόστασης του επιχειρηματικού μοντέλου ΕΛ/ΛΑΚ. Επιπλέον, από την κάθετη ανάλυση της δομής «προσφερόμενης αξίας» προέκυψε η ταξινόμηση των ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ ανάλογα με τον τομέα της αγοράς που προκύπτουν. Η έρευνα ανέδειξε ένα νέο επιχειρηματικό μοντέλο, το μοντέλο «εκδόσεις προστιθέμενης αξίας».

Συνολικά, το ολιστικό πλαίσιο παρέχει γνώσεις σχετικά με τα κρίσιμα στοιχεία της οντολογίας ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ, ρητή ταξινόμηση σχετικά με τις διάφορες εφαρμογές επιχειρηματικών μοντέλων και τους αντίστοιχους κινδύνους και ευκαιρίες που προκύπτουν από την υλοποίησή τους. Καθώς το ΕΛ/ΛΑΚ γνωρίζει μεγάλη διάχυση τα τελευταία χρόνια, τα ευρήματα της έρευνας μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμο εργαλείο τόσο για ερευνητές, όσο και για επιχειρήσεις. Για τους ερευνητές, μπορεί να γίνει η βάση για τη δημιουργία ενός κοινού οντολογικού ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ, με αποσαφήνιση και ενοποίηση των ασαφών εννοιών, χαρακτηριστικών και δομών των διαφορετικών ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ. Η προτεινόμενη ταξινόμηση δεν αποτελεί μια τελική και οριστική πρόταση, καθώς τα επιχειρηματικά μοντέλα ΕΛ/ΛΑΚ συνεχίζουν να εξελίσσονται και νέες και ενδιαφέρουσες παραλλαγές αναμένεται να αναδυθούν στο μέλλον. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει προηγούμενο πλαίσιο του είδους, η παρούσα μελέτη φιλοδοξεί να δημιουργήσει μια αποτελεσματική βάση για τη μελλοντική έρευνα στον τομέα αυτό.

Ωστόσο, ακόμη και στην τρέχουσα μορφή του, το πλαίσιο μπορεί επίσης να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για τους διαχειριστές και υπεύθυνους λήψης αποφάσεων που θα ήθελαν να αποτιμήσουν τις βασικές παραμέτρους, τις ευκαιρίες και κινδύνους που περιλαμβάνει η προσαρμογή του επιχειρηματικού τους μοντέλου σε ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ. Το εργαλείο συνοψίζει τις γνώσεις αρχιτεκτονικής και δομικών στοιχείων του ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ,

τις διαφορετικές εφαρμογές και τις ευκαιρίες και κινδύνους από τη μελέτη πραγματικών περιπτώσεων της αγοράς.

Τα αποτελέσματα της έρευνας δημοσιεύτηκαν στο επιστημονικό περιοδικό Journal of Open Source Software and Processes [4].

#### 7.3.4.1 Περιορισμοί της έρευνας και των αποτελεσμάτων

Ένας περιορισμός της έρευνας είναι το περιορισμένο δείγμα των 100 περιπτώσεων. Επίσης, υπάρχει ανισότητα στα ποσοστά των περιπτώσεων ανάμεσα στους διαφορετικούς τομείς της αγοράς. Κατά συνέπεια, θεωρείται ότι τα εννοιολογικά πλαίσια μπορούν να βελτιωθούν περαιτέρω σε μελλοντικούς κύκλους έρευνας. Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας αποτελούν μια αποτελεσματική βάση για ένα ευρύτερο οντολογικό πλαίσιο αναφοράς. Περαιτέρω έρευνα μπορεί επίσης να επικεντρωθεί στον εντοπισμό των παραγόντων που επηρεάζουν την επιτυχή εφαρμογή των ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ.

#### 7.4 Μελέτη του ανταγωνισμού και δομής της αγοράς των λειτουργικών συστημάτων.

Ο ανταγωνισμός της αγοράς λογισμικού λόγω της ύπαρξης του ανοιχτού λογισμικού, αποτελεί αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας [6-14]. Παρόλα αυτά, οι περισσότερες από αυτές είναι κυρίως ποιοτικές και βασίζονται σε θεωρητικά οικονομικά μοντέλα, τα οποία δεν είναι σε θέση να εκτιμήσουν την πραγματική εξέλιξη στη δομή της αγοράς. Επιπλέον, θεωρούν ολιγοπωλιακές αγορές με δύο είδη λογισμικού: το ΕΛ/ΛΑΚ και κάποιο ιδιόκτητο λογισμικό, χωρίς να εξετάζονται οι ανταγωνιστικές σχέσεις μεταξύ περισσότερων παικτών της αγοράς.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να συνεισφέρει σε αυτό το κενό στη βιβλιογραφία, μελετώντας την εξέλιξη της δομής και συγκέντρωσης της αγοράς, όπως αυτή διαμορφώνεται λόγω της ύπαρξης του ΕΛ/ΛΑΚ και λαμβάνοντας υπόψη τρία ανταγωνιστικά είδη λογισμικού.

Για το σκοπό αυτό, μελετάται η περίπτωση της αγοράς των ΛΣ για τη περίπτωση χρήσης γραφείου (desktop –DP και laptop LP). Η επιλογή της συγκεκριμένης αγοράς γίνεται για δύο λόγους. Πρώτον, γιατί το λειτουργικό σύστημα είναι λογισμικό υποδομής, απαραίτητο για τη λειτουργία όλων των υπολογιστών και συνεπώς είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο σε όλα τα επίπεδα χρηστών. Δεύτερον, γιατί η συγκεκριμένη αγορά χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης. Συνεπώς, έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η εξέλιξη της δομής της, στο αν δηλαδή παραμένει μονοπωλιακή ή εξελιχθεί σε πιο ανταγωνιστική. Επίσης, ανακύπτουν ερευνητικά ερωτήματα, όπως:

- Μπορεί να επιβιώσει το ΛΣ Linux σε μια αγορά με υψηλή συγκέντρωση;
- Μπορεί να αλλάξει η δομή της αγοράς προς πιο ανταγωνιστική;
- Πώς μεταβάλλεται η δομή της αγοράς με το χρόνο;
- Υπάρχει σημείο ισορροπίας της αγοράς;
- Υπάρχουν συνθήκες που μπορεί να αλλάξουν ριζικά τη δομή της αγοράς;

Η έρευνα επιχειρεί να απαντήσει στα παραπάνω ερωτήματα, χρησιμοποιώντας ιστορικά δεδομένα των τριών βασικών ανταγωνιστών της αγοράς, δηλαδή το ΛΣ Linux που είναι ανοιχτό λογισμικό, το ΛΣ Mac OSX που προσφέρεται από την Apple ως ιδιόκτητο, αλλά είναι βασισμένο σε ΕΛ/ΛΑΚ και το ΛΣ Windows που προσφέρεται από τη Microsoft ως ιδιόκτητο και κλειστού κώδικα λογισμικό.

Ιδιαίτερα, η περίπτωση του ΛΣ Mac OSX, αποτελεί μια τρίτη κατηγορία λογισμικού που

αναδύεται μέσα από τα ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ, που αναλύθηκαν στην ενότητα 7.3. Το Mac OS X αποτελεί την εξέλιξη του ΛΣ Darwin, το οποίο είναι ανοιχτό λογισμικό και βασισμένο στη διανομή Linux, FreeBSD. Η στρατηγική της Apple ήταν να ελευθερώσει τον πηγαίο κώδικα του Darwin και να δημιουργήσει τις βάσεις για καλές σχέσεις με την κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ. Για παράδειγμα, η Apple έχει προσλάβει βασικούς προγραμματιστές από την κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ, όπως τον Jordan Hubbard, ο οποίος είναι ένας από τους ιδρυτές του FreeBSD και ήταν για πολύ καιρό ένα βασικό μέλος της ομάδας ανάπτυξης [358]. Προς το παρόν, η διεπαφή με το χρήστη και πολλά άλλα εργαλεία του συστήματος που σχετίζονται με την τεχνολογία OS X είναι ιδιόκτητα και έχουν άδεια παρόμοια με το Microsoft Windows. Ωστόσο, η Apple παρέχει την πρόσβαση στο σύστημα για πολλούς προγραμματιστές ανοικτού κώδικα, γνωστοποιώντας τις τροποποιήσεις του κώδικα στην κοινότητα, ακόμη και αν δεν υπάρχει τέτοια υποχρέωση από την άδεια.

Συνεπώς το Mac OS X είναι το αποτέλεσμα της στρατηγικής της Apple προς τη κοινότητα, ή ένα άλλο επιχειρηματικό μοντέλο ΕΛ/ΛΑΚ. Καθώς, όπως προκύπτει και από τη μελέτη της ενότητας 7.3, τα επιχειρηματικά μοντέλα ΕΛ/ΛΑΚ έχουν λάβει μεγάλες διαστάσεις σε όλους τους τομείς της αγοράς ΤΠΕ, ορίζουμε μια τρίτη κατηγορία λογισμικού, τη κατηγορία «μεικτό λογισμικό». Η κατηγορία αυτή αναφέρεται σε όλα τα λογισμικά που προέρχονται από κάποιο επιχειρηματικό μοντέλο ΕΛ/ΛΑΚ.

Άρα, η μελέτη ερευνά τις ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ τριών διαφορετικών κατηγοριών λογισμικού, του ανοιχτού λογισμικού, του ιδιόκτητου λογισμικού και του «μεικτού» λογισμικού. Αυτό αποτελεί μια καινοτομία και συνεισφορά της παρούσας έρευνας, καθώς η έως τώρα βιβλιογραφία περιορίζεται κυρίως στην εξέταση των σχέσεων ανταγωνισμού μεταξύ του ανοιχτού και ιδιόκτητου λογισμικού.

Η μελέτη των τριών ανταγωνιστικών ειδών βασίζεται στις αρχές της πληθυσμιακής βιολογίας και τις έννοιες της δυναμικής των πληθυσμών. Η διαδικασία της πληθυσμιακής μοντελοποίησης είναι η εφαρμογή κατάλληλων στατιστικών μοντέλων για τη μελέτη των μεταβολών των πληθυσμών, ως συνέπεια της αλληλεπίδρασης των οργανισμών με το φυσικό περιβάλλον, με οργανισμούς του ίδιου είδους (intra-species interaction), αλλά και οργανισμούς διαφορετικών ειδών (inter-species interaction). Η μοντελοποίηση του ανταγωνισμού γίνεται με τη χρήση των εξισώσεων ανταγωνισμού Lotka-Volterra (LVC), οι οποίες περιγράφουν την ανταγωνιστική αλληλεπίδραση των ειδών για ένα κοινό στόχο [15, 16].

Το μοντέλο ανταγωνισμού LVC, επιτρέπει την ανάλυση της εξελικτικής και ανταγωνιστικής δυναμικής των τριών ανταγωνιστών της αγοράς, την εκτίμηση της δυναμικής του συστήματος, τη πρόβλεψη της μελλοντικής ισορροπίας της αγοράς και τη δομή της στο σημείο αυτό. Το μοντέλο παρέχει επίσης πληροφορίες σχετικά με την επίδραση του κάθε είδους πάνω στο άλλο και την επιβίωση ή την εξαφάνιση κάθε είδους, λόγω των επιπτώσεων του ανταγωνισμού.

Αναλύοντας ακόμη περισσότερο τη συμπεριφορά της αγοράς των λειτουργικών συστημάτων, η μελέτη υλοποιεί μια ανάλυση ευαισθησίας για διαφορετικά επίπεδα αύξησης του ποσοστού των μεριδίων της αγοράς του Linux. Μια τέτοια αύξηση θα μπορούσε να αποδοθεί σε μια αλλαγή πολιτικής προς την υιοθέτηση του Linux, όπως για παράδειγμα στο δημόσιο τομέα, μετά από μια κυβερνητική πρωτοβουλία. Σε αυτή την περίπτωση, το μοντέλο LVC παραμετροποιείται έτσι ώστε να παρέχει αποτελέσματα για τη συμπεριφορά της αγοράς ανάλογα με τα διαφορετικά επίπεδα υιοθέτησης του ΛΣ Linux. Επίσης, προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα για τις επιχειρήσεις και οργανισμούς, όσον αφορά το ρόλο του ανοιχτού και «μεικτού» λογισμικού σε αγορές με υψηλή συγκέντρωση.



### 7.4.1 Η αγορά των λειτουργικών συστημάτων

Το ΛΣ είναι ένα ζωτικής σημασίας συστατικό του συστήματος του υπολογιστή, γι αυτό και η δημιουργία του μπορεί να επισημανθεί πίσω στην δεκαετία του 50, με την εμφάνιση των πρώτων ηλεκτρονικών υπολογιστών. Για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, το ΛΣ περιλαμβανόταν στη τιμή του υπολογιστή και προσφερόταν με τον κώδικα ανοιχτό. Στη δεκαετία του 1970, ωστόσο, η πολιτική των επιχειρήσεων στράφηκε στο διαχωρισμό του κόστους του λογισμικού από τον υπολογιστή και στη προστασία του κώδικα ώστε να μην είναι ορατός στους ανταγωνιστές (κλειστού τύπου πηγαίος κώδικας). Ο διαχωρισμός αυτός δημιούργησε νέες προοπτικές στην αγορά λογισμικού. Στο τομέα των ΛΣ, ο ανταγωνισμός στράφηκε κυρίως σε διακομιστές που τρέχουν σε υπολογιστές και υπερυπολογιστές. Με την είσοδο των προσωπικών υπολογιστών (Personal Computers- PC) στις αρχές του 1980, η αγορά των ΛΣ διευρύνθηκε σε χρήστες με λιγότερο τεχνολογικές δεξιότητες, που θα μπορούσαν να έχουν έναν υπολογιστή ακόμα και στο σπίτι. Προς το τέλος της δεκαετίας του 1980, το απλό σύστημα πελάτη-εξυπηρετητή (client-server) για PC, προκάλεσε μεγαλύτερο ανταγωνισμό μεταξύ των επιχειρήσεων στα ΛΣ. Τα Windows αποδείχθηκαν νικητές στην αγορά με την έκδοση 3.0 που κυκλοφόρησε το Μάιο του 1990. Τα Windows επικρίθηκαν συχνά για προχειρότητα, ωστόσο, δεδομένου ότι ήταν ένα πρόγραμμα ελαφρύ και συμβατό με τις υπάρχουσες εφαρμογές MS-DOS, προσπέρασε με επιτυχία το ΛΣ OS/2 της IBM. Η Microsoft και η Novell κυριαρχούσαν στις αγορές των ΛΣ για PC και servers αντίστοιχα, έως ότου η Microsoft εισήγαγε το ΛΣ Windows server, το 1993, το οποίο αντικατέστησε γρήγορα το αντίστοιχο της Novell Netware [359].

Το Μάρτιο του 1994, κυκλοφόρησε για πρώτη φορά η έκδοση 1.0 του Linux. Το γεγονός αυτό αποτέλεσε το εναρκτήριο λάκτισμα για την εποχή του ανοιχτού λογισμικού και τη αλλαγή στο σκηνικό της αγοράς. Τα επόμενα χρόνια αποτέλεσαν τη μεγάλη εξάπλωση του Linux. Εκατοντάδες εθελοντές προγραμματιστές δούλεψαν πάνω στη βελτίωση και αναβάθμιση του συστήματος, δημιουργώντας ένα ευέλικτο και χρηστικό πρόγραμμα. Γρήγορα, αναδύθηκε και μια μικρή βιομηχανία από διανομείς Linux.

Το Linux διέθετε όλα τα πλεονεκτήματα το οποίο το έκαναν δημοφιλές ανάμεσα στους σημαντικότερους συντελεστές της αγοράς λογισμικού. Ανάμεσα στα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του Linux (και του ανοιχτού λογισμικού γενικότερα) συγκαταλέγονται οι ποιότητα, αξιοπιστία, διαλειτουργικότητα, η μείωση του κόστους απόκτησης, η ανεξαρτησία από προμηθευτές λογισμικού, η διάθεση του πηγαίου κώδικα, η δυνατότητα προσαρμογής του λογισμικού και πολλά άλλα.

Ως συνέπεια των παραπάνω, το Linux προσέλκυσε γρήγορα σημαντικά μερίδια αγοράς από τα ΛΣ Windows και Unix στον τομέα των servers και των ενσωματωμένων συστημάτων (embedded systems), όπου υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη για προσαρμοσμένες εκδόσεις του λογισμικού. Για παράδειγμα, οι περισσότερες εταιρείες που χρησιμοποιούν μεγάλο δίκτυο servers για τη παροχή υπηρεσιών στο διαδίκτυο, όπως η Google, η Amazon και η E-bay προτιμούν να χρησιμοποιούν Linux στους διακομιστές τους. Η έρευνα της Netcraft, Netcraft's Secure Servers Survey αναφέρει ότι το Linux έχει επιτύχει μερίδιο αγοράς ίσο με τα Windows σε ασφαλείς διακομιστές (Secure Servers), αφήνοντας πολύ πίσω το ΛΣ Unix [360]. Σύμφωνα με την IDC, η μετάπτωση της αγοράς από Unix servers είναι πιο πιθανό να οδηγήσει σε Linux, παρά σε Windows [361]. Επίσης, στον τομέα των embedded systems, το Linux έχει επιτύχει ευρεία αποδοχή [362, 363]. Πρόσφατα, το ΛΣ Android που δημιουργήθηκε από τη Google και είναι βασισμένο στο ΛΣ Linux, αποτελεί τη νέα αναδυόμενη τάση στην αγορά κινητών και tablets [364].

Ωστόσο, η εικόνα στην αγορά των DT/LP, είναι εντελώς διαφορετική. Ο τομέας αυτός απευθύνεται κυρίως σε χρήστες χωρίς ιδιαίτερες τεχνολογικές δεξιότητες, οι οποίοι

επιθυμούν ένα περισσότερο φιλικό περιβάλλον χρήσης, ενώ δε τους ενδιαφέρει η δυνατότητα προσαρμογής του συστήματος, καθώς συνήθως εκτελούν απλές εργασίες. Το Linux, από την άλλη πλευρά, είχε αρχικά επικεντρωθεί σε τεχνικά χαρακτηριστικά, όπως η ποιότητα και σταθερότητα του συστήματος, παραμελώντας απαιτήσεις του τελικού χρήστη, όπως οδηγίες χρήσης, ευκολία εγκατάστασης και φιλικό περιβάλλον. Το τελευταίο, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι περισσότεροι DT/LPs πωλούνται με ένα προ-εγκατεστημένο λειτουργικό σύστημα Windows, αποθαρρύνει τους λιγότερο εξοικειωμένους τεχνικά χρήστες στη μετάβαση σε ένα άγνωστο λειτουργικό σύστημα όπως το Linux.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, οι διανομές Linux έχουν εισέλθει σε μια νέα φάση ωριμότητας, με πιο εύχρηστα εργαλεία διαχείρισης, εικονικό περιβάλλον διαφορετικών ΛΣ (virtualization), ένα μεγαλύτερο χαρτοφυλάκιο εφαρμογών και καλύτερη διαλειτουργικότητα. Ωστόσο, τα ποσοστά των μεριδίων αγοράς παραμένουν χαμηλά. Πρόσφατα, η οικονομική ύφεση σε συνδυασμό με την εξέλιξη της αγοράς με το cloud computing και τη νέα τάση στη βιομηχανία για ένα περισσότερο κεντρικό σύστημα με εξυπηρετητές και «thin clients» μέσω διάφορων επιλογών virtualization και/ή cloud computing (όπως εικονικά desktop σε ένα thin client), επανέφερε το ζήτημα της στρατηγικής της επιφάνειας εργασίας, δημιουργώντας νέες ελπίδες για το Linux [365, 366].

Το ΛΣ Windows είναι ένα ιδιόκτητο λογισμικό, που κατέχει τα πρωτεία στην αγορά για σχεδόν δύο δεκαετίες, προσφέροντας στους πελάτες της, τακτικές -αλλά όχι συχνές- εκδόσεις. Τα Windows έχουν συχνά αμφισβητηθεί για την ποιότητά τους (π.χ. όσον αφορά την αξιοπιστία [367-369], την ασφάλεια [370], κλπ.). Για το λόγο αυτό, η έκδοση Vista δεν είχε την αναμενόμενη επιτυχία. Ωστόσο, οι περισσότεροι από τους χρήστες Windows είναι απρόθυμοι να υποστούν το κόστος (σε χρόνο και προσπάθεια) μετάβασης σε ένα εναλλακτικό ΛΣ. Το μερίδιο αγοράς των Windows ανέρχεται περίπου στο 90% της συνολικής αγοράς [259, 371, 372], δημιουργώντας ένα υψηλό βαθμό συγκέντρωσης της αγοράς.

Τη δεύτερη θέση στην αγορά, μετά τα Windows κατέχει το ΛΣ Apple Mac OSX. Όπως αναφέρθηκε στη προηγούμενη ενότητα, το ΛΣ Mac OSX είναι ένα «μεικτό λογισμικό», όπου ο πυρήνας του βασίζεται στο ΛΣ Darwin [373]. Το τελευταίο βασίστηκε κατά μεγάλο μέρος στο ΛΣ BSD Unix και εκδόθηκε κάτω από την άδεια χρήσης Apple Public Source License (APSL), που είναι άδεια εγκεκριμένη από το OSI. Σύμφωνα με την Apple, το FreeBSD χρησιμοποιήθηκε ως ένα ΛΣ αναφοράς. Λόγω της άδειας BSD που είναι άδεια ελεύθερου τύπου (*Permissive*), η Apple είχε τη δυνατότητα να επανεκδώσει τον πυρήνα Mac OSX χρησιμοποιώντας τους δικούς της όρους στην άδεια. Το ΛΣ Mac OSX κυκλοφόρησε το 2001. Παρόλα αυτά, η στρατηγική της Apple δημιούργησε καλές σχέσεις με τη κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ και έγινε ένα αρκετά δημοφιλές ΛΣ στον τομέα των DT/LP, αφήνοντας το Linux πολύ πίσω, και αποσπώντας αρκετούς χρήστες από τα Windows [259, 371, 372].

#### 7.4.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Ο ανταγωνισμός μεταξύ του ανοιχτού και ιδιόκτητου λογισμικού, έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές. Οι Οικονομίδης και Κατσαμάκας [374] ανέπτυξαν ένα οικονομικό μοντέλο που αποτυπώνει τον ανταγωνισμό στην αγορά ΛΣ και αναλύει τη δομή του ανταγωνισμού και τις συνέπειες στη βιομηχανία αναφορικά με την τιμολόγηση, τις πωλήσεις, την κερδοφορία και την κοινωνική ευημερία. Διαπιστώθηκε ότι η ύπαρξη του ανοιχτού λογισμικού μπορεί να μειώσει τις τιμές στην αγορά και να ενισχύσει επενδύσεις σε εφαρμογές λογισμικού.

Σε μια παρόμοια έρευνα, οι Casadesus-Masanell και Ghemawat [375] ανέπτυξαν ένα

δυναμικό μεικτό μοντέλο ολιγοπωλίου για την αγορά των ΛΣ, χρησιμοποιώντας δυναμικές τεχνικές προγραμματισμού για τη μελέτη της βέλτιστης τιμής ενός λογισμικού με την παρουσία του ανοιχτού λογισμικού και δικτυακών εξωτερικότητων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου, η εμφάνιση του ΕΛ/ΛΑΚ μειώνει την τιμή του ιδιόκτητου λογισμικού. Στην περίπτωση των κυβερνητικών αποφάσεων μια στρατηγική δέσμευση για το Linux, έδειξε ότι θα αυξήσει σημαντικά τα μερίδια αγοράς του, με αποτέλεσμα ακόμη και να την κυριαρχία του στην αγορά. Διαπιστώθηκε επίσης ότι σε αυτή την περίπτωση, η κοινωνική ευημερία αυξάνεται σημαντικά.

Άλλες ερευνητικές προσπάθειες επίσης επιχείρησαν τη μοντελοποίηση του ανταγωνισμού μεταξύ του ανοιχτού και ιδιόκτητου λογισμικού, όπως οι Lin [376], Lanzi [377], Kretschmer [378], Gaudeul [379] και [380], Bitzer [381], Mustonen [382], κ.α.

Παρόλα αυτά, κανένα από τα παραπάνω μοντέλα δε θεώρησε ολιγοπώλιο με τα τρία είδη του λογισμικού, ανοιχτό, μεικτό και ιδιόκτητο. Επίσης, δε μπόρεσαν να αποτυπώσουν την εξέλιξη της αγοράς και το σημείο ισορροπίας της. Για το σκοπό αυτό η παρούσα μελέτη χρησιμοποιεί το μοντέλο ανταγωνισμού LVC.

Εναλλακτικές μέθοδοι αποτύπωσης της αλληλεπίδρασης ανταγωνιστικών προϊόντων κατά τη διάρκεια της εξέλιξης και διάχυσής τους, που έχουν καταγραφεί στη βιβλιογραφία είναι μοντέλα Bass [78], τροποποιημένα έτσι ώστε να περιλαμβάνουν τις επιδράσεις του ανταγωνισμού [78, 383-389]. Ανάμεσα στις πιο σημαντικές σύγχρονες εργασίες που έχουν γίνει με στόχο την αποτύπωση της δυναμικής της αγοράς που χαρακτηρίζεται από ανταγωνιστική συμπεριφορά είναι αυτή των Meade – Islam [115]. Οι Mahajan – Sharma - Buzell [137] μελέτησαν την επίδραση ενός νεοεισερχόμενου στη δυναμική της αγοράς, ενσωματώνοντας στο μοντέλο Bass [78] κατάλληλες εκφράσεις, με στόχο την αποτύπωση των συνεπειών του ανταγωνισμού στην αγορά. Οι Krishnan – Bass – Kumar [138] πρότειναν μια μεθοδολογία για την περιγραφή της δυναμικής του κάθε συμμετέχοντα ανταγωνιστή μέσω κατάλληλης συνάρτησης κινδύνου (hazard function). Παρόμοιες συνεισφορές, προς την κατεύθυνση της περιγραφής της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στους ανταγωνιστές, περιγράφονται στις αναφορές [139-142]. Επίσης, οι Gruber - Verboven [143] αναλύουν σημαντικά θέματα που σχετίζονται με την είσοδο νέων παρόχων στην τηλεπικοινωνιακή αγορά.

Όμως, τα μοντέλα αυτά δε μπορούν να υλοποιήσουν μια ανάλυση του σημείου ισορροπίας της αγοράς. Το μοντέλο LVC, παρέχει το πλεονέκτημα της μοντελοποίησης της δυναμικής αγοράς του κάθε είδους και τη δομή της αγοράς ταυτόχρονα. Επίσης, είναι δυνατή η αποτύπωση τόσο των εσωτερικών όσο και των εξωτερικών επιδράσεων ανάμεσα στους πληθυσμούς των ανταγωνιστικών ειδών καθώς και ο βαθμός μετακίνησής των πληθυσμών από το ένα ανταγωνιστικό είδος στο άλλο. Κατά αυτόν τον τρόπο, μπορούν να αποκαλυφθούν αλληλεπιδράσεις, ή απροσδόκητη συμπεριφορά της αγοράς, όπως η αμοιβαιότητα [150]. Τα χαρακτηριστικά αυτά αποτελούν σημαντική καθοδήγηση για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και στρατηγικού σχεδιασμού σε μια αγορά. Αναλυτικότερα, τα πλεονεκτήματα της μεθόδου περιγράφονται στην ενότητα 4.6.3.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε διαφορετικούς τομείς της αγοράς ΤΠΕ και άλλων τεχνολογιών [383], προκειμένου να περιγράψουν την ανταγωνιστική δυναμική των δικτυακών τόπων [384], των επιτραπέζιων και φορητών υπολογιστών [385], των τηλεπικοινωνιών [386], των κινητών τηλεφώνων [387], των τεχνολογιών του Internet [166], των ψηφιακών τεχνολογιών [388] κλπ. Ο Bhargava [390] αντιμετώπισε τις εξισώσεις Lotka-Volterra ως ένα τεχνολογικό μοντέλο υποκατάστασης γενεών, απεικονίζοντας τη μεταβολή στο σχήμα της καμπύλης υποκατάστασης ως συνάρτηση των παραμέτρων του μοντέλου. Άλλες μελέτες εξέτασαν τις εξισώσεις δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στη φυσική ή σημασία των παραμέτρων του

μοντέλου και έδειξαν ότι πολλοί τύποι συμπεριφοράς (όπως η γραμμική, εκθετική, λογιστική και Gompertz) μπορούν να εκφραστούν με εξισώσεις Lotka-Volterra με διαφορετικούς περιορισμούς των τιμών των παραμέτρων [391].

### 7.4.3 Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που ακολουθείται βασίζεται στις αρχές της πληθυσμιακής βιολογίας. Η πληθυσμιακή βιολογία προσδιορίζεται ως η μελέτη των οριακών αλλά και μακροχρόνιων μεταβολών των μεγεθών, των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και των ηλικιακών κατανομών ενός ή περισσότερων πληθυσμών και των βιολογικών και περιβαλλοντικών διαδικασιών που επηρεάζουν αυτές τις μεταβολές [144]. Περισσότερες λεπτομέρειες για αυτή τη θεωρία παρέχονται στην ενότητα 4.6.

Στην περίπτωση που περισσότερα από ένα είδη συνυπάρχουν στο ίδιο περιβάλλον, αναμένεται να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους και μάλιστα με διαφορετικούς τρόπους, καθώς ανταγωνίζονται για τους ίδιους πόρους. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, αν συνυπάρξουν στο ίδιο περιβάλλον, αντί για ένα, δύο ή περισσότερα είδη, κάθε ένα από αυτά θα διεκδικήσει μέρος των διαθέσιμων πόρων, με στόχο την επιβίωσή του. Κατά συνέπεια, ανάλογα με τον τρόπο αλληλεπίδρασης, κάθε είδος θα αποτελέσει είτε ανασταλτικό είτε αυξητικό παράγοντα του ρυθμού μεταβολής των υπολοίπων ειδών.

Ακριβείς ορισμοί και περιγραφές των διαφορετικών τρόπων αλληλεπίδρασης των διαφόρων ειδών δίνονται στις αναφορές [144, 151], ενώ ένας πιο αυστηρός ορισμός των τρόπων αλληλεπίδρασης δίνεται από τον Modis [150] όπου αναγνωρίζονται έξι τύποι αλληλεπίδρασης, ανάλογα με το ρυθμό μεταβολής των πληθυσμών. Οι διαφορετικού τρόποι αλληλεπίδρασης, όπως δίδονται από τον Modis [150] συνοψίζονται στον Πίνακα 4-3.

Για την περίπτωση της αγοράς των ΛΣ, χρησιμοποιείται το μοντέλο «ανταγωνισμού». Η βασική υπόθεση είναι ότι τα ανταγωνιστικά προϊόντα μιας αγοράς αντιστοιχούν στα βιολογικά είδη που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους προκειμένου να εξασφαλίσουν τη βιωσιμότητα και την αύξησή τους, δηλαδή το μερίδιο αγοράς τους. Ο ανταγωνισμός αναμένεται να είναι ο πιο κατάλληλος τύπος αλληλεπίδρασης για να περιγράψει την αγορά των ΛΣ, αφού ανταγωνίζονται για τους υφιστάμενους και δυνητικούς χρήστες και το μερίδιο αγοράς του κάθε ενός μειώνεται λόγω της ύπαρξης των άλλων.

Τα μερίδια αγοράς αποτελούν έναν αρκετά αξιόπιστο δείκτη του βαθμού του ανταγωνισμού και του επιπέδου της συγκέντρωσης της αγοράς, καθώς αποδίδουν τα ορατά αποτελέσματα του υποκείμενου, συνήθως μη συνεργατικού, παιγνίου ανάμεσα στα ανταγωνιστικά προϊόντα λογισμικού. Αντανακλούν συνεπώς τα αποτελέσματα των επιχειρηματικών και στρατηγικών αποφάσεων που σχετίζονται με παράγοντες όπως η διαφήμιση, η τιμολογιακή πολιτική, η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών κλπ. Τα είδη ανταγωνίζονται για ένα κοινό πληθυσμιακό στόχο, ο οποίος αντιστοιχεί στη δυναμική της αγοράς λογισμικού.

#### 7.4.3.1 Οι εξισώσεις Lotka -Volterra.

Σύμφωνα με την πληθυσμιακή βιολογία η υπόθεση, βάση της οποίας περιγράφεται η μεταβολή ενός πληθυσμού, είναι ότι ο ρυθμός μεταβολής του είναι ανάλογος προς το τρέχον μέγεθός του. Η πιο κοινή προσέγγιση για την περιγραφή της μεταβολής του πληθυσμού ενός βιολογικού είδους, εν απουσία ανταγωνιστικών ειδών, δίνεται από τους Boyce - DiPrima και Neal [144, 145]:

$$\frac{dN(t)}{dt} = rf(N(t)) \left(1 - \frac{N(t)}{K}\right) \quad (7-2)$$

Στην παραπάνω εξίσωση, το  $N(t)$  είναι το μέγεθος του πληθυσμού τη χρονική στιγμή  $t$ , η σταθερά  $r$  είναι ο ρυθμός μεταβολής του πληθυσμού και  $K$  το επίπεδο κόρου της, ή «φέρουσα ικανότητα» (carrying capacity) για το συγκεκριμένο είδος. Η  $f$  είναι μια συνάρτηση πραγματικών αριθμών, μέσω της οποίας συμμετέχει στη διαδικασία το  $N(t)$ . Το  $K$  είναι το άνω όριο στο οποίο αναμένεται να φτάσει ασυμπτωτικά ένας πληθυσμός ο οποίος αυξάνεται με αρχική τιμή χαμηλότερη από  $K$ .

Είναι εμφανής η αντιστοιχία που υπάρχει ανάμεσα στα μοντέλα της πληθυσμιακής βιολογίας και στα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιβλιογραφία για την εκτίμηση και πρόβλεψη της διεξόδου, όπως η οικογένεια των λογιστικών μοντέλων [76, 110] και του μοντέλου Gompertz [105, 146]. Στην πραγματικότητα, τα μοντέλα διάχυσης αποτελούν προεκτάσεις των πληθυσμιακών μοντέλων, τα οποία αναπτύχθηκαν αρχικά προκειμένου να περιγράψουν τις μεταβολές πληθυσμών και την εξάπλωση ασθενειών σε πληθυσμούς.

Η απλούστερη και ευρέως υιοθετούμενη προσέγγιση για την περιγραφή της αλληλεπίδρασης των βιολογικών ειδών είναι τα μοντέλα των Lotka – Volterra τα οποία βασίζονται στις συνεισφορές των Alfred J. Lotka και Vito Volterra. Αναλυτική περιγραφή, καθώς και εφαρμογές των μοντέλων αυτών, κυρίως για την περίπτωση αλληλεπίδρασης δύο ειδών, περιέχονται στις αναφορές [144, 145, 151, 152]. Επιπλέον, θεωρητικές αναλύσεις και εφαρμογές για την αλληλεπίδραση περισσότερων από δύο ειδών περιέχονται στις αναφορές [153-161].

Σύμφωνα με το μοντέλο των εξισώσεων, η δυναμική ενός συστήματος που αποτελείται από τα ανταγωνιστικά είδη  $i$  μπορούν να παρασταθούν από το ακόλουθο σύστημα μη γραμμικών διαφορικών εξισώσεων πρώτης τάξης:

$$\frac{dN_i}{dt} = N_i \left( a_i - \sum_{j=1}^m a_{ij} N_j \right), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (7-3)$$

Στην (7-3) τα  $dN_i/dt$  περιγράφουν την ταχύτητα μεταβολής που αντιστοιχεί σε κάθε είδος,  $i$ . Οι συντελεστές  $a_i$  παρέχουν ένα μέτρο ανάλογο προς την «φέρουσα ικανότητα» των ειδών, η οποία σχετίζεται με την τιμή κορεσμού του πληθυσμού  $N_i$ . Όταν  $i = j$ , οι συντελεστές  $a_{ij}$  αποτελούν την εξειδικευμένη ή ανά είδος ικανότητα και εκφράζουν την ισχύ της αλληλεπίδρασης μεταξύ όμοιων ειδών.

Όταν  $i \neq j$ , οι συντελεστές  $a_{ij}$  καλούνται ποσοστά του ανταγωνισμού και αποτελούν μέτρο της έντασης της αλληλεπίδρασης του είδους  $j$  με το είδος  $i$ . Κάθε ποσοστό ανταγωνισμού παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την ερμηνεία της «μετακίνησης του πληθυσμού μεταξύ των ειδών» ή «churn effect», που είναι η απώλεια των μεριδίων αγοράς ενός είδους  $i$  λόγω του ανταγωνισμού που αντιμετωπίζει από το είδος  $j$ . Η μετακίνηση αυτή ή «churn effect» εκφράζει το αποτέλεσμα της επίδρασης που κάθε είδος ασκεί στη «φέρουσα ικανότητα» του δεύτερου είδους. Όσο υψηλότερος είναι ο συντελεστής  $a_{ij}$  σε σύγκριση με το συντελεστή  $a_{ji}$ , τόσο περισσότερο το είδος  $j$  επωφελείται σε βάρος του είδους  $i$ . Όταν  $a_{ij} > a_{ji}$  τότε το είδος  $i$  αντιμετωπίζει ισχυρό ανταγωνισμό από το είδος  $j$ . Όταν  $a_{ij} < a_{ji}$ , ο ανταγωνισμός είναι χαμηλός και το είδος  $i$  μπορεί να εξελιχθεί μέσα από δική του δυναμική, χωρίς να επηρεάζεται από οποιαδήποτε άλλο ανταγωνιστή [162].

Για την περίπτωση της αγοράς των ΛΣ, θεωρούνται τρία ανταγωνιστικά είδη ( $m=3$ ). Οι αντίστοιχες εξισώσεις Lotka – Volterra που περιγράφουν τη σχέση ανταγωνισμού δίνονται από το σύστημα εξισώσεων (7-4).

$$\begin{aligned} \frac{dN_1}{dt} &= N_1(a_1 - a_{11}N_1 - a_{12}N_2 - a_{13}N_3) = F(N_1, N_2, N_3) \\ \frac{dN_2}{dt} &= N_2(a_2 - a_{21}N_1 - a_{22}N_2 - a_{23}N_3) = G(N_1, N_2, N_3) \\ \frac{dN_3}{dt} &= N_3(a_3 - a_{31}N_1 - a_{32}N_2 - a_{33}N_3) = H(N_1, N_2, N_3) \end{aligned} \quad (7-4)$$

Όπου  $N_i$ ,  $i=1, \dots, 3$ , αναφέρονται στα ποσοστά μεριδίου αγοράς για κάθε ένα από τα λογισμικά Linux, Mac OSX και Windows, αντίστοιχα. Οι παράμετροι  $a_{ij}$  ( $i \neq j$ ) αντιστοιχούν στο μέτρο ή την ένταση της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα διαφορετικά είδη λογισμικού. Το σύστημα (7-4) υποθέτουμε ότι είναι κλειστό με την έννοια ότι μόνο αυτά τα αλληλεπιδρώντα είδη υπάρχουν κατά την υπό εξέταση περίοδο. Επιπλέον, δεν υπάρχουν επιπτώσεις μετανάστευσης και όλοι οι εξωτερικοί παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την δυναμική του συστήματος θεωρούνται σταθεροί για την εξεταζόμενη χρονική περίοδο. Η λύση του παραπάνω συστήματος περιγράφεται αναλυτικά στην ενότητα 4.6.2.

#### 7.4.3.2 Μεθοδολογική διαδικασία

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την εκτίμηση του ανταγωνισμού των ΛΣ, αναπτύσσεται σε τέσσερα διακριτά βήματα. Το πρώτο βήμα περιλαμβάνει την κατασκευή του μοντέλου που περιγράφει τον ανταγωνισμό της αγοράς των ΛΣ, σύμφωνα με το σύστημα των εξισώσεων LVC. Το τελικό υπό εξέταση σύστημα δίνεται από την (7-4), όπου  $N_1$  αντιστοιχεί στη διεξόδυση του Linux,  $N_2$  αντιστοιχεί στη διεξόδυση του Mac OSX και  $N_3$  αντιστοιχεί στη διεξόδυση των Windows.

Το δεύτερο βήμα περιλαμβάνει την εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου. Η σημασία των τιμών των παραμέτρων παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τη δυναμική της αγοράς, αποτυπώνοντας ταυτόχρονα τόσο τις εσωτερικές όσο και τις εξωτερικές επιδράσεις ανάμεσα στους πληθυσμούς των ανταγωνιστικών ειδών. Για την εκτίμηση των παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των γενετικών αλγορίθμων. Οι γενικές έννοιες και η μεθοδολογία της προσέγγισης των γενετικών αλγορίθμων περιγράφονται με περισσότερες λεπτομέρειες στην ενότητα 4.4.3. Οι λεπτομέρειες της μοντελοποίησης τους για τη περίπτωση των ΛΣ, παρουσιάζονται στην ενότητα 7.4.4.1.

Η εκτίμηση των παραμέτρων επιτρέπει τον υπολογισμό των κρίσιμων σημείων ή σημείων ισορροπίας. Το κρίσιμο σημείο, εφόσον αυτό υπάρχει, αντανακλά την ισορροπία της αγοράς. Ωστόσο, ένα ασταθές κρίσιμο σημείο δεν μπορεί να θεωρηθεί έγκυρο. Για το λόγο αυτό, στο τρίτο βήμα της διαδικασίας, υλοποιείται ανάλυση ιδιοτιμών του συστήματος και αξιολογείται η σταθερότητα των κρίσιμων σημείων που προκύπτουν. Στο τελευταίο βήμα και εφόσον έχει βρεθεί το κρίσιμο σημείο είναι δυνατή η επίλυση του συστήματος (7-4), όπως περιγράφεται στην ενότητα 4.6.2. Η λύση αυτή επιτρέπει την εκτίμηση και πρόβλεψη των συναρτήσεων της διάχυσης των τριών ανταγωνιστικών τεχνολογιών, καθώς και την ισορροπία της αγοράς.

#### 7.4.4 Εμπειρική ανάλυση και αποτελέσματα

Τα εμπειρικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, αποτελούν τα ποσοστά μεριδίων αγοράς των τριών λειτουργικών συστημάτων, όπως αυτά εξήχθησαν από τα στατιστικά

στοιχεία της πύλης W3Schools [371]. Τα δεδομένα αφορούν μια χρονική περίοδο οχτώ ετών σε τριμηνιαία βάση, από το 2003 έως το δεύτερο τρίμηνο του 2010.

Η πύλη W3Schools αναφέρεται κυρίως σε άτομα με ενδιαφέρον στις τεχνολογίες του διαδικτύου και περιέχει εκπαιδευτικό υλικό και αναφορές που σχετίζονται με τα θέματα της ανάπτυξης ιστοσελίδων, όπως HTML, XML, CSS, και JavaScript. Η ιστοσελίδα διατηρεί μηνιαία στατιστικά στοιχεία για τα προγράμματα περιήγησης στο Web και τα αντίστοιχα ΛΣ. Αν και τα στοιχεία αυτά είναι μόνο ένα τμήμα των συνολικών μεριδίων αγοράς των ΛΣ, η υψηλή κινητικότητα της πύλης [76] και η κατηγορία των επισκεπτών (προσανατολισμένοι τεχνολογικά), δημιουργεί ένα αξιόπιστο στατιστικό δείγμα για τις συνολικές τάσεις της αγοράς ΛΣ. Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τα δεδομένα της W3Schools που χρησιμοποιήθηκαν παρέχονται στον Πίνακα 7-2.

**Πίνακας 7-2. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τα τρία λειτουργικά συστήματα**

Στατιστικά μέτρα	Linux	Mac OSX	Windows
Αριθμός παρατηρήσεων	30	30	30
Μέση τιμή	0,035	0,04	0,92
Τυπική απόκλιση	0,006	0,015	0,02
Διασπορά	0,00003	0,00024	0,00045
Ελάχιστη τιμή	0,022	0,018	0,88
Διάμεσος	0,035	0,038	0,92
Μέγιστη τιμή	0,048	0,07	0,95

#### 7.4.4.1 Εκτίμηση των παραμέτρων – Γενετικοί αλγόριθμοι.

Αρχικά, γίνεται η εκτίμηση των παραμέτρων του συστήματος (7-4), με βάση τα εμπειρικά δεδομένα που περιγράφονται στη προηγούμενη ενότητα. Η μέθοδος εκτίμησης που χρησιμοποιείται είναι οι γενετικοί αλγόριθμοι. Οι γενετικοί αλγόριθμοι υλοποιήθηκαν μέσω του προγράμματος Palisade Evolver, που αποτελεί plug-in του Microsoft Excel για γενετικούς αλγόριθμους (<http://www.palisade.com>).

Η γενική μέθοδος περιγράφεται στην ενότητα 4.4.3 και το Σχήμα 4-2. Για τη περίπτωση των εξισώσεων της (7-4), η μέθοδος προσαρμόστηκε ως ακολούθως:

*Αντικειμενική συνάρτηση (Objective function):* Χρησιμοποιήθηκε η ελαχιστοποίηση της στατιστικής Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα (MSE), ανάμεσα στις παρατηρούμενες και τις εκτιμώμενες τιμές των μεριδίων αγοράς, για κάθε ένα ΛΣ. Η στατιστική παρουσιάζεται αναλυτικότερα στην ενότητα 4.4.4.2.

$$MS = E \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (N_i(t) - \hat{N}_i(t))^2 \quad (7-5)$$

όπου  $N_i(t)$ ,  $\hat{N}_i(t)$  είναι οι πραγματικές και εκτιμώμενες τιμές κάθε ανταγωνιστικού είδους  $i$ , αντίστοιχα.

*Αρχικές τιμές των παραμέτρων:* βασίστηκαν στις εκτιμήσεις των ποσοστών μεταβολής των μεριδίων αγοράς. Για την εκκίνηση της διαδικασίας εκτίμησης, οι γενετικοί αλγόριθμοι απαιτούν ένα σύνολο αρχικών τιμών για τις παραμέτρους που θα εκτιμηθούν. Οι τιμές αυτές μπορούν να ληφθούν είτε αυθαίρετα, είτε κάνοντας κάποιες ορθολογικές παραδοχές. Στην παρούσα εργασία, οι αρχικές τιμές λαμβάνονται με την παραδοχή ότι κάθε λειτουργικό σύστημα είναι μόνο του στην αγορά, και δεν αντιμετωπίζει ανταγωνισμό. Σε αυτή τη περίπτωση, το μοντέλο καταλήγει σε ένα απλό μοντέλο διάχυσης, όπως για παράδειγμα το λογιστικό μοντέλο, του οποίου οι παράμετροι μπορούν να εκτιμηθούν με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων (NLS) με ένα υψηλό επίπεδο ακρίβειας. Οι εκτιμήσεις των παραμέτρων που παράγονται αποτελούν τις αρχικές τιμές των παραμέτρων των εξισώσεων Lotka - Volterra. Η

προσέγγιση αυτή, αναμένεται να οδηγήσει σε ταχύτερη σύγκλιση του εξελικτικού αλγόριθμου, αφού οι αρχικές εκτιμήσεις θα μπορούσαν πιθανότατα να βρίσκονται μέσα στο διάστημα τιμών των λύσεων. Από την άλλη πλευρά, θα μπορούσε να έχει κάποιο επίπεδο μεροληψίας, δεδομένου ότι οι αρχικές τιμές έχουν εκτιμηθεί νομοτελειακά (δεν είναι τυχαίες εκτιμήσεις). Για τον ίδιο λόγο, ο αλγόριθμος μπορεί να παγιδευτεί σε ένα τοπικό ελάχιστο αντί του ελάχιστου της συνάρτησης. Για να αποφευχθεί αυτό, ο γενετικός αλγόριθμος επιπροσθέτως εκτελέστηκε και με ένα σύνολο τυχαίων αρχικών τιμών. Για τη αποφυγή της παγίδευσης σε ένα τοπικό ελάχιστο, χρησιμοποιήθηκε ένας αρκετά μεγάλος τυχαίος πληθυσμός και διαφορετικές τιμές των πιθανοτήτων μετάλλαξης, προκειμένου να διατηρηθεί η γενετική ποικιλότητα από τη μία γενεά στην επόμενη, εμποδίζοντας τον πληθυσμό από το να γίνει υπερβολικά παρόμοιος με έναν άλλο, με αποτέλεσμα την επιβράδυνση ή ακόμη και τη διακοπή της εξέλιξης.

**Συνθήκη τερματισμού:** Ο αλγόριθμος σταματά να εκτελείται όταν η τιμή μείωσης της αντικειμενικής συνάρτησης είναι λιγότερο από 0,01% στις τελευταίες 10.000 επαναλήψεις.

Το μέγεθος του πληθυσμού ορίστηκε στα 500 άτομα ανά γενεά, το ποσοστό διασταύρωσης ορίστηκε στο 0,8 και ο ρυθμός μετάλλαξης στο 0,01. Οι λειτουργίες της διασταύρωσης και μετάλλαξης δεν εκτελούνται για κάθε αναπαραγωγή, αλλά η πιθανότητα μιας σειράς να επιλεγεί για διασταύρωση είναι ανάλογη της φυσικής της κατάστασης. Κάθε λειτουργία αποκτά μια συγκεκριμένη πιθανότητα εμφάνισης ή εφαρμογής. Η πιθανότητα της μετάλλαξης είναι πάντα πολύ χαμηλή, δεδομένου ότι η κύρια λειτουργία ενός τελεστή μετάλλαξης είναι να απεγκλωβιστεί η λύση από ένα τοπικό ελάχιστο. Οι πιθανότητες αποδίδονται με βάση τα χαρακτηριστικά του προβλήματος.

#### 7.4.4.2 Αποτελέσματα και αξιολόγηση της εκτίμησης των παραμέτρων

Τα αποτελέσματα της εκτίμησης των παραμέτρων που προέκυψαν με τη μέθοδο των γενετικών αλγορίθμων, αντικαθίστανται στο σύστημα εξισώσεων (7-4), οπότε προκύπτει το ακόλουθο σύστημα (7-6).

$$\begin{aligned} \frac{dN_1}{dt} &= N_1 (0.21 - 0.01N_1 - 0.39N_2 - 0.2N_3) \\ \frac{dN_2}{dt} &= N_2 (4.95 - 1.06N_1 - 6.7N_2 - 5N_3) \\ \frac{dN_3}{dt} &= N_3 (3.14 - 5.28N_1 - 3.26N_2 - 3.09N_3) \end{aligned} \quad (7-6)$$

Η ακρίβεια των εκτιμήσεων αξιολογείται με τις στατιστικές Μέσο τετραγωνικό σφάλμα (MSE), Μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (MAPE) και τον συντελεστή αποφασιστικότητας  $R^2$ . Οι στατιστικές παρουσιάστηκαν αναλυτικότερα στις ενότητες 4.4.4.1, 4.4.4.2, 4.4.4.5. Οι τιμές των στατιστικών που προέκυψαν από τη σύγκριση των εκτιμήσεων και των πραγματικών τιμών των μεριδίων αγοράς των ΛΣ, παρουσιάζονται στον Πίνακα 7-3. Από τον πίνακα προκύπτει ότι τα αποτελέσματα των στατιστικών επικυρώνουν την εκτίμηση των γενετικών αλγορίθμων.

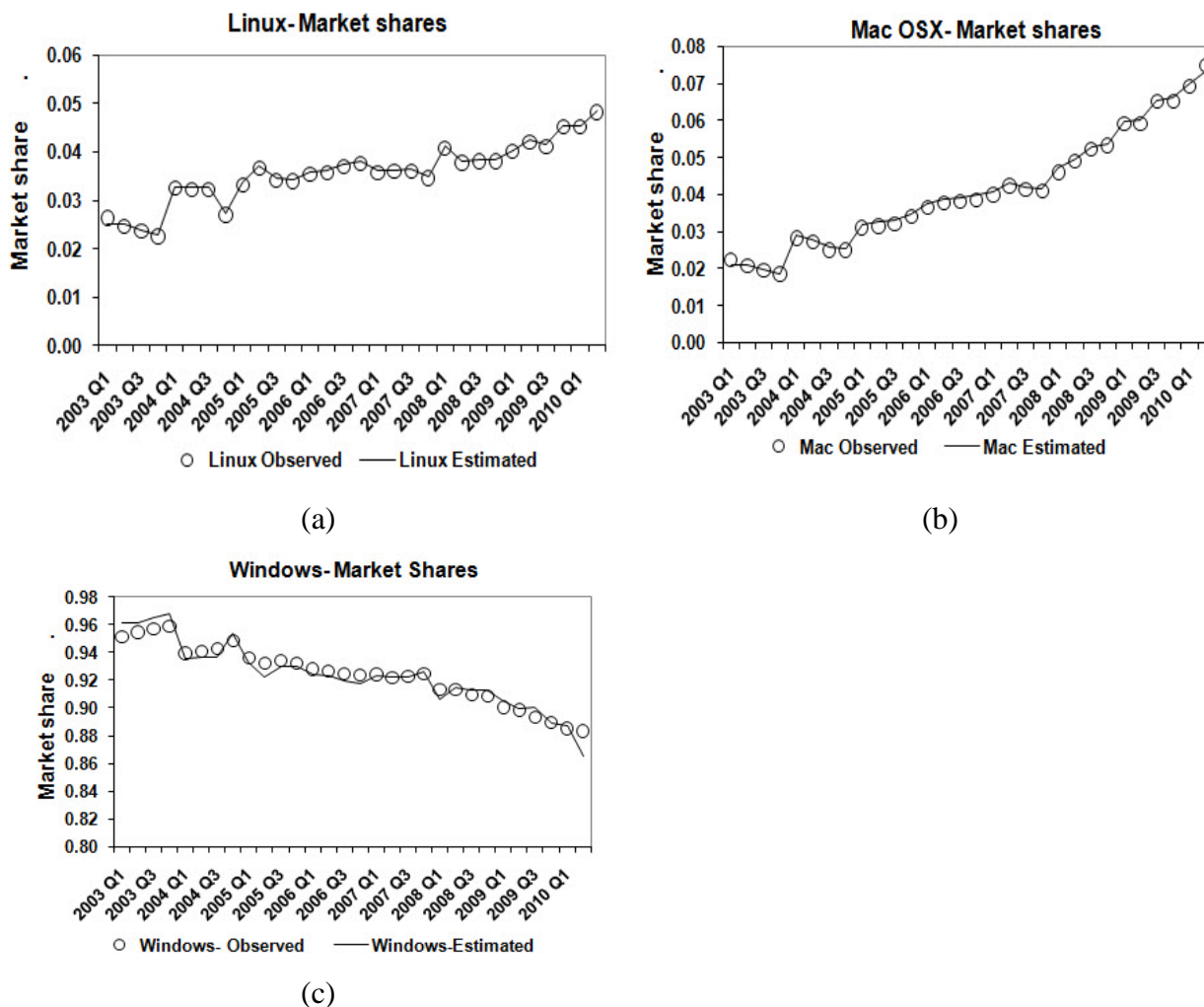
**Πίνακας 7-3. Στατιστικά μέτρα για την αξιολόγηση των εκτιμήσεων των παραμέτρων.**

Στατιστικές	Linux	Mac OSX	Windows	Μέση τιμή
$R^2$	0,995	0,997	0,919	0,970
MSE	1,84E-07	7,59E-07	3,5E-04	1,20E-05
MAPE	0,011	0,021	0,005	0,013

Η εκτίμηση της διάχυσης για κάθε ένα από τα ΛΣ, όπως προκύπτει από τις εξισώσεις



του συστήματος (7-6), απεικονίζεται στο Σχήμα 7-13.



Σχήμα 7-13. Σχηματική απεικόνιση της εκτίμησης της διάχυσης για τα ΛΣ (a) Linux, (b) Mac OSX, (c) Windows

### 7.4.4.3 Ανάλυση της δυναμικής της αγοράς των λειτουργικών συστημάτων

Το σύστημα εξισώσεων (7-6) περιγράφει τη δυναμική της αγοράς των ΛΣ. Τα αρνητικά πρόσημα όλων των παραμέτρων  $a_{ij}$  δείχνουν ότι ο τύπος της αλληλεπίδρασης που περιγράφει την αγορά ΛΣ είναι ο ανταγωνισμός. Αυτό ήταν ένα αναμενόμενο αποτέλεσμα, δεδομένου ότι τα ΛΣ ανταγωνίζονται για τους υπάρχοντες και δυνητικούς χρήστες της αγοράς και το μερίδιο κάθε ΛΣ περιορίζεται λόγω της ύπαρξης των άλλων ΛΣ.

Το σύστημα Mac OSX παρουσιάζει το υψηλότερο ποσοστό εσωτερικών επιδράσεων (6,7) από όλα τα λειτουργικά συστήματα. Το ποσοστό αυτό επίσης είναι υψηλότερο από το ποσοστό μείωσης του πληθυσμού του εξαιτίας του ανταγωνισμού με τα άλλα δύο συστήματα (1,06 από το Linux και 5 από τα Windows). Συνεπώς, το Mac OSX επηρεάζεται λιγότερο από τον ανταγωνισμό με τα άλλα δύο είδη, σε αντίθεση με τα Linux και Windows που πλήττονται περισσότερο από τη δυναμική ανάπτυξη του Mac OSX. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι το Mac OSX λειτουργεί κυρίως στο DT/LP της Apple, η οποία δημιουργεί τις «δικές» της αγορές. Έτσι είναι λιγότερο πιθανό ο χρήστης ενός υπολογιστή Mac, να επιλέξει ένα άλλο ΛΣ εκτός του Mac OSX. Έτσι, η αύξηση των μεριδίων αγοράς του επηρεάζεται κυρίως από τα δικά του θετικά ή αρνητικά χαρακτηριστικά που θα οδηγήσουν στην υιοθέτηση. Όπως φαίνεται στο σύστημα (7-6), το Mac OSX έχει τη μεγαλύτερη φέρουσα ικανότητα (4,95), που δείχνει

ότι αυξάνεται γρηγορότερα από τους ανταγωνιστές της και ότι έχει μεγάλες προοπτικές ανάπτυξης. Ένα ενδιαφέρον αποτέλεσμα εδώ, είναι μια λανθάνουσα σχέση αμοιβαιότητας του Mac OS X και του Linux. Το Mac OS X, επωφελείται από την ύπαρξη του, αφού το Linux αφενός δεν ασκεί ιδιαίτερες πιέσεις ανταγωνισμού στο Mac OS X (1,06) και αφετέρου ασκεί υψηλές πιέσεις ανταγωνισμού στα Windows (5,28), τα οποία είναι και ο κύριος ανταγωνιστής για Mac OS X (ποσοστό ανταγωνισμού = 5). Συνεπώς, βοηθά έμμεσα στη διατήρηση του ποσοστού των μεριδίων του.

Το Mac OS X είναι «μεικτό λογισμικό», που έχει κερδίσει την έγκριση από την κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ με τη στρατηγική του να αποκαλύψει μεγάλα τμήματα του κώδικα. Έτσι, ένας χρήστης ο οποίος προτιμά την τεχνολογία ΕΛ/ΛΑΚ για τα πλεονεκτήματά της, όπως η ασφάλεια και η σταθερότητα, αλλά από την άλλη πλευρά δεν έχει αρκετές τεχνολογικές δεξιότητες και αισθάνεται μεγαλύτερη ασφάλεια με ένα ιδιόκτητο λογισμικό, είναι πιο πιθανό να επιλέξει ένα μεικτό λογισμικό που θα καλύψει και τις δύο αυτές ανάγκες. Ο κύριος ανταγωνιστής για το Mac OS X είναι τα Windows. Το ΛΣ Windows απέκτησε το πλεονέκτημα της πρώτης κίνησης και έχει αποκτήσει ηγετική θέση στην αγορά με έντονα μονοπωλιακές τάσεις, καθώς οι χρήστες του έχουν εξοικειωθεί με το σύστημα και δείχνουν απροθυμία για αλλαγή. Ως αποτέλεσμα, η αύξηση του Mac OS X περιορίζεται από την ύπαρξη των Windows. Ωστόσο, αν και το Mac OS X έχει μια σχετικά πρόσφατη είσοδο στην αγορά, έχει επιτύχει ένα σημαντικό μερίδιο, αφήνοντας πίσω του το Linux. Αυτό δικαιολογεί τις στρατηγικές των επιχειρήσεων προς νέα επιχειρηματικά μοντέλα ΕΛ/ΛΑΚ.

Τα Windows, παρουσιάζουν επίσης αυξητικές τάσεις, με φέρουσα ικανότητα 3,14, αλλά είναι πολύ χαμηλότερη σε σύγκριση με την αντίστοιχη τιμή του Mac OS X. Οι χρήστες με λιγότερες δεξιότητες και λειτουργικές απαιτήσεις, που μπορεί να περιορίζονται σε ένα έγγραφο, υπολογιστικό φύλλο, ή e-mail, είναι απρόθυμοι να μεταβούν σε ένα άλλο ΛΣ με διαφορετικό περιβάλλον χρήσης. Κατέχει την ηγετική θέση στην αγορά, αλλά αντιμετωπίζει έντονο ανταγωνισμό τόσο από το Linux, όσο και από το Mac OS X, όπως προκύπτει από τις αντίστοιχες τιμές των παραμέτρων (5,28 με το Linux και 3,26 με Mac OS X). Αυτό δείχνει ότι τα Windows είναι πιο ευάλωτα στις πιέσεις του ανταγωνισμού, χάνοντας μερίδια αγοράς και από τα δύο ΛΣ. Τα Windows υφίσταται μεγαλύτερη απώλεια από το Linux (5,28), σε αντίθεση με το Linux που η απώλεια πληθυσμού του λόγω των Windows είναι αμελητέα (0,2). Αυτό σημαίνει ότι η αύξηση των μεριδίων του Linux προέρχονται κυρίως από χρήστες των Windows, ενώ οι χρήστες του Linux είναι λιγότερο πιθανό να μεταβούν στα Windows.

Αντίθετα, ο χαμηλός, αλλά θετικός ρυθμός ανάπτυξης του Linux (0,21) οφείλεται σε μετακίνηση πληθυσμού των Windows. Αυτό σημαίνει ότι ένα μέρος των χρηστών των Windows, οι οποίοι, για κάποιους λόγους, δεν είναι ικανοποιημένοι από το ΛΣ Windows (π.χ. η διανομή Vista ήταν μια αποτυχία της αγοράς), στρέφονται στο Linux. Ορισμένοι χρήστες μπορεί να υιοθετήσουν ένα διπλό ΛΣ εκκίνησης με Linux και Windows, ή ακόμα και διαφορετικές διανομές Linux μέσω εικονικών επιφανειών εργασίας (virtualization). Είναι κυρίως το είδος των χρηστών που γνωρίζουν την τεχνολογία και αναζητούν την αποδοτικότητα του κόστους και απόδοσης, αντί για ένα εμπορικό σήμα.

Τέλος, το Linux έχει χαμηλή φέρουσα ικανότητα (0,21) και η διάχυσή του επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τον ανταγωνισμό από τα άλλα δύο ΛΣ. Ο ρυθμός ανάπτυξής του είναι μάλλον μικρός και δεν αναμένεται να παρουσιάσει υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης, τουλάχιστον υπό τις παρούσες συνθήκες της αγοράς. Απειλείται περισσότερο από το Mac OS X (0,39), από ό, τι από τα Windows (0,2). Έτσι, οι χρήστες του Linux είναι πιο πιθανό να μεταβούν σε ένα «μεικτό» λογισμικό, όπως το Mac OS X, το οποίο προσφέρει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ΕΛ/ΛΑΚ, αλλά και φιλικότερο περιβάλλον εργασίας. Ωστόσο, τα ποσοστά μετακίνησης των πληθυσμών από το Linux είναι χαμηλά, πράγμα που σημαίνει μια μικρή αλλά σταθερή αύξηση των μεριδίων

αγοράς Linux.

Εν κατακλείδι, σύμφωνα με την ερμηνεία των παραμέτρων, μπορεί να συναχθεί ότι μια εταιρεία όπως η Apple, η οποία ακολούθησε τη στρατηγική του «μεικτού» λογισμικού και μια καλή σχέση με τη κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ, έχει ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα. Παρά το γεγονός ότι έκανε μια πρόσφατη είσοδο στην αγορά, η Apple έχει καταφέρει να προσελκύσει τόσο χρήστες από το Linux, όσο και χρήστες των Windows και να καθιερωθεί στην αγορά, αφήνοντας πίσω του Linux.

#### 7.4.4.4 Σημεία ισορροπίας και ανάλυση ιδιοτιμών

Το σημείο ισορροπίας (ή κρίσιμο σημείο) του συστήματος (7-6) συναντάται όταν δεν υπάρχει καμιά μεταβολή των πληθυσμών ανάμεσα στα ανταγωνιστικά είδη. Μαθηματικά, αυτό εκφράζεται μηδενίζοντας και τις τρεις εξισώσεις του συστήματος. Επιλύοντας το σύστημα, προκύπτουν 8 πιθανά σημεία ισορροπίας, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 7-4.

Πίνακας 7-4. Σημεία ισορροπίας του συστήματος (7-6).

Σημεία ισορροπίας			
	Linux	Mac OSX	Windows
	$N_1$	$N_2$	$N_3$
1	0	0	0
2	0	0	1,01
3	0	0,74	0
4	1,37	0	0
5	0	-0,09	1,11
6	-0,03	0	1,06
7	1,60	0,49	0
8	0,07	0,12	0,81

Όμως, τα πιο πάνω σημεία ισορροπίας δεν είναι απαραίτητο να είναι σταθερά. Για την αναγνώριση των σταθερών ή σταθερού σημείου ισορροπίας, που είναι και το ζητούμενο στην ανάλυση της αγοράς των ΛΣ, γίνεται ανάλυση ιδιοτιμών. Απορρίπτοντας τα σημεία ισορροπίας με αρνητικές τιμές, καθώς δεν έχουν φυσικό νόημα, γίνεται η ανάλυση ιδιοτιμών για κάθε ένα από τα υπόλοιπα σημεία ισορροπίας.

Όπως περιγράφεται αναλυτικά στην ενότητα 4.6.2, η ανάλυση ιδιοτιμών γίνεται αντικαθιστώντας τις τιμές των σημείων ισορροπίας στο σύστημα εξισώσεων (7-4) και στη συνέχεια μελετάται η συμπεριφορά του συστήματος σε μια μικρή περιοχή της κάθε λύσης. Δηλαδή, για κάθε σημείο ισορροπίας εξετάζεται η δυνατότητα γραμμικοποίησης του συστήματος σε μια μικρή περιοχή της κάθε λύσης. Εάν οι συναρτήσεις του συστήματος είναι διπλά διαφορίσιμες (όπως είναι η παρούσα περίπτωση), το σύστημα είναι σχεδόν γραμμικό στη περιοχή του σημείου ισορροπίας και συνεπώς μπορεί να προσεγγιστεί από ένα αντίστοιχο γραμμικό σύστημα. Η προσέγγιση αυτή επιτυγχάνεται μέσω του ακόλουθου μετασχηματισμού:

$$U = N_1 - N_1^0 \quad V = N_2 - N_2^0 \quad W = N_3 - N_3^0 \quad (7-7)$$

Όπου  $(N_1^0, N_2^0, N_3^0)$  είναι το σημείο ισορροπίας. Το γραμμικό σύστημα που προσεγγίζει το μη γραμμικό σύστημα (7-4), κοντά στο σημείο ισορροπίας  $(N_1^0, N_2^0, N_3^0)$ , προκύπτει με τη χρήση του Ιακωβιανού (Jacobian) πίνακα των μερικών παραγώγων, όπως φαίνεται στην (7-8):

$$\frac{\partial}{\partial t} \begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_{N_1}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) & F_{N_2}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) & F_{N_3}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) \\ G_{N_1}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) & G_{N_2}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) & G_{N_3}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) \\ H_{N_1}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) & H_{N_2}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) & H_{N_3}(N_1^0, N_2^0, N_3^0) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix} \quad (7-8)$$

όπου

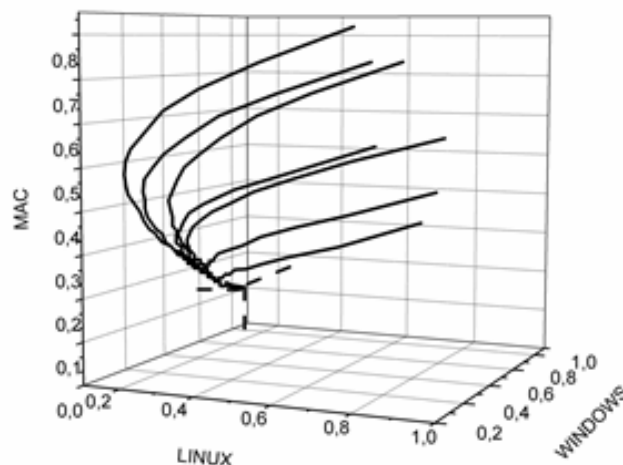
$$F_{N_i} = \frac{\partial F}{\partial N_i}, G_{N_i} = \frac{\partial G}{\partial N_i}, H_{N_i} = \frac{\partial H}{\partial N_i}, i = 1, \dots, 3 \quad (7-9)$$

Η γενική λύση του συστήματος δίνεται από την (7-10):

$$\begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix} = c_1 \begin{pmatrix} \xi_{11} \\ \xi_{12} \\ \xi_{13} \end{pmatrix} e^{\lambda_1 t} + c_2 \begin{pmatrix} \xi_{22} \\ \xi_{22} \\ \xi_{23} \end{pmatrix} e^{\lambda_2 t} + c_3 \begin{pmatrix} \xi_{13} \\ \xi_{23} \\ \xi_{33} \end{pmatrix} e^{\lambda_3 t} \quad (7-10)$$

Η ανάλυση ανέδειξε μόνο ένα σταθερό κρίσιμο σημείο, που αντιστοιχεί στην όγδοη εγγραφή του Πίνακα 7-4. Τα υπόλοιπα κρίσιμα σημεία που εξετάστηκαν, κρίθηκαν ασταθή καθώς οι αντίστοιχες ιδιοτιμές που προέκυψαν από τον Ιακωβιανό πίνακα της (7-8) είχαν διαφορετικό πρόσημο. Γενικά, εάν σε ένα σύστημα προκύψουν ιδιοτιμές με αντίθετο πρόσημο, στις γενικές λύσεις που προκύπτουν, μια από τις μεταβλητές κυριαρχεί έναντι των υπολοίπων, κάνοντας το σύστημα μη φραγμένο και ασταθές. Αντίθετα, εάν όλες οι ιδιοτιμές του συστήματος είναι αρνητικές, το ισορροπίας σημείο είναι σταθερό [148].

Γενικά, ένα ισορροπίας σημείο μπορεί να είναι σταθερό, μόνο αν η τροχιά της κάθε λύσης που προκύπτει για το σύστημα με βάση την αντίστοιχη ιδιοτιμή συγκλίνει στο σημείο ισορροπίας καθώς ο χρόνος,  $t$ , αυξάνεται. Η σταθερότητα του συστήματος (7-6) στο κρίσιμο σημείο (0,07, 0,12, 0,81) αποτυπώνεται γραφικά και στο διάγραμμα φάσης (phase diagram) του Σχήματος 7-14. Όπως φαίνεται στο σχήμα, όλες οι τροχιές των λύσεων συγκλίνουν στο σταθερό σημείο ισορροπίας, για διαφορετικές τυχαίες αρχικές τιμές.



**Σχήμα 7-14. Διάγραμμα φάσης του δυναμικού συστήματος, βασισμένο σε τυχαίες αρχικές τιμές. Όλες οι τροχιές συγκλίνουν στο σημείο ισορροπίας.**

Το σταθερό κρίσιμο σημείο παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την ισορροπία της αγοράς μεταξύ των τριών ανταγωνιστικών ΛΣ. Κατά την ισορροπία, τα Windows θα παραμείνουν στην ηγετική θέση με μερίδιο αγοράς περίπου 81%, αλλά με σαφή μείωση

των μεριδίων αγοράς της, εξαιτίας του ανταγωνισμού που δέχεται από τα άλλα δύο ΛΣ. Το Mac OSX αναμένεται να φθάσει στο 12% και να εδραιωθεί στην αγορά με ένα σημαντικό ποσοστό των χρηστών. Το Linux έχει ένα χαμηλό ρυθμό ανάπτυξης, αλλά δεν ωθείται έξω από την αγορά. Παρά το γεγονός ότι ο ανταγωνισμός είναι σκληρός για το Linux, το μερίδιο αγοράς της αυξάνει φθάνοντας το 7% και συνυπάρχει με τα δύο συστήματα που επικρατούν.

### 7.4.4.5 Λύση του συστήματος και πρόβλεψη της διάχυσης

Αντικαθιστώντας τις ιδιοτιμές και ιδιοδιανύσματα του σταθερού κρίσιμου σημείου (0.07, 0.12, 0.81) στην (7-10), προκύπτει η γενική λύση του συστήματος (7-6), ως ακολούθως:

$$\begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix} = c_1 \begin{pmatrix} 0.006 \\ 0.272 \\ 0.962 \end{pmatrix} e^{-3.04t} + c_2 \begin{pmatrix} -0.038 \\ -0.735 \\ 0.677 \end{pmatrix} e^{-0.26t} + c_3 \begin{pmatrix} 0.215 \\ 0.571 \\ -0.792 \end{pmatrix} e^{-0.02t} \quad (7-11)$$

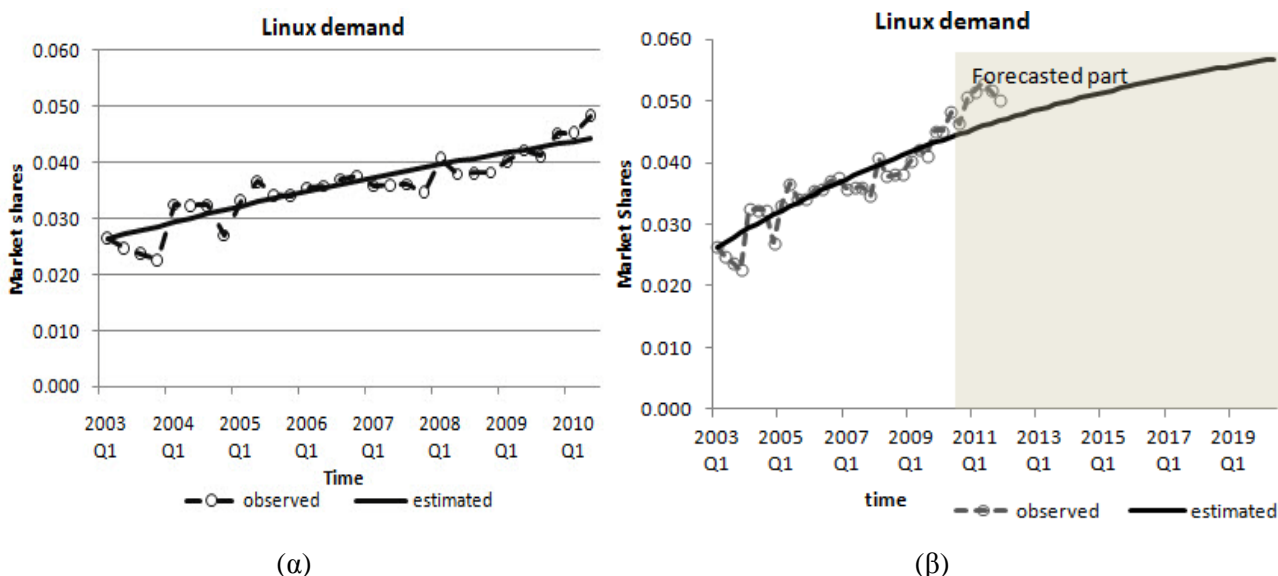
Όπου τα  $c_1, c_2, c_3$  είναι τυχαίες σταθερές. Καθώς είναι πρόβλημα αρχικών τιμών, η εισαγωγή των αρχικών παρατηρήσεων ως αρχικές τιμές του συστήματος, επιτρέπει τον υπολογισμό των  $c_1, c_2, c_3$ . Ο υπολογισμός και αντικατάστασή τους στη σχέση (7-11), προσφέρει τη τελική λύση του συστήματος, που προκύπτει από τη σχέση (7-12).

$$\begin{pmatrix} N_1 \\ N_2 \\ N_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} N_1^0 \\ N_2^0 \\ N_3^0 \end{pmatrix} \quad (7-12)$$

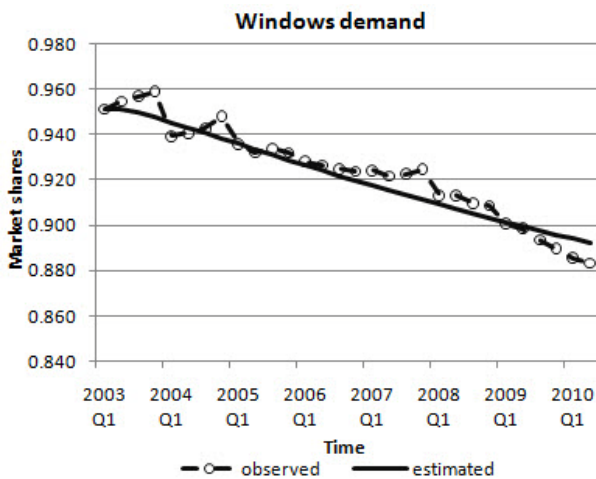
Και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\begin{pmatrix} N_1 \\ N_2 \\ N_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,0002 \\ -0,0099 \\ -0,0351 \end{pmatrix} e^{-3,04t} + \begin{pmatrix} 0,0005 \\ -0,0087 \\ -0,008 \end{pmatrix} e^{-0,26t} + \begin{pmatrix} 0,041 \\ -0,111 \\ -0,153 \end{pmatrix} e^{-0,02t} \quad (7-13)$$

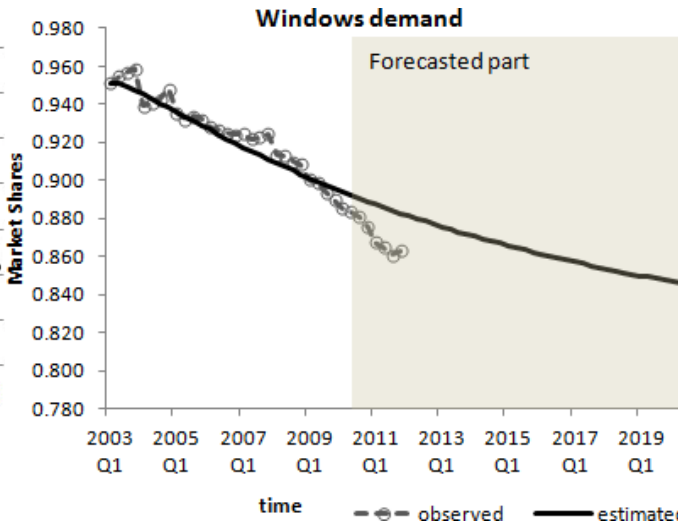
Η εξέλιξη της αγοράς για κάθε λειτουργικό σύστημα, όπως προκύπτει από την παραπάνω εξίσωση, απεικονίζεται στα σχήματα 7-15 έως 7-17.



Σχήμα 7-15. Εκτίμηση (α) και πρόβλεψη (β) της διάχυσης για το Linux

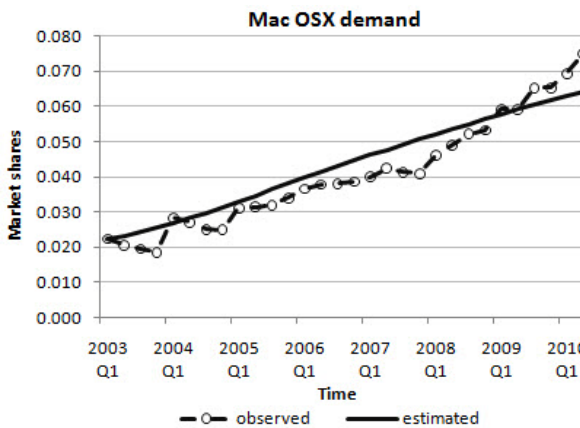


(α)

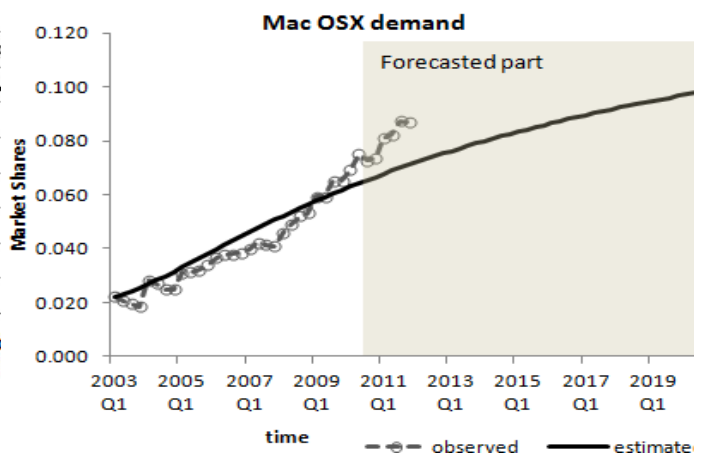


(β)

Σχήμα 7-16. Εκτίμηση (α) και πρόβλεψη (β) της διάχυσης για τα Windows



(α)



(β)

Σχήμα 7-17. Εκτίμηση (α) και πρόβλεψη (β) της διάχυσης για το Mac OSX

Η αξιολόγηση των εκτιμήσεων και προβλέψεων γίνεται και πάλι με τη χρήση των στατιστικών MSE, MAPE and  $R^2$  των πραγματικών σε σύγκριση με των εκτιμώμενων τιμών. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 7-5. Όπως φαίνεται στον πίνακα, η εκτίμηση της διάχυσης έγινε σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό.

Πίνακας 7-5. Αξιολόγηση της εκτίμησης και πρόβλεψης

Στατιστικές	Linux	Mac OSX	Windows	Μέση τιμή
$R^2$	0,891	0,852	0,918	0,88
MSE	6,59E-06	2,6E-05	3,55E-05	2,27E-05
MAPE	0,064	0,121	0,005	0,063
<i>Πρόβλεψη</i>				
MAPE	0,094	0,151	0,021	0,089

Τα σχήματα παρουσιάζουν την εκτίμηση της διάχυσης των ΛΣ, όπως αυτή σχηματίζεται εξαιτίας του ανταγωνισμού τους στην αγορά. Επίσης, απεικονίζονται και οι αντίστοιχες προβλέψεις για μια περίοδο δέκα ετών. Για την αξιολόγηση της ακρίβειας των προβλέψεων, λήφθηκαν οι νέες τιμές που παρατηρήθηκαν στην ιστοσελίδα W3Schools για το χρονικό διάστημα 2010 (Q3) μέχρι το 2011 (Q4). Όπως φαίνεται στον Πίνακα 7-5

η στατιστική MAPE που συγκρίνει τις πραγματικές με τις εκτιμώμενες τιμές για το χρονικό αυτό διάστημα, δίνει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα και συνεπώς επαληθεύεται η αποτελεσματικότητα της πρόβλεψης. Οι προβλεπόμενες τιμές απεικονίζονται στα σκιασμένα μέρη των σχημάτων 7-15 έως 7-17.

Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι προβλέψεις μεγάλου χρονικού διαστήματος δεν μπορεί να είναι ρεαλιστικές σε μια ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά, όπως η αγορά λογισμικού και είναι πέρα από το πεδίο εφαρμογής του παρόντος έργου. Οι τιμές των προβλέψεων άνω των πέντε ετών, προστίθενται μάλλον για να παρουσιάσουν τις μελλοντικές τάσεις της αγοράς. Οι συνθήκες της αγοράς, όπως είναι είσοδοι με νέα επιχειρηματικά μοντέλα οι κρατικές παρεμβάσεις, κλπ. μπορεί να μεταβάλλουν τις καμπύλες διάχυσης, όπως αναλύεται και στην ενότητα 7.4.5.

Τα σχήματα 7-15 έως 7-17 δείχνουν ότι παρόλο που η ζήτηση για τα Windows μειώνεται λόγω του ανταγωνισμού, μακροπρόθεσμα διατηρούν υψηλά μερίδια αγοράς. Το Linux, από την άλλη πλευρά, επιτυγχάνει μία μικρή αύξηση του μεριδίου της και εξακολουθεί να συνυπάρχει με τα άλλα δύο ΛΣ, δρώντας ανταγωνιστικά. Τέλος, το Mac OSX, παρουσιάζει αισθητή αύξηση στη διάχυση και αναμένεται να καθιερωθεί στην αγορά, βελτιώνοντας τη μονοπωλιακή δομή της.

#### **7.4.5 Ανάλυση ευαισθησίας επιπέδων χρήσης του Linux**

Όπως περιγράφεται αναλυτικά στις ενότητες 8.1-8.3 το ΕΛ/ΛΑΚ διαθέτει σημαντικά πλεονεκτήματα, που το καθιστούν μια ενδεδειγμένη επιλογή τόσο για τους δημόσιους όσο και τους ιδιωτικούς οργανισμούς. Εκτός από τα πλεονεκτήματά του, το Linux έχει ωριμάσει σε τέτοιο σημείο ώστε ακόμα και οι λιγότερο τεχνολογικά καταρτισμένοι χρήστες να μπορούν να το υιοθετήσουν. Παρόλα αυτά, η διείσδυσή του δεν άλλαξε δραματικά στο διάστημα των τελευταίων ετών.

Το ερώτημα που προκύπτει αν οι νέες συνθήκες στην αγορά, μπορούν να αλλάξουν αυτό το δεδομένο. Οι συνθήκες διαμορφώνονται από την οικονομική κρίση και μια προσέγγιση πιο κεντρικής διαχείρισης των υπολογιστικών συστημάτων, μέσω εικονικού περιβάλλοντος (virtualization) και/ή υπολογιστικού νέφους (cloud computing), επαναφέροντας το θέμα της στρατηγικής για το λογισμικό των ΛΣ [365, 366]. Το παραπάνω, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ένας μεγάλος αριθμός οργανισμών έχουν ήδη εγκαταστήσει το Linux σε εξυπηρετητές (servers) στα κεντρικά τους συστήματα, θα μπορούσε να σηματοδοτήσει μια μεγάλη αύξηση της διείσδυσης του Linux στους οργανισμούς. Κατά συνέπεια, αν οι χρήστες που δεν έχουν ιδιαίτερη τεχνική κατάρτιση και εξοικειωθούν με τη χρήση του Linux στον εργασιακό τους χώρο (στο δημόσιο ή στον ιδιωτικό τομέα), τότε θα μπορούσαν να το υιοθετήσουν και στο οικιακό τους περιβάλλον.

Επιπλέον και με έμπνευση τις αξίες του ΕΛ/ΛΑΚ, έχει αναπτυχθεί ένα πλήθος από άλλες μορφές ανοιχτών πρωτοβουλιών. Τα συστήματα ανοιχτού κώδικα επεκτείνονται και πέρα από το λογισμικό, περιλαμβάνοντας έννοιες όπως ανοιχτή πρόσβαση (open access), ανοιχτά κείμενα (open documents), ανοιχτή επιστήμη, (open science), ανοιχτή διακυβέρνηση (open government) κ.α. Στο πλαίσιο της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης (eGovernment - eGov) η έννοια της ανοιχτής διακυβέρνησης έχει αποκτήσει ευρεία αποδοχή παγκοσμίως και είναι πλέον στενά συνδεδεμένη με ένα από τους στόχους της [392]. Αυτή η τάση των κυβερνήσεων προς την κατεύθυνση του ΕΛ/ΛΑΚ είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη μιας σειράς από δράσεις και πολιτικές, οι οποίες προωθούν το ελεύθερο λογισμικό στο δημόσιο τομέα, σε παγκόσμια κλίμακα [301, 393].

Με κίνητρο αυτές τις τάσεις, τόσο στο δημόσιο όσο και στον ιδιωτικό τομέα, αναπτύσσεται ένα μοντέλο για τη μελέτη της συμπεριφοράς της αγοράς σε μια ενδεχόμενη αύξηση των μεριδίων του Linux σε βάρος των Windows. Η μελέτη εξετάζει

διαφορετικά επίπεδα αύξησης και αναλύει τα αποτελέσματα στη δομή της αγοράς. Μια τέτοια περίπτωση θα μπορούσε να είναι για παράδειγμα, εάν η κυβέρνηση αποφάσιζε να υιοθετήσει το Linux για τα υπολογιστικά συστήματα του δημόσιου τομέα, όπως οι δημόσιες αρχές, τα σχολεία, τα πανεπιστήμια, τα νοσοκομεία κλπ.

Πιο συγκεκριμένα, θεωρούνται διαφορετικά επίπεδα της ποσοστιαίας διείσδυσης,  $g$ , προκειμένου να εξεταστούν οι συνέπειες τέτοιων δράσεων στον ανταγωνισμό και τη δομή της αγοράς των ΛΣ. Για να επιτευχθεί αυτό, το μοντέλο (7-6) επαναπροσδιορίζεται, προκειμένου να αποτυπώσει το φαινόμενο της μετακίνησης των χρηστών των Windows προς το Linux (churn-effect). Το μοντέλο υποθέτει πως ένα τμήμα (ποσοστό),  $g$ , χρηστών των Windows, θα μετακινηθούν σε ΛΣ Linux, λόγω αλλαγής της πολιτικής του οργανισμού στον οποίο εργάζονται, προσθέτοντας έτσι δυναμική στους αντίστοιχους χρήστες.

Σε μαθηματική ορολογία, ο ρυθμός του δια-πληθυσμιακού ανταγωνισμού, ανάμεσα στα διαφορετικά είδη (inter-species competition rate) που αντιστοιχεί στον αριθμό των χρηστών Windows οι οποίοι μετακινούνται στο Linux, π.χ.  $5,28N_1$ , θα αυξηθεί κατά ένα ποσοστό  $gN_1$  χρηστών. Συνεπώς, και ο ρυθμός αύξησης των χρηστών Linux θα αυξηθεί κατά το ίδιο ποσοστό  $gN_1$ . Στην υπόθεση δεν περιλαμβάνονται αλλαγές στο ΛΣ MacOSX. Το νέο μοντέλο περιγράφεται στο σύστημα εξισώσεων (7-14):

$$\begin{aligned} \frac{dN_1}{dt} &= N_1(0,21 - (0,01 - g)N_1 - 0,39N_2 - 0,2N_3) \\ \frac{dN_2}{dt} &= N_2(4,95 - 1,06N_1 - 6,7N_2 - 5N_3) \\ \frac{dN_3}{dt} &= N_3(3,14 - (5,28 + g)N_1 - 3,26N_2 - 3,09N_3) \end{aligned} \tag{7-14}$$

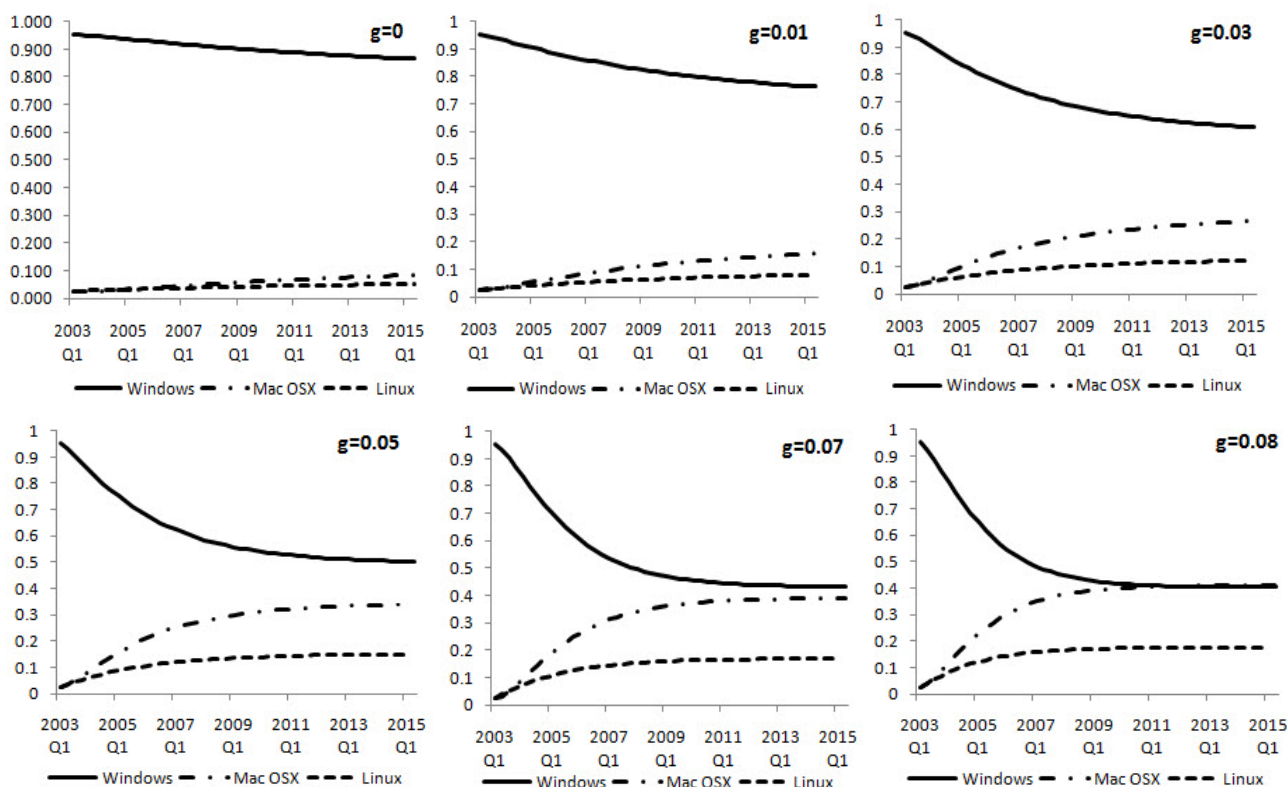
Για την επίλυση του συστήματος (7-14) και την εύρεση του σημείου ισορροπίας της αγοράς, εφαρμόζεται η ίδια μεθοδολογία με πριν. Η ανάλυση πραγματοποιείται για διαφορετικές τιμές του  $g$ , οι οποίες αντιστοιχούν σε διαφορετικά επίπεδα υιοθέτησης και μετρώνται σε ποσοστιαίους ρυθμούς. Ο Πίνακας 7-6 περιέχει τα σταθερά σημεία ισορροπίας του συστήματος, τα οποία αντιστοιχούν στις διαφορετικές τιμές του  $g$ . Τα σημεία ισορροπίας περιγράφουν τη δομή της αγοράς σε κατάσταση ισορροπίας, για τα διαφορετικά επίπεδα προώθησης,  $g$ .

**Πίνακας 7-6. Σημεία ισορροπίας και συγκέντρωση αγοράς για διαφορετικές τιμές του επιπέδου προώθησης του Linux**

Τιμές του $g$	Σημεία ισορροπίας (Linux, Mac, Windows)	HHI
0,00	(0,07, 0,12, 0,81)	0,67
0,01	(0,09, 0,19, 0,72)	0,56
0,03	(0,13, 0,28, 0,59)	0,44
0,05	(0,15, 0,34, 0,50)	0,39
0,07	(0,17, 0,39, 0,43)	0,37
0,08	(0,18, 0,41, 0,40)	0,36

Ο Πίνακας 7-6 παρέχει επίσης πληροφορίες σχετικά με την ένταση του ανταγωνισμού, με βάση τις τιμές του σχετικού δείκτη Herfindahl –Hirshman index (HHI). Ο δείκτης HHI υπολογίζεται στο σημείο ισορροπίας, για τις διαφορετικές τιμές του  $g$ . Η τετριμμένη περίπτωση όπου  $g=0$ , αντιστοιχεί στην απουσία πολιτικής προώθησης και περιγράφεται από το σύστημα (7-6). Η συνάρτηση που περιγράφει τη διάχυση καθενός από τα ανταγωνιζόμενα είδη έχει υπολογιστεί σε κάθε ένα από τα επίπεδα προώθησης,  $g$ , ακολουθώντας τη μεθοδολογία των προηγούμενων ενοτήτων. Η πορεία διάχυσης απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 7-18.





**Σχήμα 7-18. Διείσδυση και σημεία ισορροπίας για διαφορετικά επίπεδα υιοθέτησης του Linux, για πρόβλεψη 5 ετών**

Με βάση τα αποτελέσματα, συνάγεται ότι ο συνολικός ρυθμός ανταγωνισμού της αγοράς αυξάνεται με ρυθμό ανάλογο του ποσοστού αύξησης του Linux,  $g$ . Για επίπεδο αύξησης 3% η αγορά αρχίζει να χάνει το μονοπωλιακό της χαρακτήρα και γίνεται πιο ανταγωνιστική. Επιπλέον, η ισορροπία επιτυγχάνεται σε πιο σύντομο χρονικό διάστημα, ανάλογο του ρυθμού  $g$ .

Όπως ήταν αναμενόμενο, τα μερίδια αγοράς του Linux αυξάνονται, ενώ μειώνονται τα μερίδια των Windows. Στο μοντέλο (7-6) το Linux εμφάνιζε πολύ χαμηλό ρυθμό ανάπτυξης και μερίδιο αγοράς, το οποίο δεν επέτρεπε για δραστικές αλλαγές στο μερίδιό του. Καθώς όμως η τιμή του  $g$  αυξάνεται, το Linux επιτυγχάνει ένα σημαντικό μερίδιο την αγορά και καταφέρνει να καθιερωθεί στην αγορά των ΛΣ. Το εύρημα που έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον όμως είναι η αύξηση των μεριδίων αγοράς του Mac OS X, σε επίπεδο ικανό να αποτελέσει ευθεία απειλή για τα κυρίαρχα Windows. Δηλαδή, για ένα επίπεδο αύξησης 8% στη διείσδυση του Linux, το Mac OS X ξεπερνάει τα Windows. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι στο σύστημα (7-6), το Linux αυξάνεται εις βάρος των Windows, τα οποία είναι ο σημαντικότερος ανταγωνιστής του Mac OS X. Ο ρυθμός ανταγωνισμού μεταξύ του Mac OS X και του Linux είναι αρκετά χαμηλός (1,06) και κατά συνέπεια το Linux δεν επηρεάζει αρνητικά το Mac OS X. Αντίθετα, ο ανταγωνισμός του Mac OS X και των Windows είναι αρκετά ισχυρότερος (ρυθμός ανταγωνισμού= 5). Το γεγονός ότι η διείσδυση του Linux μειώνει τα μερίδια αγοράς των Windows, αναγκάζει τα Windows να ασκούν μικρότερη ανταγωνιστική πίεση στο Mac OS X. Αυτό με τη σειρά του οδηγεί σε αύξηση των μεριδίων του Mac OS X. Οι συνέπειες μπορούν να συγκριθούν με τη στρατηγική των συμμαχιών ανάμεσα σε μικρότερους οργανισμούς, προκειμένου να αντιμετωπίσουν ένα μονοπώλιο [162]. Παρά το ότι δεν υπάρχει συμμαχία ανάμεσα στο Mac OS X και το Linux, η αμοιβαιότητα που εμφανίζεται το μοντέλο (7-6) έχει μεγαλύτερη ισχύ στο μοντέλο (7-14), καθώς το Linux ισχυροποιείται και τα μερίδια αγοράς των Windows μειώνονται.

Ως αποτέλεσμα, η μετακίνηση των χρηστών των Windows μπορεί να αλλάξει τη δυναμική της αγοράς, προς όφελος του Mac OSX και να μετατρέψει την αγορά των λειτουργικών συστημάτων σε πιο ανταγωνιστική. Η αύξηση του ανταγωνισμού της αγοράς θα μπορούσε με τη σειρά της να επιτρέψει νέες εισόδους στην αγορά.

#### **7.4.6 Αποτελέσματα και διοικητικές επιπτώσεις**

Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν στις προηγούμενες ενότητες δείχνουν ότι το ΕΛ/ΛΑΚ παίζει σημαντικό ρόλο ακόμα και σε αγορές με μεγάλη συγκέντρωση, όπως αυτή των ΛΣ. Παρά το γεγονός ότι τα Windows εξακολουθούν να δεσπόζουν στα σημεία ισορροπίας, η δομή της αγοράς τείνει να είναι λιγότερο συγκεντρωμένη, με τα μερίδια των Linux και Mac OSX να αυξάνονται διαρκώς.

Μπορεί, κατά συνέπεια, να συναχθεί το συμπέρασμα ότι ο ρόλος του ΕΛ/ΛΑΚ είναι διπλός. Πρώτον, το Linux ως λογισμικό ανοιχτού κώδικα ασκεί πίεση στα μερίδια αγοράς των Windows. Παρά το ότι η «χρονιά του Linux» δεν έχει φτάσει ακόμα, εν τούτοις το Linux δεν αναμένεται να τεθεί εκτός αγοράς. Αντιθέτως αυξάνεται με μικρό ρυθμό, εις βάρος των μεριδίων των Windows. Αυτό προκύπτει κυρίως λόγω του γεγονότος ότι το Linux έχει αποκτήσει φήμη αναφορικά με τα χαρακτηριστικά της ποιότητας και της ασφάλειας, μετά από χρόνια δοκιμών και επικύρωσης.

Κατά δεύτερον, το Linux έχει δημιουργήσει τις συνθήκες για νέες εισόδους, ειδικά για επιχειρηματικά μοντέλα βασισμένα στη στρατηγική ΕΛ/ΛΑΚ. Αυτή είναι η περίπτωση του, εμπορικού αλλά «μεικτού» ΛΣ Mac OSX. Όπως προκύπτει από το μοντέλο (7-6) υπάρχει ένδειξη αμοιβαιότητας ανάμεσα τα Linux και Mac OSX. Το Mac OSX επηρεάζεται λιγότερο από τον ανταγωνισμό, απολαμβάνοντας τα οφέλη των πλεονεκτημάτων του λογισμικού ανοιχτού κώδικα που εμπεριέχει, σε μια αγορά όπου οι χρήστες αναζητούν την ποιότητα του ΕΛ/ΛΑΚ σε ένα εμπορικό ανάλογο. Παρά το ότι το Mac OSX αποτελεί νέα είσοδο στην αγορά, έχει επιτύχει σημαντικά μερίδια αγοράς, αφήνοντας το Linux αρκετά πίσω. Όπως φάνηκε και από την ανάλυση, το Mac OSX έχει τις μεγαλύτερες προοπτικές ανάπτυξης.

Αυτό δικαιολογεί τη στρατηγική των οργανισμών προς την κατεύθυνση των επιχειρηματικών μοντέλων ΕΛ/ΛΑΚ, που μελετήσαμε στην ενότητα 7.3 θέτοντας το τελευταίο σημαντικό μέρος της ανάπτυξης της στρατηγικής ΠΣ. Σήμερα, πολλές εταιρείες υποστηρίζουν ένα ανοιχτό λογισμικό, προσφέροντας σχεδιασμό ανάπτυξης, τεχνική υποστήριξη από τους προγραμματιστές της, καθώς και άλλες υπηρεσίες. Οι εταιρείες αυτές προσφέρουν πιστοποιημένο κώδικα, πλήρη τεκμηρίωση και λογισμικό το οποίο εγκαθίσταται εύκολα, προσφέροντας στους χρήστες υπηρεσίες υψηλού επιπέδου. Επιτυχημένα παραδείγματα τέτοιων εταιρειών για διανομές Linux αποτελούν οι RedHat (Fedora), Canonical (Ubuntu) και η νεοεισερχόμενη αλλά επιτυχημένη Clement Lefebvre (Linux Mint).

Επιπλέον, σύμφωνα με το τροποποιημένο μοντέλο (7-14), υπάρχουν συνθήκες κάτω από τις οποίες η δομή της αγοράς των ΛΣ μπορεί να αλλάξει δραματικά και να γίνει ακόμα και πλήρως ανταγωνιστική. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί με μια αύξηση στη διείσδυση του Linux, εις βάρος των Windows, τόσο στο δημόσιο όσο και στον ιδιωτικό τομέα.

Το μοντέλο (7-14) δείχνει επίσης πως, αν η Apple και το Linux δρούσαν συνεργατικά, τα μερίδια αγοράς της Apple θα αυξάνονταν σημαντικά. Καθώς το Linux δεν αυξάνεται εις βάρος του Mac OSX, μια στρατηγική της Apple προς την κατεύθυνση της προώθησης του Linux θα ωφελούσε άμεσα και την Apple. Το παράδειγμα της Apple θα μπορούσε να υιοθετηθεί και από άλλους εταιρείες που θα επιχειρήσουν μια νέα είσοδο στην αγορά των ΛΣ.

Οι συνέπειες της επίδρασης του ΕΛ/ΛΑΚ στην αγορά των ΛΣ αντανακλάται και στον νέο και ραγδαία αναπτυσσόμενο κλάδο της αγοράς που αφορά κινητά τηλέφωνα και tablets. Στον τομέα αυτό η Apple με το iOS κυριαρχεί στην αγορά, η οποία όμως δεν είναι συγκεντρωμένη. Το iOS είναι βασισμένο στο επιτυχημένο Mac OSX, με το οποίο μοιράζεται το κέλυφος ανοιχτού κώδικα Darwin. Κατά συνέπεια, το iOS κληρονομεί τη φήμη επιτυχίας των ΕΛ/ΛΑΚ και του Mac OSX, μαζί.

Στην περίπτωση αυτού του κλάδου της αγοράς, τα Windows δεν είχαν το πλεονέκτημα της πρώτης κίνησης, ενώ αντίθετα είχαν τη κακή φήμη για έλλειψη σταθερότητας και αξιοπιστίας. Συνεπώς, το «μεικτό» λογισμικό iOS έγινε αμέσως αποδεκτό. Αντίθετα, το Windows Phone και το Windows Mobile της οικογένειας προϊόντων Windows Embedded Compact (CE) βρίσκονται στο περιθώριο, με μερίδια αγοράς μικρότερο του 0,5% το καθένα [259]. Η νέα είσοδος της Google με το Android, το οποίο επίσης βασίζεται σε μεγάλη έκταση στο κέλυφος του Linux και το οποίο προσφέρεται ως ανοιχτό λογισμικό, κατάφερε ένα μερίδιο αγοράς της τάξης του 19% [259], ενώ τα μερίδια αγοράς του αυξάνουν διαρκώς. Σε αντίθεση με το iOS, το Android είναι καθαρά ΕΛ/ΛΑΚ και κατά συνέπεια απολαμβάνει ευρεία αποδοχή και υποστήριξη της κοινότητας του ΕΛ/ΛΑΚ. Μπορεί δηλαδή να συναχθεί το συμπέρασμα ότι οι είσοδοι ΕΛ/ΛΑΚ ή ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ έχουν ωφεληθεί σε αυτή τη νέα αγορά.

#### 7.4.7 Συμπεράσματα και περιορισμοί της έρευνας

Στις προηγούμενες ενότητες παρουσιάστηκε μια μεθοδολογία για την ανάλυση της δυναμικής και της δομής της αγοράς των ΛΣ όπως αυτή διαμορφώνεται λόγω της ύπαρξης του ανοιχτού λογισμικού Linux. Η προτεινόμενη μεθοδολογία βασίστηκε στις αρχές της πληθυσμιακής βιολογίας και του αντίστοιχου μοντέλου εξισώσεων Lotka-Volterra. Η εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια γενετικών αλγορίθμων, οι οποίοι είναι ευρετικοί αλγόριθμοι και βασίζονται στους μηχανισμούς της γενετικής και των φυσικών συστημάτων.

Η βασική υπόθεση της μεθοδολογίας είναι η θεώρηση των τριών προϊόντων λογισμικού ως βιολογικά είδη τα οποία ανταγωνίζονται για μια κοινή πηγή, την ίδια την αγορά, εκφρασμένη από τα αντίστοιχα μερίδια αγοράς. Η μελέτη της δυναμικής του συστήματος πραγματοποιήθηκε πάνω στα τρία πιο διαδεδομένα ΛΣ, το Linux, το Mac OSX και τα Microsoft Windows. Η ανάλυση έδειξε ότι στο σημείο ισορροπίας, όλα τα ΛΣ θα επιβιώσουν και θα συνυπάρχουν και μάλιστα η δομή της αγοράς θα βελτιωθεί ως προς το βαθμό συγκέντρωσής της. Αναφορικά με τη δυναμική της αγοράς, φάνηκε ότι το Mac OSX έχει το μεγαλύτερο ρυθμό διεξόδου και επηρεάζεται λιγότερο από τον ανταγωνισμό με τα υπόλοιπα συστήματα, ενώ επηρεάζεται περισσότερο από τη δυναμική του δικό του πληθυσμού. Επίσης, παρατηρήθηκε το φαινόμενο αμοιβαιότητας μεταξύ του ανοιχτού λογισμικού Linux και του «μεικτού» λογισμικού Mac OSX, δηλαδή ότι το Mac OSX ωφελείται έμμεσα από την άνοδο των μεριδίων αγοράς του Linux.

Τα Windows καταγράφουν μείωση του μεριδίου τους, καθώς αντιμετωπίζουν ανταγωνιστικές πιέσεις και από το Linux και από το Mac OSX, με το Linux να αποτελεί τον κυριότερο αντίπαλο. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα μερίδια αγοράς του Linux αυξάνονται κυρίως λόγω του γεγονότος ότι οι χρήστες των Windows μετακινούνται προς το Linux, ενώ οι χρήστες του τελευταίου είναι λιγότερο πιθανό να μετακινηθούν προς τα Windows. Πάντως, ο ρυθμός ανάπτυξης του Linux δεν αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά, τουλάχιστον υπό τις παρούσες συνθήκες της αγοράς, ενώ τα Windows αναμένεται να διατηρήσουν την ηγετική τους θέση.

Τα παραπάνω αποτελέσματα προσφέρουν σημαντικά ευρήματα στη μελέτη της γενικότερης επίδρασης του ΕΛ/ΛΑΚ στον ανταγωνισμό. Πρώτον, υπάρχει άμεση επίδραση λόγω της ύπαρξης προϊόντων λογισμικού όπως το Linux, το οποίο συντελούν

στη μείωση της υψηλής συγκέντρωσης και μονοπωλιακής συμπεριφοράς της αγοράς λογισμικού. Όπως, προκύπτει από την έρευνα, ακόμα και στην υψηλά συγκεντρωμένη αγορά των ΛΣ, το Linux όχι μόνο επιβιώνει αλλά αυξάνει και το μερίδιό του.

Κατά δεύτερον, το ΕΛ/ΛΑΚ επιτρέπει τη δημιουργία νέων επιχειρηματικών μοντέλων, όπως το «μεικτό» λογισμικό, τα οποία με τη σειρά τους κάνουν εφικτή την επιτυχή είσοδο νέων ανταγωνιστικών προϊόντων στην αγορά. Το παράδειγμα του «μεικτού» Mac OSX δείχνει ότι το Mac OSX, παρά το ότι εισήλθε αργά στην αγορά κατόρθωσε να προσελκύσει σημαντικά μερίδια αγοράς, σε μια ιδιαίτερα συγκεντρωμένη αγορά.

Οι συνέπειες της επίδρασης του ΕΛ/ΛΑΚ στην αγορά των ΛΣ αντανακλώνονται και στον ραγδαία αναπτυσσόμενο τομέα των κινητών συσκευών. Στην περίπτωση αυτή, το iOS που αποτελεί την εξέλιξη του Mac OSX για φορητά και tablets, έγινε το κυρίαρχο ΛΣ, ενώ τα αντίστοιχα ΛΣ που προέκυψαν από τα Windows για φορητές και κινητές συσκευές έχουν αμελητέα διείσδυση. Αντίθετα, το νέο-εισερχόμενο ΛΣ ανοιχτού κώδικα το Google Android αναπτύσσεται ραγδαία. Τα αποτελέσματα δικαιολογούν τη στρατηγική πολλών εταιρειών προ της κατεύθυνση των επιχειρηματικών μοντέλων βασισμένων στο ΕΛ/ΛΑΚ, θέτοντάς το ως σημαντικό τμήμα της στρατηγικής τους.

Τέλος, στο πλαίσιο της μελέτης πραγματοποιείται μια ανάλυση ευαισθησίας προκειμένου να ελεγχθούν οι πιθανές επιπτώσεις στη δομή της αγοράς, η οποία προκαλείται από τη μετάβαση από τα Windows στο Linux, σε επίπεδο οργανισμών. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχουν συνθήκες κάτω από τις οποίες η δομή της αγοράς ΛΣ είναι δυνατόν να αλλάξει σημαντικά και να γίνει ακόμα και πλήρως ανταγωνιστική. Επιπλέον, υπάρχει μια σαφής ένδειξη αμοιβαιότητας ανάμεσα στο Linux και το Mac OSX, όπου η αύξηση της διείσδυσης του Linux ωφελεί άμεσα το Mac OSX, υποδεικνύοντας ότι αν τα δύο λογισμικά επιχειρούσαν να συνεργαστούν, το αποτέλεσμα θα ωφελούσε και τους δύο. Η επίδραση αυτή μπορεί να συγκριθεί με τη στρατηγική συμμαχία των μικρών εταιρειών προκειμένου να αντιμετωπιστεί μια κατάσταση μονοπωλίου [162].

Συνοψίζοντας, η προτεινόμενη μεθοδολογία και τα αποτελέσματά της μπορούν να δώσουν σημαντική πληροφορία για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και στρατηγικού σχεδιασμού στην αγορά λογισμικού.

Στους περιορισμούς της έρευνας, συγκαταλέγεται το γεγονός ότι δε λήφθηκαν υπόψη στοχαστικές επιδράσεις. Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα εξακολουθούν να είναι αξιόπιστα και να αποτελούν μια ικανοποιητική πρώτη προσέγγιση στη μελέτη της εξέλιξης της δυναμικής και δομής της αγοράς. Επίσης, αν και τα στοιχεία αυτά είναι μόνο ένα τμήμα των συνολικών μεριδίων αγοράς των ΛΣ, η υψηλή κινητικότητα της πύλης [76] και η κατηγορία των επισκεπτών (προσανατολισμένοι τεχνολογικά), δημιουργεί ένα αξιόπιστο στατιστικό δείγμα για τις συνολικές τάσεις της αγοράς ΛΣ.

Μελλοντικές κατευθύνσεις στην έρευνα της αγοράς, μπορεί να αποτελέσει η δημιουργία μοντέλων που να λαμβάνουν υπόψη την περιοδικότητα, τις στοχαστικές επιδράσεις, ή την επίδραση και άλλων εξωτερικών παραγόντων εκτός του ανταγωνισμού. Με τον τρόπο αυτό θα επιτευχθεί μια ολοκληρωμένη μελέτη των διαφορετικών δυνάμεων της αγοράς.

Τα αποτελέσματα της έρευνας δημοσιεύτηκαν στο επιστημονικό περιοδικό *Technological Forecasting and Social Change* [2].

## 8. ΑΝΟΙΧΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

Τα στρατηγικά πλεονεκτήματα που προσφέρει το ανοιχτό λογισμικό σε οργανισμούς και επιχειρήσεις, έχουν σημαντική επίδραση και στη περίπτωση του δημόσιου τομέα, όπου παρατηρείται σημαντική στροφή προς την υιοθέτηση λύσεων ανοιχτού λογισμικού, τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Πολλές μάλιστα είναι οι κυβερνήσεις που εφάρμοσαν πολιτικές υπέρ του ανοιχτού λογισμικού, όπως φορολογικές ελαφρύνσεις και υποχρεωτική υιοθέτηση σε δημόσιους οργανισμούς [301].

Οι λόγοι υιοθέτησης, εκτός από οικονομικοί (το ανοιχτό λογισμικό είναι οικονομικά πιο αποδοτικό), είναι επίσης και τεχνολογικοί (το ανοιχτό λογισμικό έχει αποδεδειγμένη ποιότητα, μετά από χρόνια αξιολόγησης, δοκιμών και βελτίωσης), αλλά και κοινωνικο-πολιτικοί, καθώς το ΕΛ/ΛΑΚ εμπεριέχει τις ιδεολογίες και έννοιες της ελευθερίας, της διαφάνειας και της ενεργής συμμετοχής του πολίτη που αποτελούν και πολιτική ιδεολογία.

Συχνά μάλιστα αναφέρεται ότι οι ιδεολογικές αξίες και αρχές του ανοιχτού λογισμικού έχουν επεκταθεί και πέρα από το λογισμικό και εμπνεύσει μια σειρά από άλλες μορφές «ανοιχτών» πρωτοβουλιών, όπως τα ανοιχτά πρότυπα (open standards), την ανοιχτή πρόσβαση (open access), το ανοιχτό περιεχόμενο (open content), την ανοιχτή επιστήμη (open science), την ανοιχτή εκπαίδευση (open education), την ανοιχτή διακυβέρνηση (open government), την ανοιχτή καινοτομία (open innovation) κ α πολλά άλλα. Δημιουργούνται κατά συνέπεια ερωτήματα ως προς την έκταση της επίδρασης του ανοιχτού λογισμικού σε αυτούς τους τομείς.

Το Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει και αναλύει στοιχεία που αφορούν στην επίδραση του ανοιχτού λογισμικού στην διακυβέρνηση και στην εκπαίδευση. Ιδιαίτερα όμως, εστιάζει στην επίδραση του ανοιχτού λογισμικού στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση, όπου επιχειρείται μια σε βάθος ανάλυση και αποτίμηση της σχέσης αλληλεπίδρασης του ανοιχτού λογισμικού με την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

### 8.1 Η στρατηγική σημασία του ανοιχτού λογισμικού στο δημόσιο τομέα

Προηγούμενες έρευνες [394-396] αναγνώρισαν τη στρατηγική σημασία του ανοιχτού λογισμικού στο δημόσιο τομέα. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που απορρέουν από τη χρήση του ανοιχτού λογισμικού συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- *Μείωση κόστους.* Το ανοιχτό λογισμικό διατίθεται δωρεάν ή σε πολύ χαμηλή τιμή συγκριτικά με το ιδιόκτητο λογισμικό. Διάφοροι ερευνητές επιβεβαιώνουν πως το ανοιχτό λογισμικό προσφέρεται όχι μόνο για εξοικονόμηση χρημάτων από τις άδειες χρήσης, αλλά και από το τεχνολογικό υλικό (hardware) [265] και τα κόστη ανάπτυξης και συντήρησης του λογισμικού [397]. Για μεγάλους οργανισμούς, αυτή η εξοικονόμηση χρημάτων μπορεί να αποδώσει πολλά εκατομμύρια ευρώ.
- *Ασφάλεια.* Η διαθεσιμότητα του πηγαίου κώδικα επιτρέπει προσαρμογές και παρέχει περισσότερες επιλογές για έλεγχο σε περίπτωση αποτυχίας του συστήματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι επιτρέπει την κατανόηση του πώς λειτουργεί το σύστημα, σε αντίθεση με το ιδιόκτητο λογισμικό, στο οποίο ο κώδικας παραμένει «μαύρο κουτί» και μόνο τυφλοί έλεγχοι (black-box testing) μπορούν να πραγματοποιηθούν. [244, 271]. Η διαφάνεια του ανοιχτού λογισμικού επιτρέπει την άμεση αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται με επιθέσεις ιών, ή ηλεκτρονικούς «κατασκόπους» που μπορεί να παραμένουν αθέατοι σε κάποιο κομμάτι του κλειστού κώδικα [370]. “Έτσι, παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχει λογισμικό (ανοιχτό ή μη) που θα είναι ίσως ποτέ 100% ασφαλές, το ανοιχτό λογισμικό αυξάνει την ασφάλεια του συστήματος, εξασφαλίζοντας ότι δεν

υπάρχει «πίσω πόρτα» (backdoor) όπου μπορεί να δεχθεί επιθέσεις ιών ή άλλων κατασκοπευτικών προγραμμάτων.

- *Ποιότητα.* Μια τεράστια κοινότητα των χρηστών του ανοιχτού λογισμικού δοκιμάζουν, ελέγχουν και επικυρώνουν το λογισμικό σε ένα ευρύ φάσμα από πλατφόρμες πριν τη τελική του έκδοση. Τα λάθη στον κώδικα βρίσκονται και διορθώνονται γρήγορα. Αυτά τα στοιχεία βοήθησαν το ανοιχτό λογισμικό να αποκτήσει τεχνικά πλεονεκτήματα, όπως η αξιοπιστία (reliability), η απόδοση (performance), η σταθερότητα του συστήματος εφαρμογής (stability) και η επεκτασιμότητα (scalability) [398]. Η σταθερότητα του συστήματος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα σε τομείς όπου η συνεχής και αδιάλειπτη λειτουργία των ΠΣ είναι υψίστης σημασίας.
- *Ανεξαρτησία από προμηθευτές.* Οι χρήστες του ιδιόκτητου λογισμικού πρέπει να βασίζονται στον αρχικό προμηθευτή για προσαρμογές ή αλλαγές στο λογισμικό και ως εκ τούτου παραμένουν εξαρτημένοι από αυτόν. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται υψηλή αβεβαιότητα και κινδύνους ως προς τη βιωσιμότητα του λογισμικού. Στις περιπτώσεις αυτές, το λογισμικό δε μπορεί να συνεχίσει να υποστηρίζεται είτε λόγω αδυναμίας της εταιρείας, είτε λόγω του υψηλού κόστους που αξιώνει η εταιρεία από τον φορέα, εξαιτίας αυτής της σχέσης εξάρτησης, π.χ. ανάλογα με το είδος των τροποποιήσεων που θα είναι αναγκαίες, την απόφαση του ιδιοκτήτη να σταματήσει την υποστήριξη λόγω της πτώχευσης ή συγχώνευσης της εταιρείας, κλπ. Στο δημόσιο τομέα, όπου υπάρχει ανάγκη για μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα του λογισμικού, αλλά και ιδιαίτερα εξατομικευμένες τροποποιήσεις, η απειλή αυτή είναι ακόμη μεγαλύτερη.
- Επίσης, το ανοιχτό λογισμικό μπορεί να θεωρηθεί σαν επέκταση του κινήματος για ανοιχτά πρότυπα το οποίο έχει σαν στόχο τη διασφάλιση της διαλειτουργικότητας μεταξύ των συστημάτων και να μειώσει την εξάρτηση από τους προμηθευτές.
- *Νομική κάλυψη.* Έχοντας μεγάλη βάση χρηστών, ο δημόσιος τομέας είναι ευαίσθητος σε νομικούς περιορισμούς και πνευματικά δικαιώματα αναδιανομής του λογισμικού. Οι άδειες του ανοιχτού λογισμικού παρακάμπτουν προβλήματα αυτής της φύσεως.
- *Ανάπτυξη των τοπικών δεξιοτήτων στις ΤΠΕ/ αγορά λογισμικού.* Το ανοιχτό λογισμικό μπορεί να αξιοποιήσει το υπάρχον δυναμικό μιας χώρας για την ανάπτυξη εγχώριου και προσαρμοσμένου στις τοπικές ανάγκες της χώρας λογισμικού. Οι προγραμματιστές μπορούν να αποκτήσουν περισσότερες δεξιότητες μέσα από τις κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ, οι οποίες αποτελούν κοιτίδες διάδοσης της γνώσης. Επιπλέον, τα νέα επιχειρηματικά μοντέλα ανοιχτού λογισμικού, δίνουν τις ευκαιρίες ανάπτυξης μικρών και μεσαίου μεγέθους επιχειρήσεων στο τομέα του λογισμικού.
- *Διαφάνεια.* Η διαφάνεια στη διαδικασία ανάπτυξης του ανοιχτού λογισμικού προσφέρει στους πολίτες τη δυνατότητα να συμμετέχουν στη διαδικασία είτε ως προγραμματιστές, είτε ως χρήστες διευρύνοντας την αίσθηση της ιδιοκτησίας, ενώ συντελεί στην ανάπτυξη σχέσης εμπιστοσύνης μεταξύ των πολιτών και της κυβέρνησης. Το ανοιχτό λογισμικό ευθυγραμμίζεται με πολιτικές που έχουν ως επίκεντρο τον πολίτη.
- *Δυνατότητα γλωσσικών προσαρμογών.* Οι χώρες στις οποίες τα Αγγλικά δεν είναι η κύρια γλώσσα και επιπλέον το μέρος του πληθυσμού που μιλά Αγγλικά είναι σχετικά μικρό, παρουσιάζουν σημαντικό μειονέκτημα στην αφομοίωση των ΤΠΕ. Οι κατασκευαστές ιδιόκτητου λογισμικού σπάνια επιλέγουν τη δυνατότητα

χρήσης σε γλώσσα που δεν έχει ιδιαίτερο εμπορικό ενδιαφέρον. Ειδικότερα στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου το μορφωτικό επίπεδο των πολιτών είναι χαμηλότερο, η έλλειψη δυνατότητας μετάφρασης στη τοπική γλώσσα αυξάνει σημαντικά το ψηφιακό χάσμα. Το ανοιχτό λογισμικό προσφέρει τη δυνατότητα προσαρμογής του κώδικα και συνεπώς την παραμετροποίηση του στη τοπική γλώσσα. Ήδη σε πολλές χώρες του κόσμου, οι τοπικές κοινότητες ανοιχτού λογισμικού αναλαμβάνουν τη γλωσσική προσαρμογή δημοφιλών λογισμικών, όπως το Openoffice και το Linux. Στην Ελλάδα, για παράδειγμα, η κοινότητα ελεύθερου/ανοιχτού λογισμικού έχει εξελιχθεί σε μια σειρά από λογισμικά, όπως τα Gnome, Moodle, OpenERP, Ubuntu Linux, τα αρχεία βοήθειας Openoffice, κλπ. [399].

## 8.2 Πολιτικές παρέμβασης υπέρ του ανοιχτού λογισμικού

Οι πολιτικές κυβερνήσεων που προωθούν το ανοιχτό λογισμικό, αποτελούν σημείο αντιπαράθεσης πολλών ερευνητών [283, 301, 395, 396, 400], καθώς οι παρεμβάσεις υπέρ του ανοιχτού λογισμικού, θα μπορούσαν να πλήξουν τον ανταγωνισμό. Παρόλα αυτά ολοένα και περισσότερες χώρες αναλαμβάνουν πολιτικές πρωτοβουλίες υπέρ του ΕΛ/ΛΑΚ.

Οι πολιτικές διαφέρουν ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες κάθε χώρας, όπως για παράδειγμα τον υφιστάμενο ανταγωνισμό στην αγορά λογισμικού, αλλά και τις ιδεολογικές τοποθετήσεις της κυβέρνησης. Για παράδειγμα, η κυβέρνηση της Βενεζουέλας ακολούθησε μια πολιτική υποχρεωτικής υιοθέτησης του ΕΛ/ΛΑΚ, με την επιβολή σχετικής νομοθεσίας το 2004 [401]. Η κυβέρνηση αιτιολογώντας αυτή τη προσέγγιση, επικαλέστηκε τη συμπληρωματικότητα και συνέργεια του ανοιχτού λογισμικού με τη σοσιαλιστική πολιτική ανάπτυξης που ακολουθούσε [402]. Άλλες πολιτικές προσεγγίσεις αφορούν σε κίνητρα όπως φοροελαφρύνσεις (Σιγκαπούρη), εκπαίδευση και κατάρτιση στο ανοιχτό λογισμικό (ΗΠΑ), αλλά και προωθητικές δράσεις, όπως ενημέρωση των πολιτών (Βέλγιο και Ολλανδία).

Συνολικά, οι πολιτικές δράσεις υπέρ του ανοιχτού λογισμικού μπορούν να καταταχθούν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες. Τις δράσεις:

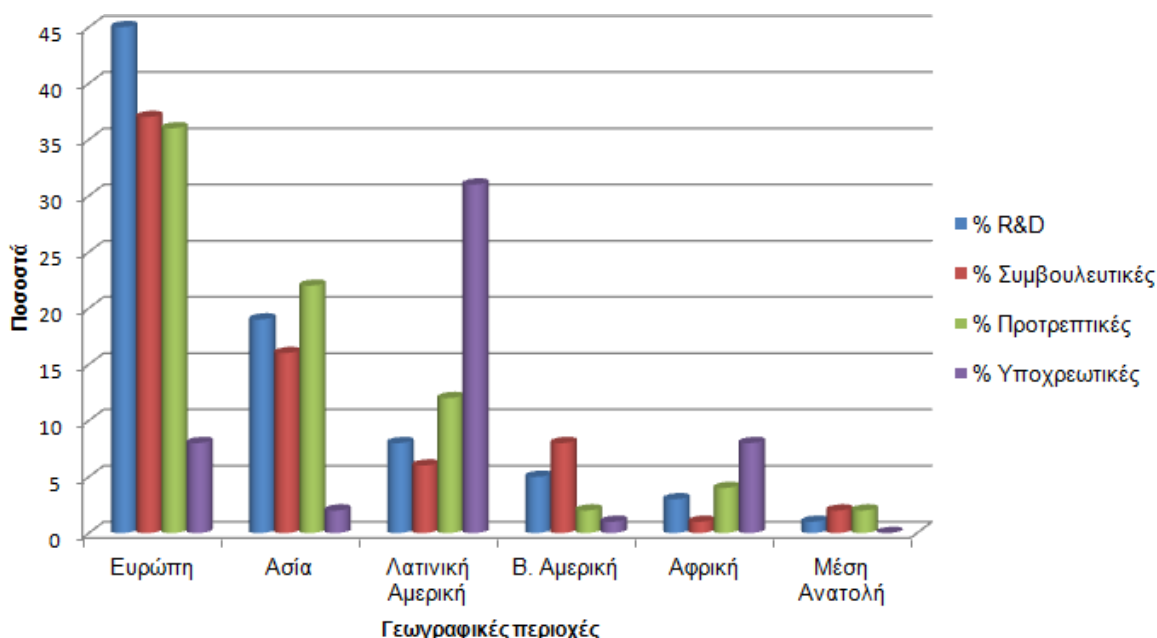
- υποχρεωτικού χαρακτήρα (το ΕΛ/ΛΑΚ πρέπει να είναι η μόνη επιλογή),
- προτρεπτικού χαρακτήρα (το ΕΛ/ΛΑΚ είναι η προτεινόμενη επιλογή),
- συμβουλευτικού χαρακτήρα (το ΕΛ/ΛΑΚ θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ως επιλογή),
- δράσεις που αφορούν στην έρευνα και την εκπαίδευση.

Σύμφωνα με έρευνα του κέντρου στρατηγικών και διεθνών σπουδών, Center for Strategic and International Studies (CSIS), για το έτος 2010 έχουν καταγραφεί 364 κυβερνητικές πρωτοβουλίες υπέρ του ανοιχτού λογισμικού παγκοσμίως [302]. Η έρευνα καταγράφει κυβερνητικές πολιτικές όπως αναφέρονται στον τύπο ή άλ. α μέσα ενημέρωσης και δεν περιλαμβάνει τις αποφάσεις για χρήση ή αγορά λογισμικού ανοιχτού κώδικα, καθώς αυτές μπορεί να αντανάκλουν αποφάσεις με βάση την τιμή ή τη ποιότητα και όχι με βάση την υποστήριξη της φιλοσοφίας του ανοιχτού λογισμικού. Οι πολιτικές αυτές μπορεί να έχουν εγκριθεί, να είναι υπό εξέταση, ή να έχουν απορριφθεί.

Αναλυτικά, η κατανομή των διαφορετικών πολιτικών δράσεων ανά γεωγραφική περιοχή φαίνεται στο Σχήμα 8-1. Όπως μπορεί να διαπιστώσει κανείς, τα υψηλότερα ποσοστά παγκοσμίως κατέχει η Ευρώπη, ακολουθούμενη από την Ασία και τη Λατινική Αμερική. Αντίθετα, στη Β. Αμερική δεν έχουν εφαρμοστεί παρά λίγες πολιτικές δράσεις, καθώς προτιμούν να κρατούν μια στάση ουδετερότητας απέναντι στο ανοιχτό λογισμικό.

γεγονός που σημαίνει ότι τα υψηλά ποσοστά διείσδυσης και χρήσης ΕΛ/ΛΑΚ, δεν είναι απαραίτητα αποτέλεσμα της πολιτικής της κυβέρνησης. Σε χαμηλά επίπεδα κυμαίνονται επίσης οι χώρες της Αφρικής και της Μέσης Ανατολής.

Εντυπωσιακό είναι επίσης το γεγονός ότι στη Λατινική Αμερική οι περισσότερες πολιτικές είναι υποχρεωτικού χαρακτήρα, ενώ στην Ευρώπη και την Ασία είναι περισσότερο ερευνητικού, συμβουλευτικού ή προτρεπτικού χαρακτήρα, με πολύ μικρό ποσοστό υποχρεωτικών πολιτικών.



**Σχήμα 8-1. Γεωγραφική κατανομή εγκεκριμένων πολιτικών παρεμβάσεων για το ΕΛ/ΛΑΚ [302]**

Εκτός από τις μεμονωμένες χώρες, μεγάλοι διεθνείς οργανισμοί, όπως η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (ΕΕ) και ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών (United Nations - UN), αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες υποστήριξης και προώθησης του ΕΛ/ΛΑΚ στα κράτη μέλη:

- Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ίδρυσε τη δικτυακή πύλη Joinup [403], η οποία βοηθά τις ευρωπαϊκές δημόσιες διοικήσεις να συνάψουν διασυνοριακές και διατομεακές ηλεκτρονικές συνεργασίες για τη συνεργατική ανάπτυξη και επαναχρησιμοποίηση λογισμικού ανοικτού κώδικα. Μέσα στο πλαίσιο αυτό, το πρόγραμμα φιλοδοξεί στη δημιουργία μια διαμοιραζόμενης βάσης που θα προσφέρει σημασιολογικά στοιχεία διαλειτουργικότητας και λύσεων για την αποτελεσματικότερη λειτουργία των δημοσίων διοικήσεων. Επίσης, δημιούργησε τη δική της άδεια ανοικτού λογισμικού European Public License (EURL) η οποία είναι εγκεκριμένη από το OSI.
- Το πρόγραμμα ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Development Programme, UNDP) ίδρυσε το διεθνές δίκτυο ανοικτού λογισμικού (International Open Source Network) που αναφέρεται κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες της Ασίας και του Ειρηνικού. Το δίκτυο έχει ως στόχο τη δημιουργία και υποστήριξη δικτύου ΕΛ/ΛΑΚ και καταρτισμένου ανθρώπινου δυναμικού στη περιοχή. Απώτερος στόχος του προγράμματος είναι οι αναπτυσσόμενες χώρες στην περιοχή της Ασίας-Ειρηνικού να επιτύχουν ταχεία και βιώσιμη οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη με τη χρήση προσιτών και ταυτόχρονα αποτελεσματικών λύσεων ΕΛ/ΛΑΚ στις ΤΠΕ, για την επίτευξη της γεφύρωσης του ψηφιακού χάσματος [404].



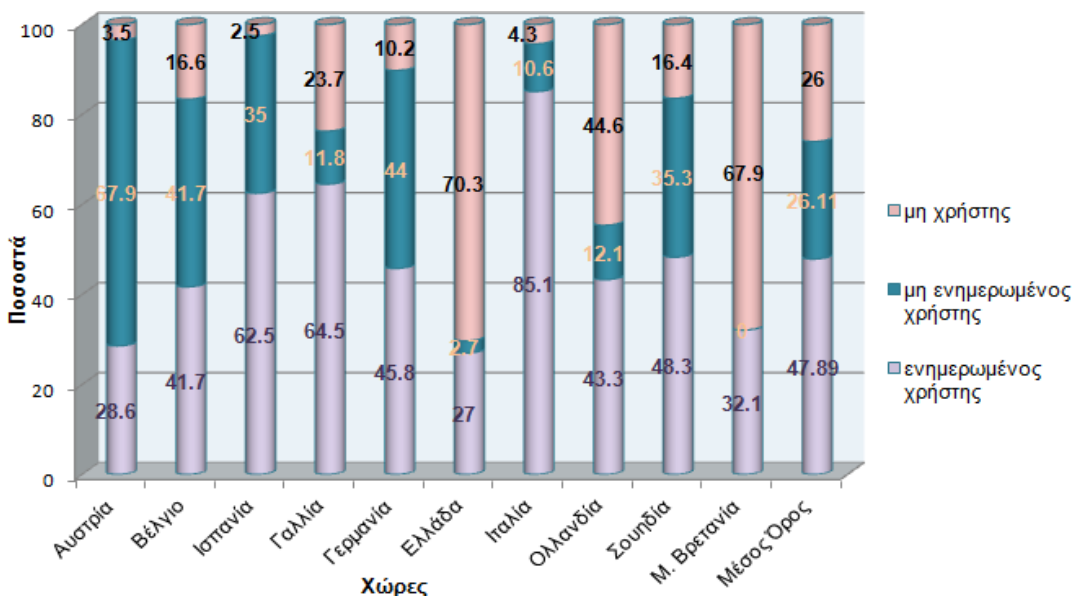
Όπως διαφαίνεται και από την πολιτική τους ανάλυση [396] τα Ηνωμένα Έθνη θεωρούν πως το ανοιχτό λογισμικό συμβάλλει σημαντικά στην μείωση του ψηφιακού χάσματος μιας χώρας.

### 8.3 Διείσδυση ανοιχτού λογισμικού στο δημόσιο τομέα

Αν και όπως έχει ήδη αναφερθεί, έχουν υλοποιηθεί πολλές μελέτες και πολιτικές αναλύσεις για τη χρήση του ανοιχτού λογισμικού στο δημόσιο τομέα (π.χ. [283, 301, 302, 393-396, 400, 405]), τα εμπειρικά δεδομένα που αφορούν στη διάδοσή του στο δημόσιο τομέα είναι πολύ περιορισμένα. Τα περισσότερα αφορούν σε αποσπασματικές πληροφορίες μεγεθών σε επίπεδο χωρών, χωρίς όμως να υποστηρίζονται από εμπειριστατωμένες έρευνες. Οι πιο πρόσφατες, μεθοδολογικά εμπειριστατωμένες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν ειδικά για να καλύψουν αυτό το κενό, προέρχονται από τις δράσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής FLOSSPOLS και FLOSSWORLD που υλοποιήθηκαν από το ερευνητικό κέντρο Maastricht Economic and social Research and training centre on Innovation and Technology (MERIT).

Η δράση FLOSSPOLS [406] πραγματοποιήθηκε στο διάστημα 2004-2005 και περιελάμβανε την έρευνα σε 955 οργανισμούς του δημοσίου τομέα σε 13 Ευρωπαϊκές χώρες: Αυστρία, Βέλγιο, Τσεχία, Δανία, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ιταλία, Ολλανδία, Πολωνία, Ισπανία, Σουηδία και Μ. Βρετανία.

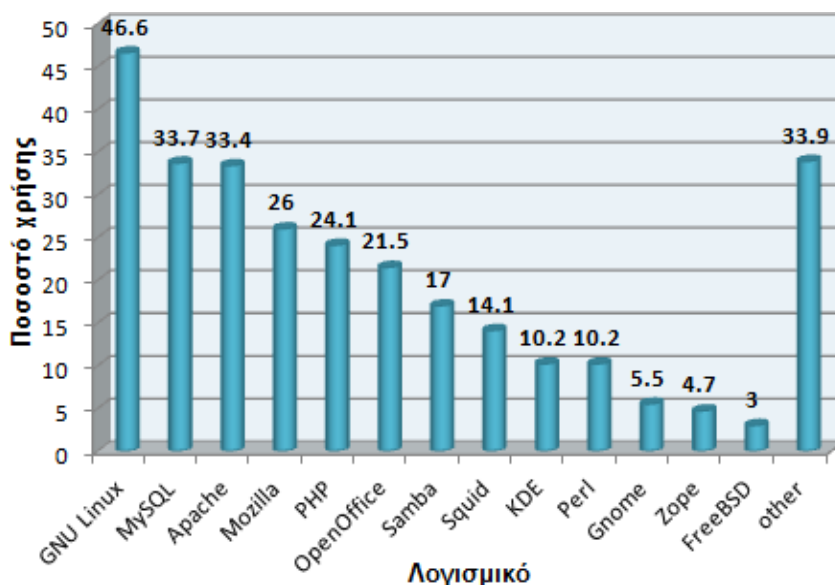
Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η συνολική κατά μέσο όρο χρήση του ανοιχτού λογισμικού στο δημόσιο τομέα στις 13 χώρες είναι αρκετά εκτεταμένη και ανέρχεται σε ποσοστό 79%. Επίσης βρέθηκε αρκετά μεγάλο ποσοστό (κατά μέσο όρο 30%) «μη ενημερωμένων χρηστών», δηλαδή χρηστών που χρησιμοποιούν ανοιχτό λογισμικό χωρίς όμως να γνωρίζουν ότι αυτό είναι ανοιχτό, ή ακόμη και τι είναι το ανοιχτό λογισμικό. Αναλυτικά τα αποτελέσματα της χρήσης ανά χώρα και ανά κατηγορία χρηστών παρουσιάζονται στο Σχήμα 8-2.



Σχήμα 8-2. Ποσοστό χρηστών ΕΛΛΑΚ στο δημόσιο τομέα - Ευρώπη [407]

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 8-2, οι χώρες με τη μεγαλύτερη διείσδυση είναι η Αυστρία, η Ισπανία και η Ιταλία, με ποσοστά άνω των 95%, ενώ ακολουθούν οι Γερμανία, το Βέλγιο και η Σουηδία με ποσοστά άνω των 83%. Στον αντίποδα βρίσκονται η Ελλάδα με τη μικρότερη διείσδυση σε ποσοστό μόλις 27% και η Βρετανία με ποσοστό 32,1%. Εντυπωσιακά μεγάλο είναι το ποσοστό των «μη ενημερωμένων» χρηστών της Αυστρίας, που αγγίζει το 68%, σε σύγκριση με το εύρος της διάδοσης στη χρήση του. Το ίδιο συμβαίνει και με το Βέλγιο, αλλά σε μικρότερο ποσοστό (42,7%).

Η ίδια έρευνα έδειξε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό στη χρήση παρατηρείται σε servers (40%) παρά σε desktops (16%) και αφορά κυρίως σε ΛΣ και εφαρμογές Internet. Αναλυτικά, η διείσδυση των διαφόρων ειδών ανοιχτού λογισμικού φαίνεται στο Σχήμα 8-3.



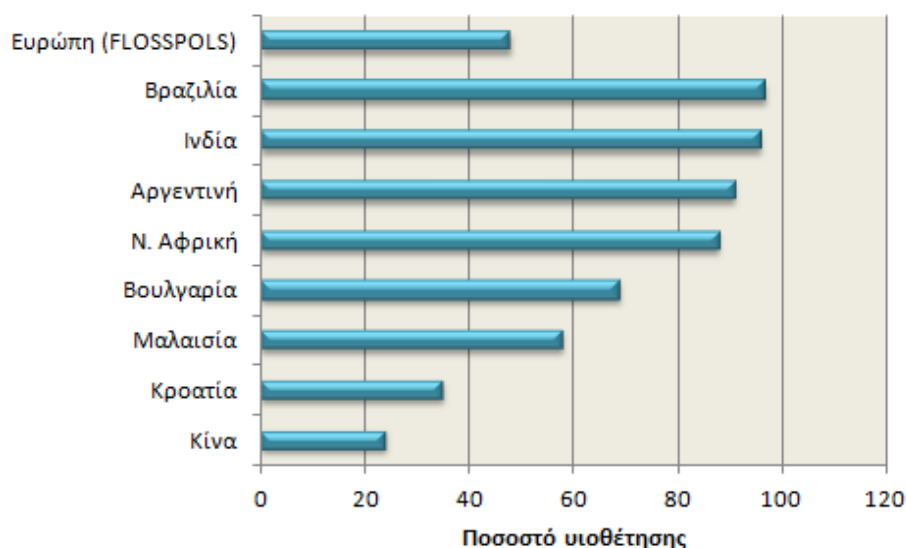
Σχήμα 8-3. Διείσδυση ΕΛ/ΛΑΚ στο δημόσιο τομέα ανά είδος - Ευρώπη [407].

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα το δημοφιλές LAMP stack (Linux-Apache-MySQL-PHP) παραμένει δημοφιλές και στη περίπτωση του δημόσιου τομέα. Ένα άλλο ενδιαφέρον αποτέλεσμα της έρευνας αφορά στην ερώτηση για πρόθεση χρήσης ανοιχτού λογισμικού στο μέλλον. Οι χρήστες που εν γνώσει τους υιοθέτησαν το ανοιχτό λογισμικό επιθυμούν όχι μόνο να συνεχίσουν να το χρησιμοποιούν, αλλά και να επεκτείνουν τη χρήση του και σε άλλες εφαρμογές λογισμικού, σε ποσοστό 70%. Αντίθετα, μόλις το 30,2% των «μη ενημερωμένων» χρηστών επιθυμούν περαιτέρω χρήση του ανοιχτού λογισμικού. Τέλος, οι μη χρήστες του ανοιχτού λογισμικού που επιθυμούν τη μελλοντική χρήση του, ανέρχονται κατά μέσο όρο στο 38%.

Η δράση FLOSSWORLD [408] υλοποιήθηκε επίσης από το MERIT με στόχο την επέκταση των ερευνών για τη χρήση και ανάπτυξη του ανοιχτού λογισμικού σε αναπτυσσόμενες ή υπό ανάπτυξη περιοχές εκτός της Ευρώπης και σύγκρισή τους με την υφιστάμενη κατάσταση στην Ευρώπη.

Στην έρευνα συμμετείχαν 306 κυβερνητικοί οργανισμοί από οκτώ χώρες, ήτοι Αργεντινή, Βουλγαρία, Βραζιλία, Κίνα, Κροατία, Ινδία, Μαλαισία και Ν. Αφρική. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όπως και στις Ευρωπαϊκές χώρες υπάρχει σημαντική διείσδυση του ανοιχτού λογισμικού στο δημόσιο τομέα, με συνολικό μέσο όρο 80% [409]. Από το σύνολο των ερωτηθέντων το 65% ανήκε σε «ενημερωμένους» για το ανοιχτό λογισμικό χρήστες και το υπόλοιπο 15% αφορούσε «μη ενημερωμένους» χρήστες. Επίσης, μεγάλο ποσοστό των χρηστών φαίνεται να θέλουν να αυξήσουν τη χρήση του ανοιχτού λογισμικού και στο μέλλον, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα για αναμενόμενη αύξηση στη χρήση του. Πιο συγκεκριμένα, το 72% αυτών που ήδη χρησιμοποιούν ανοιχτό λογισμικό και το 49% των «μη χρηστών» επιθυμούν την αύξηση της χρήσης ανοιχτού λογισμικού.

Αναλυτικά η υιοθέτηση του ανοιχτού λογισμικού στους 306 κυβερνητικούς οργανισμούς ανά χώρα φαίνεται στο Σχήμα 8-4. Στο ίδιο σχήμα φαίνεται και το αντίστοιχο ποσοστό υιοθέτησης στην Ευρώπη, όπως προέκυψε από τη δράση FLOSSPOLIS.



**Σχήμα 8-4. Ποσοστό υιοθέτησης ανοιχτού λογισμικού στο δημόσιο τομέα [409].**

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα οι χώρες με τη μεγαλύτερη διείσδυση είναι η Βραζιλία, η Ινδία και η Αργεντινή, ενώ το μικρότερο ποσοστό παρουσιάζει η Κίνα. Επίσης, όπως και στις Ευρωπαϊκές χώρες, το ιδιόκτητο λογισμικό συνυπάρχει με το ανοιχτό λογισμικό, καθώς πολύ μικρά είναι τα ποσοστά των υπολογιστών που λειτουργούν αποκλειστικά με ένα από τα δύο είδη λογισμικού. Το ιδιόκτητο λογισμικό όμως, υπερέχει στα desktops, ενώ στους servers υπάρχει μεγαλύτερη χρήση του ανοιχτού λογισμικού. Για παράδειγμα τα MS Windows έχουν ποσοστό χρήσης περίπου 80%, ενώ το Linux 50% [409].

## 8.4 Ανοιχτό λογισμικό και ηλεκτρονική διακυβέρνηση (eGovernment)

### 8.4.1 Ορισμός ηλεκτρονικής διακυβέρνησης

Σύμφωνα με τους Huang και Bwoma [410], η ηλεκτρονική διακυβέρνηση αναφέρεται στη μετατροπή των παραδοσιακών υπηρεσιών και διαδικασιών του δημόσιου τομέα σε ηλεκτρονικές με τη μεγαλύτερη δυνατή πρόσβαση και διαδραστικότητα με τους πολίτες.

Αν και η ηλεκτρονική διακυβέρνηση δίνει αρχικά την εντύπωση ενός τεχνολογικού εργαλείου, εννοιολογικά ο όρος λαμβάνει πολύ περισσότερες διαστάσεις, όπως πολιτικές, κοινωνικές και οικονομικές. Έτσι, διαφορετικοί ορισμοί ακολουθούν διαφορετικές ερευνητικές προσεγγίσεις ανάλογα με το ερευνητικό πεδίο αναφοράς. Κάποιοι από τους προτεινόμενους ορισμούς είναι γενικευμένοι, εκλαμβάνοντας την ηλεκτρονική διακυβέρνηση ως διαδικασία μετασχηματισμού της δημόσιας διοίκησης [411, 412] και άλλοι περισσότερο εστιασμένοι σε επιμέρους ζητήματα κυρίως τεχνολογικής φύσεως [413]. Από πολιτική άποψη, η ηλεκτρονική διακυβέρνηση, έχει προταθεί ως η λύση για τη διαμόρφωση αποτελεσματικών καναλιών επικοινωνίας της δημόσιας διοίκησης με τον πολίτη με απώτερο στόχο την επίτευξη πολιτικής εμπιστοσύνης [414].

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ηλεκτρονική διακυβέρνηση έχει τη δυνατότητα να διευκολύνει την επικοινωνία και το συντονισμό των αρχών σε διάφορα επίπεδα, να ενισχύει την ταχύτητα και την αποτελεσματικότητα των ενεργειών με τον εξορθολογισμό των διαδικασιών, τη μείωση του κόστους και την ηλεκτρονική τήρηση των αρχείων. Συμβάλλει δηλαδή, σημαντικά στη διαδικασία του μετασχηματισμού της κυβέρνησης σε μια πιο ευέλικτη μορφή, με λιγότερη γραφειοκρατία και περισσότερη οικονομία. Συνεπώς, το πραγματικό όφελος της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης δεν έγκειται τόσο στη χρήση της τεχνολογίας, αλλά στην εφαρμογή της σε διαδικασίες μετασχηματισμού.

Ο ΟΗΕ ακολουθεί μια εννοιολογική προσέγγιση που ενσωματώνει το πρότυπο της ατομικής και κοινωνικής ανάπτυξης [415]. Στο πλαίσιο αυτό η ηλεκτρονική διακυβέρνηση αντανάκλα τόσο την ικανότητα, αλλά και την προθυμία του δημόσιου τομέα για ανάπτυξη των ΤΠΕ για τη βελτίωση της γνώσης και της πληροφορίας στην υπηρεσία του πολίτη. Η ικανότητα αναφέρεται στο επίπεδο της οικονομίας, των υποδομών, του ανθρώπινου κεφαλαίου, καθώς και των ρυθμιστικών, διοικητικών και οργανωτικών δυνατοτήτων του κράτους. Η προθυμία, αναφέρεται στη θέληση της κυβέρνησης να εφαρμόσει τις απαραίτητες μεταρρυθμίσεις για την παροχή πληροφοριών και γνώσεων με στόχο την ενδυνάμωση του πολίτη.

Οι Nordfords et al. [416] θεωρούν την ηλεκτρονική διακυβέρνηση ως μια οντότητα αποτελούμενη από 4 βασικές διαστάσεις:

- την ηλεκτρονική δημοκρατία (*e-democracy*),
- την ηλεκτρονική παροχή υπηρεσιών (*e-services*),
- την ηλεκτρονική διοίκηση (*e-management*)
- την ηλεκτρονική διαχείριση της διακυβέρνησης (*e-governance*).

Παρόμοια προσέγγιση ακολουθείται και από τη Ndou [412], όπου προσδιορίζει τις τέσσερις βασικές διαστάσεις της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης ως

- (i) την ηλεκτρονική διαχείριση (*e-administration*) με στόχο την αυτοματοποίηση και την μηχανογράφηση της διαχείρισης και των διαδικασιών της,
- (ii) τις ηλεκτρονικές υπηρεσίες (*e-services*) με στόχο την παροχή αυτοματοποιημένων υπηρεσιών,
- (iii) τον ηλεκτρονικό πολίτη (*e-citizen*) με στόχο την προώθηση και βελτίωση της διάδρασης της δημόσιας διοίκησης και του πολίτη και
- (iv) την ηλεκτρονική κοινωνία (*e-society*) με στόχο την ενδυνάμωση των σχέσεων και αλληλεπιδράσεων μεταξύ της δημόσιας διοίκησης και της κοινωνίας.

Με τους όρους των οικονομικών και της αγοράς, οι ηλεκτρονικές υπηρεσίες μπορεί να θεωρηθούν ως συναλλαγές που ακολουθούν τον κανόνα προσφοράς και ζήτησης. Η προσφορά αναφέρεται στις υπηρεσίες της δημόσιας διοίκησης- 'προμηθευτή' και η ζήτηση αφορά σε όλες τις δυνατές οντότητες με τις οποίες αλληλεπιδρά η δημόσια διοίκηση, π.χ. πολίτες, επιχειρήσεις, άλλες δημόσιοι υπάλληλοι, κλπ. και οι οποίες μπορούν να αποκτήσουν βασικά χαρακτηριστικά και απαιτήσεις 'πελάτη'.

Αν και υπάρχουν πολλές προσπάθειες κατηγοριοποίησης αυτών των συναλλαγών, η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη είναι αυτή του US Government's General Accounting Office (GAO) και του Office of Management Budget (OMB) [417], όπου προτείνουν τις εξής τέσσερις κατηγορίες: κυβέρνηση-προς-πολίτη (government-to-citizen -G2C), κυβέρνηση-προς-επιχείρηση (government-to-business - G2B), κυβέρνηση-προς-υπάλληλο (government-to-employee -G2E) και κυβέρνηση- προς-κυβέρνηση (government-to-government -G2G).

- **Κυβέρνηση προς Πολίτη (G2C).** Οι ηλεκτρονικές υπηρεσίες τύπου G2C αφορούν στην αλληλεπίδραση του πολίτη με τη δημόσια διοίκηση, με στόχο την ενίσχυση της πρόσβασης στη δημόσια πληροφορία κυρίως με χρήση εφαρμογών διαδικτύου. Ταυτόχρονα περιορίζεται η υπερφορτωμένη γραφειοκρατική φύση των δημόσιων λειτουργιών. Το μοντέλο διακυβέρνησης μίας στάσης (one-stop-shop) περιγράφει τη βέλτιστη μορφή αλληλεπίδρασης μεταξύ πολίτη και δημόσιας διοίκησης όπου ο πολίτης διεκπεραιώνει εργασίες που απαιτούν τη συνεργασία του με διαφορετικούς δημόσιους οργανισμούς με μοναδική

αλληλεπίδραση. Ενισχύεται η επικοινωνία μεταξύ των κοινωνικών ομάδων και αυξάνεται η συμμετοχή του πολίτη στη διακυβέρνηση δημιουργώντας ευκαιρίες και υπερκεράζοντας τυχόν χρονικά και γεωγραφικά εμπόδια.

- **Κυβέρνηση προς Επιχείρηση (G2B).** Η συναλλαγή G2B περιλαμβάνει παρεχόμενες υπηρεσίες από τη δημόσια διοίκηση προς τον επιχειρηματικό κόσμο, όπως ενδεικτικά, η πιστοποίηση των επιχειρήσεων, η ανανέωση άδειας χρήσης αυτών, και άλλες. Στόχος αποτελεί η απλοποίηση των γραφειοκρατικών διαδικασιών και η ενίσχυση της επιχειρηματικότητας και της ανάπτυξης κυρίως των μικρών και μεσαίων επιχειρήσεων.
- **Κυβέρνηση προς Κυβέρνηση (G2G).** Ο G2G τύπος υπηρεσιών ηλεκτρονικής διακυβέρνησης αφορά στην αλληλεπίδραση μεταξύ κεντρικής, περιφερειακής και τοπικής δημόσιας διοίκησης με απώτερο στόχο την αναβάθμιση των εσωτερικών λειτουργιών, διαδικασιών και διεπαφών ώστε να καθίσταται επιτυχής η συναλλαγή της δημόσιας διοίκησης με τον πολίτη και τις επιχειρήσεις. Επιπρόσθετα, οι παρεχόμενες υπηρεσίες G2G αφορούν σε συναλλαγές μεταξύ κυβερνήσεων ως εργαλείο διεθνών σχέσεων και διπλωματίας.
- **Κυβέρνηση προς Εργαζομένους (G2E).** Οι G2E υπηρεσίες αφορούν στις ηλεκτρονικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ κυβερνητικών οντοτήτων και των υπαλλήλων τους. Κύριος στόχος της G2E μορφή ηλεκτρονικής διακυβέρνησης αποτελεί η παροχή υπηρεσιών ηλεκτρονικής εκμάθησης (e-learning) των υπαλλήλων καταργώντας τους γεωγραφικούς και χωροταξικούς περιορισμούς, προάγοντας τη γνώση και μεταφέροντας την τεχνογνωσία. Προσφέρει τη δυνατότητα στους υπαλλήλους των δημόσιων οργανισμών πρόσβασης σε πληροφορίες αναφορικά με την κοινωνική προσφορά, τα δικαιώματα των πολιτών, τις ευκαιρίες εκμάθησης, τις μεθόδους αντιμετώπισης προβληματικών ζητημάτων, και άλλα.

#### 8.4.2 Μοντέλα βαθμού ωριμότητας της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης

Η προσπάθεια δημιουργίας ενός μοντέλου που θα περιγράψει την εξέλιξη και το βαθμό ωριμότητας της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, αποτελεί αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας. Τα πιο δημοφιλή και ολοκληρωμένα μοντέλα είναι των Layne and Lee [411], του Moon [418], των Shareef et al. [419], των Valdés et al. [420] και του OHE [421]. Κοινός παράγων όλων των μοντέλων είναι η αποτύπωση της ωριμότητας της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης μέσω διαδοχικών σταδίων εξέλιξης, στο καθένα από τα οποία προστίθεται ο βαθμός τεχνολογικής και οργανωσιακής ωριμότητας, π.χ. από το πρώιμο στάδιο (μονόδρομη επικοινωνία), στο ώριμο (ψηφιακή δημοκρατία).

Παρόλα αυτά, τα μοντέλα αυτά δεν προσδίδουν απαραίτητα μετρικές για τη σύγκριση του βαθμού ωριμότητας της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης σε εθνικό επίπεδο. Η ανάγκη για μια τέτοια σύγκριση μεταξύ των εθνικών προσπαθειών, οδήγησε στη δημιουργία μοντέλων που αναπτύσσουν αυστηρά μέτρα που αντανάκλουν τη ποιότητα και το επίπεδο της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης ανά χώρα. Ο Moon [422], μετά από αξιολόγηση μοντέλων αυτού του είδους, κατέληξε σε δύο βασικά στοιχεία που θα πρέπει να περιλαμβάνονται στο μέτρο του βαθμού ωριμότητας σε παγκόσμιο επίπεδο. Το ένα αφορά στο περιεχόμενο, τις λειτουργίες και την πολυπλοκότητα των επίσημων δικτυακών τόπων της κυβέρνησης, π.χ. [421, 423, 424]. Το άλλο στοιχείο περιλαμβάνει μια συνολική προσέγγιση των παραγόντων που επιδρούν θετικά και προωθητικά στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, αλλά και της ετοιμότητας της κοινωνίας και της χρήσης των ηλεκτρονικών υπηρεσιών, π.χ. [421, 425].

Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε είναι αυτό των Ηνωμένων Εθνών [421], καθώς περιλαμβάνει τόσο τα διαφορετικά στάδια εξέλιξης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, αλλά και τα βασικά στοιχεία κατά Moon [422], που επιτρέπουν τη χρήση του ως αξιόπιστο μέτρο σύγκρισης του βαθμού ωριμότητάς της. Αναλυτικά, το μοντέλο της εξέλιξης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης των Ηνωμένων Εθνών [421], αποτελείται από τέσσερα στάδια:

**Στάδιο I: αρχική παρουσία (emerging presence).** Στην αρχική παρουσία ένας δημόσιος οργανισμός έχει επίσημη ψηφιακή παρουσία στο διαδίκτυο, σε έναν περιορισμένο αριθμό ιστοσελίδων. Σε αυτό το στάδιο, η δημόσια διοίκηση προσφέρει στατικές πληροφορίες, με τις λιγότερες επιλογές για τους πολίτες. Το σύνθετο περιεχόμενο των διαδικτυακών σελίδων, λειτουργεί ως ευρετήριο των δημοσίων οργανισμών και υπηρεσιών και λαμβάνει το ρόλο γραφείου τύπου, παρουσιάζοντας στον εκάστοτε ενδιαφερόμενο ανακοινώσεις σχετικές με το επιτελούμενο από τη δημόσια διοίκηση έργο.

**Στάδιο II: ενισχυμένη παρουσία (enhanced presence).** Σε αυτό το στάδιο, η δημόσια διοίκηση παρέχει περισσότερο δυναμική και εξειδικευμένη πληροφορία, η οποία διανέμεται τακτικά και ανανεώνεται σε ένα αριθμό κυβερνητικών σελίδων. Οι σελίδες παρέχουν πιο αναβαθμισμένες υπηρεσίες, όπως αναζήτηση, βοήθεια και χάρτη πλοήγησης του δικτυακού τόπου. Επίσης, παρέχονται περισσότερες πληροφορίες ως προς την ακολουθούμενη πολιτική και στρατηγική της κυβέρνησης σε συγκεκριμένα θέματα, π.χ. στην υγεία και τη παιδεία. Αν και το επίπεδο αυτό είναι σαφώς αναβαθμισμένο τεχνολογικά, η αλληλεπίδραση πολίτη – κυβέρνησης είναι ακόμη κυρίως μιας κατεύθυνσης, με πληροφορίες που απορρέουν κυρίως από την κυβέρνηση στους πολίτες.

**Στάδιο III: παρουσία συναλλαγών (transactional presence).** Το στάδιο αυτό επιτρέπει την αμφίδρομη αλληλεπίδραση μεταξύ του πολίτη και της κυβέρνησής του. Περιλαμβάνει υπηρεσίες, όπως η καταβολή των φόρων, αίτηση για δελτία ταυτότητας, πιστοποιητικά γέννησης/ διαβατήριο, ανανεώσεις αδειών και άλλες παρόμοιες αλληλεπιδράσεις C2G, επιτρέποντάς του/της να υποβάλει αυτά τα σε απευθείας σύνδεση οποιαδήποτε ώρα και μέρα. Ο εθνικός διαδικτυακός χώρος επιτρέπει τη διεκπεραίωση ασφαλών ηλεκτρονικών πληρωμών για δημόσιες υπηρεσίες, όπως απόδοση των φόρων και οι πληρωμές προστίμων μέσω τραπεζικών πιστώσεων, ή της χρεωστικής τους κάρτας. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιούνται επίπεδα ασφάλειας και πρόσβασης, με χρήση προσωπικών κωδικών, για πρόσβαση σε περισσότερο εξατομικευμένες και ασφαλείς υπηρεσίες.

**Στάδιο IV: συνδεδεμένη παρουσία (connected presence).** Το στάδιο αυτό χαρακτηρίζεται ως το πιο εξελιγμένο επίπεδο ηλεκτρονικών υπηρεσιών. Οι συναλλαγές αφορούν όλες τις δυνατές αλληλεπιδράσεις G2G, G2C και C2G. Η κυβέρνηση ενθαρρύνει τη συμμετοχή των πολιτών στη διαδικασία λήψης αποφάσεων και προωθεί τον ανοιχτό και χωρίς περιορισμούς διάλογο με την κοινωνία. Μέσα από διαδραστικές λειτουργίες και καινοτόμους μηχανισμούς διαβούλευσης όπως φόρμες ανάρτησης σχολίων, η κυβέρνηση ζητά τις απόψεις αλλά και την ενεργή συμμετοχή του πολίτη στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη δημόσια πολιτική και το νόμο, ενισχύοντας τους δημοκρατικούς θεσμούς.

Με βάση το παραπάνω μοντέλο, ο ΟΗΕ έχει δημιουργήσει μια σειρά από δείκτες που αποτιμούν την εξέλιξη και το βαθμό ωριμότητας της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης σε μια χώρα. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η σύγκριση του βαθμού εξέλιξης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης μεταξύ των χωρών και η αντίστοιχη κατάταξή τους. Οι δείκτες αυτοί είναι:

*Δείκτης μέτρησης του δικτύου (Web Measure Index – WMI).* Ο δείκτης αυτός αποτελεί το μέτρο της εξέλιξης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και βασίζεται στο παραπάνω μοντέλο τεσσάρων σταδίων, το οποίο ορίζει τέσσερα στάδια της ανάπτυξης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, σύμφωνα με την κλίμακα των προοδευτικά εξελιγμένων υπηρεσιών στους πολίτες. Έτσι, καθώς μια χώρα ανεβαίνει σε επίπεδο, κατατάσσεται στο μοντέλο σύμφωνα με μια αριθμητική ταξινόμηση που αντιστοιχεί στα τέσσερα στάδια [421].

*Δείκτης ανάπτυξης ηλεκτρονικής διακυβέρνησης (EGovernment Development Index- EDI).* Ο δείκτης EDI είναι ένας σύνθετος δείκτης που περιλαμβάνει τρεις δείκτες: το δείκτη WMI, το δείκτη Τηλεπικοινωνιακής Υποδομής (Technology Infrastructure Index- TII) και το Δείκτη Ανθρώπινης Κεφαλιάου (Human Capital Index- HCI). Ο δείκτης TII ορίζει τις δυνατότητες σε υποδομές ΤΠΕ μιας χώρας, ενώ ο δείκτης HCI βασίζεται στο ποσοστό αλφαριθμητισμού των ενηλίκων και το μικτό ποσοστό εγγραφών στη πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση. Οι εκθέσεις που περιέχουν περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τη μεθοδολογία για τον υπολογισμό όλων των δεικτών παρέχονται στην ιστοσελίδα των Ηνωμένων Εθνών [42].

*Δείκτης ηλεκτρονικής συμμετοχής (e-Participation Index)* αξιολογεί την ποιότητα και τη χρησιμότητα των πληροφοριών και των υπηρεσιών που παρέχονται από μια χώρα με σκοπό τη συμμετοχή των πολιτών στη χάραξη δημόσιας πολιτικής μέσω της χρήσης των προγραμμάτων της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Ως εκ τούτου, είναι ενδεικτική τόσο της ικανότητας, όσο και της θέλησης του κράτους να προωθήσει τη πολιτική της διαβούλευσης και να ενθαρρύνει τους πολίτες να συμμετέχουν στη λήψη αποφάσεων, χωρίς κοινωνικούς αποκλεισμούς. Ο δείκτης αναπτύχθηκε από το πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών [421] και αποτελεί προς το παρόν μέτρο κυρίως για πρωτοβουλίες G2C, με μελλοντική επέκταση και σε C2G.

*Δείκτης ηλεκτρονικής ένταξης (E-Inclusion)* Ο δείκτης αυτός αποτιμά το βαθμό χρήσης σύγχρονων τεχνολογιών ΤΠΕ για την αντιμετώπιση του ψηφιακού χάσματος και της δυνατότητας στη πρόσβαση χωρίς κοινωνικούς ή οικονομικούς αποκλεισμούς, δημιουργώντας ευκαιρίες για την οικονομική και κοινωνική ενδυνάμωση όλων των πολιτών.

#### **8.4.3 Σχέση ανοιχτού λογισμικού και ηλεκτρονικής διακυβέρνησης**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στις ενότητες 8.1-8.3, τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το ανοιχτό λογισμικό σε μεγάλους οργανισμούς, έχουν ως αποτέλεσμα την ολοένα αυξανόμενη διεύθυνσή του στο δημόσιο τομέα. Ειδικότερα, για τη περίπτωση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, όπου λόγω της φύσης της, παρουσιάζει μεγαλύτερη ανάγκη για ανοιχτά πρότυπα, διαλειτουργικότητα, αλλά και λύσεις για μεγάλης κλίμακας άδειες χρήσης το ανοιχτό λογισμικό αναφέρεται ως η πιο ενδεδειγμένη πρόταση [393, 426-428]. Για παράδειγμα, η Ευρωπαϊκή διακήρυξη που θέτει τους στόχους και τις πολιτικές της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης για το 2015 [427], δίνει ιδιαίτερη προσοχή στα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση ανοιχτών προτύπων και προδιαγραφών και στην ενίσχυση της διαλειτουργικότητας για την παροχή υπηρεσιών με τον πιο οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Για το λόγο αυτό προωθείται το μοντέλο ανοιχτού λογισμικού στα προγράμματα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

Όπως είναι προφανές το ανοιχτό λογισμικό ευθυγραμμίζεται με τους τεχνολογικούς και οικονομικούς στόχους της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Αν και εκ πρώτης όψεως αυτοί οι δύο παράγοντες είναι αρκετά σημαντικοί, δεν είναι οι μόνοι. Πέρα από την τεχνολογική και οικονομική του διάσταση, το ανοιχτό λογισμικό εμπεριέχει και μια τρίτη διάσταση, την ιδεολογική. Η ιδεολογία του ανοιχτού λογισμικού στηρίζεται στην συνεργατικότητα, στην ομαδικότητα και στην κατά το δυνατό μεγαλύτερη συμμετοχή

των χρηστών στους διαφορετικούς κύκλους ανάπτυξης του λογισμικού, δημιουργώντας ένα καινοτόμο μοντέλο ανάπτυξης λογισμικού.

Τα προγράμματα ανοιχτού λογισμικού χαρακτηρίζονται από διαφάνεια, ενθαρρύνοντας τα μέλη της κοινότητας του ανοιχτού λογισμικού, να συμμετέχουν ενεργά είτε ως προγραμματιστές με την κατάθεση κώδικα και την επισήμανση/διόρθωση σφαλμάτων, είτε ως απλοί χρήστες με την κατάθεση χρήσιμων σχολίων που αποβλέπουν στη βελτίωση της χρηστικότητας του προγράμματος. Η συμμετοχή των πολιτών στη διαδικασία της ανάπτυξης του λογισμικού, συμβάλλει σημαντικά στη ποιότητα, αποτελεσματικότητα και συχνά στη βιωσιμότητα του τελικού προϊόντος.

Κατά τον ίδιο τρόπο, ο στόχος της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης στο ανώτερο στάδιο ωριμότητας (συνδεδεμένη παρουσία) είναι η διαφάνεια των διαδικασιών και η ενθάρρυνση των πολιτών για τη κατάθεση της άποψής τους στη διαμόρφωση πολιτικών. Συνεπώς, η ηλεκτρονική διακυβέρνηση και το ανοιχτό λογισμικό μοιράζονται τις ίδιες αξίες, δηλαδή τη διαφάνεια, συνεργατικότητα και ενεργή συμμετοχή των πολιτών στις διαδικασίες διαμόρφωσης πολιτικής και ανάπτυξης λογισμικού, αντιστοίχως.

Όπως είναι προφανές το ανοιχτό λογισμικό και η ηλεκτρονική διακυβέρνηση, αν και είναι διαφορετικές έννοιες, έχουν κατά βάση κοινές αξίες και ιδεολογίες πάνω στα οποία στηρίζονται τα μοντέλα υλοποίησής τους. Τα πρότυπα της διαφάνειας, της συνεργασίας και της συμμετοχής αποτελούν πρόκληση για τους προγραμματιστές του ανοιχτού λογισμικού για να δείξουν πως το μοντέλο ανάπτυξης ανοιχτού λογισμικού μπορεί να βοηθήσει και στη βελτίωση του μοντέλου διοίκησης.

Το εύλογο ερώτημα που προκύπτει, είναι κατά πόσο η ύπαρξη του ανοιχτού λογισμικού και των αξιών του έχουν επηρεάσει στη διαμόρφωση των αξιών της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

#### **8.4.4 Ερευνητικά ερωτήματα**

Ένας μεγάλος αριθμός μελετών στον τομέα της επιτυχούς υλοποίησης και υιοθέτησης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, εξάρουν τη σπουδαιότητα του ρόλου των τεχνολογιών και των υποδομών μιας χώρας, καθώς αυτές αποτελούν και τα μέσα για την υλοποίηση των στόχων της διοικητικής μεταρρύθμισης που είναι απαραίτητη για μια πιο ευέλικτη και αποδοτική κυβέρνηση [392, 418, 429-431]. Ο Ifinedo [432] προχωρώντας ένα ακόμη βήμα, έδειξε ότι ένας σημαντικός παράγοντας για τη θετική πορεία και εξέλιξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, είναι η ανάπτυξη των καινοτόμων τεχνολογιών σε μια χώρα.

Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα, η ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών όπως για παράδειγμα το ανοιχτό λογισμικό αναμένεται να αποτελέσει ένα προωθητικό παράγοντα για την εξέλιξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

Συνεπώς, εύλογο είναι το ερευνητικό ερώτημα κατά πόσο μια συγκεκριμένη τεχνολογία, όπως το ανοιχτό λογισμικό μπορεί να επηρεάσει θετικά στην εξέλιξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Ιδιαίτερα το ανοιχτό λογισμικό, εκτός από μια καινοτόμο τεχνολογία, αποτελεί και πηγή έμπνευσης ιδεολογιών που σχετίζονται με τη διαφάνεια, την ομαδικότητα και τη συμμετοχή στις διαδικασίες. Τα στοιχεία αυτά προσδίδουν μια ιδιαίτερη αξία στο ανοιχτό λογισμικό σε σχέση με την ηλεκτρονική διακυβέρνηση, ξεχωρίζοντάς το από άλλες καινοτόμες τεχνολογίες.

Το ερώτημα που προκύπτει είναι εάν μπορεί να στοιχειοθετηθεί η σχέση του ανοιχτού λογισμικού με την ηλεκτρονική διακυβέρνηση. Δηλαδή, *υπάρχει επίδραση του ανοιχτού λογισμικού στην ανοιχτή διακυβέρνηση*; Επίσης, δεδομένου και της μεγάλης διεύθυνσης



του ανοιχτού λογισμικού στο δημόσιο τομέα, *υπάρχει ανάδραση*; Δηλαδή μπορεί η ηλεκτρονική διακυβέρνηση να επιδράσει στην ανάπτυξη του ανοιχτού λογισμικού;

### 8.5 Αξιολόγηση της επίδρασης του ανοιχτού λογισμικού στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση

Προκειμένου να απαντηθούν τα παραπάνω ερευνητικά ερωτήματα, λαμβάνεται υπόψη η διεθνής διάσταση των τεχνολογιών της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και του ανοιχτού λογισμικού και εκτιμάται η σχέση τους σε επίπεδο χωρών. Η μελέτη σε επίπεδο χωρών επιτρέπει τη σύγκριση στη διεύθυνση μεταξύ των χωρών αλλά και μεταξύ ομάδων χωρών που έχουν κάποιο κοινό χαρακτηριστικό (π.χ. γεωγραφική θέση, οικονομία, κλπ.).

Η μελέτη της σχέσης μεταξύ της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και του ανοιχτού λογισμικού βασίζεται σε μια κοινωνικο-οικονομική θεώρηση, λαμβάνοντας υπόψη ότι τόσο το ανοιχτό λογισμικό, όσο και η ηλεκτρονική διακυβέρνηση αποτελούν πολυδιάστατες οντότητες που επηρεάζονται τόσο από τεχνολογικούς, όσο και από κοινωνικούς, θεσμικούς και οικονομικούς παράγοντες [1, 3, 429, 432] Πιο συγκεκριμένα, κάθε χώρα θεωρείται ως ένα κοινωνικο-οικονομικό σύστημα μέσα στο οποίο συντελείται η εξέλιξη και ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και του ανοιχτού λογισμικού. Το μοντέλο βασίζεται στην ιδέα ότι οι συνθήκες και παράγοντες που οδηγούν στην ανάπτυξη των συστημάτων σε ένα κοινωνικό-οικονομικό σύστημα αποτελείται από θεσμικούς, ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες.

Μέσα σε αυτό το κοινωνικο-οικονομικό πλαίσιο, αναζητούνται οι θεωρίες που μπορούν να αποδώσουν κατά το πληρέστερο τρόπο τους παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Οι θεωρίες που επιλέχθηκαν απορρέουν από το γεγονός ότι η ηλεκτρονική διακυβέρνηση δεν αποτελεί απλά μια τεχνολογία, αλλά πρέπει να εξεταστεί τόσο από τεχνολογικής, όσο και από κοινωνικής, οικονομικής, θεσμικής και διοικητικής άποψης. Η πολυδιάστατη φύση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης έχει επιβεβαιωθεί από τη σχετική βιβλιογραφία, όπου μια σειρά από έρευνες αναδεικνύουν ότι η ανάπτυξη και εξέλιξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης μπορεί να εξαρτάται από τεχνολογικούς [392, 430, 431, 433], κοινωνικούς [431, 432, 434], οικονομικούς [435, 436], πολιτικούς και θεσμικούς [429, 432, 437], οργανωσιακούς [438], πολιτιστικούς [439], διοικητικούς [422] παράγοντες.

Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιούνται οι θεωρίες της ενδογενούς (endogenous growth) και εξωγενούς ανάπτυξης (exogenous growth), η θεωρία των θεσμών (institutionalism) και η θεωρία του ανθρώπινου κεφαλαίου (human capital theory). Οι θεωρίες περιγράφονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3. Με βάση αυτές τις θεωρίες δημιουργούνται τρία διαφορετικά εννοιολογικά μοντέλα (conceptual models - CM) τα οποία εξετάζουν αφενός την απλή σχέση και αφετέρου τη σχέση αλληλεπίδρασης του ανοιχτού λογισμικού και της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

Μαθηματικά, η σχέση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης με τους παράγοντες οι οποίες την επηρεάζουν, μπορεί να οριστεί ως:

$$eGov_{it} = F(X^{en}, X^{ex}, X^{inst}) \quad (8-1)$$

Όπου  $eGov_{it}$  είναι η ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης για τη χώρα  $i$  τη χρονική στιγμή  $t$  και καθορίζεται από μια συνάρτηση των διανυσμάτων των παραγόντων ενδογενούς ανάπτυξης  $X^{endog}$ , των παραγόντων εξωγενούς ανάπτυξης  $X^{ex}$  και ένα διάνυσμα θεσμικών παραγόντων  $X^{inst}$ .

Τα μοντέλα αυτά αναλύονται, αξιολογούνται και συγκρίνονται στις επόμενες παραγράφους. Για την αξιολόγησή τους, χρησιμοποιήθηκαν οικονομετρικά μοντέλα με δεδομένα τύπου πάνελ (panel data). Το πλεονέκτημα των δεδομένων τύπου πάνελ, σε

σχέση με τα απλά διαστρωματικά δεδομένα (cross-sectional data) είναι ότι η ανάλυση παλινδρόμησης αποδίδεται όχι μόνο σε χωρικό αλλά και σε χρονικό επίπεδο, γεγονός που επιτρέπει τόσο τη σύγκριση μεταξύ των χωρών και ομάδων χωρών, όσο και την παρακολούθηση της εξέλιξης και διαφοροποίησης των μεγεθών μέσα στο χρόνο.

Τα δεδομένα αποτελούνται από ένα σύνολο 30 χωρών και για τα έτη 2003-2010. Επίσης γίνεται μια κατηγοριοποίηση των χωρών σε αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες, με βάση το αν μια χώρα ανήκει στον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, ΟΟΣΑ (Organization for Economic Cooperation and Development – OECD) [294]. Στη περίπτωση αυτή θεωρείται αναπτυγμένη χώρα, διαφορετικά θεωρείται αναπτυσσόμενη. Η κατηγοριοποίηση αυτή έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στη βιβλιογραφία για τη σύγκριση μεγεθών σε επίπεδο χωρών (π.χ. [288, 295]), με στόχο τη σύγκριση και εξαγωγή αποτελεσμάτων για ενδεχόμενες διαφορές μεταξύ ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών. Οι χώρες έχουν επιλεγεί έτσι ώστε να υπάρχει αντιπροσωπευτικό δείγμα από κάθε ήπειρο. Αναλυτικά, οι χώρες που μετέχουν στην έρευνα μαζί με τον αντίστοιχο βαθμό ωριμότητας της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και τη διεύθυνση του ανοιχτού λογισμικού ανά χώρα για το έτος 2010, παρουσιάζονται στον Πίνακα 8-1.

Η αποτίμηση του βαθμού ωριμότητας της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης σε μια χώρα, γίνεται με βάση το συνδυασμό (μέσος όρος) των δεικτών μέτρησης του δικτύου (Web Measure Index – WMI) και ηλεκτρονικής συμμετοχής του πολίτη (e-Participation Index) του ΟΗΕ [415], όπως αυτοί περιγράφονται αναλυτικότερα στην ενότητα 8.4.2. Ο συνδυασμός αυτός μπορεί να αποτελέσει το μέτρο της ωριμότητας, καθώς αντιστοιχεί τόσο στην εξέλιξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης που αντιστοιχεί στα τέσσερα στάδια της ανάπτυξης της σύμφωνα με την κλίμακα των προοδευτικά εξελιγμένων υπηρεσιών στους πολίτες, αλλά στην ικανότητα και τη θέληση του κράτους να προωθήσει τη πολιτική της διαβούλευσης και να ενθαρρύνει τους πολίτες να συμμετέχουν στη λήψη αποφάσεων χωρίς κοινωνικούς αποκλεισμούς. Παρόμοια προσέγγιση για την αποτίμηση του βαθμού ωριμότητας της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, συναντάται στη βιβλιογραφία και από άλλους ερευνητές (π.χ. [432, 433]).

**Πίνακας 8-1. Βαθμός ωριμότητας ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και χρήση ΕΛ/ΛΑΚ ανά χώρα**

<b>Χώρα</b>	<b>Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση-Ωριμότητα</b>	<b>Χρήστες ΕΛ/ΛΑΚ</b>	<b>Χρήστες ΕΛ/ΛΑΚ (φυσικός λογάριθμος)</b>
Κορέα (Δημοκρατία)	1,000	485	6,184
ΗΠΑ	0,847	20.766	9,941
Αυστραλία	0,840	1.423	7,261
Καναδάς	0,806	2.379	7,774
Ισπανία	0,797	1.609	7,383
Ην. Βασίλειο	0,773	3.530	8,169
Ιαπωνία	0,715	618	6,426
Γαλλία	0,641	3.139	8,052
Ολλανδία	0,640	1.458	7,285
Νορβηγία	0,618	401	5,994
Βέλγιο	0,606	732	6,596
Γερμανία	0,582	4.307	8,368
Σουηδία	0,506	709	6,564
Ισραήλ	0,499	322	5,775
Χιλή	0,476	15	2,708

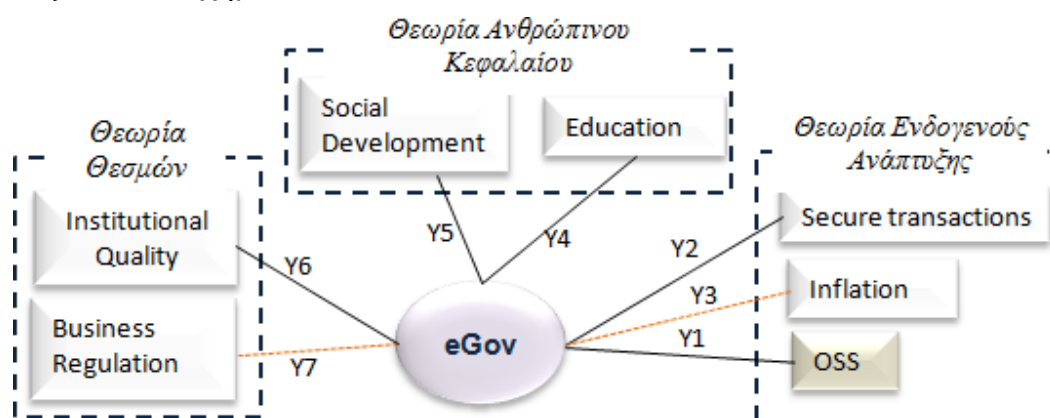
Φιλανδία	0,447	362	5,892
Μεξικό	0,406	682	6,525
Τυνησία	0,391	249	5,517
Κίνα	0,370	2.578	7,855
Βραζιλία	0,327	2.678	7,893
Αργεντινή	0,306	592	6,384
Ελλάδα	0,306	373	5,922
Ρουμανία	0,301	639	6,460
Ινδία	0,284	5.999	8,699
Τουρκία	0,280	673	6,512
Ιταλία	0,252	1.887	7,543
Ν. Αφρική	0,247	575	6,354
Ρωσία	0,229	2.022	7,612
Βενεζουέλα	0,224	268	5,591
Σαουδική Αραβία	0,206	8	2,079

### 8.5.1 Εννοιολογικό μοντέλο CM1

Το πρώτο μοντέλο χρησιμοποιεί τις θεωρίες ενδογενούς ανάπτυξης, θεσμών και ανθρώπινου κεφαλαίου. Οι τρεις αυτές θεωρίες έχουν βρεθεί στη βιβλιογραφία να χρησιμοποιούνται για την εξέταση παραγόντων που επιδρούν στην υιοθέτηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης [429, 430, 432]. Συνεπώς, η σχέση που περιγράφεται στην (8-1) διαμορφώνεται ως εξής:

$$eGov_{it} = F(X^{endog}, X^{humcap}, X^{inst}) \quad (8-2)$$

Το μοντέλο εξετάζει την επίδραση του ανοιχτού λογισμικού στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση, μαζί με μια σειρά από πιθανούς παράγοντες, όπως αυτοί προέκυψαν από τις χρησιμοποιούμενες θεωρίες, αλλά και από συγκεκριμένες υποθέσεις οι οποίες παρουσιάζονται στην ενότητα 8.5.1.1. Το αντίστοιχο εννοιολογικό μοντέλο παρουσιάζεται στο Σχήμα 8-5.



Σχήμα 8-5. Εννοιολογικό μοντέλο CM1.

#### 8.5.1.1 Υποθέσεις, παράγοντες και μετρικές τους

*Θεωρία ενδογενούς ανάπτυξης.*

Η θεωρία υποστηρίζει ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν τον μηχανισμό ανάπτυξης μια χώρας, εξαρτώνται καθαρά από εσωτερικές διεργασίες και μπορεί να είναι κοινωνικοί,

οικονομικοί, περιβαλλοντικοί και τεχνολογικοί. Στο πλαίσιο αυτό εξετάζονται δύο τεχνολογικοί και ένας οικονομικός παράγοντες

Οι Warkentin et al. [440] τόνισαν το ρόλο της τεχνολογίας για την τόνωση της ανάπτυξης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και τη μετάβασή της από το ένα στάδιο στο επόμενο. Επίσης, πολλοί ερευνητές έχουν αποδείξει ότι η ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από επαρκείς υποδομές ΤΠΕ [392, 430, 441]. Το μοντέλο CM1, εξετάζει δύο συγκεκριμένες τεχνολογίες, οι οποίες μπορεί να θεωρηθούν και ως υποδομές ΤΠΕ: το ανοιχτό λογισμικό και τους ασφαλείς διακομιστές.

**Υπόθεση Υ1.** *Το ανοιχτό λογισμικό έχει θετική επίδραση στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.*

Το ανοιχτό λογισμικό αποτελεί μια καινοτόμο αλλά και προηγμένη τεχνολογία, που χρησιμοποιείται ευρέως σε web servers, σε προγράμματα υποδομών όπως για παράδειγμα ο Apache web server και το λειτουργικό σύστημα Linux. Επίσης, μια σειρά από μελέτες έχουν αποδείξει ότι οι καινοτόμες τεχνολογίες έχουν θετική επίδραση στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Παράλληλα όμως, το ανοιχτό λογισμικό ευθυγραμμίζεται όχι μόνο τεχνολογικά αλλά και ιδεολογικά με τους στόχους της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Όπως έχει αναλυτικά περιγραφεί στην ενότητα 8.4.3, η ιδεολογική προσέγγιση του μοντέλου του ανοιχτού λογισμικού ταυτίζεται με την ιδεολογική προσέγγιση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης που στοχεύει σε περισσότερη διαφάνεια, συμμετοχή του πολίτη και συνεργασία του με τη κυβέρνηση στη διαμόρφωση πολιτικής. Συνεπώς η αυξημένη χρήση του ανοιχτού λογισμικού από τους πολίτες μιας χώρας, μπορεί να επιδράσει θετικά και ως προς την αντίληψη και ιδεολογία για τον τρόπο χρήσης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και άρα αναμένεται να αποτελεί θετικό παράγοντα για την εξέλιξή της.

Η χρήση του ανοιχτού λογισμικού σε μια χώρα προσεγγίζεται από τον αριθμό των εγγεγραμμένων χρηστών/προγραμματιστών στη πλατφόρμα SourceForge. Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο Κεφάλαιο 5, η πλατφόρμα αποτελεί τη μεγαλύτερη πύλη ανάπτυξης ανοιχτού λογισμικού κόσμο, με τη μεγαλύτερη αποθήκευση κώδικα ανοιχτού λογισμικού και εφαρμογές που είναι διαθέσιμες στο διαδίκτυο, προσφέροντας δωρεάν υπηρεσίες για τους προγραμματιστές [442].

**Υπόθεση Υ2.** *Η χρήση τεχνολογιών που παρέχουν ασφαλείς συναλλαγές ασκούν θετική επίδραση στην υιοθέτησή των δημόσιων ηλεκτρονικών υπηρεσιών.*

Η ασφάλεια στις συναλλαγές (secure transactions) είναι ένα θέμα υψίστης σημασίας για την ανάπτυξη της εμπιστοσύνης στις ηλεκτρονικές υπηρεσίες. Διάφοροι κριτικοί έχουν προειδοποιήσει τους πολίτες για πιθανές παγίδες στην ασφάλεια των δημόσιων ηλεκτρονικών υπηρεσιών [443, 444]. Οι τελικοί χρήστες θα είναι απρόθυμοι να εμπλακούν σε συναλλαγές, όταν έχουν αμφιβολίες για την ασφάλεια του συστήματος. Μια σειρά από μελέτες έχουν εντοπίσει ότι η αντίληψη των πολιτών για ασφάλεια είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που επιδρούν αρνητικά στην αποδοχή και υιοθέτηση των ηλεκτρονικών υπηρεσιών [419, 445, 446]. Ως εκ τούτου, οι κυβερνήσεις προσπαθούν να αναπτύξουν πολιτικές και διαδικασίες για τη βελτίωση της ασφάλειας των συστημάτων. Η χρήση των ασφαλών διακομιστών (secure servers) είναι προϋπόθεση για ασφαλείς συναλλαγές, συνεπώς αναμένεται να συμβάλλουν θετικά στην εξέλιξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

Οι secure servers ανά χώρα εκτιμώνται με βάση τον αριθμό των διακομιστών που χρησιμοποιούν τεχνολογία κρυπτογράφησης στις διαδικτυακές συναλλαγές, όπως αυτοί παρέχονται μέσω των δεικτών της Παγκόσμιας Τράπεζας [310].

**Υπόθεση Υ3.** *Οι οικονομικοί παράγοντες μιας χώρας μπορεί να επηρεάσουν την εξέλιξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.*

Οι συνθήκες στην οικονομία θα μπορούσαν να αποτελέσουν παράγοντα επίδρασης για την εξέλιξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Για τον έλεγχο της υπόθεσης αυτής, χρησιμοποιείται ο οικονομικός δείκτης του πληθωρισμού (inflation). Ο πληθωρισμός αντανακλά το κόστος ζωής του πολίτη και θεωρείται ότι ένας υψηλός πληθωρισμός θα επιδρούσε αρνητικά στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Για παράδειγμα, υψηλό κόστος στην διασύνδεση με το Internet, θα περιόριζε τη χρήση των ηλεκτρονικών υπηρεσιών [447].

Η μετρική που χρησιμοποιείται για τον πληθωρισμό μιας χώρας, παρέχεται από τον οργανισμό World Bank [310]. Ο πληθωρισμός μετράται από το δείκτη τιμών καταναλωτή, που αντανακλά την ετήσια ποσοστιαία μεταβολή του κόστους προς το μέσο καταναλωτή.

#### *Θεωρία Ανθρώπινου Κεφαλαίου.*

Η θεωρία τονίζει τον κρίσιμο ρόλο του «ανθρώπινου κεφαλαίου» στην ανάπτυξη τόσο του ατόμου όσο και της κοινωνίας. Στο πλαίσιο αυτό εξετάζονται δύο παράγοντες: Η κοινωνική ανάπτυξη (social development) και το μορφωτικό επίπεδο (education). Παλαιότερες έρευνες έχουν αποδείξει ότι το μέσο επίπεδο της εκπαίδευσης και η ποιότητα του ανθρώπινου κεφαλαίου αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την υιοθέτηση μιας τεχνολογίας [295], [52]. Σύμφωνα με τους Burn και Robins [448] η ικανότητα μάθησης και το μορφωτικό επίπεδο παίζουν σημαντικό ρόλο στην υιοθέτηση των δημόσιων ηλεκτρονικών υπηρεσιών. Ως αποτέλεσμα, το επίπεδο εκπαίδευσης θεωρείται ως πρωταρχικός παράγοντας (Y4). Επιπλέον, είναι σαφές ότι για να επιτευχθούν τα απαραίτητα πολιτιστικά και πολιτικά άλματα σε ανώτερα στάδια εξέλιξης του μοντέλου της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης οι κοινωνικοί παράγοντες είναι απαραίτητοι. Η επίδραση της ποιότητας του ανθρώπινου κεφαλαίου διερευνάται περαιτέρω, στο πιο γενικευμένο πλαίσιο της κοινωνικής ανάπτυξης και του βιοτικού επιπέδου (Y5).

Το επίπεδο της κοινωνικής ανάπτυξης αποτιμάται μέσω του δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης (Human Development Index - HDI), ο οποίος δημιουργήθηκε από τον ΟΗΕ και το Πρόγραμμα Ανάπτυξης Ηνωμένων Εθνών (UNDP) ως πλαίσιο αναφοράς για την κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας. Είναι ένας σύνθετος δείκτης του προσδόκιμου ζωής, του μορφωτικού επιπέδου και του εισοδήματος. Περισσότερες πληροφορίες παρέχονται στις ετήσιες εκθέσεις του προγράμματος [449].

Για το επίπεδο εκπαίδευσης χρησιμοποιείται ο δείκτης δαπάνες εκπαίδευσης (education expenditure) του οργανισμού World Bank [310], όπου αναφέρεται στις τρέχουσες δαπάνες λειτουργίας στην εκπαίδευση και εκφράζεται σε ποσοστό ανά Ακαθάριστο Εθνικό Εισόδημα (GNI).

**Υποθέσεις Y4, Y5.** *Η κοινωνική ανάπτυξη και το μορφωτικό επίπεδο αναμένεται να επηρεάζουν θετικά την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.*

#### *Θεωρία Θεσμών.*

Προηγούμενη έρευνα στην υιοθέτηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης έχει χρησιμοποιήσει αυτή τη θεωρία για τη μελέτη των παραγόντων που συντελούν στην επιτυχή πορεία της [429, 450, 451]. Αυτό είναι αρκετά λογικό, καθώς σε ένα περιβάλλον όπου οι ανάγκες των πολιτών διαρκώς αλλάζουν, τα θεσμικά όργανα θα πρέπει να ανταποκρίνονται σε αυτές τις αλλαγές το ταχύτερο δυνατόν.

Ο Azad [429] έδειξε ότι οι υφιστάμενοι θεσμοί, μπορούν να διαμορφώσουν τη διάδοση και αφομοίωση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης σε κάθε χώρα σε τρεις βασικούς τομείς: της κυβέρνησης, του ιδιωτικού τομέα και μη κυβερνητικών οργανώσεων. Θεωρείται ότι για να μπορεί μια κοινωνία να χρησιμοποιήσει επαρκώς προηγμένα

χαρακτηριστικά των πρωτοβουλιών της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, θα πρέπει πρωτίστως να περιέχει τις κατάλληλες αξίες, δομές και θεσμούς, οι οποίοι θα μπορούν να βοηθήσουν ουσιαστικά σε τέτοιες προσπάθειες. Από θεσμική άποψη, η κυβέρνηση είναι πιθανό να προωθήσει τις ηλεκτρονικές υπηρεσίες λόγω πιέσεων που ασκούνται από το κοινωνικό, επιχειρηματικό και πολιτικό περιβάλλον γενικότερα [452]. Αυτές οι πιέσεις έχουν οδηγήσει στην υιοθέτηση online υπηρεσιών και προηγμένων χαρακτηριστικών των ΤΠΕ, όπως η ασφάλεια και τα πρότυπα διαλειτουργικότητας για τη δημιουργία συστημάτων ηλεκτρονικής διακυβέρνησης [450]. Με βάση αυτά τα δεδομένα εξετάζονται δύο πτυχές του θεσμικού περιβάλλοντος: (i) Η συνολική ποιότητα των θεσμών (Institutional Quality), και (ii) οι ρυθμίσεις που αφορούν στο κανονιστικό πλαίσιο του επιχειρηματικού περιβάλλοντος (business regulation).

**Υπόθεση Υ6.** *Η ποιότητα των θεσμών μπορεί να επηρεάσει τον βαθμό ωριμότητας της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.*

Η ποιότητα των θεσμών αντικατοπτρίζει την αποτελεσματικότητα της κυβέρνησης στη θέσπιση κανονισμών και νόμων. Υποτίθεται ότι υψηλότερη ποιότητα, δημιουργεί τις κατάλληλες συνθήκες για τη διαφάνεια, και αυξάνει την εμπιστοσύνη του πολίτη προς την κυβέρνηση του. Αυτό είναι πιθανό να ενθαρρύνει τη συμμετοχή των πολιτών μέσω ηλεκτρονικών υπηρεσιών και να οδηγήσει σε καλύτερη αποδοχή και αφομοίωσή της.

Ως μέτρο της ποιότητας των θεσμών χρησιμοποιείται ο σταθμικός μέσος των έξι παγκόσμιων δεικτών διακυβέρνησης ή World Governance Indicators (WGI) που αναπτύχθηκαν από τον οργανισμό World Bank [303]. Οι δείκτες αυτοί αντιπροσωπεύουν τις διαστάσεις της διακυβέρνησης μιας χώρας και είναι οι ακόλουθοι:

- *ελευθερία λόγου*, δηλαδή, το επίπεδο της ικανότητας των πολιτών να συμμετάσχουν σε διαδικασίες όπως η επιλογή της κυβέρνησής τους και τα ελεύθερα μέσα ενημέρωσης (*voice and accountability*).
- *πολιτική σταθερότητα και απουσία της βίας*, η οποία αντανάκλα την πιθανότητα ότι η κυβέρνηση δεν θα αποσταθεροποιηθεί ή ανατραπεί (*political stability and absence of violence*).
- *αποτελεσματικότητα και αξιοπιστία της κυβέρνησης* ως προς τη ποιότητα των δημόσιων υπηρεσιών, το βαθμό ανεξαρτησίας από πολιτικές πιέσεις, την ποιότητα της χάραξης της πολιτικής και την εφαρμογή της (*government effectiveness*).
- *ποιότητα των ρυθμιστικών κανόνων*, δηλαδή τις πολιτικές, τους νόμους και τους κανονισμούς που επιτρέπουν την προώθηση και την ανάπτυξη του ιδιωτικού τομέα (*regulatory quality*).
- *κράτος δικαίου* που εκφράζει την εμπιστοσύνη και τη συνοχή με τους κανόνες της κοινωνίας (*rule of law*).
- *έλεγχος της διαφθοράς* που αντανάκλα περιπτώσεις όπου η δημόσια εξουσία χρησιμοποιείται για προσωπικό όφελος (*control of corruption*).

Οι δείκτες είναι σύνθετοι και βασίζονται σε αρκετές εκατοντάδες μεταβλητές που προέρχονται από 31 διαφορετικές πηγές δεδομένων και καλύπτουν πάνω από 200 χώρες. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα δεδομένα και τη μεθοδολογία περιέχονται στο [304]. Η ποιότητα θεσμών, όπως ορίζεται στη παρούσα μελέτη, έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στη βιβλιογραφία ως παράγοντας που επιδρά στην υιοθέτηση των τεχνολογιών (π.χ. [3, 288]).

**Υπόθεση Υ7.** *Ρυθμιστικό πλαίσιο που τονώνει τον ανταγωνισμό και τις επιχειρήσεις, μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.*

Οι κανονισμοί και δράσεις που αφορούν σε ρυθμίσεις για το επιχειρηματικό περιβάλλον, έτσι ώστε να αντανakλούν την αποτελεσματικότητα της κυβέρνησης να βελτιώσει τον ανταγωνισμό θεωρείται ότι έχει αντίκτυπο στην εμπιστοσύνη των επιχειρήσεων προς τη κυβέρνηση και συνεπώς αποδοχή των ηλεκτρονικών υπηρεσιών, οδηγώντας σε υψηλότερη διείσδυση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

Ως μέτρο για αυτή τη παράμετρο, χρησιμοποιείται ο δείκτης «ρυθμιστικό πλαίσιο επιχειρήσεων» (Business regulation) που αναπτύχθηκε από το Δίκτυο Ελεύθερης Οικονομίας (Economic Freedom Network) του ινστιτούτου Fraser Institute για ερευνητικούς σκοπούς [305]. Το δίκτυο έχει μέλη ινστιτούτα από 80 χώρες και χρησιμοποιεί 42 διακριτές μετρικές από 141 έθνη. Η έρευνα περιλαμβάνει μια σειρά από δείκτες οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του βαθμού της επίδρασης της πολιτικής και των θεσμών στην οικονομική ελευθερία μιας χώρας. Ο δείκτης «ρυθμιστικό πλαίσιο επιχειρήσεων» είναι ένας σύνθετος δείκτης αποτελούμενος από οκτώ υποδείκτες και αντιστοιχεί στο βαθμό τον οποίο το ισχύον ρυθμιστικό πλαίσιο και οι γραφειοκρατικές διαδικασίες περιορίζουν τη δυνατότητα ίδρυσης μια νέας επιχείρησης και μειώνουν τον ανταγωνισμό στην αγορά [306].

### 8.5.1.2 Μεθοδολογία

Για τη μελέτη της επίδρασης των παραγόντων όπως αυτοί περιγράφονται από τις παραπάνω υποθέσεις, χρησιμοποιούνται διαστρωματικά δεδομένα με χρονολογικές σειρές (panel data). Στα δεδομένα panel η ανάλυση παλινδρόμησης αποδίδεται όχι μόνο σε τομεακό αλλά και σε χρονικό επίπεδο. Τα δεδομένα panel περιγράφονται αναλυτικότερα στην ενότητα 4.7.3 Το συγκεκριμένο panel αποτελείται από  $i=30$  χώρες και  $t=5$  έτη. Πιο συγκεκριμένα, δημιουργείται το ακόλουθο οικονομετρικό μοντέλο:

$$eGov_{it} = a + b_1OSS_{it} + b_2sserv_{it} + b_3HDI_{it} + b_4educ_{it} + b_5inf_{it} + b_6IQ_{it} + b_7B\_R_{it} + u_i + \varepsilon_{it} \quad (8-3)$$

Στα δεδομένα panel, αποδίδονται δύο τύποι στατιστικών λαθών. Ο πρώτος είναι το σφάλμα ατομικής επίδρασης  $u_i$ , το οποίο αντιστοιχεί σε όλους τους παρατηρήσιμους, σταθερούς στο χρόνο παράγοντες που οφείλονται στα διαστρωματικά χαρακτηριστικά κάθε χώρας και που επιδρούν στην εξαρτημένη μεταβλητή  $eGov_{it}$ . Το δεύτερο σφάλμα είναι το ιδιοσυγκρασιακό ή χρονικά μεταβαλλόμενο σφάλμα  $\varepsilon_{it}$  της εξίσωσης που αντιπροσωπεύει τους παρατηρήσιμους παράγοντες που μεταβάλλονται τόσο χρονικά, όσο και χωρικά. Ο συντελεστής  $a$  αντιστοιχεί στο σημείου τομής της οικονομετρικής εξίσωσης με τον κατακόρυφο άξονα (*intercept*), και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της πρόβλεψης των τιμών της  $eGov_{it}$ . Τέλος, οι συντελεστές  $b_j$  ( $j = 1$  ως  $7$ ) αντανakλούν τη σχετική επίδραση καθενός από τους παράγοντες με την εξαρτημένη μεταβλητή.

Το μοντέλο αξιολογεί την *ceteris paribus* επίδραση καθενός από τους παράγοντες στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, σε εθνικό επίπεδο. Συνοπτικά οι παράγοντες, τα ονόματα των μεταβλητών, οι μετρικές τους και οι πηγές από τις οποίες προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 8-2.

Πίνακας 8-2. Μοντέλο CM1: Μεταβλητές, μετρικές και πηγές τους

Μεταβλητές	Παράγοντες	Μετρικές	Πηγές
$eGov$	Οριμότητα ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Ορίζεται ως ο σταθμικός μέσος των δεικτών μέτρησης του δικτύου (Web Measure Index – WMI) και ηλεκτρονικής συμμετοχής του πολίτη (e-Participation Index).	Εκφράζεται σε τιμές μεταξύ 0 και 1.	United Nations eGovernment data center [453]
$X_{it}^{endog}$			
OSS	Διείσδυση ανοιχτού λογισμικού.	Φυσικός λογάριθμος	University of

			Notre Dame [309]
<i>sserv</i>	Secure Servers	Φυσικός λογάριθμος	World Bank Indicators [310]
<i>inf</i>	Πληθωρισμός (Inflation).	Εκφράζεται σε ποσοστό επί τις 100.	World Bank Indicators [310]
$X_{it}^{humcap}$			
<i>HDI</i>	Δείκτης κοινωνικής ανάπτυξης (Human development Index)	Εκφράζεται σε τιμές μεταξύ 0 και 1.	United Nations [311]
<i>educ</i>	Δαπάνες εκπαίδευσης (Education expenditure)	Εκφράζεται σε ποσοστό ανά ΑΕΕ .	World Bank Indicators [310]
$X_{it}^{inst}$			
<i>IQ</i>	Ποιότητα των θεσμών (Institutional quality)	Εκφράζεται σε τιμές μεταξύ -2,5 και 2,5.	Worldwide Governance Indicators [303]
<i>B_R</i>	Ρυθμιστικό πλαίσιο επιχειρήσεων (Business regulation)	Εκφράζεται σε τιμές μεταξύ 1 και 10.	Economic Freedom Network [305]

Για την εξαγωγή αξιόπιστων και αμερόληπτων αποτελεσμάτων από την ανάλυση παλινδρόμησης, τα δεδομένα θα πρέπει να ικανοποιούν μια σειρά από συνθήκες, οι οποίες ελέγχονται με κατάλληλα στατιστικά τεστ. Επίσης, πολύ σημαντικός είναι ο έλεγχος της οικονομετρικής εξίσωσης ως προς τη σωστή επιλογή και προσδιορισμό των ανεξάρτητων μεταβλητών (specification tests). Για παράδειγμα η παράλειψη μιας στατιστικά σημαντικής μεταβλητής, μπορεί να οδηγήσει σε μη αμερόληπτες εκτιμήσεις. Οι έλεγχοι που ακολουθούν αναφέρονται αναλυτικότερα στο Κεφάλαιο 4 και στην ενότητα 4.7.4. Για την υλοποίηση των ελέγχων, χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο λογισμικού STATA.

Αρχικά, ελέγχεται η πιθανότητα να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Σύμφωνα με τον Kennedy [166] υψηλές θεωρούνται οι συσχετίσεις πάνω από 80%. Σε αυτή τη περίπτωση, οι δύο μεταβλητές δε μπορεί να θεωρηθούν ανεξάρτητες. Ο πίνακας συσχετίσεων των μεταβλητών επιβεβαιώνει ότι όλες οι μεταβλητές της (8-3) είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, καθώς όλες οι συσχετίσεις είναι λιγότερο από 70%.

Στη συνέχεια ελέγχεται εάν η ατομική επίδραση  $u_i$  είναι ανεξάρτητη από τις μεταβλητές  $X_{it}$  της οικονομετρικής εξίσωσης (8-3), οπότε έχουμε random effects model, ή συσχετισμένη με αυτές και έχουμε τη περίπτωση fixed effects model. Ο έλεγχος πραγματοποιείται με το Hausman τεστ [167]. Το αποτέλεσμα υποδεικνύει τη χρησιμοποίηση του μοντέλου fixed effects ( $\chi^2(7) = 15,89, p < 0,05, p$  η πιθανότητα τα  $u_i$  να είναι ανεξάρτητα των  $X_{it}$ ). Το επόμενο τεστ εξετάζει την περίπτωση ύπαρξης ενδογενών μεταβλητών. Μια μεταβλητή είναι ενδογενής όταν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτισή της με το σφάλμα της εξίσωσης  $\varepsilon_{it}$ . Το Durbin-Wu-Hausman (DWH) τεστ (προτάθηκε από τον Durbin [168] και αργότερα από τους Wu [169] και Hausman [167]), δεν έδωσε ενδείξεις για ενδογενείς μεταβλητές στο μοντέλο.

Τα δεδομένα panel, επίσης, παρουσιάζουν συχνά συσχετίσεις μεταξύ τους μέσα στο χρόνο ή/και μέσα στο τμήμα του panel, ή/και ανάμεσα στα τμήματα του panel, παραβιάζοντας τις απαραίτητες συνθήκες που πρέπει να ισχύουν για την ύπαρξη αποτελεσματικών και συνεπών εκτιμήσεων. Τέτοιου είδους συσχετίσεις δεν επιτρέπονται σε μια ανάλυση παλινδρόμησης με τη μέθοδο των συνήθων ελάχιστων τετραγώνων (OLS), όπως αναφέρεται αναλυτικά στις ενότητες 4.7.2.1 και 4.7.3. Για το



λόγο αυτό, σε τέτοιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται άλλες εκτιμήτριες που είναι συνεπείς και αποτελεσματικές.

Πράγματι, τα δεδομένα στην (8-3) παρουσιάζουν χρονική αυτοσυσχέτιση πρώτης τάξης (first order autocorrelation), όπως προέκυψε από το σχετικό Wooldridge τεστ [174]. Πιο συγκεκριμένα το αποτέλεσμα του ελέγχου είναι  $F(1, 24) = 100,422, p = 0$ , όπου  $p$  η πιθανότητα να μην υπάρχει χρονική αυτοσυσχέτιση. Επίσης πραγματοποιήθηκε έλεγχος για ετεροσκεδαστικά δεδομένα μέσα στα τμήματα του panel, με το Wald τεστ όπως αυτό τροποποιήθηκε από τον Greene [171]. Το αποτέλεσμα επισήμανε πως τα σφάλματα είναι ετεροσκεδαστικά ( $\chi^2(23)=720,8, p=0$ ). Συνεπώς δε μπορεί να πραγματοποιηθεί η μέθοδος OLS.

Σε αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιείται η εκτιμήτρια FGLS (Feasible Generalized Least Squares) για μοντέλα fixed effects, η οποία είναι συνεπής και αμερόληπτη εκτιμήτρια τόσο στην περίπτωση ετεροσκεδαστικών σφαλμάτων, όσο και στην περίπτωση αυτοσυσχέτισης. Υποθέτει αυστηρή ανεξαρτησία των ανεξάρτητων μεταβλητών με τα σφάλματα  $e_{it}$ , αλλά επιτρέπει την ύπαρξη συσχετίσεων ανάμεσα στην ατομική επίδραση  $u_i$  και στις ανεξάρτητες μεταβλητές. Όπως φαίνεται αναλυτικότερα στην ενότητα 4.7.5 η εκτιμήτρια αποτελεί ένα γραμμικό μετασχηματισμό της αρχικής οικονομετρικής εξίσωσης, έτσι ώστε να ικανοποιεί τις απαραίτητες συνθήκες OLS1-OLS5 και OLS5' της συνέπειας και ασυμπτωτικής επάρκειας, όπως ακριβώς και στη περίπτωση των ελαχίστων τετραγώνων. Για το λόγο αυτό, τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης με την εκτιμήτρια FGLS, ερμηνεύονται όπως ακριβώς και στη περίπτωση των OLS.

### 8.5.1.3 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης φαίνονται στον Πίνακα 8-3.

Πίνακας 8-3. Αποτελέσματα παλινδρόμησης FGLS, Μοντέλο CM1

Μεταβλητές	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	Z
OSS	0,014	0,004	3,75***
sserv	0,012	0,004	3,21***
educ	0,012	0,006	1,95*
HDI	0,662	0,094	7,02***
inf	0,001	0,001	1,18
IQ	0,055	0,018	3,00**
B_R	-0,002	0,002	-0,7
_cons	0,045	0,072	0,63

Σημ. Τα επίπεδα σημαντικότητας σημειώνονται ως: \*= $p<0,1$ , \*\*= $p<0,05$ , \*\*\*= $p<0,01$ .

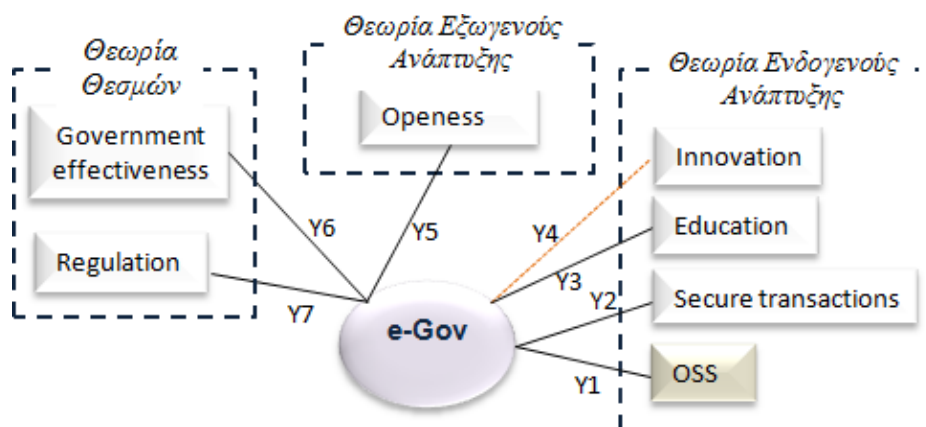
Όπως φαίνεται από τον Πίνακα, υπάρχει πολύ ισχυρή επίδραση της κοινωνικής ανάπτυξης, ενώ ακολουθούν η επίδραση της ποιότητας των θεσμών, του ανοιχτού λογισμικού, των secure servers και του επιπέδου μόρφωσης. Δεν φαίνεται να υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του πληθωρισμού και του ρυθμιστικού πλαισίου για επιχειρήσεις και συνεπώς οι υποθέσεις Y3 και Y7 απορρίπτονται. Συμπερασματικά, το μοντέλο αυτό επιβεβαιώνει τη βασική υπόθεση ότι το ανοιχτό λογισμικό έχει θετική επίδραση στην ανάπτυξη της ανοιχτής διακυβέρνησης. Η υπόθεση αυτή ελέγχεται πιο διεξοδικά στα επόμενα μοντέλα. Τα αποτελέσματα του μοντέλου παρουσιάστηκαν στο συνέδριο International Conference of Open Source Systems (IFIP WG 2.13) [5].

## 8.5.2 Εννοιολογικό μοντέλο CM2

Το μοντέλο αυτό στηρίζεται στα βασικά συμπεράσματα του μοντέλου CM1, όπου αποδεικνύεται η επίδραση κοινωνικών, τεχνολογικών και θεσμικών παραγόντων από τις θεωρίες ενδογενούς ανάπτυξης, ανθρώπινου κεφαλαίου και θεσμών. Στο νέο μοντέλο, επιχειρείται η βελτίωσή του σε μεταβλητές ελέγχου (control variables), ενώ το βασικό ερώτημα παραμένει η επίδραση του ανοιχτού λογισμικού στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

Στο θεωρητικό επίπεδο, εξετάζεται μια νέα θεωρία, η θεωρία της εξωγενούς ανάπτυξης. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή η ανάπτυξη σε μια χώρα επηρεάζεται θετικά από εξωτερικούς παράγοντες, όπως είναι η εισροή ή ανταλλαγή αγαθών, ιδεών, κεφαλαίου και τεχνολογιών. Η θεωρία αυτή έχει χρησιμοποιηθεί με θετικά αποτελέσματα σε άλλες τεχνολογίες [3, 45, 46], όχι όμως και στη περίπτωση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, καθώς δεν έχει αναφερθεί στη σχετική βιβλιογραφία. Για το λόγο αυτό επιχειρείται η διερεύνηση παραγόντων μέσα από αυτό το νέο για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση, θεωρητικό πλαίσιο.

Επίσης, λαμβάνεται υπόψη η δυνατότητα επιλογής κοινωνικών παραγόντων και μέσα από το πλαίσιο της θεωρίας ενδογενούς ανάπτυξης, αντικαθιστώντας τη θεωρία ανθρώπινου κεφαλαίου που χρησιμοποιήθηκε στο μοντέλο CM1. Συνεπώς, το μοντέλο αυτό θεωρεί τη σχέση (8-1) και το εννοιολογικό μοντέλο CM2 όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 8-6.



Σχήμα 8-6. Εννοιολογικό μοντέλο CM2

Όπως φαίνεται στο σχήμα, το θεωρητικό πλαίσιο περιλαμβάνει τις θεωρίες ενδογενούς και εξωγενούς ανάπτυξης και τη θεωρία θεσμών. Οι κοινωνικοί παράγοντες εξετάζονται μέσα από το θεωρητικό πλαίσιο της ενδογενούς ανάπτυξης και είναι το επίπεδο μόρφωσης (όπως και στο μοντέλο CM1) και η καινοτομία. Ο τελευταίος παράγοντας, αντικατέστησε τον παράγοντα της κοινωνικής ανάπτυξης του μοντέλου CM1.

Επίσης, στη θεωρία θεσμών, αντικαταστάθηκε ο παράγοντας της ποιότητας των θεσμών με τον παράγοντα της αποτελεσματικότητας της διακυβέρνησης. Οι δύο αυτοί παράγοντες είναι γραμμικά συσχετισμένοι, καθώς η αποτελεσματικότητα της διακυβέρνησης αποτελεί μια από τις 6 διαστάσεις της ποιότητας των θεσμών (ενότητα 8.5.1.1, υπόθεση Y6). Συνεπώς η χρησιμοποίηση και των δύο μεταβλητών θα οδηγούσε σε μεροληπτικές και λανθασμένες εκτιμήσεις. Στο μοντέλο CM2 χρησιμοποιείται ο παράγοντας της αποτελεσματικότητας της διακυβέρνησης, έτσι ώστε να διαπιστωθεί η βαρύτητα της επίδρασης του συγκεκριμένου παράγοντα σε σύγκριση με αυτόν της συνολικής ποιότητας των θεσμών. Αναλυτικά, οι υποθέσεις για το μοντέλο CM2 παρουσιάζονται στην ενότητα 8.5.2.1.

### 8.5.2.1 Υποθέσεις, παράγοντες και μετρικές τους

Στο πλαίσιο της θεωρίας ενδογενούς ανάπτυξης χρησιμοποιούνται κοινωνικοί και τεχνολογικοί παράγοντες. Στους τεχνολογικούς παράγοντες περιλαμβάνεται καταρχήν η τεχνολογία του ανοιχτού λογισμικού, η οποία παραμένει και το βασικό ερώτημα του μοντέλου. Όπως και στο προηγούμενο μοντέλο θεωρείται ότι η αυξημένη χρήση του ανοιχτού λογισμικού από τους πολίτες μιας χώρας, μπορεί να επιδράσει θετικά και ως προς την αντίληψη και ιδεολογία για τον τρόπο χρήσης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και άρα αναμένεται να αποτελεί θετικό παράγοντα για την εξέλιξή της. Η διεξόδυση του ανοιχτού λογισμικού αντανακλάται από τη διεξόδυση των εγγεγραμμένων χρηστών ανά χώρα στη δικτυακή πύλη SourceForge [442].

**Υπόθεση Υ1.** *Το ανοιχτό λογισμικό έχει θετική επίδραση στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.*

Με την ίδια επίσης λογική περιλαμβάνονται και οι παράγοντες ελέγχου για τους secure servers και το επίπεδο εκπαίδευσης, σύμφωνα με τα επιχειρήματα που αναπτύχθηκαν για το μοντέλο CM1 και επιβεβαιώθηκαν από την αντίστοιχη ανάλυση παλινδρόμησης. Επίσης χρησιμοποιούνται οι ίδιες μετρικές που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο CM1. Συνεπώς θεωρείται ότι:

**Υπόθεση Υ2.** *Η χρήση τεχνολογιών που παρέχουν ασφαλείς συναλλαγές ασκούν θετική επίδραση στην υιοθέτησή των δημόσιων ηλεκτρονικών υπηρεσιών.*

**Υπόθεση Υ3.** *Το μορφωτικό επίπεδο αναμένεται να επηρεάσει θετικά την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.*

Τέλος εξετάζεται ένας νέος κοινωνικός παράγοντας, ο οποίος αντικατοπτρίζει την καινοτομική ικανότητα μιας χώρας. Σύμφωνα με τους Moon και Norris [422] υπάρχει μια σχέση μεταξύ της καινοτομικής ικανότητας και της υιοθέτησης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης σε τοπικό επίπεδο. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το σημαντικό ρόλο που παίζει η καινοτομία στην επιτάχυνση της ανάπτυξης μιας χώρας προδιαθέτει για μια θετική επίδραση της καινοτομίας στην ανάπτυξη μιας τεχνολογίας όπως η ηλεκτρονική διακυβέρνηση.

Ως μέτρο της καινοτομίας μιας χώρας χρησιμοποιείται ο δείκτης «πληρωμές και εισπράξεις για πνευματικά δικαιώματα και άδειες χρήσης» (royalty and license fees payments and receipts) που παρέχεται από τον οργανισμό World Bank [310]. Ο δείκτης μετρά πληρωμές και εισπράξεις μεταξύ κατοίκων και μη κατοίκων για την εξουσιοδοτημένη χρήση άυλων, μη παραγόμενων, μη χρηματοοικονομικών περιουσιακών στοιχείων και δικαιωμάτων ιδιοκτησίας (όπως διπλώματα ευρεσιτεχνίας, δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας, κλπ. ) και για τη χρήση, μέσω συμφωνιών αδειών εκμετάλλευσης, παραχθέντων πρωτοτύπων. Ο δείκτης αντικατοπτρίζει την ποσότητα των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, πνευματικών δικαιωμάτων, εμπορικών σημάτων, κ.λπ., τα οποία μπορεί να θεωρηθούν ως ένδειξη των καινοτομιών που παράγονται σε μια χώρα.

**Υπόθεση Υ4.** *Η καινοτομική ικανότητα μιας χώρας επιδρά θετικά στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.*

Η θεωρία εξωγενούς ανάπτυξης χρησιμοποιείται για πρώτη φορά στη περίπτωση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Η θεωρία έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για την ερμηνεία της διάδοσης των τεχνολογιών [3, 45, 46], όχι όμως στη περίπτωση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Υπό το πρίσμα αυτής της θεωρίας, μια χώρα που είναι ανοικτή (openness) για τις επιχειρήσεις και διεθνείς οικονομικές συναλλαγές μέσα από εμπορικές δραστηριότητες, μπορεί να έχει θετικές επιρροές σε επίπεδο γνώσεων, τεχνολογιών ή και πολιτισμού [45]. Σύμφωνα με τους Rivera-Batiz και Romer [46], το εμπόριο μπορεί

να θεωρηθεί ως δίαυλος για τη μεταφορά τεχνολογικών γνώσεων. Στο πλαίσιο αυτό, θεωρείται ότι μια χώρα με αυξημένες συναλλαγές σε ΤΠΕ, θα δέχεται περισσότερες επιρροές σε νέες τεχνολογίες, και συνεπώς και σε ηλεκτρονικές υπηρεσίες διακυβέρνησης. Επίσης, μια πιο προηγμένη σε ηλεκτρονική διακυβέρνηση χώρα, θα μπορούσε να επηρεάσει θετικά χώρες λιγότερο αναπτυγμένες στο τομέα αυτό, χρησιμοποιώντας το εμπόριο ΤΠΕ ως κανάλι για την επίτευξη των εν λόγω διάχυσης.

Για τη μέτρηση των συναλλαγών ΤΠΕ σε επίπεδο χώρας, υπολογίζεται ο μέσος όρος των εξαγωγών και εισαγωγών αγαθών ΤΠΕ ανά ΑΕΠ. Τα εμπορεύματα ΤΠΕ μπορεί να περιλαμβάνουν τηλεπικοινωνίες, multimedia συστήματα, ηλεκτρονικούς υπολογιστές και συναφή εξοπλισμό, ηλεκτρονικά εξαρτήματα κλπ. Τα δεδομένα αντλήθηκαν από τη βάση δεικτών της World Bank [310].

**Υπόθεση Y5.** *Οι διεθνείς συναλλαγές αγαθών ΤΠΕ αναμένεται να έχουν θετική επίδραση στη διάδοση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.*

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η θεωρία θεσμών έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για τη μελέτη των παραγόντων που συντελούν στην επιτυχή πορεία της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης [429, 450, 451]. Αυτό είναι αρκετά λογικό, καθώς σε ένα περιβάλλον όπου οι ανάγκες των πολιτών διαρκώς αλλάζουν, τα θεσμικά όργανα θα πρέπει να ανταποκρίνονται σε αυτές τις αλλαγές το ταχύτερο δυνατόν. Πράγματι, στο μοντέλο CM1 διαπιστώθηκε θετική επίδραση της ποιότητας των θεσμών (IQ) στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση. Αντίθετα το ρυθμιστικό πλαίσιο για επιχειρήσεις δεν είχε καμιά επίδραση στην πορεία της [5]. Στο μοντέλο CM2, εξετάζονται δύο άλλοι παράγοντες υπό το πρίσμα αυτής της θεωρίας.

Ο πρώτος παράγοντας αφορά στον τρόπο διακυβέρνησης και την αποτελεσματικότητά της. Για τη σωστή και επιτυχή υλοποίηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης απαιτούνται διοικητικές και τεχνολογικές μεταρρυθμίσεις και λήψεις αποφάσεων που δε μπορεί να πραγματοποιηθούν από μια αναποτελεσματική διοίκηση [437, 454, 455]. Οι αποδοτικές κυβερνήσεις εκτιμούν πιο εύκολα την ανάγκη χρήσης νέων τεχνολογιών και εργαλείων που βελτιώνουν τη διακυβέρνηση. Συνεπώς, μια χώρα με αποδοτική διακυβέρνηση αναμένεται να φτάσει σε μεγαλύτερο επίπεδο ωριμότητας ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, από μια χώρα με λιγότερο ευέλικτη και αποτελεσματική διακυβέρνηση.

Το επίπεδο αποτελεσματικότητας μιας διακυβέρνησης εκτιμάται από τον δείκτη διακυβέρνησης «αποτελεσματικότητα της κυβέρνησης» (government effectiveness) που παρέχεται από τον οργανισμό World Bank [303]. Ο δείκτης αποτελεί έναν από τους έξι δείκτες της διακυβέρνησης μιας χώρας, όπως αυτοί περιγράφηκαν στην ενότητα 8.5.1.1 (υπόθεση Y6). Ο δείκτης εκφράζει την αποτελεσματικότητα και αξιοπιστία της κυβέρνησης ως προς τη ποιότητα των δημόσιων υπηρεσιών, το βαθμό της ανεξαρτησίας από πολιτικές πιέσεις, την ποιότητα της χάραξης της πολιτικής και την εφαρμογή τους. Περισσότερα στοιχεία για τη κατασκευή, περιεχόμενο και απόδοση του δείκτη βρίσκονται στην έκθεση των Kaufmann, Kraay και Masturzzi [304].

**Υπόθεση Y6.** *Η αποτελεσματικότητα της κυβέρνησης αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.*

Ο δεύτερος παράγοντας που εξετάζεται κάτω από το πρίσμα αυτής της θεωρίας είναι το αποτελεσματικό ρυθμιστικό πλαίσιο. Σύμφωνα με τους Pudjianto και Hangjung [441], οι ρυθμίσεις και οι κανόνες μιας χώρας, έχουν τη τάση να επηρεάζουν τον χρήστη των δημόσιων ηλεκτρονικών υπηρεσιών. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η ηλεκτρονική διακυβέρνηση δεν αναφέρεται μόνο στους απλούς πολίτες μιας χώρας, αλλά και σε επιχειρήσεις και φορείς, το ρυθμιστικό πλαίσιο θα πρέπει να εξεταστεί στο σύνολό του και όχι επικεντρωμένα σε κάποιο από αυτά (όπως στο μοντέλο CM1, όπου εξετάζονταν μόνο ο τομέας των επιχειρήσεων).

Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ο σύνθετος δείκτης «ρυθμιστικό πλαίσιο» (regulation) που αφορά ρυθμίσεις στους τομείς της εργασίας, των αγορών και των τραπεζικών συναλλαγών. Για παράδειγμα, περιλαμβάνει τον έλεγχο των επιτοκίων, το βαθμό στον οποίο παραβιάζονται οι κανονισμοί σχετικά με την οικονομική ελευθερία των εργαζομένων και των εργοδοτών, το βαθμό στον οποίο οι κανονισμοί και οι γραφειοκρατικές διαδικασίες περιορίζουν την είσοδο νέων επιχειρήσεων, τον ανταγωνισμό, κλπ. Οι ρυθμίσεις αυτές, εφόσον είναι επαρκείς ενισχύουν την οικονομική ανάπτυξη και ευημερία.

Ο δείκτης εξετάζει ρυθμιστικούς περιορισμούς που μπορεί να επιβάλλει μια κυβέρνηση περιορίζοντας την ελευθερία στους τομείς της εργασίας, των αγορών και των τραπεζικών συναλλαγών. Η υψηλή βαθμολογία σε αυτό τον δείκτη, εξαρτάται από την ρυθμιστική πολιτική μιας χώρας προσδίδοντας περισσότερες ελευθερίες σε αυτούς τους τομείς. Για παράδειγμα, τα κράτη δε θα πρέπει να παρεμβαίνουν στη διαμόρφωση των τιμών, να μεροληπτούν υπέρ κάποιων επιχειρήσεων, ή να επεμβαίνουν σε εργασιακά θέματα. Ο δείκτης παρέχεται από το Δίκτυο Ελεύθερης Οικονομίας (Economic Freedom Network) [305]. Περισσότερες πληροφορίες για τη σύνθεση και περιεχόμενο του δείκτη μπορούν να αντληθούν από τη σχετική έκθεση [306].

**Υπόθεση Y7.** Το ρυθμιστικό πλαίσιο μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

### 8.5.2.2 Μεθοδολογία

Όπως και στη περίπτωση του μοντέλου CM1, για τη μελέτη της επίδρασης των παραγόντων που αντιστοιχούν στις επτά υποθέσεις, χρησιμοποιούνται διαστρωματικά δεδομένα χρονολογικών σειρών (panel data) αποτελούμενο από  $i=30$  χώρες και  $t=5$  έτη. Πιο συγκεκριμένα, δημιουργείται το ακόλουθο οικονομετρικό μοντέλο:

$$eGov_{it} = a + b_1OSS_{it} + b_2Sserv_{it} + b_3Innov_{it} + b_4Educ_{it} + b_5ICTtrade_{it} + b_6Gov\_eff_{it} + b_7Regul_{it} + u_i + \varepsilon_{it} \quad (8-4)$$

Στα δεδομένα panel, αποδίδονται δύο τύποι στατιστικών λαθών. Ο πρώτος είναι το σφάλμα μη παρατηρούμενης ετερογένειας  $u_i$ , το οποίο αντιστοιχεί σε όλους τους απαραίτητους, σταθερούς στο χρόνο παράγοντες που οφείλονται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε χώρας και που επιδρούν στην εξαρτημένη μεταβλητή  $eGov_{it}$ . Το δεύτερο σφάλμα είναι το ιδιοσυγκρασιακό ή χρονικά μεταβαλλόμενο σφάλμα  $\varepsilon_{it}$  της εξίσωσης που αντιπροσωπεύει τους απαραίτητους παράγοντες που μεταβάλλονται τόσο χρονικά, όσο και τομεακά. Ο συντελεστής  $a$  αντιστοιχεί στο σημείο τομής της εξίσωσης και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της πρόβλεψης των τιμών της  $eGov_{it}$ . Τέλος, οι συντελεστές  $b_j$  ( $j = 1$  ως  $7$ ) αντανakλούν τη σχετική επίδραση καθενός από τους παράγοντες με την εξαρτημένη μεταβλητή.

Το μοντέλο αξιολογεί την ceteris paribus επίδραση καθενός από τους παράγοντες στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, σε εθνικό επίπεδο. Συνοπτικά οι παράγοντες, τα ονόματα των μεταβλητών, οι μετρικές τους και οι πηγές από τις οποίες προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 8-4.

Πίνακας 8-4. Μοντέλο CM2: Μεταβλητές, μετρικές και πηγές τους

Μεταβλητές	Παράγοντες	Μετρικές	Πηγές
$eGov$	Οριμότητα ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Ορίζεται ως ο σταθμικός μέσος των δεικτών μέτρησης του δικτύου (Web Measure Index – WMI) και ηλεκτρονικής συμμετοχής του πολίτη (e-Participation Index).	Εκφράζεται σε τιμές μεταξύ 0 και 1.	United Nations eGovernment data center [453]

$X_{it}^{endog}$			
OSS	Διείσδυση ανοιχτού λογισμικού.	Φυσικός λογάριθμος	University of Notre Dame [309]
Sserv	Secure Servers	Φυσικός λογάριθμος	World Bank Indicators [310]
Innov	Καινοτομία- Πληρωμές και εισπράξεις πνευματικών δικαιωμάτων και αδειών (σε δολάρια Ην. Πολιτειών)	Φυσικός λογάριθμος	World Bank Indicators [310]
Educ	Δαπάνες εκπαίδευσης (Education expenditure)	Εκφράζεται σε ποσοστό ανά ΑΕΕ .	World Bank Indicators [310]
$X_{it}^{ex}$			
ICTtrade	Εμπόριο ΤΠΕ- Μέσος όρος εισαγωγών και εξαγωγών αγαθών ΤΠΕ, ανά ΑΕΠ.	Ανά ΑΕΠ.	World Bank Indicators [310]
$X_{it}^{inst}$			
Gov_eff	Δείκτης αποτελεσματικότητας της διακυβέρνησης. Υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε υψηλότερη αποτελεσματικότητα.	Εκφράζεται σε τιμές μεταξύ -2,5 και 2,5.	Worldwide Governance Indicators [303]
Regul	Δείκτης «Ρυθμιστικό πλαίσιο» (regulation). Υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε λιγότερους περιορισμούς.	Εκφράζεται σε τιμές μεταξύ 0 και 10.	Economic Freedom Network [305]

Για την εξαγωγή αξιόπιστων και αμερόληπτων αποτελεσμάτων από την ανάλυση παλινδρόμησης, τα δεδομένα θα πρέπει να ικανοποιούν μια σειρά από συνθήκες, οι οποίες ελέγχονται με κατάλληλα στατιστικά τεστ. Επίσης, πολύ σημαντικός είναι ο έλεγχος της οικονομετρικής εξίσωσης ως προς τη σωστή επιλογή και προσδιορισμό των ανεξάρτητων μεταβλητών (specification tests). Για παράδειγμα η παράλειψη μιας στατιστικά σημαντικής μεταβλητής, μπορεί να οδηγήσει σε μη αμερόληπτες εκτιμήσεις. Οι έλεγχοι που ακολουθούν αναφέρονται αναλυτικότερα στο Κεφάλαιο 4 και στην ενότητα 4.7.4. Για την υλοποίηση των ελέγχων, η μελέτη χρησιμοποίησε το στατιστικό πακέτο STATA.

Αρχικά, ελέγχεται η πιθανότητα να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Σύμφωνα με τον Kennedy [166] υψηλές θεωρούνται οι συσχετίσεις πάνω από 80%. Σε αυτή τη περίπτωση, οι δύο μεταβλητές δε μπορεί να θεωρηθούν ανεξάρτητες. Ο πίνακας συσχετίσεων των μεταβλητών επιβεβαιώνει ότι όλες οι μεταβλητές της (8-4) είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, καθώς όλες οι συσχετίσεις είναι λιγότερο από 70%.

Στη συνέχεια ελέγχεται εάν η ατομική επίδραση  $u_i$  είναι ανεξάρτητη από τις μεταβλητές  $X_{it}$  της οικονομετρικής εξίσωσης (8-4) (random effects model), ή συσχετισμένη με αυτές (fixed effects model). Ο έλεγχος πραγματοποιείται με το Hausman τεστ [167]. Το αποτέλεσμα υποδεικνύει τη χρησιμοποίηση του μοντέλου fixed effects ( $\chi^2(7) = 25,54, p < 0,01$ ,  $p$  η πιθανότητα το  $u_i$  να είναι ανεξάρτητο των  $X_{it}$ ).

Το επόμενο τεστ εξετάζει την περίπτωση ύπαρξης ενδογενών μεταβλητών. Μια μεταβλητή είναι ενδογενής όταν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτισή της με το σφάλμα της εξίσωσης  $\varepsilon_{it}$ . Το Durbin-Wu-Hausman (DWH) τεστ (προτάθηκε από τον Durbin [168] και αργότερα από τους Wu [169] και Hausman [167]), δεν έδωσε ενδείξεις για ενδογενείς μεταβλητές στο μοντέλο.

Επίσης τα δεδομένα panel, συχνά παρουσιάζουν συσχετίσεις μεταξύ τους μέσα στο χρόνο ή/και μέσα στο τμήμα του panel, ή/και ανάμεσα στα τμήματα του panel, παραβιάζοντας τις απαραίτητες συνθήκες που πρέπει να ισχύουν για την ύπαρξη αποτελεσματικών και συνεπών εκτιμήσεων. Τέτοιου είδους συσχετίσεις δεν

επιτρέπονται σε μια ανάλυση παλινδρόμησης με τη μέθοδο των συνήθων ελάχιστων τετραγώνων (OLS), όπως αναφέρεται αναλυτικά στις ενότητες 4.7.2.1 και 4.7.3. Για το λόγο αυτό, σε τέτοιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται άλλες εκτιμήτριες που είναι συνεπείς και αποτελεσματικές.

Πράγματι, τα δεδομένα στην (8-4) παρουσιάζουν χρονική αυτοσυσχέτιση πρώτης τάξης (first order autocorrelation), όπως προέκυψε από το σχετικό Wooldridge τεστ [174]. Πιο συγκεκριμένα το αποτέλεσμα του ελέγχου είναι  $F(1, 22) = 83,991, p = 0$ , όπου  $p$  η πιθανότητα να μην υπάρχει χρονική αυτοσυσχέτιση. Επίσης πραγματοποιήθηκε έλεγχος για ετεροσκεδαστικά δεδομένα μέσα στα τμήματα του panel, με το Wald τεστ όπως αυτό τροποποιήθηκε από τον Greene [171]. Το αποτέλεσμα επισήμανε πως τα σφάλματα είναι ετεροσκεδαστικά ( $\chi^2(23)=710,81, p=0$ ,  $p$  η πιθανότητα να είναι ομοσκεδαστικά). Συνεπώς δε μπορεί να πραγματοποιηθεί η μέθοδος OLS.

Σε αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιείται η εκτιμήτρια FGLS για μοντέλα fixed effects, η οποία είναι συνεπής και αμερόληπτη εκτιμήτρια σε περίπτωση τόσο ετεροσκεδαστικών σφαλμάτων, όσο και στη περίπτωση αυτοσυσχέτισης. Η εκτιμήτρια περιγράφεται αναλυτικότερα στην ενότητα 4.7.5. και υποθέτει αυστηρή ανεξαρτησία των ανεξάρτητων μεταβλητών με τα σφάλματα  $e_{it}$ , αλλά επιτρέπει την ύπαρξη συσχετίσεων ανάμεσα στην ατομική επίδραση  $u_i$  και στις ανεξάρτητες μεταβλητές. Η εκτιμήτρια αποτελεί ένα γραμμικό μετασχηματισμό της αρχικής οικονομετρικής εξίσωσης, έτσι ώστε να ικανοποιεί τις απαραίτητες συνθήκες OLS1- OLS5' της συνέπειας και ασυμπτωτικής επάρκειας, που περιγράφονται στην ενότητα 4.7.2.1, όπως ακριβώς και στη περίπτωση των ελαχίστων τετραγώνων. Για το λόγο αυτό, τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης με την εκτιμήτρια FGLS, ερμηνεύονται όπως ακριβώς και στη περίπτωση των OLS.

### 8.5.2.3 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης φαίνονται στον Πίνακα 8-5.

Πίνακας 8-5. Αποτελέσματα παλινδρόμησης FGLS, Μοντέλο CM2

Εξαρτημένη μεταβλητή: eGov				
Πλήθος παρατηρήσεων: 135				
Wald $\chi^2(7) = 560,97$ ***				
Μεταβλητές	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	Z	
OSS	0,015	0,005	3,19	***
Sserv	0,011	0,007	1,70	*
Innov	0,005	0,006	0,92	
Educ	0,016	0,005	2,90	***
ICTtrade	0,001	0,000	2,73	**
Gov_eff	0,046	0,011	4,17	***
Regul	0,052	0,008	6,70	***
_cons	-0,208	0,133	-1,56	

Σημ. Τα επίπεδα σημαντικότητας σημειώνονται ως: \*= $p < 0,1$ , \*\*= $p < 0,05$ , \*\*\*= $p < 0,01$ .

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα το ανοιχτό λογισμικό για άλλη μια φορά έχει θετική επίδραση στην ωριμότητα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Δηλαδή, παρόλο που το μοντέλο μεταβλήθηκε, το ανοιχτό λογισμικό παραμένει σημαντικός παράγοντας ανάπτυξης για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση (συντελεστής 0,015,  $p < 0,001$ ). Επιπλέον, το μοντέλο CM2 φαίνεται να είναι καλύτερα ορισμένο, καθώς μόνο μια μεταβλητή δεν είναι στατιστικά σημαντική (στο μοντέλο CM1 υπήρχαν δύο μη σημαντικές μεταβλητές, οι οποίες δεν περιελήφθησαν εδώ). Πιο συγκεκριμένα, ο παράγοντας καινοτομία δε φαίνεται να έχει καμία επίδραση στο μοντέλο.

Αντίθετα, η μεγαλύτερη επίδραση ασκείται από τους θεσμικούς παράγοντες, με πρώτο το κανονιστικό πλαίσιο (Regul, συντελεστής 0,052,  $p = 0$ ) και δεύτερο την

αποτελεσματικότητα της διακυβέρνησης ( $Gov\_eff$ , συντελεστής 0,046,  $p=0$ ). Οι δύο παράγοντες παρουσιάζουν την ισχυρότερη επίδραση στην οικονομετρική εξίσωση, με μεγάλη στατιστική σημαντικότητα. Όπως είναι προφανές, η θεωρία των θεσμών αποδεικνύεται πολύ σημαντική για την ερμηνεία της ανάπτυξης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Όπως η συνολική θεσμική ποιότητα που βρέθηκε από το μοντέλο CM1, το γενικό κανονιστικό πλαίσιο μιας χώρας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο, επιβεβαιώνοντας την υπόθεση Y6 ότι η αποτελεσματικότητα στις ρυθμίσεις και τους κανόνες μιας χώρας, μπορούν να επηρεάσουν στην εξέλιξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Επίσης, επιβεβαιώνεται η υπόθεση Y7, που αφορά στην αποτελεσματικότητα της διακυβέρνησης.

Ένα άλλο σημαντικό εύρημα είναι ότι η θεωρία της εξωγενούς ανάπτυξης μπορεί να έχει εφαρμογή και στη περίπτωση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, καθώς η διάδοση των τεχνολογιών και ιδεολογιών ανάμεσα στις χώρες μπορεί να επιταχυνθεί μέσω των καναλιών του εμπορίου. Η σχετική υπόθεση Y5 επιβεβαιώνεται από το μοντέλο (συντελεστής 0,001,  $p<0,05$ ). Τέλος, οι παράγοντες της ασφάλειας των διακομιστών και της εκπαίδευσης παραμένουν και σε αυτό το μοντέλο σημαντικοί.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου δημοσιεύτηκαν στο επιστημονικό περιοδικό International Journal of Electronic Governance [1].

### 8.5.3 Εννοιολογικό μοντέλο CM3. Αλληλεπίδραση ανοιχτού λογισμικού και ηλεκτρονικής διακυβέρνησης

Όπως αποδείχθηκε ήδη από τα μοντέλα CM1 και CM2, υπάρχει μια σημαντική σχέση ανάμεσα στο ανοιχτό λογισμικό και την ανοιχτή διακυβέρνηση. Συνεπώς το πρώτο ερευνητικό ερώτημα της ενότητας 8.4.4 έχει θετική απάντηση. Παρόλα αυτά, δεδομένου και της μεγάλης διείσδυσης του ανοιχτού λογισμικού στο δημόσιο τομέα, δημιουργείται και ένα άλλο ερώτημα. *Υπάρχει ανάδραση;* Δηλαδή μπορεί η ηλεκτρονική διακυβέρνηση να επιδράσει στην ανάπτυξη του ανοιχτού λογισμικού; Το μοντέλο CM3 δημιουργήθηκε με σκοπό την απάντηση αυτού του ερωτήματος.

Το μοντέλο αυτό στηρίζεται στα βασικά συμπεράσματα των δύο προηγούμενων μοντέλων, όπου αποδεικνύεται η επίδραση κοινωνικών, τεχνολογικών και θεσμικών παραγόντων. Καθώς το μοντέλο CM2 φαίνεται καλύτερα στοιχειοθετημένο, χρησιμοποιούνται οι θεωρίες της ενδογενούς και εξωγενούς ανάπτυξης και η θεωρία θεσμών. Στο νέο μοντέλο, επιχειρείται η βελτίωσή του σε μεταβλητές ελέγχου (control variables), ενώ το βασικό ερώτημα είναι η *αλληλεπίδραση* του ανοιχτού λογισμικού και της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Ταυτόχρονα, διερευνάται η διαφοροποίηση της ανάπτυξης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης ανάμεσα στις αναπτυσσόμενες και ανεπτυγμένες χώρες.

Για το λόγο αυτό, γίνεται η χρήση δύο ταυτόχρονων εξισώσεων της μορφής

$$eGov_{it} = F(X^{endog}, X^{exog}, X^{inst}, OSS_{it}, \theta) \quad (8-5)$$

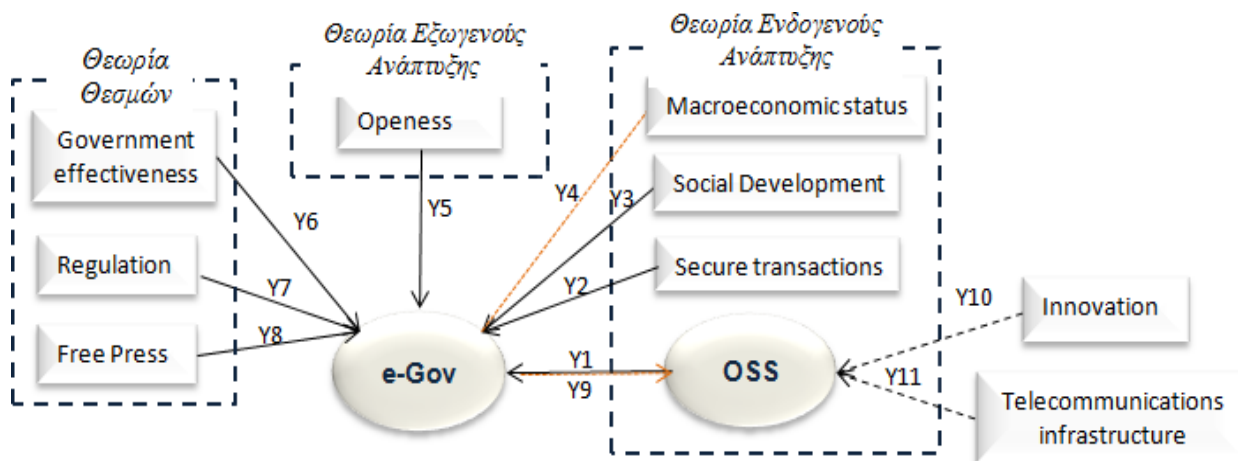
$$OSS_{it} = G(eGov_{it}, Y)$$

Όπου η πρώτη εξίσωση αντιστοιχεί στην αρχική εξίσωση (8-1). Ο παράγοντας  $OSS_{it}$  αναφέρεται στη διείσδυση του ανοιχτού λογισμικού της χώρας  $i$  σε χρόνο  $t$  και  $\theta$  είναι μια μεταβλητή που κατηγοριοποιεί τις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες. Η κατηγοριοποίηση βασίζεται στο αν μια χώρα ανήκει στον ΟΟΣΑ ή όχι.

Στη δεύτερη εξίσωση, η  $G$  εκφράζει τη συνάρτηση του διανύσματος  $Y$  των παραγόντων που επιδρούν στη διάδοση του ανοιχτού λογισμικού, ανάμεσα στους οποίους ενδέχεται



να είναι και η ηλεκτρονική διακυβέρνηση (eGov<sub>it</sub>). Το αντίστοιχο εννοιολογικό μοντέλο απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 8-7.



Σχήμα 8-7. Εννοιολογικό μοντέλο CM3

Εκτός από το ανοιχτό λογισμικό, του οποίου η θετική επίδραση επιβεβαιώθηκε και στα δύο μοντέλα CM1, CM2, οι υπόλοιποι παράγοντες που επιδρούν στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση επιλέχθηκαν με βάση την επίδοσή τους στην στατιστική ανάλυση των μοντέλων CM1, CM2. Έτσι, περιλαμβάνονται οι παράγοντες της αποτελεσματικότητας της διακυβέρνησης, του ρυθμιστικού πλαισίου, των διεθνών εμπορικών συναλλαγών σε ΤΠΕ. Οι κοινωνικοί παράγοντες εξετάζονται μέσα από το θεωρητικό πλαίσιο της ενδογενούς ανάπτυξης και είναι η κοινωνική ανάπτυξη που είχε βρεθεί να έχει ισχυρή επίδραση στο μοντέλο CM1. Επίσης, στο ίδιο θεωρητικό πλαίσιο εξετάζεται ένας οικονομικός παράγοντας που αντιστοιχεί στην μακροοικονομική κατάσταση μιας χώρας. Στο πλαίσιο της θεωρίας των θεσμών εξετάζεται ένας νέος παράγοντας, αυτός της ελευθερίας του τύπου.

Αναλυτικά, οι υποθέσεις για το μοντέλο CM3 παρουσιάζονται στην ενότητα 8.5.3.1.

### 8.5.3.1 Υποθέσεις, παράγοντες και μετρικές τους

Στο πλαίσιο της θεωρίας ενδογενούς ανάπτυξης χρησιμοποιούνται κοινωνικοί, οικονομικοί και τεχνολογικοί παράγοντες. Στους τεχνολογικούς παράγοντες περιλαμβάνεται καταρχήν η τεχνολογία του ανοιχτού λογισμικού, η οποία παραμένει και το βασικό ερώτημα του μοντέλου. Όπως και στο προηγούμενα μοντέλα θεωρείται ότι η αυξημένη χρήση του ανοιχτού λογισμικού από τους πολίτες μιας χώρας, μπορεί να επιδράσει θετικά και ως προς την αντίληψη και ιδεολογία για τον τρόπο χρήσης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και άρα αναμένεται να αποτελεί θετικό παράγοντα για την εξέλιξή της. Η διείσδυση του ανοιχτού λογισμικού αντανακλάται από τη διείσδυση των εγγεγραμμένων χρηστών ανά χώρα στη δικτυακή πύλη SourceForge [442].

**Υπόθεση Y1.** Το ανοιχτό λογισμικό έχει θετική επίδραση στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

Με την ίδια επίσης λογική περιλαμβάνονται και οι παράγοντες ελέγχου για τους ασφαείς διακομιστές και το επίπεδο εκπαίδευσης, σύμφωνα με τα επιχειρήματα που αναπτύχθηκαν για το μοντέλο CM1 και επιβεβαιώθηκαν από την αντίστοιχη ανάλυση παλινδρόμησης. Επίσης χρησιμοποιούνται οι ίδιες μετρικές που χρησιμοποιήθηκαν στα μοντέλα CM1, CM2. Συνεπώς θεωρείται:

**Υπόθεση Y2.** Η χρήση τεχνολογιών που παρέχουν ασφαείς συναλλαγές ασκούν θετική επίδραση στην υιοθέτησή των δημόσιων ηλεκτρονικών υπηρεσιών.

Ομοίως και η κοινωνική ανάπτυξη, βρέθηκε να έχει ισχυρή επίδραση στο μοντέλο CM1. Χρησιμοποιούνται οι ίδιες υποθέσεις και μετρική, όπως αυτά περιγράφονται στην υπόθεση Υ5 στην ενότητα 8.5.1.1. Συνεπώς,

**Υπόθεση Υ3.** *Η κοινωνική ανάπτυξη μιας χώρας αναμένεται να επηρεάσει θετικά την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.*

Επιπλέον εξετάζεται και ένας νέος παράγοντας που αφορά στο μακροοικονομικό περιβάλλον μιας χώρας. Σύμφωνα με τους La Porte et al. [435] ο πλούτος ενός έθνους εξηγεί περίπου το 30% της μεταβολής του αριθμού των δικτυακών τόπων των υπουργείων, ενώ οι Moon et al. [454] χαρακτήρισαν τη μακροοικονομική σταθερότητα ως ένα «προωθητικό» παράγοντα που βρέθηκε να έχει σημαντική σχέση με τον δείκτη Web Presence (WMI) του μοντέλου ανάπτυξης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, των Ηνωμένων Εθνών. Συνεπώς, οι οικονομικές συνθήκες μιας χώρας μπορεί να αποτελούν παράγοντα ανάπτυξης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Στο μοντέλο CM1, εξετάστηκε ο οικονομικός παράγοντας του πληθωρισμού μιας χώρας, χωρίς όμως να έχει κάποια επίδραση στο μοντέλο. Αυτή τη φορά εξετάζεται το μακροοικονομικό περιβάλλον, ως ένα γενικότερο πλαίσιο αποτύπωσης της οικονομικής κατάστασης μιας χώρας.

Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιείται ο Δείκτης Μακροοικονομικού Περιβάλλοντος (Macro-economic Environment Index) όπως αναφέρεται στις Παγκόσμιες Εκθέσεις Ανταγωνιστικότητας (Global Competitiveness Reports) 2003-2012 του World Economic Forum [456]. Ο δείκτης αποτελείται από τρία βασικά συστατικά: τη μακροοικονομική σταθερότητα, το βαθμό πιστοληπτικής ικανότητας θεσμικών επενδυτών και τη δημόσια σπατάλη. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις συνιστώσες του δείκτη μπορούν να βρεθούν στις σχετικές εκθέσεις για την ανταγωνιστικότητα [456].

**Υπόθεση Υ4.** *Το μακροοικονομικό περιβάλλον μιας χώρας επιδρά θετικά στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.*

Η θεωρία εξωγενούς ανάπτυξης χρησιμοποιήθηκε επιτυχώς στο μοντέλο CM2. Συνεπώς περιλαμβάνεται και σε αυτό το μοντέλο με την ίδια μετρική, όπως περιγράφεται στην υπόθεση Υ5 της ενότητας 8.5.2.1.

**Υπόθεση Υ5.** *Οι διεθνείς συναλλαγές αγαθών ΤΠΕ αναμένεται να έχουν θετική επίδραση στη διάδοση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.*

Η θεωρία θεσμών έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για τη μελέτη των παραγόντων που συντελούν στην επιτυχή πορεία της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης [429, 450, 451], αλλά αποδείχθηκε πολύ σημαντική και στα μοντέλα CM1, CM2 [1, 5]. Αυτό είναι αρκετά λογικό, καθώς σε ένα περιβάλλον όπου οι ανάγκες των πολιτών διαρκώς αλλάζουν, τα θεσμικά όργανα θα πρέπει να ανταποκρίνονται σε αυτές τις αλλαγές το ταχύτερο δυνατόν. Στο μοντέλο CM3, περιλαμβάνονται οι δύο παράγοντες που αφορούν στην «αποτελεσματικότητα της κυβέρνησης» και στο «ρυθμιστικό πλαίσιο» μιας χώρας. Και οι δύο παράγοντες βρέθηκαν να έχουν εξαιρετικά σημαντική επίδραση στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Οι σχετικές υποθέσεις και οι αντίστοιχες μετρικές τους χρησιμοποιούνται όπως ακριβώς περιγράφηκαν στις υποθέσεις Υ6, Υ7 της ενότητας 8.5.2.1.

**Υπόθεση Υ6.** *Η αποτελεσματικότητα της κυβέρνησης αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.*

**Υπόθεση Υ7.** *Το ρυθμιστικό πλαίσιο μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.*

Τέλος, υπό το πρίσμα αυτής της θεωρίας, εξετάζεται ο παράγοντας της διαφάνειας και ελευθερίας του τύπου. Η ελευθερία του Τύπου διαδραματίζει βασικό ρόλο στη διατήρηση και την παρακολούθηση μιας υγιούς δημοκρατίας, ενώ περιορισμοί στα μέσα

ενημέρωσης είναι συχνά ένδειξη ότι οι κυβερνήσεις μπορεί να υπονομεύουν και άλλους δημοκρατικούς θεσμούς. Σε πολλές δημοκρατίες ο θεσμός του ελεύθερου και ανεξάρτητου τύπου είναι ένας από τους πιο παραδοσιακούς τρόπους με τον οποίο το κοινό λαμβάνει πληροφορίες σχετικά με την κυβέρνησή του. Οι επιχειρήσεις εξαρτώνται επίσης από αυτές τις πληροφορίες όταν κάνουν επενδύσεις.

Αρκετοί συγγραφείς [392, 457, 458] επισημαίνουν ότι η ελευθερία του Τύπου είναι ζωτικής σημασίας για τη διάδοση των πληροφοριών και ότι η πρόσβαση σε πληροφορίες και νόμους κατέχουν μικρή αξία για τους πολίτες χωρίς ελεύθερα μέσα ενημέρωσης. Οι Relly και Sabharwal [392] στη μελέτη τους διαπίστωσαν ότι οι αντιλήψεις των πολιτών για τη κυβερνητική διαφάνεια επηρεάστηκαν σημαντικά από την ύπαρξη της ελευθερίας του Τύπου. Συνεπώς τα ελεύθερα μέσα ενημέρωσης, ο Τύπος αλλά και η δυνατότητα του πολίτη να συμμετέχει σε πολιτικές διαδικασίες, είναι στοιχεία που ενισχύουν την αντίληψη των πολιτών για τη διαφάνεια και προσθέτουν εμπιστοσύνη προς την κυβέρνηση τους. Την ίδια στιγμή, ένας από τους κύριους στόχους της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης είναι η αυξημένη πρόσβαση στη δημόσια πληροφορία, η ενίσχυση της διαφάνειας και η συμμετοχή των πολιτών στη διαδικασία χάραξης πολιτικής [427]. Για την επίτευξη αυτών των στόχων είναι απαραίτητη η διαφάνεια αλλά και η εμπιστοσύνη του πολίτη προς τους δημοκρατικούς θεσμούς και τη κυβέρνησή του.

Για το λόγο αυτό, θεωρείται ότι η ελευθερία του τύπου είναι ένας σημαντικός θεσμός πάνω στον οποίο μπορεί να οικοδομηθεί μια σχέση εμπιστοσύνης μεταξύ των πολιτών και της κυβέρνησής τους, ενισχύοντας τη συμμετοχή των πολιτών στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση και βοηθώντας στην εξέλιξή της. Ως δείκτης μέτρησης της ελευθερίας του τύπου, χρησιμοποιείται ο δείκτης Freedom of the Press index, που αναπτύχθηκε από τον ερευνητικό οργανισμό Freedom House [459]. Οι χαμηλότερες τιμές δείχνουν μεγαλύτερη ελευθερία του Τύπου.

**Υπόθεση Y8.** *Ο θεσμός της ελευθερίας του τύπου μπορεί να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα για την εξέλιξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.*

*Η αντίστροφη σχέση*, δηλαδή η επίδραση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης στο ανοιχτό λογισμικό στηρίζεται επίσης σε συγκεκριμένες υποθέσεις. Εκτός από την ηλεκτρονική διακυβέρνηση, θεωρούνται και δύο μεταβλητές ελέγχου (control variables) η επιλογή των οποίων βασίζεται στην τεχνολογική διάσταση του ανοιχτού λογισμικού.

Πιο συγκεκριμένα το ανοιχτό λογισμικό αποτελεί μια προηγμένη τεχνολογική καινοτομία, με πλεονεκτήματα, όπως μείωση κόστους και ποιοτική ανωτερότητα που προκαλούν μεγάλη αποδοχή και διάδοση σε επιχειρήσεις και οργανισμούς. Όπως περιγράφηκε στις ενότητες 8.2 και 8.3, το ανοιχτό λογισμικό γνωρίζει μεγάλη διάδοση στο δημόσιο τομέα, όπου πολλές κυβερνήσεις υιοθετούν πολιτικές ή ακόμη νομοθετούν υπέρ του. Συνεπώς, εκτιμάται ότι η χρησιμοποίησή του στο τομέα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, όπου υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη και εξελιγμένες τεχνολογίες, θα είναι επίσης μεγάλης κλίμακας.

Επιπλέον το ανοιχτό λογισμικό κατέχει ιδεολογίες και τεχνικές που ευθυγραμμίζονται με τους στόχους και τις αρχές της ανοιχτής διακυβέρνησης. Το ερώτημα που δημιουργείται είναι αν θα μπορούσε η εξάπλωση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης να έχει επίδραση και στην εξάπλωση του ανοιχτού λογισμικού. Δηλαδή, αν μέσω της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, οι χρήστες εξοικειώνονται περισσότερο με τις τεχνολογίες ανοιχτού λογισμικού, προκαλώντας έτσι τη μεγαλύτερη εξάπλωσή τους.

**Υπόθεση Y9.** *Ανάμεσα στο ανοιχτό λογισμικό και την ηλεκτρονική διακυβέρνηση υπάρχει σχέση αλληλεπίδρασης.*

Λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του ανοιχτού λογισμικού, ως προηγμένη τεχνολογική καινοτομία, υποθέτουμε δύο επιπλέον παράγοντες (εκτός της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης), όπου θα μπορούσαν να έχουν ουσιαστική επίδραση.

Αφενός οι τηλεπικοινωνιακές υποδομές είναι η βασική προϋπόθεση για τη δημιουργία και τη συντήρηση μιας κοινότητας ανοιχτού λογισμικού, όπου εφαρμόζεται απομακρυσμένη και συνεργατική μέθοδος ανάπτυξης λογισμικού. Έτσι, η ανεπαρκής υποδομή των τηλεπικοινωνιών θα είναι ένας ανασταλτικός παράγοντας για την εξάπλωσή του. Φυσικά, δεδομένου ότι υπάρχουν οι υποδομές αυτές, είναι επίσης σημαντικό το να υιοθετούνται. Συνεπώς θεωρείται πως όσο μεγαλύτερος ο βαθμός υιοθέτησης των τηλεπικοινωνιακών υποδομών, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η συμμετοχή στις κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ και τόσο μεγαλύτερη θα είναι η απήχηση των προγραμμάτων και εφαρμογών ανοιχτού λογισμικού.

Ως μετρική αυτού του παράγοντα χρησιμοποιείται ο δείκτης του οργανισμού World Bank [310], που εκφράζει τον «αριθμό των συνδρομητών ευρυζωνικών συνδέσεων με μια ψηφιακή συνδρομητική γραμμή, καλώδιο μόντεμ, ή άλλη υψηλής ταχύτητας τεχνολογία».

**Υπόθεση Y10.** *Οι υποδομές τηλεπικοινωνιών είναι απαραίτητες για την εξάπλωση του ανοιχτού λογισμικού.*

Αφετέρου, το ανοιχτό λογισμικό είναι μια καινοτόμος τεχνολογία και ως εκ τούτου οι χώρες με τα υψηλότερα επίπεδα καινοτομίας είναι πιο πιθανό να έχουν περισσότερους πολίτες που χρησιμοποιούν, υποστηρίζουν και συντηρούν προγράμματα ανοιχτού λογισμικού. Δηλαδή, η αυξημένη ικανότητα καινοτομίας είναι ένας θετικός παράγοντας για τη διάδοση του ανοιχτού λογισμικού.

Ως μέτρο της καινοτομίας μιας χώρας χρησιμοποιείται ο δείκτης «πληρωμές και εισπράξεις για πνευματικά δικαιώματα και άδειες χρήσης» (royalty and license fees payments and receipts) που παρέχεται από την World Bank [310]. Ο δείκτης μετρά πληρωμές και εισπράξεις μεταξύ κατοίκων και μη κατοίκων για την εξουσιοδοτημένη χρήση άυλων, μη παραγόμενων, μη χρηματοοικονομικών περιουσιακών στοιχείων και δικαιωμάτων ιδιοκτησίας (όπως διπλώματα ευρεσιτεχνίας, δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας, κλπ.) και για τη χρήση, μέσω συμφωνιών αδειών εκμετάλλευσης, παραχθέντων πρωτοτύπων. Ο δείκτης αντικατοπτρίζει την ποσότητα των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, πνευματικών δικαιωμάτων, εμπορικών σημάτων, κ.λπ., τα οποία μπορεί να θεωρηθούν ως ένδειξη των καινοτομιών που παράγονται σε μια χώρα.

**Υπόθεση Y11.** *Η καινοτομική ικανότητα μιας χώρας επιδρά θετικά στην εξάπλωση του ανοιχτού λογισμικού.*

### 8.5.3.2 Μεθοδολογία

Σε σύγκριση με τα προηγούμενα δύο μοντέλα, το μοντέλο CM3 εξετάζει την αμφίδρομη σχέση του ανοιχτού λογισμικού και της ανοιχτής διακυβέρνησης. Για το σκοπό αυτό είναι απαραίτητη η χρήση δύο ταυτόχρονων οικονομετρικών εξισώσεων (Simultaneous Equations Modeling) σύμφωνα με την (8-5). Το νέο οικονομετρικό μοντέλο ορίζεται ως:

$$eGov_{it} = a + b_1 Sserv_{it} + b_2 HDI_{it} + b_3 MI_{it} + b_4 Gov\_effect_{it} + b_5 ICTtrade_{it} + b_6 Fpress_{it} + b_7 Regul_{it} + b_8 OSS_{it} + b_9 OECDi + v_{it} \quad (8-6)$$

$$OSS_{it} = c_0 + c_1 Innov_{it} + c_2 Bband_{it} + c_3 eGov_{it} + \mu_{it}$$

Όπως και στα δύο προηγούμενα μοντέλα, χρησιμοποιείται πίνακας διαστρωματικών δεδομένων με χρονολογική σειρά (panel data) αποτελούμενος από  $i=30$  χώρες για  $t=5$  έτη. Η αντιστοίχιση των ονομάτων των μεταβλητών, οι μετρικές και πηγές τους

απεικονίζονται στον Πίνακα 8-6. Τα  $v_{it}, \mu_{it}$  αποτελούν τα ιδιοσυγκρασιακά σφάλματα της κάθε εξίσωσης. Στη περίπτωση των ταυτόχρονων οικονομετρικών εξισώσεων, το σφάλμα ατομικής επίδρασης  $u_i$ , δεν έχει μεγάλη σημασία, καθώς έχουμε ήδη τουλάχιστον μία ενδογενή μεταβλητή για τη κάθε εξίσωση. Συνεπώς δε χρειάζεται η εξέταση του κατά πόσο το ατομικό σφάλμα είναι συσχετισμένο με κάποια από τις μεταβλητές, δηλαδή αν το μοντέλο είναι τύπου fixed ή random effects. Όπως σε κάθε οικονομετρική εξίσωση, οι συντελεστές  $a$  και  $c_0$  αντιστοιχούν στο σημείο τομής της κάθε εξίσωσης και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της πρόβλεψης των τιμών της  $eGov_{it}$  και  $OSS_{it}$  αντίστοιχα. Τέλος, οι συντελεστές  $b_j$  ( $j = 1$  ως  $9$ ) και  $c_j$  ( $j = 1$  ως  $3$ ) αντανakλούν τη σχετική επίδραση καθενός από τους παράγοντες με την εξαρτημένη μεταβλητή.

**Πίνακας 8-6. Μοντέλο CM3: Μεταβλητές, μετρικές και πηγές τους**

Μεταβλητές	Παράγοντες	Μετρικές	Πηγές
<i>eGov</i>	Ωριμότητα ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Ορίζεται ως ο σταθμικός μέσος των δεικτών μέτρησης του δικτύου (Web Measure Index – WMI) και ηλεκτρονικής συμμετοχής του πολίτη (e-Participation Index).	Εκφράζεται σε τιμές μεταξύ 0 και 1.	United Nations eGovernment data center [453]
<i>Παράγοντες ενδογενούς ανάπτυξης- <math>X_{it}^{endog}</math></i>			
<i>OSS</i>	Διείσδυση ανοιχτού λογισμικού.	Φυσικός λογάριθμος	University of Notre Dame [309]
<i>Sserv</i>	Secure Servers	Φυσικός λογάριθμος	World Bank Indicators [310]
<i>HDI</i>	Δείκτης κοινωνικής ανάπτυξης (Human development Index)	Εκφράζεται σε τιμές μεταξύ 0 και 1.	United Nations [311]
<i>MI</i>	Δείκτης μακροοικονομικού περιβάλλοντος. Υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε καλύτερο περιβάλλον.	Εκφράζεται στη κλίμακα 1 έως 7.	World Economic Forum [456]
<i>Παράγοντες εξωγενούς ανάπτυξης- <math>X_{it}^{ex}</math></i>			
<i>ICTtrade</i>	Εμπόριο ΤΠΕ- Μέσος όρος εισαγωγών και εξαγωγών αγαθών ΤΠΕ, ανά ΑΕΠ.	Ανά ΑΕΠ.	World Bank Indicators [310]
<i>Παράγοντες θεσμικοί- <math>X_{it}^{inst}</math></i>			
<i>Gov_eff</i>	Δείκτης αποτελεσματικότητας της διακυβέρνησης. Υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε υψηλότερη αποτελεσματικότητα.	Εκφράζεται σε τιμές μεταξύ -2,5 και 2,5.	Worldwide Governance Indicators [303]
<i>Regul</i>	Δείκτης «Ρυθμιστικό πλαίσιο» (regulation). Υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε λιγότερους περιορισμούς.	Εκφράζεται σε τιμές μεταξύ 0 και 10.	Economic Freedom Network [305]
<i>Fpress</i>	Δείκτης ελευθερίας του τύπου. Υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε λιγότερη ελευθερία.	Εκφράζεται σε τιμές μεταξύ 0 και 100.	Freedom House [459]
<i>Ποιοτική μεταβλητή - <math>\theta_{it}</math></i>			
<i>OECD<sub>i</sub></i>	Δίτιμη μεταβλητή. Παίρνει τη τιμή 1 αν είναι μέλος του ΟΟΣΑ, 0 διαφορετικά	0 ή 1	ΟΟΣΑ [294]
<i>2<sup>η</sup> εξίσωση- Παράγοντες επίδρασης ΕΛ/ΛΑΚ- <math>Y_{it}</math></i>			
<i>Innov</i>	Καινοτομία- Πληρωμές και εισπράξεις πνευματικών δικαιωμάτων και αδειών (σε δολάρια Ην. Πολιτειών)	Φυσικός λογάριθμος	World Bank Indicators [310]

Στην (8-6) υποθέτουμε ότι οι μεταβλητές  $eGon_{it}$ ,  $OSS_{it}$  καθορίζονται από κοινού, δηλαδή έχουν επίδραση η καθεμιά στην άλλη. Σε αυτή τη περίπτωση οι μεταβλητές είναι ενδογενείς, δηλαδή συσχετισμένες με το σφάλμα της εξίσωσης  $v_{it}$  και  $\mu_{it}$  αντιστοίχως και η χρήση της κλασσικής μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων δεν δίνει αμερόληπτες εκτιμήσεις. Η λύση στην αντιμετώπιση του προβλήματος της ενδογένειας είναι η χρησιμοποίηση της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων δύο σταδίων (Two Stage Least Squares - 2SLS). Η μέθοδος περιγράφεται αναλυτικά στην ενότητα 4.7.6.1. Όπως αναφέρεται στην ενότητα 4.7.6, για την εφαρμογή της μεθόδου 2SLS είναι απαραίτητη η εύρεση κατάλληλων Βοηθητικών Μεταβλητών (Instrumental Variables – IV), οι οποίες χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ενδογενούς μεταβλητής.

Πριν την εφαρμογή της μεθόδου εφαρμόζονται οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι της ενότητας 4.7.4. για τον προσδιορισμό της εξίσωσης και για επαρκείς και αμερόληπτες εκτιμήσεις. Για την υλοποίηση των ελέγχων, η μελέτη χρησιμοποίησε το στατιστικό πακέτο STATA. Αρχικά, ελέγχεται η πιθανότητα να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών της πρώτης εξίσωσης. Σύμφωνα με τον Kennedy [166] υψηλές θεωρούνται οι συσχετίσεις πάνω από 80%. Σε αυτή τη περίπτωση, οι δύο μεταβλητές δε μπορεί να θεωρηθούν ανεξάρτητες. Ο Πίνακας 8-7 επιβεβαιώνει ότι όλες οι μεταβλητές της (8-6) είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, καθώς όλες οι συσχετίσεις είναι λιγότερο από 70%.

Πίνακας 8-7. Πίνακας συσχετίσεων μεταβλητών της (8.6)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
OSS	1										
Sserv	2	0,57***	1								
HDI	3	0,26***	0,57***	1							
MI	4	0,19**	0,48***	0,48***	1						
ICTtrade	5	0,21***	0,26***	0,10	0,22***	1					
Regul	6	0,19***	0,63***	0,56***	0,59***	0,06	1				
Fpress	7	-0,40***	-0,46***	-0,56***	-0,22**	0,13	-0,58***	1			
Gov_eff	8	0,28***	0,63***	0,68***	0,61***	0,18**	0,73***	-0,74***	1		
Innov	9	0,74***	0,68***	0,42***	0,37***	0,44***	0,31***	-0,30***	0,40***	1	
Bband	10	0,72***	0,60***	0,37***	0,36***	0,46***	0,18**	-0,16**	0,27***	0,65***	1

**Σημ.** Τα επίπεδα σημαντικότητας σημειώνονται ως: \*= $p < 0,1$ , \*\*= $p < 0,05$ , \*\*\*= $p < 0,01$

Επίσης ελέγχεται κατά πόσο η μεταβλητή  $OSS_{it}$  είναι πράγματι ενδογενής στην πρώτη εξίσωση της (8-6). Μια μεταβλητή είναι ενδογενής όταν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτισή της με το σφάλμα της εξίσωσης  $\varepsilon_{it}$ . Πράγματι, το Durbin-Wu-Hausman (DWH) τεστ (προτάθηκε από τον Durbin [168] και αργότερα από τους Wu [169] και Hausman [167]), έδειξε στοιχεία ενδογένειας για τη μεταβλητή  $OSS_{it}$  ( $\chi^2(1) = 9,64$ ,  $\rho = 0,001$ , κάτω από την μηδενική υπόθεση ότι η  $OSS_{it}$  είναι εξωγενής). Συνεπώς έχει νόημα να θεωρείται το σύστημα εξισώσεων (8-6).

Επίσης τα δεδομένα panel, συχνά παρουσιάζουν συσχετίσεις μεταξύ τους μέσα στο χρόνο ή/και μέσα στο τμήμα του panel, ή/και ανάμεσα στα τμήματα του panel, παραβιάζοντας τις απαραίτητες συνθήκες που πρέπει να ισχύουν για την ύπαρξη αποτελεσματικών και συνεπών εκτιμήσεων. Τέτοιου είδους συσχετίσεις οδηγούν σε μη συνεπείς και αποτελεσματικές εκτιμήσεις, όπως αναφέρεται αναλυτικά στις ενότητες 4.7.2.1 και 4.7.3.

Για το λόγο αυτό εφαρμόζονται δύο έλεγχοι για την εκτίμηση της αυτοσυσχέτισης και ετεροσκεδαστικότητας για τις 30 ομάδες χωρών. Το σχετικό Wooldridge τεστ [174] απέρριψε τη μηδενική υπόθεση της μη ύπαρξης αυτοσυσχέτισης πρώτης τάξης με  $F(1, 28) = 10,406$ ,  $p < 0,01$ . Συνεπώς, υπάρχει χρονική αυτοσυσχέτιση στα ιδιοσυγκρασιακά σφάλματα. Αντίθετα, το στατιστικό τεστ των Pagan και Hall [185] για ετεροσκεδαστικότητα (σε περίπτωση 2SLS), έδειξε ότι τα σφάλματα δε παρουσιάζουν ετεροσκεδαστικότητα ( $\chi^2(10) = 4,924$ ,  $p = 0,89$ ), υπό την μηδενική υπόθεση της ομοσκεδαστικότητας.

Σύμφωνα με τον Wooldridge [174], η σύγχρονη προσέγγιση στο σύστημα βοηθητικών μεταβλητών (IV) όπου υπάρχει το πρόβλημα της αυτοσυσχέτισης ή/και της ετεροσκεδαστικότητας είναι η χρήση της Γενικευμένης Μεθόδου των Ροπών (Generalized Method of Moments- GMM). Η μέθοδος εφαρμόζεται στη περίπτωση υπερταυτοποίησης του μοντέλου και βασίζεται στη βελτιστοποίηση ενός συμμετρικού πίνακα στάθμισης, όπως περιγράφεται αναλυτικότερα στην ενότητα 4.7.7. Σε αυτή τη περίπτωση η εκτιμήτρια IV-GMM επιτρέπει την ύπαρξη αυθαίρετης ετεροσκεδαστικότητας και αυτοσυσχέτισης των σφαλμάτων και συνεπώς είναι πιο αποτελεσματική από την απλή IV-2SLS με εύρωστα τυπικά σφάλματα (robust standard errors), αφού αποδίδει μικρότερα τυπικά σφάλματα [188]. Οι Hansen [181] και White [187] εξήγαγαν τις ασυμπτωτικές ιδιότητες της εκτιμήτριας GMM, συμπεραίνοντας πως η μέθοδος των ροπών μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλά είδη οικονομετρικών μοντέλων. Για παράδειγμα αποτελεί μια καλή εναλλακτική λύση των fixed ή random effects IV εκτιμητριών, καθώς υποθέτει ότι οι συσχετισμοί μέσα στις ομάδες του panel είναι σταθεροί. Συνεπώς, για τη περίπτωση του μοντέλου (8-6) η βέλτιστη επιλογή είναι η γενικευμένη μέθοδος των ροπών (IV -GMM εκτιμήτρια) που λαμβάνει υπόψη αυτοσυσχέτιση (AC) στα τυπικά σφάλματα.

Τα αποτελέσματα της μεθόδου είναι έγκυρα, με την προϋπόθεση ότι οι επιλεγμένες βοηθητικές μεταβλητές είναι επίσης έγκυρες. Στην ενότητα 4.7.6 αναφέρονται όλα τα κριτήρια εγκυρότητας. Πιο συγκεκριμένα, οι IV θα πρέπει να είναι: (i) ασυσχέτιστες με το ιδιοσυγκρασιακό σφάλμα  $v_{it}$ , (ii) ασυσχέτιστες με τις εξωγενείς μεταβλητές της πρώτης εξίσωσης (iii) συσχετισμένες με την ενδογενή μεταβλητή  $OSS_{it}$ . Ο πίνακας συσχετίσεων των μεταβλητών της (8-6) δείχνει ότι οι μεταβλητές  $Bband_{it}$ ,  $Innov_{it}$  θα μπορούσαν να ικανοποιούν τα (ii) και (iii), και έτσι να επιλεγούν ως υποψήφιος IV.

Επίσης, εκτός από τις (i)- (iii) οι IV θα πρέπει να ταυτοποιούν την εξίσωση (8-6), δηλαδή να προσδιορίζουν την ενδογενή μεταβλητή. Για να ταυτοποιείται η οικονομετρική εξίσωση θα πρέπει ο αριθμός των IV ( $=r$ ) να είναι μεγαλύτερος ή ίσος των ενδογενών μεταβλητών ( $=k$ ). Στην περίπτωση που  $r > k$ , τότε ικανοποιούν τους περιορισμούς υπερταυτοποίησης (overidentification restrictions). Επίσης, θα πρέπει να είναι επαρκείς για τον προσδιορισμό της ενδογενούς μεταβλητής, δηλαδή να μην είναι ασθενείς (weak instruments). Για τον έλεγχο αυτών των συνθηκών, έχουν δημιουργηθεί κατάλληλοι στατιστικοί έλεγχοι, ως εξής.

Χρησιμοποιώντας τις δύο IV  $bband_{it}$  και  $innov_{it}$  έχουμε  $r=2 > k=1$ . Για να δούμε αν οι δύο μεταβλητές πράγματι ικανοποιούν τους περιορισμούς υπερταυτοποίησης, χρησιμοποιείται το τεστ Sargan-Hansen [180, 181]. Το τεστ ελέγχει την μηδενική υπόθεση ότι οι IV είναι ασυσχέτιστες με τον όρο σφάλματος και ότι ορθώς έχουν χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ενδογενούς μεταβλητής. Η στατιστική είναι συνεπής για ομοσκεδαστικά και αυτοσυσχετιζόμενα σφάλματα, όπως είναι η παρούσα περίπτωση. Τα αποτελέσματα της στατιστικής Sargan δείχνουν σαφή αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης, με  $\chi^2(1) = 0,54$ ,  $p = 0,46$ . Συνεπώς μπορούμε να πούμε πως οι IV πληρούν τη προϋπόθεση (i) και τους περιορισμούς υπερταυτοποίησης.

Για τον έλεγχο ταυτοποίησης της εξίσωσης χρησιμοποιείται το Kleibergen-Paap [184] rk τεστ. Για τη περίπτωση ετεροσκεδαστικότητας ή/και αυτοσυσχέτισης των σφαλμάτων χρησιμοποιούνται οι τροποποιημένες εκδόσεις της Kleibergen-Paap rk, LM και Wald. Η στατιστικές αυτές ελέγχουν αν οι βοηθητικές μεταβλητές είναι σχετικές, δηλαδή εάν είναι συσχετισμένες με την ενδογενή μεταβλητή (συνθήκη (iii)). Απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης σημαίνει ότι ο πίνακας των βοηθητικών μεταβλητών είναι πλήρους τάξης, δηλαδή η εξίσωση ταυτοποιείται. Το αποτέλεσμα της αντίστοιχης στατιστικής για την (8-6) απορρίπτει τη μηδενική υπόθεση, δηλαδή δείχνει ότι το μοντέλο προσδιορίζεται (η Kleibergen-Paap rk LM στατιστική είναι  $\chi^2(2) = 58,43$ ,  $p = 0$ , ενώ η Kleibergen-Paap rk Wald στατιστική είναι  $\chi^2(2) = 100,8$ ,  $p = 0$ ).

Η επόμενη στατιστική ελέγχει το βαθμό συσχέτισης των IV με τις ενδογενείς μεταβλητές. Εάν η συσχέτιση είναι ασθενής, τότε οι εκτιμήτριες δεν είναι επαρκείς και θα πρέπει να αναζητηθούν άλλες IV. Ο έλεγχος για ασθενείς IV με (μη ανεξάρτητα και ταυτόσημα καταμεμημένα σφάλματα) γίνεται με τη Kleibergen-Paap Wald rk F στατιστική. Ένας πρόχειρος κανόνας είναι η F-στατιστική να είναι τουλάχιστον 10 για να θεωρηθεί αρκετά ισχυρή συσχέτιση [170]. Η αντίστοιχη F-στατιστική για την (8-6) είναι  $F(2, 129) = 46,77$ ,  $p = 0$ , υποδεικνύοντας πως δεν υπάρχει πρόβλημα ασθενούς συσχέτισης.

Τέλος, η στατιστική Anderson και Rubin [312] ελέγχει τη στατιστική σημαντικότητα των ενδογενών μεταβλητών, με μηδενική υπόθεση ότι οι συντελεστές των ενδογενών μεταβλητών στη δομική εξίσωση είναι από κοινού ίσοι με μηδέν. Το τεστ είναι εύρωστο (robust) σε ετεροσκεδαστικά και αυτοσυσχετισμένα σφάλματα, αλλά και σε ασθενή ταυτοποίηση, καθώς η ισχύς του τεστ μειώνεται παράλληλα με το βαθμό συσχέτισης των βοηθητικών μεταβλητών με τις ενδογενείς μεταβλητές. Το αποτέλεσμα για την (8-6)  $F(2, 129) = 5,5$ ,  $p < 0,01$  απορρίπτει τη μηδενική υπόθεση, επιβεβαιώνοντας τη σημαντικότητα της ενδογενούς  $OSS_{it}$ .

Από τις ανωτέρω δοκιμές προκύπτει ότι οι  $bband_{it}$  και  $innov_{it}$  είναι έγκυρες IV.

### 8.5.3.3 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης με IV - GMM φαίνονται στον Πίνακα 8-8. Όπως προκύπτει από τον πίνακα το ανοιχτό λογισμικό και σε αυτό το μοντέλο, έχει θετική επίδραση στην ωριμότητα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Δηλαδή, παρόλο που το μοντέλο μεταβλήθηκε για τρίτη φορά, το ανοιχτό λογισμικό παραμένει σημαντικός παράγοντας ανάπτυξης για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση (συντελεστής 0,048,  $p < 0,05$ ). Αντίθετα, η αμφίδρομη επίδραση δε μπόρεσε να αποδειχθεί. Δηλαδή, παρόλο που το ανοιχτό λογισμικό ασκεί θετική επίδραση στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, οι δύο τεχνολογίες δεν καθορίζονται από κοινού. Έτσι το ανοιχτό λογισμικό δε φαίνεται να επηρεάζεται από την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Αυτό είναι αρκετά λογικό, καθώς το ανοιχτό λογισμικό έχει αρκετά χρόνια παρουσίας και συνεπώς είναι σε πιο ώριμη φάση σε σχέση με την ηλεκτρονική διακυβέρνηση. Ακόμη και αν υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ τους, αυτό δε θα μπορεί παρά να φανεί σε κάποιο βάθος χρόνου, όπου και οι δύο τεχνολογίες θα έχουν ωριμάσει περισσότερο. Η υπόθεση αυτή ενισχύεται από το γεγονός ότι η στατιστική ανάλυση απέρριψε οριακά την υπόθεση ( $z = 1,58$  είναι πολύ κοντά στο  $z = 1,7$  που είναι αποδεκτό στο  $p < 0,1$ ) που σημαίνει ότι ασυμπτωτικά η τιμή αυτή μπορεί να μεταβληθεί. Προς το παρόν βέβαια, η απάντηση παραμένει πως η σχέση των δύο τεχνολογιών είναι προς τη μια κατεύθυνση μόνο.

Το ανοιχτό λογισμικό φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από την διείσδυση των τηλεπικοινωνιών και την καινοτομική ικανότητα μιας χώρας. Συνεπώς, οι προηγμένες τεχνολογικά χώρες θα έχουν μεγαλύτερη διείσδυση σε ανοιχτό λογισμικό.



**Πίνακας 8-8. Αποτελέσματα παλινδρόμησης IV – GMM. Μοντέλο CM3**

1η εξίσωση:				2η εξίσωση:			
Εξαρτημένη μεταβλητή: eGov				Εξαρτημένη μεταβλητή: OSS			
Πλήθος παρατηρήσεων: 139				Πλήθος παρατηρήσεων: 139			
Centered R <sup>2</sup> =0,68				Centered R <sup>2</sup> =0,58			
Uncentered R <sup>2</sup> =0,98				Uncentered R <sup>2</sup> =0,98			
F(9, 129)= 31,34***				F(3, 135)= 47,09***			
Μεταβλητές	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	z	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	z	
Sserv	0,078	0,045	1,74*				
HDI	0,415	0,186	2,23**				
MI	0,001	0,001	0,85				
ICTtrade	0,004	0,001	3,58***				
Gov_effect	0,036	0,019	1,95*				
Fpress	-0,094	0,027	-3,47***				
Regul	0,092	0,024	3,85***				
OECD	0,033	0,015	2,23**				
OSS	0,048	0,019	2,49**				
cons	-0,003	0,012	-0,26				
Bband				0,260	0,081	3,22***	
Innov				0,435	0,111	3,93***	
eGov				0,333	0,210	1,58	

**Σημ.** Τα επίπεδα σημαντικότητας σημειώνονται ως: \*= $p<0,1$ , \*\*= $p<0,05$ , \*\*\*= $p<0,01$ .

Ένα άλλο σημαντικό εύρημα είναι η διαφορά στην ωριμότητα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης μεταξύ των αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών. Ο στατιστικά σημαντικός ( $z=2,23$ ,  $p<0,05$ ) συντελεστής (0,033) δείχνει ότι η αναμενόμενη αύξηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι περίπου 3,3% λιγότερο από ό, τι στις ανεπτυγμένες χώρες. Το αποτέλεσμα έρχεται σε συμφωνία με το πρόβλημα του ψηφιακού χάσματος μεταξύ των αναπτυγμένων και των αναπτυσσόμενων χωρών και στον τομέα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

Όπως και στο μοντέλο CM1 με τον πληθωρισμό, για άλλη μια φορά οι οικονομικές συνθήκες, όπως αυτές αντικατοπτρίζονται από τον μακροοικονομικό δείκτη του World Economic Forum [456], δε φαίνεται να έχουν καμιά επίδραση στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Το αποτέλεσμα συμφωνεί και με τους Singh et al. [431], όπου διαπίστωσαν ότι το κατά κεφαλήν ΑΕΠ συνδέεται μόνο έμμεσα με την ωριμότητα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, με την προηγμένη τεχνολογική υποδομή σαν ενδιάμεσο παράγοντα.

Αντίθετα, ο θεσμικός παράγοντας που αφορά στην ελευθερία του Τύπου φέρεται να επηρεάζει πολύ σημαντικά την ωριμότητα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης (συντελεστής 0,094,  $p<0,01$ ). Αυτό ήταν ένα αναμενόμενο αποτέλεσμα, καθώς η ελευθερία του Τύπου ενισχύει την αντίληψη των πολιτών για τη δημοκρατία και την ενεργή συμμετοχή τους σε διαδικασίες, κάτι που οι κυβερνήσεις θα πρέπει να στοχεύουν προκειμένου να επιτευχθεί υψηλότερη συμμετοχή (e-participation). Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι το αρνητικό πρόσημο του συντελεστή οφείλεται στην κλίμακα του δείκτη, δηλαδή μικρότερη τιμή του, αντιστοιχεί σε υψηλότερο βαθμό ελευθερίας του Τύπου.

Οι υπόλοιπες μεταβλητές έρχονται σε συμφωνία με τα μοντέλα CM1, CM2, όπου χρησιμοποιήθηκαν, με πρώτη και πάλι την κοινωνική ανάπτυξη (συντελεστής 0,41,  $p<0,01$ ). Ακολουθούν οι θεσμικοί παράγοντες ελευθερίας του τύπου και ρυθμιστικού πλαισίου, οι τεχνολογικοί (ανοιχτό λογισμικό και secure servers), ο θεσμικός παράγοντας της αποτελεσματικότητας της διακυβέρνησης και τέλος οι διεθνείς συναλλαγές σε ΤΠΕ.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έχουν γίνει αποδεκτά προς δημοσίευση (με διορθώσεις) από το επιστημονικό περιοδικό Information Technology and People.

#### **8.5.4 Σύγκριση μοντέλων και τελικά συμπεράσματα**

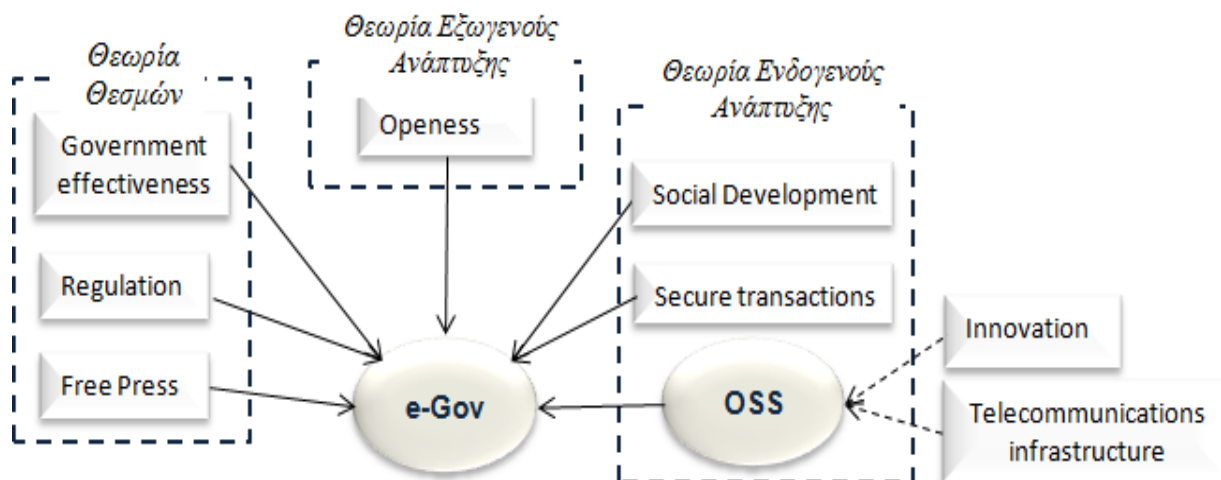
Η σχέση ανοιχτού λογισμικού και ηλεκτρονικής διακυβέρνησης δοκιμάστηκε σε τρία διαφορετικά εννοιολογικά μοντέλα, και μέσα από το πρίσμα των κοινωνικο-οικονομικών θεωριών της θεωρίας θεσμών, ανθρώπινου κεφαλαίου και τις θεωρίες εξωγενούς και ενδογενούς ανάπτυξης. Το αποτέλεσμα παρέμεινε θετικό και στα τρία μοντέλα. Συνεπώς, η επίδραση του ανοιχτού λογισμικού αποτελεί σταθερά έναν κρίσιμο παράγοντα για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση.

Πράγματι, το ανοιχτό λογισμικό αποτελεί μια αναδυόμενη τάση στο δημόσιο τομέα και ειδικότερα στο χώρο της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, όπου υπάρχει αυξημένη ανάγκη για καινοτομία και μεταρρύθμιση του δύσκαμπτου και γραφειοκρατικού δημόσιου οργανισμού. Το ανοιχτό λογισμικό συνδυάζει τεχνολογική καινοτομία, ποιοτικά χαρακτηριστικά, αλλά και σημαντική μείωση στο κόστος. Εκτός όμως από ένα προηγμένο τεχνολογικά εργαλείο, το ανοιχτό λογισμικό εμπεριέχει έννοιες και αξίες κοινές με αυτές της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, όπως η συνεργατικότητα, η συμμετοχή των πολιτών και η διαφάνεια. Αξίες που αποτυπώνονται στο τέταρτο και πιο ώριμο στάδιο της ανάπτυξης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Αυτές οι αξίες επιδρούν θετικά τόσο από τη πλευρά της ζήτησης όσο και την πλευρά της προσφοράς των εφαρμογών ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Δηλαδή από τη πλευρά των πολιτών, οι οποίοι καλούνται να συμμετάσχουν και να αποδεχθούν τις ηλεκτρονικές υπηρεσίες και από την πλευρά των κυβερνήσεων, οι οποίες καλούνται προς περισσότερη διαφάνεια, δημοκρατία και λήψη αποφάσεων από κοινού με τους πολίτες. Το μοντέλο ανάπτυξης ανοιχτού κώδικα έχει αποδείξει πώς μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της διοίκησης προς τις αρχές της συνεργατικότητας και της διευρυμένης συμμετοχής. Συνεπώς η υιοθέτησή του από τις κυβερνήσεις μπορεί να προκαλέσει αυξημένη συμμετοχή των πολιτών. Αντίστροφα και η αυξημένη υιοθέτηση του από τους πολίτες, διευρύνει την αντίληψη και τρόπο σκέψης των πολιτών ως προς τη συμμετοχή και τη διαφάνεια.

Από την άλλη πλευρά, η από κοινού επίδραση μεταξύ ανοιχτού λογισμικού και ηλεκτρονικής διακυβέρνησης δεν αποδεικνύεται. Το αποτέλεσμα μπορεί να οφείλεται είτε στο ότι πράγματι δεν υπάρχει μια αμφίδρομη σχέση, είτε στο γεγονός ότι το ανοιχτό λογισμικό έχει αρκετά χρόνια παρουσίας και συνεπώς βρίσκεται σε υψηλότερο επίπεδο ωριμότητας συγκριτικά με την ηλεκτρονική διακυβέρνηση. Ακόμη και αν υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ τους, αυτό δε θα μπορεί παρά να φανεί σε κάποιο βάθος χρόνου, όπου και οι δύο τεχνολογίες θα έχουν ωριμάσει περισσότερο. Προς το παρόν βέβαια, η απάντηση παραμένει πως η σχέση των δύο τεχνολογιών είναι προς τη μια κατεύθυνση μόνο.

Στο πρώτο μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν οι θεωρίες θεσμών, ανθρώπινου κεφαλαίου και ενδογενούς ανάπτυξης. Η θεωρία της ενδογενούς ανάπτυξης όμως έχει τη δυνατότητα κάλυψης και κοινωνικών παραγόντων, συνεπώς η θεωρία ανθρώπινου κεφαλαίου αντικαταστάθηκε στα επόμενα μοντέλα από τη θεωρία ενδογενούς ανάπτυξης. Επίσης, στο μοντέλο CM2 χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά η θεωρία της εξωγενούς ανάπτυξης, όπου ο αντίστοιχος παράγοντας των διεθνών συναλλαγών και εμπορίου ΤΠΕ παρουσίασε σημαντική επίδραση στο μοντέλο. Στο πλαίσιο αυτό, θεωρείται ότι μια χώρα με αυξημένες συναλλαγές σε ΤΠΕ, θα δέχεται περισσότερες επιρροές σε νέες τεχνολογίες και συνεπώς και σε ηλεκτρονικές υπηρεσίες διακυβέρνησης, χρησιμοποιώντας το εμπόριο ΤΠΕ ως κανάλι για την επίτευξη της εν λόγω διάχυσης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται και στο μοντέλο CM3.

Το τελικό μοντέλο στηρίζεται σε τρεις κοινωνικοοικονομικές θεωρίες, τη θεωρία θεσμών και τις θεωρίες εξωγενούς και ενδογενούς ανάπτυξης. Μέσα από το πρίσμα αυτών των θεωριών προκύπτουν επιτυχώς μια σειρά από σημαντικούς παράγοντες που διαμορφώνουν την πορεία της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Το τελικό μοντέλο αποτυπώνεται στο Σχήμα 8-8.



Σχήμα 8-8. Εννοιολογικό μοντέλο σχέσης ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και ΕΛ/ΛΑΚ.

Από τη στατιστική ανάλυση των προηγούμενων ενοτήτων προκύπτουν επίσης οι παράγοντες που καθορίζουν την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, ενώ επίσης αναδύονται και βασικοί παράγοντες που επιδρούν στη διεύθυνση του ανοιχτού λογισμικού.

Όπως φαίνεται και στο μοντέλο, οι *θεσμικοί παράγοντες* παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Η αποτελεσματικότητα της διακυβέρνησης, το αποτελεσματικό θεσμικό πλαίσιο και η ελευθερία του τύπου αποτελούν κομβικά σημεία της επίτευξης υψηλότερου βαθμού ωριμότητας της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Σε αυτά μπορεί να προστεθεί και το γενικότερο πλαίσιο της ποιότητας των θεσμών που χρησιμοποιήθηκε στο μοντέλο CM1. Το αποτέλεσμα υπογραμμίζει τη σημασία της δημόσιας διοίκησης για την αποτελεσματική εφαρμογή των πρωτοβουλιών ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Αυτό το αποτέλεσμα είναι αρκετά αναμενόμενο, δεδομένου ότι συνδέεται στενά με τις αποτελεσματικές πρακτικές διοίκησης και πολιτικές που θα επιτρέπουν τις απαραίτητες μεταρρυθμίσεις στο δημόσιο τομέα.

Επίσης οι μη αποτελεσματικές, ή περιοριστικές ρυθμίσεις στο τομέα της εργασίας, την πίστωση και τις αγορές προϊόντων δημιουργούν δυσμενείς συνθήκες για την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη, αποτρέποντας τους πολίτες και άλλους ενδιαφερόμενους από τη χρήση και αποδοχή των δημόσιων υπηρεσιών. Τη μεγαλύτερη όμως βαρύτητα, φέρει η ελευθερία του τύπου, παράγοντας άμεσα συνυφασμένος με τους δημοκρατικούς θεσμούς. Μια κυβέρνηση όπου περιορίζει τον τύπο είναι πολύ λίγο πιθανό να ενθαρρύνει τους πολίτες να συμμετέχουν στη δημιουργία πολιτικής και λήψης αποφάσεων. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στο τέταρτο και πιο ώριμο στάδιο της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, η κυβέρνηση είναι απαραίτητο να έχει όχι μόνο τη δυνατότητα αλλά και τη θέληση να εφαρμόσει μια πολιτική όπου θα ενθαρρύνει τη συμμετοχή των πολιτών σε διαδικασίες.

Στον *οικονομικό τομέα* δεν βρέθηκαν παράγοντες με άμεσες επιδράσεις. Θετική επίδραση όμως υπήρξε στις διεθνείς εμπορικές συναλλαγές ΤΠΕ, οι οποίες ωστόσο δεν αντιπροσωπεύουν οικονομικές συνθήκες, αλλά την τεχνολογική επιρροή μεταξύ των κρατών, μέσω των οδών του εμπορίου.

Τη μεγαλύτερη όμως βαρύτητα στο μοντέλο κατέχει η *κοινωνική ανάπτυξη*, γεγονός που υποδηλώνει ότι υψηλότερα επίπεδα ζωής και μόρφωσης αποτελούν απαραίτητες συνθήκες για την επιτυχή διάδοση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Δηλαδή όσο οι θεσμικοί παράγοντες υποδηλώνουν την ωριμότητα ή και θέληση της κυβέρνησης να εφαρμόσει μια αποτελεσματική ηλεκτρονική διακυβέρνηση, η κοινωνική ανάπτυξη αποτελεί το μέτρο της ωριμότητας ή θέλησης της κοινωνίας να αποδεχθεί τέτοιου είδους πρωτοβουλίες.

Τέλος, η χρήση εξελιγμένων τεχνολογιών συντελεί θετικά στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Τα μοντέλα εστίασαν σε συγκεκριμένες τεχνολογίες, με διαφορετικά χαρακτηριστικά η κάθε μια, τους secure servers και το ανοιχτό λογισμικό. Η χρήση τεχνολογιών που παρέχουν ασφαλείς συναλλαγές, αποτελούν σημαντικό πλεονέκτημα καθώς ενισχύουν την εμπιστοσύνη των πολιτών ως προς τη χρήση τους.

Το ανοιχτό λογισμικό από την άλλη, αν και είναι μια προηγμένη τεχνολογία με ποιοτικά χαρακτηριστικά και μικρό κόστος, αποτελεί συγχρόνως και ένα καινοτόμο μοντέλο διοίκησης, ικανό να επηρεάσει κυβερνήσεις και πολίτες προς μια πιο «ανοιχτή αντίληψη» της διακυβέρνησης. Ξεκινώντας από την αντίληψη του ανοιχτού κώδικα, το ΕΛ//ΛΑΚ σήμερα έχει εμπνεύσει μια σειρά από «ανοιχτές» πρωτοβουλίες, όπως η ανοιχτή διακυβέρνηση, η ανοιχτή εκπαίδευση, έρευνα, κλπ. Το ΕΛ//ΛΑΚ εμπεριέχει αξίες όπως η συνεργατικότητα, διευρυμένη συμμετοχή και διαφάνεια που ευθυγραμμίζονται με τους στόχους της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Τα κοινά αυτά στοιχεία οδήγησαν στην εξέταση της αμφίδρομης αιτιατής σχέσης τους. Τα μοντέλα CM1, CM2, CM3 επιβεβαιώνουν την επίδραση του ανοιχτού λογισμικού στην ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Η αντίστροφη σχέση επίδρασης που επιχειρήθηκε στο μοντέλο CM3 δεν είχε παρόμοια αποτελέσματα, καθώς δεν φάνηκε να υπάρχει επίδραση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης στην διείσδυση του ΕΛ//ΛΑΚ.

Από την αντίστροφη σχέση όμως προκύπτουν δύο σημαντικοί για το ανοιχτό λογισμικό παράγοντες, η καινοτομία και οι τηλεπικοινωνιακές υποδομές. Αφενός, οι τηλεπικοινωνιακές υποδομές όπως η χρήση ευρυζωνικών δικτύων είναι ένας αναμενόμενος παράγοντας επίδρασης για το ανοιχτό λογισμικό, αφού το μοντέλο παραγωγής του στηρίζεται σε συνεργατικά δίκτυα και κοινότητες προγραμματιστών με βασικό μέσο «συνάντησης» και συνεργασίας το διαδίκτυο. Αφετέρου, ο παράγοντας της καινοτομίας, επιβεβαιώνει τον τίτλο του ανοιχτού λογισμικού, ως καινοτόμο τεχνολογία. Όπως αποδείχθηκε από το μοντέλο CM3, οι χώρες οι οποίες παρουσιάζουν αυξημένη τάση για καινοτομία, παρουσιάζουν μεγαλύτερη διείσδυση σε ανοιχτό λογισμικό

Τα αποτελέσματα των τριών μοντέλων συνοψίζονται στον Πίνακα 8-9.

**Πίνακας 8-9. Σύγκριση των μοντέλων CM1, CM2, CM3**

		Παράγοντες ηλεκτρονικής διακυβέρνησης		
Θεωρία		CM1	CM2	CM3
Θεσμών	Ποιότητα των θεσμών (Institutional Quality, IQ)	✓	▪	▪
	Ρυθμιστικό πλαίσιο για επιχειρήσεις (Business Regulation, B-R)	×	▪	▪
	Αποτελεσματικότητα της διακυβέρνησης (Government effectiveness, Gov_eff)	▪	✓	✓
	Ρυθμιστικό πλαίσιο (Regulation, Regul)	▪	✓	✓
	Ελευθερία του τύπου (Free Press, Fpress)	▪	▪	✓
Εξωγενούς Ανάπτυξης	Εμπόριο ΤΠΕ (Trade of ICT, ICTtrade)	▪	✓	✓
<b>Κοινωνικοί</b>				

Ενδογενούς Ανάπτυξης- Ανθρώπινου Κεφαλαίου	Κοινωνική Ανάπτυξη (Social Development, <i>HDI</i> )	✓	▪	✓
	Δαπάνες εκπαίδευσης (Education, <i>Educ</i> )	✓	✓	▪
Ενδογενούς Ανάπτυξης	Καινοτομία (Innovation, <i>Innov</i> )	▪	×	▪
	<b>Οικονομικοί</b>			
	Πληθωρισμός (Inflation, <i>Inf</i> )	×	▪	▪
	Δείκτης μακροοικονομικού περιβάλλοντος (Macroeconomic index, <i>MI</i> )	▪	▪	×
	<b>Τεχνολογικοί</b>			
	Τεχνολογίες ασφαλών συναλλαγών (Secure transactions, <i>Sserv</i> )	✓	✓	✓
	Ανοιχτό λογισμικό (OSS)	✓	✓	✓
Διαφορά μεταξύ αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών (OECD)		▪	▪	✓
<b>Παράγοντες ανοιχτού λογισμικού</b>				
	Ηλεκτρονική διακυβέρνηση ( <i>eGov</i> )	▪	▪	×
	Καινοτομία (Innovation, <i>Innov</i> )	▪	▪	✓
	Διείσδυση ευρυζωνικών συνδέσεων (Broadband subscribers, <i>Bband</i> )	▪	▪	✓
<b>Σημ.</b> Αντιστοίχιση συμβόλων ως: ✓ υπάρχει επίδραση, × καμία επίδραση, ▪ δε χρησιμοποιείται στο μοντέλο				

Συγκριτικά, το μοντέλο CM2 φαίνεται να είναι καλύτερα ορισμένο σε σχέση με το CM1, καθώς στο CM2 μόνο μια μεταβλητή δεν είναι στατιστικά σημαντική, ο παράγοντας καινοτομίας. Στο μοντέλο CM1 υπάρχουν δύο μεταβλητές που δεν ασκούν καμία επίδραση στο μοντέλο, το ρυθμιστικό πλαίσιο επιχειρήσεων και ο πληθωρισμός. Το μοντέλο CM2, χρησιμοποιώντας το γενικότερο ρυθμιστικό πλαίσιο, αντί το εξειδικευμένο σε επιχειρήσεις βελτιώνει το μοντέλο, καθώς η νέα αυτή μεταβλητή έχει σημαντική επίδραση στο μοντέλο. Επίσης επιτυχής ήταν η χρήση του παράγοντα του εμπορίου ΤΠΕ. Για το λόγο αυτό οι δύο αυτοί παράγοντες διατηρήθηκαν και στο μοντέλο CM3.

Αντίθετα, τα μοντέλα CM1, CM3 υπερτερούν ως προς τον παράγοντα της κοινωνικής ανάπτυξης, η οποία βρέθηκε να έχει τη σημαντικότερη επίδραση και στα δύο μοντέλα. Ο παράγοντας αυτός δε χρησιμοποιήθηκε στο μοντέλο CM2, καθώς χρησιμοποιήθηκε μόνο ο παράγοντας της εκπαίδευσης. Αν και οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν μεγάλη συσχέτιση (65%), ο δείκτης κοινωνικής ανάπτυξης HDI εμπεριέχει το επίπεδο εκπαίδευσης των πολιτών μιας χώρας. Συνεπώς, η χρήση και των δύο παραγόντων (όπως έγινε στο CM1) αποτελούσε πλεονάζουσα πληροφορία. Για το λόγο αυτό στα CM2, CM3 χρησιμοποιήθηκε ένα μόνο από αυτά, έτσι ώστε να διαπιστωθεί η απόδοση του κάθε παράγοντα ξεχωριστά. Το αποτέλεσμα είναι το ίδιο και στα δύο μοντέλα (CM1, CM3): η κοινωνική ανάπτυξη είναι ο παράγοντας με τη μεγαλύτερη βαρύτητα στα μοντέλα. Άρα, η παράλειψή της αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα για το μοντέλο.

Έχοντας την εμπειρία από τα δύο προηγούμενα μοντέλα, το μοντέλο CM3 είναι σαφώς βελτιωμένο, καθώς περιέχει τους παράγοντες της κοινωνικής ανάπτυξης, του ρυθμιστικού πλαισίου, των διεθνών εμπορικών συναλλαγών ΤΠΕ, όπως επίσης και έναν νέο και πολύ σημαντικό, όπως αποδείχθηκε, θεσμικό παράγοντα της ελευθερίας του τύπου. Ακόμη, περιλαμβάνεται ένας νέος οικονομικός παράγοντας που αντιστοιχεί στο μακροοικονομικό περιβάλλον, αλλά δεν προέκυψε κάποια επίδρασή του. Τέλος, στο CM3 δοκιμάζεται και η σχέση αλληλεπίδρασης του ανοιχτού λογισμικού με την ηλεκτρονική διακυβέρνηση, χωρίς όμως θετικό αποτέλεσμα.

### 8.5.5 Περιορισμοί της έρευνας και των αποτελεσμάτων.

Ένας από τους περιορισμούς που αφορούν στην έρευνα που περιγράφεται στις ενότητες 8.5.1-8.5.3 είναι το γεγονός ότι τα αποτελέσματα περιορίζονται σε ένα δείγμα των 30 χωρών. Το δείγμα ωστόσο, έχει επιλεγεί, έτσι ώστε να κατανέμονται ομοιόμορφα σε όλες τις ηπείρους. Προτιμήθηκαν χώρες με μεγάλο αριθμό πληθυσμού, έτσι ώστε να καλύπτουν μεγαλύτερο μέρος του παγκόσμιου πληθυσμού. Επίσης, η μελέτη βασίστηκε σε δευτερογενείς πηγές δεδομένων, η οποία θέτει ορισμένους περιορισμούς σχετικά με την αξιοπιστία και την εγκυρότητα των στοιχείων που χρησιμοποιούνται για την λειτουργική εφαρμογή των διαφόρων μέτρων. Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις, υπήρχαν λιγότερες καταχωρήσεις για ορισμένες από τις χώρες. Τέλος, δεδομένου ότι αυτό ήταν μια πρώτη αξιολόγηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη διάχυση ηλεκτρονικής διακυβέρνησης σε συνδυασμό με την αύξηση του ΕΛ/ΛΑΚ, είναι δυνατό να έχουν παραληφθεί ορισμένοι. Τα πορίσματα της τρέχουσας έρευνας εξακολουθούν να είναι πολύ σημαντικό, δεδομένου ότι δίνουν μια εικόνα των παραγόντων που επηρεάζουν θετικά τον μηχανισμό διάχυσης.

Η μελλοντική έρευνα, ωστόσο, θα μπορούσε να διερευνήσει περισσότερο τις θεωρίες και τους αντίστοιχους ανασταλτικές ή θετικούς παράγοντες που ευνοούν την ανάπτυξη των δημόσιων ηλεκτρονικών υπηρεσιών, προκειμένου να βελτιώσουν τις γνώσεις μας σχετικά με τις στρατηγικές αποφάσεων και πολιτικών για την επιτυχή υιοθέτηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

### 8.6 Ανοιχτό Λογισμικό και Εκπαίδευση

Τα τελευταία χρόνια η εκπαίδευση μετασχηματίζεται με νέες μορφές και μεθόδους που έχει επιβάλει η μετάβαση στην ψηφιακή εποχή. Ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό, ηλεκτρονικά (online) μαθήματα, εκπαιδευτικές πύλες, ακόμη και εικονικά (virtual) πανεπιστήμια σχηματίζουν τη νέο προφίλ της εκπαίδευσης σε όλες τις βαθμίδες της. Μέσα σε αυτό το νέο τεχνολογικό πλαίσιο, οι νέες τεχνολογίες όπως το ανοιχτό λογισμικό έχουν ένα ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο. Ειδικότερα, το ανοιχτό λογισμικό εκτός από προηγμένη τεχνολογία διαθέτει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως η ιδεολογική του προσέγγιση αλλά και το χαμηλό κόστος που του προσδίδουν ιδιαίτερο προβάδισμα στο χώρο της εκπαίδευσης.

Το λογισμικό ανοικτού κώδικα έχει ωριμάσει σε σημείο που να αποτελεί μια βιώσιμη εναλλακτική λύση στο ακριβό ιδιόκτητο λογισμικό. Η τεχνολογική του αρτιότητα, συνοδεύεται πλέον από μεγαλύτερη ευκολία στη χρήση, ενώ πολλά προγράμματα διαθέτουν και την απαραίτητη τεκμηρίωση (documentation). Στο χώρο της εκπαίδευσης έχει ήδη δημιουργηθεί μια μεγάλη συλλογή προγραμμάτων ανοικτού λογισμικού που μπορεί να καλύψει τις διδακτικές ανάγκες πολλών και διαφορετικών μαθημάτων, όπως τα μαθηματικά, τη χημεία, τη φυσική και την αστρονομία, αλλά και την ιστορία και τη λογοτεχνία. Το εκπαιδευτικό λογισμικό ξεκινά από τη προσχολική ηλικία καλύπτοντας όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Η αποδοχή του ανοικτού λογισμικού στην εκπαίδευση οδήγησε πολλές κοινότητες ανοικτού λογισμικού να δημιουργήσουν εκδόσεις του λογισμικού τους ειδικά για την εκπαίδευση (π.χ. Debian, με το Jr Debian project). Ακολουθώντας την ίδια πολιτική εταιρείες ανοικτού λογισμικού, όπως η Canonical και η Red Hat δημιούργησαν εκδόσεις Linux ειδικά για σχολεία πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Στο ίδιο πλαίσιο η Google δημιουργεί το Google for education [460], μια εκπαιδευτική πύλη όπου μπορεί κανείς να βρει εργαλεία όπως το Google Apps και υλικό μαθημάτων, όπως σχέδια μαθήματος για τη τάξη. Η Google έχει κερδίσει πολλούς εκπαιδευτές και μαθητές, καθώς προσφέρει βιβλία, επιστημονικά περιοδικά, χάρτες, ειδήσεις, έρευνες, κείμενα και υπολογιστικά φύλλα, ακόμη και API κώδικα σε οποιοδήποτε browser ή ΛΣ.

Επίσης, προσφέρει μια σελίδα για τους εκπαιδευτικούς προκειμένου να μάθουν πώς να χρησιμοποιούν αυτές τις εφαρμογές στην τάξη.

Τα εκπαιδευτικά ιδρύματα πρέπει να εξετάσουν πολλά ζητήματα πριν κάνουν μια επιλογή μεταξύ των προϊόντων ανοιχτού λογισμικού. Για το σκοπό αυτό, πολλές μη κερδοσκοπικές οργανώσεις παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τα προϊόντα ανοιχτού κώδικα και τη δυνατότητα εφαρμογής τους. Ακόμη, έχουν δημιουργηθεί ειδικές εκπαιδευτικές διαδικτυακές πύλες, που διευκολύνουν στην αναζήτηση του κατάλληλου εκπαιδευτικού προγράμματος ανάλογα με τη κατηγορία επιστήμης, την ηλικία του εκπαιδευόμενου, το μάθημα, κλπ.

Η OSS Watch [461] είναι μια συμβουλευτική επιτροπή που χρηματοδοτείται από την Κοινή Επιτροπή Πληροφοριακών Συστημάτων (Joined Information Systems Committee - JISC) και παρέχει ολοκληρωμένες αναλύσεις των νομικών, τεχνικών και οικονομικών πτυχών της εφαρμογής του ανοιχτού λογισμικού στον τομέα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Επίσης οργανώνονται εργαστήρια και συνέδρια με σκοπό να βοηθήσουν στην εκτίμηση των επιπτώσεων των προϊόντων ανοιχτού κώδικα στα εκπαιδευτικά ιδρύματα.

Η πύλη *SchoolForge* [462] δημιουργήθηκε για την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση και περιέχει ανοιχτό λογισμικό για διαφορετικές κατηγορίες μαθημάτων, όπως Κοινωνικές και Θετικές επιστήμες, Τέχνη (μουσική, καλλιτεχνικά, κλπ.), Γλώσσα, Μαθηματικά, Φυσική, κ.α. Επίσης, περιέχει εκπαιδευτικά παιχνίδια, εργαλεία διαχείρισης συστημάτων, εργαλεία διαχείρισης σχολικών πληροφοριακών συστημάτων και εργαλεία για εξ' αποστάσεως εκπαίδευση. Αποστολή του *SchoolForge* είναι να ενοποιήσει ανεξάρτητους οργανισμούς που προωθούν τη χρήση και ανάπτυξη ανοιχτών πόρων για την εκπαίδευση. Στόχος του *SchoolForge* είναι η πιο αποτελεσματική, αποδοτική, και ευρέως διαδεδομένη εκπαίδευση, με την ενίσχυση της επικοινωνίας, τη κοινή χρήση των πόρων και την αύξηση της διαφάνειας στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού. Τα μέλη του *SchoolForge* υποστηρίζουν τη χρήση του ανοιχτού κώδικα και ελεύθερου λογισμικού, αλλά και τα ανοιχτού περιεχομένου κείμενα, μαθήματα και αναλυτικά προγράμματα για την αναβάθμιση και βελτίωση της εκπαίδευσης και της κοινωνικής ανάπτυξης.

Η πύλη *Open source schools* [463] παρέχει πληροφορίες και άρθρα σχετικά με το λογισμικό ανοιχτού κώδικα, συμβουλές εκκίνησης, μελέτες περιπτώσεων σε σχολεία, κατάλογο λογισμικού ανοιχτού κώδικα για την εξερεύνηση του τι είναι διαθέσιμο, και ένα γλωσσάριο. Τα εγγεγραμμένα μέλη έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν περιεχόμενο για την ιστοσελίδα. Στόχος της πύλης είναι να προσφέρει πληροφορίες σχετικά με το λογισμικό ανοιχτού κώδικα στα σχολεία και να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να αποφασίσουν εάν το λογισμικό ανοιχτού κώδικα μπορεί να προσφέρει οφέλη για την εκμάθηση, τη διδασκαλία, την εμπλοκή των μαθητών και των γονέων, τη διαχείριση των πληροφοριών και των πόρων. Υπάρχουν επίσης μια σειρά από φόρουμ για την ανταλλαγή ιδεών και εμπειριών και για συζήτηση σχετικά με τη χρήση του λογισμικού ανοιχτού κώδικα στα σχολεία.

Στην Ελλάδα υπάρχουν αντίστοιχες πρωτοβουλίες, όπως για παράδειγμα η δικτυακή πύλη *opensoft* [464]. Κύριος στόχος του δικτυακού τόπου είναι η ενημέρωση της εκπαιδευτικής κοινότητας για το εκπαιδευτικό λογισμικό ανοιχτού κώδικα. Η πύλη εκτός από πληροφορίες σχετικά με το ανοιχτό λογισμικό, περιλαμβάνει μια μεγάλη συλλογή λογισμικού διαφόρων κατηγοριών κυρίως για τη πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η κοινότητα *ΕΛΛΑΚ* στην Ελλάδα [465] προσφέρει υποστήριξη και πληροφορίες για την εγκατάσταση εκπαιδευτικών διανομών Linux, όπως τα *Edubuntu* (βασισμένο σε Ubuntu), *Skolelinux* (βασισμένο σε Debian), *Freeduc* (το *Freeduc* είναι το γαλλικό project του οργανισμού Organization for Free Software in Education and

Teaching (OFSET) και διαθέτει μέλη σε όλο τον κόσμο), *iloo*g (βασισμένο σε Gentoo Linux), *Slackel-edu* (βασισμένο σε Slackware), *K12 Linux LTSP* (Linux Terminal Server Project) for Fedora, *Σχολίνουξ* (ή *scholinux*). Το *scholinux* είναι εξελληνισμένο Linux σύστημα για μαθητές Γυμνασίου. Βασίζεται στο Ubuntu Linux το οποίο τροποποιείται κατάλληλα (remastering) με έξτρα πακέτα λογισμικού για τις ανάγκες των μαθητών. Παράλληλα, τροποποιείται με γραφικό θέμα, εικονίδια και λογότυπα που να ταιριάζουν στο «κοινό» της διανομής

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο της διάχυσης του ανοιχτού λογισμικού στον εκπαιδευτικό τομέα, προέκυψαν δύο πολύ σημαντικές προεκτάσεις της εκπαίδευσης, στις οποίες το ανοιχτό λογισμικό παίζει πρωταρχικό ρόλο. Αυτές είναι η ανοιχτή εξ αποστάσεως εκπαίδευση και η ανοιχτή εκπαίδευση (open education). Στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση το ανοιχτό λογισμικό κυριαρχεί στα ηλεκτρονικά συστήματα διαχείρισης μάθησης και περιεχομένου (Content Management Systems- CMS, Learning Management Systems- LMS) [466]. Παράλληλα, η ιδεολογία του ανοιχτού λογισμικού είχε σημαντική επίδραση στο χώρο της εκπαίδευσης, όπου το ανοιχτό περιεχόμενο και ο ελεύθερος διαμοιρασμός της γνώσης κερδίζουν συνεχώς έδαφος, δημιουργώντας ένα ανερχόμενο μοντέλο εκπαίδευσης, την ανοιχτή εκπαίδευση. Συνολικά η επίδραση του ανοιχτού λογισμικού στην εκπαίδευση παρουσιάζεται στις επόμενους παραγράφους.

### 8.6.1 Παράγοντες διάχυσης ανοιχτού λογισμικού στην εκπαίδευση

Το μεγάλο πλήθος των προϊόντων ΕΛ/ΛΑΚ καθώς και η εκτεταμένη χρήση τους, αποδεικνύουν το σημαντικό ρόλο του ανοιχτού λογισμικού στην εκπαίδευση. Ποιοι όμως είναι οι λόγοι που οδηγούν σε αυτό το αποτέλεσμα;

Ένας σημαντικός λόγος είναι η μείωση του κόστους. Από τη μία πλευρά, πολλά εκπαιδευτικά ιδρύματα, όπως σχολεία και πανεπιστήμια δε μπορούν να ανταπεξέλθουν οικονομικά στην αγορά διαφορετικών λογισμικών με μεγάλο αριθμό αδειών χρήσης, ικανού να καλύψει τις ανάγκες μαθητών και φοιτητών. Από την άλλη πλευρά, εκπαιδευτικοί και εκπαιδευόμενοι μπορούν να αποκτήσουν νόμιμα αντίγραφα των εργαλείων λογισμικού που χρησιμοποιούν στα σχολεία για χρήση στο σπίτι, ανακουφίζοντας έτσι τον οικογενειακό προϋπολογισμό.

Σύμφωνα με έρευνες, από τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προσφέρει η υιοθέτηση του ανοιχτού λογισμικού από εκπαιδευτικά ιδρύματα, εκτός από το οικονομικό μέρος, είναι η δυνατότητα προσαρμογής του λογισμικού στις ανάγκες κάθε ιδρύματος, είτε αυτές είναι οργανωσιακές είτε εκπαιδευτικές [466, 467]. Δεύτερον, η προσαρμοστικότητα σε συνδυασμό με τη διαλειτουργικότητα του ανοιχτού λογισμικού δίνει τη δυνατότητα «επικοινωνίας» του προγράμματος ανοιχτού λογισμικού με τα διαφορετικά πληροφοριακά συστήματα του ιδρύματος (π.χ. βάσεις δεδομένων με οικονομικά και διαχειριστικά στοιχεία, στοιχεία των φοιτητών/μαθητών, κλπ.), κάνοντάς το ακόμη πιο λειτουργικό [468, 469]. Τρίτον, εξασφαλίζεται ανεξαρτησία από τις εταιρείες λογισμικού. Οι προσαρμογές και αλλαγές στο πρόγραμμα μπορούν να υλοποιηθούν είτε εσωτερικά, από το ανθρώπινο δυναμικό του ιδρύματος, είτε μέσω εταιρειών λογισμικού, οι οποίες όμως μπορεί να είναι διαφορετικές κάθε φορά και σύμφωνα με την πιο συμφέρουσα προσφορά [469, 470].

Σε αυτά θα πρέπει να προστεθεί και η συχνή και άμεση ανανέωση των προγραμμάτων του ανοιχτού λογισμικού από τις κοινότητές τους. Το γεγονός αυτό όχι μόνο βελτιώνει το λογισμικό, αλλά το διατηρεί και ενημερωμένο στις τελευταίες εξελίξεις και νέες παιδαγωγικές μεθόδους στο χώρο της εκπαίδευσης. Αντίθετα, τα ιδιόκτητου τύπου λογισμικά δε μπορούν να ακολουθήσουν χρονικά τις τόσο συχνές εκδόσεις, καθώς αυτό θα ανέβαζε σημαντικά το κόστος τους [466]. Επιπλέον, τα προγράμματα ανοιχτού λογισμικού τα οποία έχουν χρόνια παρουσίας στο χώρο και μεγάλη κοινότητα



υποστήριξης, εξασφαλίζουν μεγαλύτερη βιωσιμότητα, ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο του μικρού κύκλου ζωής τους. Αυτό δεν ισχύει και για τη περίπτωση του ιδιόκτητου λογισμικού, όπου ο κύκλος ζωής του εξαρτάται από την εταιρεία λογισμικού (π.χ. σε περίπτωση που αλλάξει πολιτική και σταματήσει την υποστήριξη του λογισμικού, ή αναγκαστεί σε κλείσιμο, λόγω πτώχευσης, συγχώνευσης, κλπ.)

Γενικότερα, τα περισσότερα προγράμματα ανοιχτού κώδικα έχουν βελτιωθεί σε πολύ σημαντικό βαθμό ως προς τη ευκολία εγκατάστασης και χρήσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει αυξημένος ανταγωνισμός όχι μόνο ανάμεσα στο ιδιόκτητο και ανοιχτό λογισμικό, αλλά και ανάμεσα στα προϊόντα ανοιχτού λογισμικού. Ο ανταγωνισμός αυτός συντελεί στη συνεχή βελτίωσή τους τόσο ως προς τη χρήση αλλά και ως προς τη ποιότητα [471]. Επίσης, τα περισσότερα προγράμματα είναι κατασκευασμένα με προδιαγραφές διαλειτουργικότητας και είναι συμβατά με ιδιόκτητο λογισμικό. Έτσι, δε χρειάζονται μεγάλες αλλαγές στο ήδη υπάρχον σύστημα. Ακόμη και για ένα ΛΣ, όπως το Linux, υπάρχουν εύκολες λύσεις όπως ένας δίσκος εκκίνησης του συστήματος (bootable CD). Στον τομέα της εκπαίδευσης, υπάρχει μεγάλη ποικιλία σε ανοιχτό λογισμικό, ικανή να ανταπεξέλθει στις ανάγκες διαφόρων κατηγοριών χρηστών. Από παιδαγωγικής απόψεως, οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να πειραματίζονται ελεύθερα και να επαναχρησιμοποιούν το περιεχόμενο, γεγονός που συμβάλλει θετικά στη καλύτερη αξιοποίηση των γνώσεών τους.

Πολύ σημαντική είναι επίσης η ύπαρξη των υποστηρικτικών κοινοτήτων ΕΛ/ΛΑΚ, που απαρτίζονται από μέλη σε όλο τον κόσμο. Δεδομένου ότι τα περισσότερα προγράμματα χρησιμοποιούνται και υποστηρίζονται από κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ διεθνώς, οι φοιτητές έχουν την ευκαιρία να αλληλεπιδρούν με φοιτητές και επαγγελματίες λογισμικού από όλο τον κόσμο. Αυτό ενισχύει όχι μόνο τη συνεργατικότητα, αλλά και τη γνώση, η οποία μπορεί να αναμεταδίδεται εύκολα και γρήγορα ανάμεσα σε φοιτητές του ίδιου αντικείμενου και σε πολλά μέρη του κόσμου ταυτόχρονα.

Η διάχυση της γνώσης μπορεί να αφορά όχι μόνο σε συγκεκριμένα γνωστικά αντικείμενα, αλλά και στην ίδια τη τεχνολογία, αφού το ανοιχτό λογισμικό μπορεί να αναδιαμορφώνεται και προσαρμόζεται από τους ίδιους τους χρήστες. Κατ' αυτό τον τρόπο μαθητές, φοιτητές, εκπαιδευτικοί, κλπ. μπορούν να αποκτήσουν περισσότερες δεξιότητες στο χώρο της τεχνολογίας, ως συνέπεια της συμμετοχής τους στις κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ. Επίσης σε αρκετές περιπτώσεις υπάρχει έλλειψη -ή είναι πολύ ακριβή η απόκτηση- ιδιόκτητου λογισμικού που να εξειδικεύεται σε συγκεκριμένα επιστημονικά προβλήματα. Το ανοιχτό λογισμικό δίνει τη δυνατότητα της δημιουργίας εξειδικευμένων τμημάτων κώδικα από τους ίδιους τους επιστήμονες, συμβάλλοντας έτσι στην καλύτερη αξιοποίηση των λογισμικών για την προαγωγή της μάθησης ή/και της έρευνας.

Για παράδειγμα, οι Martin et al. [472] εξάρουν τη χρησιμότητα της λύσης που προσέφερε το ανοιχτό λογισμικό στο επιστημονικό πεδίο της εφαρμοσμένης θερμοδυναμικής. Στη περίπτωση αυτή δεν υπήρχε ιδιόκτητο λογισμικό που να μπορούσε επαρκώς να χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο του μαθήματος. Επίσης, η έλλειψη των εργαλείων λογισμικού, δε επέτρεπε την εμπέδωση του αντικείμενου με ασκήσεις που να αντιστοιχούν στις συγκεκριμένες θερμοδυναμικές εξισώσεις. Αντίθετα, τα περισσότερα εγχειρίδια περιείχαν πολύ απλές ασκήσεις εμπέδωσης που αδυνατούσαν να καλύψουν το πραγματικό αντικείμενο, δυσχεραίνοντας το έργο της διδασκαλίας. Η λύση στο πρόβλημα, δόθηκε από προσαρμοσμένο λογισμικό ανοιχτού κώδικα, το οποίο δημιουργήθηκε ειδικά για τις ανάγκες του μαθήματος. Το λογισμικό ήταν συμβατό στη χρήση και μπορούσε να τρέξει με τη βοήθεια τόσο ενός ιδιόκτητου (Matlab), όσο και ενός ανοιχτού λογισμικού (Octave) προγράμματος. Η λύση αναβάθμισε κατά πολύ τη ποιότητα του μαθήματος, γεγονός που αποτυπώθηκε και στην αξιολόγηση της χρήσης του προγράμματος από τους φοιτητές. Παράλληλα και λόγω της χρήσης του τμηματικού

προγραμματισμού, οι φοιτητές είχαν την ευκαιρία να μελετήσουν σε μεγαλύτερο βάθος τον υπολογισμό των θερμοδυναμικών ιδιοτήτων και να δημιουργήσουν άλλες εξισώσεις, ή νέο κώδικα για τον υπολογισμό τους.

Συνεπώς, το εκπαιδευτικό λογισμικό ανοιχτού κώδικα επιτρέπει διαφορετικά επίπεδα μάθησης: από μαθητές/φοιτητές που απλώς θέλουν να διδαχθούν ένα επιστημονικό αντικείμενο, σε αυτούς που θέλουν να αφιερώσουν περισσότερο χρόνο, προσθέτοντας νέο επιστημονικό υλικό και μετατρέποντάς το σε κώδικα. Σε μια άλλη εφαρμογή του ανοιχτού λογισμικού στη τάξη, οι Kusbeyzi et al. [473], δηλώνουν ότι η χρήση μαθηματικού εκπαιδευτικού λογισμικού ανοιχτού κώδικα στο μάθημά τους αποτελεί μια πολύ αποτελεσματική μέθοδο διδασκαλίας. Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Sage, αντί για το ιδιόκτητο Matlab, κατέληξαν ότι το Sage είχε πλεονεκτήματα όπως η συμβατότητα και οι λιγότερες απαιτήσεις σε μνήμη και πόρους του συστήματος. Επίσης, είχε όλες τις δυνατότητες που προσφέρει ένα ιδιόκτητο λογισμικό όπως το Matlab.

Οι παράγοντες που επιδρούν στη διάχυση του ανοιχτού λογισμικού στην εκπαίδευση συνοψίζονται στον Πίνακα 8-10.

**Πίνακας 8-10. Παράγοντες διάχυσης ανοιχτού λογισμικού στην εκπαίδευση**

<b>Εκπαιδευτικά Ιδρύματα</b>	<b>Εκπαιδευτικοί/εκπαιδευόμενοι</b>
Μείωση κόστους αδειών χρήσης. Για μεγάλης κλίμακας χρήση, αυτό μεταφράζεται σε μεγάλα ποσά.	Μείωση κόστους στην οικιακή χρήση.
Δυνατότητα προσαρμογής του κώδικα στις ανάγκες του Ιδρύματος, είτε αυτές είναι εκπαιδευτικές, είτε διαχειριστικές.	Δυνατότητα προσαρμογής του λογισμικού στις ανάγκες του μαθήματος, με κατάλληλες προσθήκες από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς ή τους εκπαιδευόμενους.
Συμβατότητα με ιδιόκτητο και ανοιχτό λογισμικό, συνεπώς απαιτούνται ελάχιστες ή και καθόλου τροποποιήσεις του συστήματος για τη χρήση του.	Συμβατότητα με ιδιόκτητο και ανοιχτό λογισμικό, συνεπώς απαιτούνται ελάχιστες ή και καθόλου τροποποιήσεις του συστήματος για τη χρήση του.
Διαλειτουργικότητα που επιτρέπει τη «συνομιλία» του λογισμικού με άλλα ήδη εγκατεστημένα συστήματα λογισμικού (π.χ. βάσεις δεδομένων ιδρύματος, κλπ.)	Βελτίωση του ανοιχτού λογισμικού ως προς την ευκολία εγκατάστασης και χρήσης.
Ανεξαρτησία από εταιρείες για τη συντήρηση και τεχνική υποστήριξη στο λογισμικό. Δεν υπάρχει πλέον αποκλειστικότητα (lock-in effect). Μπορεί να γίνει από οποιαδήποτε εταιρεία, ή από τους ανθρώπινους πόρους του ιδρύματος.	Τεχνική υποστήριξη και λύσεις από τη κοινότητα και τα φόρα ΕΛ/ΛΑΚ του λογισμικού.
Μεγαλύτερη βιωσιμότητα. Μικρός κύκλος ζωής συνεπάγεται επιπλέον κόστος σε χρόνο και χρήματα.	Μεγαλύτερη βιωσιμότητα. Μικρός κύκλος ζωής συνεπάγεται επιπλέον κόστος κυρίως σε χρόνο.
Συχνοί κύκλοι εκδόσεων που βελτιώνουν και αναβαθμίζουν τη ποιότητα του λογισμικού ως προς τη χρήση του.	Συχνοί κύκλοι εκδόσεων που βελτιώνουν και αναβαθμίζουν τη ποιότητα του λογισμικού ως προς την εκπαιδευτική του διάσταση.
Συνήθως έχουν λιγότερες απαιτήσεις σε πόρους του συστήματος.	Συνήθως έχουν λιγότερες απαιτήσεις σε πόρους του συστήματος.
	Επιτρέπει διαφορετικά επίπεδα μάθησης: <ul style="list-style-type: none"> <li>• απόκτηση τεχνολογικών δεξιοτήτων</li> <li>• διευκόλυνση στη μάθηση, μέσω της εξειδίκευσης του λογισμικού σε συγκεκριμένα μαθησιακά αντικείμενα</li> <li>• δυνατότητα πειραματισμού και έρευνας</li> </ul>

Γρήγορη και ταυτόχρονη διάχυση της γνώσης μέσω των κοινοτήτων ΕΛ/ΛΑΚ.

Ενθάρρυνση και προώθηση της συνεργατικότητας και του συνεργατικού τρόπου μάθησης, μέσω των κοινοτήτων ΕΛ/ΛΑΚ.

Προώθηση του ανοιχτού περιεχομένου και καινοτόμου μοντέλου εκπαίδευσης, η Ανοιχτή εκπαίδευση.

## 8.6.2 Εξ αποστάσεως εκπαίδευση και ηλεκτρονικά συστήματα διαχείρισης μάθησης

Τα τελευταία χρόνια τα ηλεκτρονικά συστήματα μάθησης (Learning Management Systems –LMS) γνωρίζουν πολύ μεγάλη διάδοση στο χώρο της εκπαίδευσης, ειδικότερα στην τριτοβάθμια. Για παράδειγμα στις ΗΠΑ, το 97,5% των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων ανώτατης εκπαίδευσης χρησιμοποιούν τουλάχιστον ένα LMS [474]. Τα εργαλεία LMS χρησιμοποιούνται κυρίως για τη δημιουργία και διαχείριση εκπαιδευτικού περιεχομένου στο διαδίκτυο. Τα ιδιόκτητου τύπου LMS δεν επιτρέπουν στους χρήστες αλλαγές προσαρμοσμένες και εξειδικευμένες στο συγκεκριμένο περιβάλλον του ιδρύματος, ή πρόσβαση στις βάσεις δεδομένων καθιστώντας δύσκολη τη δημιουργία αναφορών και περιλήψεων. Επίσης δεν επιτρέπουν – τουλάχιστον εύκολα- την ενσωμάτωσή του συστήματος με άλλα συστήματα του ιδρύματος, όπως τα οικονομικά συστήματα ή τη βάση δεδομένων που παρέχουν πληροφορίες για φοιτητές [467]. Στα προβλήματα αυτά η τεχνολογία ανοιχτού λογισμικού με τη δυνατότητα προσαρμογής του λογισμικού, αποτελεί την ιδανική λύση [469].

Ως αποτέλεσμα, τα τελευταία χρόνια τα open source LMS έχουν γνωρίσει μεγάλη αποδοχή και υιοθέτηση από το χώρο της εκπαίδευσης [468]. Τα open source LMS αποτελούν και τον κυριότερο τομέα στον οποίο το ανοιχτό λογισμικό βρίσκει μεγάλη ανταπόκριση στο χώρο της εκπαίδευσης. Τα σημαντικότερα open source LMS είναι:

- *Moodle*. Το Moodle διαθέτει παιδαγωγικά χαρακτηριστικά που δεν υπάρχουν σε άλλα LMS, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς τη δημιουργία ηλεκτρονικών μαθημάτων σε διαφορετικά αντικείμενα. Επιπλέον τα μαθήματα είναι εύκολα προσαρμόσιμα, χωρίς ιδιαίτερες γνώσεις πληροφορικής. Επιτρέπει τη διαχείριση μεγάλου αριθμού μαθημάτων αλλά και μαθητών. Το Moodle δημιουργήθηκε με άδεια χρήσης GPL.
- *Bodington*. Είναι ένα εικονικό περιβάλλον εκμάθησης που υλοποιήθηκε σε Java από τα Πανεπιστήμια του Leeds και της Οξφόρδης. Το πρόγραμμα επίσης υποστηρίζεται από μια πολύ μεγάλη κοινότητα προγραμματιστών που αναβαθμίζουν ποιοτικά το σύστημα. Στόχος του προγράμματος είναι να προσφέρει ένα ευέλικτο, αλλά ανθεκτικό περιβάλλον εκμάθησης σε μεγάλα και περίπλοκα ιδρύματα με πολλά τμήματα. Επιτρέπει γρήγορο ανέβασμα (upload) αρχείων και διαχείριση περιεχομένου. Το πολυεπίπεδο μοντέλο διοίκησης επιτρέπει την αποτελεσματική αντιμετώπιση διαφορετικών προβλημάτων στη διαχείριση. Το πρόγραμμα είναι συμβατό με τη δράση Special Education Needs and Disability Act 2001, επιτρέποντας σε άτομα με ειδικές ανάγκες τη συμμετοχή στα ψηφιακά μαθήματα.
- *Claroline*. Στηρίζεται σε τεχνολογίες ελεύθερου λογισμικού (PHP και MySQL) και έχει άδεια χρήσης GPL. Εστιάζει στις παιδαγωγικές ανάγκες εκπαιδευτικών και εκπαιδευόμενων για εκλεπτυσμένο περιβάλλον μάθησης, με καλά δομημένα ψηφιακά μαθήματα και εμπέδωσή τους με ασκήσεις. Υποστηρίζεται από μια

πολύ μεγάλη κοινότητα προγραμματιστών που συνεισφέρουν στην αναβάθμιση της ποιότητας του συστήματος. Επίσης, από το 2007 λειτουργεί ο μη κερδοσκοπικός οργανισμός Claroline consortium με σκοπό τη συνεχή αναβάθμιση και προώθηση του προγράμματος.

- *Dokeos*. Όπως το Claroline, βασίζεται στις τεχνολογίες PHP και MySQL και έχει άδεια χρήσης GPL. Σχεδιάστηκε με έμφαση στην απλοποίηση της διαδικασίας ψηφιακής και εξ' αποστάσεως εκπαίδευσης. Το πρόγραμμα είναι αρκετά φιλικό στη χρήση διευκολύνοντας τη ψηφιακή μάθηση και διαχείριση των μαθημάτων. Δημιουργήθηκε με τη συνεισφορά σε κώδικα πανεπιστημίων, οργανισμών και προγραμματιστών από όλο τον κόσμο. Το Dokeos φόρουμ επιτρέπει την ανταλλαγή ιδεών ανάμεσα στους προγραμματιστές, με προγραμματιστικές λεπτομέρειες διαθέσιμες στο διαδίκτυο. Οι προγραμματιστές μπορούν να στέλνουν τους διορθωμένους και προσαρμοσμένους κώδικες μέσω e-mail, wiki, ή των φόρα.
- *.LRN*, που προφέρεται 'dot learn', είναι ένα δημοφιλές εργαλείο που αναπτύχθηκε στο MIT και είναι βασισμένο στα AOLserver και OpenACS, με άδεια χρήσης τη GPL. Υποστηρίζει εξ' αποστάσεως εκπαίδευση και άλλα διαδραστικά, ψηφιακά συστήματα. Αρχικά ήταν σχεδιασμένο για τις ανάγκες των Πανεπιστημίων, αλλά η χρήση του επεκτάθηκε σε σχολεία, οργανισμούς και επιχειρήσεις. Από τα μεγάλα του πλεονεκτήματα είναι η ευελιξία και οι εύκολες προσαρμογές. Το .LRN υποστηρίζεται από μια μεγάλη κοινότητα χρηστών και το .LRN consortium. Τα μέλη του consortium είναι κυρίως εκπαιδευτικά ιδρύματα που είναι και οι κύριοι προγραμματιστές που αναβαθμίζουν και βελτιώνουν το πρόγραμμα. Επίσης, το consortium παρέχει πιστοποιητικά ποιότητας, πιστοποιώντας τα νέα τμήματα κώδικα ως συμβατά με το .LRN.
- *ATutor*. Αναπτύχθηκε από την Adaptive Technology Resource Centre στο πανεπιστήμιο του Toronto με άδεια χρήσης GPL. Οι δημιουργοί του έδωσαν έμφαση στην προσβασιμότητα και προσαρμοστικότητα του συστήματος.
- *OLAT* (Online Learning and Training). Ξεκίνησε το 1999 στο πανεπιστήμιο της Ζυρίχης και είναι γραμμένο κυρίως σε Java. Το πρόγραμμα συντηρείται και αναβαθμίζεται από μια ομάδα προγραμματιστών του πανεπιστημίου. Είναι εγγεγραμμένο με άδεια χρήσης Apache License 2.0.
- *Sakai*. Οι δημιουργοί του το ονομάζουν «περιβάλλον μάθησης και συνεργασίας για την εκπαίδευση» και έχει άδεια χρήσης την Educational Community License. Υποστηρίζεται, συντηρείται και αναβαθμίζεται από την κοινότητα Sakai. Ο πυρήνας του λογισμικού περιλαμβάνει εργαλεία συνεργασίας, καθώς και εργαλεία ειδικά σχεδιασμένα για συγκεκριμένες εφαρμογές (π.χ. διδασκαλία).

Συνοπτικά τα LMS ανοιχτού λογισμικού παρουσιάζονται στον Πίνακα 8-11.

**Πίνακας 8-11. LMS ανοιχτού λογισμικού**

LMS	Συμβατότητα	Χρήση
Moodle <a href="http://www.moodle.org">http://www.moodle.org</a>	Linux, UNIX, Windows, MacOSX, FreeBSD, PHP	Περισσότεροι από 28.000 εγγεγραμμένα sites, πάνω από 10.000.000 μέλη. Περίπου 500 λήψεις (downloads) ημερησίως.
Bodington <a href="http://www.bodington.org">http://www.bodington.org</a>	Linux, UNIX, Windows, MacOSX	Έχει τη δυνατότητα να προσφέρει υπηρεσίες σε 15.000 χρήστες από ένα server.
Claroline <a href="http://www.claroline.net">http://www.claroline.net</a>	Linux/GNU, Windows, MacOSX; SCORM IMS/QT	Καταγεγραμμένοι χρήστες σε πάνω από 80 χώρες. Είναι διαθέσιμο σε 35 γλώσσες.
Dokeos	SCORM LDAP. Τα	Διαθέσιμο σε 30 γλώσσες, έχει

<a href="http://www.dokeos.com">http://www.dokeos.com</a>	δεδομένα μπορούν να εισαχθούν σε μορφές CSV, XML	περισσότερους από 28.000 χρήστες.
.LRN <a href="http://www.dotlrn.com">http://www.dotlrn.com</a>	LORS Central, Curriculum, LORS Management, .LRN eCommerce, Project Manager, Page Editor, Staff List, Syllabus, Expense Tracking	Περίπου 500.000 χρήστες σε 18 χώρες.
ATutor <a href="http://www.atutor.ca">http://www.atutor.ca</a> OLAT <a href="http://www.olat.org">http://www.olat.org</a>	W3C WCAG 1.0, W3C XHTML, IMS, SCORM Linux, UNIX, Windows, MacOSX, SCORM, IMS QTI, IMS Content Packaging	Περισσότερες από 17.000 εγγεγραμμένες εγκαταστάσεις παγκοσμίως. Δημοφιλές στην Ευρωπαϊκή εκπαιδευτική κοινότητα ανώτατης εκπαίδευσης.
Sakai <a href="http://www.sakaiproject.org">http://www.sakaiproject.org</a>	WebCT, Blackboard, ANGEL Learning, Desire2Learn	Έχει υιοθετηθεί από πολλά αναγνωρισμένα Πανεπιστήμια διεθνώς.

### 8.6.3 Ανοιχτό περιεχόμενο και ανοιχτή εκπαίδευση

Μια άμεση επίδραση του ιδεολογικού περιεχομένου του ανοιχτού λογισμικού είναι η δημιουργία μιας σειράς από «ανοιχτές» πρωτοβουλίες στο χώρο της εκπαίδευσης, όπως το ανοιχτό περιεχόμενο και η ανοιχτή εκπαίδευση.

«Open content» ή «Ανοιχτό περιεχόμενο» είναι το περιεχόμενο που έχει λάβει άδεια κατά τρόπο που να παρέχει στους χρήστες το δικαίωμα να κάνουν περισσότερα είδη χρήσεων από αυτές που κανονικά επιτρέπεται βάσει του νόμου - χωρίς κανένα κόστος για τον χρήστη. Όσο λιγότεροι είναι οι περιορισμοί που επιβάλλονται σε ένα περιεχόμενο, τόσο πιο «ανοιχτό» είναι αυτό. Οι κύριες άδειες ή δικαιώματα χρήσης ανοικτού περιεχομένου εκφράζεται με το "Πλαίσιο των 4Rs" "4Rs Framework" :

- *Reuse* (Επαναχρησιμοποίηση) - το δικαίωμα επαναχρησιμοποίησης του περιεχομένου επί λέξει, στην αρχική μορφή του (π.χ. ένα αντίγραφο ασφαλείας του περιεχομένου).
- *Revise* (Αναθεώρηση) - το δικαίωμα προσαρμογής, τροποποίησης, ή αλλαγής του περιεχομένου (π.χ. μετάφραση του περιεχομένου σε άλλη γλώσσα).
- *Remix* (Διασκευή)- το δικαίωμα συνδυασμού του αρχικού ή αναθεωρημένου περιεχομένου με άλλο περιεχόμενο για τη δημιουργία νέου περιεχομένου (π.χ. ενσωμάτωση του περιεχομένου σε ένα άλλο).
- *Redistribute* (Αναδιανομή) - το δικαίωμα διαμοιρασμού αντιγράφων του αρχικού περιεχομένου, των αναθεωρήσεών του, ή των διασκευών του (π.χ. κοινή χρήση ενός τροποποιημένου αντιγράφου του περιεχομένου με μια ομάδα ατόμων).

Το περιεχόμενο είναι ανοιχτό στο βαθμό που η άδεια χρήσης επιτρέπει στους χρήστες να συμμετάσχουν σε δραστηριότητες των 4R. Οι πιο γνωστές άδειες χρήσης είναι οι Creative Commons Licenses (μόνο οι Creative Commons Attribution, Attribution-Share Alike και Zero), η Open Publication License (η πρωτότυπη άδεια του Open Content Project, η Open Content License, δεν επιτρέπει αντιγραφή για κέρδος), GNU Free Documentation License, κλπ. Στον παραπάνω ορισμό του ανοιχτού περιεχομένου, παρόλο που υπάρχουν διαφορές, ο συσχετισμός με τον ορισμό του ανοιχτού λογισμικού είναι προφανής.

Ένας συνδυασμός του «ανοιχτού περιεχομένου» και της online εκπαίδευσης, είναι τα «ανοιχτά εκπαιδευτικά μέσα» (open educational resources - OERs). Ο όρος επινοήθηκε σε ένα φόρουμ σχετικά με τις επιπτώσεις των ανοιχτών μαθημάτων για την τριτοβάθμια

εκπαίδευση στις αναπτυσσόμενες χώρες. Αφορά σε δωρεάν πόρους εκμάθησης, εφαρμογές και διδακτικό υλικό, ενότητες, περιοδικά, υλικό αναφοράς, καθώς και τα εργαλεία που επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργήσουν ηλεκτρονικά συστήματα διαχείρισης της μάθησης και να σχεδιάσουν και να δημοσιεύσουν όλα αυτά τα εκπαιδευτικά μέσα. Οι πόροι αυτοί μπορούν να τροποποιηθούν και να αναδιανεμηθούν.

Μια παρόμοια προσπάθεια που ονομάζεται «ανοιχτό πρόγραμμα σπουδών» (Open Source Curriculum - OSC), ακολουθεί την φιλοσοφία των OERs, κάνοντας εκπαιδευτικό υλικό προσιτό σε φοιτητές, καθηγητές, διοικητικό προσωπικό, γονείς, και όργανα διοίκησης. Θέτοντας συγκεκριμένους εκπαιδευτικούς στόχους, σχεδιαστές, εμπειρογνώμονες περιεχομένου, καθώς και τεχνικοί σύμβουλοι συνεργάζονται για να δημιουργήσουν ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα σπουδών. Παράλληλα όλοι οι χρήστες μπορούν να συμβάλουν σε αυτό το πρόγραμμα. Μια ανοιχτή ανταλλαγή ιδεών επέτρεψε σε αυτά τα online, OERs προγράμματα σπουδών την επίτευξη προτύπων παγκόσμιας κλάσης.

Σε επίπεδο πανεπιστημίων δημιουργούνται επίσης τα OpenCourseWare (OCW). Το OCW παρέχει μέσω διαδικτύου υψηλής ποιότητας πανεπιστημιακού επιπέδου εκπαιδευτικό υλικό, που είναι ανοιχτό και προσβάσιμο σε όλους. Το υλικό αυτό είναι οργανωμένο σε μαθήματα, και μπορεί να περιλαμβάνει μέσα σχεδιασμού των προγραμμάτων σπουδών, εργαλεία αξιολόγησης, καθώς και θεματικό περιεχόμενο. Σύμφωνα με το OCW Consortium [475], ένα έργο OCW είναι διαθέσιμο για χρήση και προσαρμογή στο πλαίσιο μιας ανοιχτής άδειας, όπως η Creative Commons και συνήθως δεν παρέχει πιστοποίηση ή την πρόσβαση στη σχολή.

Παραδείγματα τέτοιων OERs, OSC και OCW είναι:

- *Curriki* [476]. Η παγκόσμια κοινότητα της εκπαίδευσης και της μάθησης, είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός αφιερωμένος στη δημιουργία του ελεύθερου, ανοιχτού προγράμματος σπουδών με OERs για όλους τους χρήστες και ένα από τα πιο δημοφιλή online OSC. Το Curriki παρέχει εκπαιδευτικό υλικό κατά κύριο λόγο για την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, με επίκεντρο τη δημιουργία ολοκληρωμένων προγραμμάτων σπουδών για μαθήματα που υλοποιούνται παγκοσμίως.
- *Connexions* [477]. Αποτελεί ένα πρωτοποριακό επιχείρημα που το πεδίο εφαρμογής της ξεχωρίζει από τα άλλα OERs. Η ιστοσελίδα παρέχει εκπαιδευτικό υλικό για την πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και ανώτερη εκπαίδευση, καθώς και το βιομηχανικό τομέα. Όλα τα τμήματα της κοινωνίας μπορούν να συνεισφέρουν στη δημιουργία του εκπαιδευτικού υλικού. Το υλικό είναι διαθέσιμο σε διάφορες γλώσσες, και χρήστες από όλο τον κόσμο, μπορούν να το κατεβάσουν, προσαρμόσουν, και ανεβάσουν και πάλι στην ιστοσελίδα. Οι συγγραφείς μπορούν να αμείβονται για τη συμβολή τους.
- *MIT OpenCourseWare* [478]. Το γνωστό πανεπιστήμιο Massachusetts Institute of Technology (MIT) διαθέτει στο διαδίκτυο υλικό μαθημάτων προπτυχιακού και μεταπτυχιακού επιπέδου. Η πρωτοβουλία αυτή δεν έχει βλάψει τη φήμη του πανεπιστημίου, αντίθετα άνοιξε το δρόμο σε πολλά γνωστά πανεπιστήμια να ακολουθήσουν το παράδειγμα του, δημιουργώντας παρόμοια OCW, όπως τα πανεπιστήμια Berkeley, Stanford και Yale στις ΗΠΑ, το Beijing Jiaotong University στη Κίνα, το Indira Gandhi National Open University στην Ινδία, το Delft University of Technology, στην Ολλανδία, κλπ. Επίσης το Carnegie Mellon University στις ΗΠΑ, κάνει ένα παραπάνω βήμα με τη δημιουργία της «πρωτοβουλίας ανοιχτής μάθησης», ή Open Learning Initiative (OLI) δημιουργώντας εκπαιδευτικό υλικό και μαθήματα υψηλού ερευνητικού ενδιαφέροντος για τους φοιτητές που δεν έχουν πρόσβαση σε υψηλής ποιότητας

εκπαίδευση. Πρόσφατα, το Πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ και το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης συνεργάστηκαν για την από κοινού δημιουργία του EDX [479], δηλαδή μιας συλλογής διαδραστικών, ανοιχτών μαθημάτων εκπαίδευσης μέσω του διαδικτύου.

Όλα τα παραπάνω OERs, OSC, OCW, OLI συνιστούν ένα καινοτόμο μοντέλο εκπαίδευσης, την «ανοιχτή εκπαίδευση», ή Open education. Η «ανοιχτή εκπαίδευση» υποστηρίζει την ανεξάρτητη μάθηση, όπου ο σπουδαστής επιλέγει τι θέλει να μάθει, μελετήσει ή ερευνήσει. Η φιλοσοφία της «ανοιχτής εκπαίδευσης» εστιάζει στον σπουδαστή και την εκπαίδευσή του, ενώ ο δάσκαλος γίνεται αρωγός στη μάθηση. Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να διευκολύνουν και όχι να κυριαρχούν στην διαδικασία της μάθησης. Ο ρόλος των εκπαιδευτικών είναι να παρατηρούν, καθοδηγούν και παρέχουν το απαραίτητο υλικό στους εκπαιδευόμενους. Επίσης, η μάθηση σε ένα ομαδικό περιβάλλον είναι μια επωφελής για το μαθητή διαδικασία. Η συνεργατική ομαδική εργασία έχει σημαντικά οφέλη, όπως την αυξημένη συμμετοχή των μελών, την καλύτερη κατανόηση και εμπέδωση του εκπαιδευτικού υλικού και την καλύτερη αξιοποίηση των απαραίτητων δεξιοτήτων.

Πέρα από τα παραπάνω, έχουν αναπτυχθεί και άλλες «ανοιχτές δράσεις» στο χώρο της εκπαίδευσης, εκφράζοντας την ανάγκη για ανοιχτό περιεχόμενο και ανοιχτή εκπαίδευση. Ενδεικτικά αναφέρονται οι *open access*, *open research*, *open innovation*, *open knowledge*, *open textbooks*, *Open data* και πολλές άλλες:

- *Open access* («Ανοιχτή πρόσβαση») που αναφέρεται στην ατελή ή δωρεάν πρόσβαση στο περιεχόμενο επιστημονικών άρθρων με κρίση που έχουν δημοσιευτεί σε περιοδικά. Μερικά από αυτά έχουν επίσης άδεια για επαναχρησιμοποίηση και αναδιανομή, χαρακτηρίζοντας τα ως ανοιχτού περιεχόμενου.
- *Open research*, «Ανοιχτή έρευνα» είναι έρευνα που διεξάγεται στο πνεύμα του ελεύθερου και ανοικτού κώδικα λογισμικού. Μοιάζει πολύ με τα συστήματα ανοικτού κώδικα που είναι χτισμένα γύρω από ένα κώδικα που γίνεται δημόσια. Το κεντρικό θέμα της ανοιχτής έρευνας είναι να καταστήσει με σαφή τρόπο και ελεύθερα διαθέσιμα μέσω του Διαδικτύου τη μεθοδολογία, μαζί με τα τυχόν δεδομένα ή αποτελέσματα που εξάγονται ή που προέρχονται από αυτές. Αυτό επιτρέπει μια μεγάλης κλίμακας συνεργασία, ενώ παράλληλα ο καθένας μπορεί να συμμετάσχει σε οποιοδήποτε επίπεδο του έργου. Αν η έρευνα έχει επιστημονικό χαρακτήρα, τότε συχνά αναφέρεται ως ανοιχτή επιστήμη.
- *Open science* «Ανοιχτή επιστήμη» είναι ο όρος ομπρέλα του κινήματος υπέρ της διάδοσης και προσβασιμότητας σε όλα τα επίπεδα της κοινωνίας στην επιστημονική έρευνα και στα δεδομένα. Περιλαμβάνει πρακτικές, όπως η δημοσίευση ανοιχτής έρευνας, η προώθηση της ανοιχτής πρόσβασης και η ενθάρρυνση των επιστημόνων να δημοσιεύουν και κοινοποιούν την επιστημονική γνώση.

Παρόλο που υπάρχουν αρκετές διαφορές, η ιδεολογία της ανοιχτής πρόσβασης σε όλους, χωρίς κοινωνικούς ή οικονομικούς αποκλεισμούς, η συνεργατικότητα και η ενθάρρυνση για συμμετοχή αποτελούν κοινό τόπο με τις ιδεολογίες του ανοιχτού λογισμικού. Το γεγονός αυτό δείχνει την ισχυρή επίδραση του ανοιχτού λογισμικού στην «ανοιχτή εκπαίδευση».

#### 8.6.4 Συμπεράσματα

Το ανοιχτό λογισμικό βρίσκει σημαντική αποδοχή στο χώρο της εκπαίδευσης. Πολλές γνωστές και καθιερωμένες κοινότητες αλλά και εταιρείες ΕΛ/ΛΑΚ δημιουργούν

λογισμικό κατάλληλα διαμορφωμένο για το χώρο της εκπαίδευσης. Έτσι δημιουργείται μια μεγάλη γκάμα προϊόντων, ανάλογα με τις απαιτήσεις διαφορετικών χρηστών. Τα προϊόντα λογισμικού μπορεί να είναι από προσαρμοσμένα για την εκπαίδευση λειτουργικά συστήματα, έως και προγράμματα εξειδικευμένα σε συγκεκριμένα επιστημονικά πεδία, ενώ καλύπτουν όλες τις ηλικιακές βαθμίδες εκπαίδευσης.

Η μεγάλη επιτυχία όμως του ανοιχτού λογισμικού βρίσκεται στο χώρο της εξ' αποστάσεως εκπαίδευσης (online education) και τα ηλεκτρονικά συστήματα διαχείρισης της μάθησης LMS, CMS. Στο τομέα αυτό γνωρίζει μεγάλη διάχυση (π.χ. Moodle, Sakai). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ανάπτυξη ανοιχτού περιεχομένου, οδήγησε στη δημιουργία ενός νέου μοντέλου εκπαίδευσης, την ανοιχτή εκπαίδευση. Είναι προφανές ότι το ανοιχτό λογισμικό παίζει πολύ σημαντικό και διπλό ρόλο στον μετασχηματισμό της εκπαίδευσης σε νέες ψηφιακές μορφές. Αφενός αποτελεί μια ποιοτική και οικονομική τεχνολογική λύση και αφετέρου ασκεί επίδραση σε ιδεολογικό επίπεδο, θέτοντας τις βάσεις για νέα μοντέλα εκπαίδευσης που βασίζονται στα ανοιχτά πρότυπα, τη συνεργατικότητα και την ενεργή συμμετοχή εκπαιδευτών και εκπαιδευόμενων.

Το ανοιχτό λογισμικό και η ψηφιακή εκπαίδευση και μάθηση, χωριστά και μαζί, στοχεύουν στην πρόσβαση σε όλους, χωρίς κοινωνικούς ή οικονομικούς αποκλεισμούς. Παρά το γεγονός ότι και τα δύο κινήματα έχουν αποκτήσει σημαντικό βαθμό ωριμότητας, η ανάγκη για μεγαλύτερο συντονισμό υπάρχει. Ένα συνεκτικό σχέδιο πρέπει να φέρει σε επαφή τις αρχές και τεχνολογίες του ανοιχτού κώδικα, τα εκπαιδευτικά ιδρύματα, και τους οικονομικούς παράγοντες, με ρόλους σαφώς καθορισμένους. Ο συνδυασμός του ανοιχτού λογισμικού και της ψηφιακή εκπαίδευσης βρίσκονται ακόμη σε σχετικά αρχικό στάδιο, ιδιαίτερα στον κόσμο των καταναλωτών. Παρόλα αυτά ο σωστός συντονισμός τους έχει τη δυνατότητα να αλλάξει καθοριστικά το πρόσωπο της εκπαίδευσης.



## 9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το λογισμικό ανοιχτού κώδικα και το καινοτόμο μοντέλο ανάπτυξής του, έχει δημιουργήσει νέες συνθήκες όχι μόνο στην αγορά του λογισμικού, αλλά και των ΤΠΕ γενικότερα. Το ΕΛ/ΛΑΚ πλέον συναντάται όχι μόνο σε όλες τις κατηγορίες λογισμικού, αλλά και σε όλα τα επίπεδα υλικού, από ενσωματωμένα συστήματα (embedded systems) έως και υπολογιστικά πλέγματα (grids). Παρόλο που η διάδοσή του είναι για πολλούς δεδομένη, η έρευνα που αφορά στην πορεία και τους παράγοντες που επηρεάζουν αυτή τη διάχυση είναι σχετικά περιορισμένη.

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι μια ολοκληρωμένη μελέτη της διάχυσης του ανοιχτού λογισμικού και των επιπτώσεών της στο χώρο των ΤΠΕ. Η διατριβή, χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία structured-case, υλοποίησε μια σειρά από ερευνητικούς κύκλους για την ανάλυση του φαινομένου, αλλά και την επιλογή του κατάλληλου θεωρητικού υπόβαθρου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη περίπτωση του ΕΛ/ΛΑΚ.

Το αποτέλεσμα της ανάλυσης έδειξε ότι το ανοιχτό λογισμικό δε αποτελεί απλά ένα καινοτόμο μοντέλο ανάπτυξης, αλλά και ένα καινοτόμο επιχειρηματικό μοντέλο και ένα καινοτόμο ιδεολογικό πλαίσιο με άξονες την συνεργατικότητα, την ανοιχτή και χωρίς διακρίσεις συμμετοχή και τη διαφάνεια. Η πολυδιάστατη αυτή φύση του ΕΛ/ΛΑΚ, έθεσε και τις βασικές κατευθύνσεις στην έρευνα, όπου εξετάστηκαν οι επιδράσεις της διάχυσης σε τόσο σε τεχνολογικό, όσο και σε κοινωνικό, οικονομικό και θεσμικό επίπεδο.

Στο Κεφάλαιο 5 μελετήθηκε το καινοτόμο συνεργατικό μοντέλο ανάπτυξης λογισμικού των κοινοτήτων ΕΛ/ΛΑΚ. Στόχος της μελέτης ήταν η αναγνώριση των χαρακτηριστικών των κοινοτήτων ΕΛ/ΛΑΚ που συντελούν στη βιωσιμότητα των έργων, καθώς η βιωσιμότητα των έργων αποτελεί βασικό παράγοντα στη διάχυση. Για το σκοπό αυτό, μελετήθηκε μια από τις μεγαλύτερες κοινότητες ανάπτυξης έργων ΕΛ/ΛΑΚ, η SourceForge. Λαμβάνοντας υπόψη ιστορικά στοιχεία της εξέλιξης των έργων στη πύλη SourceForge και ένα πολυδιάστατο δομικό μοντέλο SEM, αποδεικνύεται ότι οι δύο βασικοί παράγοντες που καθορίζουν τη μελλοντική πορεία ενός έργου είναι αφενός η ικανότητά του να προσελκύει το ενδιαφέρον των χρηστών και αφετέρου ενεργούς χρήστες/προγραμματιστές σε επόμενη χρονική περίοδο. Η τελική επιλογή των χρηστών (εάν δηλαδή αποφασίσουν να γίνουν ενεργοί χρήστες ή όχι) επηρεάζεται από την απόδοση και τη παραγωγικότητα της κοινότητας, η οποία όχι μόνο βελτιώνει την ποιότητα του έργου, αλλά και την ποιότητα των υπηρεσιών. Παράλληλα, η τελική τους απόφαση επηρεάζεται και από την κοινωνική επίδραση που ασκείται μέσω των συζητήσεων των fora της κοινότητας. Η βιωσιμότητα του έργου εξασφαλίζεται με τη διαρκή προσέλκυση νέων και ενεργών χρηστών στις δύο προηγούμενες χρονικές περιόδους.

Η πορεία της διάχυσης του ΕΛ/ΛΑΚ σε επίπεδο κρατών μελετάται στο Κεφάλαιο 6, μέσα από κατάλληλα παραμετροποιημένα μοντέλα διάχυσης. Για τη μελέτη του φαινομένου της διάχυσης, η διατριβή προτείνει ένα θεωρητικό πλαίσιο, λαμβάνοντας υπόψη την πολυδιάστατη φύση του ΕΛ/ΛΑΚ, όσον αφορά σε τεχνολογικό, κοινωνικό, οικονομικό, πολιτικό επίπεδο. Κάθε χώρα θεωρείται ως ένα κοινωνικο-πολιτικό σύστημα με διαφορετικές κοινωνικές, πολιτικές, πολιτισμικές κουλτούρες και οικονομικές συνθήκες μέσα στις οποίες συμβαίνει η διάχυση του ανοιχτού λογισμικού. Το προτεινόμενο θεωρητικό πλαίσιο που αποτελείται από τις θεωρίες εξωγενούς και ενδογενούς ανάπτυξης και τη θεωρία θεσμών μπορεί να περικλείει πολλές από αυτές τις διαφορετικές συνθήκες.

Το θεωρητικό αυτό πλαίσιο εφαρμόζεται επιτυχώς, αφενός για την περίπτωση ενός από τα πιο ευρέως διαδεδομένα λογισμικά ανοιχτού κώδικα, του Apache web server (ενότητα 6.2) και αφετέρου για τη συνολική διείσδυση των χρηστών ανοιχτού λογισμικού σε επίπεδο χωρών (ενότητα 6.3). Από τη μελέτη του Apache web server προκύπτει ότι η διείσδυση του Internet παίζει σημαντικό ρόλο στο δυναμικό της αγοράς και ότι η ανάπτυξη του Apache δεν έχει φτάσει ακόμη στο μέγιστο ποσοστό της (σημείο καμπής). Συνεπώς, η καμπύλη διάχυσης και το δυναμικό της αγοράς θα εξακολουθούν να αυξάνονται για τα επόμενα χρόνια. Ως προς τους παράγοντες που βρέθηκαν να διαμορφώνουν τη διάχυση του Apache, αυτοί αποτελούνται από ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες, όπως η τεχνολογική υποδομή, το επίπεδο των δεξιοτήτων και της εκπαίδευσης, το εμπόριο ΤΠΕ και η ποιότητα των θεσμών. Οι παράγοντες αυτοί βρέθηκαν να επηρεάζουν θετικά την ανάπτυξη της τεχνολογίας Apache. Ένα άλλο σημαντικό αποτέλεσμα είναι η συμπεριφορά της διάχυσης Apache σε αναπτυσσόμενες και αναπτυσσόμενες χώρες, όπου βρέθηκε σημαντικό προβάδισμά του στις αναπτυσσόμενες χώρες. Το αποτέλεσμα είναι σύμφωνο με άλλες τεχνολογικές καινοτομίες και το πρόβλημα του ψηφιακού χάσματος.

Χρησιμοποιώντας τα ευρήματα που προέκυψαν από τη μελέτη του Apache καθώς και το ίδιο θεωρητικό πλαίσιο, ελέγχονται οι ίδιοι παράγοντες για την επίδραση που ασκούν στα διαφορετικά στάδια της διάχυσης του ΕΛ/ΛΑΚ σε παγκόσμιο επίπεδο. Το ερευνητικό ενδιαφέρον της δεύτερης έρευνας είναι αφενός ότι μελετάται πάνω στη διείσδυση των χρηστών του ΕΛ/ΛΑΚ (και δεν αποτελεί μελέτη περίπτωσης) και αφετέρου ότι δίνει τη δυνατότητα να βρεθούν οι παράγοντες που επιδρούν σε διαφορετικά στάδια της διάχυσης κάθε χώρας.

Σε γενικές γραμμές τα αποτελέσματα των δύο μελετών συμφωνούν ως προς τους παράγοντες της επίδρασης. Επιπλέον, εξετάστηκαν οι παράγοντες της καινοτομίας μιας χώρας, του ρυθμιστικού πλαισίου των συναλλαγών ΤΠΕ και της προστασίας των πνευματικών δικαιωμάτων που είχαν εξεταστεί στη μελέτη του Apache μόνο ως έμμεση επίδραση. Η καινοτομικότητα μιας χώρας είχε σημαντική επίδραση και στα δύο στάδια της διάχυσης, ενώ η αυστηρή προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων ασκεί περισσότερο θετική επίδραση κατά το χρόνο εκκίνησης της τεχνολογίας ΕΛ/ΛΑΚ. Το ρυθμιστικό πλαίσιο στις συναλλαγές ΤΠΕ δε βρέθηκε να έχει καμιά επίδραση.

Σημαντικό εύρημα είναι επίσης η διαφορετική βαρύτητα κάθε παράγοντα ανάλογα με το στάδιο της διάχυσης. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι η διαφορά στη συμπεριφορά των αναπτυσσόμενων και αναπτυσσόμενων χωρών υπάρχει μόνο κατά την εκκίνηση της τεχνολογίας, ενώ αντίθετα δε φαίνεται να υπάρχει διαφορά μεταξύ των χωρών ως προς τη ταχύτητα της διάδοσης. Άλλες διαφορές υπάρχουν στους παράγοντες της τεχνολογικής υποδομής και των πνευματικών δικαιωμάτων που έχουν μεγαλύτερη επίδραση στο πρώτο στάδιο της διάχυσης, σε σχέση με την επίδρασή τους στο ρυθμό ανάπτυξής της. Αντίθετη επίδραση ασκεί το εμπόριο ΤΠΕ, που έχει μεγαλύτερη επίδραση στον ρυθμό ανάπτυξης της διάχυσης.

Στα Κεφάλαια 7 και 8 εξετάζονται οι επιδράσεις της διάχυσης του ΕΛ/ΛΑΚ, τόσο στην αγορά λογισμικού, όσο και στο δημόσιο τομέα. Στο Κεφάλαιο 7 υλοποιείται ανάλυση της αγοράς λογισμικού και εξετάζεται η επίδραση του ανοιχτού λογισμικού στη συμπεριφορά και δομή της αγοράς. Γενικά, οι αγορές λογισμικού έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως δικτυακές εξωτερικότητες και επιδράσεις εγκλωβισμού που δημιουργούν δυσμενείς συνθήκες για τον ανταγωνισμό. Τα χαρακτηριστικά του ανοιχτού λογισμικού, από την άλλη πλευρά μπορούν να μειώσουν την ένταση των περιοριστικών αυτών συνθηκών της αγοράς.

Το γεγονός αυτό οδήγησε πολλές επιχειρήσεις της βιομηχανίας λογισμικού να προσαρμόσουν τη στρατηγική τους προς το ΕΛ/ΛΑΚ. Επίσης, πολλές εταιρείες έχουν

δημιουργήσει επιχειρηματικά μοντέλα γύρω από το οικοσύστημα ΕΛ/ΛΑΚ με επιτυχή αποτελέσματα. Η ανάλυση της αγοράς δείχνει ότι το ΕΛ/ΛΑΚ μπορεί να επηρεάσει τη δυναμική της αγοράς και τον ανταγωνισμό. Τα αποτελέσματα μπορεί να επαληθευτούν από σημαντικές εξελίξεις στο χώρο που σηματοδοτήθηκαν από τις κυρίαρχες εταιρείες λογισμικού, όπως οι IBM, Microsoft, Zend, HP, Novell, Google, κ.α.

Οι επιπτώσεις του ΕΛ/ΛΑΚ στον ανταγωνισμό, μπορούν να αξιολογηθούν περαιτέρω με την εφαρμογή του δείκτη HHI. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκαν τρεις σημαντικοί τομείς της αγοράς που είναι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι σε όλες τις ομάδες του πληθυσμού, δηλαδή οι τομείς των λειτουργικών συστημάτων σε desktop/laptop, των web servers και των web browsers. Και στις τρεις περιπτώσεις οι αγορές παρουσίασαν υψηλή συγκέντρωση, γεγονός που είναι σύμφωνο με τα χαρακτηριστικά της αγοράς του λογισμικού. Παρόλα' αυτά υπάρχει εμφανής μείωση στην συγκέντρωση, η οποία συνεπάγεται αύξηση του ανταγωνισμού.

Η μείωση του ανταγωνισμού στην αγορά, οφείλεται εν μέρει και στη δυνατότητα που δίνει το ΕΛ/ΛΑΚ για δημιουργία νέων επιχειρηματικών μοντέλων, που δημιουργούν νέες εισόδους στην αγορά. Για το λόγο αυτό μελετήθηκαν τα διαφορετικά ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ με στόχο τη δημιουργία ενός ολιστικού εννοιολογικού πλαισίου αναφοράς των ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ, που περιλαμβάνει την ταξινόμηση των διαφορετικών επιχειρηματικών μοντέλων, αλλά και ένα οντολογικό επιχειρηματικό μοντέλο ανοιχτού λογισμικού

Υλοποιήθηκε η μέθοδος structured-case, όπου μέσα από δύο ερευνητικούς κύκλους ανάλυσης και αξιολόγησης, αναδύονται οι νέες έννοιες και διαστάσεις των ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ. Οι έννοιες αυτές με τη σειρά τους αποκαλύπτουν τα δομικά στοιχεία της οντολογικής υπόστασης του επιχειρηματικού μοντέλου ΕΛ/ΛΑΚ. Τα στοιχεία που διαφοροποιούν το ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ από τα κλασσικά ΕΜ, είναι ο τρόπος οργάνωσης της παραγωγής, οι διαφορετικές άδειες ΕΛ/ΛΑΚ, τα διαφορετικά και καινοτόμα μοντέλα κέρδους και βέβαια η κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ η οποία μπορεί να συμπεριληφθεί στις υποδομές μιας επιχείρησης, καθώς προσφέρει πόρους τόσο σε έμψυχο υλικό (προγραμματιστές), όσο και σε πηγαίο κώδικα. Επιπλέον, από την κάθετη ανάλυση της δομής «προσφερόμενη αξία» προέκυψε η ταξινόμηση των ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ ανάλογα με τον τομέα της αγοράς που προκύπτουν. Η έρευνα ανέδειξε ένα νέο επιχειρηματικό μοντέλο, το μοντέλο «*εκδόσεις προστιθέμενης αξίας*». Συνολικά, το ολιστικό πλαίσιο παρέχει γνώσεις σχετικά με τα κρίσιμα στοιχεία της οντολογίας ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ, ρητή ταξινόμηση σχετικά με τις διάφορες εφαρμογές επιχειρηματικών μοντέλων και τους αντίστοιχους κινδύνους και ευκαιρίες που προκύπτουν από την υλοποίησή τους.

Η μελέτη της επίδρασης του ΕΛ/ΛΑΚ στην αγορά και τον ανταγωνισμό ολοκληρώνεται με μια βαθύτερη ανάλυση της αγοράς των ΛΣ για desktop/laptop (DP/LP). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της πρώτης μελέτης και τη χρήση του δείκτη HHI, η αγορά χαρακτηρίζεται από υψηλή συγκέντρωση, με το ΛΣ Windows να παρουσιάζει μονοπωλιακή συμπεριφορά. Συνεπώς, θεωρείται πως αποτελεί ιδανική περιπτώσιολογική μελέτη της συμπεριφοράς στην αγορά που προκαλείται εξαιτίας της ύπαρξης του ΕΛ/ΛΑΚ. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε, βασίζεται στις αρχές της πληθυσμιακής βιολογίας και του αντίστοιχου μοντέλου εξισώσεων Lotka- Volterra, ενώ η εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια γενετικών αλγορίθμων. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε πάνω στα τρία πιο διαδεδομένα ΛΣ, το Linux, το Mac OSX και τα Microsoft Windows.

Η βασική υπόθεση της μεθοδολογίας είναι η θεώρηση των τριών προϊόντων λογισμικού ως βιολογικά είδη τα οποία ανταγωνίζονται για μια κοινή πηγή, την ίδια την αγορά, εκφρασμένη από τα αντίστοιχα μερίδια αγοράς. Η ανάλυση έδειξε ότι στο σημείο ισορροπίας, όλα τα ΛΣ θα επιβιώσουν και θα συνυπάρχουν και μάλιστα η δομή της αγοράς θα βελτιωθεί ως προς το βαθμό συγκέντρωσής της. Αναφορικά με τη δυναμική

της αγοράς, φάνηκε ότι το Mac OSX έχει το μεγαλύτερο ρυθμό διείσδυσης και επηρεάζεται λιγότερο από τον ανταγωνισμό με τα υπόλοιπα συστήματα, ενώ επηρεάζεται περισσότερο από τη δυναμική του δικού του πληθυσμού. Επίσης, παρατηρήθηκε το φαινόμενο αμοιβαιότητας μεταξύ του ανοιχτού λογισμικού Linux και του «μεικτού» λογισμικού Mac OSX, δηλαδή ότι το Mac OSX ωφελείται έμμεσα από την άνοδο των μεριδίων αγοράς του Linux. Τα Windows καταγράφουν μείωση του μεριδίου τους, καθώς αντιμετωπίζουν ανταγωνιστικές πιέσεις και από το Linux και από το Mac OSX, με το Linux να αποτελεί τον κυριότερο αντίπαλο. Πάντως, ο ρυθμός ανάπτυξης του Linux δεν αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά, τουλάχιστον υπό τις παρούσες συνθήκες της αγοράς, ενώ τα Windows αναμένεται να διατηρήσουν την ηγετική τους θέση.

Χρησιμοποιώντας διαφορετικά επίπεδα υιοθέτησης του Linux σε βάρος των Windows, υλοποιείται ανάλυση ευαισθησίας προκειμένου να εξετασθούν η συμπεριφορά και δομή της αγοράς. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχουν συνθήκες κάτω από τις οποίες η δομή της αγοράς ΛΣ είναι δυνατόν να αλλάξει σημαντικά και να γίνει ακόμα και πλήρως ανταγωνιστική. Επιπλέον, υπάρχει μια σαφής ένδειξη αμοιβαιότητας ανάμεσα στο Linux και το Mac OSX, όπου η αύξηση της διείσδυσης του Linux ωφελεί άμεσα το Mac OSX, υποδεικνύοντας ότι αν τα δύο λογισμικά επιχειρούσαν να συνεργαστούν, το αποτέλεσμα θα ωφελούσε και τους δύο, αλλά ιδιαίτερα το Mac OSX. Η επίδραση αυτή μπορεί να συγκριθεί με τη στρατηγική συμμαχία των μικρών εταιρειών προκειμένου να αντιμετωπιστεί μια κατάσταση μονοπωλίου.

Συνεπώς ο ρόλος του ΕΛ/ΛΑΚ στον ανταγωνισμό είναι διπτός. Πρώτον, υπάρχει άμεση επίδραση λόγω της ύπαρξης προϊόντων ΕΛ/ΛΑΚ όπως το Linux, το οποίο συντελούν στη μείωση της υψηλής συγκέντρωσης και μονοπωλιακής συμπεριφοράς της αγοράς λογισμικού. Όπως διαπιστώθηκε, ακόμα και στην υψηλά συγκεντρωμένη αγορά των ΛΣ, το Linux όχι μόνο επιβιώνει αλλά αυξάνει και το μερίδιό του. Κατά δεύτερον, το ΕΛ/ΛΑΚ επιτρέπει τη δημιουργία νέων επιχειρηματικών μοντέλων, όπως το «μεικτό» λογισμικό, τα οποία με τη σειρά τους κάνουν εφικτή την επιτυχή είσοδο νέων ανταγωνιστικών προϊόντων στην αγορά. Το παράδειγμα του «μεικτού» Mac OSX δείχνει ότι το Mac OSX, παρά το ότι εισήλθε αργά στην αγορά κατόρθωσε να προσελκύσει σημαντικά μερίδια, σε μια ιδιαίτερα συγκεντρωμένη αγορά. Οι συνέπειες της επίδρασης του ΕΛ/ΛΑΚ στην αγορά των ΛΣ αντανακλώνται και σε νέες αγορές όπως αυτές των κινητών τηλεφώνων και tablets. Στην περίπτωση αυτή, το iOS που αποτελεί την εξέλιξη του Mac OSX για φορητά και tablets, έγινε το κυρίαρχο ΛΣ, ενώ τα αντίστοιχα ΛΣ που προέκυψαν από τα Windows για φορητές και κινητές συσκευές έχουν αμελητέα διείσδυση. Αντίθετα, το νεοεισερχόμενο ΛΣ ανοιχτού κώδικα το Google Android αναπτύσσεται ραγδαία. Τα αποτελέσματα δικαιολογούν τη στρατηγική πολλών εταιρειών προς την κατεύθυνση των επιχειρηματικών μοντέλων βασισμένων στο ΕΛ/ΛΑΚ, θέτοντάς το ως σημαντικό τμήμα της στρατηγικής τους.

Στο 8<sup>ο</sup> Κεφάλαιο μελετήθηκαν οι επιδράσεις της διάχυσης του ΕΛ/ΛΑΚ στο δημόσιο τομέα. Τα στρατηγικά πλεονεκτήματα που προσφέρει το ανοιχτό λογισμικό στους οργανισμούς και επιχειρήσεις, έχουν σημαντική επίδραση και στη περίπτωση του δημόσιου τομέα, όπου παρατηρείται σημαντική στροφή προς την υιοθέτηση λύσεων ανοιχτού λογισμικού, τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Πολλές μάλιστα είναι οι κυβερνήσεις που εφάρμοσαν πολιτικές υπέρ του ανοιχτού λογισμικού, όπως φορολογικές ελαφρύνσεις και υποχρεωτική υιοθέτηση σε δημόσιους οργανισμούς.

Οι λόγοι υιοθέτησης, εκτός από οικονομικοί (το ανοιχτό λογισμικό είναι οικονομικά πιο αποδοτικό), είναι και τεχνολογικοί (το ανοιχτό λογισμικό έχει αποδεδειγμένη ποιότητα, μετά από χρόνια αξιολόγησης, δοκιμών και βελτίωσης), αλλά και κοινωνικο-πολιτικοί, καθώς το ΕΛ/ΛΑΚ εμπεριέχει τις ιδεολογίες και έννοιες της ελευθερίας, διαφάνειας και

ενεργής συμμετοχής του πολίτη, που αποτελούν και πολιτική ιδεολογία. Συχνά μάλιστα αναφέρεται ότι οι ιδεολογικές αξίες και αρχές του ανοιχτού λογισμικού έχουν επεκταθεί και πέρα από το λογισμικό και εμπνεύσει μια σειρά από άλλες μορφές «ανοιχτών» πρωτοβουλιών, όπως τα ανοιχτά πρότυπα (open standards), την ανοιχτή πρόσβαση (open access), το ανοιχτό περιεχόμενο (open content), την ανοιχτή επιστήμη (open science), την ανοιχτή εκπαίδευση (open education), την ανοιχτή διακυβέρνηση (open government), την ανοιχτή καινοτομία (open innovation) και πολλά άλλα.

Η διατριβή εξετάζει δύο τομείς του δημοσίου τομέα, οι οποίοι φαίνονται να μοιράζονται το ίδιο ιδεολογικό περιεχόμενο με το ΕΛ/ΛΑΚ. Οι τομείς αυτοί είναι η ηλεκτρονική διακυβέρνηση και η εκπαίδευση. Η σχέση επίδρασης του ανοιχτού λογισμικού και της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης δοκιμάστηκε σε τρία διαφορετικά εννοιολογικά μοντέλα και μέσα από το πρίσμα των κοινωνικο-οικονομικών θεωριών της θεωρίας θεσμών, ανθρώπινου κεφαλαίου και τις θεωρίες εξωγενούς και ενδογενούς ανάπτυξης. Οι θεωρίες αυτές κρίθηκαν κατάλληλες για δύο λόγους. Πρώτον, γιατί ερμηνεύουν με επιτυχία τη διάχυση του ΕΛ/ΛΑΚ. Δεύτερον, γιατί οι θεωρίες ενδογενούς ανάπτυξης και θεσμών έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στη περίπτωση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Η θεωρία εξωγενούς ανάπτυξης χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά. Ο αντίστοιχος παράγοντας των διεθνών συναλλαγών και εμπορίου ΤΠΕ παρουσίασε σημαντική επίδραση στο μοντέλο και για το λόγο αυτό η θεωρία εξωγενούς επίδρασης συμπεριλήφθηκε στο θεωρητικό πλαίσιο.

Η ανάλυση έγινε με τη χρήση οικονομετρικής ανάλυσης σε δευτερογενή εμπειρικά διαστρωματικά δεδομένα χρονολογικής σειράς. Το αποτέλεσμα της σχέσης επίδρασης παρέμεινε θετικό και στα τρία μοντέλα. Συνεπώς, η επίδραση του ανοιχτού λογισμικού αποτελεί σταθερά έναν κρίσιμο παράγοντα για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση. Πράγματι, το ανοιχτό λογισμικό αποτελεί μια αναδυόμενη τάση στο δημόσιο τομέα και ειδικότερα στο χώρο της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, όπου υπάρχει αυξημένη ανάγκη για καινοτομία και μεταρρύθμιση του δύσκαμπτου και γραφειοκρατικού δημόσιου οργανισμού. Το ανοιχτό λογισμικό συνδυάζει τεχνολογική καινοτομία, ποιοτικά χαρακτηριστικά, αλλά και σημαντική μείωση στο κόστος. Από την άλλη πλευρά, η από κοινού επίδραση μεταξύ ανοιχτού λογισμικού και ηλεκτρονικής διακυβέρνησης δεν αποδεικνύεται.

Εκτός όμως από ένα προηγμένο τεχνολογικά εργαλείο, το ανοιχτό λογισμικό εμπεριέχει έννοιες και αξίες κοινές με αυτές της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, όπως η συνεργατικότητα, η συμμετοχή των πολιτών και η διαφάνεια. Αξίες που αποτυπώνονται στο τέταρτο και πιο ώριμο στάδιο της ανάπτυξης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Αυτές οι αξίες επιδρούν θετικά τόσο από τη πλευρά της ζήτησης όσο και την πλευρά της προσφοράς των εφαρμογών ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Δηλαδή από τη πλευρά των πολιτών, οι οποίοι καλούνται να συμμετάσχουν και να αποδεχθούν τις ηλεκτρονικές υπηρεσίες και από την πλευρά των κυβερνήσεων, οι οποίες καλούνται προς περισσότερη διαφάνεια, δημοκρατία και λήψη αποφάσεων από κοινού με τους πολίτες. Το μοντέλο ανάπτυξης ανοιχτού κώδικα έχει αποδείξει πώς μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της διοίκησης προς τις αρχές της συνεργατικότητας και της διευρυμένης συμμετοχής. Συνεπώς η υιοθέτησή του από τις κυβερνήσεις μπορεί να προκαλέσει αυξημένη συμμετοχή των πολιτών. Αντίστροφα και η αυξημένη υιοθέτηση του από τους πολίτες, διευρύνει την αντίληψη και τρόπο σκέψης των πολιτών ως προς τη συμμετοχή και τη διαφάνεια.

Από τις μελέτες προέκυψαν επίσης χρήσιμα αποτελέσματα που αφορούν στους παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Αυτοί περιλαμβάνουν θεσμικούς (την αποτελεσματικότητα της διακυβέρνησης, το αποτελεσματικό θεσμικό πλαίσιο, την ελευθερία του τύπου και την ποιότητα των θεσμών) και οικονομικούς παράγοντες (διεθνής εμπορικές συναλλαγές

ΤΠΕ). Τη μεγαλύτερη βαρύτητα επίδρασης όμως, κατέχει η *κοινωνική ανάπτυξη*, γεγονός που υποδηλώνει ότι υψηλότερα επίπεδα ζωής και μόρφωσης αποτελούν απαραίτητες συνθήκες για την επιτυχή διάδοση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. *Δηλαδή όσο οι θεσμικοί παράγοντες υποδηλώνουν την ωριμότητα ή και θέληση της κυβέρνησης να εφαρμόσει μια αποτελεσματική ηλεκτρονική διακυβέρνηση, η κοινωνική ανάπτυξη αποτελεί το μέτρο της ωριμότητας ή θέλησης της κοινωνίας να αποδεχθεί τέτοιου είδους πρωτοβουλίες.*

Επίσης, από το μοντέλο CM3, προέκυψαν δύο σημαντικοί για το ανοιχτό λογισμικό παράγοντες διάχυσης, η καινοτομία και οι τηλεπικοινωνιακές υποδομές, οι οποίες επιβεβαιώνουν τα αποτελέσματα του μοντέλου διάχυσης ΕΛ/ΛΑΚ στην ενότητα 6.3.

Στον τομέα της εκπαίδευσης, το ανοιχτό λογισμικό βρίσκει σημαντική αποδοχή. Πολλές γνωστές και καθιερωμένες κοινότητες αλλά και εταιρείες ΕΛ/ΛΑΚ δημιουργούν λογισμικό κατάλληλα διαμορφωμένο για το χώρο της εκπαίδευσης. Έτσι δημιουργείται μια μεγάλη γκάμα προϊόντων, ανάλογα με τις απαιτήσεις διαφορετικών χρηστών. Τα προϊόντα λογισμικού μπορεί να είναι από ΛΣ ειδικά προσαρμοσμένα για την εκπαίδευση, έως και προγράμματα εξειδικευμένα σε συγκεκριμένα επιστημονικά πεδία, ενώ καλύπτουν όλες τις ηλικιακές βαθμίδες εκπαίδευσης.

Η μεγάλη επιτυχία όμως του ανοιχτού λογισμικού βρίσκεται στο χώρο της εξ' αποστάσεως εκπαίδευσης (online education) και τα ηλεκτρονικά συστήματα διαχείρισης της μάθησης LMS, CMS. Στο τομέα αυτό γνωρίζει μεγάλη διάχυση (π.χ. Moodle, Sakai). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ανάπτυξη ανοιχτού περιεχομένου, οδήγησε στη δημιουργία ενός νέου μοντέλου εκπαίδευσης, την «*ανοιχτή εκπαίδευση*». Είναι προφανές ότι το ανοιχτό λογισμικό παίζει πολύ σημαντικό και διπλό ρόλο στον μετασχηματισμό της εκπαίδευσης σε νέες ψηφιακές μορφές. Αφενός αποτελεί μια ποιοτική και οικονομική τεχνολογική λύση και αφετέρου ασκεί επίδραση σε ιδεολογικό επίπεδο, θέτοντας τις βάσεις για νέα μοντέλα εκπαίδευσης που βασίζονται στα ανοιχτά πρότυπα, τη συνεργατικότητα και την ενεργή συμμετοχή εκπαιδευτών και εκπαιδευόμενων.

Το ανοιχτό λογισμικό και η ψηφιακή εκπαίδευση και μάθηση, χωριστά και μαζί, στοχεύουν στη πρόσβαση σε όλους, χωρίς κοινωνικούς ή οικονομικούς αποκλεισμούς. Παρά το γεγονός ότι και τα δύο κινήματα έχουν αποκτήσει σημαντικό βαθμό ωριμότητας, η ανάγκη για μεγαλύτερο συντονισμό υπάρχει. Ένα συνεκτικό σχέδιο πρέπει να φέρει σε επαφή τις αρχές και τεχνολογίες του ανοικτού κώδικα, τα εκπαιδευτικά ιδρύματα, και τους οικονομικούς παράγοντες, με ρόλους σαφώς καθορισμένους. Ο συνδυασμός του ανοιχτού λογισμικού και της ψηφιακή εκπαίδευσης βρίσκονται ακόμη σε σχετικά αρχικό στάδιο, ιδιαίτερα στον κόσμο των καταναλωτών. Παρόλα αυτά ο σωστός συντονισμός τους έχει τη δυνατότητα να αλλάξει καθοριστικά το πρόσωπο της εκπαίδευσης.

### **9.1 Συνεισφορά της διατριβής σε ερευνητικό επίπεδο**

Μέσα από τις διαφορετικές μελέτες και μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν στη παρούσα διατριβή, έγινε μια προσπάθεια να δοθούν απαντήσεις σε ορισμένα βασικά ερευνητικά ερωτήματα που αφορούν στη διάχυση του ΕΛ/ΛΑΚ και τις επιπτώσεις της στο δημόσιο τομέα και τον ανταγωνισμό, όπου διαπιστώθηκε ότι ο χώρος υπολείπεται σε έρευνα. Τα βασικά ερευνητικά ερωτήματα γύρω από τα οποία επικεντρώθηκε η διατριβή είναι:

- Ποια είναι η πορεία διάχυσης του ανοιχτού λογισμικού σε επίπεδο χωρών; Ποιοι είναι οι παράγοντες που μπορούν να την επηρεάσουν;
- Ποιοι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη βιωσιμότητα του ΕΛ/ΛΑΚ;

- Ποια είναι η πορεία διάχυσης του ΕΛ/ΛΑΚ σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον; Θα μπορέσει το ανοιχτό λογισμικό να αντέξει και επιβιώσει στη πίεση του ανταγωνισμού;
- Πως επιδρά η διάχυση του ΕΛ/ΛΑΚ στη δυναμική και δομή της αγοράς των ΤΠΕ;
- Υπάρχουν συνθήκες κάτω από τις οποίες μια μονοπωλιακή δομή της αγοράς μπορεί να αλλάξει ριζικά;
- Ποια είναι και πως μπορούν να κατηγοριοποιηθούν τα επιχειρηματικά μοντέλα ανοιχτού λογισμικού; Υπάρχει γενικευμένο ΕΜ για το ανοιχτό λογισμικό;
- Μπορεί το ανοιχτό λογισμικό να επηρεάσει τον ανταγωνισμό της αγοράς;
- Ποια είναι η επίδραση της διάχυσης του ΕΛ/ΛΑΚ στο δημόσιο τομέα; Υπάρχει σχέση ανάμεσα στο ανοιχτό λογισμικό και την ηλεκτρονική διακυβέρνηση;

Η συνεισφορά της διατριβής στην έρευνα, αφορά στη δημιουργία και ανάπτυξη κατάλληλων μεθοδολογιών για την αποτελεσματική και τεκμηριωμένη απάντηση στα πιο πάνω ερωτήματα. Βασιζόμενοι σε κατάλληλο θεωρητικό και μεθοδολογικό υπόβαθρο αλλά και εμπειρικά δεδομένα, η συνεισφορά της διατριβής μπορεί να συνοψιστεί στα ακόλουθα:

### **Διάχυση ανοιχτού λογισμικού**

*Δημιουργία νέων θεωρητικών κατευθύνσεων για την ερμηνεία της διάχυσης του ΕΛ/ΛΑΚ.* Δημιουργία ενός ενιαίου θεωρητικού πλαισίου αναφοράς για την ερμηνεία των παραγόντων που συντελούν στη διάχυση του ανοιχτού λογισμικού, λαμβάνοντας υπόψη την τεχνολογική, κοινωνική, οικονομική και θεσμική διάσταση του ανοιχτού λογισμικού. Στηριζόμενοι σε αυτό το θεωρητικό πλαίσιο υλοποιήθηκαν οι ακόλουθες μελέτες:

- Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την εκτίμηση της διάχυσης του Apache και αξιολόγηση των παραγόντων που επιδρούν στη διαμόρφωση του κόρου της αγοράς του, τόσο σε κρατικό επίπεδο, όσο και σε επίπεδο ομάδων κρατών (ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες).
- Εκτίμηση της διάχυσης του ανοιχτού λογισμικού και των παραγόντων που συντελούν στη διάχυση σε επίπεδο κρατών. Σύγκριση μεταξύ των κρατών και σύγκριση των αποτελεσμάτων σε διαφορετικά χρονικά σημεία της διάχυσης.

Συνολικά και οι δύο μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν, εξετάζουν τους παράγοντες επίδρασης σε διαφορετικά χρονικά στάδια: (i) στην έναρξη, (ii) στο ρυθμό της ανάπτυξης και (iii) στον κόρο της διάχυσης.

### **Βιωσιμότητα ανοιχτού λογισμικού**

Δημιουργία εννοιολογικού μοντέλου για την εκτίμηση και αξιολόγηση της αλληλεπίδρασης των παραμέτρων που συντελούν στη βιωσιμότητα των έργων ανοιχτού λογισμικού, λαμβάνοντας υπόψη τη διάσταση του χρόνου.

### **Επίδραση της διάχυσης του ανοιχτού λογισμικού στον ανταγωνισμό της αγοράς ΤΠΕ**

- i. Ανάπτυξη μοντέλου ανταγωνισμού με βάση τις αρχές της πληθυσμιακής βιολογίας (population biology), κατά την οποία ο ανταγωνισμός της αγοράς προσομοιώνεται με την πορεία επιβίωσης των ειδών σε ένα περιβάλλον. Το μοντέλο παρέχει:
  - Εκτίμηση και πρόβλεψη του επιπέδου ανταγωνισμού και της δυναμικής της αγοράς ΛΣ.

- Το μελλοντικό σημείο ισορροπίας της αγοράς.
  - Αποτίμηση και πρόβλεψη της διάχυσης του Linux λαμβάνοντας υπόψη τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανταγωνιστικών ειδών της αγοράς.
  - Αποτίμηση του ρόλου και της θέσης στην αγορά των ΛΣ του Mac OSX που αποτελεί επιχειρηματικό μοντέλο ΕΛ/ΛΑΚ.
  - Ακόμη στο πλαίσιο της έρευνας, δημιουργείται μοντέλο που μελετά τη συμπεριφορά και δομή της αγοράς ΛΣ για διαφορετικές περιπτώσεις ποσοστού διεξόδου του ΛΣ Linux.
- ii. Δημιουργία ενός ολιστικού εννοιολογικού πλαισίου αναφοράς των επιχειρηματικών μοντέλων ανοιχτού λογισμικού, που περιλαμβάνει την ταξινόμηση των διαφορετικών επιχειρηματικών μοντέλων, αλλά και ένα γενικευμένο οντολογικό επιχειρηματικό μοντέλο ανοιχτού λογισμικού.
  - iii. Αποτίμηση της επίδρασης του ανοιχτού λογισμικού στη συγκέντρωση της αγοράς λογισμικού.

### **Επίδραση της διάχυσης του ανοιχτού λογισμικού στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση και την ανοιχτή εκπαίδευση.**

Ανάπτυξη οικονομετρικών μοντέλων για την εκτίμηση και αξιολόγηση της σχέσης του ανοιχτού λογισμικού με την ηλεκτρονική διακυβέρνηση.

### **9.2 Συνεισφορά της διατριβής σε πρακτικό επίπεδο**

Τα αποτελέσματα της έρευνας μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμα βοηθητικά εργαλεία για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και στρατηγικού σχεδιασμού σχετικά με τεχνολογικά θέματα, τόσο σε επίπεδο επιχειρηματικό όσο και σε πολιτικό επίπεδο (π.χ. σε επίπεδο δημοσίων οργανισμών), καθώς δίνουν τη δυνατότητα για την αξιολόγηση των παραγόντων που συντελούν στη διάχυση και βιωσιμότητα των τεχνολογιών του ανοιχτού λογισμικού.

Σε επίπεδο δημοσίων οργανισμών, τα συμπεράσματα για τη σχέση του ανοιχτού λογισμικού και της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, μπορούν να ληφθούν υπόψη τόσο σε επίπεδο τεχνολογικής μεταρρύθμισης, όσο και σε πολιτικό επίπεδο, καθώς εμπεριέχουν την αξιολόγηση κρίσιμων οικονομικών, κοινωνικών και θεσμικών παραγόντων σε επίπεδο κρατών.

Οι προτεινόμενες μεθοδολογίες και μοντέλα, παρέχουν επίσης πιο ακριβείς, a-priori εκτιμήσεις της πορείας διάχυσης, του ανταγωνισμού και των πιθανών σημείων ισορροπίας της αγοράς. Τέτοιου είδους εκτιμήσεις, μπορούν να αποβούν πολύ χρήσιμες σε ένα διαρκώς εξελισσόμενο και ανταγωνιστικό περιβάλλον, όπως αυτό της αγοράς ΤΠΕ.

Παράλληλα, το θέμα της αβεβαιότητας γύρω από τη βιωσιμότητα των ΕΛ/ΛΑΚ αποτελεί, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, έναν από τους σημαντικά ανασταλτικούς παράγοντες υιοθέτησής του. Σε επίπεδο οργανισμών ή επιχειρηματικό επίπεδο, μια επιλογή λογισμικού με μικρό κύκλο ζωής, μπορεί να μεταφραστεί σε απώλεια σε χρόνο και προσπάθεια (π.χ. εκπαίδευσης του προσωπικού και στη συνέχεια μετάβασης σε άλλο σύστημα) αρκετών ανθρωποωρών και συνεπώς να έχει σημαντικό οικονομικό κόστος. Το μοντέλο βιωσιμότητας που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 5, δίνει τη δυνατότητα αξιολόγησης των παραγόντων που εξασφαλίζουν μεγαλύτερο κύκλο ζωής στα έργα ΕΛ/ΛΑΚ.

Εκτός από τον ανταγωνισμό, ένα άλλο κρίσιμο θέμα για τις επιχειρήσεις των ΤΠΕ, αποτελούν τα αναδυόμενα επιχειρηματικά μοντέλα ανοιχτού λογισμικού και οι σχετικές



στρατηγικές που μπορούν να ακολουθηθούν από τις εταιρείες προκειμένου να ανταποκριθούν στην τάση της αγοράς προς το ΕΛ/ΛΑΚ. Προς αυτή τη κατεύθυνση, η διατριβή προτείνει ένα ολιστικό εννοιολογικό πλαίσιο αναφοράς των επιχειρηματικών μοντέλων ανοιχτού λογισμικού, που περιλαμβάνει την ταξινόμηση των διαφορετικών επιχειρηματικών μοντέλων, αλλά και ένα γενικευμένο οντολογικό επιχειρηματικό μοντέλο ανοιχτού λογισμικού. Το πλαίσιο αυτό μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για τους διαχειριστές και υπεύθυνους λήψης αποφάσεων που θα ήθελαν να αποτιμήσουν τις βασικές παραμέτρους, τις ευκαιρίες και κινδύνους που περιλαμβάνει η προσαρμογή του επιχειρηματικού τους μοντέλου σε ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ. Το εργαλείο συνοψίζει τις γνώσεις αρχιτεκτονικής και δομικών στοιχείων του ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ, τις διαφορετικές εφαρμογές και τις ευκαιρίες και κινδύνους από τη μελέτη πραγματικών περιπτώσεων της αγοράς.

### 9.3 SWOT ανάλυση του ΕΛ/ΛΑΚ

Ένα άλλο χρήσιμο εργαλείο τόσο για την έρευνα όσο και για την πράξη που προέκυψε μέσα από τη βιβλιογραφία, την ανάλυση και τα συμπεράσματα των μελετών της παρούσας διατριβής, αποτελεί η SWOT ανάλυση για το ΕΛ/ΛΑΚ.

Η ανάλυση SWOT είναι ένα εργαλείο στρατηγικού σχεδιασμού το οποίο χρησιμοποιείται για την ανάλυση του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος μίας οντότητας, με σκοπό την καλύτερη αποτίμηση των συνθηκών, προκειμένου να ληφθεί μία απόφαση (συνήθως από έναν οργανισμό ή μια επιχείρηση) σε σχέση με αυτή την οντότητα. Το ακρωνύμιο SWOT προκύπτει από τις αγγλικές λέξεις Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats (αντίστοιχα στα ελληνικά: δυνατά σημεία, αδύνατα σημεία, ευκαιρίες, απειλές).

Σχηματικά η ανάλυση απεικονίζεται στο Σχήμα 9-1. Οι επόμενες παράγραφοι σχολιάζουν αναλυτικότερα τόσο τα δυνατά σημεία και προοπτικές για το ΕΛ/ΛΑΚ, όσο και τα αδύνατα σημεία και απειλές που παρουσιάζονται για το μέλλον.

#### **Δυνατά σημεία.**

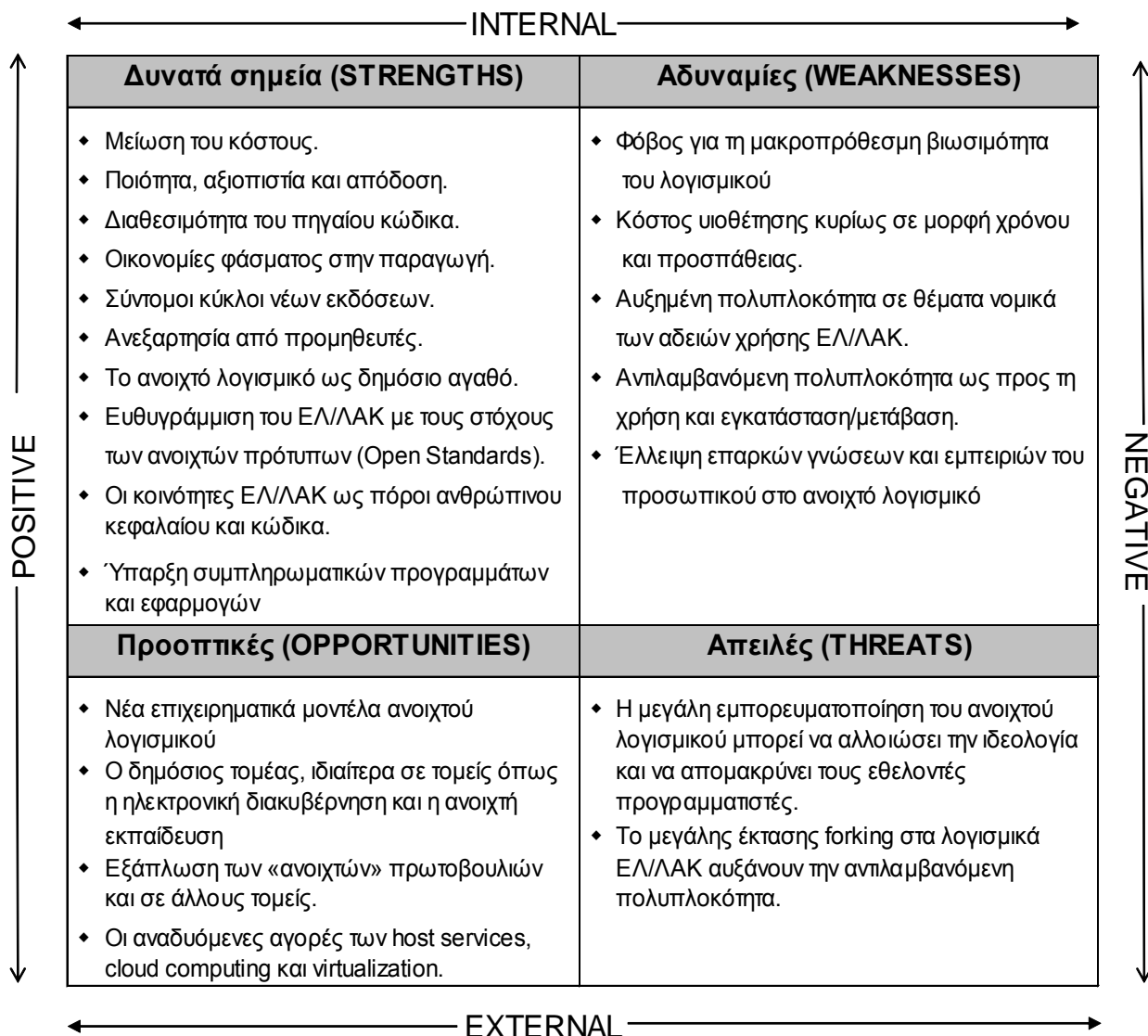
*Μείωση του κόστους.* Τα προϊόντα ΕΛ/ΛΑΚ δεν χρεώνουν τις άδειες χρήσης του λογισμικού, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να μειώσουν τα κόστη απόκτησης υλικού [265], και ανάπτυξης και συντήρησης [397]. Για μεγάλους οργανισμούς αυτό μπορεί να αποτελεί εξοικονόμηση δεκάδων εκατομμυρίων δολαρίων.

*Ποιότητα, αξιοπιστία και απόδοση.* Μια τεράστια κοινότητα χρηστών του ΕΛ/ΛΑΚ ελέγχουν και δοκιμάζουν τον κώδικα σε ένα ευρύ φάσμα πλατφορμών πριν εγκριθεί η τελική της έκδοση. Τα σφάλματα βρίσκονται και διορθώνονται γρήγορα. Η ανατροφοδότηση από την κοινότητα με επαναληπτική και εκτεταμένη κριτική και έλεγχο, βοήθησε το ΕΛ/ΛΑΚ να αποκτήσει τεχνολογικά χαρακτηριστικά, όπως η αξιοπιστία, η ασφάλεια, η ευελιξία και επεκτασιμότητα [398, 480]. η αξιοπιστία (reliability), η απόδοση (performance), η σταθερότητα του συστήματος εφαρμογής (stability) και η επεκτασιμότητα (scalability) [398]. Η σταθερότητα του συστήματος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα σε τομείς όπου η συνεχής και αδιάλειπτη λειτουργία των ΠΣ είναι υψίστης σημασίας.

*Σύντομοι κύκλοι νέων εκδόσεων.* Η μεγάλη κοινότητα των προγραμματιστών, επίσης, παρέχει μεγαλύτερη ικανότητα καινοτομίας, προσφέροντας αναβαθμίσεις και βελτιώσεις του λογισμικού, αλλά και νέα προϊόντα, σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα σε σχέση με τα ιδιόκτητα λογισμικά [481].

*Διαθεσιμότητα του πηγαίου κώδικα.* Η διαθεσιμότητα του κώδικα εκτός από την καλύτερη ποιότητα και ασφάλεια που προσφέρει, επιτρέπει προσαρμογές έτσι ώστε να καλύψει με επάρκεια και αποτελεσματικότητα τις ιδιαίτερες ανάγκες ενός ατόμου ή μιας

επιχείρησης. Η διαθεσιμότητα του κώδικα παρέχει περισσότερες επιλογές για έλεγχο [30, 31]. Όταν ένα πρόβλημα είναι ακάλυπτο, απευθύνεται γρήγορα. Έτσι είναι πολύ πιο δύσκολο να υποστεί επιθέσεις χωρίς να γίνει γρήγορα αντιληπτό. Αυτό, με τη σειρά του, αυξάνει την ασφάλεια του συστήματος [32, 33].



Σχήμα 9-1. SWOT ανάλυση για το ΕΛ/ΛΑΚ

**Ανεξαρτησία από προμηθευτές.** Οι χρήστες του ιδιόκτητου λογισμικού πρέπει να βασίζονται στο αρχικό προμηθευτή για προσαρμογές ή αλλαγές στο λογισμικό και ως εκ τούτου παραμένουν εξαρτημένοι σε αυτόν. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται υψηλή αβεβαιότητα και κίνδυνους ως προς τη βιωσιμότητα του λογισμικού. Στις περιπτώσεις αυτές, το λογισμικό δε μπορεί να συνεχίσει να υποστηρίζεται είτε λόγω αδυναμίας της εταιρείας, είτε λόγω του υψηλού κόστους που αξιώνει η εταιρεία από τον φορέα, εξαιτίας αυτής της σχέσης εξάρτησης, π.χ. ανάλογα με το είδος των τροποποιήσεων που θα είναι αναγκαίες, την απόφαση του ιδιοκτήτη να σταματήσει την υποστήριξη λόγω της πτώχευσης ή συγχώνευσης της εταιρείας, κλπ.

**Το ανοιχτό λογισμικό ως δημόσιο αγαθό:** Το ΕΛ/ΛΑΚ είναι ελεύθερα διαθέσιμο, με πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα. Συνεπώς μπορεί να είναι αντιμετωπίζεται ως δημόσιο αγαθό που δημιουργήθηκε από πολίτες που προσφέρουν την εργασία τους εθελοντικά με ένα ανοικτό και συνεργατικό τρόπο. Η συμμετοχή σε μια παγκόσμια κοινότητα μπορεί να βοηθήσει στη εξάπλωση και προσαρμογή των ιδεών του ανοιχτού λογισμικού ανάμεσα στις χώρες και ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Ως δημόσιο αγαθό, το ΕΛ/ΛΑΚ μπορεί να προωθήσει την τοπική ανάπτυξη σε δεξιότητες ΤΠΕ με εστίαση στις ανάγκες της κοινότητας που με τη σειρά της μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία προσπαθειών για έρευνα και ανάπτυξη σε τοπικό επίπεδο. Οι κοινωνικές παροχές που προκύπτουν από μια στρατηγική ΤΠΕ προς την ανάπτυξη του ΕΛ/ΛΑΚ μπορεί να περιλαμβάνει 1) αυξημένη πρόσβαση στην πληροφορία της κυβέρνησης προς τους πολίτες, 2) αύξηση της διαφάνειας στην υλοποίηση των λύσεων της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, 3) που βοηθά στην ανάπτυξη μιας τοπικής βιομηχανίας λογισμικού και 4) ανάπτυξη των τοπικών δεξιοτήτων πληροφορικής.

*Ευθυγράμμιση του ΕΛ/ΛΑΚ με τους στόχους των Ανοιχτών Πρότυπων (Open Standards):* Παρόλο που λογισμικό ανοιχτού κώδικα δεν συνεπάγεται και χρήση ανοικτών πρότυπων, τα προγράμματα ανοιχτού κώδικα είναι περισσότερο ευθυγραμμισμένα με τα ανοικτά πρότυπα, σε σχέση με τα ιδιόκτητα. Το ίδρυμα ανοιχτού λογισμικού OSI υποστηρίζει ενεργά τα ανοικτά πρότυπα [318]. Σε πολλές περιπτώσεις έχουν αναπτυχθεί προσαρμογές που επιτρέπουν τη διαλειτουργικότητα και συμβατότητα του ΕΛ/ΛΑΚ με άλλα προϊόντα λογισμικού (Για παράδειγμα τα Mozilla Firefox και OpenOffice μπορούν να λειτουργήσουν στα Windows). Για το λόγο αυτό το ΕΛ/ΛΑΚ χαρακτηρίζεται από διαλειτουργικότητα και φορητότητα. Το γεγονός αυτό επιτρέπει τόσο στους χρήστες όσο και στους κατασκευαστές εφαρμογών να αποφύγουν εξαρτήσεις και εγκλωβισμό σε συγκεκριμένους προμηθευτές λογισμικού.

*Οικονομίες εύρους στην παραγωγή:* Το ΕΛ/ΛΑΚ χαρακτηρίζεται από την χρήση σπονδυλωτής δομής στον κώδικα (modularity), το οποίο με τη σειρά του επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση κώδικα στο ίδιο ή σε διαφορετικά προϊόντα, προσφέροντας οικονομίες εύρους. Επίσης, η κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ συμβάλλει στην ανάπτυξη και αποσφαλμάτωση κώδικα, παρέχοντας σημαντικούς πόρους τόσο σε ανθρώπινο κεφάλαιο, όσο και σε κώδικα. Έτσι μπορούν να εξοικονομηθούν χρήματα για περισσότερη καινοτομία ή εξέλιξη και διαφοροποίηση του προϊόντος από άλλα ανταγωνιστικά.

### **Αδύνατα σημεία.**

*Φόβος για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα του λογισμικού:* Θεωρείται ένας από τους ανασταλτικούς παράγοντες υιοθέτησης του ΕΛ/ΛΑΚ, καθώς ένα μη βιώσιμο λογισμικό μπορεί να αποφέρει σημαντικό κόστος.

*Κόστος υιοθέτησης κυρίως σε μορφή χρόνου και προσπάθειας:* Καθώς το ανοιχτό λογισμικό συνήθως δίδεται δωρεάν ή σε χαμηλή τιμή, το μεγαλύτερο κόστος απόκτησης είναι ως προς το χρόνο και προσπάθεια που πρέπει να δαπανηθεί για την εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση του λογισμικού. Στα κόστη αυτά περιλαμβάνονται κόστη μετάβασης ή ενσωμάτωσης διαφορετικών συστημάτων, κόστη εκπαίδευσης του προσωπικού, κλπ.

*Αυξημένη πολυπλοκότητα σε θέματα νομικά των αδειών χρήσης ΕΛ/ΛΑΚ:* Εκτός από τις κλασσικές και αμοιβαίες άδειες χρήσης ΕΛ/ΛΑΚ, όπου οι περιορισμοί είναι συνήθεις και δεδομένοι, έχει αναπτυχθεί ένας πολύ μεγάλος αριθμός αδειών ΕΛ/ΛΑΚ, κυρίως από εταιρείες. Πολλές από αυτές είναι ογκώδεις με περίπλοκους και ασαφείς όρους. Συνεπώς πολλοί οργανισμοί διστάζουν να μπουν στη διαδικασία υιοθέτησης ενός λογισμικού που θεωρούν ότι συνοδεύεται από περίπλοκες άδειες που μπορεί να τους εμπλέξει σε μη νόμιμες πράξεις. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι νόμοι που αφορούν λογισμικό και ιδιαίτερα το ΕΛ/ΛΑΚ, είναι ακόμη περιορισμένοι και μπορεί να διαφέρουν από χώρα σε χώρα.

*Αντιλαμβανόμενη πολυπλοκότητα ως προς τη χρήση και εγκατάσταση/μετάβαση:* Τα πρώτα έργα ΕΛ/ΛΑΚ απευθύνονταν περισσότερο σε χρήστες με τεχνολογικές δεξιότητες, είχαν περίπλοκη διαδικασία εγκατάστασης και σπάνια συνοδεύονταν από την

απαραίτητη τεκμηρίωση. Τα τελευταία χρόνια, τα έργα που υποστηρίζονται από μεγάλες κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ, ή επιχειρήσεις έχουν σαφώς βελτιώσει αυτές τις συνθήκες, διευκολύνοντας στην εξάπλωση του ΕΛ/ΛΑΚ. Παρόλα αυτά, μπορεί να υπάρχουν ακόμη έργα που δεν είναι ιδιαίτερα φιλικά προς το χρήστη.

*Έλλειψη επαρκών γνώσεων και εμπειριών του προσωπικού στο ανοιχτό λογισμικό.* Καθώς το ΕΛ/ΛΑΚ μέχρι πρόσφατα δεν ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένο στους υπολογιστές οικιακής χρήσης, οι περισσότεροι χρήστες δεν είναι εξοικειωμένοι με το ΕΛ/ΛΑΚ.

### **Προοπτικές.**

*Αναδυόμενες αγορές Host services, cloud computing, virtualization:* Σε επίπεδο servers, το ΕΛ/ΛΑΚ και ιδιαίτερα τα Linux και Apache αναμένεται να έχουν πολλές προοπτικές στις ανερχόμενες αγορές των υπηρεσιών διαδικτύου (Host services), τα υπολογιστικά νέφη (cloud computing), το εικονικό περιβάλλον (virtualization). Ήδη στους τομείς αυτούς υπάρχει μεγάλη προτίμηση στο ΕΛ/ΛΑΚ, λόγω του συνδυασμού μικρού κόστους και υψηλής ποιότητας. Για παράδειγμα, εταιρείες όπως η Google, η Amazon και η E-bay προτιμούν να χρησιμοποιούν συμπλέγματα διακομιστών Linux για τις υπηρεσίες τους. Επίσης, τα υπολογιστικά νέφη (cloud computing), προσφέρουν μια τάση προς μια πιο κεντρική διαχείριση με τη χρήση των thin clients. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι σε επίπεδο διακομιστών χρησιμοποιείται ευρέως το Linux, σημαίνει ότι πολύ σύντομα το Linux θα εμφανίζεται και στις οθόνες του τελικού χρήστη (thin client) και συνεπώς αναμένεται εξοικείωση περισσότερων χρηστών με το ΕΛ/ΛΑΚ.

*Νέα επιχειρηματικά μοντέλα ανοιχτού λογισμικού:* Η αγορά ΤΠΕ και ιδιαίτερα οι τομείς των υπηρεσιών και λογισμικού, αλλάζουν μορφή με νέα επιχειρηματικά μοντέλα και στρατηγικές που βασίζονται στο ΕΛ/ΛΑΚ και το καινοτόμο μοντέλο ανάπτυξης του. Τα μοντέλα αυτά διαρκώς εξελίσσονται και μετατρέπονται ανάλογα με τη δυναμική της αγοράς. Αναμένεται να δημιουργηθούν περισσότερες καινοτομίες στο χώρο αυτό, που τελικά θα προωθήσουν το ανοιχτό λογισμικό.

*Δημόσιος τομέας:* Το τεχνολογικό και ιδεολογικό περιεχόμενο του ΕΛ/ΛΑΚ δημιουργεί πολλές ευκαιρίες για υιοθέτησή του στο δημόσιο τομέα και κυρίως στους τομείς της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και της ανοιχτής εκπαίδευσης.

*Εξάπλωση νέων «ανοιχτών» πρωτοβουλιών σε άλλους τομείς:* Οι ανερχόμενες μορφές «ανοιχτών» πρωτοβουλιών, όπως τα ανοιχτά πρότυπα (open standards), η ανοιχτή πρόσβαση (open access), το ανοιχτό περιεχόμενο (open content), η ανοιχτή επιστήμη (open science), η ανοιχτή εκπαίδευση (open education), η ανοιχτή διακυβέρνηση (open government), η ανοιχτή καινοτομία (open innovation) κ.α. στηρίζονται στο ίδιο ιδεολογικό πλαίσιο με το ανοιχτό λογισμικό. Συνεπώς αναμένεται να επηρεάσουν θετικά το ΕΛ/ΛΑΚ.

### **Απειλές.**

*Η εμπορευματοποίηση του ανοιχτού λογισμικού:* η μεγάλη εμπορευματοποίηση του ανοιχτού λογισμικού μπορεί να βάλει σε κίνδυνο τόσο την ιδεολογία όσο και το μοντέλο ανάπτυξης ανοιχτού λογισμικού, οδηγώντας σε σημαντική μείωση των εθελοντών προγραμματιστών και συνεπώς και των καινοτήτων ΕΛ/ΛΑΚ που αποτελούν ζωτική πηγή ενέργειας για τα έργα ΕΛ/ΛΑΚ.

*Το μεγάλης έκτασης forking στα λογισμικά ΕΛ/ΛΑΚ:* Οι πολλές διαφορετικές διανομές του ίδιου προϊόντος (forking), προκαλούν σύγχυση στους δυνητικούς χρήστες και αυξάνουν την αντιλαμβανόμενη πολυπλοκότητα. Το γεγονός αυτό, μελλοντικά μπορεί να αποτελέσει ανασταλτικό παράγοντα στην αποδοχή και αφομοίωση της τεχνολογίας.

## **9.4 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα**

Τα αποτελέσματα της διατριβής μπορεί να αποτελέσουν μια αφετηρία για περαιτέρω

έρευνα στο χώρο της διάχυσης και υιοθέτησης του ανοιχτού λογισμικού. Όπως έχει ήδη επισημανθεί, ο χώρος υπολείπεται σε έρευνα και συνεπώς επιπλέον ερευνητικές προσπάθειες είναι απαραίτητες για να εμπλουτίσουν και βελτιώσουν την υπάρχουσα γνώση στον τομέα αυτό.

Στις μελλοντικές κατευθύνσεις, περιλαμβάνονται η διερεύνηση εναλλακτικών θεωριών ή η δημιουργία θεωρίας για την επέκταση ή τη διαμόρφωση του προτεινόμενου θεωρητικού πλαισίου αναφοράς της διάχυσης του ΕΛ/ΛΑΚ που προτάθηκε στο Κεφάλαιο 6. Η διαμόρφωση του θεωρητικού πλαισίου με τη σειρά της, θα ρίξει περισσότερο φως στους αντίστοιχους παράγοντες επίδρασης της διάχυσης.

Προς αυτή τη κατεύθυνση μπορούν επίσης να εξετασθούν και άλλα θεωρητικά μοντέλα διάχυσης των ΠΣ, όπως το Μοντέλο Αποδοχής της Τεχνολογίας (Technology Acceptance Model), η κοινωνική γνωστική θεωρία (Social Cognitive Theory -SCT), η θεωρία αιτιολογημένης δράσης (Theory of reasoned action -TRA), κ.α. Μέσα από αυτές τις θεωρίες και κατάλληλα εμπειρικά δεδομένα, μπορούν να αναδυθούν παράγοντες τις διάχυσης, όπως ο τρόπος που αντιλαμβάνονται τη τεχνολογία ΕΛ/ΛΑΚ τα διαφορετικά επίπεδα χρηστών. Παραδείγματος χάρη ως προς την ευκολία στη χρήση, την αντιλαμβανόμενη πολυπλοκότητα, συμβατότητα, ποιότητα, κ.α.

Στο θεωρητικό αυτό πλαίσιο, μπορούν επίσης να εξετασθούν νέοι παράγοντες και να επεκταθεί το υπάρχον μοντέλο της βιωσιμότητας του ΕΛ/ΛΑΚ, το οποίο επίσης αποτελεί ένα πρόσφατα ανερχόμενο ρεύμα της έρευνας. Για το σκοπό αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν νέα εμπειρικά δεδομένα και μεθοδολογικές προσεγγίσεις, όπως οι Data Envelopment Analysis (DEA) και Structural Equation Modelling (SEM).

Επίσης, τα αποτελέσματα της διατριβής έδειξαν ότι υπάρχει σχέση ανάμεσα στο ΕΛ/ΛΑΚ με άλλες πρωτοβουλίες παρόμοιου ιδεολογικού περιεχομένου, όπως είναι η ηλεκτρονική διακυβέρνηση και η ανοιχτή εκπαίδευση. Η έως τώρα έρευνα σε αυτό το πεδίο είναι πολύ περιορισμένη. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαία η ανάλυση των σχέσεων επίδρασης και/η αλληλεπίδρασης σε μεγαλύτερο βάθος, δημιουργώντας τα κατάλληλα εννοιολογικά μοντέλα που θα περιγράψουν αυτή τη σχέση με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Και σε αυτή τη περίπτωση, η έρευνα μπορεί να απευθυνθεί σε διαφορετικά επίπεδα χρηστών για την αντίληψή τους όχι μόνο ως προς τη χρήση της τεχνολογίας, αλλά και ως προς το ιδεολογικό περιεχόμενο και τη στάση τους απέναντι στην συμμετοχή, συνεργατικότητα και διαφάνεια των διαδικασιών.

Στον τομέα της έρευνας που αφορά τον ανταγωνισμό και τις αγορές λογισμικού, έχει επισημανθεί κενό στην έρευνα του ανταγωνισμού μεταξύ των έργων ΕΛ/ΛΑΚ, όπως για παράδειγμα ανάμεσα στις διαφορετικές διανομές του Linux, όπου ο ανταγωνισμός φαίνεται να είναι ιδιαίτερα υψηλός. Μεθοδολογίες όπως τα μοντέλα LVC, παραμετροποιημένα μοντέλα διάχυσης και μοντέλα θνησιμότητας (survival analysis) θα μπορούσαν να ρίξουν φως στη μελέτη του ανταγωνισμού αυτού του είδους.

Επιπλέον, τα επιχειρηματικά μοντέλα ΕΛ/ΛΑΚ αποτελούν ένα δυναμικό και διαρκώς εξελισσόμενο τμήμα της αγοράς ΤΠΕ. Συνεπώς είναι αναγκαία περαιτέρω μελέτη του φαινομένου και διερεύνηση για περισσότερα είδη ΕΜ. Όσον αφορά στο γενικευμένο μοντέλο ΕΛ/ΛΑΚ που προτάθηκε στη παρούσα διατριβή ως ένα κοινό πλαίσιο αναφοράς των ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ, αποτελεί μόνο μια πρώτη προσέγγιση και για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη επιπλέον έρευνα για επικύρωση και βελτίωση των αποτελεσμάτων.



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Ξενόγλωσσος όρος	Ελληνικός Όρος
Active users	Ενεργοί χρήστες
Adopters	Χρήστες που υιοθετούν μια καινοτομία
Autocorrelation	Χρονική αυτοσυσχέτιση
Average variance extracted	Μέση εξαγόμενη διασπορά
Black- box testing	Μεθοδολογία αποσφαλμάτωσης λογισμικού
Bottom up	Προσέγγιση από χαμηλότερα επίπεδα σε υψηλότερα
Bug tracking systems	Συστήματα ανίχνευσης σφαλμάτων
Capital deepening	Εμβάθυνση του κεφαλαίου
Capital widening	Διεύρυνση κεφαλαίου
Carrying capacity	Φέρουσα ικανότητα
Causality	Αιτιότητα
Churn effect	Μετακίνηση μεταξύ διαφορετικών ειδών του πληθυσμού
Client-server	Πελάτης-εξυπηρετητής
Cloud computing	Υπολογιστικά νέφη
Clusters	Σύνολα δεδομένων ενός panel με κοινά στοιχεία
Co-developers	Συνεργάτες προγραμματιστές
Coefficient of Determination	Συντελεστής Αποφασιστικότητας
Coefficient of imitation	Συντελεστής μίμησης
Coefficient of innovation	Συντελεστής καινοτομίας
Collinearity	Συγγραμικότητα
Communication channels	Κανάλια επικοινωνίας
Compatibility	Συμβατότητα
Competition models	Μοντέλα Ανταγωνισμού
Complexity	Πολυπλοκότητα
Composite reliability	Σύνθετη αξιοπιστία
Conceptual model	Εννοιολογικό μοντέλο
Confidence interval	Διάστημα εμπιστοσύνης
Connected presence	Συνδεδεμένη παρουσία
Consistent	Συνεπής
Control variables	Μεταβλητές ελέγχου
Convergent validity	Εγκυρότητα σύγκλισης

Copyright	Πνευματικά δικαιώματα
Correlation coefficient	Συντελεστής συσχέτισης
Critical point	Κρίσιμο σημείο
Crossover	Διασταύρωση
Cross-sectional data	Διαστρωματικά δεδομένα
Cultural- cognitive	Πολιτιστικο-γνωστικά
Data cleaning	Διαλογή δεδομένων
Data extraction	Εξόρυξη δεδομένων
Data processing	Επεξεργασία δεδομένων
Deductive research	Συμπερασματική έρευνα
Demand	Ζήτηση
Desktop	Επιφάνεια εργασίας
Deterministic	Αιτιοκρατικός
Diffusion models	Μοντέλα διάχυσης
Diffusion of Innovations Theory	Θεωρία διάχυσης καινοτομιών
Discriminant validity	Διακρίνουσα εγκυρότητα
Disturbance	Διαταρακτικός όρος ή σφάλμα
Download	Αντιγραφή και λήψη ενός αρχείου τοπικά, από έναν διακομιστή
Dual license	Διπλή άδεια
Dynamic parameters models	Μοντέλα Δυναμικών παραμέτρων
e-administration	Ηλεκτρονική διαχείριση
Early majority	Πρώιμη πλειονότητα
Ease of Use	Ευκολία χρήσης
eCommerce	Ηλεκτρονικό εμπόριο
Economic Freedom Network	Δίκτυο Ελεύθερης Οικονομίας
e-democracy	Ηλεκτρονική δημοκρατία
Effect size	Μέγεθος της επίδρασης
Efficiency	Αποτελεσματικότητα
Effort expectancy	Αναμενόμενη προσπάθεια
e-government	Ηλεκτρονική διακυβέρνηση
Eigenvalue analysis	Ανάλυση ιδιοτιμών
e-inclusion	Ηλεκτρονική ένταξη
Embedded systems	Ενσωματωμένα συστήματα



Emerging presence	Αρχική παρουσία
Endogenous growth theory	Θεωρία ενδογενούς ανάπτυξης
Endogenous variable	Ενδογενής μεταβλητή
Enhanced presence	Ενισχυμένη παρουσία
Entity Relationship diagram	Διάγραμμα συσχετίσεων οντοτήτων
e-participation	Συμμετοχή στις ηλεκτρονικές υπηρεσίες
e-Participation Index	Δείκτης ηλεκτρονικής συμμετοχής
Equilibrium point	Σημείο ισορροπίας
Error term	Όρος σφάλματος
e-services	Ηλεκτρονικές υπηρεσίες
Estimator	Εκτιμήτρια
et al	και υπόλοιποι
Exogeneity	Εξωγένεια
Exogenous growth theory	Θεωρία εξωγενούς ανάπτυξης
Exogenous variable	Εξωγενής μεταβλητή
External influence models	Μοντέλα εξωτερικής επίδρασης
External Validity	Εξωτερική εγκυρότητα
First order autocorrelation	Χρονική αυτοσυσχέτιση πρώτης τάξης
Fixed effects model	Μοντέλο σταθερής επίδρασης
Forking	Διάσπαση μιας διανομής σε περισσότερες
Formative variable	Διαμορφωτική μεταβλητή
Generalized Method of Moments	Γενικευμένη Μέθοδος των Ροπών
Genetic Algorithms	Γενετικοί Αλγόριθμοι
Government-to-business	Κυβέρνηση-προς-επιχείρηση
Government-to-citizen	Κυβέρνηση-προς-πολίτη
Government-to-employee	Κυβέρνηση-προς-υπάλληλο
Government-to-government	Κυβέρνηση- προς-κυβέρνηση
Grids	Υπολογιστικά πλέγματα
Gross Domestic Product	Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
Gross National Product	Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν
Hazard function	Συνάρτηση κινδύνου
Heteroscedastic	Ετεροσκεδαστικός
Heuristic methods	Μέθοδοι ευρετικής αναζήτησης

Host services	Υπηρεσίες διαδικτύου
Human capital theory	Θεωρία ανθρώπινου κεφαλαίου
Identification	Ταυτοποίηση
Idiosyncratic error	Ιδιοσυγκρασιακό σφάλμα
Imitators	Μιμητές
Index variables	Μεταβλητές-δείκτες
Indicator validity	Αξιοπιστία δείκτη
Individual Impact	Επίδραση στο Άτομο
Inductive	Επαγωγική
Inflection point	Σημείο ανάφλεξης
Information Quality	Ποιότητα Πληροφορίας
Inner structural model	Εσωτερικό δομικό μοντέλο
Innovation decision	Λήψη απόφασης για υιοθέτηση μιας καινοτομίας
Innovators	Καινοτόμοι
Institutional Quality	Ποιότητα των θεσμών
Institutional theory	Θεωρία θεσμών
Instrumental Variable	Βοηθητική μεταβλητή
Intention to use	Πρόθεση χρήσης
Internal consistency reliability	Αξιοπιστία εσωτερικής συνοχής
Internal influence models	Μοντέλα εσωτερικής επίδρασης
Internet	Διαδίκτυο
Interoperability	Διαλειτουργικότητα
Inter-species interaction	Αλληλεπίδραση των οργανισμών με οργανισμούς διαφορετικών ειδών
Intra-species interaction	Αλληλεπίδραση των οργανισμών με οργανισμούς του ίδιου είδους
Intrinsic utility	Εγγενής χρησιμότητα
Item reliability	Αξιοπιστία στοιχείου
Knowledge spillovers	Διάχυση της γνώσης
Laggards	Αργοπορημένοι
Laptop	Φορητός υπολογιστής
Late majority	Καθυστερημένη πλειονότητα
Latent variable	Λανθάνουσα μεταβλητή
Left-hand truncation	Μεροληψία αριστερής περικοπής

Loading	Συντελεστές στάθμισης (ανακλαστικές μεταβλητές)
Lock-in effects	Επιδράσεις εγκλωβισμού
Macro-economic Environment Index	Δείκτης Μακροοικονομικού Περιβάλλοντος
Manifest variable	Έκδηλες μεταβλητές
Marginal	Οριακός
Market concentration	Συγκέντρωσης της αγοράς
Market structure	Δομή της αγοράς
Maximum Likelihood Estimation	Εκτίμηση Μέγιστης Πιθανοφάνειας
mBanking	Υπηρεσίες διακυβέρνησης στο κινητό τηλέφωνο
mCommerce	Υπηρεσίες εμπορίου στο κινητό τηλέφωνο
Mean Absolute Error	Μέσο Απόλυτο Σφάλμα
Mean Absolute Percentage Error	Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα
Mean Percentage Error	Μέσο Ποσοστιαίο Σφάλμα
Mean Square Error	Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα
Measurement model	Εξωτερικό μοντέλο μέτρησης
mGovernment	Υπηρεσίες τραπεζικές στο κινητό τηλέφωνο
Mirrors	Διακομιστές-καθρέπτες
Mixed influenced models	Μοντέλα μεικτής επίδρασης
Modularity	Αρθρωτή δομή κώδικα
Module	Λειτουργική μονάδα κώδικα
Multivariate linear regression model	Γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης πολλών μεταβλητών
Mutation	Μετάλλαξη
Mutualism	Αμοιβαιότητα
Net Benefits	Οφέλη Δικτύου
Network externality	Δικτυακή εξωτερικότητα
Neutralism	Ουδετερότητα
Nomological validity	Νομολογική εγκυρότητα
Nonlinear Least Squares	Μη Γραμμικά Ελάχιστα Τετράγωνα
Norms	Κοινωνικοί κανόνες
Objective function	Αντικειμενική συνάρτηση

Objective or fitness function	Αντικειμενική συνάρτηση ή συνάρτηση ικανότητας
Observability	Δυνατότητα παρατήρησης
Ontological	Οντολογικό
Open access	Ανοιχτή πρόσβαση
Open content	Ανοιχτό περιεχόμενο
Open education	Ανοιχτή εκπαίδευση
Open government	Ανοιχτή διακυβέρνηση
Open innovation	Ανοιχτή καινοτομία
Open science	Ανοιχτή επιστήμη
Open source software	Λογισμικό ανοιχτού κώδικα
Open standards	Ανοιχτά πρότυπα
Operating systems	Λειτουργικά συστήματα
Opinion leaders	Καθοδηγητές γνώμης
Ordinary Least Squares	Συμβατικά Ελάχιστα Τετράγωνα
Organizational Impact	Επίδραση στον Οργανισμό
Orthogonality conditions	Συνθήκες ορθογωνιότητας
Overidentification	Υπερταυτοποίηση
Panel data	Διαστρωματικά δεδομένα με χρονολογική σειρά
Passive users	Παθητικοί χρήστες
Patch files	Αρχεία επιδιόρθωσης
Patches	Προσαρτήσεις κώδικα
Path diagram	Διαδρομικό διάγραμμα
Penetration rate	Ρυθμός διείσδυσης
Performance	Αποδοτικότητα ομάδας
Phase diagram	Διάγραμμα φάσης
Population biology	Πληθυσμιακή βιολογία
Portability	Φορητότητα
Pre-commit test	Έλεγχος των module πριν τη καταχώρηση
Predictive validity	Προγνωστική εγκυρότητα
Prey- Predator	Κυνηγός – θήραμα
Productivity	Παραγωγικότητα ομάδας
Project management	Διαχείριση έργου
Qualitative research	Ποιοτική έρευνα
Query	Ερώτημα

Random effects model	Μοντέλο τυχαίας επίδρασης
Rate of adoption	Ρυθμός υιοθέτησης
Rational choice theorists	Ορθολογιστές
Reciprocal license	Αμοιβαία άδεια
Redistribute	Αναδιανομή
Reflective variable	Ανακλαστική μεταβλητή
Regression	Παλινδρόμηση
Regulation	Κανονιστικό/ρυθμιστικό πλαίσιο
Relative advantage	Σχετικό πλεονέκτημα
Reliability	Αξιοπιστία
Requirement analysis	Ανάλυση απαιτήσεων
Research and Development	Έρευνα και ανάπτυξη
Residuals	Κατάλοιπα της παλινδρόμησης
Results Demonstrability	Εμφανή αποτελέσματα χρήσης
Reuse	Επαναχρησιμοποίηση
Revise	Αναθεώρηση
Robust errors	Εύρωστα σφάλματα
Router	Δρομολογητής
Routines	Συνήθειες
Rules	Κανόνες
Saturation level	Επίπεδο κόρου
Scalability	Επεκτασιμότητα
Secure Servers	Ασφαλείς διακομιστές
Service Quality	Ποιότητα Υπηρεσιών
Simultaneous Equations Modeling	Μοντέλα ταυτόχρονων οικονομετρικών εξισώσεων
Social development	Κοινωνική Ανάπτυξη
Social influence	Κοινωνική επίδραση
Social system	Κοινωνικό σύστημα
Socio-economic theories	Κοινωνικο-οικονομικές θεωρίες
Source code	Πηγαίος κώδικας
Source code management	Σύστημα διαχείρισης του πηγαίου κώδικα
Specification tests	Έλεγχοι προσδιορισμού της εξίσωσης
S-shaped curve	Σιγμοειδείς καμπύλη

Stability	Σταθερότητα
Standard errors	Τυπικά σφάλματα
Standards	Πρότυπο
Structural Equation Modeling	Μοντέλα Δομικών Εξισώσεων
Structured-case	Μέθοδος δομημένης περίπτωσης
Supply	Προσφορά
Sustainability	Ικανότητα «επιβίωσης», βιωσιμότητα
Symbiosis	Συμβίωση
System documentation	Τεκμηρίωση συστήματος
System Quality	Ποιότητα Συστήματος
Taxonomy	Ταξινόμηση
Threaded messages	Αλληλένδετα μηνύματα
Time series data	Χρονολογικές σειρές
Transactional presence	Παρουσία συναλλαγών
Translator	Μεταφραστής
Triage	Διαλογή
Trialability	Δυνατότητα δοκιμής
Two Stage Least Squares	Μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων δύο σταδίων
Unbiasedness	Αμεροληψία
Underidentification	Υποταυτοποίηση
Unobserved effect	Μη παρατηρούμενη επίδραση
Unobserved heterogeneity	Μη παρατηρούμενη ετερογένεια
User attraction	Προσέλκυση χρηστών
Variance	Διασπορά
Version control systems	Συστήματα ελέγχου έκδοσης
Viral	Ιογενής
Virtualization	Εικονικό περιβάλλον
Voluntariness of Use	Εθελοντικότητα στη χρήση
Weak instruments	Ασθενείς βοηθητικές μεταβλητές
Web browser	Φυλλομετρητής ιστού
Web server	Διακομιστής δικτύου
Weight	Συντελεστές στάθμισης (διαμορφωτικές μεταβλητές)
World Bank	Παγκόσμια Τράπεζα

## ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

2SLS	Two Stage Least Squares
AC	Autocorrelation
API	Application Programming Interface
ASF	Apache Software Foundation
AVE	Average variance extracted
BLUE	Best Linear Unbiased Estimator
BSD	Berkeley Software Distribution license
CBSEM	Covariance Based SEM
CM	Conceptual Model
CMS	Content Management Systems
COCOMO	Constructive Cost Model
CRM	Customer Resource Management
CSIS	Center for Strategic and International Studies
Dol	Diffusion of Innovations theory
DP	Desktop
DWH	Durbin-Wu-Hausman
ECL	Educational Community License.
EDI	eGovernment Development Index
eGov	Electronic Government
ERD	Entity Relationship Diagram
ERP	Enterprise Resource Planning
EUPL	European Public License
FAQ	Frequently Asked Questions
FGLS	Feasible Generalized Least Squares
FLOSS	Free/Libre Open Source Software
FOSS	Free Open Source Software
FRS	File Release System
FS	Free Software
FSF	Free Software Foundation
G2B	Government-to-Business
G2C	Government-to-Citizen
G2E	Government-to-Employee

G2G	Government-to-Government
GA	Genetic Algorithms
GAO	General Accounting Office
GDP	Gross Domestic Product
GFI	Goodness of Fit
GLM	Generalized Linear Model
GLS	Generalized Least Squares
GMM	Generalized Method of Moments
GNI	Gross National Income
GNP	Gross National Product
GNU	GNU is Not Unix
GoF	Goodness of Fit
GPL	General Public License
HAC	Heteroscedastic and Autocorrelated errors
HCI	Human Capital Index
HDI	Human Development Index
HHI	Herfindahl-Hirshman Index
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICT	Information and Communications Technologies
IOSN	International Open Source Network
IP	Inflection Point
IRC	Internet Relay Chat
ITU	International Telecommunication Union
IV	Instrumental Variables
JISC	Joined Information Systems Committee
LAMP	Linux-Apache-MySQL-PHP
LAN	Local Area Network
LM	Lagrangian Multiplier
LMS	Learning Management Systems
LP	Laptop
LV	Latent variables
MAE	Mean Absolute Error
MAPE	Mean Absolute Percentage Error



MERIT	Maastricht Economic and social Research and training centre on Innovation and Technology
MI	Macro-economic Environment Index
ML	Maximum Likelihood
MLE	Maximum Likelihood Estimation
MM	Motivational Model
MPCU	Model of PC Utilization
MPE	Mean Percentage Error
MPL	Microsoft Public License
MSE	Mean Square Error
MV	Manifest variable
NLS	Nonlinear Least Squares
OCW	OpenCourseWare
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
OER	Open Educational Resources
OHA	Open Handset Alliance
OLI	Open Learning Initiative
OLS	Ordinary Least Squares
OMB	Office of Management Budget
OPL	Open Publication License
OSC	Open Source Curriculum
OSI	Open Source Initiative
OSS	Open Source Software
PC	Personal Computers
PDA	Personal Digital Assistants
PLS	Partial Least Squares
R&D	Research and Development
RSS	Residual Sum of Squares
SAAS	Software as a Service
SCD	Source Code Management
SCT	Social Cognitive Theory
SE	Standard Error
SEM	Structural Equation Modelling
SS	Sum of Squares

SSE	Sum of Squares for Errors
SSR	Sum of Squares of Regression
TAM	Technology Acceptance Model
TII	Technology Infrastructure Index
TPB	Theory of Planned Behavior
TRA	Theory of reasoned action
ULS	Unweighted Least Squares
UN	United Nations
UNDP	United Nations Development Programme
UTAUT	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology
VIF	Variance inflation factor
VLE	Virtual Learning Environment
WAN	Wide Area Network
WGI	World Governance Indicators
WLS	Weighted Least Squares
WMI	Web Measure Index
ΑΕΕ	Ακαθάριστο Εθνικό Εισόδημα
ΑΕΠ	Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν
ΑΕΠ	Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΛ/ΛΑΚ	Ελεύθερο Λογισμικό/ Λογισμικό Ανοιχτού Κώδικα
ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ	Επιχειρηματικά Μοντέλα Ελεύθερου Λογισμικού/Λογισμικού Ανοιχτού Κώδικα
ΛΣ	Λειτουργικό Σύστημα
ΟΗΕ	Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών
ΟΟΣΑ	Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης
ΠΣ	Πληροφοριακά Συστήματα
ΤΠΕ	Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Πίνακες της βάσης B<sub>ND</sub> της SourceForge στο σχήμα sf0310 (Μάρτιος 2010).

1	artifact_group	25	user_group	49	users
2	artifact_history	26	group_type	50	stats_group_rank_bymonth
3	artifact_message	27	groups	51	stats_multi_rank_history_byday
4	artifact_perm	28	people_job	52	supported_languages
5	artifact_resolution	29	people_job_category	53	stats_rank_oldformula_byday
6	artifact_status	30	people_job_inventory	54	stats_project_all
7	doc_states	31	people_skill_inventory	55	top_group
8	forum	32	project_assigned_to	56	trove_agg
9	external_tool_links	33	people_job_status	57	trove_agg_counts
10	forum_agg_msg_count	34	project_dependencies	58	trove_cat
11	forum_group_list	35	people_skill_year	59	artifact_category
12	forum_threadinfo	36	people_skill_level	60	artifact_canned_responses
13	frs_file	37	project_group_list	61	artifact_group_list
14	frs_filetype	38	project_history	62	artifact_counts_agg
15	frs_package	39	project_status	63	artifact_file
16	frs_platform	40	project_sums_agg	64	artifact
17	frs_processor	41	stats_cvs_group	65	doc_data
18	frs_release	42	project_task	66	doc_groups
19	frs_status	43	stats_group_rank	67	mail_group_list
20	trove_group_link	44	mllist_subscriber_count	68	groups_historical
21	scm_repo_trigger	45	news_bytes	69	trove_ref_translation_to_iso639
22	scm_trigger	46	screenshots	70	user_role
23	user_diary	47	trove_frontpage	71	trove_cat_activity
24	user_perms	48	trove_treesums	72	ref_timezones



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

### Δομή των βασικών πινάκων της βάσης B<sub>ND</sub> της SourceForge.

Table "SCHEMA.artifact"

Column	Type	Null?
artifact_id	integer	not null
group_artifact_id	integer	not null
status_id	integer	not null
category_id	integer	not null
artifact_group_id	integer	not null
resolution_id	integer	not null
priority	integer	not null
submitted_by	integer	not null
assigned_to	integer	not null
open_date	integer	not null
close_date	integer	not null
summary	text	not null
details	text	not null
closed_by	integer	

Table "SCHEMA.artifact\_category"

Column	Type	Null?
id	integer	not null
group_artifact_id	integer	not null
category_name	text	not null
auto_assign_to	integer	not null

Table "SCHEMA.artifact\_file"

Column	Type	Null?
id	integer	not null
artifact_id	integer	not null
description	text	not null
bin_data	text	not null
filename	text	not null
filesize	integer	not null
filetype	text	not null
adddate	integer	not null
submitted_by	integer	not null

Table "SCHEMA.artifact\_group"

Column	Type	Null?
id	integer	not null
group_artifact_id	integer	not null
group_name	text	not null

Table "SCHEMA.artifact\_group\_list"

Column	Type	Null?
group_artifact_id	integer	not null
group_id	integer	not null
name	text	
description	text	
is_public	integer	not null
allow_anon	integer	not null
email_all_updates	integer	not null
due_period	integer	not null
use_resolution	integer	not null

submit_instructions	text	
browse_instructions	text	
datatype	integer	not null
status_timeout	integer	
due_period_initial	integer	not null
due_period_update	integer	not null

Table "SCHEMA.artifact\_history"

Column	Type	Null?
id	integer	not null
artifact_id	integer	not null
field_name	text	not null
old_value	text	not null
mod_by	integer	not null
entrydate	integer	not null

Table "SCHEMA.artifact\_message"

Column	Type	Null?
id	integer	not null
artifact_id	integer	not null
submitted_by	integer	not null
adddate	integer	not null
body	text	not null

Table "SCHEMA.artifact\_perm"

Column	Type	Null?
id	integer	not null
group_artifact_id	integer	not null
user_id	integer	not null
perm_level	integer	not null

Table "SCHEMA.artifact\_resolution"

Column	Type	Null?
id	integer	not null
resolution_name	text	

Table "SCHEMA.artifact\_status"

Column	Type	Null?
id	integer	not null
status_name	text	not null

Table "SCHEMA.doc\_data"

Column	Type	Null?
docid	integer	not null
stateid	integer	not null
title	character varying(255)	not null
data	text	not null
updatedate	integer	not null
createdate	integer	not null
created_by	integer	not null
doc_group	integer	not null
description	text	
language_id	integer	not null

Table "SCHEMA.doc\_groups"

Column	Type	Null?
doc_group	integer	not null

groupname	character varying(255)	not null
group_id	integer	not null

Table "SCHEMA.doc\_states"

Column	Type	Null?
stateid	integer	not null
name	character varying(255)	not null

Table "SCHEMA.forum"

Column	Type	Null?
msg_id	integer	not null
group_forum_id	integer	not null
posted_by	integer	not null
subject	text	not null
body	text	not null
date	integer	not null
is_followup_to	integer	not null
thread_id	integer	not null
has_followups	integer	
most_recent_date	integer	not null
is_deleted	integer	

Table "SCHEMA.forum\_group\_list"

Column	Type	Null?
group_forum_id	integer	not null
group_id	integer	not null
forum_name	text	not null
is_public	integer	not null
description	text	
allow_anonymous	integer	not null

Table "SCHEMA.forum\_threadinfo"

Column	Type	Null?
threadinfo_id	integer	not null
thread_id	integer	not null
thread_topic	text	not null
thread_starter_user_id	integer	not null
num_replies	integer	
most_recent_post_date	integer	
group_forum_id	integer	not null
msg_id	integer	not null

Table "SCHEMA.frs\_file"

Column	Type	Null?
file_id	integer	not null
filename	text	
release_id	integer	not null
type_id	integer	not null
processor_id	integer	not null
release_time	integer	not null
file_size	integer	not null
post_date	integer	not null
group_id	integer	
package_id	integer	
md5sum	character varying(32)	

Table "SCHEMA.frs\_filetype"

Column	Type	Null?
--------	------	-------

type_id	integer	not null
name	text	

Table "SCHEMA.frs\_package"

Column	Type	Null?
package_id	integer	not null
group_id	integer	not null
name	text	
status_id	integer	not null

Table "SCHEMA.frs\_processor"

Column	Type	Null?
processor_id	integer	not null
name	text	

Table "SCHEMA.frs\_release"

Column	Type	Null?
release_id	integer	not null
package_id	integer	not null
name	text	
notes	text	
changes	text	
status_id	integer	not null
preformatted	integer	not null
release_date	integer	not null
released_by	integer	not null

Table "SCHEMA.frs\_status"

Column	Type	Null?
status_id	integer	not null
name	text	

Table "SCHEMA.groups"

Column	Type	Null?
group_id	integer	not null
group_name	character varying(40)	
homepage	character varying(128)	
is_public	integer	not null
status	character(1)	not null
unix_group_name	character varying(30)	not null
http_domain	character varying(80)	
short_description	character varying(255)	
license	character varying(16)	
register_time	integer	not null
use_mail	integer	not null
use_forum	integer	not null
use_pm	integer	not null
use_cvs	integer	not null
use_news	integer	not null
preferred_support_type	integer	not null
preferred_support_resource	text	not null
type	integer	not null
use_docman	integer	not null
not_open_source	integer	not null
send_all_tasks	integer	not null
use_pm_depend_box	integer	not null
potm	integer	
donation_request	text	
donate_optin	integer	



big_mirror	integer	
project_submitter	integer	
row_modtime	integer	

Table "SCHEMA.people\_job"

Column	Type	Null?
job_id	integer	not null
group_id	integer	not null
created_by	integer	not null
title	text	
description	text	
date	integer	not null
status_id	integer	not null
category_id	integer	not null

Table "SCHEMA.people\_job\_category"

Column	Type	Null?
category_id	integer	not null
name	text	
private_flag	integer	not null

Table "SCHEMA.people\_job\_inventory"

Column	Type	Null?
job_inventory_id	integer	not null
job_id	integer	not null
skill_id	integer	not null
skill_level_id	integer	not null
skill_year_id	integer	not null

Table "SCHEMA.people\_job\_status"

Column	Type	Null?
status_id	integer	not null
name	text	

Table "SCHEMA.people\_skill\_inventory"

Column	Type	Null?
skill_inventory_id	integer	not null
user_id	integer	not null
skill_id	integer	not null
skill_level_id	integer	not null
skill_year_id	integer	not null

Table "SCHEMA.people\_skill\_level"

Column	Type	Null?
skill_level_id	integer	not null
name	text	

Table "SCHEMA.people\_skill\_year"

Column	Type	Null?
skill_year_id	integer	not null
name	text	

Table "SCHEMA.project\_assigned\_to"

Column	Type	Null?
project_assigned_id	integer	not null

```

project_task_id      | integer | not null
assigned_to_id      | integer | not null

```

Table "SCHEMA.project\_dependencies"

```

Column          | Type   | Null?
-----+-----+-----
project_depend_id | integer | not null
project_task_id  | integer | not null
is_dependent_on_task_id | integer | not null

```

Table "SCHEMA.project\_group\_list"

```

Column          | Type   | Null?
-----+-----+-----
group_project_id | integer | not null
group_id         | integer | not null
project_name     | text    | not null
is_public        | integer | not null
description      | text    |

```

Table "SCHEMA.project\_history"

```

Column          | Type   | Null?
-----+-----+-----
project_history_id | integer | not null
project_task_id  | integer | not null
field_name       | text    | not null
old_value        | text    | not null
mod_by           | integer | not null
date             | integer | not null

```

Table "SCHEMA.project\_status"

```

Column          | Type   | Null?
-----+-----+-----
status_id       | integer | not null
status_name     | text    | not null

```

Table "SCHEMA.project\_task"

```

Column          | Type           | Null?
-----+-----+-----
project_task_id | integer        | not null
group_project_id | integer        | not null
summary         | text           | not null
details         | text           | not null
percent_complete | integer        | not null
priority        | integer        | not null
hours           | double precision | not null
start_date      | integer        | not null
end_date        | integer        | not null
created_by      | integer        | not null
status_id       | integer        | not null

```

Table "stats\_groupid\_alltime\_agg"

```

Column          | Type   | Modifiers
-----+-----+-----
group_id       | integer | not null default 0
downloads     | integer | not null default 0
bytes         | bigint  | not null default (0)::bigint

```

\*Newly added, Mar. 2005\*

Table "stats\_multi\_rank\_history\_byday"

```

Column          | Type   | Modifiers
-----+-----+-----
group_id       | integer | not null default 0
timekey        | integer | not null default 0
prweb_7day     | integer | not null default 0

```

prweb_7day_rank	integer	not null default 0
prweb_7day_percentile	double precision	default (0)::dp
sflogo_7day	integer	not null default 0
sflogo_7day_rank	integer	not null default 0
sflogo_7day_percentile	double precision	default (0)::dp
sfweb_7day	integer	not null default 0
sfweb_7day_rank	integer	not null default 0
sfweb_7day_percentile	double precision	default (0)::dp
forum_7day	integer	not null default 0
forum_7day_rank	integer	not null default 0
forum_7day_percentile	double precision	default (0)::dp
downloads_7day	integer	not null default 0
downloads_7day_rank	integer	not null default 0
downloads_7day_percentile	double precision	default (0)::dp
tracker_7day	integer	not null default 0
tracker_7day_rank	integer	not null default 0
tracker_7day_percentile	double precision	default (0)::dp
cvs_7day	integer	not null default 0
cvs_7day_rank	integer	not null default 0
cvs_7day_percentile	double precision	not null default (0)::dp
mlist_7day	integer	
mlist_7day_rank	integer	
mlist_7day_percentile	integer	
last_file_release	integer	
last_admin_login	integer	

Table "SCHEMA.stats\_project\_all"

Column	Type	Null?
group_id	integer	
developers	integer	
group_ranking	integer	
group_metric	double precision	
logo_showings	integer	
downloads	integer	
site_views	integer	
subdomain_views	integer	
page_views	integer	
msg_posted	integer	
msg_uniq_auth	integer	
bugs_opened	integer	
bugs_closed	integer	
support_opened	integer	
support_closed	integer	
patches_opened	integer	
patches_closed	integer	
artifacts_opened	integer	
artifacts_closed	integer	
tasks_opened	integer	
tasks_closed	integer	
help_requests	integer	
cvs_checkouts	integer	
cvs_commits	integer	
cvs_adds	integer	

Table "SCHEMA.supported\_languages"

Column	Type	Null?
language_id	integer	not null
name	text	
filename	text	
classname	text	
language_code	character(2)	

Table "SCHEMA.trove\_cat"

Column	Type	Null?
trove_cat_id	integer	not null
version	integer	not null
parent	integer	not null
root_parent	integer	not null
shortname	character varying(80)	
fullname	character varying(80)	
description	character varying(255)	
fullpath	text	not null
fullpath_ids	text	
parent_only	integer	not null

Table "SCHEMA.trove\_group\_link"

Column	Type	Null?
trove_group_id	integer	not null
trove_cat_id	integer	not null
trove_cat_version	integer	not null
group_id	integer	not null
trove_cat_root	integer	not null

Table "SCHEMA.user\_group"

Column	Type	Null?
user_group_id	integer	not null
user_id	integer	not null
group_id	integer	not null
admin_flags	character(16)	not null
forum_flags	integer	not null
project_flags	integer	not null
doc_flags	integer	not null
member_role	integer	not null
release_flags	integer	not null
artifact_flags	integer	
added_by	integer	not null
grantcvs	integer	not null
grantshell	integer	not null
row_modtime	integer	

Table "SCHEMA.users"

Column	Type	Null?
user_id	integer	not null
user_name	text	not null
realname	character varying(32)	not null
status	character(1)	not null
unix_uid	integer	
add_date	integer	not null
people_resume	text	not null
timezone	character varying(64)	
language	integer	not null
cf_uid	integer	
stay_anon	integer	
donation_request	text	
donate_optin	integer	
last_sitestatus_view	integer	
row_modtime	integer	

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

Περιγραφικά στοιχεία κατηγοριοποίησης του υποσυνόλου των έργων ΕΛ/ΛΑΚ της βάσης B<sub>SL</sub> της SourceForge, που μελετούνται στο πλαίσιο του Κεφαλαίου 5, καθώς και τα ερωτήματα SQL από τα οποία προκύπτουν.

### α) Ημερομηνίες εγγραφής έργων

Έτος	Αριθμός έργων
1999	38
2000	333
2001	323
2002	388
2003	446
2004	414
2005	362

### Ερώτημα SQL (Ημερομηνίες εγγραφής)

```
SELECT COUNT(group_id) AS Expr1, YEAR(DATEADD(s, register_time,
CONVERT(DATETIME, '1970-01-01 00:00:00', 102))) AS registered
FROM dbo.act_groups
GROUP BY YEAR(DATEADD(s, register_time, CONVERT(DATETIME, '1970-
01-01 00:00:00', 102)))
ORDER BY registered
```

### β) Άδειες χρήσης

Άδειες χρήσης	Αριθμός έργων
"GNU General Public License (GPL)"	2.265
"GNU Library or Lesser General Public License (LGPL)"	537
"BSD License"	345
"Public Domain"	210
"Apache License V2.0"	136
"MIT License"	123
"Mozilla Public License 1.1 (MPL 1.1)"	64
"Academic Free License (AFL)"	62
"Common Public License 1.0"	56
"Artistic License"	50
"Open Software License 3.0 (OSL3.0)"	32
"zlib/libpng License"	30
"PHP License"	29
"Eclipse Public License"	28
"Python Software Foundation License"	12
"Sun Public License"	10

"Common Development and Distribution License"	10
"IBM Public License"	9
"Affero GNU Public License "	9
"wxWindows Library Licence"	9
"Educational Community License, Version 2.0"	9
"Intel Open Source License"	6
"Adaptive Public License"	6
"Fair License"	6
"Apple Public Source License"	5
"University of Illinois/NCSA Open Source License"	4
"Zope Public License"	3
"Qt Public License (QPL)"	3
"Historical Permission Notice and Disclaimer"	3
"Boost Software License (BSL1.0)"	3
"W3C License"	3
"NASA Open Source Agreement"	2
"Jabber Open Source License"	2
"Eiffel Forum License V2.0"	2
"Lucent Public License Version 1.02"	2
"X.Net License"	2
"Open Group Test Suite License"	2
"Artistic License 2.0"	1
"Frameworkx Open License"	1
"Motosoto License"	1
"Nethack General Public License"	1
"Common Public Attribution License 1.0 (CPAL)"	1
"Microsoft Public License"	1
"Computer Associates Trusted Open Source License 1.1"	1
"Sun Industry Standards Source License (SISSL)"	1
"Reciprocal Public License"	1
"Nokia Open Source License"	1
"Lucent Public License (Plan9)"	1
"RealNetworks Public Source License V1.0"	1

### Ερώτημα SQL (Άδειες χρήσης)

```

SELECT      COUNT(dbo.act_groups.group_id) AS category,
s0310.trove_cat.fullname
FROM        s0310.trove_group_link INNER JOIN

```

```

s0310.trove_cat ON
s0310.trove_group_link.trove_cat_id =
s0310.trove_cat.trove_cat_id INNER JOIN
    dbo.act_groups ON
s0310.trove_group_link.group_id = dbo.act_groups.group_id
WHERE (s0310.trove_cat.root_parent = 13)
GROUP BY s0310.trove_cat.fullpath_ids, s0310.trove_cat.fullname

```

### γ) Κοινό που αναφέρεται

Κοινό που αναφέρεται	Αριθμός έργων
"Developers"	1.826
"End Users/Desktop"	1.468
"System Administrators"	632
"Advanced End Users"	392
"Science/Research"	384
"Information Technology"	365
"Education"	302
"Other Audience"	264
"Telecommunications Industry"	97
"Quality Engineers"	77
"Customer Service"	71
"Non-Profit Organizations"	55
"Manufacturing"	52
"Financial and Insurance Industry"	51
"Healthcare Industry"	44
"Government"	34
"Religion"	21
"Aerospace"	18
"Legal Industry"	13
"Management"	9
"Engineering"	5

### Ερώτημα SQL (Κοινό που αναφέρεται)

```

SELECT COUNT(dbo.act_groups.group_id) AS category,
s0310.trove_cat.fullname
FROM s0310.trove_group_link INNER JOIN
    s0310.trove_cat ON
s0310.trove_group_link.trove_cat_id =
s0310.trove_cat.trove_cat_id INNER JOIN
    dbo.act_groups ON
s0310.trove_group_link.group_id = dbo.act_groups.group_id
WHERE (s0310.trove_cat.root_parent = 1)
GROUP BY s0310.trove_cat.fullpath_ids, s0310.trove_cat.fullname

```

## δ) Θεματικό περιεχόμενο

Θέμα	Αριθμός έργων	Θέμα	Αριθμός έργων	Θέμα	Αριθμός έργων
"Software Development"	298	"Electronic Design Automation (EDA)"	22	"History"	6
"Dynamic Content"	171	"Firewalls"	22	"Home Theater PC"	6
"Frameworks"	123	"GIS"	22	"VoIP"	6
"Internet"	122	"Hardware"	22	"L10N (Localization)"	6
"Systems Administration"	116	"Medical Science Apps."	22	"Non-Linear Editor"	6
"Communications"	105	"Office Suites"	22	"Search"	6
"Games/Entertainment"	104	"Telephony"	22	"Wireless"	6
"WWW/HTTP"	103	"Email Clients (MUA)"	21	"Blogging"	5
"Code Generators"	92	"To-Do Lists"	21	"Capture"	5
"Other/Nonlisted Topic"	91	"Calendar"	21	"OLAP"	5
"Visualization"	90	"CRM"	21	"Application Servers"	5
"Education"	90	"Multimedia"	21	"Benchmark"	5
"Mathematics"	90	"ERP"	20	"FIDO"	5
"Front-Ends"	89	"Streaming"	20	"Genetic Algorithms"	5
"Site Management"	89	"Testing"	20	"Gnutella"	5
"Role-Playing"	88	"Conferencing"	20	"Molecular Science"	5
"Build Tools"	86	"Editors"	20	"XML-RPC"	5
"Security"	86	"Clustering"	19	"CD Audio"	4
"Networking"	84	"Sound Synthesis"	19	"Init"	4
"Database"	82	"CMS Systems"	19	"Scanners"	4
"Compilers"	65	"Design"	19	"CD Playing"	4
"3D Rendering"	63	"Operating System Kernels"	18	"MARC and Book/Library Metadata"	4
"Bio-Informatics"	63	"Conversion"	18	"New Age"	4
"Interpreters"	63	"MIDI"	18	"Budgeting and Forecasting"	3
"Scientific/Engineering"	63	"MP3"	18	"CORBA"	3
"Monitoring"	61	"Robotics"	18	"RSS Feed Readers"	3
"Chat"	59	"Time Tracking"	18	"Screen Capture"	3
"Simulations"	59	"Log Analysis"	17	"AJAX"	3
"User Interfaces"	59	"Video Capture"	17	"Business Intelligence"	3
"Desktop Environment"	57	"Conversion"	17	"Business Performance Management"	3
"Email"	57	"Financial"	16	"Game development framework"	3
"Office/Business"	55	"Card Games"	16	"Multiplayer"	3
"Graphics"	53	"System Shells"	16	"OPAC"	3
"Artificial Intelligence"	51	"Intelligent Agents"	15	"Personal finance"	3
"Cryptography"	50	"Internet Phone"	15	"Screen Savers"	3
"Simulation"	50	"Window Managers"	15	"Unix Talk"	3



"Board Games"	49	"Documentation"	15	"WAP"	3
"Text Processing"	49	"HTML/XHTML"	15	"Workflow"	3
"Information Analysis"	48	"Terminal Emulators/X Terminals"	15	"DocBook"	2
"Viewers"	48	"Compression"	14	"DVD"	2
"Internet Relay Chat"	47	"Astronomy"	14	"Embedded systems"	2
"Sound/Audio"	47	"Point-Of-Sale"	13	"Hardware Watchdog"	2
"Testing"	47	"Usenet News"	13	"MMORPG"	2
"Enterprise"	47	"Terminals"	13	"Social sciences"	2
"File Sharing"	47	"Word Processors"	13	"Sports"	2
"Turn Based Strategy"	46	"LDAP"	12	"SSH (Secure SHell)"	2
"Object Oriented"	45	"Religion and Philosophy"	12	"Storage"	2
"Integrated Development Environments (IDE)"	43	"RSS"	12	"TEI"	2
"HTTP Servers"	41	"TeX/LaTeX"	12	"Themes"	2
"Video"	41	"Capture/Recording"	12	"Animation"	2
"Gnome"	41	"Earth Sciences"	12	"Collaborative development tools"	2
"Linux"	41	"Editors"	12	"Comma-separated values (CSV)"	2
"Database Engines/Servers"	40	"Mail Transport Agents"	12	"Composition"	2
"XML"	40	"Telnet"	12	"IMAP"	2
"Indexing/Search"	39	"Virtual Machines"	11	"Jabber"	2
"Hardware Drivers"	38	"Boot"	11	"Linux"	2
"Project Management"	38	"Digital Camera"	11	"Machine Learning"	2
"Text Editors"	37	"I18N (Internationalization)"	11	"Mixers"	2
"Data Formats"	37	"ICQ"	11	"NNTP"	2
"Debuggers"	36	"Investment"	11	"Research"	2
"CGI Tools/Libraries"	35	"Library"	11	"Semantic Web (RDF, OWL, etc.)"	2
"Emulators"	35	"MSN Messenger"	11	"Themes"	2
"Quality Assurance"	34	"AOL Instant Messenger"	10	"Unattended"	2
"Logging"	34	"Emacs"	10	"Agile development tools"	1
"Scheduling"	33	"POP3"	10	"Cataloguing"	1
"Side-Scrolling/Arcade Games"	33	"Data Warehousing"	10	"Codec"	1
"Presentation"	32	"Mailing List Servers"	10	"Collection management"	1
"File Transfer Protocol (FTP)"	32	"Profiling"	10	"Cooking"	1
"Real Time Strategy"	32	"Resource Booking"	10	"Digital preservation"	1
"System"	32	"Version Control"	10	"Finger"	1
"Distributed"	31	"Web Services"	10	"Log Rotation"	1

Computing"					
"Installation/Setup"	31	"Authentication/Directory"	9	"NIS"	1
"Multi-User Dungeons (MUD)"	31	"CD Ripping"	9	"Password manager"	1
"Filesystems"	30	"Image Galleries"	9	"Performance Testing"	1
"First Person Shooters"	30	"Libraries"	9	"Source code analysis"	1
"Printing"	30	"Name Service (DNS)"	9	"Source code review"	1
"Software Distribution"	30	"Object Brokering"	9	"Synchronization"	1
"Physics"	29	"Packaging"	9	"Ticketing Systems"	1
"Graphics Conversion"	28	"Speech"	9	"Video Conferencing"	1
"Accounting"	28	"Console-based Games"	8	"Web Conferencing"	1
"Human Machine Interfaces"	28	"CVS"	8	"Billing"	1
"Message Boards"	28	"Cross Compilers"	8	"BSD"	1
"Algorithms"	27	"Fax"	8	"Business Process Management"	1
"Archiving"	27	"Ham Radio"	8	"Computer Aided Translation (CAT)"	1
"Computer Aided Instruction (CAI)"	27	"Raster-Based"	8	"Computer-aided technologies (CADD/CAM/CAE)"	1
"K Desktop Environment (KDE)"	27	"Spreadsheet"	8	"Enlightenment"	1
"File Management"	27	"E-Commerce / Shopping"	7	"Flight simulator"	1
"Players"	27	"Ecosystem Sciences"	7	"Hobbies"	1
"Puzzle Games"	26	"Link Checking"	7	"JSON"	1
"BBS"	26	"Realtime Processing"	7	"Knowledge Management"	1
"Browsers"	25	"SOAP"	7	"Linguistics"	1
"Backup"	25	"Usability"	7	"Mainframes"	1
"Documentation"	25	"BitTorrent"	7	"Medical/Healthcare"	1
"Analysis"	24	"CASE"	7	"Napster"	1
"Filters"	24	"Genealogy"	7	"Other file transfer protocol"	1
"3D Modeling"	23	"Interface Engine/Protocol Translator"	7	"Power (UPS)"	1
"Vector-Based"	23	"Serial"	7	"Statistics"	1
"Chemistry"	23	"Social Networking"	7	"Still Capture"	1
"Display"	23	"Symmetric Multi-processing"	7	"Subversion"	1
"Modeling"	23	"Wiki"	7		

### Ερώτημα SQL (Θεματικό περιεχόμενο)

```

SELECT      COUNT(dbo.act_groups.group_id) AS category,
s0310.trove_cat.fullname
FROM        s0310.trove_group_link INNER JOIN

```

```

s0310.trove_cat ON
s0310.trove_group_link.trove_cat_id =
s0310.trove_cat.trove_cat_id INNER JOIN
    dbo.act_groups ON
s0310.trove_group_link.group_id = dbo.act_groups.group_id
WHERE      (s0310.trove_cat.root_parent = 18)
GROUP BY s0310.trove_cat.fullpath_ids, s0310.trove_cat.fullname
    
```

### ε) Λειτουργικό Σύστημα

Λειτουργικό Σύστημα	Αριθμός έργων
"All POSIX (Linux/BSD/UNIX-like OSes)"	1.213
"OS Independent (Written in an interpreted language)"	1.035
"Linux"	934
"All 32-bit MS Windows (95/98/NT/2000/XP)"	866
"OS X"	410
"32-bit MS Windows (NT/2000/XP)"	397
"WinXP"	312
"OS Portable (Source code to work with many OS platforms)"	308
"All BSD Platforms (FreeBSD/NetBSD/OpenBSD/Apple Mac OS X)"	205
"Win2K"	188
"Solaris"	162
"32-bit MS Windows (95/98)"	131
"FreeBSD"	111
"64-bit MS Windows"	63
"Vista"	63
"Cygwin (MS Windows)"	55
"Other"	49
"Microsoft Windows Server 2003"	45
"MinGW/MSYS (MS Windows)"	42
"HP-UX"	32
"SGI IRIX"	31
"Other Operating Systems"	30
"MS-DOS"	30
"IBM AIX"	27
"NetBSD"	23
"WinCE"	22
"BeOS"	22
"OpenBSD"	21
"Apple Mac OS Classic"	19
"WinNT"	19
"Windows 7"	16
"AmigaOS"	15
"PalmOS"	14
"WinME"	12
"WINE"	12
"IBM OS/2"	12

"Project is an Operating System Distribution"	12
"Win98"	10
"Fink (Mac OS X)"	10
"SymbianOS"	10
"Handheld/Embedded Operating Systems"	10
"MorphOS"	10
"Project is OS Distribution-Specific"	9
"VMware"	7
"Project is an Operating System Kernel"	6
"uClinux"	6
"Win98 OSR2"	6
"Sega Dreamcast"	5
"QNX"	5
"DOSEMU"	4
"SCO"	4
"GNU Hurd"	3
"Microsoft Xbox"	3
"Virtualization"	3
"Sony Playstation 2"	2
"EMX (OS/2 and MS-DOS)"	2
"Apple iPhone"	2
"OpenVMS"	2
"VxWorks"	2
"Blackberry RIM OS"	1
"Xen"	1
"Microsoft Windows 3.x"	1
"Android"	1
"eCos"	1
"Sony PlayStation Portable (PSP)"	1
"Nintendo Wii"	1
"RISC OS"	1
"Win95"	1
"Windows Mobile"	1
"Console-based Platforms"	1
"BSD/OS"	1

### Ερώτημα SQL (Λειτουργικό Σύστημα)

```

SELECT      COUNT(dbo.act_groups.group_id) AS category,
s0310.trove_cat.fullname
FROM        s0310.trove_group_link INNER JOIN
            s0310.trove_cat ON
s0310.trove_group_link.trove_cat_id =
s0310.trove_cat.trove_cat_id INNER JOIN
            dbo.act_groups ON
s0310.trove_group_link.group_id = dbo.act_groups.group_id
WHERE      (s0310.trove_cat.root_parent = 199)
GROUP BY  s0310.trove_cat.fullpath_ids, s0310.trove_cat.fullname

```

## στ) Γλώσσα προγραμματισμού

Γλώσσα Προγραμματισμού	Αριθμός έργων	Γλώσσα Προγραμματισμού	Αριθμός έργων
"Java"	915	"VHDL/Verilog"	5
"C++"	880	"Zope"	5
"C"	877	"Groovy"	5
"PHP"	508	"AppleScript"	4
"Python"	328	"Emacs-Lisp"	4
"Perl"	209	"Cold Fusion"	4
"JavaScript"	207	"Forth"	4
"C#"	186	"REALbasic"	4
"Unix Shell"	92	"Common Lisp"	3
"Delphi/Kylix"	78	"AspectJ"	3
"Tcl"	70	"APL"	3
"Assembly"	60	"Haskell"	3
"Objective C"	53	"Prolog"	3
"Visual Basic"	46	"IDL"	3
"Visual Basic .NET"	46	"LabVIEW"	3
"JSP"	44	"Erlang"	3
"PL/SQL"	40	"GLSL (OpenGL Shading Language)"	2
"XSL (XSLT/XPath/XSL-FO)"	35	"D"	2
"Ruby"	31	"MUMPS"	2
"ASP.NET"	30	"Free Pascal"	2
"Lua"	24	"Lazarus"	1
"Object Pascal"	21	"Smalltalk"	1
"Lisp"	20	"Euler"	1
"Pascal"	18	"Scilab"	1
"ActionScript"	17	"S/R"	1
"Fortran"	17	"XBase/Clipper"	1
"ASP"	12	"BlitzMax"	1
"Scheme"	11	"LPC"	1
"MATLAB"	10	"XBasic"	1
"Ada"	9	"Standard ML"	1
"BASIC"	8	"PROGRESS"	1
"AWK"	7	"Autolt"	1
"VBScript"	7	"Euphoria"	1
"Yacc"	7	"Flex"	1
"OCaml (Objective Caml)"	6	"Pike"	1

"COBOL"	6	"Logo"	1
"Rexx"	6		

### Ερώτημα SQL (Γλώσσα προγραμματισμού)

```

SELECT      COUNT(dbo.act_groups.group_id) AS category,
s0310.trove_cat.fullname
FROM        s0310.trove_group_link INNER JOIN
            s0310.trove_cat ON
s0310.trove_group_link.trove_cat_id =
s0310.trove_cat.trove_cat_id INNER JOIN
            dbo.act_groups ON
s0310.trove_group_link.group_id = dbo.act_groups.group_id
WHERE      (s0310.trove_cat.root_parent = 160)
GROUP BY   s0310.trove_cat.fullpath_ids, s0310.trove_cat.fullname

```

### ζ) Περιβάλλον Βάσης Δεδομένων

Περιβάλλον ΒΔ	Αριθμός έργων
"MySQL"	341
"JDBC"	110
"SQL-based"	108
"PostgreSQL (pgsql)"	94
"XML-based"	71
"Microsoft SQL Server"	63
"Flat-file"	52
"Oracle"	50
"SQLite"	44
"PHP Pear::DB"	30
"ADODB"	25
"ODBC"	23
"Microsoft Access"	23
"Other API"	22
"Project is a database abstraction layer (API)"	22
"Proprietary file format"	21
"Perl DBI/DBD"	20
"HSQL"	18
"IBM DB2"	16
"Python Database API"	15
"Other file-based DBMS"	15
"Other network-based DBMS"	14
"Berkeley/Sleepycat/Gdbm (DBM)"	13
"Project is a database management tool"	12
"Sybase"	11
"Firebird/InterBase"	9

"Project is a relational object mapper"	9
"Project is a file-based DBMS (database system)"	7
"xBASE"	6
"Project is a network-based DBMS (database system)"	4
"Project is a tool for a proprietary database file format"	3
"Project is a database conversion tool"	3
"PalmOS PDB"	3
"db4objects (db4o)"	1

### Ερώτημα SQL (Περιβάλλον Βάσης Δεδομένων)

```
SELECT      COUNT(dbo.act_groups.group_id) AS category,
s0310.trove_cat.fullname
FROM        s0310.trove_group_link INNER JOIN
           s0310.trove_cat ON
s0310.trove_group_link.trove_cat_id =
s0310.trove_cat.trove_cat_id INNER JOIN
           dbo.act_groups ON
s0310.trove_group_link.group_id = dbo.act_groups.group_id
WHERE      (s0310.trove_cat.root_parent = 496)
GROUP BY  s0310.trove_cat.fullpath_ids, s0310.trove_cat.fullname
```

### η) Διεπαφή χρήστη

Διεπαφή(user interface)	Αριθμός έργων
"Web-based"	794
"Win32 (MS Windows)"	657
"X Window System (X11)"	401
"Command-line"	334
"Java Swing"	267
"Non-interactive (Daemon)"	227
"Console/Terminal"	152
"Cocoa (MacOS X)"	127
"Gnome"	109
"Qt"	102
"GTK+"	88
"KDE"	80
"OpenGL"	74
"Eclipse"	62
"wxWidgets"	56
"Plugins"	55
".NET/Mono"	47
"Handheld/Mobile/PDA"	46

"Java SWT"	44
"Curses/Ncurses"	39
"SDL"	38
"Java AWT"	35
"Carbon (Mac OS X)"	33
"Project is a user interface (UI) system"	32
"Project is a 3D engine"	27
"Project is a graphics toolkit"	26
"Tk"	26
"Other toolkit"	20
"DirectX"	15
"Framebuffer"	11
"Project is a templating system"	9
"FLTK"	8
"Project is a window manager"	7
"Project is a remote control application"	7
"Allegro"	6
"TabletPC"	4
"GLUT"	4
"Magic User Interface (MUI)"	4
"Quartz"	3
"Grouping and Descriptive Categories (UI)"	2
"ClanLib"	2
"Motif/LessTif"	2
"Plib"	2
"SVGAlib"	2
"AAlib"	1
"Ogre3D"	1
"Newt"	1
"Email-based interface"	1
"GGI"	1
"Glide"	1
"Crystal Space"	1

### Ερώτημα SQL (Διεπαφή χρήστη)

```
SELECT COUNT(dbo.act_groups.group_id) AS category,
s0310.trove_cat.fullname
```



```
FROM          s0310.trove_group_link INNER JOIN
              s0310.trove_cat ON
s0310.trove_group_link.trove_cat_id =
s0310.trove_cat.trove_cat_id INNER JOIN
              dbo.act_groups ON
s0310.trove_group_link.group_id = dbo.act_groups.group_id
WHERE        (s0310.trove_cat.root_parent = 225)
GROUP BY s0310.trove_cat.fullpath_ids, s0310.trove_cat.fullname
```

## θ) Φυσική Γλώσσα

Γλώσσα	Αριθμός έργων	Γλώσσα	Αριθμός έργων
"English"	2203	"Croatian"	27
"German"	459	"Vietnamese"	26
"French"	398	"Lithuanian"	26
"Spanish"	317	"Thai"	25
"Italian"	255	"Persian"	25
"Russian"	192	"Serbian"	25
"Dutch"	188	"Estonian"	23
"Chinese (Simplified)"	154	"Indonesian"	21
"Polish"	143	"Galician"	19
"Brazilian Portuguese"	138	"Afrikaans"	18
"Japanese"	131	"Esperanto"	15
"Portuguese"	124	"Latvian"	12
"Swedish"	114	"Malay"	12
"Czech"	109	"Bosnian"	9
"Turkish"	98	"Belarusian"	9
"Hungarian"	96	"Albanian"	8
"Chinese (Traditional)"	87	"Tamil"	6
"Danish"	86	"Hindi"	6
"Norwegian"	72	"Icelandic"	5
"Catalan"	64	"Macedonian"	5
"Finnish"	57	"Bengali"	4
"Greek"	54	"Mongolian"	4
"Arabic"	48	"Urdu"	4
"Korean"	48	"Irish Gaelic"	4
"Bulgarian"	48	"Panjabi"	3
"Slovak"	47	"Basque (Euskara)"	3
"Romanian"	43	"Georgian"	2
"Ukrainian"	40	"Swahili"	2
"Hebrew"	36	"Telugu"	2
"Slovene"	33	"Breton"	1

## Ερώτημα SQL (Φυσική Γλώσσα)

```
SELECT      COUNT(dbo.act_groups.group_id) AS category,
s0310.trove_cat.fullname
FROM        s0310.trove_group_link INNER JOIN
           s0310.trove_cat ON
s0310.trove_group_link.trove_cat_id =
s0310.trove_cat.trove_cat_id INNER JOIN
           dbo.act_groups ON
s0310.trove_group_link.group_id = dbo.act_groups.group_id
WHERE      (s0310.trove_cat.root_parent = 274)
GROUP BY  s0310.trove_cat.fullpath_ids, s0310.trove_cat.fullname
```

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζονται τα ερωτήματα SQL που υποβλήθηκαν στη βάση SF<sub>ND</sub> της SourceForge για την εξαγωγή δεδομένων στο πλαίσιο των Κεφαλαίων 6, 8.

1) Αριθμός εγγεγραμμένων έργων στη βάση SourceForge ανά έτος.

```
SELECT COUNT(group_id) AS no_of_groups, YEAR(DATEADD(s,
register_time, CONVERT(DATETIME, '1970-01-01 00:00:00', 102))) AS
year
FROM s0310.groups
GROUP BY YEAR(DATEADD(s, register_time, CONVERT(DATETIME, '1970-
01-01 00:00:00', 102)))
ORDER BY year
```

2) Αριθμός εγγεγραμμένων χρηστών στη βάση SourceForge ανά έτος.

```
SELECT YEAR(DATEADD(s, add_date, CONVERT(DATETIME, '1970-01-01
00:00:00', 102))) AS year, COUNT(user_id) AS users
FROM s0310.users
GROUP BY YEAR(DATEADD(s, add_date, CONVERT(DATETIME, '1970-01-01
00:00:00', 102)))
ORDER BY year
```

3) Αριθμός εγγεγραμμένων χρηστών ανά έτος και ανά γεωγραφική περιοχή.

```
SELECT COUNT(user_id) AS users, timezone, YEAR(DATEADD(s,
add_date, CONVERT(DATETIME, '1970-01-01 00:00:00', 102))) AS year
FROM s0310.users
GROUP BY timezone, YEAR(DATEADD(s, add_date, CONVERT(DATETIME,
'1970-01-01 00:00:00', 102)))
ORDER BY year
```



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V

Λίστα επιχειρήσεων/έργων με επιχειρηματικό μοντέλο ανοιχτού λογισμικού που χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο της έρευνας του Κεφαλαίου 7.

	Επιχείρηση/Έργο ΕΛ/ΛΑΚ*	Τομέας αγοράς		Επιχείρηση/Έργο ΕΛ/ΛΑΚ	Τομέας αγοράς
1	1bizcom/bizcom	H/W	51	Openflows Networks ltd	Services
2	Acquia	Services	52	Openlogic	Services
3	Adaptive Planning	S/W	53	Openmoko/FreeRunner	H/W
4	Alfresco	S/W	54	OpenTerracotta	S/W
5	Alterpoint	S/W	55	Open-Xchange	S/W
6	Apache Foundation/Celtix/Apache CFX	S/W	56	Opsera/Opsview	S/W
7	Apache Software Foundation/OtBiz	S/W	57	Optaros	Services
8	Apple/Darwin	S/W	58	ORACLE/VirtualBox	S/W
9	Black Duck Software	Services	59	Orixo	Services
10	Canonical/Ubuntu	S/W	60	OSAF Chandler	S/W
11	CentraView	S/W	61	Pentaho/ Pentaho BI	S/W
12	CiviCRM	S/W	62	Progress S/W Corporation/Atrix	S/W
13	CleverSafe/Accesser	S/W	63	Real Networks/Helix	S/W
14	Cloud.com	Services	64	RedHat/ Linux	S/W
15	Colosa Inc./Process Maker BPM	S/W	65	RedHat/Fedora	S/W
16	Compiere	S/W	66	Redhat/Jboss	S/W
17	Denx/Embedded Linux Development Kit (ELDK)	H/W	67	rPath/Linux	S/W
18	EmuSoftware/Netdirector	S/W	68	Scalix	S/W
19	EnterpriseDB/Postgres Plus Standard Server	S/W	69	Sendmail	S/W
20	Exadel/JavaFX plugin	S/W	70	Sleepycat/Berkley DB	S/W
21	EyeOS	S/W	71	Smoothwall/Smoothwall Firewall	S/W
22	Funambol	S/W	72	Sonatype	Services
23	GreenPlum	S/W	73	Sony/ 'Sony Controls' for SonyVAIO	H/W
24	GroundWork	S/W	74	Sony/ 'Sony Vaio FX Library'	H/W
25	Hewlett Packard/ 'HP Linux Imaging and Printing'	H/W	75	Sony/ 'ksblc' for SonyVAIO	H/W
26	Hewlett Packard/ 'XPMaP'	H/W	76	Sourcefire (SNORT)	S/W
27	Hewlett Packard/ 'Check_hp_print'	H/W	77	Sourcelabs/SWIK.net	Services
28	Hyperic/Hyperic Application & System Monitoring	S/W	78	SourceSense	Services
29	IBM/Eclipse	S/W	79	Splunk	S/W
30	IBM/Jikes	S/W	80	SSLEplorer	S/W
31	Infrae	Services	81	SugarCRM	S/W
32	Jasper wireless	H/W	82	SUN/ORACLE/ OpenOffice	S/W
33	Jbilling	S/W	83	SUN/ORACLE/Glassfish	S/W
34	Jitterbit	S/W	84	SUN/ORACLE/Netbeans	S/W
35	KnowledgeTree	S/W	85	Symbiot/OpenSIMS	S/W
36	Lustre	S/W	86	Talend/ Open Studio.	S/W
37	ManyOne networks website	Services	87	TenderSystem	S/W
38	Mindquarry	S/W	88	Tetrain	Services
39	Mirth	S/W	89	UltimateEMR	S/W
40	MuleSource/Mule ESB	S/W	90	VirtualBox	S/W
41	Mysql	S/W	91	vTiger/vTiger CRM	S/W
42	Netscape/Mozilla	S/W	92	Vyatta	S/W
43	NightLabs GmbH/ Jfire	S/W	93	WSO2	S/W

44	NoMachine NX	S/W	94	XenSource (Xen)	H/W
45	Novell/ SUSE Linux	S/W	95	xTuple Norfolk USA	S/W
46	NuSphere Corp./Nosphere PhP Tools	S/W	96	Zea partners	Services
47	Open Handset Alliance/ Android	H/W	97	Zend (PHP)	S/W
48	OpenBravo/ OpenBravo ERP	S/W	98	Zenoss	Services
49	OpenClovis/ OpenClovis	S/W	99	Zimbra	S/W
50	OpenEMM	S/W	100	Zope/ERP5	S/W

**Σημείωση:**

1. S/W (τομέας λογισμικού)
2. H/W (τομέας υλικού Η/Υ)
3. Services (τομέας υπηρεσιών)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI

Αξιολόγηση εννοιολογικών πλαισίων CF2.1, CF2.

### A) Αξιολόγηση και επικύρωση εννοιολογικού πλαισίου CF2.1

Μοντέλο	Επικύρωση/ Σχετική βιβλιογραφία	Αξιολόγηση/Απαντήσεις συνεντεύξεων		
		C1*	C2**	Σχόλια των ερωτηθέντων σχετικά με τα ΕΜ ΕΛ/ΛΑΚ
<i>distributor</i>	[30], [284], [322], [315]	90%	94%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Το Linux χρησιμοποιείται, δοκιμάζεται και εφαρμόζεται εδώ και αρκετά χρόνια και έχει αποδεδειγμένη ποιότητα.</li> <li>• Χαμηλό κόστος εισόδου στην αγορά, καθώς το μεγαλύτερο μέρος του κώδικα έχει αναπτυχθεί στο εσωτερικό της Κοινότητας ΕΛ/ΛΑΚ.</li> <li>• Ο βαθμός απελευθέρωσης του πηγαίου κώδικα επιτρέπει καλή σχέση με την Κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ, η οποία θα συνεχίσει να αναβαθμίζει και βελτιώνει το λογισμικό και να απελευθερώσει νέες εκδόσεις.</li> <li>• Σύντομοι κύκλοι εκδόσεων, δίνουν σε μια εταιρεία το πλεονέκτημα της πρώτης κίνησης, προσπερνώντας τις επιχειρήσεις του λογισμικού κλειστού κώδικα.</li> <li>• Τα χαμηλά εμπόδια εισόδου προκαλούν αύξηση του ανταγωνισμού, έτσι χρειάζεται μεγαλύτερη ποιότητα για την κατακτάση μιας θέσης στην αγορά.</li> </ul>
<i>dual license</i>	[30], [324], [284], [315], [320], [321]	84%	88%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η έκδοση ενός λογισμικού κάτω από την GPL ευνοείται από την Κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ. Ως αποτέλεσμα το λογισμικό μπορεί να προσελκύσει εθελοντές προγραμματιστές και χρήστες, δημιουργώντας ένα σχετικό πλεονέκτημα σε σχέση με ένα άγνωστο εμπορικό προϊόν.</li> <li>• Η διαχείριση μεταξύ των δύο διαφορετικών τύπων αδειών, μπορεί να είναι περίπλοκη.</li> <li>• Λογισμικό που προέρχεται από εξωτερικές συνεισφορές απαιτεί ρητή αναγνώριση των δικαιωμάτων των δύο αδειών.</li> </ul>
<i>commercial on OSS</i>	[320], [325]	12%	45%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Χαμηλό κόστος εισόδου στην αγορά</li> <li>• no OSS license implications/ source code can be closed.</li> <li>• Προσεχτική επιλογή της πλατφόρμας ΕΛ/ΛΑΚ είναι αναγκαία.</li> </ul>
<i>added value editions</i>	Δε βρέθηκε προηγούμενη βιβλιογραφία για το μοντέλο	92%	94%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αποτελεί και μια στρατηγική μάρκετινγκ, καθώς οι χρήστες που έχουν εξοικιωθεί στην ανοικτή και δωρεάν έκδοση, είναι πιο πιθανό να επιλέξουν την βελτιωμένη έκδοση του ίδιου προϊόντος, αν χρειαστούν επιπλέον λειτουργικότητα.</li> <li>• Κλειστά τμήματα του πηγαίου κώδικα δεν ευνοούν τις σχέσεις με την κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ.</li> </ul>
<i>bundled software &amp; services</i>	[324], [325], [320]	95%	93%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Οι συνδρομές δεν σχετίζονται με τις άδειες χρήσης.</li> <li>• Η στρατηγική αυτή ευνοείται από τις επιχειρήσεις και των δύο τομέων λογισμικού και τις υπηρεσιών της αγοράς.</li> </ul>
<i>services</i>	[323], [324], [325], [320], [30], [322]	67%	91%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Οι υπηρεσίες δεν σχετίζονται με τις άδειες χρήσης.</li> <li>• Καμία υποχρέωση στην αποκάλυψη των τροποποιήσεων τους στην ανάπτυξη του</li> </ul>

				κώδικα –όπου αυτό είναι απαραίτητο-. <ul style="list-style-type: none"> <li>• χαμηλό κόστος εισόδου στην αγορά</li> <li>• Το ανθρώπινο δυναμικό αποτελεί το πιο σημαντικό περιουσιακό στοιχείο στην αγορά των υπηρεσιών. Με μια σωστή πολιτική, ένα μέρος των πόρων αυτών θα μπορούσαν να βρεθούν στις κοινότητες ΕΛ/ΛΑΚ.</li> </ul>
<i>host-based</i>	[324]	78%	82%	Πολλά υποσχόμενος τομέας, λόγω της διάχυσης του Internet και του ηλεκτρονικού εμπορίου.
<i>network</i>	[322]	14%	32%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η συνεργατική φύση του ΕΛ/ΛΑΚ διευκολύνει μια τέτοια επιχείρηση, απαιτεί όμως εμπιστοσύνη μεταξύ των φορέων, ενώ υπάρχει και το κόστος συγχρονισμού και συντονισμού.</li> </ul>
<i>embedded</i>	[482], [324]	25%	49%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Προστιθέμενη αξία από την αποδεδειγμένα καλύτερη ποιότητα που προσφέρουν οι λύσεις ΕΛ/ΛΑΚ σε αυτόν τον τομέα.</li> </ul>
<i>hardware manufacturers</i> στη βιβλιογραφία αναφέρεται και ως <i>'Widget Frosting'</i>	[323],[317] , [30], [324],[325]	45%	72%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Το «πακέτο» πώλησης υλικού- λογισμικού, όπως π.χ. Η/Υ με λειτουργικό σύστημα, συνιστά σε ένα σύστημα με πολύ χαμηλότερη τιμή. Η πολιτική αυτή ακολουθείται από πολλές εταιρείες κατασκευαστών ηλεκτρονικού υλικού, όπως οι like IBM and Apple –</li> <li>• <b>EM ΕΛ/ΛΑΚ:</b> <i>'bundled software &amp; hardware'</i></li> </ul>
<i>'Marketing'</i> αναφέρεται επίσης και ως <i>'Brand enabler'</i>	[323],[325] [30], [321]	93%	93%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Οι επιχειρήσεις απελευθερώνουν κώδικα ως στρατηγική μάρκετινγκ. Δηλαδή, θέλουν να αναδείξουν την ποιότητά τους και να γίνουν ευρέως γνωστοί ως εμπορικό σήμα. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να λανσάρουν πιο εύκολα τα προϊόντα τους.</li> </ul>
<i>Εξοικονόμηση κόστους R&amp;D</i>	Δεν αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως διακριτό EM ΕΛ/ΛΑΚ	94%	82%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cost savings in experimenting with code reuse and support from OSS Community</li> <li>• Εξοικονόμηση κόστους στην έρευνα με τη δυνατότητα πειραματισμού και επαναχρησιμοποίησης κώδικα, αλλά και την υποστήριξη από την κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ.</li> </ul>
<i>'Ancillary markets'</i> αναφέρεται επίσης και ως <i>'Accessorizing'</i>	[30], [323], [317], etc.	22%	28%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αυτά τα προϊόντα μπορεί να είναι βιβλία ή άλλες εκδόσεις και αντικείμενα που σχετίζονται με το ΕΛ/ΛΑΚ.</li> </ul>

**Σημείωση:**

(\*) **C1:** Ποσοστό των ερωτηθέντων που ανέφεραν το συγκεκριμένο EM ΕΛ/ΛΑΚ, στις ερωτήσεις «ποιο EM ΕΛ/ΛΑΚ γνωρίζετε;» και «ποιο EM ΕΛ/ΛΑΚ θα προτεινάτε;». Οι απαντήσεις μπορεί να περιλαμβάνουν περισσότερα από δύο EM ΕΛ/ΛΑΚ.

(\*\*) **C2:** Ποσοστό των ερωτηθέντων που ανέφεραν ότι γνωρίζουν το συγκεκριμένο EM.



## B) Αξιολόγηση εννοιολογικού πλαισίου CF2

Δομικό στοιχείο ή οντότητα:	Θα έπερεπε να υπάρχει στο μοντέλο;			Προτεινόμενη οντότητα	Είναι στη σωστή θέση;			Πρόταση για νέα θέση/ άλλα σχόλια		
	Ναι	Όχι	Δεν ξέρω		Ναι	Όχι	Δεν ξέρω			
Διοίκηση	83%	11%	6%			89%	2%	9%	Κάτω από το στοιχείο «Κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ»	6%
									Κανένα	4%
Παραγωγή	84%	4%	12%	Μοντέλο ανάπτυξης (ΜΑ):	7%	88%	0%	12%	(ΜΑ) κάτω από το στοιχείο «Διαμόρφωση Αξίας»	7%
				Επίπεδο υψηλής διάρθρωσης κώδικα (Modularity Level -ML)	5%				(ML) κάτω από το στοιχείο «Προσφερόμενη αξία»	5%
Κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ	98%	0%	2%			93%	0%	7%	Κάτω από το στοιχείο «Δίκτυο Συνεργατών»	4%
Τύπος άδειας χρήσης	100%	0%	0%			12%	82%	6%	κάτω από το στοιχείο «Προσφερόμενη αξία»	79%
									Κανένα	5%
Επίπεδο διαφάνειας	77%	18%	5%	Πρόσβαση στον κώδικα	7%	82%	4%	15%	Κανένα	18%
S/W ανάπτυξη	88%	2%	10%			88%	2%	10%	Κανένα	2%
S/W τεκμηρίωση	88%	2%	10%			88%	2%	10%	Κανένα	2%
S/W δημιουργία λογισμικού πακέτου	88%	2%	10%			88%	2%	10%	Κανένα	2%
Πωλήσεις & Μάρκετινγκ	88%	2%	10%			88%	2%	10%	Κανένα	2%
Υπηρεσίες	88%	2%	10%			88%	2%	10%	Κανένα	2%
Πηγές εσόδων	100%	0%	0%			100%	0%	0%		0%
<b>Σημείωση:</b> Τα αποτελέσματα συνοψίζουν τα δεδομένα των συνετεύξεων και των workshop										



## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] S. Lakka, T. Stamati, C. Michalakelis, and D. Martakos, What drives eGovernment growth? An econometric analysis on the impacting factors, *International Journal of Electronic Governance* vol. 6, no. 1, 2013, pp. 20-36.
- [2] S. Lakka, C. Michalakelis, D. Varoutas, and D. Martakos, Competitive dynamics in the operating systems market: Modeling and policy implications, *Technological Forecasting and Social Change*, doi 10.1016/j.techfore.2012.06.011, vol. 80, no. 1, 2013, pp. 88-105.
- [3] S. Lakka, C. Michalakelis, D. Varoutas, and D. Martakos, Exploring the determinants of the OSS market potential: The case of the Apache web server, *Telecommunications Policy*, vol. 36, no. 1, 2012, pp. 51-68.
- [4] S. Lakka, T. Stamati, C. Michalakelis, and D. Martakos, The ontology of OSS Business Model: an exploratory study, *International Journal of Open Source Software and Processes*, vol. 3, no. 1, 2011, pp. 39-59.
- [5] S. Lakka, T. Stamati, and D. Martakos, "Does OSS Affect E-Government Growth? An Econometric Analysis on the Impacting Factors", in *Open Source Systems: Long-Term Sustainability, 8th IFIP WG 2.13 International Conference OSS, Hammamet, Tunisia, Proceedings*. vol. 378, I. L. Hammouda, B.; Mikkonen, T.; Scacchi, W., Ed.: Springer, 2012, pp. 292-297.
- [6] S. Lakka, D. Varoutas, and D. Martakos, "Impact of OSS on Software Markets- an Evaluation", *Proc. 4th Mediteranean Conference on Information Systems Athens*, Athens University of Economics & Business, 2009, pp. 588-599.
- [7] S. Lakka, N. Lionis, and D. Varoutas, "Social Aspects of Open Source Software: Motivation, Organization, and Economics", in *Electronic Business: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, C. P. Lee, Ed., Hershey: IGI Global, 2009, pp. 1709-1722
- [8] S. Lakka, C. Michalakelis, and D. Martakos, "Impact of OSS on Social and Economic Welfare", in *Handbook on Social Change*, H. S. Brooke and E. C. Scott, Eds.: Nova Science Publishers, 2009, pp. 1-26.
- [9] E. Von Hippel and G. Von Krogh, Open Source Software and the "Private-Collective" Innovation Model: Issues for organization science, *Organization Science*, vol. 14, no. 2, March-April 2003 2003, pp. 209-223.
- [10] R. Stallman, *Free Software, Free Society: Selected Essays of Richard M. Stallman*. GNU Press, Free Software Foundation, 2002.
- [11] S. Weber, "The Political Economy of Open Source Software", in *Digital Formations: IT and New Architectures in the Global Realm*, R. Latham and S. Sassen, Eds., N. Jersey: Princeton University Press, 2005, pp. 178-211.
- [12] R. Glass, A sociopolitical look at open source, *Communications of the ACM*, vol. 46, no. 11, 2003, pp. 21-23.
- [13] K. Crowston, K. Wei, J. Howison, and A. Wiggins, Free/Libre Open Source Software Development: What We Know and What We Do Not Know, *ACM Computing Surveys*, vol. 44, no. 2, 2012, pp. 1-33.
- [14] A. Aksulu and M. Wade, A Comprehensive Review and Synthesis of Open Source Research, *Journal of the Association for Information Systems*, vol. 11, 2010, pp. 576-656.
- [15] G. von Krogh and E. von Hippel, The Promise of Research on Open Source Software, *Management Science*, vol. 52, no. 7, 2006, pp. 975-983.
- [16] W. Scacchi, "Free/Open Source Software Development: Recent Research Results and Emerging Opportunities", *Proc. ESEC/FSE '07, Cavtat, Croatia.*, ACM, 2007, pp. 459-468.
- [17] J. Yang and J. Wang, "Review on Free and Open Source Software", *Proc. IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (IEEE/SOLI)*, Beijing, IEEE, 2008, pp. 1044 - 1049.
- [18] J. Lerner and J. Tirole, The Economics Of Technology Sharing: Open Source and Beyond, *Journal of Economic Perspectives*, vol. 19, no. 2, 2005, pp. 99-120.
- [19] J. Dedrick and J. West, "Why Firms Adopt Open Source Platforms: A Grounded Theory Of Innovation And Standards Adoption", *Proc. Proceedings of the Workshop on Standard Making: A Critical Research Frontier for Information Systems*, Seattle, Washington, MIS Quarterly, 2003, pp. 236-257.
- [20] J. Dedrick and J. West, "An Exploratory Study into Open Source Platform Adoption", *Proc. 37th Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, IEEE CS Press, 2004, p. 80265b.
- [21] M. D. Gallego, P. Luna, and S. Bueno, Designing a Forecasting Analysis to Understand the Diffusion of Open Source Software in the Year 2010, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 75, 2008, pp. 672-686.

- [22] S. Goode, Something for Nothing: Management Rejection of Open Source Software in Australia's Top Firms *Information & Management*, vol. 42, no 5, no. 5, 2005, pp. 669-681.
- [23] J. Carroll, Dawson L.L. and P. A. Swatman, "Using Case Studies to Build Theory: Structure and Rigour. ", *Proc. 9th Australasian Conference on Information Systems*, Sydney, Australia., University of NSW, 1998.
- [24] J. Carroll and P. Swatman, Structured-case: a methodological framework for building theory in information systems research, *European Journal of Information Systems*, vol. 9, 2000, pp. 235-242.
- [25] M. Miles and A. Huberman, *Qualitative Data Analysis*, 2nd ed. Sage, 1994.
- [26] "Free Software Foundation"; <http://www.fsf.org/about/what-is-free-software> [Προσπελάστηκε 12 Απριλίου 2012].
- [27] "Open Source Initiative. The open source definition."; <http://opensource.org/osd> [Προσπελάστηκε 12 Απριλίου 2012].
- [28] E. S. Raymond, *The cathedral and the bazaar : musings on Linux and open source by an accidental revolutionary*, 1st ed. O'Reilly Associates, 1999.
- [29] L. U. Rosen, *Open Source Licensing: Software Freedom and Intellectual Property Law*. Saddle River, 2004.
- [30] B. Fitzgerald, The Transformation of Open Source Software, *MIS Quartely*, vol. 30, no. 3, 2006, pp. 587-598.
- [31] J. Lerner and J. Tirole, The Scope of Open Source Licensing, *Journal of Law, Economics, and Organization*, vol. 21, no. 1, January 5, 2005 2005, pp. 20-56.
- [32] "Report of License Proliferation Committee", 2006; <http://opensource.org/proliferation-report> [Προσπελάστηκε 24 Απριλίου 2012].
- [33] InfoDev, "Open Source Software. Perspectives for development", The World Bank, Washington, DC 2003; <http://www.infodev.org> [Προσπελάστηκε 01/05/2011].
- [34] I. Benbasat, Editorial note, *Information Systems Research*, vol. 12(no. 3, 2001, pp. iii-iv.
- [35] F. N. Kerlinger, *Foundations of behavioural research*, 2nd ed. Holt, Rinehart and Winston, 1973.
- [36] J. Pearl, *Causality: Models, reasoning and inference*. Cambridge University Press, 2000.
- [37] W. L. Neuman, *Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches*. Allyn and Bacon, 1991.
- [38] M. L. Markus and D. Robey, Information Technology and Organizational Change: Causal Structure in Theory and Research, *Management Science*, vol. 34., no. 5, 1998, pp. 583-598.
- [39] S. Gregor, "A theory of theories in information systems", in *Information Systems Foundations: Building the Theoretical Base*, S. Gregor and D. Hart, Eds., Canberra: Australian National University, 2002, pp. 1-20.
- [40] J. Fawcett and F. S. Downs, *The relationship of theory and research*. Appleton-Century-Crofts, 1986.
- [41] R. F. Harrod, An Essay in Dynamic Theory, *The Economic Journal*, vol. 49, no. 193, 1939, pp. 14-33.
- [42] E. Domar, Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment, *Econometrica*, vol. 14, no. 2, 1946, pp. 137-147.
- [43] R. M. Solow, A Contribution to the Theory of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics*(The MIT Press) vol. 70, no. 1, 1956, pp. 65-94.
- [44] R. J. Barro and X. Sala-i-Martin, *Economic Growth*. MIT Press, 2004.
- [45] G. M. Grossman and G. Helpman, *Innovation and Growth in the Global Economy* MIT Press, 1991.
- [46] L. A. Rivera-Batiz and P. M. Romer, Economic integration and endogenous growth, *Quarterly Journal of Economics* (The MIT Press), vol. 106, no. 2, 1991, pp. 531-555.
- [47] P. M. Romer, Increasing returns and long run growth, *Journal of Political Economy* vol. 94, no. 5, 1986, pp. 1002-1037.
- [48] P. M. Romer, The origins of endogenous growth, *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, no. 1, 1994, pp. 3-22.
- [49] R. E. Lucas, On the mechanics of Economic Development, *Journal of Monetary Economics* 1988, p. 22.
- [50] P. Aghion and P. Howitt, A model of growth through creative destruction, *Econometrica*, vol. 60, no. 2, 1992, pp. 323-351.
- [51] R. J. Barro, Economic growth in a cross section of countries, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 106, no. 2, 1991, pp. 407-443
- [52] S. Kiiski and M. Pohjola, Cross-country diffusion of the Internet, *Information Economics and Policy*, vol. 14, no. 2, 2002, pp. 297-310.
- [53] T. W. Schultz, Human Wealth and Economic Growth, *The Humanist*, vol. 19, no. 2, 1959, pp. 71-81.

- [54] T. W. Schultz, Investment in Human Capital, *American Economic Review*, vol. 51, no. 1, 1961, pp. 1-17.
- [55] W. A. Lewis, *The Theory of Economic Growth*. Irwin, 1955.
- [56] W. R. Scott, "Institutional theory", in *Encyclopedia of Social Theory*, G. Ritzer, Ed., Thousand Oaks, CA: Sage, 2004.
- [57] T. M. Moe, The new economics of organization, *American Journal of Political Science*, vol. 28, 1984, pp. 739-77.
- [58] D. C. North, *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press, 1990.
- [59] E. C. Hughes, *Men and their Work*. Free Press, 1958.
- [60] T. Parsons, Prolegomena to a theory of social institutions, *American Sociological Review*, vol. 55, 1990, pp. 319-39.
- [61] P. J. DiMaggio and W. W. Powell, "Constructing an organizational field as a professional project: U.S. art museums, 1920-1940", in *The New Institutionalism in Organizational Analysis*, P. J. DiMaggio and W. W. Powell, Eds., Chicago: University of Chicago Press, 1991, pp. 267-92.
- [62] W. R. Scott, *Institutions and Organizations*. Sage, 2001.
- [63] E. M. Rogers, *Diffusion of innovations*. The Free Press, 1964.
- [64] E. M. Rogers, *Diffusion of innovations (Fourth Edition)*. The Free Press, 1995.
- [65] G. C. Moore and I. Benbasat, Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation, *Information Systems Research* vol. 2, no. 3, 1991, pp. 192-222.
- [66] R. Agarwal and J. Prasad, A Conceptual and Operational Definition of Personal Innovativeness in the Domain of Information Technology, *Information Systems Research*, vol. 9, no. 2, 1998, pp. 204-215.
- [67] E. Karahanna, D. W. Straub, and N. L. Chervany, Information Technology Adoption Across Time: A Cross-Sectional Comparison of Pre-Adoption and Post-Adoption Beliefs, *MIS Quarterly*, vol. 23, no. 2, 1999, pp. 183-213.
- [68] C. R. Plouffe, J. S. Hulland, and M. Vandenbosch, Research Report: Richness Versus Parsimony in Modeling Technology Adoption Decisions-Understanding Merchant Adoption of a Smart Card-based Payment System, *Information Systems Research* vol. 12, no. 2, 2001, pp. 208-222.
- [69] V. Venkatesh, M. Morris, G. Davis, and F. Davis, User acceptance of information technology: toward a unified view, *MIS Quarterly*, vol. 27, no. 3, 2003, pp. 425-478.
- [70] DeLone W. H. and M. E. R., Information Systems Success: The Quest for the Dependent Variable, *Information Systems Research*, vol. 3, no. 1, 1992, pp. 60-95.
- [71] DeLone W. H. and M. E. R., The DeLone and McLean model of information systems success: a ten-year update, *Management Information Systems*, vol. 19, no. 4, 2003, pp. 9-30.
- [72] R. Fildes and V. Kumar, Telecommunications demand forecasting - a review, *International Journal of Forecasting*, vol. 18, no. 4, Oct-Dec 2002, pp. 489-522.
- [73] P. Parker, Aggregate diffusion forecasting models in marketing: A critical review, *International Journal of Forecasting*, vol. 10, 1994, pp. 353-380.
- [74] J. D. Linton, Forecasting the market diffusion of disruptive and discontinuous innovation, *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 49, no. 4, Nov 2002, pp. 365-374.
- [75] L. Fourt and J. Woodlock, Early Prediction of Market Success for New Grocery Products, *Journal of Marketing*, vol. 25, 1960, pp. 31-38.
- [76] J. C. Fisher and R. H. Pry, A simple Substitution Model of Technological Change, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 3, no. 1, 1971, pp. 75-88.
- [77] E. Mansfield, Technical change and the rate of imitation, *Econometrica*, vol. 29, 1961, pp. 741-766.
- [78] F. M. Bass, A new product growth model for consumer durables, *Management Science*, vol. 15, no. 5, 1969, pp. 215-227.
- [79] G. L. Lilien, A. G. Rao, and S. Kalish, Bayesian estimation and control of detailing effort in repeat purchase diffusion environment,, *Management Science*, vol. 27, no. May, 1981, p. 493.
- [80] V. Mahajan, Y. Wind, and S. Sharma, An approach to repeat purchase diffusion models, *AMA Proceedings, American Marketing Association, Chicago*, vol. Series 49, 1983, pp. 442-446.
- [81] W. A. Kamakura and S. Balasubramaniam, Longterm forecasting with innovation diffusion models: the impact of replacement purchase, *Journal of Forecasting*, vol. 6, no. 1, 1987, pp. 1-19.
- [82] R. A. Peterson and V. Mahajan, "Multi-Product Growth Models", in *Research in Marketing*, J. Sheth, Ed., Greenwich, Conn.: JAI Press, 1978.
- [83] Y. Clarke and G. N. Soutar, Consumer acquisition patterns for durable goods:Australian evidence, *Journal of Consumer Research*, vol. 8, no. March, 1982, pp. 449-456.
- [84] P. Parker and H. Gatignon, Specifying competitive effects in diffusion models: An empirical analysis, *International Journal of Research in Marketing*, vol. 11, 1994, pp. 17-39.

- [85] E. Dockner and S. Jorgensen, Optimal Pricing Strategies for New Products in Dynamic Oligopolies, *Marketing Science*, vol. 7, no. 4, Fal 1988, pp. 315-334.
- [86] J. A. Norton and F. M. Bass, A Diffusion-Theory Model of Adoption and Substitution for Successive Generations of High-Technology Products, *Management Science*, vol. 33, no. 9, Sep 1987, pp. 1069-1086.
- [87] U. Chanda and A. K. Bardhan, Modelling innovation and imitation sales of products with multiple technological generations, *The Journal of High Technology Management Research*, vol. 18, no. 2, 2008, pp. 173-190.
- [88] W.-J. Kim, J.-D. Lee, and T.-Y. Kim, Demand forecasting for multigenerational products combining discrete choice and dynamics of diffusion under technological trajectories *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 72, no. 7, September 2005, pp. 825-849.
- [89] C. Michalakelis, G. Dede, D. Varoutas, and T. Sphicopoulos, Impact of cross-national diffusion process in telecommunications demand forecasting *Telecommunication Systems*, vol. 39, March 2008, pp. 51-60.
- [90] H. Gatignon, J. Eliashberg, and T. S. Robertson, Modeling Multinational Diffusion Patterns - an Efficient Methodology, *Marketing Science*, vol. 8, no. 3, Sum 1989, pp. 231-247.
- [91] T. Gerard, S. Stefan, and Y. Eden, The International Takeoff of New Products: The Role of Economics, Culture, and Country Innovativeness, *Marketing Science*, vol. 22, no. 2, 2003, p. 208.
- [92] H. Takada and D. Jain, Cross-National Analysis of Diffusion of Consumer Durable Goods in Pacific Rim Countries, *Journal of Marketing*, vol. 55, no. 2, Apr 1991, pp. 48-54.
- [93] V. Mahajan and R. A. Peterson, Innovation Diffusion in a Dynamic Potential Adopter Population, *Management Science*, vol. 24, no. 15, 1978, pp. 1589-1597.
- [94] V. Mahajan, R. A. Peterson, A. K. Jain, and N. Malhotra, New Product Growth-Model with a Dynamic Market Potential, *Long Range Planning*, vol. 12, no. 4, 1979, pp. 51-58.
- [95] E. Ruiz-Conde, S. H. P. Leeflang, and E. J. Wieringa, Marketing variables in macro-level diffusion models *Journal für Betriebswirtschaft*, vol. 56, no. 3, November 2006, pp. 155-183.
- [96] V. Mahajan and E. Muller, Pricing and Diffusion of Primary and Contingent Products, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 39, no. 3, May 1991, pp. 291-307.
- [97] R. C. Rao and F. M. Bass, Competition, Strategy, and Price Dynamics - a Theoretical and Empirical-Investigation, *Journal of Marketing Research*, vol. 22, no. 3, 1985, pp. 283-296.
- [98] J. T. C. Teng, V. Grover, and W. Guttler, Information technology innovations: General diffusion patterns and its relationships to innovation characteristics, *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 49, no. 1, Feb 2002, pp. 13-27.
- [99] C. I. D. Vrechopoulos Adam P., Sideris Ioannis, "Strategic marketing planning for mobile commerce diffusion and consumer adoption.", *Proc. 1st International Conference on Mobile Business: Evolution Scenarios for Emerging Mobile Commerce Services - M-BUSINESS 2002 (prepared in CD-ROM – Proceedings)*, Athens, Greece, 2002.
- [100] Kumar V., "New Product Forecasting.", *Proc. ISF 2002*, Dublin, Ireland, 2002.
- [101] C. Lakhani, Dynamic price models for new -product planning, *Management Science*, vol. 21, no. 10, 1975, pp. 1113-1122.
- [102] D. Sahal, Temporal and Spatial-Aspects of Diffusion of Technology, *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics*, vol. 9, no. 12, 1979, pp. 829-839.
- [103] D. Sahal, Theory of Evolution of Technology, *International Journal of Systems Science*, vol. 10, no. 3, 1979, pp. 259-274.
- [104] B. Gompertz, On the Nature of the Function Expressive of the Law of Human Mortality, and on a New Mode of Determining the Value of Life Contingencies., *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1825, pp. 115, pp. 513-585.
- [105] L. P. Rai, Appropriate models for technology substitution, *Journal of Scientific & Industrial Research*, vol. 58, no. 1, Jan 1999, pp. 14-18.
- [106] R. Pearl and L. J. Reed, The logistic curve and the census count of 1930, *Science*, vol. 72, no. 1868, 1930, pp. 399-401.
- [107] R. Pearl, L. J. Reed, and J. F. Kish, The logistic curve and the census count of 1940, *Science*, vol. 92, no. 2395, 1940, pp. 486-488.
- [108] W. A. Blackman, A mathematical model for trend forecasts., *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 3, 1972, pp. 441-452.
- [109] R. Bewley and D. G. Fiebig, Estimation of Price Elasticities for an International Telephone Demand Model, *Journal of Industrial Economics*, vol. 36, no. 4, Jun 1988, pp. 393-409.
- [110] R. Bewley and D. G. Fiebig, A Flexible Logistic Growth-Model with Applications in Telecommunications, *International Journal of Forecasting*, vol. 4, no. 2, 1988, pp. 177-192.
- [111] V. Mahajan and Y. Wind, *Innovation Diffusion Models of New Product Acceptance*. MA: Ballinger Publishing Company, 1986.

- [112] P. Parker, M., Agreegate diffusion forecasting models in marketing: A critical review, *International Journal of Forecasting*, vol. 10, 1994, pp. 353-380.
- [113] S. Chatterjee, A. S. Hadi, and B. Price, *Regression analysis by example*, 3rd ed. Wiley, 2000, pp. XV, 359 s.
- [114] H. W. Green, *Econometric Analysis*. Prentice Hall, 2000.
- [115] N. Meade and T. Islam, Modelling and forecasting the diffusion of innovation - A 25-year review, *International Journal of Forecasting*, vol. 22, no. 3, 2006, pp. 519-545.
- [116] T. Amemiya, *Advanced Econometrics*. Harvard University Press, 1985.
- [117] J. M. Rodriguez – Poo, *Computer-Aided Introduction to Econometrics*. Springer Verlag, 2003.
- [118] D. E. Goldberg, *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*. Addison-Wesley, 1989, pp. XIII, 412 s.
- [119] J. Holland, *Adaption in Natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press, 1975.
- [120] C. Darwin, *The Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Reces in the Struggle for Life*. John Murray, 1859.
- [121] Ι. Βλαχάβας, Π. Κεφαλάς, Ν. Βασιλειάδης, Φ. Κόκκορας, *et al.*, *Τεχνητή Νοημοσύνη*, Γ' Έκδοση ed. Εκδόσεις Β.Γκιούρδας Εκδοτική, 2006.
- [122] C. Michalakelis, D. Varoutas, and T. Sphicopoulos, Diffusion models of mobile telephony in Greece, *Telecommunications Policy*, vol. 32, no. 3-4, 2008, pp. 234-245.
- [123] R. Venkatesan and V. Kumar, A genetic algorithms approach to growth phase forecasting of wireless subscribers, *International Journal of Forecasting*, vol. 18, no. 4, Oct-Dec 2002, pp. 625-646.
- [124] V. Mahajan, E. Muller, and F. M. Bass, New Product Diffusion-Models in Marketing - a Review and Directions for Research, *Journal of Marketing*, vol. 54, no. 1, Jan 1990, pp. 1-26.
- [125] N. Meade and T. Islam, Forecasting with Growth-Curves - an Empirical-Comparison, *International Journal of Forecasting*, vol. 11, no. 2, Jun 1995, pp. 199-215.
- [126] C. Skiadas, 2 Generalized Rational Models for Forecasting Innovation Diffusion, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 27, no. 1, 1985, pp. 39-61.
- [127] C. H. Skiadas, 2 Simple-Models for the Early and Middle Stage Prediction of Innovation Diffusion, *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 34, no. 2, May 1987, pp. 79-84.
- [128] G. C. Chow, Technological change and the demand for computers, *American Economic Review*, vol. 57, 1967, pp. 1117-1130.
- [129] R. L. Chaddha and S. S. Chitgopekar, A "Generalization" of the Logistic Curves and Long-Range Forecasts (1966- 1991) of Residence Telephones, *The Bell Journal of Economics and Management Science*, vol. 2, no. 2, 1971, pp. 542-560.
- [130] N. Meade, "Statistical forecasting", in *Further Developments in Operational Research*, G. K. Rand and R. W. Eglesee, Eds., Oxford: Pergamon, 1985, pp. 57-75.
- [131] M. D. Karshenas and P. Stoneman, A flexible model of technological diffusion incorporating economic factors with an application to the spread of colour television ownership in the UK, *Journal of Forecasting* vol. 11, 1992, pp. 577-601.
- [132] T. Islam and N. Meade, Forecasting the Development of the Market for Business Telephones in the UK, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 47, 1996, pp. 906-918.
- [133] T. Islam, D. G. Fiebig, and N. Meade, Modelling multinational telecommunications demand with limited data, *International Journal of Forecasting*, vol. 18, no. 4, 2002, pp. 605-624.
- [134] D. Talukdar, K. Sudhir, and A. Ainslie, Investigating New Product Diffusion Across Products and Countries, *Marketing Science*, vol. 21, no. 1, January 1 2002, pp. 97-114.
- [135] M. G. Dekimpe, P. M. Parker, and M. Sarvary, Staged Estimation of International Diffusion Models, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 57(), no. 1-2, 1998, pp. 105-132.
- [136] R. J. Kauffman and A. A. Techatassanasoontorn, Understanding early diffusion of digital wireless phones, *Telecommunications Policy*, vol. 33, 2009, pp. 432-450.
- [137] V. Mahajan, S. Sharma, and R. B. Buzell, Assessing the impact of competitive entry on market expansion and incumbent sales, *Journal of Marketing*, vol. 567, 1993, pp. 39-52.
- [138] T. V. Krishnan, F. M. Bass, and V. Kumar, Impact of a late entrant on the diffusion of a new product/service, *Journal of Marketing Research*, vol. 37, no. 2, May 2000, pp. 269-278.
- [139] M. Givon, V. Mahajan, and E. Muller, Software piracy: Estimation of lost sales and the impact on software diffusion., *Journal of Marketing*, vol. 59, 1995, pp. 29-37.
- [140] M. Givon, V. Mahajan, and E. Muller, Assessing the relationship between user-based market share and unit sales - based market share for pirated software brands in competitive markets., *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 55, 1997, pp. 131-144.
- [141] N. Kim, D. R. Chang, and A. D. Shocker, Modeling intercategory and generational dynamics for a growing information technology industry., *Management Science*, vol. 46, 2000, pp. 496-512.
- [142] A. D. Shocker, B. L. Bayus, and N. Kim, Product complements and substitutes in the real world: The relevance of "other products". *Journal of Marketing*, vol. 68, 2004, pp. 28-40.

- [143] H. Gruber and F. Verboven, The evolution of markets under entry and standards regulation - the case of global mobile telecommunications, *International Journal of Industrial Organization*, vol. 19, no. 7, Jul 2001, pp. 1189-1212.
- [144] D. Neal, *Introduction to Population Biology*. Cambridge University Press, 2004.
- [145] W. E. Boyce and R. C. DiPrima, *Elementary differential equations and boundary value problems*, 8th ed. Wiley, 2005, pp. xviii, 790 p.
- [146] B. Gompertz, On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, vol. 115, 1825, pp. 513-585.
- [147] B. Gompertz, On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, vol. 115, 1825, pp. 513-585.
- [148] W. E. Boyce and R. C. DiPrima, *Elementary differential equations and boundary value problems*. Wiley, 2005.
- [149] M. Begon, C. Townsend, and J. Harper, *From individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, 2006.
- [150] T. Modis, Technological forecasting at the stock market, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 62, 1999, pp. 173-202.
- [151] M. Begon, C. Townsend, and J. Harper, *Ecology: From individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, 2006, 4th ed.
- [152] J. D. Murray, *Mathematical biology*, 3rd ed. Springer, 2002.
- [153] T. H. Fay and J. C. Greeff, A three species competition model as a decision support tool, *Ecological Modelling*, vol. 211, no. 1-2, Feb 24 2008, pp. 142-152.
- [154] H. I. Freedman and P. Waltman, Mathematical-Analysis of Some 3-Species Food-Chain Models, *Mathematical Biosciences*, vol. 33, no. 3-4, 1977, pp. 257-276.
- [155] H. I. Freedman and P. Waltman, Persistence in Models of 3 Interacting Predator-Prey Populations, *Mathematical Biosciences*, vol. 68, no. 2, 1984, pp. 213-231.
- [156] H. I. Freedman and P. Waltman, Persistence in a Model of 3 Competitive Populations, *Mathematical Biosciences*, vol. 73, no. 1, 1985, pp. 89-101.
- [157] P. G. L. Leach and J. Miritzis, Analytic behaviour of competition among three species, *Journal of Nonlinear Mathematical Physics*, vol. 13, no. 4, Nov 2006, pp. 535-548.
- [158] J. X. Li and J. R. Yan, Partial permanence and extinction in an N-species nonautonomous Lotka-Volterra competitive system, *Computers & Mathematics with Applications*, vol. 55, no. 1, Jan 2008, pp. 76-88.
- [159] R. M. May and W. J. Leonard, Nonlinear Aspects of Competition between three Species, *Siam Journal on Applied Mathematics*, vol. 29, no. 2, 1975, pp. 243-253.
- [160] C. V. Pao, Global asymptotic stability of Lotka-Volterra 3-species reaction-diffusion systems with time delays, *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, vol. 281, no. 1, May 1 2003, pp. 186-204.
- [161] A. Shair and A. Tineo, Three-dimensional population systems, *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, vol. 9, 2007, pp. 1607-1611.
- [162] L. López and M. Sanjuán, A.F., Defining strategies to win in the Internet market, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 301, no. 1-4, 2001, pp. 512-534.
- [163] J. Eliashberg and A. Jeuland, The Impact of Competitive Entry in a Developing Market upon Dynamic Pricing Strategies, *Marketing Science*, vol. 5, no. 1, 1986, pp. 20-36.
- [164] B. H. Baltagi, *Econometric analysis of panel data*. Wiley & Sons, 2005.
- [165] C. Hsiao, *Analysis of Panel Data*. Cambridge University Press, 2003.
- [166] P. A. Kennedy, *A guide to Economics, 5th edition*. MIT Press, 2003.
- [167] J. A. Hausman, Specification tests in econometrics, *Econometrica*, vol. 46, 1978, pp. 1251-1271.
- [168] J. Durbin, Errors in variables, *Review of the International Statistical Institute*, vol. 22, 1954, pp. 23-32.
- [169] D. M. Wu, Alternative tests of independence between stochastic regressors and disturbances., *Econometrica*, vol. 41, 1973, pp. 733-750.
- [170] D. Staiger and J. H. Stock, Instrumental variables regression with weak instruments., *Econometrica*, vol. 65, 1997, pp. 557-586.
- [171] W. Greene, *Econometric Analysis*. Prentice-Hall, 2000.
- [172] J. M. Wooldridge, *Introductory Econometrics: A Modern Approach*, 4th ed. South -Western Cengage Learning, 2009.
- [173] T. S. Breusch and A. R. Pagan, The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics, *Review of Economic Studies*, vol. 47, 1980, pp. 239-253.
- [174] J. M. Wooldridge, *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press, 2002.



- [175] J. H. Stock, J. H. Wright, and M. Yogo, A survey of weak instruments and weak identification in generalized method of moments, *Journal of Business and Economic Statistics*, vol. 20, 2002, pp. 518-529.
- [176] J. H. Stock and M. Yogo, "Testing for weak instruments in linear IV regression.", in *Identification and Inference for Econometric Models: Essays in Honor of Thomas Rothenberg*, D. W. K. Andrews and J. H. Stock, Eds., Cambridge: Cambridge University Press, 2005, pp. 80–108.
- [177] J. Hahn and H. J., A New Specification Test for the Validity of Instrumental Variables, *Econometrica*, vol. 70, no. 163-189, 2002,
- [178] J. Hahn, J. Hausman, and G. Kuersteiner, Estimation with Weak Instruments: Accuracy of Higher Order Bias and MSE Approximations, *Econometrics Journal*, vol. 7, no. 272-306, 2004,
- [179] R. L. Basmann, A Generalized Classical Method of Linear Estimation of Coefficients in a Structural Equation, *Econometrica*, vol. 25, 1957, pp. 77-83.
- [180] J. D. Sargan, The estimation of economic relationships using instrumental variables, *Econometrica* vol. 26, no. 3, 1958, pp. 393-415.
- [181] L. P. Hansen, Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators, *Econometrica*, vol. 50, 1982, pp. 1029-1054.
- [182] J. G. Cragg and S. G. Donald, Testing identifiability and specification in instrumental variables models, *Econometric Theory* vol. 9, 1993, pp. 222-240.
- [183] T. W. Anderson, Estimating linear restrictions on regression coefficients for multivariate normal distributions, *Annals of Mathematical Statistics*, vol. 22, 1951, pp. 327-351.
- [184] F. Kleibergen and R. Paap, Generalized reduced rank tests using the singular value decomposition, *Journal of Econometrics*, vol. 127, 2006, pp. 97-126.
- [185] A. R. Pagan and D. Hall, Diagnostic tests as residual analysis, *Econometric Reviews*, vol. 2, no. 2, 1983, pp. 159-218.
- [186] M. H. Pesaran and L. W. Taylor, Diagnostics for IV regressions, *Oxford Bulletin of Economics & Statistics* vol. 61, no. 2, 1999, pp. 255-281.
- [187] H. White, Instrumental Variables Regression with Independent Observations, *Econometrica*, vol. 50, 1982, pp. 483-499.
- [188] C. F. Baum, M. Schaffer, E., and S. Stillman, Instrumental Variables and GMM: Estimation and Testing, *Stata Journal*, vol. 3, no. 1, 2003, pp. 1-31.
- [189] C. Fornell, "A second generation of multivariate analysis: Classification of methods and implications for marketing research", in *Review of Marketing*, M. J. Houston, Ed., Chicago: American Marketing Association, 1987, pp. 1407-1450.
- [190] D. Gefen, D. Straub, and M.-C. Boudreau, Structural equation modeling and regression: Guidelines for research practice, *Communications of the AIS*, vol. 4, 2000, pp. 2-79.
- [191] N. Urbach and F. Ahlemann, Structural Equation Modeling in Information Systems Research Using Partial Least Squares, *Journal of Information Technology and Theory Application*, vol. 11, no. 2, 2010, pp. 5-40.
- [192] S. Wright, The method of path coefficients, *Annals of Math. Stat*, vol. 5, 1934, pp. 161-215.
- [193] K. A. Bollen, *Structural equations with latent variables*, 1989.
- [194] K. G. Jöreskog and D. Sörbom, *LISREL VIII: Analysis of liner structural relations*. Mooresville, In: Scientific Software., 1992.
- [195] R. C. MacCallum and J. T. Austin, Application of structural equation modeling in psychological research, *Annual Review of Psychology*, vol. 51, 2000, pp. 201-226.
- [196] P. M. Bentler, Multivariate analysis with latent variables: causal modeling, *Annual Review of Sociology*, vol. 31, no. 1, 1980, pp. 419-456.
- [197] W. T. Bielby, Structural equation models, *Annual Review of Sociology*, vol. 3, 1977, pp. 137-161.
- [198] A. S. Goldberger, Structural equation methods in the social sciences, *Econometrica*, vol. 40, no. 6, 1972, pp. 979-1001.
- [199] A. Diamantopoulos and J. A. Siguaw, *Introducing LISREL*. Sage., 2000.
- [200] K. G. Jöreskog, "A general method for estimating a linear structural equation system", in *Structural Equation Models in the Social Sciences*, A. S. Goldberger and O. D. Duncan, Eds., New York: Academic Press, 1973, pp. 85-112.
- [201] J. L. Arbuckle, *AMOS 3. User's guide manual*, 1997.
- [202] B. Muthén, "Latent variable analysis: Growth mixture modeling and related techniques for longitudinal data", in *Handbook of quantitative methodology for the social sciences* D. Kaplan, Ed., Newbury Park, CA: Sage Publications, 2004, pp. 345-368.
- [203] J. H. Steiger, *SEPATH/STATISTICA manual (Vol. 3)*, 1995.
- [204] M. W. Browne and G. Mels, *RAMONA PC user's guide*, 1994.
- [205] H. Wold, "Estimation of principal components and related models by iterative least squares", in *Multivariate Analysis*, P. R. Krishnaiah, Ed., New York: Academic Press, 1966, pp. 1391-1420.
- [206] H. Wold, Partial least squares, *Encyclopedia of Statistical Sciences*, vol. 6, 1985, pp. 581-591.

- [207] W. W. Chin, "The partial least squares approach to structural equation modeling", in *Modern Methods for Business Research*, G. A. Marcoulides, Ed., Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1998, pp. 1295-1336.
- [208] J.-B. Lohmöller, *Latent Variable Path Modeling with Partial Least Squares*. Physica-Verlag, 1989.
- [209] C. M. Ringle, S. Wende, and A. Will, *SmartPLS 2.0 (M3) beta*, 2005.
- [210] N. Kock, *WarpPLS 2.0 User Manual*. ScriptWarp Systems, 2011.
- [211] J.-B. Lohmöller, *LVPLS, Program Manual: Latent Variables Path Analysis with Partial Least Square Estimation*. Zentralarchiv für empirische Sozialforschung, 1984.
- [212] W. W. Chin, *PLS-Graph user's guide, version 3.0*. University of Houston, 2001.
- [213] Y. Li, *PLS-GUI: A graphic user interface for LVPLS 1.8-version 2.0.1 beta*. University of South Carolina, 2005.
- [214] R. Thompson, D., W. Barclay, and C. A. Higgins, The Partial Least Squares Approach to Causal Modeling: Personal Computer Adoption and Use as an Illustration, *Technology Studies: Special Issue on Research Methodology*, vol. 2, no. 2, 1995, pp. 284-324.
- [215] C. Fornell and J. Cha, "Partial least squares", in *Advanced methods of marketing research.*, R. P. Bagozzi, Ed., MA, Cambridge: Blackwell, 1994.
- [216] R. C. MacCallum and M. W. Browne, The use of causal indicators in covariance structure models: Some practical issues, *Psychological Bulletin*, vol. 114, no. 3, 1993, pp. 533-541.
- [217] K. G. Jöreskog and A. S. Goldberger, Estimation of a model with multiple indicators and multiple causes of a single latent variable, *Journal of the American Statistical Association*, vol. 70, no. 351, 1975, pp. 631-639.
- [218] J. Williams and D. P. MacKinnon, Resampling and Distribution of the Product Methods for Testing Indirect Effects in Complex Models, *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, vol. 15, no. 1, 2008, pp. 23-51.
- [219] L. J. Cronbach, Coefficient alpha and the internal structure of tests, *Psychometrika*, vol. 16, no. 3, 1951, pp. 297-334.
- [220] J. C. Nunnally and I. H. Bernstein, *Psychometric Theory*. McGraw-Hill, 1994.
- [221] C. Fornell and D. F. Larcker, Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error, *Journal of Marketing Research*, vol. 18, 1981, pp. 39-50.
- [222] J. Henseler, C. M. Ringleand, and R. R. Sinkovics, The use of PLS path modeling in international marketing, *Advances in International marketing*, vol. 20, 2009, pp. 277-319.
- [223] J. Henseler and G. Fassott, "Testing moderating effects in PLS path models : An illustration of available procedures", in *Handbook of partial least squares: Concepts, methods, and applications*, V. E. Vinzi, et al., Eds., Berlin: Springer, 2009.
- [224] S. Albers, "PLS and success factor studies in marketing", in *Handbook of partial least squares: Concepts, methods, and applications*, V. E. Vinzi, et al., Eds., Berlin: Springer, 2009.
- [225] J. Cohen, *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- [226] S. Geisser, A predictive approach to the random effect model., *Biometrika*, vol. 61, no. 1, 1975, pp. 101-107.
- [227] M. Stone, Cross-validators choice and assessment of statistical predictions, *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 36, 1974, pp. 111-147.
- [228] M. Tenenhaus, V. EspositoVinzi, Y.-M. Chatelin, and C. Lauro, PLS path modeling, *Computational Statistics & Data Analysis*, vol. 48 no. 1, 2005, pp. 159-205.
- [229] R. K. Yin, *Case study research: design and methods.*, 3rd edition ed. Sage Publications, 2003.
- [230] K. Eisenhardt, Building theories from case study research, *Academy of Management Review*, vol. 14, 1989, pp. 532-550.
- [231] R. Stake, "Case studies", in *Handbook of Qualitative Research*, N. Denzin and Y. Lincoln, Eds., Thousand Oaks, CA.: Sage, 1994, pp. 236-247.
- [232] E. Guba and Y. Lincoln, "Competing paradigms in qualitative research", in *Handbook of Qualitative Research*, N. Denzin and Y. Lincoln, Eds., Thousand Oaks, CA.: Sage, 1994.
- [233] G. I. Susman and R. D. Evered, An assessment of the scientific merits of action research, *Administrative Science Quarterly*, vol. 23, 1978, pp. 582-603.
- [234] W. E. Deming, *Out of the crisis*. MIT Center for Advanced Engineering Study, 1986.
- [235] C. Marshall and G. B. Rossman, *Designing qualitative research*, 2nd ed ed. Sage, 1995.
- [236] M. L. Markus, "The qualitative difference in IS research and practice", in *Information systems and qualitative research*, A. S. Lee, et al., Eds., London: Chapman & Hall, 1997, pp. 2-27.
- [237] B. Glaser and A. Strauss, *The discovery of grounded theory: strategies of qualitative research*. Wiedenfeld & Nicholson, 1967.
- [238] G. Madey and S. Christley, "F/OSS Research Repositories & Research Infrastructures," presented at the NSF Workshop on Free/Open Source Software Repositories and Research Infrastructures (FOSSRI), University of California, Irvine, 2008.

- [239] K. J. Stewart, D. P. Darcy, and S. L. Daniel, Opportunities and Challenges Applying Functional Data Analysis to the Study of Open Source Software Evolution, *Statistical Science*, vol. 21, no. 2, 2006, pp. 167-178.
- [240] K. Crowston, H. Annabi, J. Howison, and C. Masango, "Effective Work Practices for Software Engineering: Free/Libre Open Source Software Development ", *Proc. Proceedings of the 2004 ACM Workshop on Interdisciplinary Software Engineering Research*, Newport Beach, CA, USA, N. York: ACM Press, 2004, pp. 18-26.
- [241] K. J. Stewart and S. Gosain, The Impact of Ideology on Effectiveness in Open Source Software Development Teams, *Management Information Systems Quarterly*, vol. 30, no. 2, 2006, pp. 997-1011.
- [242] "Mozilla project"; [www.mozilla.org](http://www.mozilla.org) [Προσπελάστηκε 20/01/2012].
- [243] M. J. Gallivan, Striking a balance between trust and control in a virtual organization: A content analysis of open source software case studies, *Information Systems Journal*, vol. 11, no. 4, 2001, pp. 277-304.
- [244] J. Feller and B. Fitzgerald, *Understanding Open Source Software Development*. Addison Wesley, 2002.
- [245] Y. Gao, M. VanAntwerp, S. Christley, and G. Madey, "A research collaboratory for open source software research", *Proc. First International Workshop on Emerging Trends in FLOSS Research and Development*, Minneapolis - USA, IEEE Computer Society, 2007, p. 4.
- [246] S. Christley and G. Madey, "Collection of Activity Data for SourceForge Projects", University of Notre Dame Technical Report: TR-2005-15, 2005; [Προσπελάστηκε 12/01/2009].
- [247] M. V. Antwerp and G. Madey, "Advances in the SourceForge Research Data Archive", *Proc. Fourth International Conference on Open Source Systems, IFIP 2.13, 3rd Workshop on Public Data about Software Development (WoPDaSD 2008)*, Milan, Italy, 2008.
- [248] P. D. Jennings and P. Zandbergen, Ecologically Sustainable Organizations: An Institutional Approach, *Academy of Management Review*, vol. 20, 1995, pp. 1015-1052.
- [249] F. D. Davis, Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology, *MIS Quarterly*, vol. 13, 1989, pp. 319-340.
- [250] K. Crowston, J. Howison, and H. Annabi, Information Systems Success in Free and Open Source Software Development: Theory and Measures, *Software Process: Improvement and Practice*, vol. 11, 2006, pp. 123-148.
- [251] K. J. Stewart, A. P. Ammeter, and L. M. Maruping, Impact of license choice and organizational sponsorship on success in open source software development projects, *Information System Research*, vol. 17, no. 2, 2006, pp. 126-144.
- [252] M. D. Gallego, Luna P., and B. S., User acceptance model of open source software, *Computers in Human Behavior*, vol. 24, 2008, pp. 2199-2216.
- [253] S. Y. T. Lee, Kim H.W., and S. Gupta, Measuring open source software success, *Omega*, vol. 37, no. 2, 2009, pp. 426-438.
- [254] J. D. Herbsleb and M. A., An Empirical Study of Speed and Communication in Globally-distributed Software Development, *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 29, no. 6, 2003, pp. 1-14.
- [255] C. Subramaniam, S. Ravi, and M. Nelson, L., Determinants of open source software project success: A longitudinal study, *Decision Support Systems*, vol. 46, 2009, pp. 576-585.
- [256] R. Grewal, G. L. Lilien, and G. Mallapragada, Location, Location, Location: How Network Embeddedness Affects Project Success in Open Source Systems, *Management Science*, vol. 52, no. 7, 2006, pp. 1043-1056.
- [257] J. A. Colazo and Y. Fang, Impact of License Choice on Open Source Software Development Activity, *Journal of the American society for information science and technology* vol. 60, no. 5, 2009, pp. 997-1011.
- [258] I. Chengalur, A. Sidorova, and S. Daniel, Sustainability of Free/Libre Open Source Projects: A Longitudinal Study, *Journal of the Association for Information Systems*, vol. 11, 2010, pp. 657-683.
- [259] "Market Share Statistics"; <http://marketshare.hitslink.com/> [Προσπελάστηκε February 2012].
- [260] "Web Server Survey"; [www.netcraft.com](http://www.netcraft.com) [Προσπελάστηκε 25/12/2012].
- [261] J. Hammond, "Open Source Adoption Patterns in Enterprise IT", *Proc. LinuxCon*, Boston, MA, 2010.
- [262] H. Peyret, "ObjectWeb: Trends for Open Source Infrastructure", *Proc. 4th Annual ObjectWeb Conference*, Lyon, France, 2005.
- [263] P. J. Ågerfalk, A. Deverell, B. Fitzgerald, and L. Morgan, "Assessing the Role of Open Source Software in the European Secondary Software Sector: A Voice from Industry", *Proc. Proceedings of the First International Conference on Open Source Systems*, Genova, 2005, pp. 82-87.

- [264] E. Glynn, B. Fitzgerald, and C. Exton, "Commercial Adoption of Open Source Software: An Empirical Study", *Proc. Proceedings of International Conference on Empirical Software Engineering*, Noosa Heads, Australia, IEEE, 2005, pp. 225-234.
- [265] J. West and J. Dedrick, Scope and Timing of Deployment: Moderators of Organisational Adoption of the Linux Server Platform, *IT Standards Research*, vol. 4, no. 2, no. 2, 2006, pp. 1-23.
- [266] S. Krishnamurthy, A Managerial Overview of Open Source Software, *Business Horizons*, vol. 46, no. 5, 2003, pp. 47-56.
- [267] H. Koski, "Do Technology Diffusion Theories Explain the OSS Business Model Adoption Patterns?", *ETLA*, [http://www.etla.fi/files/1865\\_Dp1102.pdf](http://www.etla.fi/files/1865_Dp1102.pdf), accessed August 2009 2007, [http://www.etla.fi/files/1865\\_Dp1102.pdf](http://www.etla.fi/files/1865_Dp1102.pdf) [Προσπελάστηκε August 2009].
- [268] K. Crowston, H. Annabi, J. Howison, and C. Masango, "Towards a portfolio of FLOSS project success measures," presented at the 26th International Conference on Software Engineering, 2004.
- [269] K. Crowston, H. Annabi, and J. Howison, "Defining Open Source Software Project Success.", *Proc. Proceedings of the 24th International Conference on Information Systems*, 2003, pp. 327-340.
- [270] A. Whitmore, N. Choi, and A. Arzumtysyan, Open Source Software: The Role of Marketing in the Diffusion of Innovation, *Information Technology and Control*, vol. 38, no. 2, 2009, pp. 91-101.
- [271] L. Morgan and P. Finnegan, "How Perceptions of Open Source Software Influence Adoption: An Exploratory Study", *Proc. 15th European Conf. Information Systems (ECIS 07)*, Univ. of St. Gallen, 2007, pp. 973-984.
- [272] A. Bonaccorsi and C. Rossi, Why Open Source Software can succeed, *Research Policy* vol. 32, no. 7, 2003, pp. 1243-1258
- [273] K. Ven, J. Verelst, and H. Mannaert, Should you adopt Open Source Software, *IEEE Software*, vol. 25, no. 3, 2008, pp. 54-59.
- [274] T. P. Liang, Critical Success Factors of Decision Support Systems: an Experimental Study, *Data Base*, 1986, pp. 3-17.
- [275] W. J. Krcmar and H. C. Lucas, Success factors for strategic information systems, *Information & Management*, vol. 21, 1991, pp. 137-45.
- [276] V. Gurbaxany, Diffusion in Computing Networks: The Case of BITNET, *Communications of the ACM*, vol. 33, no. 12, 1990, pp. 65-75.
- [277] C. Kim and D. Galliers, Toward a diffusion model for Internet systems, *Internet Research*, vol. 14, no. 2, 2004, pp. 155-166.
- [278] A. Rai, T. Ravichandran, and S. Samaddar, How to anticipate the Internet's global diffusion, *Communications of the ACM*, vol. 41, no. 10, 1998, pp. 97-106.
- [279] L. Press, Tracking the global diffusion of the Internet., *Communications of the ACM*, vol. 40, no. 11, 1997, pp. 11-18.
- [280] H. Chen, "Dual acceptance of web diffusion: A case of clients and servers", *Proc. 26th Annual Conference of the Canadian Association for the Information Science*, Ottawa, Canadian Association for the Information Science, 1998.
- [281] M. Skok, "The Future of Open Source: Exploring the Investments, Innovations, Applications, Opportunities and Threats", *Proc. 2008 Infoworld Open Source Business Conference*, San Francisco, 2008.
- [282] C. M. Schweik, R. English, C., M. Kitsing, and S. Haire, "Brook's Law vs Linus' Law: An empirical test of Open Source Projects", *Proc. Proceedings of the 2008 International Conference on Digital Government Research*, Montreal, Canada, Digital Government Society of North America 2008, pp. 423-424.
- [283] H. R. Varian and C. Shapiro, "Linux Adoption in the Public Sector: An Economic Analysis", 2003; University of California at Berkeley, <http://people.ischool.berkeley.edu/~hal/people/hal/papers.html> [Προσπελάστηκε October, 2008].
- [284] S. Krishnamurthy, "An Analysis of Open Source Business Models", in *Perspectives on open source and free software*, J. Feller, et al., Eds.: MIT Press, 2003.
- [285] K. Lakhani and E. Von Hippel, How Open Source Software works: "Free" User-to-user Assistance, *Research Policy*, vol. 32, no. 6, 2003, pp. 923-943.
- [286] "Distrowatch.com"; <http://distrowatch.com/> [Προσπελάστηκε 10/12/2012].
- [287] "Web Server Survey"; <http://news.netcraft.com/archives/category/web-server-survey/> [Προσπελάστηκε 01/02/2013].
- [288] C. Martinez, A. and C. Williams, National institutions, entrepreneurship and global ICT adoption: a cross country test of competing theories, *Journal of Electronic Commerce Research*, vol. 11, no. 1, 2010, pp. 73-91.
- [289] C. Avgerou, IT and organizational change: An institutionalist perspective, *Information Technology & People*, vol. 3, no. 4, 2000, pp. 234-236.

- [290] R. Fielding, "Apache 3.0 (a tall tale)", *Proc. ApacheCon Europe 2008*, Amsterdam, accessed on line at: [http://roy.gbiv.com/talks/200804\\_Apache3\\_ApacheCon.pdf](http://roy.gbiv.com/talks/200804_Apache3_ApacheCon.pdf), 2008.
- [291] "Ohloh.net"; <http://www.ohloh.net/> [Προσπελάστηκε 25th August 2012].
- [292] P. G. Capek, S. P. Frank, S. Gerdt, and D. Shields, A history of IBM's open-source involvement and strategy, *IBM Systems Journal*, vol. 44, no. 2, 2005, pp. 249-257.
- [293] "Apache Software Foundation Sponsorship Thanks!"; <http://www.apache.org/foundation/thanks.html> [Προσπελάστηκε 27th February 2011].
- [294] "OECD"; <http://www.oecd.org/> [Προσπελάστηκε 27/02/10].
- [295] F. Caseli and W. J. Coleman, Cross-Country Technology Diffusion: The Case of Computers, *The American Economic Review*, vol. 91, no. 2, 2001, pp. 328-335.
- [296] K. Zhu and Kraemer, Post-adoption variations in usage and value of e-business by organizations: Cross-country evidence from the retail industry, *Information Systems Research*, vol. 16, no. 1, 2005, pp. 61-84.
- [297] C. P. Armstrong and V. Sambamurthy, Information technology assimilation in firms: The influence of senior leadership and IT infrastructures, *Information Systems Research*, vol. 10, no. 4, 1999, pp. 304-327.
- [298] M. Katz and C. Shapiro, Systems Competition and Network Effects, *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, no. 2, 1994, pp. 93-115.
- [299] F. Bjorck, "Institutional Theory: A New Perspective for Research into IS/IT Security in Organisations," *Proc. 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'04)*, Hawaii, IEEE Comp. Soc., 2004, p. p. 70186b.
- [300] J. L. Gibbs and K. L. Kraemer, A cross-country investigation of the determinants of scope of E-commerce use: An institutional approach, *Electronic Markets*, vol. 14, no. 2, 2004, pp. 124-137.
- [301] S. Comino and F. M. Manenti, Government Policies Supporting Open Source Software for the Mass Market, *Review of Industrial Organization*, vol. 26, 2005, pp. 217-240.
- [302] J. A. Lewis, "Government Open Source Policies", Center for Strategic and International Studies 17 January 2011, 2010; <http://csis.org/publication/government-open-source-policies> [Προσπελάστηκε 15/01/ 2012].
- [303] "World Governance Indicators", 2010; [http://info.worldbank.org/governance/wqi/sc\\_country.asp](http://info.worldbank.org/governance/wqi/sc_country.asp) [Προσπελάστηκε 22/10/2010].
- [304] D. Kaufmann, A. Kraay, and M. Mastruzzi, "The Worldwide Governance Indicators: Methodology and Analytical Issues", *World Bank Policy Research Working Paper No. 5430* 2010, <http://ssrn.com/abstract=1682130> [Προσπελάστηκε 12 September 2011].
- [305] "Economic Freedom Network"; <http://www.freetheworld.com> [Προσπελάστηκε 22/05/2012].
- [306] J. D. Gwartney, J. C. Hall, and R. Lawson, "Economic Freedom of the World: 2010 Annual Report", Fraser Institute 2010; <http://www.freetheworld.com/release.html> [Προσπελάστηκε 25/04/2011].
- [307] L. t. d. Netcraft, "The Apache Web Server Survey", 2010; [www.netcraft.com](http://www.netcraft.com) [Προσπελάστηκε last accessed Dec 2010].
- [308] "United Nations Statistics"; <http://data.un.org/> [Προσπελάστηκε 12 October 2010].
- [309] "OSS research portal", 2010; <http://zerlot.cse.nd.edu> [Προσπελάστηκε December 2010].
- [310] "World Bank Indicators", 2011; <http://data.worldbank.org/> [Προσπελάστηκε 22/01/2011].
- [311] "United Nations Development Programme"; <http://hdr.undp.org/en> [Προσπελάστηκε 22/02/2012].
- [312] T. W. Anderson and H. Rubin., Estimation of the parameters of a single equation in a complete system of stochastic equations, *Annals of Mathematical Statistics*, vol. 20, 1949, pp. 46-63.
- [313] H. R. Varian and C. Shapiro, *Information rules : a strategic guide to the network economy*. Harvard Business School Press, 1999.
- [314] T. Wichmann and D. Spiller, "Basics of open source business markets and models", Berlecon Research Information Technology Economics, Berlin 2002; [Προσπελάστηκε
- [315] S. Kooths, M. Langenfurth, and N. Kalwey, Open-Source Software: An Economic Assessment, *MICE Economic Research Studies*, vol. 4, 2003, p. 59.
- [316] S. Bessen and J. Farrel, Choosing how to compete: Strategies and tactics in standardization, *Journal of Economic Perspectives*, 1994, pp. 117-131.
- [317] E. S. Raymond, *The Magic Cauldron*. O'Reilly Associates, 1999.
- [318] M. Tieman, "Open Standards Requirement for Software", 2006; <http://opensource.org/osr> [Προσπελάστηκε 20 February 2009].
- [319] A. Bonaccorsi, C. Rossi, and S. Giannangeli, Adaptive entry strategies under dominant standards: Hybrid business models in the Open Source Software Industry, *Management Science*, vol. 52, 2006, pp. 1085-1098. .
- [320] C. Daffara, "Guide for SMEs", FLOSSMetrics Consortium 2006-2007 Deliverable D8.1.1, 2007; available at <http://flossmetrics.org> [Προσπελάστηκε

- [321] L. Dahlander, Penguin in a new suit: a tale of how de novo entrants emerged to harness free and open source software communities, *Industrial and Corporate Change*, vol. 16, no. 5, 2007, pp. 913-943.
- [322] R. A. Ghosh, "Economic impact of open source software on innovation and the competitiveness of the information and communication technologies (ICT) sector in the EU", United Nations University (UNU) MERIT, Maastricht, The Netherlands 2006; [ec.europa.eu/enterprise/ict/policy/doc/2006-11-20-flossimpact.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/ict/policy/doc/2006-11-20-flossimpact.pdf) [Προσπελάστηκε]
- [323] F. Hecker, Setting up a shop: The business of open source software, *Software, IEEE*, vol. 16, no. 1, 1999, pp. 45-51.
- [324] J. Koenig, "Seven Open source business strategies for competitive advantage", Riseforth, Inc. 2004; [www.riseforth.com/pdfs/Seven-Open-Source-Business-Strategies-JCK.pdf](http://www.riseforth.com/pdfs/Seven-Open-Source-Business-Strategies-JCK.pdf) [Προσπελάστηκε]
- [325] R. Rajala, J. Nissila, and M. Westerlund, "Determinants Of Oss Revenue Model Choices", *Proc. 14th European Conference of Information Systems*, Gothenburg, Sweden, 2006.
- [326] D. Riehle, "The commercial OSS Business Model", *Proc. Americas Conference of Information Systems*, San Francisco, AIS Electronic Library, 2009.
- [327] "HP Open Source Integrated Portfolio"; [www.hp.com/go/osip](http://www.hp.com/go/osip) [Προσπελάστηκε 20 February 2009].
- [328] "PHP on Windows: Community Involvement Improves Performance"; <http://www.microsoft.com/opensource/> [Προσπελάστηκε 15 March 2008].
- [329] "The Open Source Barometer", 2008; [www.opensourcebarometer.org](http://www.opensourcebarometer.org) [Προσπελάστηκε 24/2/2009].
- [330] J. Tully, K. Hale, W. L. Hahn, J. Hardcastle, *et al.*, "Dataquest Insight: Markets remain Resilient in 2008 and will grow moderately in the next three to five years", Gartner Inc. 2008; available at [http://www.gartner.com/DisplayDocument?ref=g\\_search&id=741014&subref=simplesearch](http://www.gartner.com/DisplayDocument?ref=g_search&id=741014&subref=simplesearch) [Προσπελάστηκε 20/02/2009].
- [331] M. Baye, *Managerial Economics and Business Strategy*, Fifth edition ed. McGraw-Hill, 2006, pp. 240-242.
- [332] L. t. d. Netcraft, "January 2009 Web Server Survey", 2009; [http://news.netcraft.com/archives/2009/01/16/january\\_2009\\_web\\_server\\_survey.html](http://news.netcraft.com/archives/2009/01/16/january_2009_web_server_survey.html) [Προσπελάστηκε January 2009].
- [333] W3Schools\_OS, "OS Platform Statistics"; [http://www.w3schools.com/browsers/browsers\\_os.asp](http://www.w3schools.com/browsers/browsers_os.asp) [Προσπελάστηκε January 2009].
- [334] W3Schools\_statistics, "W3Schools Statistics"; [http://www.w3schools.com/about/about\\_pagehits.asp](http://www.w3schools.com/about/about_pagehits.asp) [Προσπελάστηκε January 2009].
- [335] W3Schools\_Browsers, "W3Shools Web Browsers"; [http://www.w3schools.com/browsers/browsers\\_stats.asp](http://www.w3schools.com/browsers/browsers_stats.asp) [Προσπελάστηκε January 2009].
- [336] C. Daffara and J. M. Gonzalez-Barahona, "Guide for SMEs", FLOSSMetrics Consortium 2006-2007 Deliverable D8.1.1, 2007; available at <http://flossmetrics.org> [Προσπελάστηκε]
- [337] H. Chesbrough and R. S. Rosenbloom, The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies, *Industrial and Corporate Change*, vol. 11, no. 3, 2002, pp. 529-555.
- [338] R. Amit and C. Zott, Value Creation in e-Business, *Strategic Management Journal* vol. 22, no. 6-7, 2001, pp. 493-520.
- [339] J. Linder and S. Cantrell, "Title," unpublished.
- [340] T. W. Malone, P. Weill, R. K. Lai, V. T. D'Urso, *et al.*, Do Some Business Models Perform Better than Others?, *SSRN eLibrary*, 2006,
- [341] A. Osterwalder, "The Business Model Ontology - a proposition in a design science approach," University of Lausanne, , Lausanne, Switzerland, 2004.
- [342] J. Gordijn and H. Akkermans, Value-based requirements engineering: exploring innovative e-commerce ideas, *Requirements Engineering*, vol. 8, no. 2, 2003, pp. 114 - 134.
- [343] M. Morris, M. Schindehutte, and J. Allen, The entrepreneurs business model: toward a unified perspective, *Journal of Business Research*, vol. 58, 2005, pp. 725-735.
- [344] A. Osterwalder, Y. Pigneur, and C. L. Tucci, Clarifying Business Models: Origins, Present, and Future of the Concept, *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 15, 2005, pp. 2-40.
- [345] J. Hussey and R. Hussey, *Business research: a practical guide for undergraduate and postgraduate students*. Macmillan Business, 1997.
- [346] A. Lee and R. Baskerville, Generalizing in information systems research, *Information Systems Research*, vol. 14, no. 3, 2003, pp. 221-243.
- [347] M. D. Myers, Qualitative research in information systems, *Management Information Systems Quarterly*, vol. 21, no. 2, 1997, pp. 241-242.

- [348] W. J. Orlikowski and J. Baroudi, Studying information technology in organizations: research approaches and assumptions, *Information Systems Research*, vol. 2, no. 1, 1991, pp. 1-28.
- [349] D. Remenyi, *Doing research in business and management: an introduction to process and method*. Sage Publications, 1998.
- [350] G. Walsham, The emergence of interpretivism in IS research., *Information Systems Research*, vol. 6, no. 4, 1995, pp. 376-394.
- [351] S. Shah, Motivation, Governance and the Viability of Hybrid Forms in Open Source Software Development, *Management Science*, vol. 52, no. 7, 2006, pp. 1000-1014.
- [352] L. Fleming and M. W. David, Brokerage, Boundary Spanning and Leadership in Open Innovation Communities, *Organization Science*, vol. 18, no. 2, 2007, pp. 165-180.
- [353] S. O' Mahony and F. Ferraro, The emergence of governance in an open source community, *Academy of Management Journal*, vol. 50, no. 5, 2007, pp. 1079-1106.
- [354] J. West and S. O' Mahony, The role of participation architecture in growing sponsored open source communities, *Industry and Innovation*, vol. 15, no. 2, 2008, pp. 145-168.
- [355] J. Lerner and J. Tirole, The simple economics of the Open Source, *Journal of Industrial Economics*, vol. 52, no. 2, 2000, pp. 197-234.
- [356] C. Y. Baldwin and K. B. Clark, The Architecture of Participation: Does Code Architecture Mitigate Free Riding in the Open Source Development Model?, *Management Science*, vol. 52, no. 7, 2006, pp. 1116-1127.
- [357] E. Capra and A. I. Wasserman, "A Framework for Evaluating Managerial Styles in Open Source Projects", in *Source Development, Communities and Quality*. vol. 275, B. Russo, et al., Eds., Boston: Springer, 2008, pp. 1-14.
- [358] J. Hubbard, "A Brief History of FreeBSD", 2003; <http://docs.freebsd.org/doc/2.1.7-RELEASE/usr/share/doc/handbook/handbook3.html> [Προσπελάστηκε March 2011].
- [359] M. Campbell-Kelly and D. D. Garcia-Swartz, Pragmatism Not Ideology: IBM's Love Affair with Open Source Software, *SSRN eLibrary*, 2008,
- [360] "Netcraft SSL Survey"; <http://news.netcraft.com/ssl-survey/> [Προσπελάστηκε March 2011].
- [361] A. Gillen and B. Waldman, "Linux Adoption in a Global Recession ", 2009; [Προσπελάστηκε
- [362] M. Gruber and J. Henkel, New ventures based on open innovation –an empirical analysis of start-up firms in embedded Linux, *International Journal of Technology Management* vol. 33, no. 4, 2006, pp. 356 - 372.
- [363] "Snapshot of the embedded Linux market", 2007; <http://www.linuxfordevices.com/c/a/Linux-For-Devices-Articles/Snapshot-of-the-embedded-Linux-market-April-2007/> [Προσπελάστηκε December 2011].
- [364] "Mobile/Tablet Operating System Market Share", 2012; <http://marketshare.hitslink.com/mobile-market-share> [Προσπελάστηκε March 2012].
- [365] A. Gillen and B. Waldman, "Linux Adoption in a Global Recession, IDC report", IDC 2009; [Προσπελάστηκε
- [366] D. Vile and M. Atherton, "Linux on the desktop. Lessons from mainstream business adoption", 2009; <http://www.freeformdynamics.com/fullarticle.asp?aid=678&searchFor=Linux%20desktop> [Προσπελάστηκε January 2012].
- [367] B. P. Miller, D. Koski, C. P. Lee, V. Maganty, et al., "Fuzz Revisited: A Re-examination of the Reliability of UNIX Utilities and Services", University of Wisconsin, Madison 1995; [Προσπελάστηκε
- [368] S. J. Vaughan-Nichols, "Can You Trust This Penguin?", 1999; Article no longer available from ZDNet site but archived at <http://web.archive.org/web/20010606035231/http://www.zdnet.com/sp/stories/issue/0,4537,23872,82,00.htm> [Προσπελάστηκε February 2011].
- [369] J. E. Forrester and B. P. Miller, "An Empirical Study of the Robustness of Windows NT Applications Using Random Testing," presented at the 4th USENIX Windows Systems Symposium, Seattle, 2000.
- [370] E. Luening, "Windows users pay for hacker insurance", 2001, <http://news.com.com/2100-1001-258392.html?legacy=cne> [Προσπελάστηκε 05 February 2011].
- [371] "W3Schools\_OS: OS Platform Statistics"; [http://www.w3schools.com/browsers/browsers\\_os.asp](http://www.w3schools.com/browsers/browsers_os.asp) [Προσπελάστηκε January 2011].
- [372] "StatsCounter"; <http://gs.statcounter.com> [Προσπελάστηκε February 2011].
- [373] J. West, How open is open enough? Melding proprietary and open source platform strategies, *Research policy*, vol. 32, 2003, pp. 1259-1285.
- [374] N. Economides and E. Katsamakos, "Two-Sided Competition of Proprietary vs. Open Source Technology Platforms and the Implications for the Software Industry ", *NYU, Law and Economics* 2005, <http://ssrn.com/paper=822894> [Προσπελάστηκε
- [375] R. Casadesus-Masanell and P. Ghemawat, Dynamic Mixed Duopoly: A model Motivated by Linux vs. Windows, *Management Science*, vol. 52, no. 7, 2006, pp. 1072-1084.

- [376] L. Lin, Impact of User Skills and Network Effects on the Competition between Open Source and Proprietary Software., *Electronic Commerce Research and Applications*, vol. 7, no. 1, 2008, pp. 68-81.
- [377] D. Lanzi, Competition and open source with perfect software compatibility, *Information Economics and Policy*, vol. 21, 2009, pp. 192-200.
- [378] T. Kretchmer, Upgrading and niche usage of PC operating systems, *International Journal of Industrial Organization*, vol. 22, no. 8-9, 2004, pp. 1155-1182.
- [379] A. Gaudeul, Consumer welfare and market structure in a model of competition between open source and proprietary software, *International Journal of Open Source Software and Processes*, vol. 1, no. 2, 2009, pp. 43-65.
- [380] A. Gaudeul. Competition between Open Source and Proprietary Software: The LaTeX case study [Online].
- [381] J. Bitzer, Commercial versus open source software: the role of product heterogeneity in competition, *Economic Systems*, vol. 28, 2004, pp. 369-381.
- [382] M. Mustonen, Copyleft - the economics of Linux and other Open Source software, *Information Economics and Policy*, vol. 15, 2003, pp. 99-121.
- [383] F. M. Bass, A. Krishnamoorthy, A. Prasad, and S. P. Sethi, Advertising competition with market expansion for finite horizon firms, *Journal of Industrial and Management Optimization*, vol. 1, no. 1, Feb 2005, pp. 1-19.
- [384] F. M. Bass, T. V. Krishnan, and D. C. Jain, Why the Bass Model Fits without Decision Variables, *Marketing Science*, vol. 13, no. 3, Sum 1994, pp. 203-223.
- [385] M. Givon, V. Mahajan, and E. Muller, Software piracy: Estimation of lost sales and the impact on software diffusion, *Journal of Marketing*, vol. 59, 1995, pp. 29-37.
- [386] M. Givon, V. Mahajan, and E. Muller, Assessing the relationship between user-based market share and unit sales - based market share for pirated software brands in competitive markets, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 55, 1997, pp. 131-144.
- [387] N. Kim, D. R. Chang, and A. D. Shocker, Modeling Intercategory and Generational Dynamics for a Growing Information Technology Industry, *Management Science*, vol. 46, no. 4, 2000, pp. 496-512.
- [388] A. D. Shocker, B. I. Bayus, and N. e. a. Kim, Product complements and substitutes in the real world: The relevance of "other products", *Journal of Marketing*, vol. 68, 2004, pp. 28-40.
- [389] P. Parker and H. Gatignon, Specifying competitive effects in diffusion models: An empirical analysis, *International Journal of Research in Marketing*, vol. 11, 1994, pp. 17-39.
- [390] S. C. Bhargava, Generalized Lotka-Volterra equations and the mechanism of technological substitution, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 35, 1989, pp. 319-326.
- [391] A. L. Porter, A. T. Roper, T. W. Mason, F. A. Rossini, *et al.*, *Forecasting and management of technology*. Wiley, 1991.
- [392] J. E. Rely and M. Sabharwal, Perceptions of transparency of government policymaking: A cross-national study, *Government Information Quarterly*, vol. 26, no. 1, 2009, pp. 148-157.
- [393] D. Zissis and D. Lekkas, Securing e-Government and e-Voting with an open cloud computing architecture, *Government Information Quarterly*, vol. 28, 2011, pp. 239-251.
- [394] P.-E. Schmitz, "Study into the use of Open Source Software in the Public Sector", Interchange of Data between Administrations (IDA), European Commission, DG Enterprise 2001; <http://joinup.ec.europa.eu/sites/default/files/studies/oss-fact-sheet.pdf> [Προσπελάστηκε 02/03/2010].
- [395] D. Evans, "Politics and Programming: Government Preferences for Promoting Open Source Software", in *Government Policy toward Open Source Software*, R. W. Hahn, Ed., Washington: AEI-Brookings Joint Center for Regulatory Studies, 2002, pp. 34-49.
- [396] K. Wong, "Free/Open Source Software: Government Policy", United Nations Development Programme- International Open Source Network 2004; [Προσπελάστηκε 12/07/2011].
- [397] P. J. Ågerfalk and B. Fitzgerald, Outsourcing to an unknown workforce: Exploring opensourcing as a global sourcing strategy, *MIS Quarterly*, vol. 32, no. 2, 2008, pp. 385-409.
- [398] L. Ge, L. Scott, and M. VanderWiele, "Putting Linux reliability to the test", *DeveloperWorks* [Technical report], 2003, <http://www.ibm.com/developerworks/linux/library/l-rel/> [Προσπελάστηκε 02 February 2011].
- [399] "ΕΛ/ΛΑΚ"; [http://www.ellak.gr/index.php?option=com\\_openwiki&Itemid=103&id=ellak:oss\\_loc\\_dev](http://www.ellak.gr/index.php?option=com_openwiki&Itemid=103&id=ellak:oss_loc_dev) [Προσπελάστηκε 12/06/2012].
- [400] K. M. Schmidt and M. Schnitzer, Public subsidies for open source? Some economic policy issues of the software market, *Harvard Journal of Law & Technology*, vol. 16, no. 2, 2003, pp. 474-502.
- [401] *Decree 3,390* Government of Venezuela, 2004.



- [402] E. Maldonado, The Process of Introducing FLOSS in the Public Administration: The Case of Venezuela, *Journal of the Association for Information Systems*, vol. 11, no. 11, 2010, pp. 756-783.
- [403] "Joinup"; <https://joinup.ec.europa.eu/> [Προσπελάστηκε 02/04/2012].
- [404] "International Open Source Network, UNDP"; <http://www.iosn.net/> [Προσπελάστηκε 05/04/2012].
- [405] R. W. Hahn, *Government Policy toward Open Source Software*. AEI-Brookings Joint Center for Regulatory Studies, 2002.
- [406] "Free/Libre/Open Source Software: Policy Support (FLOSSPOLs)", 2006; <http://flosspols.org/> [Προσπελάστηκε 21/2/2009].
- [407] R. Glott and R. A. Ghosh, "FLOSSPOLs: Usage of and Attitudes towards Free / Libre and Open Source Software in European Governments", UNU-MERIT, Maastricht 2005; <http://flosspols.org/deliverables.php> [Προσπελάστηκε 10/02/2009].
- [408] "Free/Libre/Open Source Software: Worldwide impact study (FLOSSWORLD)", 2007; <http://flossworld.org/> [Προσπελάστηκε 21/02/2009].
- [409] P. David, R. A. Ghosh, R. Glott, J. M. Gonzalez-Barahona, *et al.*, "Free/Libre and Open Source Software: Worldwide Impact Study, Final Research Report and Policy Impact", MERIT, Maastricht 2007; <http://www.flossworld.org/deliverables.php> [Προσπελάστηκε 22/05/2010].
- [410] Z. Huang and P. O. Bwoma, An overview of critical issues of e-government, *Issues of Information Systems*, vol. IV, no. 1, 2003, pp. 164-170.
- [411] K. Layne and J. Lee, Developing Fully Functional e-Government: A Four Stage Model, *Government Information Quarterly*, vol. 18, 2001, pp. 122-136.
- [412] V. D. Ndou, E-Government for Developing Countries: Opportunities and Challenges, *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, vol. 18, no. 1, 2004, pp. 1-24.
- [413] OECD, *The e-government Imperative*. OECD Publishing, 2003.
- [414] J. W. Seifert and R. E. Peterson, The Promise of All Things E? Expectations and Challenges of Emergent Electronic Government, *Perspectrives on Global Development and Technology*, vol. 1, no. 2, 2002, pp. 193-212.
- [415] "UN Public Administration Programme: E-Government Overview", 2012; [http://www2.unpan.org/egovkb/egovement\\_overview/index.htm](http://www2.unpan.org/egovkb/egovement_overview/index.htm) [Προσπελάστηκε 22/02/2012].
- [416] L. Nordfors, B. Ericson, and H. Lindell, "The future of eGovernment Scenarios 2016", Swedish Governmental Agency for Innovation Systems 2006; <http://www.vinnova.se/upload/EPiStorePDF/vr-06-11.pdf> [Προσπελάστηκε 12/07/2012].
- [417] "The Government Act of 2002," ed: US Government, 2002.
- [418] M. J. Moon, The evolution of e-Government among municipalities: Rhetoric or reality?, *Public Administration Review*, vol. 62, no. 4, 2002, pp. 424-433.
- [419] M. A. Shareef, V. Kumar, U. Kumar, and Y. K. Dwivedi, e-Government Adoption Model (GAM): Differing service maturity levels, *Government Information Quarterly*, vol. 28, 2011, pp. 17-35.
- [420] G. Valdés, M. Solar, H. Astudillo, M. Iribarren, *et al.*, Conception, Development and Implementation of an EGovernment Maturity Model in Public Agencies, *Government Information Quarterly*, vol. 28, no. 2, 2011, pp. 176-187.
- [421] "United Nations Public Administration Program", 2012; [http://www2.unpan.org/egovkb/egovement\\_overview/eparticipation.htm](http://www2.unpan.org/egovkb/egovement_overview/eparticipation.htm) [Προσπελάστηκε 02/05/2012].
- [422] J. Moon and D. Norris, Does managerial orientation matter? The adoption of reinventing government and e-government at the municipal level, *Information Systems Journal* vol. 15, 2005, pp. 43- 60.
- [423] T. M. La Porte, C. C. Demchak, and M. De Jong, Democracy and bureaucracy in the age of theWeb - Empirical findings and theoretical speculations, *Administration & Society*, vol. 34, no. 4, 2002, p. 411-446.
- [424] D. West, "Global E-government Survey", World Markets Research Centre 2001; <http://www.insidepolitics.org/egovt01int.html> [Προσπελάστηκε 05/05/2009].
- [425] G. S. Kirkman, C. A. Osorio, and J. D. Sachs, "Networked Readiness Index: Measuring the Preparedness of Nations for the Networked World", in *The Global Information Technology Report 2001-2002: Readiness for the Networked World*, S. Dutta, *et al.*, Eds., New York: Oxford Univ.Press, 2002, pp. 10-29.
- [426] J. Birk, J. Hørlück, N. Jørgensen, and M. K. Pedersen, "Open-source software in e-government", Danish Board of Technology 2003; <http://www.tekno.dk/subpage.php3?article=969&language=uk&category=10&toppic=kategori10> [Προσπελάστηκε 12/04/2008].
- [427] EU-Ministerial-Declaration, "EU Ministerial Declaration on eGovernment," presented at the 5th Ministerial eGovernment Conference, Malmoe, Sweden, 2009.

- [428] P. McDermott, Building open government, *Government Information Quarterly*, vol. 27, 2010, pp. 401-413.
- [429] B. Azad, S. Faraj, and J. F. Goh, What Shapes Global Diffusion of e-Government: Comparing the Influence of National Governance Institutions, *Journal of Global Information Management*, vol. 18, no. 2, 2010, pp. 85-104.
- [430] K. Siau and Y. Long, "Factors Impacting E-Government Development", *Proc. International Conference on Information Systems (ICIS)*, AIS Electronic Library (AISeL), 2004, pp. 221-233.
- [431] H. Singh, A. Das, and D. Joseph, Country-Level Determinants of E-Government Maturity, *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 40, 2007, pp. 632-648.
- [432] P. Ifinedo, Factors Influencing E-government Maturity in Transition Economies and Developing Countries: A Longitudinal Perspective, *The DATA BASE for Advances in Information Systems*, vol. 42, no. 4, 2011, pp. 98-116.
- [433] S. C. Srivastava and T. S. H. Teo, E-government payoffs: evidence from cross-country data, *Journal of Global Information Management*, vol. 15, no. 4, 2007, pp. 20-40.
- [434] A. T. Ho, Reinventing local governments and the e-government initiative, *Public Administration Review*, vol. 62, no. 4, 2002, pp. 434-444.
- [435] T. M. La Porte, C. C. Demchak, and C. Friis, Webbing governance: global trends across national-level public agencies, *Communications of the ACM*, vol. 44, no. 1, 2001, pp. 63-67.
- [436] M. A. Shareef, U. Kumar, V. Kumar, and Y. K. Dwivedi, Identifying critical factors for adoption of e-government., *Electronic Government: An International Journal*, vol. 6, no. 1, 2009, p. 70-96.
- [437] W. Wong and E. Welch, Does E-Government Promote Accountability? A Comparative Analysis of Website Openness and Government Accountability, *Governance: An International Journal of Policy, Administration, and Institutions*, vol. 17, no. 2, 2004, pp. 275-297.
- [438] S. C. Srivastava and T. S. H. Teo, E-Government, E-Business, and National Economic Performance, *Communications of the Association of Information Systems*, vol. 26, no. 1, 2010, pp. 267-286.
- [439] O. E. M. Khalil, e-Government readiness: Does national culture matter?, *Government Information Quarterly*, vol. 28, 2011, pp. 388-399.
- [440] M. Warkentin, D. Gefen, P. A. Pavlou, and G. M. Rose, Encouraging Citizen Adoption of e-Government by Building Trust, *Electronic Markets: the International Journal of Electronic Commerce and Business Media*, vol. 12, no. 3, 2002, pp. 157-162.
- [441] B. Pudjianto and Z. Hangjung, "Factors Affecting E-Government Assimilation in Developing Countries", 2009, <http://ssrn.com/abstract=1553651> [Προσπελάστηκε 12 December 2011].
- [442] "SourceForge.net", 2012; <http://sourceforge.net/> [Προσπελάστηκε September 2012].
- [443] P. T. Jaeger, Constitutional principles and e-government: An opinion about possible effects of Federalism and separation of powers on e-government policies, *Government Information Quarterly*, vol. 19, 2002, pp. 357-368.
- [444] P. Doty and S. Erdelez, Information micro-practices in Texas rural courts: Methods and issues for E-government, *Government Information Quarterly*, vol. 19, 2002, p. 369-387.
- [445] L. Carter and V. Weerakkody, E-Government Adoption: A Cultural Comparison, *Information Systems Frontiers*, vol. 10, no. 4, 2008, pp. 473-482.
- [446] E. W. Welch and S. Pandey, "E-Government and network technologies: Does bureaucratic red tape inhibit, promote or fall victim to intranet technology implementation? ", *Proc. 38th Hawaii International Conference on System Sciences*, IEEE Computer Society, 2005, pp. 122-3.
- [447] K. Kraemer, J. Gibbs, and J. Dedrick, "Environment and Policy Factors Shaping ECommerce Diffusion: A Cross-Country Comparison", *Proc. International Conference on Information Systems (ICIS)*, Barcelona, AIS Electronic Library, 2002, pp. 325-335.
- [448] J. Burn and G. Robins, Moving Towards E-Government: A Case Study of Organizational Change Progress, *Logistics Information Management*, vol. 16, no. 1, 2003, pp. 25-35.
- [449] J. Klugman, "Human Development Report", United Nations Development Program (UNDP) 2010; <http://hdr.undp.org/en/> [Προσπελάστηκε
- [450] L. Silva and B. Figueroa, Institutional intervention and the expansion of ICTs in Latin America, *Information Technology & People*, vol. 15, no. 1, 2002, pp. 8-25.
- [451] S. Kim, Kim H.J., and H. Lee, An institutional analysis of an e-government system for anti-corruption: The case of OPEN, *Government Information Quarterly*, vol. 26, no. 1, 2009, pp. 42-50.
- [452] R. J. Gil-Garcia and I. J. Martinez-Moyano, Understanding the evolution of e-government: The influence of systems of rules on public sector dynamics, *Government Information Quarterly*, vol. 24, 2007, pp. 266-290.
- [453] "United Nations eGovernment - data center"; <http://www2.unpan.org/egovkb/datacenter/CountryView.aspx> [Προσπελάστηκε 05/04/ 2011].

- [454] M. J. Moon, E. W. Welch, and W. Wong, "What Drives Global E-governance? An Exploratory Study at a Macro level.", *Proc. 38th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'05) - Track 5*, IEEE Computer Society, 2005, pp. 1-10.
- [455] InfoDev, "E-government Handbook for Developing Countries", The World Bank, Washington, DC 2004; <http://www.infodev.org> [Προσπελάστηκε 01/05/2011].
- [456] WEF, "Global Competitiveness Report 2012", World Economic Forum, Geneva, Switzerland 2012; <http://www.weforum.org/> [Προσπελάστηκε 12/02/2012].
- [457] S. S. Coronel, "Fighting for the right to know", in *The right to know: Access-to-information in Southeast Asia*, S. S. Coronel, Ed., Bangkok, Thailand: Raintree Publishing, 2001, pp. 1-20.
- [458] T. Mendel, "Freedom-of-information: A comparative legal survey", 2003; [www.article19.org/docimages/1707.pdf](http://www.article19.org/docimages/1707.pdf) [Προσπελάστηκε December 2010].
- [459] "Freedom House, Freedom of the press"; <http://www.freedomhouse.org/report-types/freedom-press> [Προσπελάστηκε 20/02/2012].
- [460] "Google for education"; <http://www.google.com/edu/> [Προσπελάστηκε 12/12/11].
- [461] "OSS Watch"; (<http://www.oss-watch.ac.uk/>) [Προσπελάστηκε 12/12/11].
- [462] "SchoolForge"; <https://schoolforge.net> [Προσπελάστηκε 12/12/11].
- [463] "Open Source Schools"; <http://opensourcechools.org.uk/> [Προσπελάστηκε 12/12/11].
- [464] "OpenSoft"; <http://opensoft.sch.gr/> [Προσπελάστηκε 12/12/11].
- [465] "Ελληνική Κοινότητα ΕΛ/ΛΑΚ"; <http://www.ellak.gr> [Προσπελάστηκε 12/12/11].
- [466] S. Lakhan and K. Jhunjhunwala, Open source software in education, *EDUCAUSE Quarterly*, vol. 31, no. 2, 2008, pp. 1-11.
- [467] S. Collins and T. Committee, What technology? Reflections on evolving services, *EDUCAUSE Review*, vol. 44, no. 6, 2009, pp. 68-89.
- [468] S. Williams van Rooij, Higher education sub-cultures and open source adoption, *Computers and Education*, vol. 57, 2011, pp. 1171-1183.
- [469] B. Wheeler, Open source 2010: reflections on 2007, *EDUCAUSE Review*, vol. 42, no. 1, 2007, pp. 48-67.
- [470] M. Villano, Open source vision, *Campus Technology*, vol. 19, no. 11, 2006, pp. 26-36.
- [471] J. Marsan, G. Paré, and M. D. Wybob, Has open source software been institutionalized in organizations or not?, *Information and Software Technology*, vol. 54, 2012, pp. 1308-1316.
- [472] Á. Martín, M. D. Bermejo, F. A. Mato, and M. José Cocero, Teaching advanced equations of state in applied thermodynamics courses using open source programs, *Education for chemical engineers*, vol. 6, 2011, pp. e114-e121.
- [473] I. Kusbeyzi, A. Hacinliyan, and O. O. Aybar, Open source software in teaching mathematics, *Procedia social and behavioral sciences*, vol. 15, 2011, pp. 769-771.
- [474] K. Green, "The 2008 national survey of information technology in U.S. higher education", Encino, CA 2008; [Προσπελάστηκε 20/2/2012].
- [475] "Open Courseware Consortium"; <http://ocwconsortium.org/> [Προσπελάστηκε 21/8/11].
- [476] "Curriki Global Education and Learning Community"; <http://www.curriki.org/> [Προσπελάστηκε 05/02/12].
- [477] "Connexions"; <http://cnx.org/> [Προσπελάστηκε 12/09/11].
- [478] "MIT OpenCourseWare"; <http://ocw.mit.edu/index.htm> [Προσπελάστηκε 12/03/11].
- [479] "edX"; [www.edx.org](http://www.edx.org) [Προσπελάστηκε 12/07/2012].
- [480] E. Leibovitch, The business case for Linux, *IEEE Software*, vol. 16, no. 1, 1999, pp. 40-44.
- [481] L. Dahlander and M. W. Wallin, A man on the inside: Unlocking communities as complementary assets, *Research Policy*, vol. 35, 2006, pp. 1243-1259.
- [482] M. Gruber and J. Henkel, New ventures based on open innovation –an empirical analysis of start-up firms in embedded Linux, *International Journal of Technology Management*, vol. 33, no. 4, 2004, pp. 356-372.