



**Robust  
MCDA**



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

## ΘΑΛΗΣ - Πανεπιστήμιο Πειραιά Μεθοδολογικές προσεγγίσεις για τη μελέτη της ευστάθειας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια

**Δ18 – Διοργάνωση workshops**

**Π18.5 – Έκθεση 5<sup>ου</sup> Επιστημονικού Workshop**



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΚΡΗΤΗΣ



ΕΘΝΙΚΟ  
ΜΕΤΣΟΒΙΟ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

## Στοιχεία παραδοτέου

**Δράση:** Δ18 – Διοργάνωση workshops

**Τίτλος παραδοτέου:** Π18.5 – Έκθεση 5<sup>ου</sup> Επιστημονικού Workshop

**Τύπος παραδοτέου:** I - PP

**Έκδοση:** 01

**Ημερομηνία:** 10 Οκτωβρίου 2014

**Υπεύθυνος σύνταξης:** Καθηγητής Κωνσταντίνος Ζοπουνίδης

**Ομάδας σύνταξης:** Καθηγητής Νικόλαος Ματσατσίνης  
Αναπληρωτής Καθηγητής Μιχάλης Δούμπος  
Επίκουρος Καθηγητής Παύλος Δελιάς  
Professor Alexis Tsoukias  
Δημήτριος Νίκλης, MSc

## Περιεχόμενα

1	Γενικά.....	5
1.1	Γενικά στοιχεία δράσης.....	5
1.2	Γενικά στοιχεία παραδοτέου .....	6
2	Υλοποίηση .....	8
2.1	Γενικές πληροφορίες workshop .....	8
2.2	Απολογισμός workshop.....	8
	Παράρτημα Α: Αφίσα workshop .....	11
	Παράρτημα Β: Φυλλάδιο workshop .....	12
	Παράρτημα Γ: Παρουσιάσεις workshop .....	14

**Συνομογραφίες Παραδοτέου****ΣΕ:** Συντονιστής Έργου**ΥΕΟ:** Υπεύθυνος Ερευνητικής Ομάδας**ΚΕΟ:** Κύρια Ερευνητική Ομάδα**ΟΕΣ:** Ομάδα Εξωτερικών Συνεργατών**ΟΕ:** Ομάδα Έργου**ΥΔΠΕ:** Υπεύθυνος Διασφάλισης Ποιότητας Έργου**ΕΥΔ:** Επιστημονικός Υπεύθυνος Δράσης**ΟΕΜ:** Ομάδα Εμπειρογνομόνων**ΠΑΠΕΙ ή UNIRI:** Πανεπιστήμιο Πειραιά**ΠΚ ή ΤUC:** Πολυτεχνείο Κρήτης**ΕΜΠ ή ΝΤΥΑ:** Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο



## 1 Γενικά

### 1.1 Γενικά στοιχεία δράσης

Η δράση Δ18 αφορά τη διοργάνωση μιας σειράς επιστημονικών συναντήσεων εργασίας (workshops) και εντάσσεται στο σύνολο των δράσεων δημοσιότητας του έργου. Τα workshops οργανώνονται από τις ερευνητικές ομάδες των ιδρυμάτων που συμμετέχουν στην υλοποίηση του έργου και είναι ανοικτά για το κοινό, δεδομένου ότι απευθύνονται σε ερευνητές, υποψήφιους διδάκτορες, μεταπτυχιακούς φοιτητές, κ.λπ. που εργάζονται ή σκοπεύουν να ασχοληθούν με το ευρύτερο αντικείμενο της πολυκριτήριας ανάλυσης.

Στα πλαίσια των επιστημονικών αυτών συναντήσεων παρουσιάζεται όχι μόνο η τρέχουσα έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί στα πλαίσια του έργου και αφορά τη μελέτη της ευστάθειας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, αλλά και το γενικότερο αντικείμενο της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων.

Πιο συγκεκριμένα, οι στόχοι των επιστημονικών workshops είναι:

- η παρουσίαση των τρέχουσας ερευνητικής προσπάθειας που αφορά τη μελέτη της ευστάθειας στην πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων,
- η παρουσίαση της γενικότερης θεωρίας και των πρακτικών εφαρμογών της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων,
- η διάδοση του επιστημονικού αντικειμένου της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων και
- η δικτύωση και η ανταλλαγή απόψεων ανάμεσα σε επιχειρησιακούς ερευνητές και στελέχη επιχειρήσεων και οργανισμών που ασχολούνται με το συγκεκριμένο αντικείμενο.

Σύμφωνα με το πλάνο υλοποίησης, στα πλαίσια του συγκεκριμένου έργου πρόκειται να πραγματοποιηθούν 6 επιστημονικές συναντήσεις εργασίας (workshops), οι οποίες κατανέμονται σε 2 ανά έτος και 2 ανά ερευνητική ομάδα. Η γενική εποπτεία των συναντήσεων θα γίνεται από τη Μικτή Επιτροπή Συντονισμού του Έργου (βλ. δράση Δ21), στην οποία συμμετέχουν οι υπεύθυνοι των 3 ερευνητικών ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, η Μικτή Επιτροπή Συντονισμού του Έργου αποτελείται από τους:

1. Καθηγητή Ιωάννη Σίσκο (συντονιστή έργου και υπεύθυνου της ερευνητικής ομάδας του ΠΑΠΕΙ)
2. Καθηγητή Κωνσταντίνο Ζοπουνίδα (υπεύθυνου της ερευνητικής ομάδας του ΠΚ)
3. Καθηγητή Ιωάννη Ψαρρά (υπεύθυνου της ερευνητικής ομάδας του ΕΜΠ)

Δεδομένου ότι η επιτροπή αυτή έχει ως στόχο τη συνολική παρακολούθηση υλοποίησης του έργου, η συνεισφορά της στη συγκεκριμένη δράση επικεντρώνεται στο συντονισμό με τις υπόλοιπες ενέργειες του έργου και τη συνεργασία με τον εκάστοτε διοργανωτή του επιστημονικού workshop.

## 1.2 Γενικά στοιχεία παραδοτέου

Το συγκεκριμένο παραδοτέο αφορά το 5<sup>ο</sup> Επιστημονικό Workshop του έργου που πραγματοποιήθηκε στα Χανιά, το χρονικό διάστημα 3-4 Οκτωβρίου 2014. Σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του έργου, τη χρονική στιγμή διεξαγωγής του workshop έχουν ολοκληρωθεί:

1. Οι βιβλιογραφικές δράσεις του ερευνητικού προγράμματος:
  - Δ1: Βιβλιογραφική ανασκόπηση ανάλυσης ευστάθειας σε αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες
  - Δ5: Βιβλιογραφική ανασκόπηση προσεγγίσεων τεχνικής νοημοσύνης για την ανάλυση ευστάθειας πολυκριτήριων προβλημάτων
  - Δ9: Βιβλιογραφική ανασκόπηση ανάλυσης ευστάθειας σε προβλήματα πολυστοχικού προγραμματισμού
2. Η ανάπτυξη μέτρων αξιολόγησης της ευστάθειας:
  - Δ2: Ανάπτυξη μέτρων αξιολόγησης ευστάθειας σε αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες
  - Δ6: Ανάπτυξη μέτρων αξιολόγησης ευστάθειας σε προβλήματα ταξινόμησης
  - Δ10: Ανάπτυξη μέτρων αξιολόγησης μέτρων ευστάθειας σε προβλήματα πολυστοχικού προγραμματισμού
3. Η πειραματική αξιολόγηση των μέτρων ευστάθειας:
  - Δ3: Πειραματική αξιολόγηση μέτρων ευστάθειας σε αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες
  - Δ7: Πειραματική αξιολόγηση προσεγγίσεων τεχνικής νοημοσύνης για την ανάλυση ευστάθειας πολυκριτήριων προβλημάτων
  - Δ11: Πειραματική αξιολόγηση μέτρων ευστάθειας σε προβλήματα πολυστοχικού προγραμματισμού
4. Οι εφαρμογές των μεθοδολογιών μέτρησης και βελτίωσης της ευστάθειας:
  - Δ4: Εφαρμογές ανάλυσης ευστάθειας σε αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες
  - Δ8: Εφαρμογές προσεγγίσεων τεχνικής νοημοσύνης για την ανάλυση ευστάθειας πολυκριτήριων προβλημάτων
  - Δ12: Εφαρμογές ανάλυσης ευστάθειας σε προβλήματα πολυστοχικού προγραμματισμού

Επιπλέον, οι ερευνητικές ομάδες που συμμετέχουν στο πρόγραμμα βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης του λογισμικού και της υπολογιστικής υλοποίησης των μέτρων ευστάθειας (δράσεις Δ13 και Δ14) με βάση τα αποτελέσματα των προηγούμενων δράσεων.

Στα πλαίσια του 5<sup>ου</sup> Επιστημονικού Workshop του έργου πραγματοποιήθηκε παρουσίαση των μέχρι σήμερα αποτελεσμάτων από όλες τις ομάδες που συμμετέχουν στο πρόγραμμα δίνοντας έμφαση στις δράσεις που έχουν ολοκληρωθεί έως τώρα αλλά και τις προδιαγραφές των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων που πρόκειται να αναπτυχθούν στα πλαίσια αυτού του έργου και βρίσκονται σε στάδιο υλοποίησης. Στο παραδοτέο αυτό δίνονται:

- Γενικές πληροφορίες για τη δράση (τόπος, χρόνος διεξαγωγής, συμμετέχοντες, κ.λπ.)
- Συνοδευτικό υλικό της δράσης (αφίσα, δελτίο τύπου, παρουσιάσεις, κ.λπ.)
- Άλλο πρόσθετο υλικό (φωτογραφίες, κ.λπ.)

Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι στα πλαίσια της συγκεκριμένης δράσης δίνεται για άλλη μια φορά η δυνατότητα συνάντησης των μελών των ερευνητικών ομάδων, γεγονός που είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε ένα έργο που έχει ως βασικό αντικείμενο τη συνεργασία ερευνητικών ομάδων. Επίσης, η συγκεκριμένη δράση έχει και έναν χαρακτήρα προβολής των αποτελεσμάτων του έργου σε επιστήμονες και φοιτητές που δραστηριοποιούνται στον χώρο της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων.

## 2 Υλοποίηση

### 2.1 Γενικές πληροφορίες workshop

Το 5<sup>ο</sup> Επιστημονικό Workshop με διακριτικό τίτλο “Robust MCDA» (ακρωνύμιο του έργου) πραγματοποιήθηκε στις 3-4 Οκτωβρίου στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Το workshop διοργανώθηκε από την ερευνητική ομάδα του Πολυτεχνείου Κρήτης, στην οποία συμμετέχει και ο μετακαλούμενος ερευνητής της αλλοδαπής.

Για τις ανάγκες διοργάνωσης του workshop προετοιμάστηκε κατάλληλο ενημερωτικό υλικό (αφίσα, φυλλάδιο), το οποίο παρουσιάζεται στα Παραρτήματα Α-Β της παρούσας έκθεσης.

Όπως παρουσιάζεται αναλυτικά στην επόμενη παράγραφο, το workshop περιλαμβάνει 3 ενότητες:

1. Ανάλυση ευστάθειας σε προβλήματα πολυστοχικού προγραμματισμού, με έμφαση σε προβλήματα επιλογής έργων.
2. Μέτρηση της ευστάθειας σε αναλυτικές-συνθετικές προσεγγίσεις, συμπεριλαμβανομένων των προβλημάτων ασαφούς λογικής.
3. Εφαρμογές πολυκριτήριων μεθοδολογιών σε πραγματικά προβλήματα (π.χ. βιωσιμότητα ΟΤΑ, διαχείριση διαδικασιών σε νοσοκομεία).

### 2.2 Απολογισμός workshop

Στο workshop συμμετείχαν και οι 3 ερευνητικές ομάδες του έργου, καθώς και σημαντικός αριθμός νέων επιχειρησιακών ερευνητών. Πιο συγκεκριμένα, δόθηκε η δυνατότητα συμμετοχής στους μεταπτυχιακούς φοιτητές του ΠΜΣ της Σχολής Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης, οι διδάσκονται αντίστοιχα μαθήματα (π.χ. Πολυκριτήρια Συστήματα Αποφάσεων, Χρηματοοικονομικές Αποφάσεις και Πολυκριτήρια Ανάλυση).

Ο Πίνακας 2.1 παρουσιάζει τα μέλη της ΚΕΟ και της ΟΕΣ του έργου που συμμετείχαν στο 5<sup>ο</sup> Επιστημονικό Workshop. Το Workshop παρακολούθησαν επίσης μεταπτυχιακοί φοιτητές, υποψήφιοι διδάκτορες και ερευνητές του Πολυτεχνείου Κρήτης. Συνολικά, ο αριθμός των συμμετεχόντων ανήρθε σε 30 άτομα.

Συνοπτικά, το πρόγραμμα του 5<sup>ου</sup> Επιστημονικού Workshop έχει ως εξής:

#### **Παρασκευή 3 Οκτωβρίου 2014**

10:00 – 10:30: Προσέλευση και καλωσόρισμα από τους Διοργανωτές Καθ. Κ. Ζοπουνίδη, Ν. Ματσατσίνη, τον Αναπλ. Καθ. Μ. Δούμπο και τον Συντονιστή του έργου Καθ. Ι. Σίσκο

- 10:30 – 11:30 On the elicitation of criteria importance weights through Simos method: A robustness concern - E. Siskos, N. Tsotsolas
- 11:30 – 12:00: Διάλειμμα
- 12:00 – 13:00 Robustness analysis methodology for multi-objective combinatorial optimization problems and application to project selection – G. Mavrotas, J. Figueira, E. Siskos
- 13:00 – 14:00 Διάλειμμα
- 14:00 – 15:00 Robustness analysis in multi-objective mathematical programming using Monte Carlo simulation – G.Mavrotas, O. Pechak, E. Siskos, H. Doukas, J. Psarras
- 15:00 – 15:30 Διάλειμμα
- 15:30 – 16:30 Developing an environmental performance evaluation system using the Fuzzy UTA method - Z.Zbokou, E. Grigoroudis
- 16:30 – 17:30 Resources and process management in hospital organizations using simulation and multicriteria analysis methods – P. Manolitzas, N. Matsatsinis

#### **Σάββατο 4 Οκτωβρίου 2014**

- 09:30 – 10:00: Προσέλευση
- 10:00 – 11:00: A robust multicriteria method for evaluating the viability of local authorities – S. Koen, E. Neofytou, M. Doumpos, K.Zorounidis
- 11:00 – 11:30: Διάλειμμα
- 11:00 – 12:00: Towards a robust clustering of event logs - P. Delias, M. Doumpos, E. Grigoroudis, N. Matsatsinis
- 12:00 – 13:00: Συζήτηση – Κλείσιμο του workshop

**Πίνακας 2.1: Συμμετέχοντες στο 3<sup>ο</sup> επιστημονικό workshop**

<b>Ομάδα</b>	<b>Ερευνητές</b>
Ερευνητική ομάδα Πανεπιστημίου Πειραιά	Ιωάννης Σίσκος (Καθηγητής/ΠΑΠΕΙ) Διονύσης Γιαννακόπουλος (Καθηγητής/ΤΕΙ Πειραιά) Ευάγγελος Γρηγορούδης (Αν. Καθηγητής/Πολ. Κρήτης) Αθανάσιος Σπυριδάκος (Αν. Καθηγητής/ΤΕΙ Πειραιά) Νίκος Τσότσολας (Μεταδιδάκτορας/ΠΑΠΕΙ) Ιωάννης Πολίτης (Μεταδιδάκτορας/ΠΑΠΕΙ) Γεωργία Μουριάδου (Ερευνητής/ΠΑΠΕΙ)
Ερευνητική ομάδα Πολυτεχνείου Κρήτης	Κωνσταντίνος Ζοπουνίδης (Καθηγητής/Πολ. Κρήτης) Νικόλαος Μασσατσίνης (Καθηγητής/Πολ. Κρήτης) Μιχάλης Δούμπος (Αν. Καθηγητής/Πολ. Κρήτης) Πάυλος Δελιάς (Επ. Καθηγητής/ΤΕΙ Καβάλας) Δημήτρης Νίκλης (Υπ. Διδάκτορας/Πολ. Κρήτης)

---

Ερευνητική ομάδα Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου	Γιώργος Μαυρωτάς (Αν. Καθηγητής, ΕΜΠ) Χάρης Δούκας (Λέκτορας/ΕΜΠ) Πάνος Ξυδώνας (Μεταδιδάκτορας/ΕΜΠ) Ελευθέριος Σίσκος (Υπ. Διδάκτορας/ΕΜΠ)
--	--

---

Στο Παράρτημα Γ της συγκεκριμένης έκθεσης δίνονται οι παρουσιάσεις που χρησιμοποιήθηκαν σε όλη τη διάρκεια του workshop συνάντησης, σύμφωνα με το προηγούμενο πρόγραμμα.

## Παράρτημα Α: Αφίσα workshop



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΕΙΡΑΙΩΣ**



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΚΡΗΤΗΣ**



**ΕΘΝΙΚΟ  
ΜΕΤΣΟΒΙΟ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

# 5ο Επιστημονικό Workshop **Robust MCDA**



## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΘΑΛΗΣ

**Μεθοδολογικές προσεγγίσεις για τη μελέτη της ευστάθειας σε  
προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια**

**3-4 Οκτωβρίου 2014**

**Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης  
Πολυτεχνειούπολη, Κουνουπιδιανά, 73100 Χανιά**

### ΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗ

**Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης  
Εργαστήριο Χρηματοοικονομικής Διοίκησης  
Πολυτεχνείο Κρήτης**



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

## Παράρτημα Β: Φυλλάδιο workshop

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**



**5ο Επιστημονικό Workshop**

Robust MCDA



**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΘΑΛΗΣ**

Μεθοδολογικές προσεγγίσεις για τη μελέτη της ευστάθειας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια

**3-4 Οκτωβρίου 2014**

**Πολυτεχνείο Κρήτης**

ΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗ  
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης  
Πολυτεχνείο Κρήτης




Επιχειρησιακό Πρόγραμμα ΕΚΦΩΡΕΣΗ ΚΑΙ ΔΟΥΛΗΡΕΙΑ 2007-2013 ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΡΑΕΚΤΕ ΚΑΙ ΦΡΑΓΚΕΛΜΑΤΩΝ ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

**Πληροφορίες**

Καθηγητής Κ. Ζοπουνίδης  
Πολυτεχνείο Κρήτης  
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης  
Πολυτεχνειούπολη  
73100 Χανιά  
Τηλ. 2821037236  
E-mail: kostas@cfpem.tuc.gr

**Website Ερευνητικού Έργου**  
<http://www.robust-mcda-project.eu/>

**Συμμετέχοντα Ιδρύματα**





**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**




Επιχειρησιακό Πρόγραμμα ΕΚΦΩΡΕΣΗ ΚΑΙ ΔΟΥΛΗΡΕΙΑ 2007-2013 ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΡΑΕΚΤΕ ΚΑΙ ΦΡΑΓΚΕΛΜΑΤΩΝ ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

**Ερευνητικές Ομάδες**

**Πανεπιστήμιο Πειραιώς**

Σίσκος, Ι.  
Γιαννακόπουλος, Δ.  
Γρηγοραΐδης, Ε.  
Bouyssou, D.  
Huron, C.  
Σπιρδάκος, Α.  
Τσούτσος, Ν.  
Πολίτης, Ι.  
Χριστοδουλάκης, Ν.  
Μουριάδου, Γ.

**Πολυτεχνείο Κρήτης**

Ζοπουνίδης, Κ.  
Ματσατσίνης, Ν.  
Δουμπος, Μ.  
Tsoukias, Α.  
Δελιάς, Π.  
Μαναράλης, Ε.  
Νικάκης, Δ.

**Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο**

Ψαρράς, Ι.  
Ασκούνης, Δ.  
Καραγιαννόπουλος, Κ.  
Figueira, J.  
Δούκας, Χ.  
Ξυδωνάς, Π.  
Σίσκος, Ε.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

TEI Πειραιώς

Πολυτεχνείο Κρήτης

Université Paris Dauphine

Université de Rouen

TEI Πειραιώς

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Πολυτεχνείο Κρήτης

Πολυτεχνείο Κρήτης

Πολυτεχνείο Κρήτης

TEI Καβάλας

Πολυτεχνείο Κρήτης

Πολυτεχνείο Κρήτης

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Instituto Superior Tecnico

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο



### Πρόγραμμα ΘΑΛΗΣ

Το 5<sup>ο</sup> Επιστημονικό Workshop Robust MCDA πραγματοποιείται στα πλαίσια του έργου ΘΑΛΗΣ με τίτλο «Μεθοδολογικές προσεγγίσεις για τη μελέτη της ευστάθειας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια» και εντάσσεται στο σύνολο των δράσεων δημοσιότητας του έργου.

Το έργο αφορά στη μελέτη της ευστάθειας (robustness) σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια. Η έννοια της ευστάθειας αναφέρεται τόσο στη συμφωνία των παραδοχών και εκτιμήσεων που διαμορφώνουν ένα μοντέλο υποστήριξης αποφάσεων σε σχέση με τα πραγματικά χαρακτηριστικά του προβλήματος, όσο και στην ποιότητα των προτεινόμενων λύσεων σε σχέση με εναλλακτικά σενάρια για το πλαίσιο και το περιβάλλον της απόφασης.

Το αντικείμενο του έργου καλύπτει θέματα όπως:

- η ανάπτυξη διαδικασιών μέτρησης της ευστάθειας των αποφάσεων και των παραμέτρων διαδικασιών πολικριτηριακής ανάλυσης,
- η μελέτη της ποιότητας των δεδομένων και της σχέσης τους με τα αποτελέσματα μιας πολικριτηριακής αξιολόγησης, και
- η ανάπτυξη μεθοδολογιών για τη διαμόρφωση λύσεων που παρουσιάζουν ευστάθεια σε μεταβολές των παραμέτρων ενός προβλήματος απόφασης και του περιβάλλοντος της.

Βασικός στόχος του έργου είναι η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου θεωρητικού πλαισίου για τη μέτρηση της ευστάθειας των λύσεων που προκύπτουν από υπάρχουσες μεθοδολογίες, καθώς επίσης και η προώθηση της διεθνούς επιστημονικής έρευνας στο χώρο της επιχειρησιακής έρευνας και της πολικριτηριακής ανάλυσης.

Προσέχεται στόχοι του έργου αποτελούν

- η ανάπτυξη της συνεργασίας σε εθνικό και διεθνές επίπεδο σε θέματα πολικριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων,
- η διάδοση της παραγόμενης επιστημονικής γνώσης και
- η πρακτική εφαρμογή των θεωρητικών αποτελεσμάτων της έρευνας.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο πλαίσιο του έργου θα μελετηθεί ένα ευρύ πεδίο πρακτικών εφαρμογών από τους χώρους της περιβαλλοντικής και ενεργειακής διαχείρισης, της ανάλυσης οικονομικών και τεχνολογικών κινδύνων (διαχείριση επιπτώσεων, χρηματοοικονομικός προγραμματισμός, βιομηχανική ασφάλεια, κ.ά.), της διοίκησης επιχειρήσεων (εφοδιαστική αλυσίδα, προγραμματισμός έργων, μάρκετινγκ, διοίκηση προσωπικού, κ.ά.), καθώς και των κατασκευών (κτίρια, μηχανολογικά & ηλεκτρολογικά/ηλεκτρονικά συστήματα). Σε όλα αυτά τα πεδία, η λήψη αποφάσεων χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη πολλαπλών κριτηρίων και περιορισμών (τεχνολογικών και οικονομικών) και την αυξημένη αβεβαιότητα.

### Στόχοι και Θέματα Workshop

Βασικός στόχος του Workshop είναι η παρουσίαση όχι μόνο της τρέχουσας έρευνας που έχει πραγματοποιηθεί στα πλαίσια του έργου και αφορά τη μελέτη της ευστάθειας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, αλλά και του γενικότερου αντικείμενου της πολικριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων.

Πιο συγκεκριμένα, οι στόχοι του Workshops είναι:

- η παρουσίαση των τρέχουσας ερευνητικής προσπάθειας που αφορά τη μελέτη της ευστάθειας στην πολικριτηριακή ανάλυση αποφάσεων,
- η παρουσίαση της γενικότερης θεωρίας και των πρακτικών εφαρμογών της πολικριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων,
- η διάδοση του επιστημονικού αντικείμενου της πολικριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων και
- η δικτύωση και η ανταλλαγή απόψεων ανάμεσα σε επιχειρησιακούς ερευνητές και στέλεχη επιχειρήσεων και οργάνισμών που ασχολούνται με το συγκεκριμένο αντικείμενο.

Επίσης, στα πλαίσια της συγκεκριμένου workshop δίνεται η δυνατότητα συνάντησης των μελών των ερευνητικών ομάδων.

Το Workshop περιλαμβάνει 3 ενότητες:

1. Ανάλυση ευστάθειας σε προβλήματα πολυστοχαστικού προγραμματισμού, συμπεριλαμβανομένων των προβλημάτων ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού.
2. Μέτρηση της ευστάθειας σε αναλυτικές-αυθεντικές προσεγγίσεις, με έμφαση στα προβλήματα λήψης ομαδικών αποφάσεων.
3. Εναλλακτικές προσεγγίσεις αντιμετώπισης προβλημάτων ευστάθειας σε συλλογικά αναλυτικά-αυθεντικά μοντέλα (μέθοδος MUSA).

### Τόπος και Χρόνος Διεξαγωγής

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης  
Πολυτεχνείο Κρήτης  
Πολυτεχνειούπολη  
73100 Χανιά  
3-4 Οκτωβρίου 2014

### Συμμετοχή

Το επιστημονικό workshop είναι ανοικτό για το κοινό και στις εργασίες του μπορούν να συμμετέχει ελεύθερα χωρίς περιορισμό κάθε ενδιαφερόμενος.

Πιο συγκεκριμένα, το επιστημονικό workshop απευθύνεται σε ερευνητές, υποψήφιους διδάκτορες, μεταπτυχιακούς φοιτητές, κ.λπ. που εργάζονται ή σκοπεύουν να ασχοληθούν με το ευρύτερο αντικείμενο της πολικριτηριακής ανάλυσης.

### Πρόγραμμα Workshop

Παρασκευή 3 Οκτωβρίου 2014	
10:00 – 10:30	Χαιρετισμοί
10:30 – 11:30	On the elicitation of criteria importance weights through Simos method: A robustness concern - E. Siskos, N. Tsotsolas
11:30 – 12:00	Robustness analysis methodology for multi-objective combinatorial optimization problems and application to project selection – G. Mavrotas, J. Figueira, E. Siskos
12:00 – 13:00	Διάλειμμα
13:00 – 14:00	Robustness analysis in multi-objective mathematical programming using Monte Carlo simulation – G.Mavrotas, O. Pechak, E. Siskos, H. Doukas, J. Psarraz
14:00 – 15:00	Διάλειμμα
15:00 – 15:30	Developing an environmental performance evaluation system using the Fuzzy UTA method - Z.Zbotou, E. Grigoroudis
15:30 – 16:30	Resources and process management in hospital organizations using simulation and multicriteria analysis methods – P. Manolitzas, N. Malsaltsinis
16:30 – 17:30	

Σάββατο 4 Οκτωβρίου 2014	
9:30 – 10:00	Προσέλευση
10:00 – 10:30	A robust multicriteria method for evaluating the viability of local authorities – S. Koen, E. Neofytou, M. Dourmpas, K.Zapounidis
10:30 – 11:00	Διάλειμμα
11:00 – 12:00	Towards a robust clustering of event logs - P. Delias, M. Dourmpas, E. Grigoroudis, N. Malsaltsinis
12:00 – 13:00	Στηργουλά τραπέζι - Κλείσιμο του workshop



## Παράρτημα Γ: Παρουσιάσεις workshop



European Journal of  
Operational Research  
(Under revision)

### On the elicitation of criteria importance weights through Simos method: A robustness concern

E. Siskos, N. Tsotsolas



Decision Support Systems Laboratory  
National Technical University of Athens



University of Piraeus

Thales Project | 5<sup>th</sup> Workshop Meeting  
Chania | Oct 3 2014



Robust  
MCDA



## Presentation Overview

2

1. Introduction
2. The Simos method
3. Some theoretical concerns
4. Robust recommendations and decision aid
5. Numerical examination
6. Conclusion

## Issues related to robustness

3

- When a decision model could be considered as reliable (analyst's point of view)?
- How to measure the robustness of a decision model?
- How robustness indicators could be increased?
- Is a decision model acceptable (DM's point of view)?

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## The need for robustness analysis

4

- The stability of a model or/and of a solution should be assessed each time
- The analyst shall be able to have a clear picture regarding the reliability of the produced results
- Stability and reliability shall be expressed using measures which are understandable by the decision maker
- Based on these measures the decision maker may accept or reject the proposed decision model

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

# Introduction

5

- Outranking methods (i.e. ELECTRE ones), make use of criteria importance weights
- Evaluation results are highly dependent on these weights
- Elicitation of weights by the decision maker is a difficult procedure, needing careful planning

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

# Weight elicitation

6

## **Direct assessment**

- Direct assignment of weights by the DM

## **Indirect methods**

- Pairwise comparisons,
- Simos method (Simos 1990)
- AHP (Saaty 1994),
- MACBETH (Bana e Costa and Vansnick, 1997)
- Method of centralized weights (Solymosi and Dombi, 1986)
- Tactic Method (Vansnick, 1986)
- DIVAPIME (Mousseau, 1995)

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania



# The Simos method

7

- Simos method
    - Criteria cards
    - White cards
    - Fasteners
- } → Hierarchy
- High potential and applicability
    - Energy planning
    - Environmental management
    - Green economy

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

# State of the Art

8

Research Paper	MCDCA Method	Revised Simos	Stability/Sensitivity	Application Field, Type of Problem
Shanian et al. (2008)	ELECTRE III	Yes	Yes	Industrial Design, Material Selection
Özcan et al. (2011)	ELECTRE I	No	No	Warehouse location selection
Kodikara et al. (2010)	PROMETHEE	Yes	No	Urban water supply problem
Fontana et al. (2011)	SMARTER (SMARTS)	Yes	No	Urban water conservation Strategies
Marzouk et al. (2014)	Priority index model	No	No	Prioritizing projects
Marzouk et al. (2013)	Rating model	No	No	Projects rating system
Pictet and Bollinger (2008)	MAVT	No	No	Public procurement in Switzerland
Herssens et al. (2008)	PROMETHEE I	Yes	No	Service selection process
Mierad et al. (2004)	ELECTRE TRI	Yes	No	Risk management
Cavallaro (2009)	PROMETHEE	No	No	Assessment of concentrated solar thermal technologies
Augusto et al. (2008)	ELECTRE III	Yes	No	Benchmarking of firms
Jabeur and Martel (2007)	Ordinal sorting method for group decision-making	Yes	No	Group decision-making
Dawson and Schlyter (2012)	MAVT	Yes	No	Strategic decision making
Ashari and Parsaei (2014)	ELECTRE III	No	No	Weapon selection
Cavallaro (2010)	ELECTRE III	No	No	Assessment of thin-film photovoltaic production processes

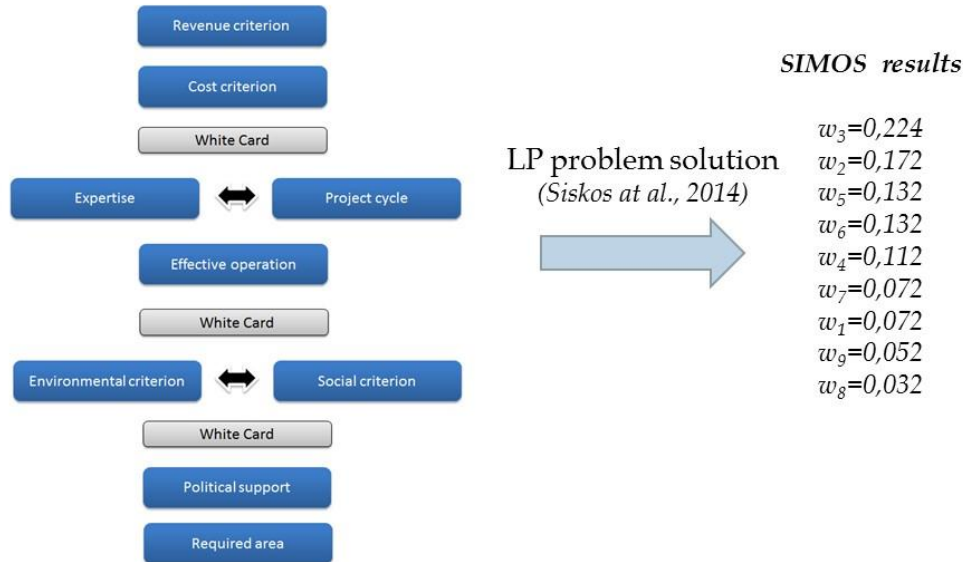
- ✓ 41 application of the Simos method were found in the literature (a sample is presented here)
- ✓ a very wide area of application, from energy and environmental evaluation problems to project and services selection
- ✓ Many surveys also use Simos but they do not get published
- None investigates the robustness of Simos or examines the stability of the weights

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## An example of the Simos

9



16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Theoretical concerns

10

- **Proposition 1:**  
The weighting solution of Simos method is a vector of a non-empty convex polyhedral set.
- **Proposition 2:**  
The polyhedral set  $P$  either contains a single criteria weighting, or an infinite number of weighting vectors that are all consistent with the DM's criteria ranking.

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## What can we do?

11

- Figueira and Roy (2002) proposed a revised Simos procedure

They introduced a new preferential parameter, namely the ratio  $z$  between the best and worst criterion.

- Further measures are required to ensure the stability of the Simos results (Siskos and Tsotsolas, 2014)

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Robust recommendations (1/2)

12

- Compute the ranges of variation of each separate criterion
- Compute the average weighting vector (“barycenter”) of all different vectors (from the  $2n$  solutions obtained in the former rule), as a more representative weighting solution in the hyper-polyhedron  $\mathbf{P}$  (Greco et al. 2011)
- Find and record all the vertices of the polyhedron  $\mathbf{P}$ , by using the Manas-Nedoma (1968) analytical algorithm
- Implement a random weight sampling algorithm/ technique to produce and analyze statistically a great number of weighting sets

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Robust recommendations (2/2)

13

- Visualize the ranges of variation of the criteria weights and/or the polyhedron they define to gain perspective of its area.
- For the above recommendations, compute the robustness measure *ASI* (Average Stability Index), which is the mean value of the normalized standard deviation of the estimated weights:

$$ASI = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sqrt{m \sum_{j=1}^m p_{ij}^2 - \left( \sum_{j=1}^m p_{ij} \right)^2}}{\frac{m}{n} \sqrt{m-1}}$$

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Robust Decision Aid

14

- Built on *A* two distinct outranking relations, the necessary outranking ( $aS^N b \Leftrightarrow aSb$ , i.e. action *a* outranks action *b*, for every weighting vector  $\mathbf{p} \in \mathbf{P}$ ), and the possible outranking ( $aS^P b \Leftrightarrow$  there is at least one weighting vector  $\mathbf{p} \in \mathbf{P}$  for which  $aSb$ ) (Figueira et al., 2009; Greco et al., 2008).
- Define the maximum and minimum possible rank for every action in *A* with mixed integer linear programming techniques (Kadzinski et al., 2012).
- Following a random sampling in  $\mathbf{P}$ , compute entropy measures associated to outranking relations between actions in *A* and ranking positions for each action separately (Greco et al., 2013).

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania



# Numerical experiment #1

15

## Expansion of the Greek metro line system

### Social criteria

$g_1$ : # of citizens and employees served per km of the new metro line.

$g_2$ : # of passengers to transport per km of the new metro line.

### Financial criteria

$g_3$ : Cost of construction per km (Millions of €).

$g_4$ : Revenues index (%).

### Techno-organizational criteria

$g_5$ : Index measuring the cohesion of the metro (measured by experts from 1-10).

$g_6$ : Index of urban development (measured by experts from 1-10).

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

# Numerical experiment #1

16

## Criteria Data

Expansion	$g_1$	$g_2$	$g_3$	$g_4$	$g_5$	$g_6$
A	300.000	40.000	-50	10	8	5
B	180.000	35.000	-35	15	5	8
Γ	100.000	20.000	-25	12	5	6
Δ	150.000	30.000	-30	15	5	6

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

# Numerical experiment #1

17

Calculation of the criteria weights according to the Simos Procedure:

Class	# of cards	Ranks	Non-norm. weight	Norm. weight	Class weight
{g <sub>5</sub> ,g <sub>6</sub> }	2	1,2	$\frac{1+2}{2} = 1,5$	$1,5 \times \frac{100}{27} = 5,6 \rightarrow 6$	12
White	1	(3)	-	-	-
{g <sub>4</sub> }	1	4	4	$4 \times \frac{100}{27} = 14,8 \rightarrow 15$	15
{g <sub>1</sub> ,g <sub>2</sub> }	2	5,6	$\frac{5+6}{2} = 5,5$	$5,5 \times \frac{100}{27} = 20,4 \rightarrow 20$	40
White	2	(7,8)	-	-	-
{g <sub>3</sub> }	1	9	9	$9 \times \frac{100}{27} = 33,3 \rightarrow 33$	33
	9	27	-	-	100

Implementation of PROMETHEE II using the weights above, bears the following ranking:

- 1<sup>st</sup> : B
- 2<sup>nd</sup> : A, D
- 4<sup>th</sup> : C

16/10/2014

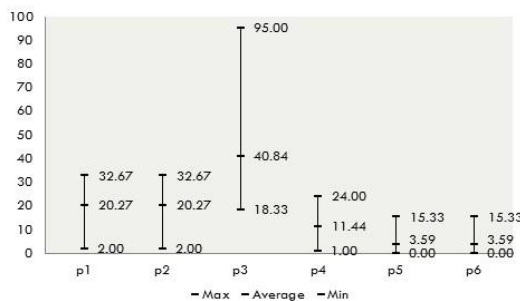
5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

# Numerical experiment #1

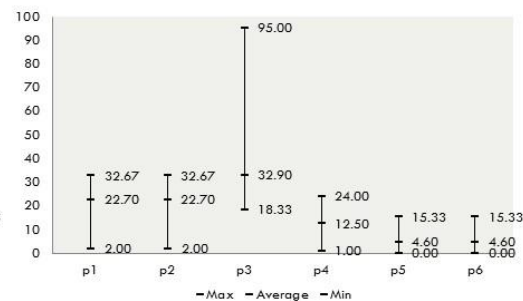
18

Manas-Nedoma

MAX-MIN



Number of vertices: 49  
ASI: 0.662



Number of weighting sets: 12  
ASI: 0.659

Different obtained weighting vectors

P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>
2.00	2.00	95.00	1.00	0.00	0.00
17.33	17.33	18.33	16.33	15.33	15.33
25.00	25.00	26.00	24.00	0.00	0.00
32.67	32.67	33.67	1.00	0.00	0.00

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

# Numerical experiment #1

19

## Ranking of the four alternatives

Position	Simos	Manas - Nedoma	Max-Min	1	2	3	4
1 <sup>st</sup>	B	B, D	B, D	C	B	B	A
2 <sup>nd</sup>	A, D			D	A, D	A, D	B
3 <sup>rd</sup>		A, C	A, C	B			D
4 <sup>th</sup>	C			A	C	C	C

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

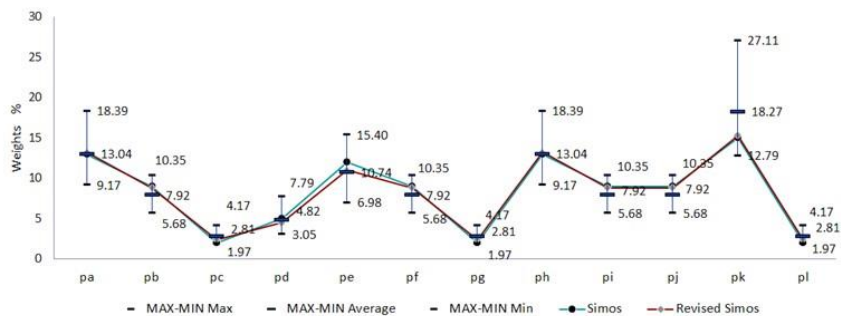
# Numerical experiment #2

20

Let us consider a family  $F$  of 12 criteria, used by Simos (1990) and Figueira and Roy (2002) to implement their methods:  $F = \{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l\}$ .

Grouping of the cards:  $\{c, g, l\}, \{d\}, \{\text{white card}\}, \{b, f, i, j\}, \{e\}, \{a, h\}, \{k\}$

For the use of revised Simos, the value of  $z$  is taken 6.5



16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Numerical experiment #2

21

After solving the  $2n$  (24) linear programs (8)-(9), setting  $\delta = 0.01$ , the range (max-min) of the weights is obtained. The ranges between the minimum and the maximum value of each weight are still significant.

These ranges are totally uncontrollable, especially when the constraint  $z=6.5$  is missing. For instance, the range for  $p_k$  in that case is [11.58, 73.00].

	Average weights (%)												
	$p_a$	$p_b$	$p_c$	$p_d$	$p_e$	$p_f$	$p_g$	$p_h$	$p_i$	$p_j$	$p_k$	$p_l$	
Simos	13.00	9.00	2.00	5.00	12.00	9.00	2.00	13.00	9.00	9.00	15.00	2.00	
Revised Simos	13.20	8.80	2.40	4.50	11.00	8.80	2.40	13.20	8.80	8.80	15.30	2.40	
Manas-Nedoma (no z)	14.84	7.25	0.80	2.86	10.65	7.25	0.80	14.84	7.25	7.25	25.41	0.80	
Max-Min (no z)	15.20	6.92	0.93	3.17	11.41	6.92	0.93	15.20	6.92	6.92	24.57	0.93	
Manas-Nedoma (z=6.5)	13.44	8.23	2.64	4.45	10.69	8.23	2.64	13.44	8.23	8.23	17.16	2.64	
Max-Min (z=6.5)	13.04	7.92	2.81	4.82	10.74	7.92	2.81	13.04	7.92	7.92	18.27	2.81	

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Conclusion

22

- Simos is a simple, comprehensive and efficient MCDA method to extract the DM's importance weights when using an ELECTRE type method.
- Simos, due to its nature, bears some robustness issues, which must be addressed prior to decision making.
- Need for the implementation of additional robustness rules when using the Simos, to measure the robustness of the results.
- **What activities should be followed to increase the robustness of the results and support further the Decision Maker?**

16/10/2014

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

Thales Project | 5<sup>th</sup> Workshop Meeting  
Chania | Oct 3 2014

## Robustness Analysis Methodology for Multi-Objective Combinatorial Optimization Problems and application to Project Selection



Omega – The International Journal  
of Management Science

Decision Support Systems Laboratory &  
Laboratory of Industrial & Energy Economics  
National Technical University of Athens



CEG-IST, Instituto Superior Técnico  
Universidade de Lisboa

**George Mavrotas**

Assistant Professor

**Jose Figueira**

Professor

**Lefteris Siskos**

PhD Candidate



## Content

- Introduction
- Methodology
  - ➔ Monte Carlo simulation – Optimization
  - ➔ Robustness index - Visualization
- Numerical examples
- Case study
- Conclusions

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania



## Introduction

- Robustness is related to the parameter uncertainty or imprecision of an optimization model
- Solutions to optimization problems can exhibit remarkable sensitivity to perturbations in parameters of the problem
- Robustness can be defined as a degree to which a solution is insensitive to underlying assumptions within a model.
- The underlying assumptions are the values of the model parameters
- In this work we deal with perturbations on the objective function coefficients

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Aim

- The aim of the work is to assess the robustness of the Pareto set in Multi-Objective Combinatorial Optimization (MOCO) problems, with uncertainty over all kind of parameters
- Identify regions in the Pareto front that are more robust than others
- Assess the robustness of Pareto Optimal Solutions (POS) and provide further support to the Decision Maker

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Reference Pareto Set

- The original Pareto set that we want to measure its robustness is called reference Pareto set and is denoted with “\*”
  - The reference Pareto set is PS\*
  - The reference Pareto front is PF\*
  - The reference Pareto optimal Solutions are POS\*
- The reference Pareto set corresponds to the MOIP model with the original objective function coefficients

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Reference model

### Reference model

$$\max z_1 = \sum_{i=1}^N c_{i1} X_i$$

...

$$\max z_K = \sum_{i=1}^N c_{iK} X_i$$

st

$$\mathbf{X} \in S$$

$$X_i \in \{0, 1\}$$

We take intervals around the original objective function coefficients using a perturbation parameter  $\alpha$

$$[c_{ik} + \alpha \times c_{ik}, c_{ik} - \alpha \times c_{ik}]$$

$$\alpha \in [5\%, 20\%]$$

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Monte Carlo simulation - optimization

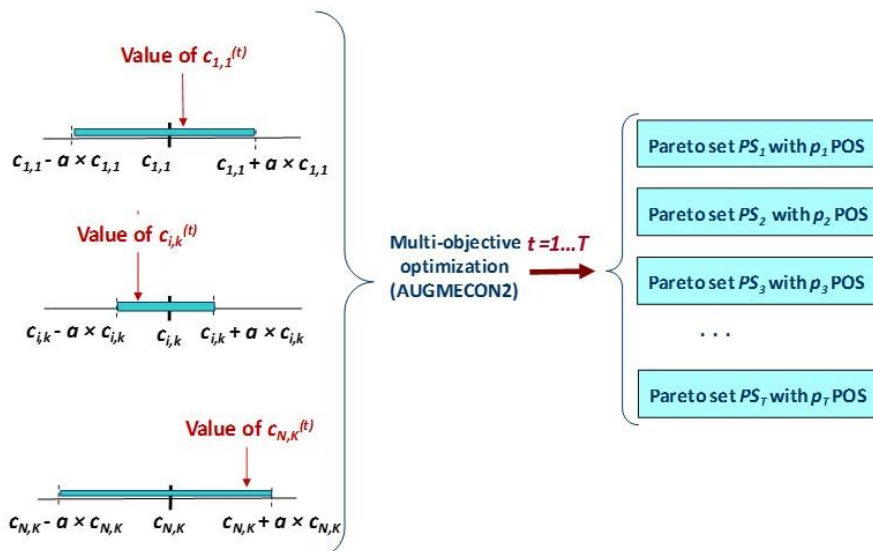
- We sample the o.f.c. from the intervals
- Create and solve a new MOIP

$$\begin{aligned} \max Z_1^{(t)} &= \sum_{i=1}^N c_{i1}^{(t)} X_i \\ &\dots \\ \max Z_K^{(t)} &= \sum_{i=1}^N c_{iK}^{(t)} X_i \\ \text{st} \\ \mathbf{X} &\in S \\ X_i &\in \{0,1\} \end{aligned}$$

- Exact solution with **AUGMECON2**

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Monte Carlo simulation–optimization



5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania



## Coding the Pareto Optimal Solutions

- In MOIP problems every POS is a vector of 0 and 1

- Coding: 
$$code_p = \sum_{i=1}^N 2^{(i-1)} \times \bar{X}_i$$

Table 1. Example of POS coding

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	code
POS 1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	628
POS 2	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	122
POS 3	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	590
POS 4	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	116
POS 5	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	855

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Robustness Index

- For the  $p$ -th POS\* we count its frequency ( $S_p$ ) across the  $T$  Pareto sets

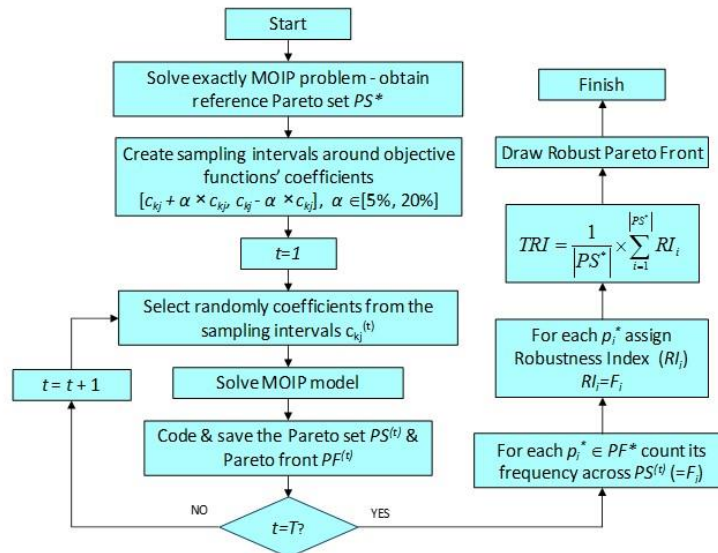
$$RI_p = \frac{S_p}{T}$$

- For the entire PS\* we have the total robustness index (TRI) defined as:

$$TRI = \frac{\sum_{p=1}^{|PS^*|} RI_p}{|PS^*|}$$

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Flowchart of the algorithm



5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Numerical example #1

- Knapsack problem with 2 objective functions, 50 binary variables and one constraint
- The reference set bears 54 POS\*
- 1000 Monte Carlo iterations
  - disturbance parameter  $a=5\%$
  - (sampling and AUGMECON2 → 3h 05' 12").
- $RI_p$  varies from 0.273 to 0.998

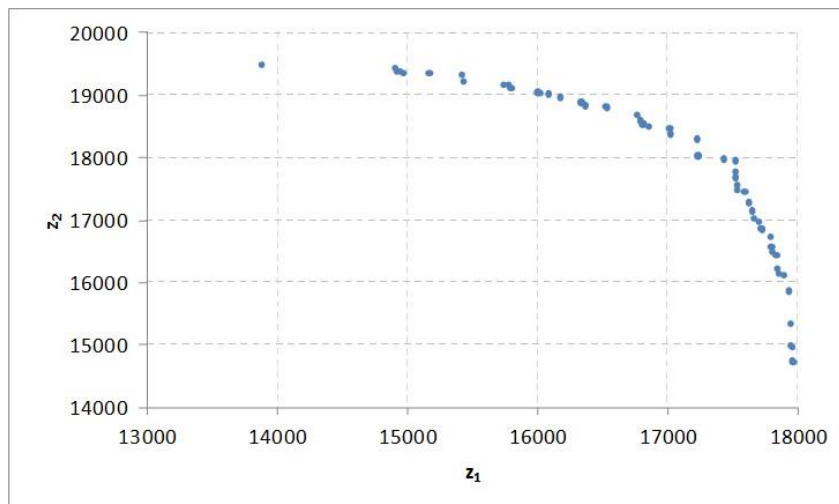
5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## PF\* and robustness indices

#	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	RI	#	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	RI
1	17962	14727	40.40%	28	17224	18300	99.80%
2	17956	14756	32.50%	29	17023	18376	66.20%
3	17953	14967	37.90%	30	17015	18474	99.70%
4	17947	14996	28.90%	31	16852	18493	63.50%
5	17942	15336	54.80%	32	16811	18520	49.30%
6	17927	15863	85.00%	33	16809	18549	81.20%
7	17891	16121	95.40%	34	16790	18593	88.40%
8	17850	16148	40.40%	35	16763	18687	99.10%
9	17844	16226	47.30%	36	16538	18806	99.60%
10	17833	16438	69.80%	37	16517	18822	74.90%
11	17803	16495	35.30%	38	16364	18829	44.30%
12	17795	16583	31.90%	39	16334	18886	99.40%
13	17794	16735	96.20%	40	16176	18969	99.50%
14	17729	16857	66.10%	41	16088	19021	98.20%
15	17714	16878	56.90%	42	16024	19029	52.60%
16	17700	16966	88.30%	43	16003	19045	67.00%
17	17657	17024	48.30%	44	15797	19120	99.40%
18	17644	17149	67.80%	45	15778	19164	96.40%
19	17621	17282	79.20%	46	15736	19170	49.20%
20	17590	17453	90.80%	47	15436	19227	61.70%
21	17532	17476	27.20%	48	15415	19319	99.40%
22	17531	17569	41.80%	49	15169	19352	75.20%
23	17523	17683	46.90%	50	14971	19359	40.00%
24	17520	17781	57.10%	51	14950	19375	53.10%
25	17516	17951	99.60%	52	14923	19383	55.40%
26	17431	17975	94.50%	53	14904	19427	96.40%
27	17231	18032	46.20%	54	13880	19487	99.80%

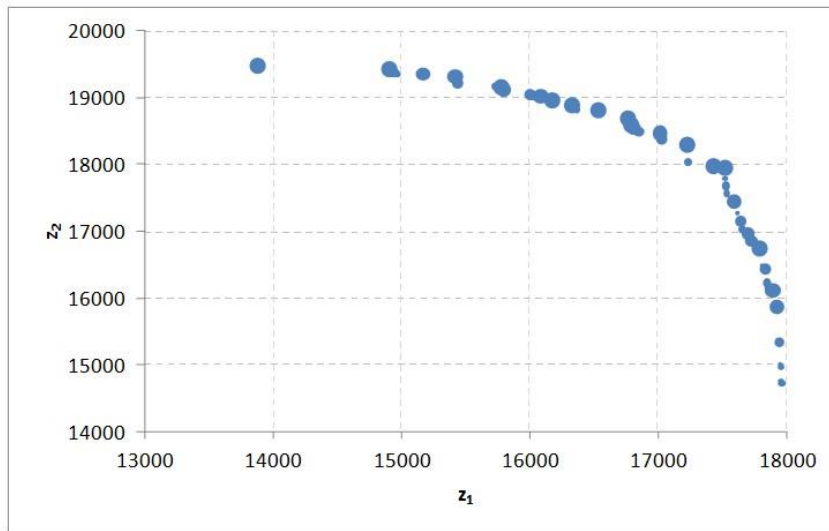
5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Pareto front



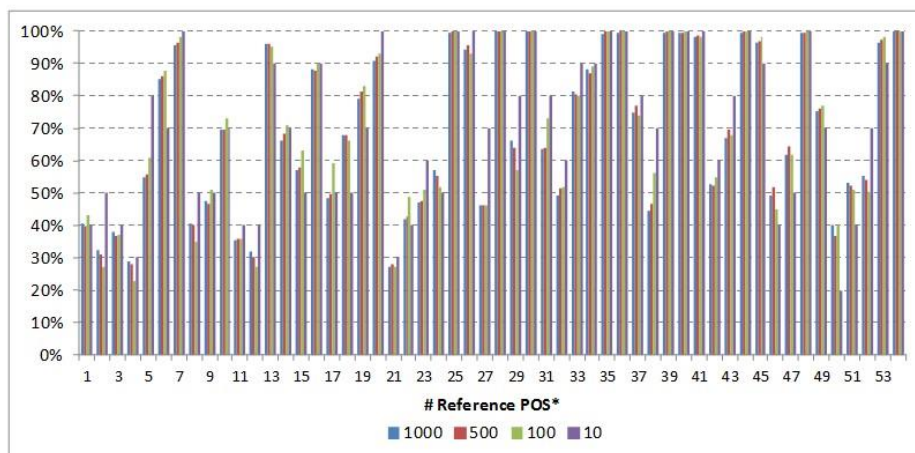
5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Pareto front with robustness information



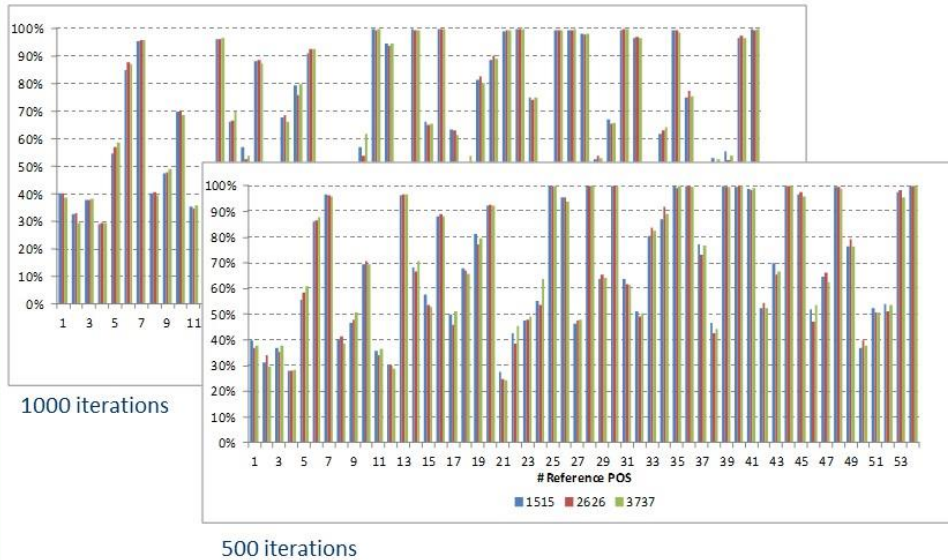
5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Different number of iterations in MC



5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Different seed points in random generator



5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

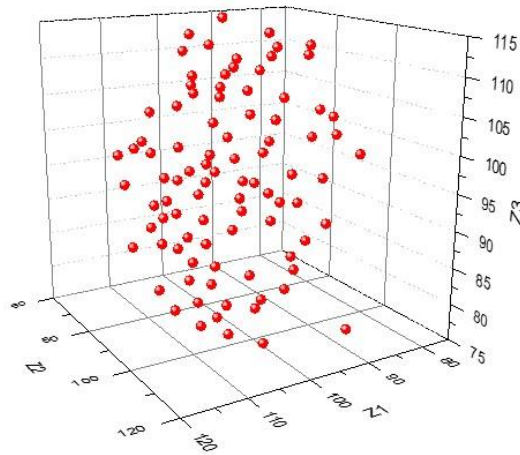
## Numerical example #2

- Knapsack problem with 3 objective functions, 30 binary variables and 3 constraints
- The reference set bears 91 POS\*
- 1000 Monte Carlo iterations
  - Sampling interval  $\pm 1$  around the o.f.c.
  - (sampling and AUGMECON2 → 20h 18' 18").
- 2,221 different POS in total
- TRI = 0.579

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

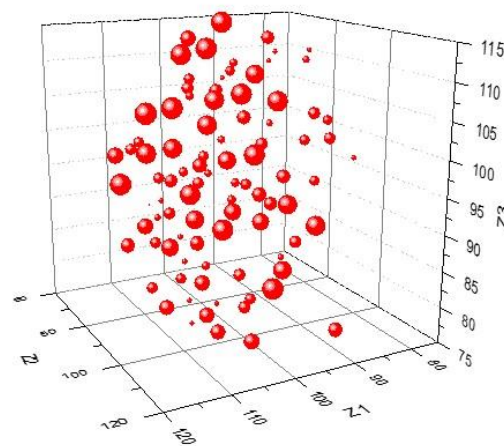


## Pareto front



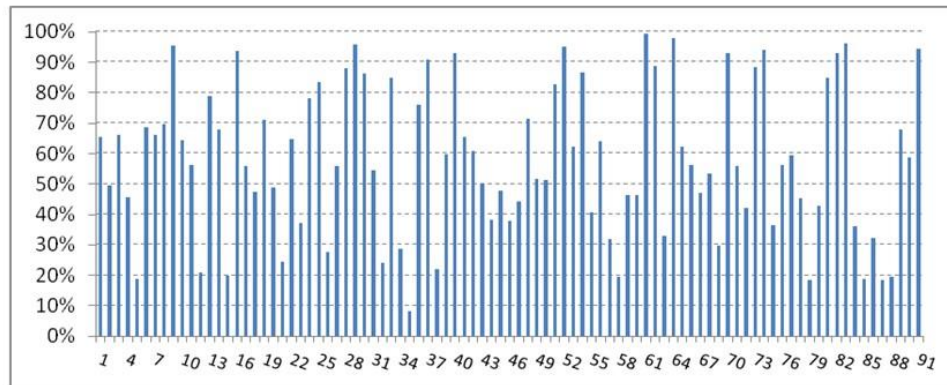
5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Pareto front with robustness information



5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Robustness index of the POS\*



5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Real world application

- Capital Budgeting problem with research proposals in a University (Academic project selection)
- 108 research proposals from 6 departments
  - Research is characterized as either “Basic” or “Applied”
- Available budget 4M€, total cost for 108 proposals 19.8M€
- Two criteria:
  - Project quality [0-20]
  - Human quality [0-20]
- Distribution and type of research constraints

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Distribution constraints

- Department representation

Lower and upper bounds of the budget attributed to each department

Department	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Lower	14%	11%	4%	8%	4%	11%	10%	5%	10%
Upper	23%	19%	6%	13%	6%	18%	16%	9%	16%

- Basic/Applied research

→ At least 40% of projects from basic research

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## PF\* and Robustness indices

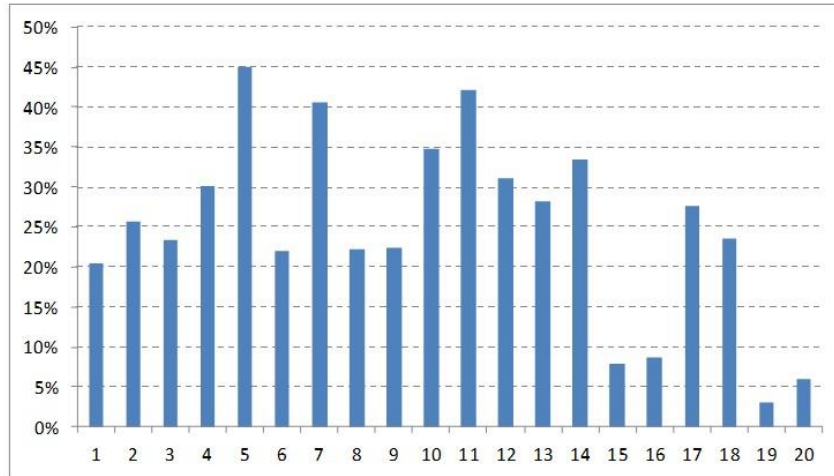
	PO	HO	cost	projects	dep1	dep2	dep3	dep4	dep5	dep6
1	490	470	3990	31	5	7	4	6	4	5
2	488	478	4000	31	5	7	4	7	4	4
3	486	483	3995	32	4	8	4	8	4	4
4	485	486	4000	32	4	8	5	7	4	4
5	484	488	4000	32	5	9	4	6	4	4
6	482	489	4000	32	5	9	4	6	4	4
7	480	492	4000	32	5	9	4	6	4	4
8	478	493	4000	32	5	9	4	6	4	4
9	477	494	4000	32	4	8	5	7	4	4
10	475	496	4000	32	4	9	4	7	4	4
11	473	498	4000	32	4	9	4	7	4	4
12	470	500	4000	32	4	9	4	7	4	4
13	468	501	4000	32	4	9	4	7	4	4
14	466	502	4000	32	4	8	4	8	4	4
15	459	504	4000	31	4	7	4	8	4	4
16	456	505	3990	31	4	7	4	8	4	4
17	455	506	4000	31	5	7	4	7	4	4
18	451	508	4000	31	4	8	4	7	4	4
19	437	509	4000	30	4	8	4	8	3	3
20	435	510	4000	30	4	7	4	9	3	3

20 POS\*

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

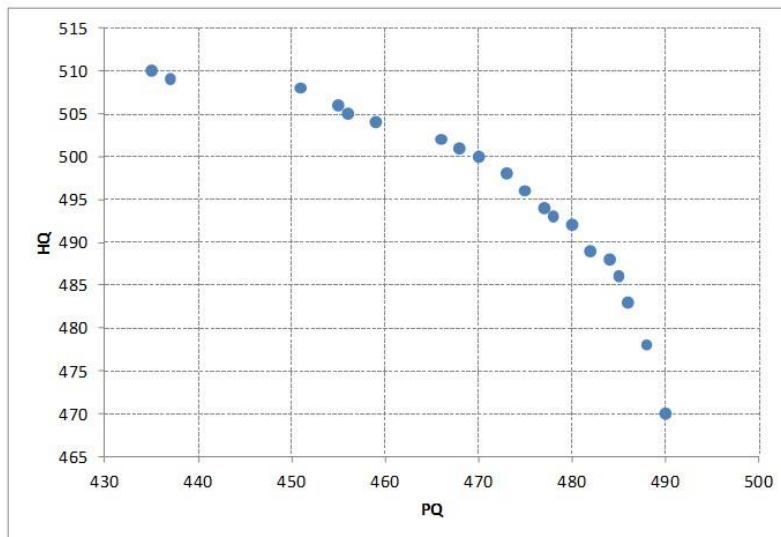


## RI of the 20 POS\*



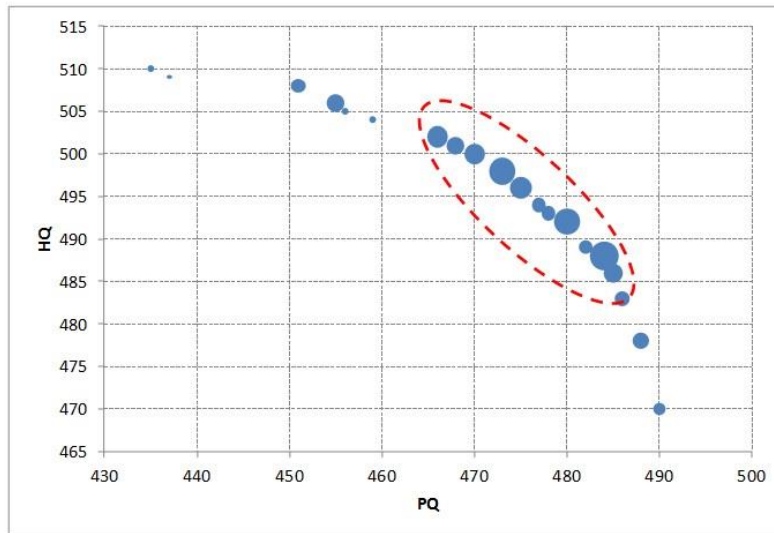
5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## PF\* illustration



5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## PF\* with robustness information



5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Concluding remarks

- We deal with Robustness of POS in MOCO problems based on uncertainty/imprecision of all model's parameters
- Perturbations/Monte Carlo simulation
- AUGMECON2 for exact solution of MOCO problems
- Computational demanding process but provides insightful results (RI, TRI)
- Pareto front with robustness information using bubble charts
- Significant managerial perspectives

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Future research

- Incorporate in the same manner more uncertain parameters
- Model uncertainty of parameters using different statistical distributions
- Expand the proposed methodology to multi-objective linear programming problems
- Visualize the results when linear variables exist

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Thank you for your attention

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

Thales Project | 5<sup>th</sup> Workshop Meeting  
Chania | Oct 3 2014

## Robustness analysis in Multi-Objective Mathematical Programming using Monte Carlo simulation



*European Journal of Operational  
Research* (2015), 240(1), pp. 193-201



Decision Support Systems Laboratory &  
Laboratory of Industrial & Energy Economics  
National Technical University of Athens

**George Mavrotas**

Assistant Professor

**Olena Pechak**

PhD candidate

**Eleftherios Siskos**

PhD Candidate

**Haris Doukas**

Lecturer

**John Psarras**

Professor



**Robust  
MCDA**

## Content

- Introduction
- Methodological Part
  - Monte Carlo simulation – Optimization
  - Robustness index - Visualization
- Computational experiments
  - Project portfolio selection MOILP problem
  - Evaluation of POS based on their robustness
- Results and discussion
- Conclusions

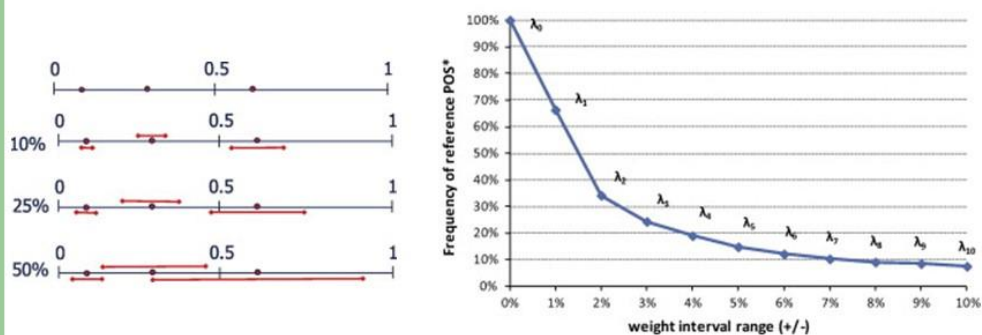
5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

## Highlights of the paper

- Robustness analysis of Pareto optimal solutions with perturbations on weights.
- Systematic Monte Carlo simulation–optimization approach.
- Introduction of Robustness Index.
- Revelation of the most robust solutions in a weight neighborhood.
- Experimentation on a project portfolio problem (MOILP)
- Effectiveness of Augmented Weighted Tchebycheff method in comparison to the Weighted Sums method.

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

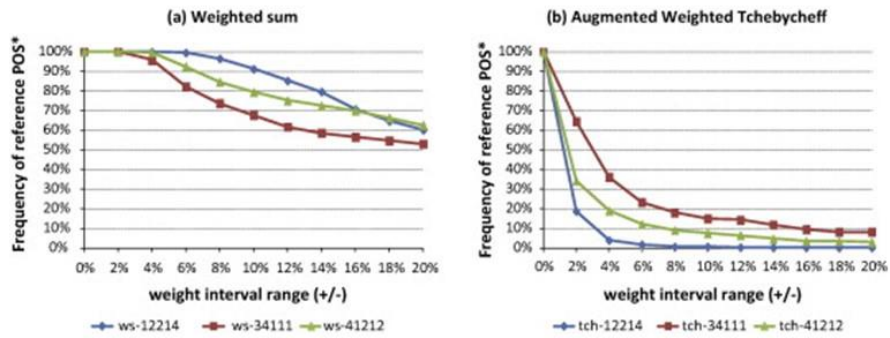
## Illustration of the methodology



5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania



## Comparison of 2 M.O. methods



Application in a stock portfolio selection problem

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania

# Thank you for your attention

5<sup>th</sup> Workshop of THALES, October 3, 2014 - Chania





## Ανάπτυξη συστήματος αξιολόγησης περιβαλλοντικών επιδόσεων με τη μέθοδο Fuzzy UTA

Σμπώκου Ζουμπουλιά, Ευάγγελος Γρηγορούδης

## Εισαγωγή

- ▶ **Περιβαλλοντική Διαχείριση:** Περιλαμβάνει την οργανωτική δομή, τις ευθύνες, τις πρακτικές, τις διαδικασίες, τις μεθόδους και τους πόρους για τον καθορισμό και την εφαρμογή της περιβαλλοντικής πολιτικής σε μία επιχείρηση.
- ▶ **Βιώσιμη ανάπτυξη:** ορίζεται ως «η ανάπτυξη η οποία ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να θέτει σε κίνδυνο τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιούν τις δικές τους ανάγκες».
- ▶ **Περιβαλλοντική πολιτική** είναι η έκφραση των στόχων και των αντικειμενικών σκοπών ενός οργανισμού σε σχέση με το περιβάλλον, όπως διατυπώνονται επίσημα από τα ανώτερα διοικητικά στελέχη.

## Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης

- ▶ Αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά από το BSI (British Standards Institute) το 1992.
- ▶ «Μέρος του συνολικού συστήματος διαχείρισης που περιλαμβάνει οργανωτική δομή, προγραμματισμένες δραστηριότητες, αρμοδιότητες, πρακτικές, διαδικασίες, διεργασίες και πόρους για την ανάπτυξη, την εφαρμογή, την επιτυχία, την ανασκόπηση και τη διατήρηση της περιβαλλοντικής πολιτικής».
- ▶ Σκοπός τους είναι η προώθηση της συνεχούς περιβαλλοντικής βελτίωσης σε ένα οργανισμό.
- ▶ Τα πιο διαδεδομένα είναι το ISO 14001 και EMAS.



## Το πρότυπο ISO 14001

- ▶ Το πιο αναγνωρισμένο πλαίσιο Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης παγκοσμίως.
- ▶ Επιτρέπει σε έναν οργανισμό να αναπτύξει μια περιβαλλοντική πολιτική, να καθορίσει αντικειμενικούς σκοπούς και διαδικασίες για την επίτευξη των πολιτικών δεσμεύσεων, να αναλάβει τη δράση που απαιτείται για να βελτιώσει τις επιδόσεις του και να αποδειχθεί η συμμόρφωση του συστήματος στις απαιτήσεις του.
- ▶ Έχει στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και την αποτροπή της ρύπανσης του σε ισορροπία με τις κοινωνικοοικονομικές ανάγκες.
- ▶ Η επιτυχία του εξαρτάται από τη δέσμευση όλων των επιπέδων και λειτουργιών του οργανισμού.



## Περιβαλλοντική Επίδοση

- ▶ Περιβαλλοντική επίδοση: Ορίζονται τα αποτελέσματα της διαχείρισης των περιβαλλοντικών του πτυχών εκ μέρους ενός οργανισμού.
- ▶ Αξιολόγηση της Περιβαλλοντικής Επίδοσης: Είναι μια διεργασία και εργαλείο εσωτερικής διαχείρισης που έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να παρέχει αξιόπιστες και επαληθεύσιμες πληροφορίες σε συνεχή βάση προς τη Διοίκηση.
- ▶ Περιβαλλοντικοί Δείκτες: Χρησιμοποιούνται για να απεικονίσουν την πολύ μεγάλη ποσότητα των περιβαλλοντικών δεδομένων μιας εταιρείας κατά τρόπο περιεκτικό και συνοπτικό.



## Κατηγορίες Περιβαλλοντικών Δεικτών

- ▶ **Δείκτες Περιβαλλοντικής Επίδοσης (ΔΠΕ)**
  - ▶ *Δείκτες Διοικητικής Επίδοσης (ΔΔΕ)*

παρέχουν πληροφορίες για τις προσπάθειες της διοίκησης και τη συμβολή της στην περιβαλλοντική επίδοση των λειτουργιών και διαδικασιών του οργανισμού
  - ▶ *Δείκτες Λειτουργικής Επίδοσης (ΔΛΕ)*

αφορούν την πολιτική, το προσωπικό, τις πρακτικές, τις διαδικασίες, τις αποφάσεις και τις ενέργειες σε όλα τα επίπεδα του οργανισμού
- ▶ **Δείκτες Περιβαλλοντικής Κατάστασης (ΔΠΚ)**
  - ▶ παρέχουν πληροφορίες για την κατάσταση του περιβάλλοντος, περιγράφουν τις άμεσες τάσεις και τις επιδράσεις στο περιβάλλον
  - ▶ συνήθως εφαρμόζονται μόνο από τους δημόσιους οργανισμούς



## Το πρότυπο ISO 14031

- ▶ Περιγράφει τη διαδικασία που απαιτείται για την μέτρηση της περιβαλλοντικής επίδοσης.
- ▶ Παρέχει αξιόπιστες και επαληθεύσιμες πληροφορίες στη διοίκηση ενός οργανισμού σε τρέχουσα βάση ώστε να καθορίσει εάν η περιβαλλοντική του απόδοση ικανοποιεί ή όχι τα κριτήρια που ο ίδιος ο οργανισμός έχει θέσει.
- ▶ Εστιάζει στην ανάπτυξη δεικτών επίδοσης, τους οποίους ένας οργανισμός μπορεί να χρησιμοποιήσει για την ΑΠΕ.
- ▶ Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οργανισμούς κάθε τύπου, μεγέθους και πολυπλοκότητας ανεξάρτητα από το αν διαθέτουν ή όχι κάποιο ΣΠΔ σε ισχύ.



## Βήματα για την ΑΠΕ

### - Σχεδιασμός

- ▶ 1) σχεδιασμός της ΑΠΕ
- ▶ 2) επιλογή δεικτών για την ΑΠΕ

### - Εκτέλεση

Χρησιμοποιούνται δεδομένα και πληροφορίες που περιλαμβάνουν:

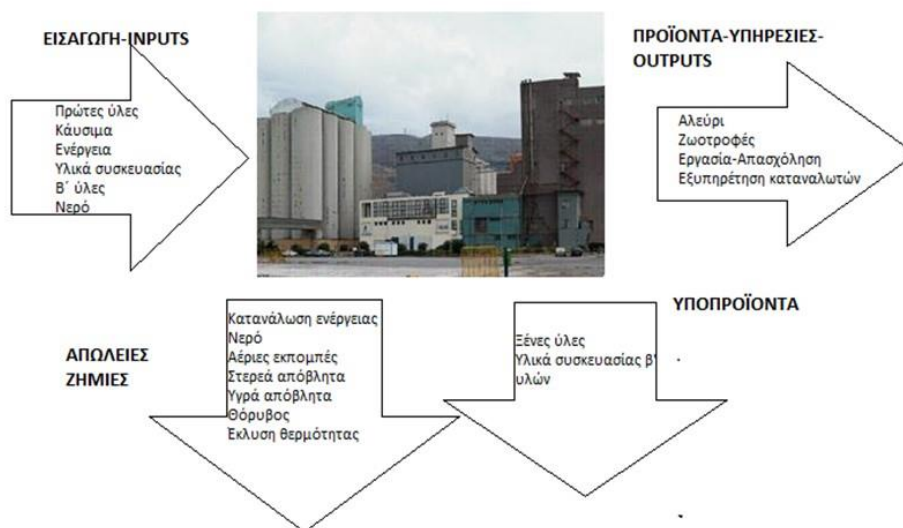
- ▶ 1) τη συλλογή δεδομένων σχετικών με τους επιλεγμένους δείκτες
- ▶ 2) την ανάλυση και τη μετατροπή δεδομένων σε πληροφορίες, που περιγράφουν την περιβαλλοντική επίδοση του οργανισμού
- ▶ 3) την αξιολόγηση πληροφοριών σε σύγκριση με τα κριτήρια περιβαλλοντικής επίδοσης του οργανισμού
- ▶ 4) την αναφορά και τον τρόπο κοινοποίησης των πληροφοριών

### - Έλεγχος και Δράση

- ▶ Η ΑΠΕ και τα αποτελέσματά της ανασκοπούνται περιοδικά για να εντοπίζονται ευκαιρίες για βελτίωση



## Διάγραμμα εισροών – εκροών



Περιβαλλοντικές Πλευρές	Δραστηριότητες
<b>Αέριες εκπομπές</b>	
> σκόνη	Χρήση μηχανημάτων, αμολέβητα και φυσικών πόρων
> καυσαέρια	
> καπνός	
<b>Υγρά απόβλητα</b>	
> λύματα προσωπικού	Προσωπικό, συντήρηση μηχανημάτων
> ορυκτέλαια	
<b>Στερεά απορρίμματα</b>	
> ξένες ύλες	Χρήση μηχανημάτων, πρώτων υλών, Η/Μ εξοπλισμού
> υλικά συσκευασίας	
> μπαταρίες	
> τέφρα	
> οχήματα	
> φθαρμένος Η/Μ εξοπλισμός	
> πίπυρα, σπασμένοι κόκκοι, άλλα δημητριακά	
<b>Διαχείριση και αποθήκευση χημικών</b>	
> φωσφίνη	Απεντόμωση α' υλών
<b>Πυρκαγιά</b>	Χρήση χαρτιού, χημικών
<b>Θόρυβος</b>	Χρήση μηχανημάτων και οχημάτων
<b>Έκλυση θερμότητας</b>	Χρήση μηχανημάτων, αμολέβητα και ηλεκτρικής ενέργειας



## Μεθοδολογία Αξιολόγησης Περιβαλλοντικής Επίδοσης

- ▶ **Βήμα 1:** Καθορισμός των περιβαλλοντικών δεικτών λαμβάνοντας υπόψη την Ανάλυση Εισροών-Εκροών, τις Περιβαλλοντικές Πλευρές της Παραγωγής, καθώς και την Περιβαλλοντική Πολιτική και τους Στόχους της εταιρείας.
- ▶ **Βήμα 2:** Για τη μείωση του μεγάλου αριθμού δεικτών εφαρμόζεται μια τεχνική βασισμένη στην εκτίμηση της Περιβαλλοντικής Επίπτωσης των συγκεκριμένων δεικτών.
- ▶ **Βήμα 3:** Δημιουργία σεναρίων με τους δείκτες που προκύπτουν και ιεράρχηση των σεναρίων από τον αποφασίζοντα.
- ▶ **Βήμα 4:** Αξιολόγηση με την μέθοδο της Fuzzy UTASTAR.



## Ανάπτυξη Περιβαλλοντικών Δεικτών

Αναπτύχθηκαν 5 κατηγορίες περιβαλλοντικών δεικτών που αφορούν:

- ▶ Τις αέριες εκπομπές της βιομηχανίας (6 δείκτες)
- ▶ Τα στερεά απόβλητα της βιομηχανίας (7 δείκτες)
- ▶ Τους πόρους και την ενέργεια (5 δείκτες)
- ▶ Την περιβαλλοντική εκπαίδευση και τα τρίτα μέρη (7 δείκτες)
- ▶ Την ανακύκλωση και τις ενέργειες βελτίωσης (11 δείκτες)

Σύνολο 36 δείκτες





## Εκτίμηση της περιβαλλοντικής επίδοσης

5 κατηγορίες δεικτών:

1. Αέριες εκπομπές
2. Στερεά απόβλητα
3. Πόροι και Ενέργεια
4. Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και γ' μέρη
5. Ανακύκλωση και Ενέργειες Βελτίωσης

Εκτίμηση Επίπτωσης βάση κριτηρίων:

- Σοβαρότητα (Severity)
- Πιθανότητα (Likelihood)
- Συχνότητα (Frequency)
- Ελεγχιμότητα (Controllability)
- Νομοθεσία (Ναι – Όχι)
- Αναφορές (Reportability)
- (Ενδιαφέρον από) Εμπλοκή ενδιαφερόμενων μερών (stakeholders)
- Στόχος εταιρείας (Ναι – Όχι)

Κατηγορίες	Δείκτες Περιβαλλοντικής Διαχείρισης	Κριτήρια					Επίπτωση
		Σοβαρότητα	Πιθανότητα	Συχνότητα	Ελεγχιμότητα	Νομοθεσία	
Αέριες εκπομπές	Ποσότητα CO <sub>2</sub>	5	5	5	1	1	0,505
	Ποσότητα NO <sub>x</sub>	4	4	4	2	1	0,489
	Ποσότητα SO <sub>x</sub>	4	4	4	2	1	0,489
	Ποσότητα αιωρούμενων στερεών SS	4	4	5	1	1	0,430
	Ποσότητα CO	3	3	3	3	0	0,188
	Ποσότητα PM	3	3	3	2	1	0,438
Στερεά απόβλητα	Ποσότητα φθαρμένου H/M και απορρίμματα	2	2	2	3	0	0,169
	Ποσότητα υποπροϊόντων παραγωγικής διαδικασίας (ξένες ύλες)	3	4	4	3	0	0,215
	Ποσότητα απορριμμάτων από συσκευασίες α' υλών και υλικών	3	5	5	3	0	0,253
	Ποσότητα τέφρας	5	5	5	1	1	0,505
	Ποσοστό ορθής διαχείρισης συσκευασιών φωσφίνης	5	5	5	1	1	0,505
	Ποσοστό ορθής διαχείρισης χρησιμοποιούμενων μπαταριών	4	3	3	2	1	0,449
Πόροι και ενέργεια	Ποσοστό ορθής διαχείρισης χρησιμοποιούμενων ορυκτελαίων	5	5	5	1	1	0,505
	Ποσότητα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας	5	5	5	1	0	0,172
	Μέσος όρος κατανάλωσης καυσίμων από οχήματα	5	5	5	1	0	0,172
	Μέσος όρος κατανάλωσης νερού από την βιομηχανία	4	4	4	4	0	0,323
	Επίπεδα θορύβου στα τμήματα παραγωγής και στα όρια της εργοστασιακής εγκατάστασης	5	5	5	1	1	0,505
Έκλυση θερμότητας στους χώρους παραγωγής	1	1	1	4	0	0,250	

Κατηγορίες	Δείκτες Περιβαλλοντικής Διαχείρισης	Κριτήρια			Επίπτωση
		Αναφο- ρές	Εμπλοκή ενδιαφερόμενων μερών	Στόχος εταιρίας	
Περιβαλλοντική εκπαίδευση και τρίτα μέρη	Αριθμός υπαλλήλων με περιβαλλοντική εκπαίδευση	3	2	0	0,250
	Αριθμός ωρών περιβαλλοντικής εκπαίδευσης	3	1	0	0,167
	Αριθμός προγραμμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης	1	1	0	0,000
	<b>Αριθμός προτάσεων για την βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0,667</b>
	<b>Αριθμός παραπόνων από την τοπική κοινωνία</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0,500</b>
	Αριθμός εκδηλώσεων περιβαλλοντικών πρωτοβουλιών και ενεργειών περιβαλλοντικής φύσεως στην τοπική κοινωνία	3	2	0	0,250
	Αριθμός προμηθευτών και εργολάβων που ασχολούνται με περιβαλλοντικά ζητήματα και εφαρμόζουν κάποιο ΣΠΔ	1	1	0	0,000
	Ποσότητα βοηθητικών υλών από ανακυκλωμένα υλικά	3	4	0	0,417
Ανακύκλωση και ενέργειες βελτίωσης	Ετήσιες ποσότητες ανακυκλωμένων προϊόντων	3	2	0	0,250
	<b>Αριθμός προϊόντων ή συσκευασιών που φέρουν σαφείς οδηγίες σχετικά με την ευαισθητοποιημένη περιβαλλοντικά χρήση τους και τη διάθεση των συσκευασιών</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0,667</b>
	Ποσοστό περιβαλλοντικών στόχων που έχουν επιτευχθεί	2	2	0	0,167
	Αριθμός οχημάτων του στόλου με τεχνολογία περιορισμού της μόλυνσης	1	2	1	0,417
	Αριθμός προγραμματισμένων ελέγχων και επιθεωρήσεων που έχουν ολοκληρωθεί	2	1	1	0,417
	Αριθμός ευρημάτων των επιθεωρήσεων ανά περίοδο	2	1	1	0,417
	<b>Αριθμός ασκήσεων εκτάκτου ανάγκης που έχουν πραγματοποιηθεί</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0,500</b>
	<b>Χρόνος ανταπόκρισης και περάτωσης διορθωτικών ενεργειών</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0,750</b>
	Κόστος λόγω ποινών και προστίμων από παραβάσεις	1	2	1	0,417
	<b>Ύψος δαπανών των ενεργειών βελτίωσης και περιβαλλοντικών πρωτοβουλιών στο σύνολο του προϋπολογισμού</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0,500</b>

## Fuzzy UTASTAR

- ▶ Προτάθηκε από τον Patiniotakis et al. το 2011.
- ▶ Είναι επέκταση της μεθόδου UTASTAR.
- ▶ Μπορεί να χειριστεί συνήθη δεδομένα αλλά και ασαφή δεδομένα αξιολόγησης.
- ▶ Δέχεται ως είσοδο ασαφείς βαθμολογίες.
- ▶ Και δημιουργεί μια ασαφή συνάρτηση χρησιμότητας.

## Μέθοδος UTASTAR

- ▶ Προτάθηκε από τους Jacquet-Lagrèze και Σίσκος το 1982.
- ▶ Έχει στόχο την αξιολόγηση των μοντέλων απόφασης από γνωστά εκ των προτέρων δεδομένα αποφάσεων με τη μορφή ταξινομημένων λιστών των επιλογών.
- ▶ Ο αλγόριθμος UTASTAR είναι μια βελτίωση της αρχικής μεθόδου UTA.



## Ασαφής Λογική

- ▶ Διατυπώθηκε για πρώτη φορά από τον L. A. Zadeh το 1965.
- ▶ Οι περισσότερες ανθρώπινες σκέψεις είναι ασαφείς και δεν μπορούν να προσομοιωθούν με την δυαδική λογική.
- ▶ Στην θεωρία των ασαφών συνόλων η μετάβαση των στοιχείων – μελών εντός και εκτός του συνόλου θεωρείται βαθμιαία.
- ▶ Προτείνεται η συνάρτηση συμμετοχής, η οποία καλύπτει ένα πεδίο ορισμού και παίρνει τιμές σε όλο το διάστημα  $[0, 1]$ .



## Αξιολόγηση περιβαλλοντικής επίδοσης με την Fuzzy UTASTAR

- ▶ Καθορισμός κριτηρίων: τελικό σύνολο δεικτών και αντίστοιχων μονάδων μέτρησης
- ▶ Δημιουργία εναλλακτικών Σεναρίων για κάθε κατηγορία δεικτών
- ▶ Προδιάταξη: Ιεράρχηση σεναρίων από τον αποφασίζοντα
- ▶ Εφαρμογή της μεθόδου Fuzzy UTASTAR
- ▶ Υπολογισμός Συναρτήσεων Αξιών
- ▶ Υπολογισμός Βαρών των Κριτηρίων
- ▶ Αποτελέσματα – Επιδόσεις



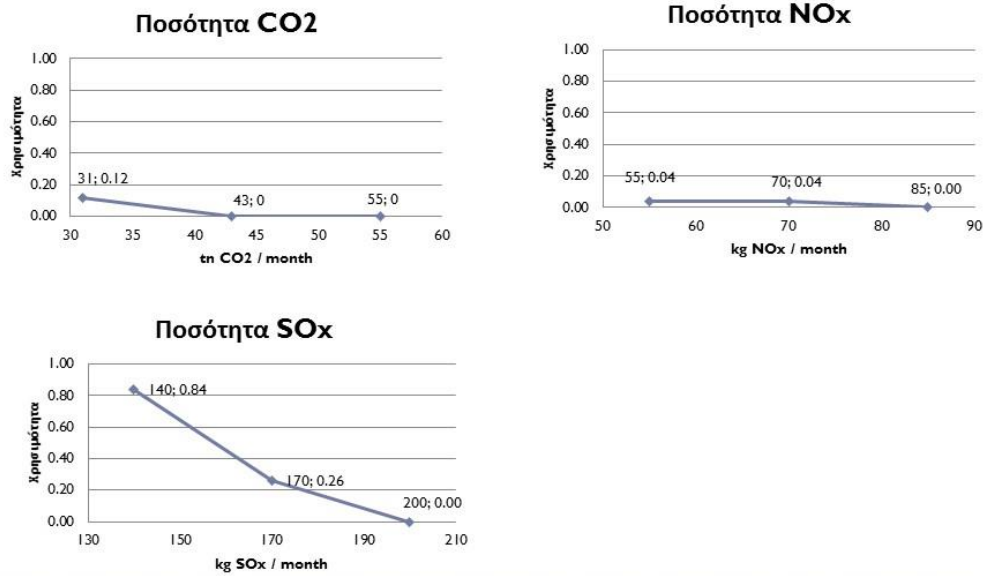
## Αέριες εκπομπές

		Ποσότητα CO <sub>2</sub>	Ποσότητα NO <sub>x</sub>	Ποσότητα SO <sub>x</sub>	Κατάταξη
<b>Αέριες εκπομπές</b>	Σενάριο 1	(38, 40, 46)	(75, 80, 85)	(140, 150, 160)	1
	Σενάριο 2	(47, 50, 55)	(55, 60, 63)	(162, 175, 182)	2
	Σενάριο 3	(31, 35, 37)	(64, 70, 74)	(185, 190, 200)	3
	Σενάριο 4	(38, 40, 46)	(55, 60, 63)	(185, 190, 200)	4

Αριθμός σεναρίου	Κατάταξη σεναρίων από τον αποφασίζοντα	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R(U) = (U <sub>x</sub> +2U <sub>y</sub> +U <sub>z</sub> )/4
1	1	0,422	0,689	0,916	0,679
2	2	0,199	0,260	0,372	0,273
3	3	0,103	0,210	0,293	0,204
4	4	0,013	0,160	0,223	0,139



## Αέριες εκπομπές



## Στερεά απόβλητα

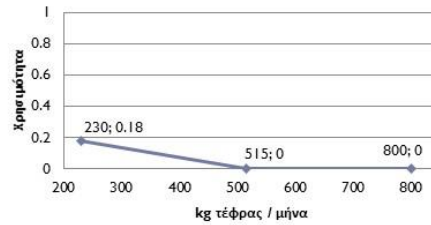
	Ποσότητα τέφρας	Ποσοστό ορθής διαχείρισης συσκευασιών φωσφίνης	Ποσοστό ορθής διαχείρισης χρησιμοποιούμενων μπαταριών	Ποσοστό ορθής διαχείρισης χρησιμοποιούμενων ορυκτελαίων	Ποσότητα υλικών συσκευασίας	Ποσότητα ξένων υλών	Κατάταξη	
<b>Στερεά απόβλητα</b>	Σενάριο 1	(230, 300, 400)	(98, 100, 100)	(98, 100, 100)	(94, 95, 97)	(25, 30, 45)	(2,5, 2,5, 5)	1
	Σενάριο 2	(630,750, 800)	(82, 85, 90)	(88, 90, 92)	(94, 95, 97)	(10, 15, 25)	(1, 1, 2)	3
	Σενάριο 3	(440, 500, 600)	(82, 85, 90)	(94, 95, 97)	(88, 90, 92)	(10, 15, 25)	(2,5, 2,5, 5)	3
	Σενάριο 4	(230, 300, 400)	(92, 95, 97)	(88, 90, 92)	(88, 90, 92)	(10, 15, 25)	(6, 10, 13)	2
	Σενάριο 5	(230, 300, 400)	(92, 95, 97)	(98, 100, 100)	(88, 90, 92)	(50, 60, 70)	(1, 1, 2)	2
	Σενάριο 6	(440, 500, 600)	(98, 100, 100)	(94, 95, 97)	(98, 100, 100)	(50, 60, 70)	(2,5, 2,5, 5)	4
	Σενάριο 7	(630,750, 800)	(92, 95, 97)	(98, 100, 100)	(98, 100, 100)	(10, 15, 25)	(6, 10, 13)	5



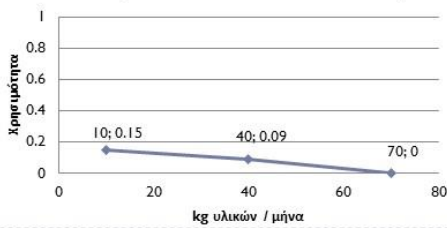
## Στερεά απόβλητα

Αριθμός σεναρίου	Κατάταξη σεναρίων από τον αποφασίζοντα		U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R(U)
	1	2				
1	1		0,003	0,353	0,868	0,394
2		3	0,003	0,248	0,539	0,260
3		3	-0,003	0,253	0,617	0,280
4		2	-0,003	0,303	0,549	0,288
5		2	-0,003	0,303	0,777	0,345
6		4	0,003	0,180	0,717	0,270
7		5	0,003	0,170	0,594	0,235

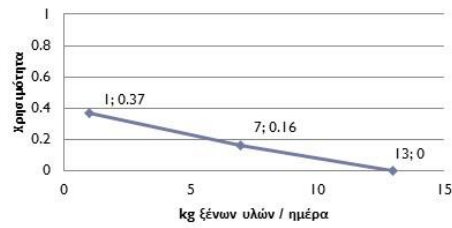
Ποσότητα τέφρας



Ποσότητα υλικών συσκευασίας

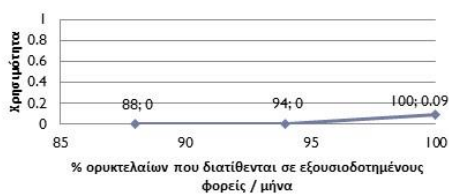


Ποσότητα ξένων υλών

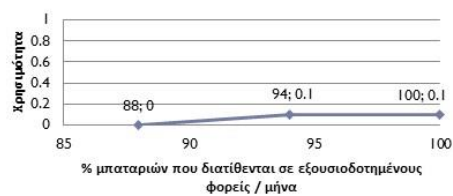


## Στερεά απόβλητα

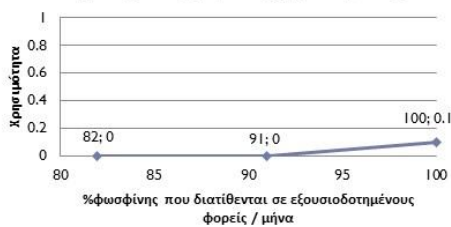
% ορθής διαχείρισης  
ορυκτελαίων



% ορθής διαχείρισης  
μπαταριών



% ορθής διαχείρισης φωσφίνης





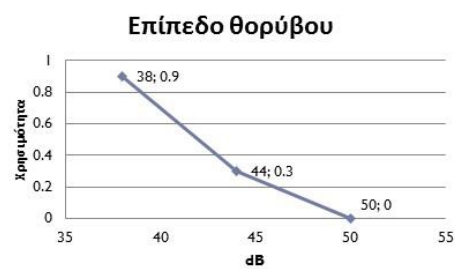
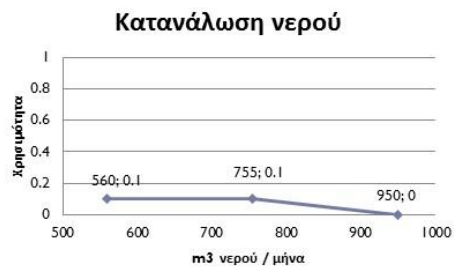
## Πόροι και ενέργεια

Πόροι και Ενέργεια		Κατανάλωση νερού	Επίπεδα θορύβου	Κατάταξη
		Σενάριο 1	(560, 600, 660)	(48, 50, 50)
	Σενάριο 2	(700, 750, 800)	(43, 45, 47)	2
	Σενάριο 3	(830, 900, 950)	(38, 40, 42)	1

Αριθμός σεναρίου	Κατάταξη σεναρίων από τον αποφασίζοντα	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R(U)
		1	3	0,000	0,000
2	2	0,150	0,250	0,450	0,275
3	1	0,500	0,700	0,962	0,715



## Πόροι και ενέργεια



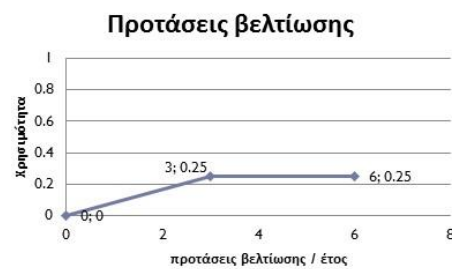
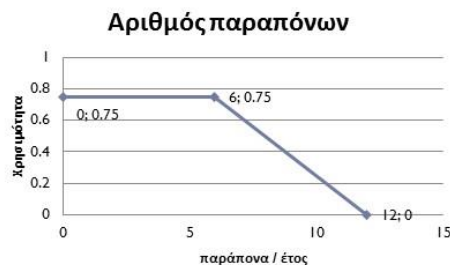
## Περιβαλλοντική εκπαίδευση και τρίτα μέρη

Περιβαλλοντική εκπαίδευση και τρίτα μέρη	Αριθμός προτάσεων βελτίωσης περιβαλλοντικής απόδοσης		Αριθμός παραπόνων από την τοπική κοινωνία	Κατάταξη
	Σενάριο	Αριθμός προτάσεων	Αριθμός παραπόνων	
Σενάριο 1	(0, 2, 2)	2	(0, 2, 3)	2
Σενάριο 2	(5, 5, 6)	5	(7, 9, 12)	3
Σενάριο 3	(3, 3, 4)	3	(4, 5, 6)	1

Αριθμός σεναρίου	Κατάταξη σεναρίων από τον αποφασίζοντα	Κατάταξη			R(U)
		U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	
1	2	0,713	1,000	0,667	0,845
2	3	0,038	0,458	0,875	0,457
3	1	0,788	1,000	1,000	0,947



## Περιβαλλοντική εκπαίδευση και τρίτα μέρη

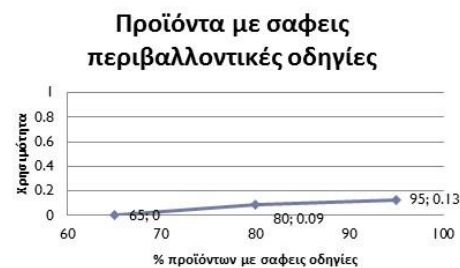
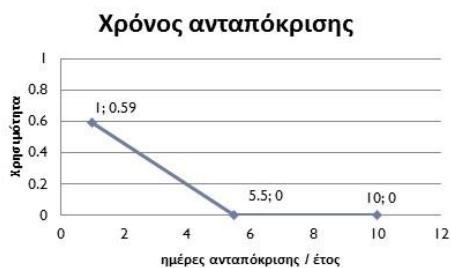


## Ανακύκλωση και ενέργειες βελτίωσης

Ανακύκλωση και ενέργειες βελτίωσης	Αριθμός προϊόντων με οδηγίες για περιβαλλοντική χρήση	Ποσοστό ασκήσεων εκτάκτου ανάγκης που έχουν πραγματοποιηθεί	Χρόνος ανταπόκρισης και περάτωσης διορθωτικών ενεργειών	Ύψος δαπανών ενεργειών βελτίωσης στο σύνολο του προϋπολογισμού	Κατάταξη
Σενάριο 1	(88, 90, 95)	(98, 100, 100)	(5, 5, 6)	(0, 2, 2)	1
Σενάριο 2	(88, 90, 95)	(88, 90, 92)	(7, 7, 8)	(3, 4, 4)	3
Σενάριο 3	(78, 80, 85)	(88, 90, 92)	(5, 5, 6)	(5, 6, 9)	3
Σενάριο 4	(65, 70, 74)	(98, 100, 100)	(7, 7, 8)	(5, 6, 9)	2
Σενάριο 5	(65, 70, 74)	(93, 95, 97)	(1, 3, 4)	(3, 4, 4)	2

Αριθμός σεναρίου	Κατάταξη σεναρίων από τον αποφασίζοντα				
	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R(U)	
1	0,089	0,384	0,430	0,322	
2	-0,004	0,284	0,042	0,151	
3	0,056	0,284	0,110	0,183	
4	-0,001	0,334	0,243	0,227	
5	-0,022	0,334	0,813	0,365	

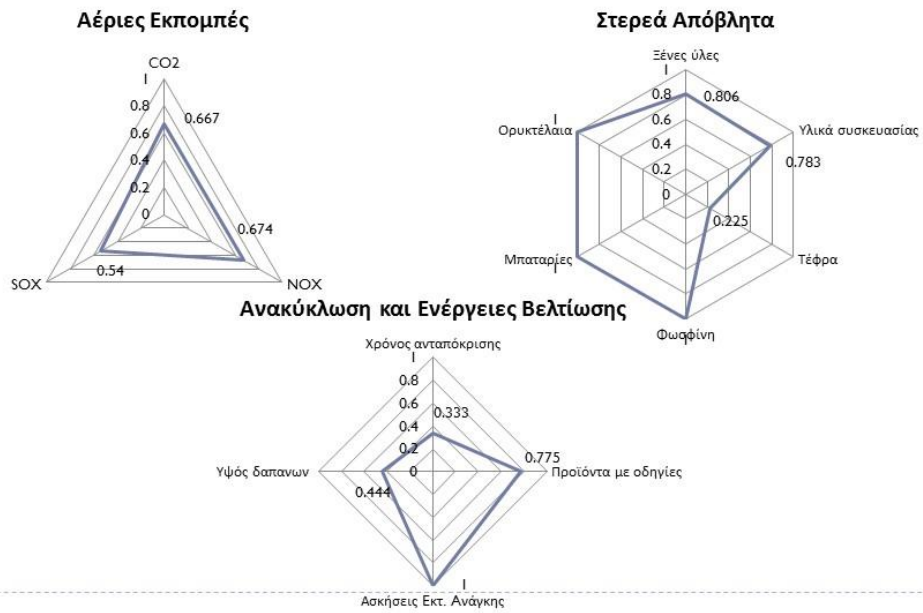
## Ανακύκλωση και ενέργειες βελτίωσης



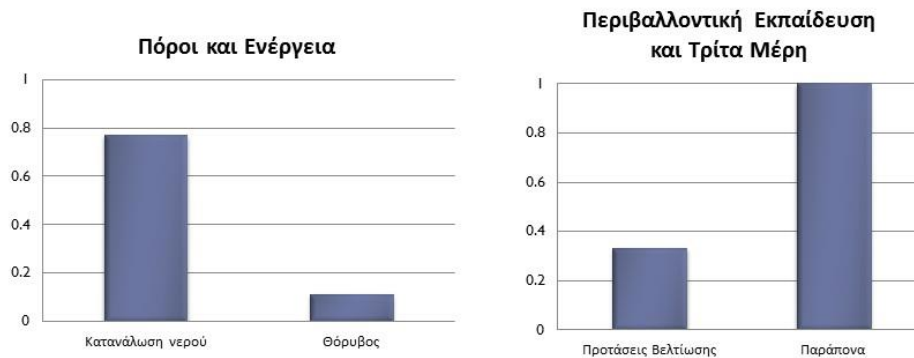
	Δείκτες Περιβαλλοντικής Διαχείρισης	Αύξων ή φθίνων κριτήριο	Τιμές Συναρτήσεων			Χρησιμότητα			Τωρινή τιμή	Γραμμική παρεμβολή	Κανονικοποιημένα
			x1	x2	x3	y1	y2	y3			
<b>Αέριες εκπομπές</b>	Ποσότητα CO <sub>2</sub>	-	31	43	55	0,12	0	0	35	0,08	0,667
	Ποσότητα NO <sub>x</sub>	-	55	70	85	0,043	0,043	0	75	0,029	0,674
	Ποσότητα SO <sub>x</sub>	-	140	170	200	0,837	0,26	0	160	0,452	0,540
										<b>0,561</b>	
<b>Στερεά απόβλητα</b>	Ποσότητα υποπροϊόντων παραγωγικής διαδικασίας (ξένες ύλες)	-	1	7	13	0,372	0,156	0	3	0,3	0,806
	Ποσότητα απορριμμάτων υλικών συσκευασίας	-	10	40	70	0,152	0,086	0	25	0,119	0,783
	Ποσότητα τέφρας	-	230	515	800	0,182	0	0	450	0,041	0,225
	Ποσοστό ορθής διαχείρισης συσκευασιών φασφίνης	+	82	91	100	0	0	0,100	100	0,100	1,000
	Ποσοστό ορθής διαχείρισης χρησιμοποιούμενων μπαταριών	+	88	94	100	0	0,100	0,100	100	0,100	1,000
	Ποσοστό ορθής διαχείρισης χρησιμοποιούμενων ορυκτελαίων	+	88	94	100	0	0,003	0,094	100	0,094	1,000
										<b>0,754</b>	

	Δείκτες Περιβαλλοντικής Διαχείρισης	Αύξων ή φθίνων κριτήριο	Τιμές Συναρτήσεων			Χρησιμότητα			Τωρινή τιμή	Γραμμική παρεμβολή	Κανονικοποιημένα
			x1	x2	x3	y1	y2	y3			
<b>Πόροι και ενέργεια</b>	<b>Μέσος όρος κατανάλωσης νερού από την βιομηχανία</b>	-	<b>560</b>	<b>755</b>	<b>950</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0</b>	<b>800</b>	<b>0,077</b>	<b>0,77</b>
	Επίπεδα θορύβου στα τμήματα παραγωγής και στα όρια της εργοστασιακής εγκατάστασης	-	38	44	50	0,9	0,3	0	48	0,1	0,111
										<b>0,177</b>	
<b>Περιβαλλοντική εκπαίδευση και τρίτα μέρη</b>	Αριθμός προτάσεων για την βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης	+	0	3	6	0	0,25	0,25	1	0,083	0,332
	Αριθμός παραπόνων από την τοπική κοινωνία	-	0	6	12	0,75	0,75	0	1	0,75	1
										<b>0,833</b>	
<b>Ανακύκλωση και ενέργειες βελτίωσης</b>	Αριθμός προϊόντων ή συσκευασιών που φέρουν σαφείς οδηγίες σχετικά με την ευαισθητοποιημένη περιβαλλοντικά χρήση τους και τη διάθεση των συσκευασιών	+	65	80	95	0	0,086	0,129	85	0,1	0,775
	Αριθμός ασκήσεων εκτάκτου ανάγκης που έχουν πραγματοποιηθεί	+	88	94	100	0	0,25	0,25	100	0,25	1
	Χρόνος ανταπόκρισης και περάτωσης διορθωτικών ενεργειών	-	1	5,5	10	0,595	0	0	4	0,198	0,333
	Ύψος δαπανών των ενεργειών βελτίωσης και περιβαλλοντικών πρωτοβουλιών στο σύνολο του προϋπολογισμού	+	0	4,5	9	0	0,27	0,27	2	0,12	0,444
										<b>0,668</b>	

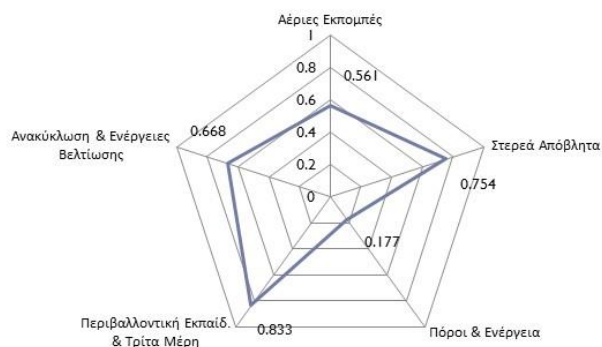
## Περιβαλλοντική επίδοση



## Περιβαλλοντική επίδοση



## Ολική περιβαλλοντική επίδοση



## Συμπεράσματα

- ▶ Για την Αξιολόγηση της Περιβαλλοντικής Επίδοσης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Fuzzy UTASTAR.
- ▶ Είναι ένα εύχρηστο και ευέλικτο εργαλείο για την ΑΠΕ και μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε τύπο οργανισμού και τα αποτελέσματά του μπορούν να γίνουν εύκολα κατανοητά από την διοίκηση του οργανισμού και τους υπόλοιπους ενδιαφερομένους.
- ▶ Είναι εύκολη η μοντελοποίηση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα.
- ▶ Εντοπίζονται τα αδύναμα σημεία που πρέπει να βελτιωθούν σε έναν οργανισμό σε περιβαλλοντικά ζητήματα, και δίνεται μια ξεκάθαρη εικόνα για το πόσο μακριά βρίσκεται η διοίκηση από τους στους στόχους που έχει θέσει.
- ▶ Η μέθοδος Fuzzy UTASTAR μπορεί να αντισταθμίσει το χάσμα που υπάρχει στην ασάφεια των τιμών.

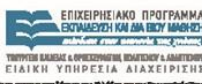




# ΜΙΑ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΥΣΤΑΘΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΟΤΑ

**Σάνδρα Κοέν, Εύη Νεοφύτου**  
*Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών*

**Μιχάλης Δούμπος, Κωσταντίνος Ζοπουνίδης**  
*Πολυτεχνείο Κρήτης*



## Εισαγωγή

- Η διοικητική αποκέντρωση αυξάνει τις ευθύνες των ΟΤΑ για την παροχή βασικών υπηρεσιών στους πολίτες
- Η χρηματοοικονομική βιωσιμότητα των ΟΤΑ είναι σημαντική
  - ΟΤΑ που αντιμετωπίζουν χρηματοοικονομικά προβλήματα δεν μπορούν να προσφέρουν υπηρεσίες υψηλής ποιότητας
  - Δημιουργία προβλημάτων τόσο στις τοπικές κοινότητες όσο και στην κεντρική κυβέρνηση
- Η αξιολόγηση των επιδόσεων και της βιωσιμότητας των ΟΤΑ αποτελεί αντικείμενο υψηλού ενδιαφέροντος διεθνώς
- Η πρόσφατη κρίση έχει επηρεάσει και τους ΟΤΑ
  - Περιορισμός δαπανών
  - Αδυναμία εξυπηρέτησης χρεών (πχ. Jefferson County, Alabama – ΗΠΑ, αδυναμία αποπληρωμής χρέους \$3 δισ., 11/2011)
    - ◆ 49<sup>η</sup> πτώχευση στις ΗΠΑ από το 1980

## Αντικείμενο της έρευνας

- Ανάπτυξη ενός εύχρηστου και λειτουργικού μοντέλου αξιολόγησης των χρηματοοικονομικών επιδόσεων των ΟΤΑ στην Ελλάδα
  - Χρήσιμο εργαλείο για τους εμπλεκόμενους
  - Διαχρονική παρακολούθηση των επιδόσεων των ΟΤΑ, έγκαιρος εντοπισμός προβλημάτων, benchmarking
  - Χρήση απλών χρηματοοικονομικών στοιχείων από τις λογιστικές καταστάσεις των ΟΤΑ
- Ιδιαίτερη σημασία για την Ελλάδα (λόγω της οικονομικής κρίσης)
  - Πλαίσιο ανάλυσης που είναι εφαρμόσιμο και σε άλλες χώρες
- Μεθοδολογικό ενδιαφέρον
  - Ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας που επιτρέπει την ανάπτυξη ενός πολυκριτήριου μοντέλου όταν ο αποφασίζοντας δεν είναι διαθέσιμος
  - Έλεγχος του μοντέλου σε σχέση με τα δεδομένα και τα διαχρονικά χαρακτηριστικά του προβλήματος

## Μεθοδολογία

- **Στάδιο 1: Επιλογή δεδομένων αναφοράς**
  - Στοιχεία για την ανάπτυξη του μοντέλου
  - Καθορίζουν τη βάση της σύγκρισης σε μελλοντικές χρονικές περιόδους
- **Στάδιο 2: Ανάλυση σεναρίων μέσω προσομοίωσης**
  - Μοντέλο αξιολόγησης:  $V(\mathbf{x}) = w_1v_1(x_1) + w_2v_2(x_2) + \dots + w_nv_n(x_n)$
  - Δυσκολία καθορισμού των παραμέτρων του μοντέλου
  - Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis (SMAA-2)
    - ◆ S τυχαία σενάρια (ομοιόμορφη κατανομή) για τους συντελεστές παραχώρησης και τις συναρτήσεις μερικών αξιών
    - ◆ Κατάταξη και ταξινόμηση (σε σχετικούς όρους) των ΟΤΑ σε κάθε σενάριο αξιολόγησης
    - ◆ Μελέτη της ευστάθειας των αποτελεσμάτων

Lahdelma, R. and Salminen, P. (2001), "SMAA-2: Stochastic multicriteria acceptability analysis for group decision making", *Operations Research* 49(3), 444–454.

## Μεθοδολογία

- **Στάδιο 3: Διαμόρφωση μιας συνολικής ταξινόμησης**
  - Σύνθεση των αποτελεσμάτων όλων των σεναρίων
  - Ανάλυση της σύνθεσης ως προς:
    - ◆ Τις αποκλίσεις της σε σχέση με τα αποτελέσματα κάθε σεναρίου
    - ◆ Τη σχέση της με τα δεδομένα αξιολόγησης
- **Στάδιο 4: Ανάπτυξη ενός «λειτουργικού» μοντέλου αξιολόγησης**
  - Εφαρμογή μεθόδου UTADIS στα δεδομένα αναφοράς χρησιμοποιώντας την ταξινόμηση του σταδίου 3
  - Το τελικό μοντέλο μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση οποιουδήποτε ΟΤΑ σε κάθε χρονική στιγμή χωρίς να απαιτείται η επανάληψη της ανάλυσης σεναρίων
  - Εύχρηστη και κατανοητή σχέση μεταξύ των κριτηρίων της αξιολόγησης και των τελικών αποτελεσμάτων

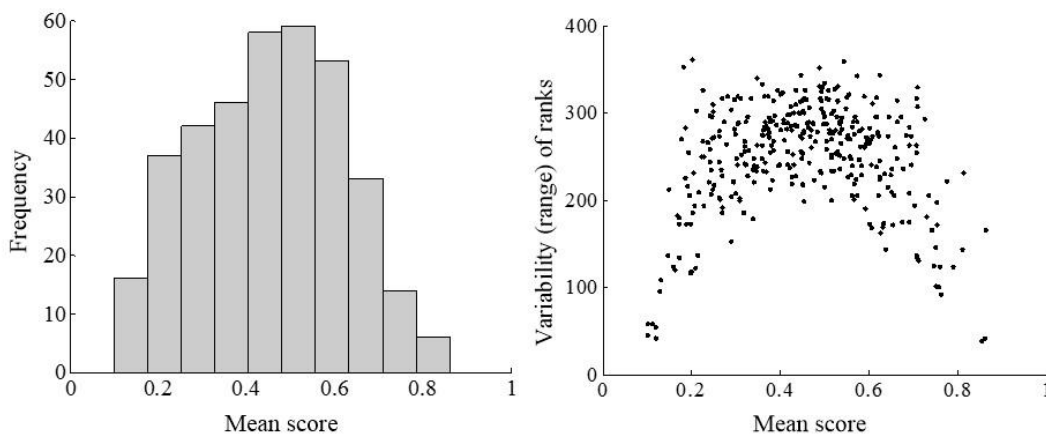
## Δεδομένα

- Δεδομένα αναφοράς
  - 364 ΟΤΑ για το 2007 (63% του συνόλου των ΟΤΑ)
- Εφαρμογή και αξιολόγηση μοντέλου
  - 130 ΟΤΑ για το 2009 (100 κοινοί με το 2007)
- Επιλογή χρηματοοικονομικών δεικτών
  - Μεγέθη που να είναι σχετικά με την αξιολόγηση των χρηματοοικονομικών επιδόσεων των ΟΤΑ σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία και πρακτική
  - Κριτήρια που να λαμβάνουν υπόψη τις ιδιαιτερότητες των ΟΤΑ στην Ελλάδα (πχ. σημαντικές κρατικές επιχορηγήσεις)
  - Μικρός αριθμός κριτηρίων ώστε το μοντέλο να είναι απλό και εύχρηστο

## Μέσοι όροι

	Σύνολο δειγμάτων		Κοινοί ΟΤΑ	
	2007	2009	2007	2009
Υποχρεώσεις / Ενεργητικό (L/A)	0,135	0,163	0,168	0,164
Ίδια έσοδα / Υποχρεώσεις (R/L)	2,069	1,389	1,570	1,382
Βραχ. υποχρ. / Ίδια έσοδα (STL/R)	0,733	0,692	0,690	0,697
Λειτουργ. έξοδα / Ίδια έσοδα (OE/R)	2,987	2,867	2,553	2,898
Επιχορηγήσεις / Πληθυσμός (S/P)	204,949	275,017	188,275	267,962
Ίδια έσοδα / Πληθυσμός (R/P)	214,134	245,222	224,534	239,641

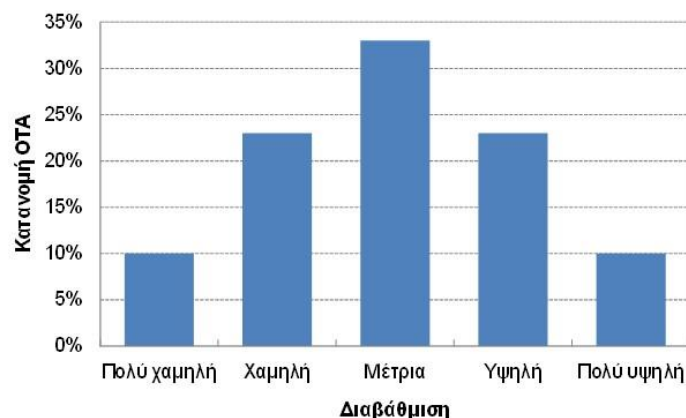
## Αποτελέσματα προσομοίωσης (10.000 σενάρια)





## Διαβάθμιση (rating) των ΟΤΑ

- Σε κάθε σενάριο της διαδικασίας προσομοίωσης οι ΟΤΑ ταξινομούνται (σε σχετικούς όρους) σε 5 κατηγορίες με βάση τη συνολική τους αξία



- Συνολικά, κάθε ΟΤΑ ταξινομείται στη συχνότερη κατηγορία

## Ευστάθεια διαβαθμίσεων & συνολική αξιολόγηση

		Διαβάθμιση στα επιμέρους σενάρια				
		Πολύ υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Πολύ χαμηλή
Συνολική ταξινόμηση	Πολύ υψηλή	63,57	25,31	7,40	0,98	0,00
	Υψηλή	11,86	57,34	27,56	3,23	0,01
	Μέτρια	0,28	18,40	60,61	20,60	0,11
	Χαμηλή	0,04	2,21	26,54	58,55	12,65
	Πολύ χαμηλή	0,05	0,51	4,53	20,39	74,52

- Η συνολική ταξινόμηση ταυτίζεται με τα αποτελέσματα των σεναρίων σε ποσοστά 57 – 74%
- Οι αποκλίσεις αφορούν «γειτονικές» κατηγορίες και σε λίγες μόνο περιπτώσεις υπερβαίνουν τις δύο τάξεις

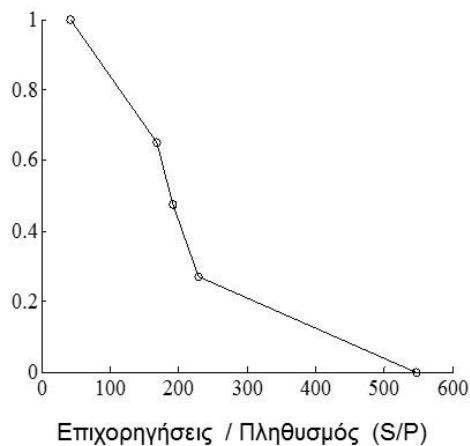
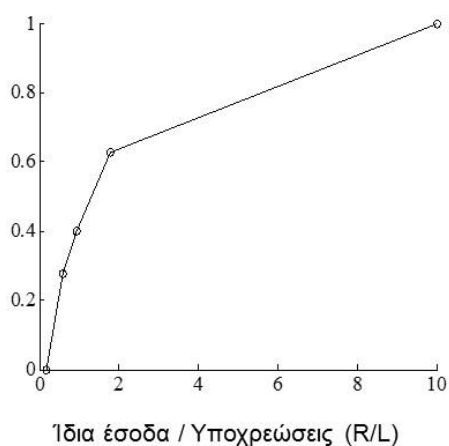
## ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ

	Επίδοση	Αξία	L/A	R/L	STL/R	OE/R	S/P	R/P
ΜΟ	Πολύ υψηλή	0,73	0,06	5,46	0,20	1,80	194,93	432,03
	Υψηλή	0,60	0,09	2,23	0,36	2,23	197,58	273,81
	Μέτρια	0,46	0,15	1,18	0,60	2,74	205,39	196,17
	Χαμηλή	0,29	0,17	0,61	1,04	3,78	206,90	122,67
	Πολύ χαμηλή	0,17	0,17	0,33	2,03	5,15	226,74	79,98
Διάμεσος	Πολύ υψηλή	0,73	0,04	4,44	0,19	1,55	174,91	370,89
	Υψηλή	0,60	0,08	1,81	0,34	1,98	182,42	242,52
	Μέτρια	0,45	0,10	0,93	0,56	2,50	191,70	169,33
	Χαμηλή	0,30	0,13	0,54	0,96	3,33	202,19	112,92
	Πολύ χαμηλή	0,18	0,16	0,32	2,07	4,95	230,49	80,41

Υπάρχει μονότονη σχέση όλων των κριτηρίων με την ταξινόμηση των ΟΤΑ

## Μοντέλο αξιολόγησης

$$V(\mathbf{x}) = 0,130v_1(L/A) + 0,246v_2(R/L) + 0,162v_3(STL/R) + 0,144v_4(OE/R) + 0,172v_5(S/P) + 0,146v_6(R/P)$$





## Εφαρμογή σε μελλοντικά δεδομένα

		2009				
		Πολύ υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Πολύ χαμηλή
2007	Πολύ υψηλή	41,7	50,0	8,3	0,0	0,0
	Υψηλή	4,3	34,8	52,2	8,7	0,0
	Μέτρια	0,0	2,5	45,0	50,0	2,5
	Χαμηλή	0,0	0,0	9,5	47,6	42,9
	Πολύ χαμηλή	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0

- Οι υποβαθμίσεις είναι σημαντικά περισσότερες από τις αναβαθμίσεις
- Οι μετακινήσεις αφορούν κυρίως «γειτονικές» βαθμίδες και σε καμία περίπτωση δεν υπερβαίνουν τις δύο τάξεις
- Σύγκριση με το δείκτη υποχρεώσεις / συνολικά έσοδα (L/TR):
  - Μείωση στο 50% το 2009 από 57% το 2007
  - Μόνο δύο ΟΤΑ με L/TR<60% το 2007 εμφανίζονται «αφερέγγυοι» το 2009 (L/TR>60%) έναντι 14 «αναβαθμίσεων» (ΟΤΑ με L/TR>60% το 2007 και L/TR<60% το 2009)

## Συμπεράσματα και προοπτικές

- Αποτελεσματική εφαρμογή μιας πολυκριτήριας μεθοδολογίας για την ανάπτυξη ενός εύχρηστου μοντέλου αξιολόγησης της χρηματοοικονομικής βιωσιμότητας των ΟΤΑ
- Έλεγχος του μοντέλου σε σχέση με τα δεδομένα και τη διαχρονική πορεία των ΟΤΑ
- Το μοντέλο μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο στα πλαίσια λήψης αποφάσεων
- Η προτεινόμενη μεθοδολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλα παρόμοια προβλήματα αξιολόγησης
- Ερευνητικές προοπτικές:
  - Χρονική επέκταση της ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψη τα νέα δεδομένα στον χάρτη της τοπικής αυτοδιοίκησης
  - Συγκριτική αξιολόγηση σε σχέση με άλλες χώρες κυρίως από την ΕΕ
  - Ανάλυση της αποδοτικότητας των ΟΤΑ σε σχέση με την αξιοποίηση των μέσων που διαθέτουν και των υπηρεσιών που παρέχουν



# Towards Robust Clustering of Event Logs

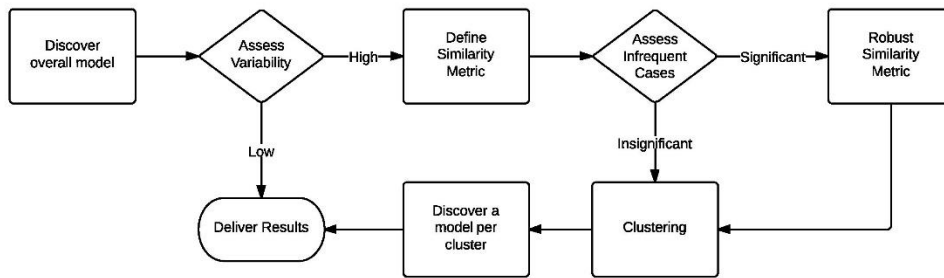
Pavlos Delias<sup>1</sup> Michael Doumpos<sup>2</sup> Evangelos  
Griqoroudis<sup>2</sup> Nikolaos Matsatsinis<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eastern Macedonia & Thrace Institute of Technology

<sup>2</sup> DPEM, Technical University of Crete

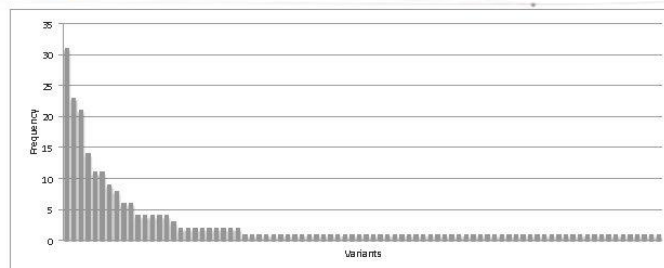
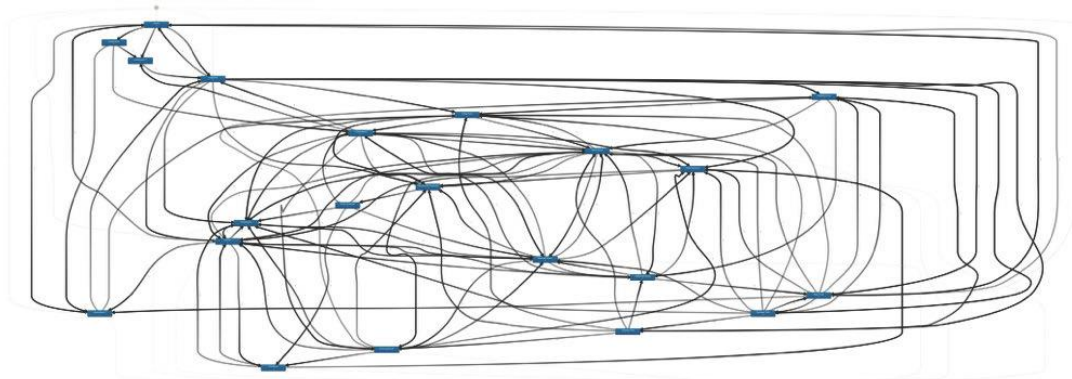
## Motivation

- Process Mining Value Proposition
  - Anticipate the processes as they are (and not as an inventive impression may suggest)
  - Back up their hypotheses with evidence (and not just describe them based on hunch)
- Relegate the effect of infrequent behaviours (without ignoring them)



# Proposed Methodology

How to support the management decisions



## Discover overall model

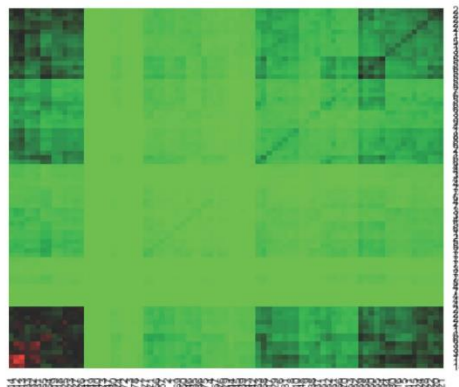
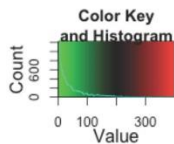
Flow diversity is evident!

# Define a Similarity Metric

$$sim_{activities}(T_i, T_j) = \frac{a(i) \cdot a(j)}{|a(i)||a(j)|} = \frac{\sum_k a_k(i) \times a_k(j)}{\sqrt{\sum_k a_k(i)^2 \times \sum_k a_k(j)^2}}$$

$$sim_{transitions}(T_i, T_j) = \frac{t(i) \cdot t(j)}{|t(i)||t(j)|} = \frac{\sum_k t_k(i) \times t_k(j)}{\sqrt{\sum_k t_k(i)^2 \times \sum_k t_k(j)^2}}$$

## Robust Similarity



- Noise and outliers in data (isolated traces)
- the  $\varepsilon$ -neighborhood concept (a locality technique to promote crowded areas)

$$l_i = \sum_{j \in \mathcal{N}_i} s_{ij}$$

$$s'_{ij} = s_{ij} l_i l_j$$

# Plotting the eigenvalues of the generalized eigenproblem

- Degree Matrix D  $d_i = \sum_j s_{ij}$

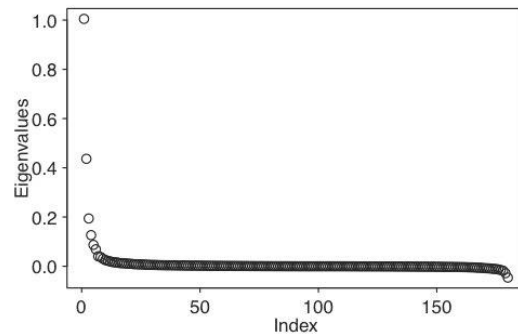
$$D = \text{diag}\{d_1, \dots, d_n\}$$

- Laplacian matrix L

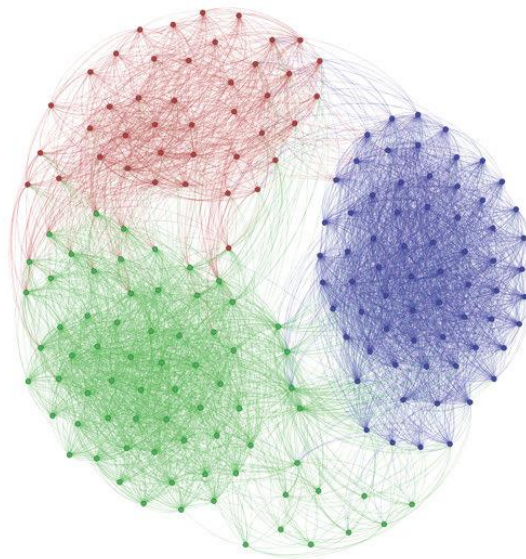
(unnormalized)  $L = D - S$

- Largest eigenvectors

matrix U  $Lu = \lambda Du$



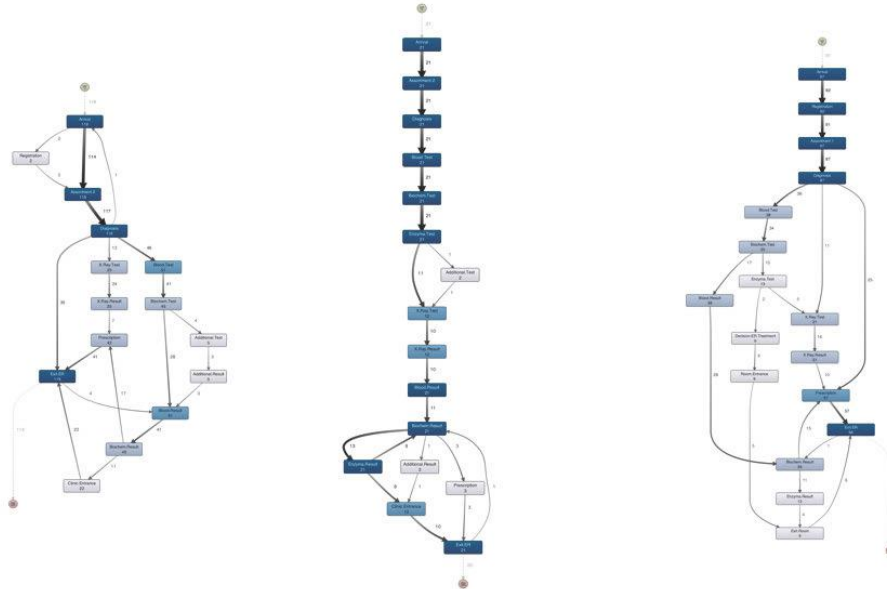
- Kmeans on U  $U \in \mathbb{R}^{n \times k}$



## Spectral Clustering Results

Graph Visualization (Coloring according to cluster membership)





Discover a model per cluster

## Complexity and Coupling metrics

- The **Control-Flow-Complexity** (CFC) metric evaluates the complexity introduced in a process by the presence of XOR-split, OR-split, and AND-split constructs
- The **Structuredness** metric that recognises different kinds of structures (basic patterns, such as sequence, choice, iteration, etc.) and scores each structure by giving it some “penalty” value
- **Density** ultimately measures the number of interconnections among the activities of the model and has been found to be tightly connected with process models errors



# Comparisons

Technique	CFC	Structuredness	Density
Robust-Spectral	<b>250</b>	642	<b>0.165</b>
Agglomerative	389	1267	0.169
k-means	307	831	0.167
EM	1258	<b>536</b>	0.206

## Future Work

- More complex similarity metric (deal with thresholds )
- Add guidance (supervision) to the algorithm

# Questions?

This project is implemented through the Operational Program "Education and Lifelong Learning" and is co-financed by the European Union (European Social Fund) and Greek national funds (National Strategic Reference Framework 2007 - 2013).



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



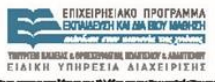
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΣΠΑ  
2007-2013  
Επένδυση για ανάπτυξη





## Διαχείριση Πόρων και Διαδικασιών σε Νοσηλευτικούς Οργανισμούς με Χρήση Μεθόδων Πολυκριτήριας Ανάλυσης και Προσομοίωσης

Π. Μανωλιτζάς, Ν. Ματσασίνης  
Εργαστήριο Σχεδιασμού & Ανάπτυξης Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων  
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης  
Πολυτεχνείο Κρήτης



### Αλλαγή λειτουργίας των Νοσοκομειακών Οργανισμών

- Αλλαγή πολιτικής καθώς και του ρόλου των νοσοκομείων με την **μείωση των νοσοκομειακών μονάδων**, την ενίσχυση θεσμών όπως ο **οικογενειακός γιατρός** καθώς και της **πρωτοβάθμιας φροντίδας υγείας**.
- Σύμφωνα με τα στοιχεία του παγκόσμιου οργανισμού υγείας τη δεκαετία 1998 έως 2008 υπήρξε κατά μέσο όρο μία **μείωση της τάξης του 6%** των νοσηλευτικών μονάδων.
- Σύμφωνα με στοιχεία του HOPE (2011) την περίοδο 1998-2008 παρατηρήθηκε **μείωση των κλινών των νοσοκομείων κατά 18%**. Η μείωση των κλινών βραχείας νοσηλείας σχετίζεται με την εφαρμογή **νέων μεθόδων θεραπείας** καθώς και της εισαγωγής **νέων τεχνολογιών στις επεμβατικές θεραπείες** με σκοπό τη ταχεία αποκατάσταση του ασθενή.
- **Αύξηση των εισαγωγών** στα Ελληνικά Νοσοκομεία κατά 24% την περίοδο 2009-2011.
- **Δείκτης ανεκπλήρωτων αναγκών** για ιατρική κάλυψη (Θέση Ελλάδας 4<sup>η</sup>-Ποσοστό 7,3%)
- **Αξιολόγηση Υγειονομικού Συστήματος**- Ευρωβαρόμετρο 2010, 77% χαρακτηρίζει το σύστημα υγείας το χειρότερο σε σχέση με τα συστήματα υγείας των 28 κρατών μελών της ΕΕ.
- **Αυξημένος Αριθμός Ιατρικού Προσωπικού** σε σχέση με τα κράτη μέλη της ΕΕ. ( 614/100.000 κατοίκους)



## ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΕΠ

- Οι Eskandari et al. 2011, χαρακτηρίζουν το ΤΕΠ ως υγειονομική μονάδα παροχής φροντίδας υγείας, ειδικευμένη στο να παρέχει υπηρεσίες υγείας σε ασθενείς με σοβαρά προβλήματα υγείας οι οποίοι προσέρχονται για θεραπεία χωρίς κάποιο προγραμματισμένο ραντεβού με το δικό τους μέσο, συγγενών ή με ασθενοφόρο.
- Ο συνωστισμός αποτελεί μία κατάσταση όπου η λειτουργία του ΤΕΠ παρεμποδίζεται καθώς **ο αριθμός των ασθενών** που βρίσκεται σε **αναμονή** για να εξετασθεί, **ο αριθμός των ασθενών που εξετάζεται** καθώς αυτών που αναμένει να πάρει εξιτήριο υπερβαίνει τη χωρητικότητα αλλά και τον αριθμό του προσωπικού του ΤΕΠ. (Κολλέγιο Επείγουσας Ιατρικής της Αυστραλίας, 2004)
- Αποτελεί φαινόμενο όπου η **αβεβαιότητα για χρήση ιατρικών υπηρεσιών** προκαλεί περιορισμό και **έλλειψη πόρων στο ΤΕΠ** και κατ' επέκταση στο νοσοκομείο. (Αμερικάνικο Κολλέγιο Γιατρών Επείγουσας Ιατρικής, 2006)
- Ο συνωστισμός αναφέρεται στην **αθρόα επισκεψιμότητα** ασθενών στο ΤΕΠ η οποία προκαλεί **έλλειψη πόρων για τη διενέργεια εξετάσεων** και περίθαλψης ενώ πολλές φορές η διάγνωση και η θεραπεία λαμβάνει χώρα στους διαδρόμους του ΤΕΠ. (Trzeciak & Rivers, 2003)



### Αιτίες Εμφάνισης Φαινομένου Συνωστισμού





## Δράσεις για την αντιμετώπιση του φαινομένου του συνωστισμού

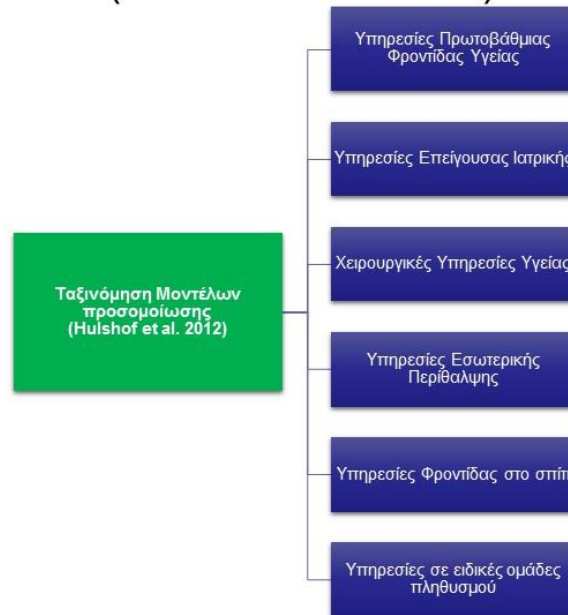


### Εννοιολογική Προσέγγιση Προσομοίωσης

- **Μοντέλο:** Η προσομοίωση αποτελεί μοντέλο το οποίο αναλύει πώς ένα σύστημα λειτουργεί ή πώς θα μπορούσε να λειτουργήσει
- **Εργαλείο:** Η προσομοίωση αποτελεί εργαλείο με το οποίο αναλύεται η απόδοση ενός Τμήματος Επειγόντων Περιστατικών, καθώς παρέχει τη δυνατότητα να αξιολογηθεί η επίδραση των αποφάσεων στην λειτουργία του τμήματος
- **Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων:** Αποτελεί μεθοδολογία η οποία ενισχύει τη λήψη αποφάσεων σε θέματα που σχετίζονται με την αναδιοργάνωση των υπηρεσιών καθώς και για την εξεύρεση του κατάλληλου μείγματος πολιτικών λαμβανομένου υπόψη του κόστους και της ποιότητας των υπηρεσιών.



## Ταξινόμηση Μοντέλων Προσομοίωσης (Hulshof et al. 2012)



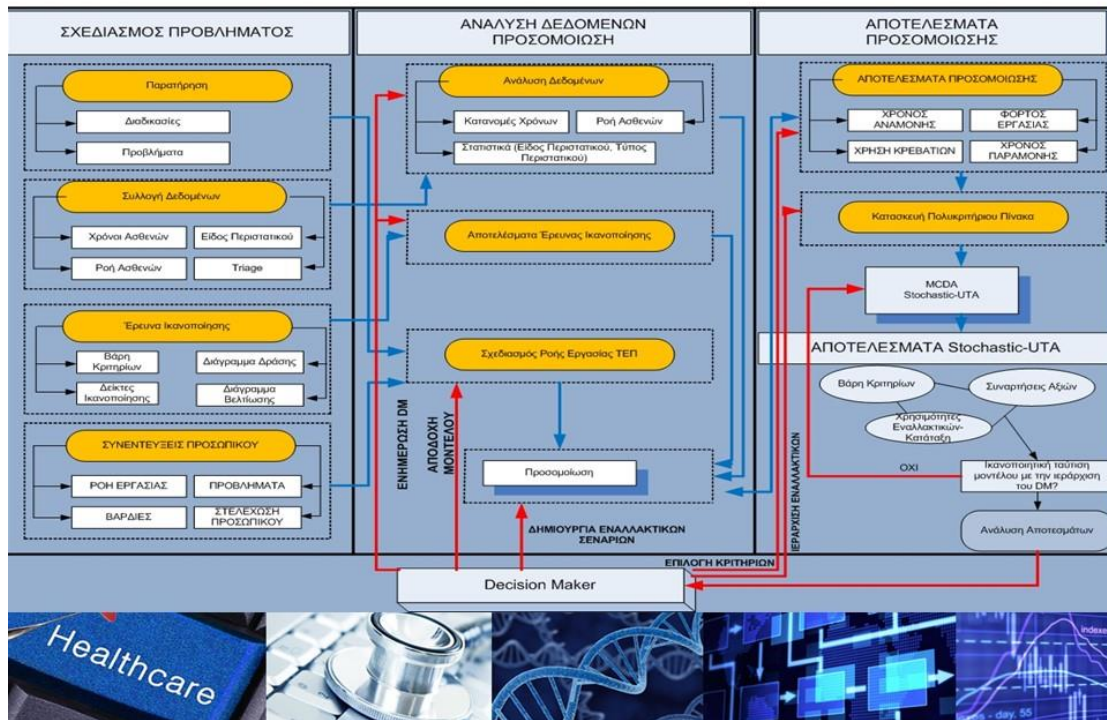
### Ανάπτυξη Μεθοδολογιών για τη βελτίωση των υπηρεσιών των υγειονομικών οργανισμών

Συγγραφείς	Simulation	Balanced Score Card	Multiple Criteria Analysis	DEA	Satisfaction	Lean Management
<b>Ghigeroudis et al. 2012</b>	-	•	•	-	-	-
Ismail et al. 2010	•	-	•	-	-	-
Abo-Hamad & Arisha, 2013	•	•	•	-	-	-
Abo-Hamad & Arisha, 2012	•	•	•	-	-	-
<b>Wang et al. 2011</b>	•	-	-	•	-	-
Amaral & Costa, 2014	-	-	•	-	-	-
<b>Eskandari et al. 2011</b>	•	-	•	-	-	-
<b>Robinson et al. 2012</b>	•	-	-	-	-	•





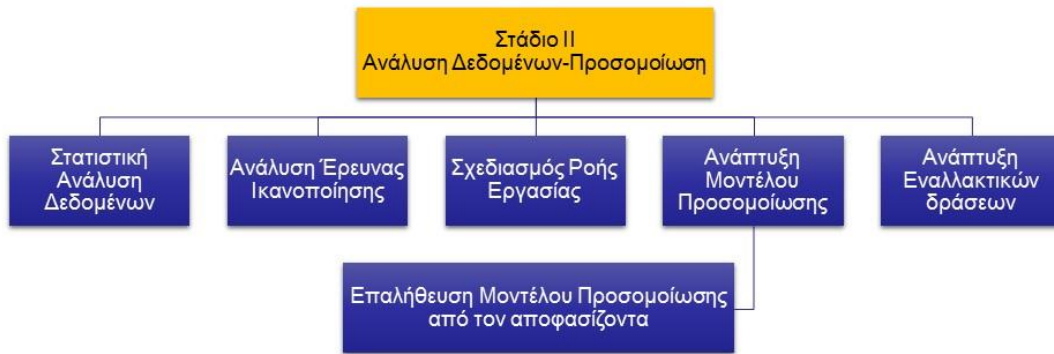
# Μεθοδολογία MEDUTA



## MEDUTA-Στάδιο I



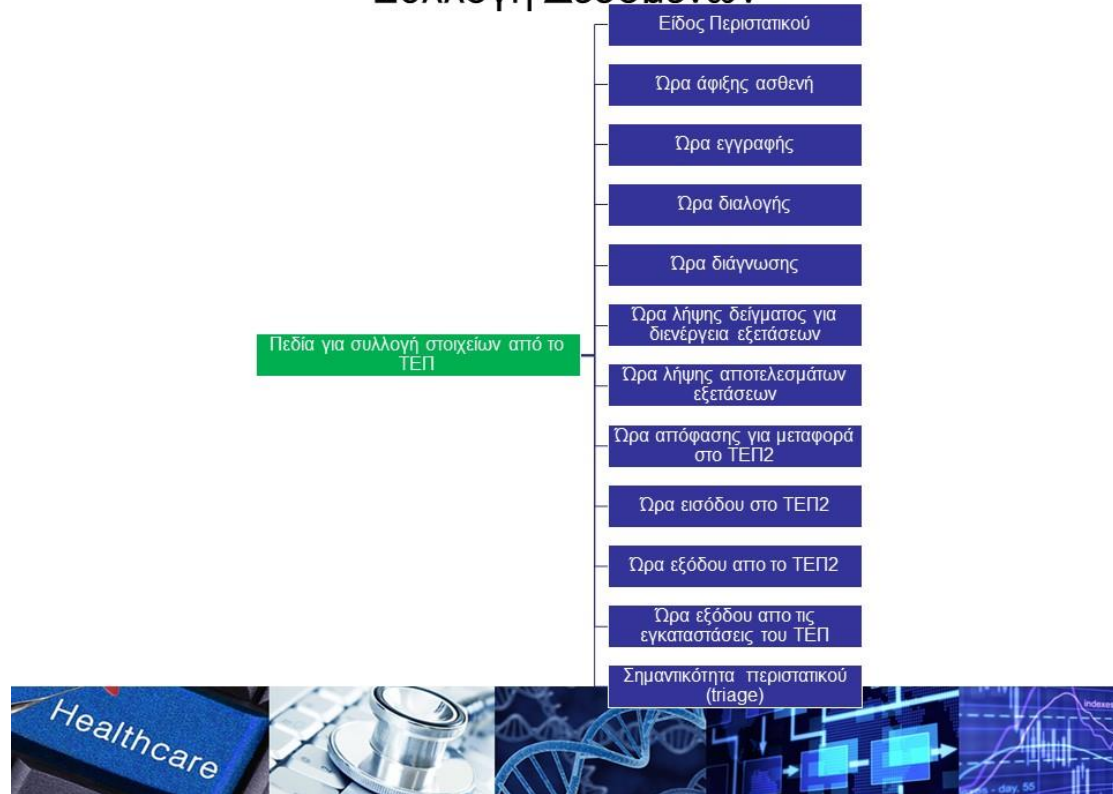
## MEDUTA-Στάδιο II



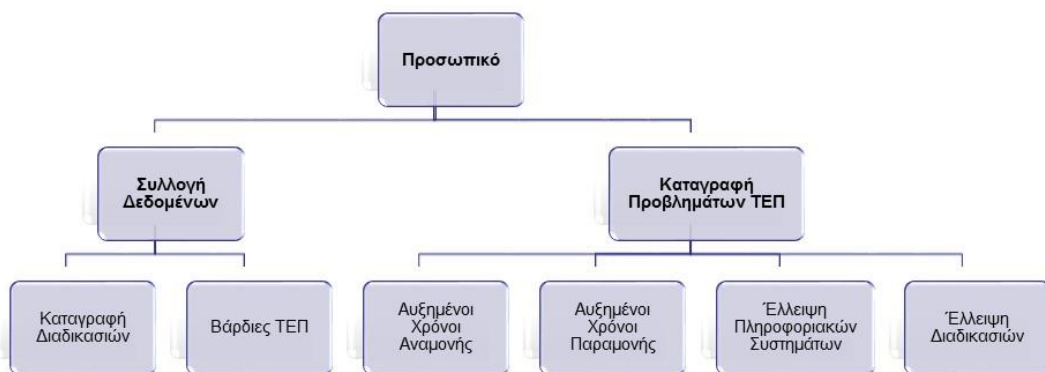
## MEDUTA-Στάδιο III



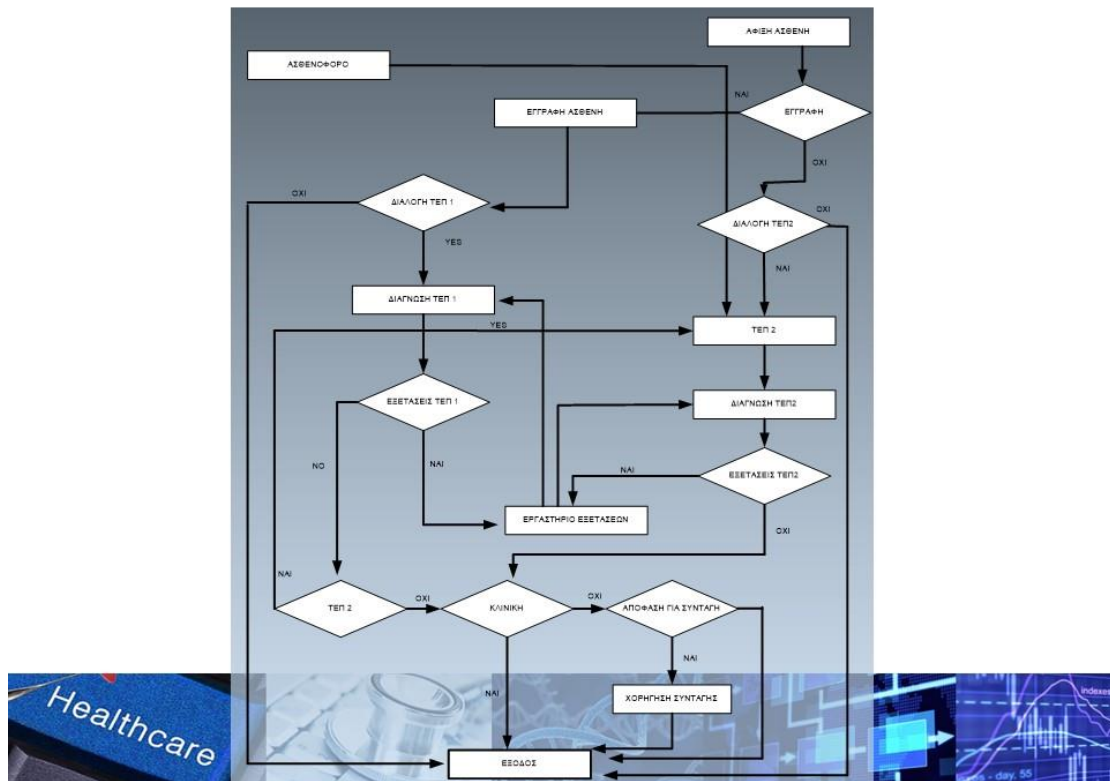
## Συλλογή Δεδομένων



## Συλλογή δεδομένων-καταγραφή προβλημάτων από το προσωπικό



## Ροή Εργασίας



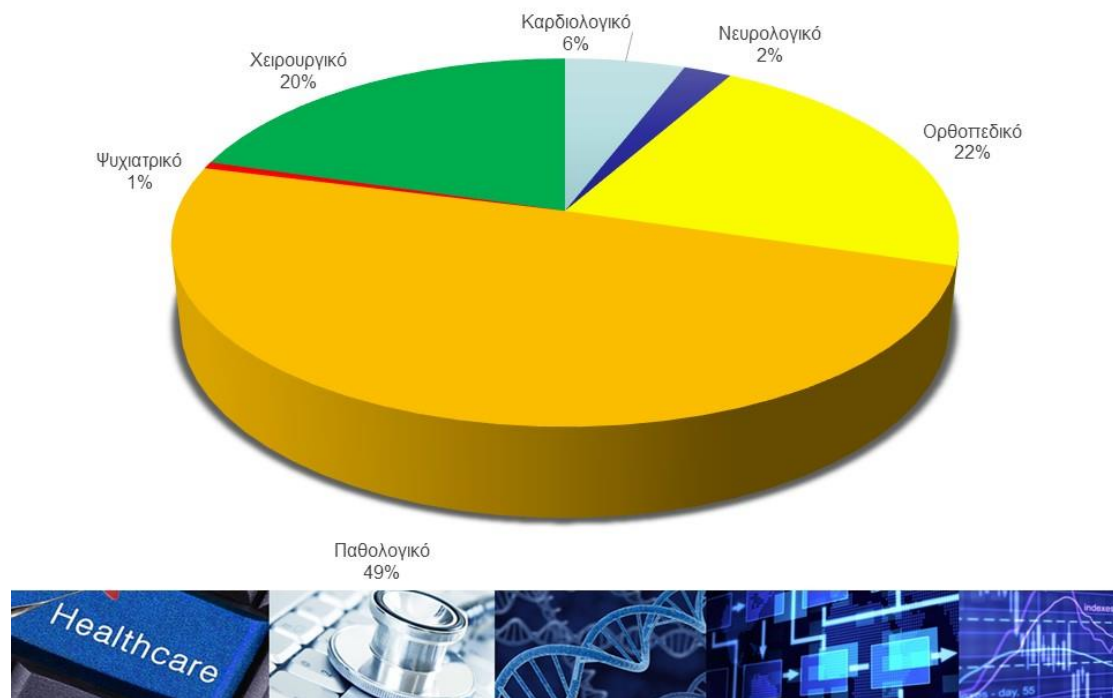
## Βάρδιες ΤΕΠ

	Ιατρικό Προσωπικό	Νοσηλευτικό Προσωπικό	Διοικητικό Προσωπικό
<b>ΤΕΠ1 (ED1)</b>			
07:00-15:00	2	1	1
15:00-23:00	2	1	1
<b>ΤΕΠ2 (ED2)</b>			
07:00-15:00	4	4	1
15:00-23:00	4	4	1
23:00-07:00	4	3	-

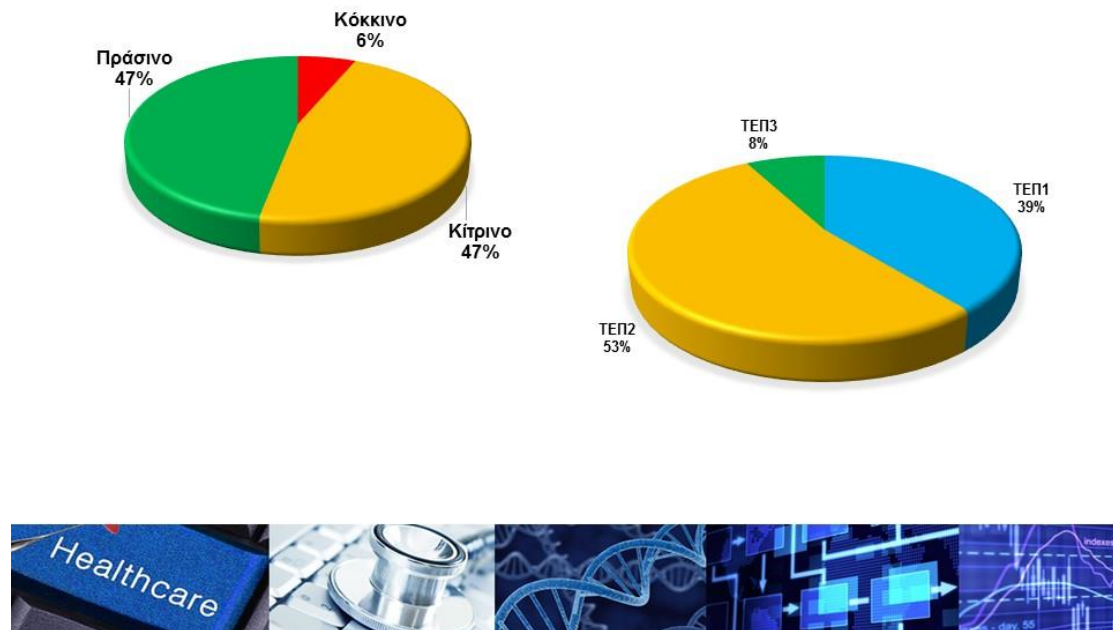




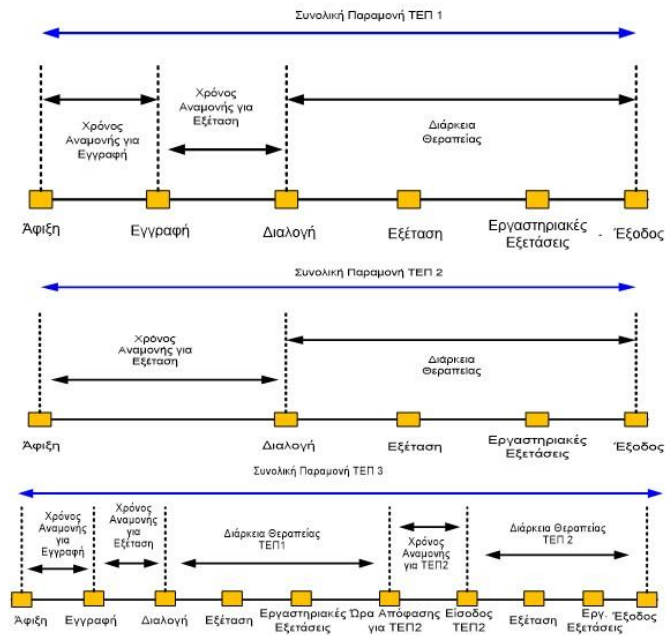
## Ποσοστό Ασθενών ανά είδος περιστατικού



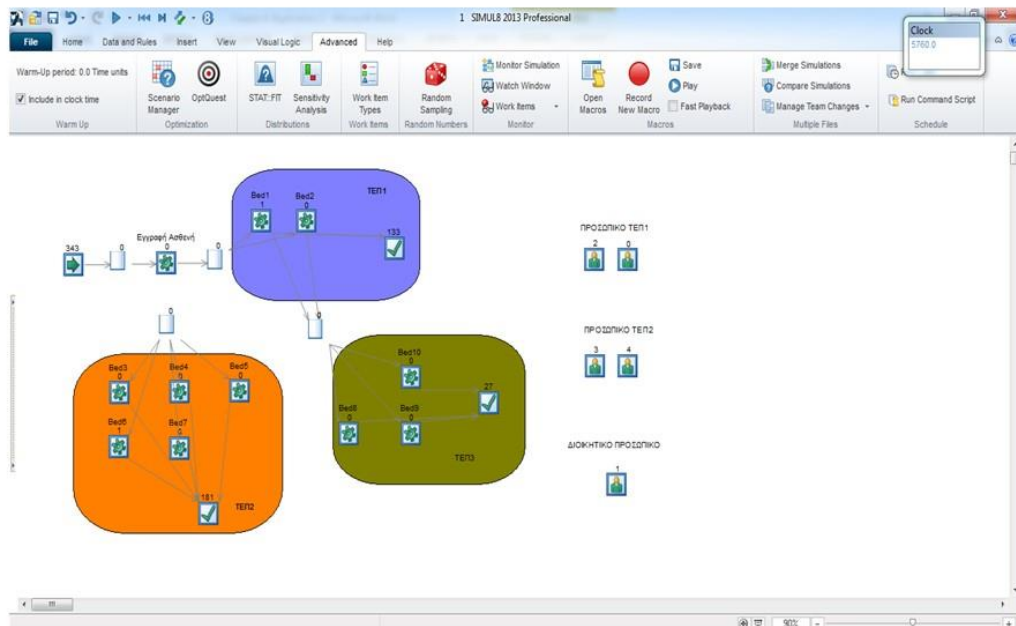
## Ποσοστό Ασθενών ανά είδος Περιστατικού-Μονάδα ΤΕΠ



## Υπολογισμός Χρόνων ανά Επιχειρησιακή Μονάδα ΤΕΠ



## Μοντέλο Προσομοίωσης



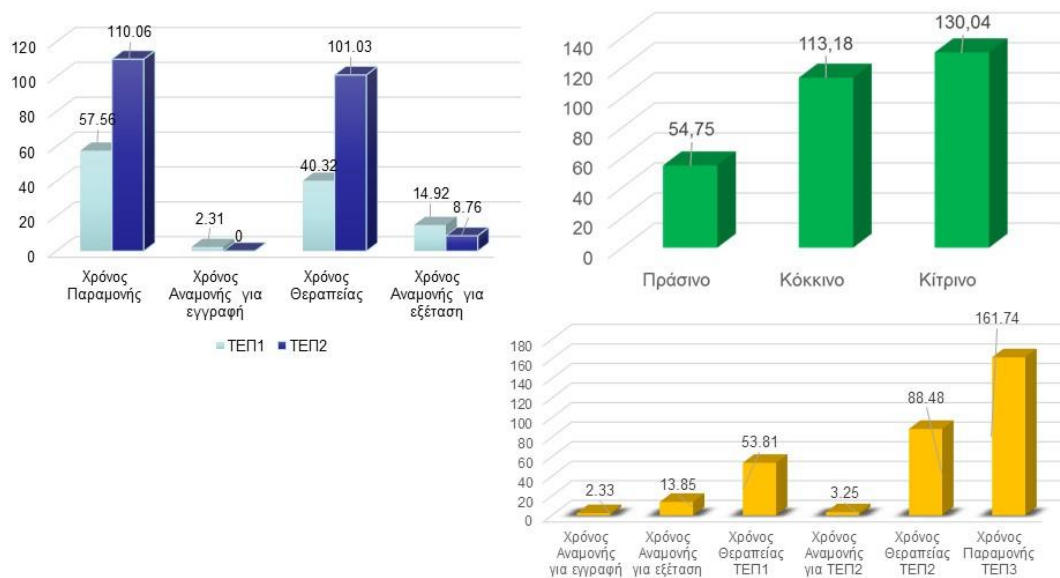


## Ανάθεση Εργασιών

Κωδικοποίηση Κρεβατιού	Εξετάσεις	Χωρίς Εξετάσεις
<b>ΤΕΠ 1</b>		
Bed 1	•	
Bed 2		•
<b>ΤΕΠ 2</b>		
Bed 3		•
Bed 4	•	
Bed 5	•	
Bed 6	•	
Bed 7	•	
<b>ΤΕΠ 3</b>		
Bed 8	•	
Bed 9	•	
Bed 10	•	



## Χρόνοι στις Επιχειρησιακές Μονάδες του ΤΕΠ



## Κατανομές για τους Σταθμούς Εργασίας

Κλίνη (Σταθμός εργασίας)	Κατανομή
Κλίνη 1	Pearson 6
Κλίνη 2	Pearson 5
Κλίνη 3	Weibull
Κλίνη 4	Pearson 5
Κλίνη 5	Pearson 5
Κλίνη 6	Pearson 5
Κλίνη 7	Pearson 5
Κλίνη 8	Beta
Κλίνη 9	Beta
Κλίνη 10	Beta

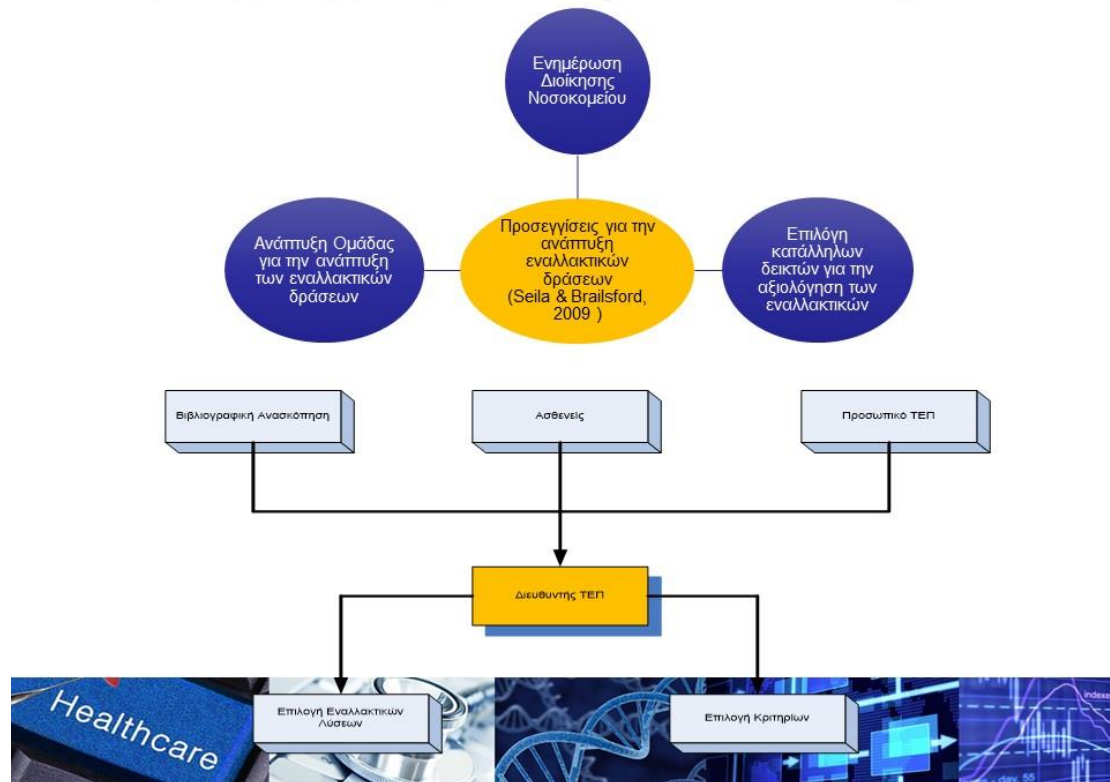


## Αξιολόγηση Μοντέλου Προσομοίωσης

ΤΕΠ	Χρόνος Αναμονής για εξέταση	Χρόνος Αναμονής για εξέταση (Simulation)	Χρόνος Συνολικής Παραμονής	Χρόνος Συνολικής Παραμονής (Simulation)
1	14,92	14,89	57.57	52,46
2	8,76	8,73	110.07	109,04
3	3,26	3,31	161.74	176,91



## Προσεγγίσεις για την Ανάπτυξη Εναλλακτικών δράσεων



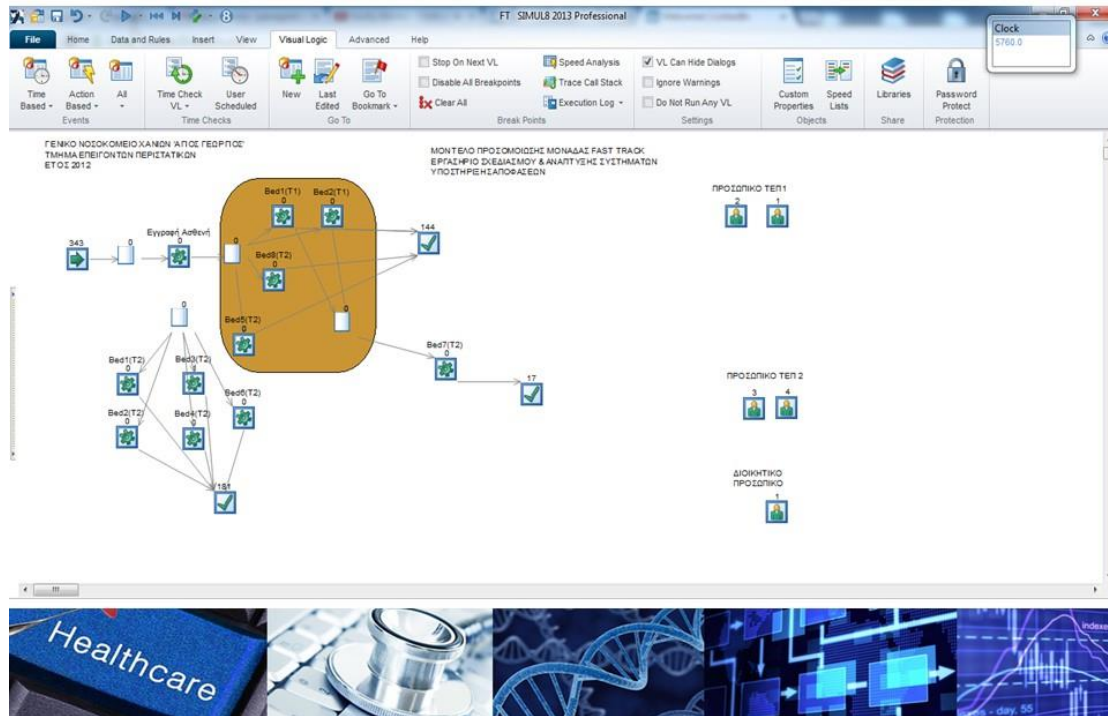
## Ανάπτυξη Σεναρίων-Κριτηρίων

A/A Σεναρίου	Περιγραφή Σεναρίου
1	Αποτύπωση Υφιστάμενης Κατάστασης ΤΕΠ
2	Αύξηση Ιατρικού Προσωπικού κατά 1 άτομο στην πρωινή και απογευματινή βάρδια του ΤΕΠ2
3	Αύξηση Νοσηλευτικού Προσωπικού κατά ένα άτομο στην πρωινή βάρδια του ΤΕΠ1 και στην πρωινή και απογευματινή βάρδια του ΤΕΠ2
4	Αύξηση Νοσηλευτικού Προσωπικού κατά 1 άτομο στις βάρδιες του ΤΕΠ1. Μείωση Ιατρικού και Νοσηλευτικού Προσωπικού κατά 1 άτομο στις βάρδιες του ΤΕΠ2.
5	Ανάπτυξη μονάδας Fast Track.
6	Ανάπτυξη μονάδας Fast Track με μείωση του ιατρικού προσωπικού κατά 1 άτομο στις βάρδιες του ΤΕΠ2.
7	Ανάπτυξη μονάδας Fast Track με μείωση του ιατρικού και νοσηλευτικού προσωπικού κατά 1 άτομο στην πρωινή και απογευματινή βάρδια του ΤΕΠ2.





## Μονάδα Fast Track

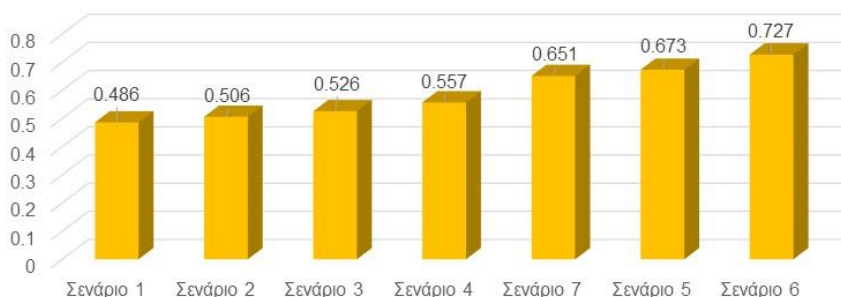


## Αποτελέσματα Προσομοίωσης

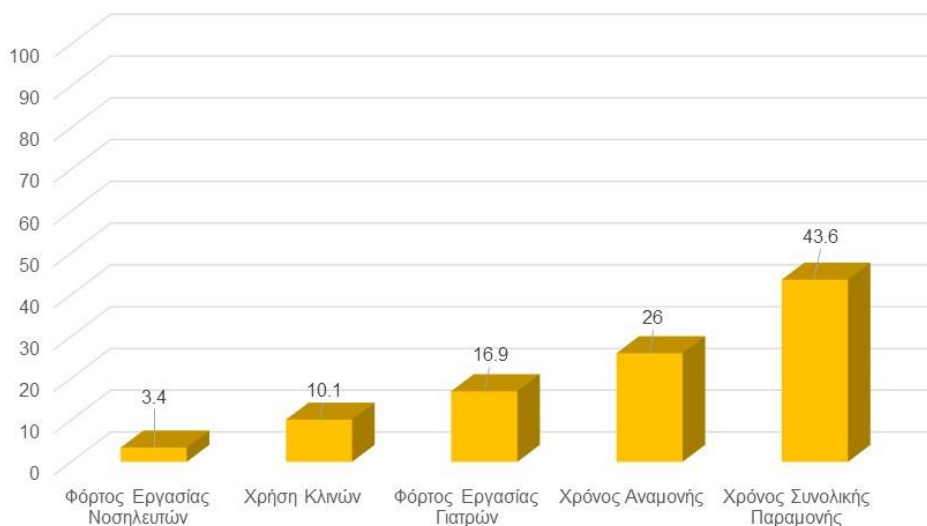
Διαστήματα	Χρόνος Αναμονής (min)				Χρόνος Συνολικής Παραμονής (min)			Φόρτος Εργασίας Γιατρών (%)			Φόρτος Εργασίας Νοσηλευτών (%)			Χρήση Κλινών (%)			
	0-20	20-40	40-60	60-80	0-100	100-200	200-300	0-33	33-66	66-100	0-33	33-66	66-100	0-25	25-50	50-75	75-100
Σημεία	10	30	50	70	50	150	250	16,5	50	83,5	16,5	50	83,5	12,5	37,5	62,5	87,5
Σενάριο 1	96.9	3.1	0.0	0.0	35.0	62.3	2.8	28.4	71.6	0.0	0	100	0	37.7	29.6	32.7	0.0
Σενάριο 2	97.2	2.8	0	0	66.1	29.8	4.1	38.5	61.5	0	0	100	0	40	52.6	7.4	0
Σενάριο 3	53.7	42.9	3.4	0.1	33.3	61.8	4.9	37.5	13.8	48.7	0	100	0	30.7	30.3	39.1	0
Σενάριο 4	86.3	13.4	0.4	0	35.9	63.9	0.2	28.4	22	49.6	0	98.9	1.1	39.3	36.3	24.4	0
Σενάριο 5	94.1	5.8	0.1	0	93.4	6.6	0	50	50	0	50	50	0	55.5	26.2	18.3	0
Σενάριο 6	93.4	6.5	0.1	0	89.1	10.9	0	48	8.6	43.4	50	50	0	60	27.6	13.3	0
Σενάριο 7	71.6	25.7	2.4	0.2	66.7	33.3	0	28.5	23.1	48.5	50	49.6	0.4	59.9	20.2	19.9	0

### Βαθμολογία Εναλλακτικών Δράσεων

Σενάρια	Κατάταξη Σεναρίων	Κατάταξη MEDUTA	Αξία
Σενάριο 1	7	7	0,486
Σενάριο 2	6	6	0,506
Σενάριο 3	5	5	0,526
Σενάριο 4	4	4	0,557
Σενάριο 5	2	2	0,673
Σενάριο 6	1	1	0,727
Σενάριο 7	3	3	0,651

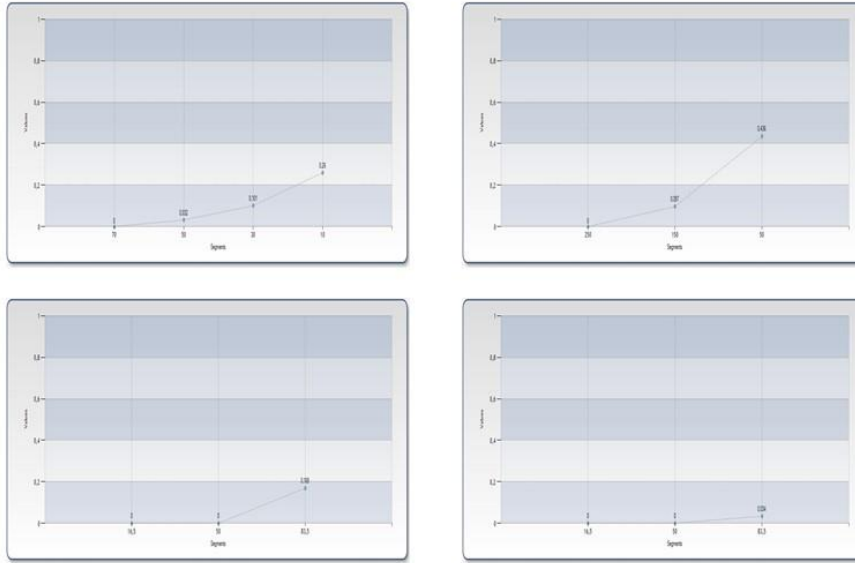


### Βάρη Κριτηρίων

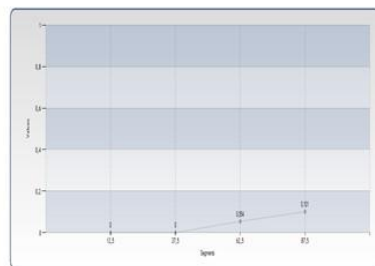




## Συναρτήσεις χρησιμότητας



## Συναρτήσεις Χρησιμότητας



## Μελλοντικές Προεκτάσεις MEDUTA

