



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανάπτυξη Διαδικτυακής Συλλογής Κωδικοποίησης
Προσβάσιμων Μαθηματικών Συμβόλων με βάση το σύστημα
Nemeth**

Δαυίδ Σ. Κουβαράς

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ : Γεώργιος Κουρουπέτρογλου, Παρασκευή Ρήγα

ΑΘΗΝΑ

Ιούνιος 2017

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάπτυξη Διαδικτυακής Συλλογής Κωδικοποίησης Προσβάσιμων Μαθηματικών Συμβόλων με βάση το σύστημα Nemeth

Δαυίδ Σ. Κουβαράς

A.M.: 1115201000196

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ: Γεώργιος Κουρουπέτρογλου, Παρασκευή Ρήγα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή ασχοληθήκαμε με το συστηματοποίηση της αναπαράστασης των μαθηματικών συμβόλων σε προσβάσιμες μορφές οι οποίες είναι κατάλληλες για άτομα με τύφλωση ή μειωμένη όραση. Συγκεκριμένα μας ενδιαφέρουν οι κωδικοποιήσεις των μαθηματικών συμβόλων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ακουστική ή/και απτική απόδοση των μαθηματικών συμβόλων μέσω κατάλληλης Υποστηρικτικής Τεχνολογίας, όπως οθόνες braille, εκτυπωτές braille ή συστήματα μετατροπής μαθηματικών σε συνθετική ομιλία . Ως βάση της εργασίας μας χρησιμοποιήσαμε τον κώδικα Nemeth που αποτελεί μία επέκταση του συστήματος braille για τα μαθηματικά, ο οποίος υποστηρίζει συμβολογραφία όλων των επιπέδων (δηλαδή από το δημοτικό σχολείο ως και ανώτερων μαθηματικών πανεπιστημιακού επιπέδου) και ο οποίος είναι ο επίσημος κώδικας μαθηματικής κωδικοποίησης braille για την Ελλάδα και τις ΗΠΑ. Οι ομάδες χρηστών που μας ενδιαφέρουν περιλαμβάνουν: α) τους δασκάλους, καθηγητές και εκπαιδευτικούς όλων των βαθμίδων που χρησιμοποιούν εκπαιδευτικό περιεχόμενο με μαθηματικά σύμβολα, β) τους μαθητές, φοιτητές θετικών επιστημών με απώλεια όρασης ή και άλλους χρήστες τους (π.χ. τυφλούς καθηγητές μαθηματικών) και γ) του επαγγελματίες που ασχολούνται με την παραγωγή προσβάσιμων βιβλίων και συγγραμμάτων θετικών επιστημών. Ύστερα από ανάλυση των αναγκών των χρηστών, σχεδιάσαμε και αναπτύξαμε μια web-based εφαρμογή η οποία αποτελεί συλλογή κωδικοποίησης των προσβάσιμων μαθηματικών συμβόλων με βάση το σύστημα Nemeth. Η εφαρμογή υποστηρίζει εκτός από το σύστημα Nemeth και τις κωδικοποιήσεις LaTeX, MathML και Unicode και περιλαμβάνει το όνομα του κάθε μαθηματικού συμβόλου (στα Ελληνικά και Αγγλικά), την περιγραφή του (στα Ελληνικά και Αγγλικά), την κατηγοριοποίησή καθώς και την εικόνα του. Επίσης έχει τη δυνατότητα παράθεσης παραδειγμάτων χρήσης του μαθηματικού συμβόλου. Η εφαρμογή λειτουργεί στη διεύθυνση <http://access.uoa.gr/MATH/> της Μονάδας Προσβασιμότητας του Πανεπιστημίου Αθηνών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: braille, μαθηματικά σύμβολα, , LaTeX, MathML, Unicode, Nemeth

ABSTRACT

In this project, we dealt with the systemization of representing mathematical symbols in accessible forms suitable for blind and people with reduced vision accuracy. In particular, we are interested in coding the mathematical symbols that can be used for acoustic and / or tactile rendering of mathematical symbols through appropriate Assistive Technology, such as braille displays, braille printers, or math conversion systems in synthetic speech. As foundation of our project, we used the Nemeth code, an extension of the braille system for mathematics, which supports symbology of all levels (from elementary school to higher university mathematics) and which is the official code of mathematical coding braille for Greece and the USA. The groups of users we are interested in, include: a) teachers, professors, educators of all levels using mathematical educational content, b) students, visually impaired students or other users (e.g. blind teachers of Mathematics) and c) professionals engaged in the production of books and science manuals. After the analysis of users' needs, we designed and developed a web-based application which is a collection of accessible mathematical symbols based on the Nemeth system. This application supports not only Nemeth, but also LaTeX, MathML and Unicode and the name of each mathematical symbol (in Greek and English), its description (in Greek and English), its categorization as well as its image. It is also possible to give examples of use of the mathematical symbol. The application works at <http://access.uoa.gr/MATH/> of the Accessibility Unit of the University of Athens.

KEYWORDS : braille, mathematic symbols , LaTeX, MathML, Unicode, Nemeth

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για τη διεκπεραίωση της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα, Βιβή Ρήγα για την καλή μας συνεργασία καθώς και τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Κουρουπέτρογλου. Κυρίως όμως θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου που με στηρίζουν όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1 Το πρόβλημα	10
1.2 Οι εργασίες που έπρεπε να γίνουν	11
2. ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ.....	12
2.1 Απτική Αναπαράσταση Μαθηματικών - Σύστημα Nemeth	12
2.1.1 Κώδικας braille	12
2.1.2 Κώδικας Nemeth	13
2.2 Ακουστική Αναπαράσταση Μαθηματικών	14
2.2.1 Εργαλεία Ακουστικής Πρόσβασης στα Μαθηματικά	14
2.3 Οπτική Αναπαράσταση Μαθηματικών	15
2.3.1 Κώδικες Οπτικής Αναπαράστασης Μαθηματικών	16
2.3.2 Εργαλεία Μετατροπής Μαθηματικών από Οπτική Μορφή	20
3. ΟΜΑΔΕΣ ΧΡΗΣΤΩΝ.....	23
3.1 Δάσκαλοι και Εκπαιδευτικοί Θετικών Επιστημών Ειδικής Αγωγής.....	23
3.2 Μαθητές και Φοιτητές με Απώλεια Όρασης.....	23
3.3 Γονείς ή Κηδεμόνες Ατόμων με Απώλεια Όρασης	23
3.4 Εξειδικευμένοι Χρήστες με Ενδιαφέρον στην Προσβασιμότητα Επιστημονικού Υλικού.....	24
4. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ.....	26
4.1 Συγκέντρωση Πληροφορίας.....	26
4.2 Ενδιάμεσο Μέσο Αποθήκευσης	26
4.3 Κατηγοριοποίηση Πληροφορίας	30

4.4 Στοιχεία για επέκταση.....	31
5. Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	32
5.1 Επιλογή εργαλείου ανάπτυξης	32
5.1.1 WordPress	32
5.1.2 Drupal.....	32
5.1.3 Joomla.....	32
5.2 Σχεδίαση Διεπαφής Χρήστη.....	34
5.2.1 Αρχική σελίδα.....	34
5.2.2 Λίστα	35
5.3 Εισαγωγή Πληροφορίας.....	35
5.3.1 Πληροφορίες προϊόντος	35
5.3.2 Πεδία	36
5.3.3 Υποχρεωτικά πεδία	36
5.3.4 Επιπλέον πεδία.....	37
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	38
ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ	39
ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	41
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	42

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Βιβλίο Nemeth	26
Εικόνα 2.Αγγλικά	27
Εικόνα 3.Ελληνικά	28
Εικόνα 4.Αγγλικά, Ελληνικά, braille	28
Εικόνα 6: LaTeX.....	28
Εικόνα 7 . Unicode.....	29
Εικόνα 8. Mathml.....	30
Εικόνα 5. Κατηγορία	31
Εικόνα 9. Joomla	33
Εικόνα 11. Virtuemart	34
Εικόνα 10. Αρχική Σελίδα	34
Εικόνα 16. Λίστα.....	35
Εικόνα 12. Πληροφορίες προϊόντος.....	36
Εικόνα 13. Υποχρεωτικά πεδία, Επιπλέον πεδία	36
Εικόνα 14. Υποχρεωτικά πεδία.....	37
Εικόνα 15. Επιπλέον πεδία.....	37

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία διεκπεραιώθηκε στη Αθήνα τα έτη 2016-2017 όπου με την υποστήριξη των επιβλεπόντων και την εξαιρετική μας συνεργασία φτάσαμε σε αυτό το αποτέλεσμα. Ο τόπος που διεξήχθη η εργασία δεν ήταν σταθερός. Το αναγνωστήριο όμως του Τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών είναι σίγουρα ένας χώρος αξιοποιήσιμος και κατάλληλος για μελέτη και δουλειά, λόγω των συνθηκών που επικρατούν εκεί.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Το πρόβλημα

Τα αποτελέσματα προσφάτων επιδημιολογικών μελετών δείχνουν ότι ο αριθμός των ατόμων με προβλήματα όρασης παγκοσμίως ανέρχεται σε περίπου 285 εκατομμύρια. Από αυτούς, τα 246 εκατομμύρια έχουν χαμηλή όραση και τα 39 υπολογίζεται ότι είναι τυφλοί. Στην Ελλάδα, οι εκτιμήσεις είναι 21.000 τυφλοί για το 1990, ενώ οι τυφλοί που έχουν καταγραφεί στον νομό Θεσσαλονίκης είναι 1031 (περίπου 1% του συνολικού πληθυσμού).

Το διαδίκτυο είναι ένας χώρος όπου μπορείς να βρεις πληροφορίες σχεδόν για οποιοδήποτε θέμα. Ωστόσο, υπάρχουν φορές που η πληροφορία την οποία ζητάει κάποιος δεν είναι συγκεντρωμένη ή ακόμα και σωστά κατηγοριοποιημένη. Πολλές φορές επίσης είναι τόσο διασκορπισμένη ώστε ο χρήστης να μην μπορεί καν να την βρει και άρα να τη συλλέξει. Το πρόβλημα όπου εστιάζουμε είναι οι μαθηματικοί κώδικες και πιο συγκεκριμένα οι κώδικες με τους οποίους μπορούν να έχουν τα άτομα με μειωμένη όραση ή τύφλωση, πρόσβαση στα μαθηματικά. Ο τρόπος που μπορεί να λάβει ένα άτομο με απώλεια όρασης οπτική πληροφορία είναι είτε απτικός ή ακουστικός. Άρα, το σύνολο της συμβολογραφίας που συναντάται στα μαθηματικά εγχειρίδια και σε άλλες μαθηματικές πηγές και αποδίδεται γραφικά (δηλ. οπτικά), θα πρέπει να αποδοθεί είτε απτικά ή ακουστικά ώστε να γίνει αντιληπτό. Μετά από διεξοδική αναζήτηση της βιβλιογραφίας και του Διαδικτύου καταλήξαμε στο ότι δεν υπάρχει κάπου συγκεντρωμένη η πληροφορία μεταφοράς από τον ένα κώδικα αναπαράστασης μαθηματικών (οπτικό) στον άλλο (απτικό ή ακουστικό). Αν και υπάρχουν συστήματα μετατροπής, οι πίνακες μετάπτωσης από σύμβολα του A κώδικα σε σύμβολα του B κώδικα δεν είναι διαθέσιμοι. Επίσης, η οπτική αναπαράσταση μπορεί με τη σειρά της να ανήκει σε διαφορετικούς κώδικες, οι οποίοι θα πρέπει να “μεταφράζονται” στους υπόλοιπους, ανάλογα με το σκοπό κάθε φορά της μετάπτωσης. Έχοντας ως αφετηρία τον κώδικα Nemeth ^[68, 18], που είναι ο επίσημος κώδικας μαθηματικής κωδικοποίησης braille για την Ελλάδα, αναπτύξαμε μια web-based εφαρμογή η οποία θα αποτελεί εργαλείο για οποιονδήποτε θέλει να μεταβεί από τον ένα

προσβάσιμο μαθηματικό κώδικα σε έναν άλλο ή να γνωρίσει νέους προσβάσιμους κώδικες αναπαράστασης. Για την αποτελεσματικότητα της αναπαράστασης, αλλά και της αναζήτησης, επιλέξαμε μια ομαδοποίηση των μαθηματικών συμβόλων σύμφωνη με αυτή που πρότεινε ο μαθηματικός Abraham Nemeth. Το τελικό εργαλείο, θα ωφελήσει, πέρα από τα άτομα με απώλεια όρασης, και άλλες ομάδες χρηστών, όπως οι εκπαιδευτές τους, αλλά και όσους ασχολούνται με την παραγωγή προσβάσιμων βιβλίων με μαθηματικά σύμβολα.

1.2 Οι εργασίες που έπρεπε να γίνουν

Προκειμένου να αναπτύξουμε μια web based εφαρμογή μετάβασης από τον ένα μαθηματικό κώδικα στον άλλο, έπρεπε αρχικά να καταγραφούν όλες οι πληροφορίες που μπορεί να χρειαστεί κάποιος εν δυνάμει χρήστης ή μελετητής ο οποίος θέλει να χρησιμοποιήσει μαθηματικά σύμβολα. Οι πληροφορίες που αφορούν στον κώδικα Nemeth υπάρχουν αποσπασματικά σε διάφορες ηλεκτρονικές σελίδες, αλλά όχι στο πλήρες εύρος τους, κάτι που τις έκανε μάλλον δύσχρηστες και μη προσβάσιμες από τον κόσμο που τις χρειάζεται, ιδιαίτερα στην Ελλάδα. Πέρα από τον κώδικα Nemeth, που αποτέλεσε τον κώδικα βάση, έπρεπε να εντοπίσουμε τους πιο διαδεδομένους οπτικούς κώδικες, οι οποίοι μετατρέπονται σε κώδικα Nemeth με κάποιο τρόπο. Για κάθε τέτοιο κώδικα βρήκαμε τα σύμβολά του, τα οποία αποδίδει ο Nemeth. Αφού συλλέξαμε όλη αυτή την πληροφορία, στη συνέχεια έπρεπε να την κατηγοριοποιήσουμε ώστε η αποθήκευση και αναζήτησή της να γίνει πιο αποδοτική και να επιδέχεται ενημέρωση και επεκτάσεων. Μετά τη συλλογή της πληροφορίας και την κατηγοριοποίησή της, ήρθε η στιγμή της ανάπτυξης της web based εφαρμογής. Έγινε η επιλογή του κατάλληλου CMS, η σχεδίαση της διεπαφής, η ανάπτυξη, ο έλεγχος προσβασιμότητας και η εισαγωγή του περιεχομένου.

2. ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ

Η πρόσβαση στα μαθηματικά και το να ασχολείσαι με αυτά είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα για τους τυφλούς μαθητές στο σχολείο και στο πανεπιστήμιο. Από τη στιγμή που τα μαθηματικά στην κύρια μορφή τους είναι ένα οπτικό αντικείμενο, πρέπει να γίνουν κάποιες προσαρμογές ώστε να είναι προσβάσιμα από μαθητές οι οποίοι είναι τυφλοί ή ακόμα και μερικώς βλέποντες.

Στο παρόν Κεφάλαιο αναφέρουμε τους τρόπους αναπαράστασης και μετατροπής μαθηματικών σε μορφή αντιληπτή από τα άτομα με απώλεια όρασης.

2.1 Απτική Αναπαράσταση Μαθηματικών - Σύστημα Nemeth

2.1.1 Κώδικας braille

Το σύστημα ανάγνωσης braille, το οποίο πρωτοπαρουσιάστηκε το 1825 από το δημιουργό του, Γάλλο τυφλό Louis Braille, αποτελεί σήμερα το διεθνές αλφάβητο των ατόμων με απώλεια όρασης.

Ο ελληνικός κώδικας ή ελληνική γραφή braille ^[18], είναι η έκδοση του κώδικα braille για την γραφή της Ελληνικής γλώσσας. Αρχικά το σύστημα braille εφαρμόστηκε στην Ελληνική γλώσσα από Άγγλους και Αμερικανούς, για να διαβάζουν οι ξένοι λόγιοι τυφλοί τα κείμενα των αρχαίων Ελλήνων συγγραφέων και το Ευαγγέλιο. Στην Ελλάδα, η πρώτη προσπάθεια απόδοσης του ελληνικού αλφάβητου στη γραφή braille έγινε από τον Α. Παλατιανό το 1882. Η προσπάθεια αυτή όμως δεν ήταν συστηματική κι έτσι ήταν δύσκολη στην εκμάθηση.

Μέχρι το 1948 χρησιμοποιούνταν δύο διαφορετικά αλφάβητα. Το 1948 επήλθε η συγχώνευση των δύο αλφάβητων σε ένα ενιαίο και λίγο αργότερα συγκροτήθηκε ειδική πενταμελής επιτροπή, η οποία αφού το μελέτησε έκανε κάποιες τροποποιήσεις. Το νέο αλφάβητο, το οποίο εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στη Λειψία, αφού εγκρίθηκε στη συνέχεια από το Υπουργείο Παιδείας, καθιερώθηκε ως το επίσημο αλφάβητο για την εκπαίδευση των τυφλών μαθητών και εισήχθη στη Σχολή Τυφλών του Οίκου Τυφλών Καλλιθέας.^[31]

Σήμερα υπάρχουν δύο εκδοχές του ελληνικού κώδικα οι οποίες διαφέρουν ως προς λίγα γράμματα, ο επίσημος κώδικας braille της ελληνικής γλώσσας ο οποίος διδάσκεται στους μαθητές και χρησιμοποιείται στην Ελλάδα και ο διεθνής κώδικας braille της ελληνικής γλώσσας ο οποίος χρησιμοποιείται στα Αγγλικά και άλλες γλώσσες διεθνώς για την αναπαράσταση των ελληνικών γραμμάτων που εμφανίζονται στα μαθηματικά,

για την πολυτονική γραφή της ελληνικής γλώσσας σε braille και σε άλλες παρόμοιες περιπτώσεις.

2.1.2 Κώδικας Nemeth

Ο κώδικας Nemeth ^[68] είναι ένα σύστημα συμβόλων braille που απευθύνεται στους τυφλούς για την εκμάθηση της ανάγνωσης και της γραφής των μαθηματικών. Καλύπτει όλες τις βαθμίδες και τους τομείς της εκπαίδευσης που απαιτούν μαθηματικά σύμβολα. Ο κώδικας σχεδιάστηκε το 1946 από τον Abraham Nemeth, στο πλαίσιο της διδακτορικής του διατριβής στα μαθηματικά. Ο Abraham Nemeth έχασε την όραση του σε ηλικία έξι ετών, σπούδασε Ψυχολογία, ενώ ξεκίνησε να παρακολουθεί νυχτερινά μαθήματα μαθηματικών στις αρχές του 1940 στο Brooklyn College. Με πρόταση του καθηγητή Γ. Κουρουπέτρογλου ύστερα από αντίστοιχη μελέτη ^[18] από το 2003 ο κώδικας Nemeth έχει ενσωματωθεί επίσημα στο ελληνικό σύστημα braille. Ο Κώδικας Nemeth απευθύνεται σε τυφλούς μαθητές, εκπαιδευτικούς και σε κάθε ενδιαφερόμενο με προβλήματα όρασης που ασχολείται με τα μαθηματικά. Η επινόηση του Nemeth έχει επιτρέψει σε τυφλούς μαθητές σε ολόκληρο τον κόσμο να διαβάζουν, να γράφουν και να κατανοούν όλα τα είδη μαθηματικών εξισώσεων. Εργαλεία Απτικής Πρόσβασης στα Μαθηματικά.

2.1.2.1 Απτικά Συγγράμματα

Ένα διαδεδομένο μέσο για τους τυφλούς μαθητές, για να έχουν πρόσβαση στη γνώση, είναι τα απτικά συγγράμματα. Μια συντονισμένη προσπάθεια παραγωγής τους γίνεται από το Κέντρο Εκπαίδευσης και Αποκατάστασης Τυφλών και από το Εκτυπωτικό τμήμα του Φάρου Τυφλών Ελλάδος. Οι οργανισμοί αυτοί εκτυπώνουν βιβλία Ελληνικής και ξένης λογοτεχνίας, παιδικά, εκπαιδευτικά όλων των βαθμίδων, ξένων γλωσσών, μουσικής, Βυζαντινής μουσικής, πανεπιστημιακά συγγράμματα, νομικοί Κώδικες, Νόμοι και άλλα. Παράλληλα εκδίδονται και τέσσερα απτικά περιοδικά, τα οποία διανέμονται στην Ελλάδα και στην Κύπρο^[32]. Το Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών παράγει προσβάσιμα συγγράμματα για φοιτητές με αναπηρία (συμπεριλαμβάνων των τυφλών) μέσω του προηγμένου συστήματος ΕΡΜΟΦΙΛΟΣ ^[69]. Το σύστημα ΕΡΜΟΦΙΛΟΣ υποστηρίζει την παραγωγή και προσβάσιμων συγγραμμάτων με μαθηματικά σύμβολα για τους φοιτητές των θετικών επιστημών.

2.1.2.2 Braille Display

Ένα εργαλείο για τυφλούς είναι το braille display το οποίο συνδυάζεται με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και αναγνώστη οθόνης ^[18]. Πρόκειται για μια ηλεκτρομηχανική

συσκευή που απεικονίζει χαρακτήρες braille σε πραγματικό χρόνο, συνήθως με ακίδες με στρογγυλή άκρη που ανεβαίνουν μέσα από τρύπες σε μια επίπεδη επιφάνεια. Οι τυφλοί χρήστες των ηλεκτρονικών υπολογιστών που δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν την οπτική έξοδο της οθόνης, μπορούν να χρησιμοποιήσουν το braille display για να διαβάσουν το κείμενο που υπάρχει στην οθόνη απτικά. Στην ουσία ο αναγνώστης οθόνης είναι το λογισμικό που εντοπίζει το κείμενο που εμφανίζεται στην οθόνη και το στέλνει στο braille display ^{[33][34][35]}. Ένας αναγνώστης οθόνης που χρησιμοποιείται ευρέως στην Ελλάδα είναι η εφαρμογή NVDA.

2.2 Ακουστική Αναπαράσταση Μαθηματικών

Οι ακουστικοί τρόποι αναπαράστασης μαθηματικών περιλαμβάνουν:

- Προηχογραφημένη εκφώνηση φυσικού ομιλητή (π.χ. καθηγητής που διαβάζει ένα κεφάλαιο μαθηματικών – read out loud)
- Προηχογραφημένη εκφώνηση συνθέτη ομιλίας
- Εκφώνηση μαθηματικών από συνθέτη ομιλίας σε πραγματικό χρόνο (MathPlayer ^[70, 62], MathJax)

2.2.1 Εργαλεία Ακουστικής Πρόσβασης στα Μαθηματικά

2.2.1.1 Αναγνώστης Οθόνης και Συνθέτης Ομιλίας

Το NVDA, το οποίο ο ΣΤΑΤ (Σύλλογος Τεχνολογικής Ανάπτυξης Τυφλών) πρώτος είχε διαδώσει και ελληνοποιήσει μερικώς ήδη από το 2008, σήμερα αποτελεί ένα αξιόπιστο λογισμικό ανάγνωσης οθόνης που ανταποκρίνεται πλήρως στις ανάγκες των τυφλών χρηστών των MS-Windows. Το λογισμικό του NVDA καθώς και το εγχειρίδιο χρήσης του έχουν ελληνοποιηθεί πλήρως. Έτσι, παρέχεται η δυνατότητα τόσο στους προχωρημένους όσο και στους αρχάριους χρήστες κάθε ηλικίας, να ενημερωθούν για το σύνολο των προσφερόμενων λειτουργιών, να εκπαιδευτούν και να χρησιμοποιήσουν το NVDA.

Το NVDA όπως και κάθε Αναγνώστης Οθόνης συνεργάζεται με κάποιο Συνθέτη Ομιλίας προκειμένου να αποδώσει φωνητικά το κείμενο. Η χρήση Συνθέτη Ομιλίας βοηθά τους τυφλούς μαθητές να ακούνε τι πληκτρολογούν και χρησιμοποιείται για να «εκφωνεί» ό,τι υπάρχει στην οθόνη, (κείμενο, γραφικά, πλήκτρα ελέγχου και καταλόγους επιλογών) με συνθετική φωνή.

Ακόμη και αν ο χρήστης δε χρησιμοποιεί Αναγνώστη Οθόνης και Συνθέτη Ομιλίας, υπάρχουν εφαρμογές λογισμικού Επεξεργασίας Κειμένου ή περιήγησης στο Διαδίκτυο

που χρησιμοποιούν ενσωματωμένους Συνθέτες Ομιλίας ώστε να ακούει ο χρήστης τι πληκτρολογεί ή να ακούει το περιεχόμενο ιστοσελίδων ^{[37][36]}

2.2.1.2 MathPlayer

Το MathPlayer είναι ένας αναγνώστης Μαθηματικών. Καθιστά δηλαδή δυνατή την εκφώνηση μαθηματικών συμβόλων και παραστάσεων, ώστε οι μαθητές με απώλεια όρασης να γνωρίσουν και να έρθουν πιο κοντά στην επιστήμη μέσω της ακουστικής οδού. Οι μαθηματικές εκφράσεις θα πρέπει να είναι γραμμένες σε MathML και ο χρήστης πρέπει να επιλέξει τη γλώσσα του πριν χρησιμοποιήσει το MathPlayer. Το Εργαστήριο Φωνής και Προσβασιμότητας του ΕΚΠΑ εργάστηκε ώστε το πρόγραμμα αυτό να υποστηρίζει και την Ελληνική γλώσσα ^[70].

2.2.1.3 DAISY 3

Το DAISY είναι ένα πρότυπο για ψηφιακά ακουστικά βιβλία και για ψηφιακό κείμενο. Το πρότυπο αυτό είχε δημιουργηθεί αρχικά ειδικά για άτομα με μειωμένη όραση, για τυφλά άτομα, καθώς και για ανθρώπους με δυσλεξία. Είναι βασισμένο σε XML και MP3 και για αυτό έχει πολλά πλεονεκτήματα απέναντι σε ένα παραδοσιακό ακουστικό βιβλίο. Οι χρήστες του μπορούν να αναζητούν πράγματα, να βάζουν σελιδοδείκτες, να περιηγούνται γραμμή γραμμή σε ένα βιβλίο και να διαμορφώνουν την ταχύτητα ομιλίας χωρίς να παραμορφώνεται ο ήχος. Ως αποτέλεσμα το DAISY επιτρέπει σε τυφλά άτομα να ψάξουν κάτι πολύ περίπλοκο όπως για παράδειγμα μια εγκυκλοπαίδεια κάτι που ήταν αδύνατο με τα παραδοσιακά ακουστικά βιβλία. ^{[38][39][40][41][42][43]}

Η τρέχουσα έκδοση DAISY είναι η DAISY 3 που επίσημα είναι γνωστή ως ANSI/NISO Z39.86-2005 (R2012)^[65]. Το Εργαστήριο Φωνής και Προσβασιμότητας του ΕΚΠΑ εργάστηκε ώστε το DAISY να υποστηρίζει και τις μαθηματικές εκφράσεις στην Ελληνική γλώσσα ^[71].

2.3 Οπτική Αναπαράσταση Μαθηματικών

Οι βλέποντες στηρίζονται κυρίως στα οπτικά μέσα για να μεταφέρουν πληροφορίες.

Οι οπτικοί τρόποι αναπαράστασης μαθηματικών και γενικότερα κειμένου περιλαμβάνουν:

- Έντυπη αναπαράσταση
 - Χειρόγραφο
 - Εκτυπωμένη

- Ψηφιακή αναπαράσταση
 - Τοπικά αρχεία (LaTeX, docx, odt, pdf, εικόνες)
 - Ιστοσελίδες (MathML, εικόνες)

Και οι δύο τρόποι αναπαράστασης, η έντυπη και η ψηφιακή μορφή, όταν δεν έχουν προέλθει από χειρόγραφο κείμενο ή δεν είναι φωτογραφία χειρόγραφου, μας επιτρέπουν τη μετατροπή σε μορφή (απτική ή ακουστική), αντιληπτή από τα άτομα με απώλεια όρασης. Στην περίπτωση του χειρόγραφου κειμένου ή της φωτογραφίας γενικότερα, οι βλέποντες μπορούν να κατανοήσουν τις μαθηματικές εκφράσεις ή τα σύμβολα βασιζόμενοι στην όραση τους. Αντιθέτως, οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν υποστηρικτικές τεχνολογίες, όπως αναγνώστη οθόνης και σύνθεση ομιλίας, για να έχουν πρόσβαση στην πληροφορία, αυτόματα αποκλείονται από την πρόσβαση και την κατανόηση του περιεχομένου. Αυτό σημαίνει πως, για να έχουν πρόσβαση στα μαθηματικά οι μη βλέποντες, θα πρέπει η πηγή πληροφόρησης να είναι είτε σε έντυπη ή ψηφιακή μορφή, με κατάλληλα επισημασμένες τις μαθηματικές εκφράσεις, και όχι σε εικονική μορφή αναπαράστασης.

2.3.1 Κώδικες Οπτικής Αναπαράστασης Μαθηματικών

Ως προς την εκτυπωμένη έντυπη αναπαράσταση, προκειμένου να γίνει προσβάσιμη θα πρέπει αρχικά να μετατραπεί σε ηλεκτρονική μορφή μέσω της σάρωσης του εγγράφου, στη συνέχεια θα πρέπει να γίνει Οπτική Αναγνώριση Χαρακτήρων (OCR) όπου θα ανιχνευθούν τα μαθηματικά, στη συνέχεια θα πρέπει να διορθωθούν τα πιθανά σφάλματα του OCR και το τελικό ηλεκτρονικό έγγραφο να αποδοθεί σε μορφή κατάλληλη για το άτομο με αναπηρία. Το μόνο διαθέσιμο εργαλείο OCR μαθηματικών είναι το InftyReader ^[72].

Ως προς την ψηφιακή αναπαράσταση που μπορεί να προέκυψε είτε από τη διαδικασία του OCR ή να ήταν η πηγαία μορφή του μαθηματικού κειμένου, έχουμε τους κάτωθι τρόπους-κώδικες αποθήκευσης ή συγγραφής.

2.3.1.1 Ascii

Η κωδικοποίηση ASCII χρησιμοποιεί 7 bits για αναπαραστήσει έναν χαρακτήρα. Χρησιμοποιώντας 7 bits οι περισσότεροι συνδυασμοί που μπορούμε να έχουμε είναι 128 ($=2^7$). Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να αναπαραστήσουμε το πολύ 128 χαρακτήρες. Το ASCII αρχικά φτιάχτηκε αποκλειστικά για την αγγλική γλώσσα. Οι περισσότεροι ASCII χαρακτήρες μπορούν να τυπωθούν, όπως για παράδειγμα, η αγγλική αλφάβητος (A b c), τα νούμερα (1 2 3) ή τα σύμβολα (& ? ,). Η επέκταση της ASCII σε 8 bit έλυσε

το πρόβλημα που έθετε το όριο των χαρακτήρων στις λατινογενείς γλώσσες. Για τις γλώσσες όπως τα Ελληνικά, τα Ρωσικά και τα κινέζικα όμως χρειάστηκε μία καινούρια κωδικοποίηση με ακόμη περισσότερα bit και άρα μεγαλύτερο εύρος συμβόλων που υποστηρίζονται. Έτσι, προέκυψε η κωδικοποίηση Unicode.

2.3.1.2 Unicode

Στους υπολογιστές, το διεθνές πρότυπο Unicode στοχεύει στην κωδικοποίηση όλων των συστημάτων γραφής που χρησιμοποιούνται στον πλανήτη, ώστε να γίνει δυνατή η αποθήκευση -στη μνήμη ενός υπολογιστή- γραπτού κειμένου όλων των γλωσσών συμπεριλαμβανομένων και συμβόλων επιστημών, όπως μαθηματικά, φυσική κτλ.

Η καθιέρωση του Unicode είναι ένα φιλόδοξο σχέδιο αφού σκοπεύει να αντικαταστήσει όλες τις υπάρχουσες κωδικοποιήσεις συνόλων χαρακτήρων, οι οποίες έχουν περιορισμούς που τις καθιστούν προβληματικές για χρήση σε πολυγλωσσικά υπολογιστικά συστήματα. Παρά τα τεχνικά προβλήματα που έχουν παρουσιαστεί το Unicode έχει καθιερωθεί ως το πιο πλήρες σύνολο χαρακτήρων και ως η προτιμότερη κωδικοποίηση σε πολυγλωσσικό λογισμικό. Πολλά πρόσφατα πρότυπα όπως το XML, έχουν υιοθετήσει το Unicode για να αναπαριστούν εσωτερικά κείμενο. Γενικά, πολλά παλαιότερα πρότυπα για κωδικοποίηση χαρακτήρων μοιράζονται ένα κοινό πρόβλημα: το ότι επιτρέπουν υποστήριξη μόνο δύο αλφαβήτων σε ένα συγκεκριμένο υπολογιστή, συνήθως του λατινικού και ενός τοπικού, και δεν έχουν τη δυνατότητα να υποστηρίξουν πολλά αλφάβητα μαζί.

Η κωδικοποίηση UTF-8 του Unicode κάνει χρήση 1-4 bytes, είναι συμβατή με την κωδικοποίηση ASCII και από το 2009 αποτελεί το βασικό τρόπο κωδικοποίησης στον Παγκόσμιο Ιστό. Το σύστημα Unicode με την κωδικοποίηση UTF-8 κωδικοποιεί σχεδόν όλους τους χαρακτήρες που χρησιμοποιούνται στα μαθηματικά, αλλά όχι όλους τους χαρακτήρες του Nemeth όπως διαπιστώσαμε κατά τη συγκέντρωση του περιεχομένου της εφαρμογής μας. Τα μαθηματικά σύμβολα ανήκουν σε πολλαπλές ομάδες Unicode, με κάποιες από αυτές τις ομάδες να είναι εξ' ολοκλήρου μαθηματικοί χαρακτήρες, ενώ άλλες να είναι ένα συνονθύλευμα από μαθηματικούς και μη-μαθηματικούς χαρακτήρες.

[23]

2.3.1.3 LaTeX

Το LaTeX γράφτηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 από τον Λέσλι Λάμπορτ (Leslie Lamport) και χρησιμοποιείται δωρεάν υπό τους όρους της δημόσιας άδειας LPPL. Αργότερα το LaTeX γράφτηκε από την αρχή από τον Φρανκ Μίτελμπαχ (Frank

Mittelbach). Σήμερα όταν λέμε LaTeX εννοούμε την έκδοση που ξαναέγραψε ο Μίτελμπαχ και οι συνεργάτες του.

Το LaTeX προφέρεται ως "λάτεχ" και οι χαρακτήρες T, E, X στο όνομα προέρχονται από τα κεφαλαία ελληνικά γράμματα τ, ε, χ, τα οποία παραπέμπουν στις ελληνικές λέξεις "τέχνη" και "τεχνολογία" (TeXνη). Για το λόγο αυτό, ο δημιουργός του TeX, Ντόναλντ Κνουθ (Donald Knuth), προωθεί την προφορά του TeX ως "τεχ" και όχι ως "τεξ" ή "τεκ". Ο Λάμπορτ από την άλλη είχε πει ότι δεν ευνοεί ούτε αποθαρρύνει οποιαδήποτε προφορά για το LaTeX.^{[51][52][53][54][55][56][57]}

Το LaTeX δεν είναι τρόπος κωδικοποίησης, αλλά μια γλώσσα δημιουργίας εγγράφων συνδεδεμένη με το σύστημα αυτόματης στοιχειοθεσίας TeX. Ο όρος LaTeX αναφέρεται μόνο στη γλώσσα στην οποία είναι γραμμένα τα έγγραφα και όχι στον επεξεργαστή κειμένου που χρησιμοποιείται για να γραφούν τα έγγραφα αυτά. Το αρχείο που παράγεται πρέπει να έχει επέκταση .tex όταν δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε επεξεργαστή κειμένου. Σήμερα υπάρχουν επεξεργαστές κειμένου που έχουν φτιαχτεί αποκλειστικά για συγγραφή κώδικα LaTeX. Το μεγάλο πλεονέκτημα του LaTeX είναι ότι ο συγγραφέας χρειάζεται να επικεντρωθεί μόνο στη συγγραφή του κειμένου χωρίς να ανησυχεί για τη μορφή του, αφού η μορφοποίηση γίνεται αυτόματα.

Το LaTeX χρησιμοποιείται ευρέως στον ακαδημαϊκό χώρο κυρίως λόγω της υψηλής ποιότητας στοιχειοθεσίας που παρέχει. Τα έγκριτα επιστημονικά περιοδικά που δημοσιεύονται από την Ένωση Αμερικάνων Φυσικών (American Physical Society), όπως το Physical Review Letters, χρησιμοποιούν το LaTeX ως βάση για το κύριο πρόγραμμα στοιχειοθεσίας τους, REVTeX. Το τελικό αποτέλεσμα μπορεί να αποδοθεί σε μορφή pdf, dvi, ps κ.α. Το LaTeX προσφέρει αυτοματοποίηση των περισσότερων πτυχών της στοιχειοθεσίας συμπεριλαμβανομένης της σελιδοποίησης, της βιβλιογραφίας, των περιεχομένων, της αρίθμησης πινάκων, των γραφικών παραστάσεων, των εικόνων κλπ.^{[24][25][26][27][28][29]}

Τα πιο πολλά ακαδημαϊκά συγγράμματα και οι σημειώσεις που υπάρχουν σε ηλεκτρονική μορφή είναι γραμμένα σε LaTeX. Επίσης, το πρόγραμμα InfyReader παράγει LaTeX ως αποτέλεσμα της αναγνώρισης των μαθηματικών εγγράφων.

2.3.1.4 **MathType**

Το MathType είναι ένα πρόγραμμα γραφής μαθηματικών εξισώσεων σε μορφή MathML, το οποίο δίνει δυνατότητα εισαγωγής κειμένου είτε από το πληκτρολόγιο είτε με το ποντίκι σε ένα πολύ φιλικό περιβάλλον χρήσης. Αυτή η τεχνική έρχεται σε αντίθεση με

τις γλώσσες όπως η LaTeX στο οποίο οι εξισώσεις εισάγονται ως σημάνσεις και στη συνέχεια επεξεργάζονται σαν ένα ξεχωριστό αρχείο.^[66]

2.3.1.5 MathML

Η MathML είναι συντομογραφία για το Mathematical Markup Language, δηλαδή Γλώσσα Μαθηματικής Επισήμανσης. Είναι μια επέκταση της XML για την περιγραφή μαθηματικών εννοιών και καλύπτει τόσο τη δομή (συμπεριλαμβανομένων των πολύπλοκων δισδιάστατων συμβολικών απεικονίσεων), όσο και τα περιεχόμενά τους, ενώ δίνει τη δυνατότητα κοινοποίησης της δομής και του περιεχομένου στο Διαδίκτυο. (Οι εξισώσεις γίνονται κατανοητές και επεξεργάσιμες από τις μηχανές).

Η MathML μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κωδικοποίηση τόσο της παρουσίασης των μαθηματικών συμβολισμών σε υψηλής ευκρίνειας οθόνες όσο και του μαθηματικού περιεχομένου. Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όπου η σημασιολογία παίζει σημαντικό ρόλο, όπως σε επιστημονικό λογισμικό και στη σύνθεση φωνής. Συχνά χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση εξισώσεων, μαθηματικών τύπων, βιομηχανικών τυποποιήσεων κ..α και χρησιμοποιείται παράλληλα με την XHTML, SVG και άλλες εφαρμογές.

Αποτελείται από ένα συνδυασμό συνόλων Ετικετών Παρουσίασης (Presentation Tags) και Ετικετών Περιεχομένου (Content Tags). Ως μια XML εφαρμογή συμμορφώνεται με τις XML τυποποιήσεις. Οι Ετικέτες Παρουσίασης (Presentation Tags) χρησιμοποιούνται στη δημιουργία κλασικών μαθηματικών συμβολισμών και παράλληλα παρέχουν μηχανισμούς για την βελτιστοποίηση της οπτικής απόδοσης των μαθηματικών σε Web περιβάλλον. Οι Ετικέτες Περιεχομένου (Content Tags) έχουν σκοπό να υποστηρίξουν την κωδικοποίηση του υποκείμενου μαθηματικού περιεχομένου μιας έκφρασης.

Οι Ετικέτες Παρουσίασης (Presentation Tags) και οι Ετικέτες Περιεχομένου (Content Tags) μπορούν να αναμιχθούν μέσα σε μια μαθηματική έκφραση. Με σωστή χρήση των Ετικετών Παρουσίασης (Presentation Tags) μόνο, η μαθηματική δομή μιας έκφρασης μπορεί να αναπαρασταθεί αρκετά καλά ώστε να επιτρέψει τον χειρισμό της από αλγεβρικά υπολογιστικά συστήματα, αν και τα συστήματα αυτά θα πρέπει να βγάλουν συμπεράσματα για το νόημα ξεχωριστών συμβόλων σε ορισμένες περιπτώσεις. Όταν υπάρχει περίπτωση αμφιβολίας, οι Ετικέτες Περιεχομένου (Content Tags) μπορούν να συνεργαστούν για να προσδιορίσουν με ακρίβεια την προστιθέμενη μαθηματική έννοια.

2.3.2 Εργαλεία Μετατροπής Μαθηματικών από Οπτική Μορφή

Ξεκινώντας από την οπτική αναπαράσταση και θέλοντας να μεταπηδήσουμε σε απτική ή ακουστική μορφή, δίδονται κάποια εργαλεία μετατροπής των μαθηματικών.

2.3.2.1 Σε Απτική Μορφή

- **Winbraille 5.0**

Το Winbraille είναι ένας συντάκτης κειμένου που μεταφράζει αυτόματα μαθηματικές εξισώσεις γραμμένες στο MS Word σε μαθηματικά σε braille. Στο συντάκτη αυτό χρησιμοποιούνται οι μεταφραστές μαθηματικών, Marburg και Nemeth. Το εύρος των μαθηματικών συμβόλων που υποστηρίζει δεν ξεπερνά αυτά του Λυκείου.

- **Liblouis**

Το πρόγραμμα Liblouis είναι ένας μεταφραστής ανοικτού κώδικα για braille, ο οποίος πήρε το όνομά του προς τιμήν του Louis braille. Είναι φτιαγμένος για υπολογιστές, καθώς υποστηρίζει μετάφραση για πολλές γλώσσες, και έχει λειτουργία συλλαβισμού. Νέες γλώσσες μπορούν εύκολα να προστεθούν σε έναν τέτοιο μεταφραστή από τη στιγμή που ακολουθούν κάποιους συγκεκριμένους κανόνες. Το Liblouis υποστηρίζει επιπλέον και μαθηματικά σε braille. Το εύρος των μαθηματικών συμβόλων όμως που υποστηρίζει δεν ξεπερνά αυτά του Λυκείου ενώ και η πολυπλοκότητα στη δομή των εκφράσεων δυσχεραίνει τη λειτουργικότητά του.

Μια σημαντική λειτουργία του ωστόσο είναι πως υποστηρίζει προγράμματα ανάγνωσης οθόνης. Αυτό έχει οδηγήσει στην ενσωμάτωσή του σε δύο αναγνώστες οθόνης, τον NVDA και τον Orca. Τέλος, χρησιμοποιείται από εμπορικές εφαρμογές υποστηρικτικής τεχνολογίας, όπως αυτές της ViewPlus.

- **Duxbury DBT**

Το πρόγραμμα Duxbury braille Translator (DBT) είναι ένας εμπορικός μεταφραστής που μπορεί να παράγει κώδικα braille με Nemeth από διάφορες πηγές. Υπάρχουν έξι διαφορετικοί τρόποι εισόδου δεδομένων που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε:

- Ο χρήστης (π.χ. άτομο με απώλεια όρασης) εισάγει μαθηματικά στο ίδιο το DBT τα οποία δεν απαιτούν μετατροπή.

- Ο χρήστης (βλέποντας) χρησιμοποιεί το MathType ως extension του MS Office Word για να δημιουργήσει ένα έγγραφο κειμένου .docx και το ανοίγει με τον DBT ορίζοντας το ως BANA template.
- Ο χρήστης (βλέποντας) χρησιμοποιεί απ' ευθείας τα εργαλεία του MS Office Word για να εισάγει μαθηματικά, έπειτα τα μετατρέπει σε MathType.
- Ο χρήστης χρησιμοποιεί το Scientific Notebook για να δημιουργήσει ένα αρχείο .tex, ώστε να το ανοίξει στο DBT.
- Ο χρήστης εισάγει ένα TeX ή ένα LaTeX αρχείο που μπορεί να έχει δημιουργηθεί από έναν καθηγητή μαθηματικών ή από το πρόγραμμα OCR InftyReader το οποίο αναγνωρίζει μαθηματικά σε σαρωμένα έγγραφα ή PDF.

- **Latex-access**

Το LaTeX-access είναι ένα εργαλείο που έχει δημιουργηθεί για να μεταφράζει σε πραγματικό χρόνο LaTeX σε braille χρησιμοποιώντας είτε Nemeth είτε τον κώδικα UEB, οι οποίοι μπορούν να αναγνωστούν από ένα braille display. Αυτό κάνει πολύ ευκολότερη τη χρήση του LaTeX σε μαθηματικούς με απώλεια όρασης και γενικότερα σε τυφλούς επιστήμονες. Επίσης, μπορεί και μεταφράζει κείμενο στην αγγλική γλώσσα, γεγονός που το καθιστά εύχρηστο και απλό, σε σύγκριση με τον πηγαίο κώδικα LaTeX. Να σημειωθεί ότι αυτό το εργαλείο απευθύνεται σε χρήστες που θέλουν να διαβάσουν LaTeX χρησιμοποιώντας ένα braille display ή ένα συνθέτη ομιλίας ή ακόμα και σε ανθρώπους που θέλουν να γράψουν ένα έγγραφο LaTeX. ^[30]

- **latex2nemeth**

Αν και όπως προαναφέραμε το LaTeX είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος δημιουργίας εγγράφων στις μαθηματικές επιστήμες, ωστόσο δεν υπάρχει κάποιο αξιόπιστο εργαλείο για μετατροπή εγγράφων LaTeX σε κώδικα braille. Έτσι, οι τυφλοί μαθητές που σπούδαζαν κάτι σχετικό με τα μαθηματικά δεν είχαν πρόσβαση στον μεγαλύτερο όγκο δεδομένων που ήταν γραμμένος σε LaTeX. Το εργαλείο latex2nemeth, το οποίο μετατρέπει αυτόματα έγγραφα LaTeX σε έγγραφα braille Nemeth, στοχεύει στην αξιόπιστη και άμεση πρόσβαση των τυφλών μαθητών στις επιστήμες των μαθηματικών^[63].

Στην τρέχουσα έκδοση το latex2nemeth υποστηρίζει πάνω από 800 μαθηματικά σύμβολα που είναι γραμμένα σε LaTeX. Τα σύμβολα αυτά είτε περιλαμβάνονται ήδη στον κώδικα Nemeth, είτε προκύπτουν από κανόνες που υποδεικνύει ο κώδικας

Nemeth. Επίσης το εργαλείο αυτό υποστηρίζει και όλες τις μαθηματικές δομές όπως, κλάσματα, ρίζες, δείκτες, βέλη κ.α.

2.3.2.2 Σε Ακουστική Μορφή

Η ηχητική απόδοση των μαθηματικών εκφράσεων ενός εγγράφου δεν είναι τόσο απλή όσο η απόδοση απλού κειμένου. Απαιτεί τη συνεργασία διάφορων εφαρμογών λογισμικού. Την τελευταία δεκαετία αναπτύχθηκαν πολλές εφαρμογές με στόχο τη μετατροπή Μαθηματικών-σε-Ομιλία ^[73, 74].

Το AudioMath χρησιμοποιεί MathML για να εκφέρει ακουστικά τα μαθηματικά, το MathTalk είναι ένα σύστημα ομιλίας μαθηματικών εκφράσεων που χρησιμοποιεί αναγνώριση ομιλίας, το MathSpeak, μια εφεύρεση του Δρ Nemeth, ενσωματώνει ένα σύνολο κανόνων για την ομιλία μαθηματικών εκφράσεων, το οποίο αργότερα βελτιώθηκε, και έγινε μέρος του προγράμματος MathPlayer.

Τα βήματα που απαιτούνται για να λάβουμε ένα σωστό Ψηφιακό Ακουστικό Βιβλίο DAISY με μαθηματικά βρίσκονται εφαρμόζοντας αντίστροφη μηχανική (reverse engineering). Ο μόνος προηγμένος MathML DAISY player που είναι διαθέσιμος σήμερα για την απόδοση μαθηματικών είναι ο ReadHear (πρώην gh Player). Ο ReadHear συνεργάζεται με το MathPlayer για να εμφανίσει και να αποδώσει ακουστικά το μέρος του αρχείου DAISY που είναι γραμμένο σε MathML. Στην πλευρά του ανοικτού κώδικα, δεν βρίσκουμε ακόμα κάποιον editor για να παράγει πλήρη DAISY Ψηφιακό Ακουστικό Βιβλίο. Το DAISY Pipeline odt2braille είναι μια επέκταση ανοικτού κώδικα για το OpenOffice.org Writer το οποίο μπορεί να μετατρέψει τα αρχεία ODT σε DAISY-3 βιβλία, όμως, δεν μπορεί να παράγει DAISY με υποστήριξη για μαθηματικά. Στην εμπορική πλευρά απ' την άλλη, υπάρχουν δύο λύσεις διαθέσιμες για να δημιουργήσουμε DTB με μαθηματικό περιεχόμενο. Η εφαρμογή MS-Word έχει τη δυνατότητα να παράγει DAISY χρησιμοποιώντας το δωρεάν πρόσθετο Save-As-DAISY. Πέρα από αυτό, για να γίνει και η απαιτούμενη μετατροπή των μαθηματικών εκφράσεων σε MathML, απαιτείται η χρήση του MathDaisy.

Το ChattyInfty 3 παράγει DAISY-2 βιβλία που υποστηρίζουν τα μαθηματικά. Στην περίπτωση του όμως όλες οι μαθηματικές εκφράσεις αντιμετωπίζονται ως εικόνες που συνοδεύονται από αρχεία ήχου. Προς το παρόν, το πρόγραμμα αυτό υποστηρίζει μόνο Ιαπωνικά και Αγγλικά. Η υποστήριξη της μητρικής γλώσσας του χρήστη σε ένα ομιλούν βιβλίο είναι δεδομένη αναγκαιότητα.

Το έργο AcceSciTech σχεδιάζει να δημιουργήσει το πλαίσιο ZedAI, που θα παράγει τελικά EPUB 3, το οποίο καλύπτει το πλήρες DAISY.^[62]

3. ΟΜΑΔΕΣ ΧΡΗΣΤΩΝ

Στο παρόν Κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις ομάδες χρηστών που θα επωφεληθούν από το υπό ανάπτυξη διαδικτυακό εργαλείο. Οι ανάγκες και οι απαιτήσεις τους, θα αποτελέσουν το γνώμονα της σχεδίασης και της ανάπτυξης.

3.1 Δάσκαλοι και Εκπαιδευτικοί Θετικών Επιστημών Ειδικής Αγωγής

Οι κύριοι ενδιαφερόμενοι και αυτοί που πραγματικά θα χρειαστούν αυτή την πληροφορία είναι οι καθηγητές και αυτοί που διδάσκουν μαθηματικά σε τυφλούς. Οι διδάσκοντες ίσως να μην ξέρουν κάποια πιο εξεζητημένα μαθηματικά σύμβολα τα οποία και θα πρέπει να μεταφέρουν σε κάποιο μαθητή. Επομένως, με τη χρήση αυτής της διαδικτυακής εφαρμογής θα μπορέσουν εύκολα να βρουν τα σύμβολα που τους ενδιαφέρουν, με περεταίρω πληροφορίες για το κάθε σύμβολο.

3.2 Μαθητές και Φοιτητές με Απώλεια Όρασης

Άλλοι χρήστες του συστήματος είναι οι μαθητές ή γενικά άτομα που θέλουν να ασχοληθούν με τα μαθηματικά χωρίς να έχουν κάποια συγκεκριμένη ιδιότητα όπως για παράδειγμα του καθηγητή. Για τα τυφλά άτομα είδαμε πως υπάρχει λογισμικό και υποστηρικτικές τεχνολογίες οι οποίες επιτρέπουν την πρόσβασή τους στον ΗΥ, στα αρχεία, τα προγράμματα και στο Διαδίκτυο. Ακόμη και αν το υλικό στο οποίο χρειάζονται πρόσβαση δεν υπάρχει σε ηλεκτρονική μορφή, προτείνονται διαδικασίες σάρωσης βιβλίων, οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (Optical Character Recognition) και διόρθωσης, με τη βοήθεια των οποίων υπάρχει η δυνατότητα μετατροπής έντυπων κειμένων σε ηλεκτρονική μορφή, ώστε να είναι αναγνώσιμα από χρήστες με προβλήματα όρασης. Τα αρχεία που προκύπτουν από τη διαδικασία μπορούν στη συνέχεια να αποδοθούν ακουστικά ή απτικά με τρόπους που αναφέραμε στο Κεφάλαιο 2. Επομένως η προσβάσιμη διαδικτυακή εφαρμογή που αναπτύξαμε σε συνδυασμό με τα εξελιγμένα τεχνικά μέσα στα οποία έχει πρόσβαση ένας τυφλός μαθητής, μπορούν να συνδράμουν στην αυτόνομη μελέτη και την πρόσβαση σε μαθηματικό περιεχόμενο, χωρίς τη βοήθεια κάποιου βλέποντα.^[44]

3.3 Γονείς ή Κηδεμόνες Ατόμων με Απώλεια Όρασης

Οι γονείς που έχουν παιδιά με τύφλωση είναι εν δυνάμει χρήστες της εφαρμογής. Μέχρι πριν κάποια χρόνια τα παιδιά αυτά ή δεν πήγαιναν καθόλου στο σχολείο ή πήγαιναν σε ειδικά σχολεία. Σήμερα, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, είναι δυνατόν οι τυφλοί να γραφτούν τόσο στα κοινά σχολεία όσο και στα ειδικά. Οι θεωρητικές αντιλήψεις που

δικαιολογούν τα ειδικά σχολεία για τυφλούς είναι εκείνες που μπορούμε να ορίσουμε των δύο χρόνων: Πρώτα πραγματοποιείται η εκπαίδευση σε ξεχωριστή κατάσταση για "ομαλοποίηση", όσο είναι δυνατόν, του υποκειμένου, στην συνέχεια ενδεχομένως εντάσσεται στο κοινό σχολείο και στην ζωή. Η πορεία των παιδιών σε ένα "κανονικό" σχολείο δεν είναι εύκολη παρά την προσπάθεια ομαλής ένταξης από την κοινωνία. Η οπτική μορφή στην οποία παρουσιάζεται η πληροφορία στους μαθητές είναι ένας πολύ βασικός λόγος. Μιλώντας λίγο πιο ρεαλιστικά, ένα μεγάλο βάρος της ομαλής ένταξης στην εκπαίδευση ενός τυφλού παιδιού, μετά τους δασκάλους και τους καθηγητές της ένταξης, το έχουν οι γονείς. Συνεπώς είναι απαραίτητο να υπάρχουν και τα μέσα για να βοηθήσουν το παιδί τους, έστω και εν δυνάμει, σε όλα τα μαθήματα. Ένα μέρος της εκπαίδευσης που ένας μαθητής ασχέτου αναπηρίας χρειάζεται συνήθως βοήθεια από τους γονείς του είναι αυτό που ασχοληθήκαμε εμείς, τα μαθηματικά. Πιο συγκεκριμένα, τα μαθηματικά σύμβολα σε Nemeth και η δημιουργία της διαδικτυακής εφαρμογής που τα περιέχει, μπορούν να αποτελούν πηγή αναφοράς για τους γονείς που εμπλέκονται στην εκπαιδευτική διαδικασία των παιδιών τους. Έτσι, η προσπάθεια αυτή συμβάλει στην ομαλή ένταξη του τυφλού μαθητή στην εκπαίδευση και κοιτώντας λίγο πιο μακροπρόθεσμα στην ένταξή του στην κοινωνία. ^[45]

3.4 Εξειδικευμένοι Χρήστες με Ενδιαφέρον στην Προσβασιμότητα Επιστημονικού Υλικού

Τέλος, δύο κατηγορίες χρηστών που είναι άμεσα ενδιαφερόμενοι, είναι τα άτομα που ασχολούνται με την παραγωγή προσβάσιμων βιβλίων και συγγραμμάτων για τυφλούς και αυτοί που αναπτύσσουν εφαρμογές μετατροπής κειμένου για τυφλούς.

Παλαιότερα η πιο εύκολη λύση για μετατροπή συγγραμμάτων ήταν τα Ομιλούντα Βιβλία. Με τον όρο ομιλούντα βιβλία εννοούμε τα ηχογραφημένα βιβλία, όπου η φωνή του αφηγητή - αναγνώστη έχει αποτυπωθεί ψηφιακά. Τα ομιλούντα βιβλία αποτελούν για τα άτομα με προβλήματα όρασης τον ευκολότερο τρόπο πρόσβασης στο περιεχόμενο των βιβλίων. Είναι εύκολα στη χρήση τους, δεν απαιτούν ειδικό εξοπλισμό, ή ηλεκτρονικό υπολογιστή, και μπορούν να καλύψουν μεγάλο φάσμα της εκδοτικής δραστηριότητας από πανεπιστημιακά συγγράμματα έως τεχνικά εγχειρίδια και παιδικά βιβλία. Σήμερα με τα τεχνολογικά μέσα που υπάρχουν είδαμε πως μπορούν να παραχθούν Ψηφιακά Ομιλούντα Βιβλία ή ψηφιακά ακουστικά βιβλία [75] μέσω κατάλληλων λογισμικών, τα οποία υποστηρίζουν ακόμη και τα μαθηματικά [62]. Πέρα από τον ακουστικό τρόπο απόδοσης, είδαμε και εργαλεία παραγωγής αρχείων κειμένου που μπορούν είτε να εκτυπωθούν σε braille με Nemeth ή να διαβαστούν μέσω braille

display. Τα άτομα που παράγουν βιβλία με αυτούς τους τρόπους χρειάζονται σε πολλές περιπτώσεις να ελέγξουν τα συγγράμματα για σφάλματα και να τα διορθώσουν. Η εφαρμογή μας αποτελεί μια καλή πηγή αναφοράς.

Τα μαθηματικά είναι μια επιστήμη με πληθώρα συμβόλων και εργαλεία συγγραφής. Ακόμη δεν μπορούμε να πούμε ότι έχουμε φτάσει στα βέλτιστα αποτελέσματα ως προς την παραγωγή προσβάσιμων μαθηματικών συγγραμμάτων ή ιστοσελίδων. Υπάρχει σημαντική ερευνητική δραστηριότητα με στόχο την παραγωγή εφαρμογών μετατροπής. Οι ερευνητές που δραστηριοποιούνται στον τομέα την πρόσβασης των μαθηματικών από τυφλούς μαθητές γνωρίζουμε ότι έχουν πραγματική ανάγκη το εργαλείο που αναπτύξαμε, ώστε να γίνει πιο εύκολη και άμεση για αυτούς τουλάχιστον η αναζήτηση των συμβόλων.^[46]

4. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

4.1 Συγκέντρωση Πληροφορίας

Το βιβλίο που αποτελεί τη βασική πηγή από την οποία αντλήσαμε τα περισσότερα δεδομένα για τα σύμβολά μας απεικονίζεται παρακάτω και είναι το βιβλίο του Nemeth [68]. Πιο συγκεκριμένα, στο εν λόγω βιβλίο βασιστήκαμε για την ονομασία του κάθε συμβόλου στα αγγλικά, την κατηγορία που ανήκει καθώς και τη γραφή του σε κώδικα braille.

Εικόνα 1. Βιβλίο Nemeth

4.2 Ενδιάμεσο Μέσο Αποθήκευσης

Στην αρχή της εργασίας για να συγκεντρώσουμε όλα τα δεδομένα και να τα αποθηκεύσουμε χρησιμοποιήσαμε το excel. Δημιουργήσαμε λοιπόν ένα αρχείο με στήλες όσες τα πεδία που θέλαμε να συλλέξουμε και γραμμές όσες τα μαθηματικά σύμβολα. Έτσι είχαμε συγκεντρώσει τα δεδομένα και μπορούσαμε εύκολα να τας εισάγουμε σε μια άλλη βάση δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα στη βάση δεδομένων της εφαρμογής που φτιάξαμε.

Τα πεδία που συλλέχθηκαν για κάθε μαθηματικό σύμβολο που αποδίδεται με κώδικα Nemeth είναι:

- Όνομα Συμβόλου
- Ελληνική περιγραφή
- Αγγλική περιγραφή
- Κατηγορία συμβόλου
- Unicode Συμβόλου
- Κώδικας LaTeX
- Κώδικας MathML
- braille Κώδικας Nemeth

4.2.1.1 Αγγλικά

Το πρώτο πεδίο του πίνακα είναι η αγγλική γλώσσα. Η σύγχρονη αγγλική γλώσσα, η οποία μερικές φορές χαρακτηρίζεται ως η πρώτη παγκόσμια lingua franca, κατέχει

κυρίαρχη θέση ως διεθνής γλώσσα στους τομείς των επικοινωνιών, της επιστήμης, των επιχειρήσεων, της πολιτικής και της διπλωματίας, της ψυχαγωγίας, της αεροναυτιλίας της ραδιοεπικοινωνίας, των ηλεκτρονικών υπολογιστών και του διαδικτύου. Αποτελεί μία από τις συνολικά έξι επίσημες γλώσσες του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών, μία από τις 23 επίσημες της Ευρωπαϊκής Ένωσης όπου κατέχει τη δεύτερη θέση ως μητρική γλώσσα και την πρώτη ως ξένη γλώσσα με ποσοστό 51%, τη μοναδική επίσημη της Κοινοπολιτείας των Εθνών, ενώ χρησιμοποιείται και σε πολλούς ακόμη διεθνείς οργανισμούς. Επομένως θα ήταν πολύ ουσιαστική παράλειψη αν στην εφαρμογή μας δεν υπήρχε η περιγραφή στην αγγλική γλώσσα. Όχι μόνο επειδή είναι μια διεθνής γλώσσα αλλά και γιατί το κοινό που απευθυνόμαστε είναι και άτομα που γράφουν στα αγγλικά. Είτε αυτά είναι συγγράμματα που πρέπει να γραφτούν στα αγγλικά είτε εργασίες που απαιτούν την περιγραφή συμβόλων στην αγγλική γλώσσα.^{[47][48][49]}

dot between bars of equals sign
directly-over indicator (first order)
directly-over indicator (second order)
upper limit
upper integral
directly-under indicator (first order)
lower limit
lower integral
directly-under indicator (second order)
theta
opening simple-fraction indicator
eta
horizontal bar (macron)

Εικόνα 2.Αγγλικά

4.2.1.2 Ελληνικά

Τα Ελληνικά από τη στιγμή που απευθυνόμαστε και σε ελληνόφωνο κοινό είναι ένα απαραίτητο κομμάτι της εφαρμογής. Η προσπάθεια που υπάρχει τώρα στο διαδίκτυο είναι με μαθηματικά σύμβολα που απευθύνονται σε μαθητές Δημοτικού, Γυμνασίου και Λυκείου. Δηλαδή υπάρχει ένας πολύ μικρός αριθμός συμβόλων σε σχέση με αυτά που υπάρχουν για όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης.^[50]

διαμάντι
έλλειψη
παραλληλόγραμμο
ρόμβος
ακανόνιστο εξάγωνο
τεμνόμενες γραμμές

Εικόνα 3.Ελληνικά

4.2.1.3 braille

Ένα παράδειγμα της γραφής είναι η Τρίτη στήλη του ακόλουθου πίνακα. Οι δύο πρώτες είναι η επεξήγηση του κάθε συμβόλου στα Αγγλικά και στα Ελληνικά. Το σύστημα που απεικονίζεται στην εικόνα είναι το εξάστιγμο braille και αποτελείται από έξι κουκίδες σε διάταξη πίνακα τριών γραμμών και δύο στηλών.

κανονικό πεντάγωνο	regular pentagon	⠠⠠⠠⠠⠠
κανονικό εξάγωνο	regular hexagon	⠠⠠⠠⠠⠠⠠
τόξο κοίλα προς τα κάτω	arc concave downward	⠠⠠⠠⠠⠠
έντονο βέλος προς τα αριστερά πάνω	boldface arrow pointing left over arrow pointing right	⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠
έντονο βέλος προς τα αριστερά πάνω	boldface arrow pointing left over boldface arrow pointing right	⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠
έντονο βέλος προς τα δεξιά πάνω αριστερά	boldface arrow pointing right over arrow pointing left	⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠
έντονο βέλος προς τα δεξιά πάνω αριστερά	boldface arrow pointing right over boldface arrow pointing left	⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠

Εικόνα 4.Αγγλικά, Ελληνικά, braille

4.2.1.4 LaTeX

Ένα παράδειγμα για το LaTeX φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

<code>\mitw</code>
<code>\mupomega</code>
<code>\mttone</code>
<code>\mathcomma</code>
<code>\mttwo</code>
<code>\mathsemicolon</code>
<code>\mathcolon</code>
<code>\mtthree</code>

Εικόνα 5: LaTeX

4.2.1.5 Unicode

Η κωδικοποίηση κάποιων τυχαίων μαθηματικών συμβόλων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

u+0005b
u+0005d
u+02a2f
u+0224e
u+02227
u+02a5f
u+02a60
u+0223c
u+02243
u+02248

Εικόνα 6 . Unicode

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι δεν υπάρχουν για όλα τα μαθηματικά σύμβολα unicodes. Για την ακρίβεια τα μαθηματικά σύμβολα που χρησιμοποιήσαμε στη βάση δεδομένων είναι περίπου 580. Το ποσοστό για τα οποία αντιστοιχεί πρότυπο Unicode δεν ξεπερνά το 50%. Δηλαδή κάτω από 290 μαθηματικά σύμβολα. Αυτό συμβαίνει γιατί τα περισσότερα από αυτά είναι πολύ σπάνια. Για παράδειγμα, ένα άτομο που έχει περάσει από την τριτοβάθμια εκπαίδευση, είναι πιθανόν να μην τα έχει συναντήσει ποτέ.

4.2.1.6 MathML

Με την προσθήκη και αυτού του πεδίου καλύπτονται και οι πιο εξεζητημένες απαιτήσεις χρηστών, όπως για παράδειγμα αυτοί που θέλουν να αναπτύξουν εφαρμογές στο διαδίκτυο.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται πως γράφεται ένα μαθηματικό σύμβολο σε mathml. ^[58]

```

<math xmlns='http://www.w3.org/1998/Math/MathML' style='background-
color:#'>
<semantics>
<mo>&#x2221;</mo>
<annotation encoding='MathType-MTEF'>MathType@MTEF@5@5@+=
feaagKart1ev2aqaMjcvLHfij5gC1rhimfMBNvxyNvgaC1wzHnxDYv
gzH52zSv gatCvAUfeBSjuyZL2yd9gzLbvyNv2CaerbuLwBLnhiov2D
Gi1BTfMBaeXatLxBI9gBaerbd9wDYLwzYbItLDharqqubsr4rNCHb
GeaGqiVCI8FFYJH8YrFfeuY=Hhbbf9v8qqaqFr0xc9pk0xbba9q8Wq
FfeaY=biLkVclq=JHqpepeea0=as0Fb9pgeaYRXxe9vr0=vr0=vqpW
qaaeaabiGaciaacaqabeaadaqaaqaaaOqaaabaaaaaaaaapeGaeSyi
lifaaa@43F8@
</annotation>
</semantics>
</math>

```

Εικόνα 7. Mathml

4.3 Κατηγοριοποίηση Πληροφορίας



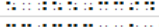
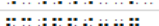
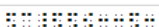

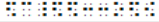

Βασιζόμενοι στο βιβλίο του Nemeth έχουμε την εξής μαθηματική κατηγοριοποίηση

Για να γίνει ευκολότερη η αναζήτηση από τους χρήστες ομαδοποιήσαμε τα σύμβολα βάση της κατηγορίας τους. Οι κατηγορίες που επιλέξαμε βάση του βιβλίου που αναφέρουμε και στο κεφάλαιο 4.1 είναι οι ακόλουθες.

- Alphabets
- Function names and their abbreviations
- Spatial arrangements
- Miscellaneous signs and symbols
- Arrows
- Modifiers
- Fractions
- Signs and symbols of comparison
- Signs and symbols of grouping
- Superscripts and subscripts

- Type forms
- Shapes
- Reference signs and symbols
- Numeric signs and symbols
- Punctuation signs and symbols
- Capitalization

Από κάτω παραθέτουμε ένα παράδειγμα που φαίνεται πως κατηγοριοποιούνται τα δεδομένα. Για την ακρίβεια όλα τα μαθηματικά σύμβολα που περιέχει η Εικόνα 3 ανήκουν στην κατηγορία «Σχήματα».

κύκλος με βέλος προς τα πάνω στο ϵ	circle with interior arrow pointing up		Shapes
κύκλος με βέλος προς τα πάνω και π	circle with interior arrow pointing up followed by interior arrow pointing		Shapes
κύκλος με βέλος προς τα κάτω στο ϵ	circle with interior arrow pointing down		Shapes
κύκλος με βέλος προς τα κάτω και π	circle with interior arrow pointing down followed by interior arrow pointing		Shapes
κύκλος με βέλος προς τα αριστερά σ	circle with interior arrow pointing left		Shapes
κύκλος με βέλος προς τα αριστερά π	circle with interior arrow pointing left over interior arrow pointing right		Shapes
κύκλος με βέλος προς τα δεξιά στο ϵ	circle with interior arrow pointing right		Shapes
κύκλος με βέλος προς τα δεξιά πάνω	circle with interior arrow pointing right over interior arrow pointing left		Shapes

Εικόνα 8. Κατηγορία

4.4 Στοιχεία για επέκταση

Για να γίνει ακόμα πιο εύκολη η αναζήτηση μαθηματικών συμβόλων και οι διάφοροι τρόποι γραφής τους προτείνουμε κάποιες μελλοντικές επεκτάσεις που θα μπορούσαν να γίνουν.

- Παραδείγματα σε κώδικα Nemeth
- Λεκτική απόδοση του παραδείγματος
- Αναπαράσταση του μαθηματικού συμβόλου σε μορφή εικόνας.

5. Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

5.1 Επιλογή εργαλείου ανάπτυξης

5.1.1 WordPress

Το WordPress είναι ελεύθερο και ανοικτού κώδικα λογισμικό ιστολογίου και πλατφόρμα δημοσιεύσεων, γραμμένο σε PHP και MySQL. Συχνά τροποποιείται για χρήση ως Σύστημα διαχείρισης περιεχομένου. Έχει πολλές δυνατότητες, συμπεριλαμβανομένων μιας αρχιτεκτονικής για πρόσθετες λειτουργίες, και ενός συστήματος προτύπων. Το WordPress χρησιμοποιείται σε περισσότερα από το 14% των 1.000.000 μεγαλύτερων ιστότοπων.^[64]

5.1.2 Drupal

Το Drupal είναι ένα αρθρωτό σύστημα διαχείρισης περιεχομένου (Content Management System, CMS) ανοικτού/ελεύθερου λογισμικού, γραμμένο στη γλώσσα προγραμματισμού PHP. Το Drupal, όπως πολλά σύγχρονα CMS, επιτρέπει στο διαχειριστή συστήματος να οργανώνει το περιεχόμενο, να προσαρμόζει την παρουσίαση, να αυτοματοποιεί διαχειριστικές εργασίες και να διαχειρίζεται τους επισκέπτες του ιστοτόπου και αυτούς που συνεισφέρουν. Παρόλο που υπάρχει μια πολύπλοκη προγραμματιστική διεπαφή, οι περισσότερες εργασίες μπορούν να γίνουν με λίγο ή και καθόλου προγραμματισμό. Το Drupal ορισμένες φορές περιγράφεται ως «υποδομή για εφαρμογές ιστού», καθώς οι δυνατότητές του προχωρούν παραπέρα από τη διαχείριση περιεχομένου, επιτρέποντας ένα μεγάλο εύρος υπηρεσιών και συναλλαγών.

5.1.3 Joomla

Για τη δημιουργία ιστοσελίδας μας δε χρησιμοποιήσαμε το WordPress καθώς οι δυνατότητες που δίνει είναι πιο περιορισμένες από τις ανάγκες μας. Δε χρησιμοποιήσαμε ούτε το Drupal, καθώς η δύσκολη προγραμματιστική διεπαφή του δε μας επέτρεπε τη χρήση του στα χρονικά πλαίσια που επιβάλλει αυτή η πτυχιακή εργασία. Αντί αυτών χρησιμοποιήσαμε το Joomla.

Το Joomla είναι ένα ελεύθερο και ανοικτού κώδικα σύστημα διαχείρισης περιεχομένου. Χρησιμοποιείται για τη δημοσίευση περιεχομένου στον παγκόσμιο ιστό (World Wide Web) και σε τοπικά δίκτυα (intranet). Είναι γραμμένο σε PHP και αποθηκεύει τα δεδομένα του στη βάση MySQL. Το βασικό χαρακτηριστικό του είναι ότι οι σελίδες που εμφανίζει είναι δυναμικές, δηλαδή δημιουργούνται την στιγμή που ζητούνται. Ένα

σύστημα διακομιστή (server) όπως είναι ο Apache λαμβάνει τις αιτήσεις των χρηστών και τις εξυπηρετεί.

Με ερωτήματα προς τη βάση λαμβάνει δεδομένα τα οποία μορφοποιεί και αποστέλλει στον εκάστοτε φυλλομετρητή (web browser) του χρήστη. Το Joomla έχει και άλλες δυνατότητες εμφάνισης όπως η προσωρινή αποθήκευση σελίδας, RSS feeds, εκτυπώσιμες εκδόσεις των σελίδων, ειδήσεις, blogs, δημοσκοπήσεις, έρευνες, καθώς και πολύγλωσση υποστήριξη των εκδόσεών του.^{[59][60][61]}



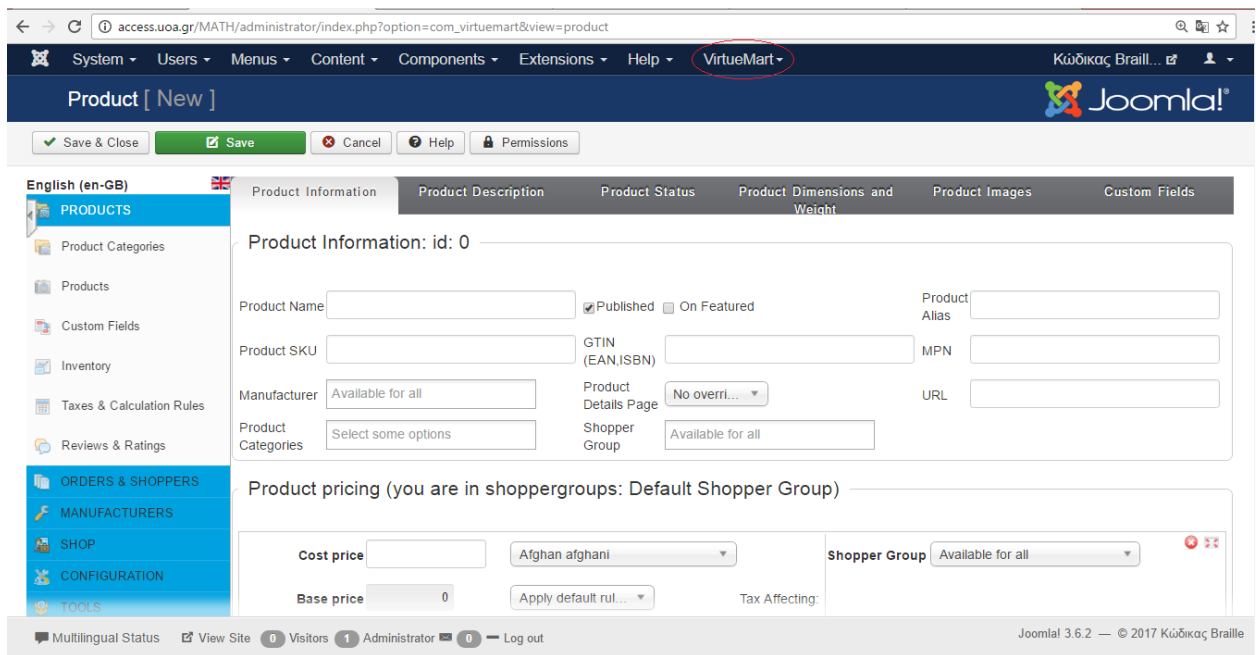
Εικόνα 9. Joomla

5.1.3.1 VirtueMart

Με τα εργαλεία που μας παρείχε η τρέχουσα έκδοση Joomla δεν ήταν δυνατό να πραγματοποιηθεί η δουλειά μας. Επομένως με μια επέκταση, τη VirtueMart προχωρήσαμε στο στήσιμο της εφαρμογής.

Το VirtueMart (γνωστό από πριν ως mambo-phpShop) είναι μια λύση ηλεκτρονικού εμπορίου ανοιχτού κώδικα σχεδιασμένη ως επέκταση του Mambo ή Joomla!, συστήματα διαχείρισης περιεχομένου (CMS). Το VirtueMart είναι γραμμένο σε PHP και απαιτεί το περιβάλλον της βάσης δεδομένων MySQL για αποθήκευση δεδομένων. Είναι ιδανικό για χαμηλής ή μεσαίας κίνησης ιστοσελίδες.

Το VirtueMart ξεκίνησε ως παρακλάδι της αυτόνομης εφαρμογής ηλεκτρονικού εμπορίου phpShop. Αρχικά ονομάστηκε mambo-phpShop και έγινε το πρώτο συστατικό στοιχείο ηλεκτρονικού εμπορίου για το σύστημα Mambo CMS. Αφού η κοινότητα διέσπασε το Mambo στο Joomla, ο δημιουργός του VirtueMart μετονόμασε ξανά το mambo-phpShop σε VirtueMart, υποστηρίζοντας επίσημα το νεότερο Joomla CMS. Παρόλο που οι τρέχουσες εφαρμογές εξακολουθούν να λειτουργούν με το Mambo CMS και οι παλαιότερες εκδόσεις του mambo-phpShop είναι ακόμα διαθέσιμες για λήψη, δεν υποστηρίζονται πλέον.^[67]

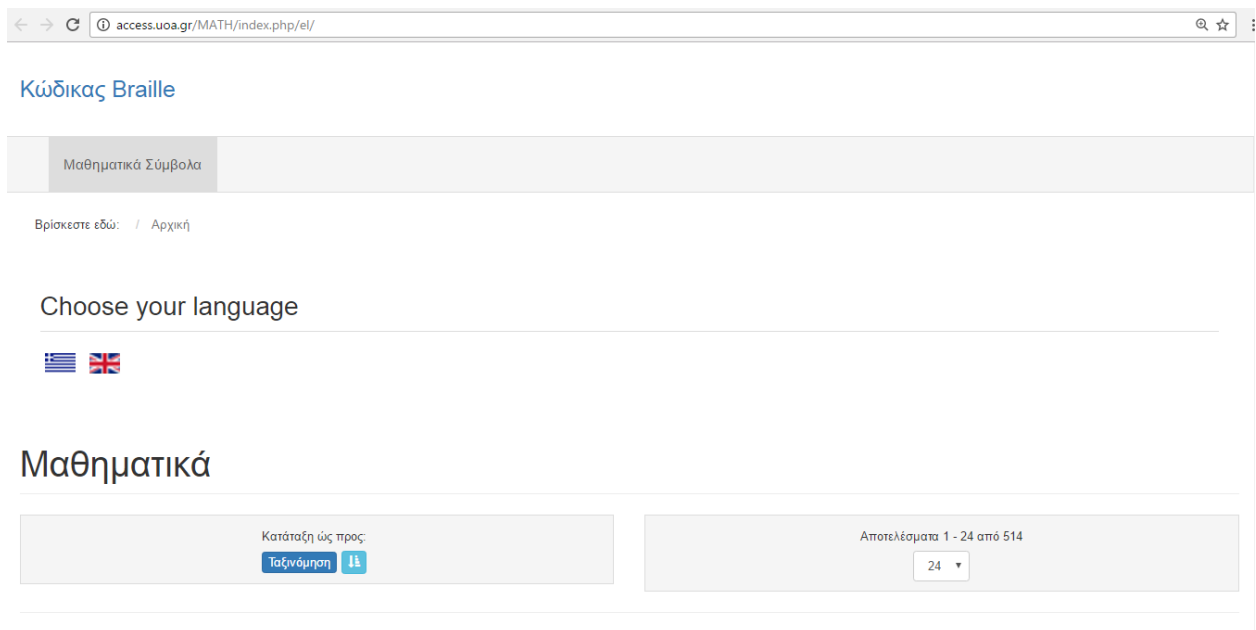


Εικόνα 10. Virtuemart

5.2 Σχεδίαση Διεπαφής Χρήστη

5.2.1 Αρχική σελίδα

Προχωρήσαμε στη δημιουργία μιας ιστοσελίδας με τα απαραίτητα πεδία ώστε να περάσουμε τα δεδομένα που αρχικά συγκεντρώσαμε στο excel, με δυνατότητα επέκτασης και στην ελληνική γλώσσα. Στόχος μας ήταν να είναι αρκετά και λιτή ώστε να είναι και εύχρηστη.




Εικόνα 11. Αρχική Σελίδα

5.2.2 Λίστα

Με τα στοιχεία που είχαμε συλλέξει και αποθηκεύσει στο excel προχωρήσαμε στη δημιουργία της βάσης δεδομένων της εφαρμογής μας. Για να μετατρέψουμε τα δεδομένα από το excel στη βάση δεδομένων της ιστοσελίδας χρειάστηκε να περάσουμε ένα ένα τα στοιχεία γιατί δεν υπήρχε τρόπος αυτόματης εισαγωγής. Κάνοντας αυτές τις ενέργειες καταλήξαμε σε μία βάση δεδομένων με όλα τα μαθηματικά σύμβολα.



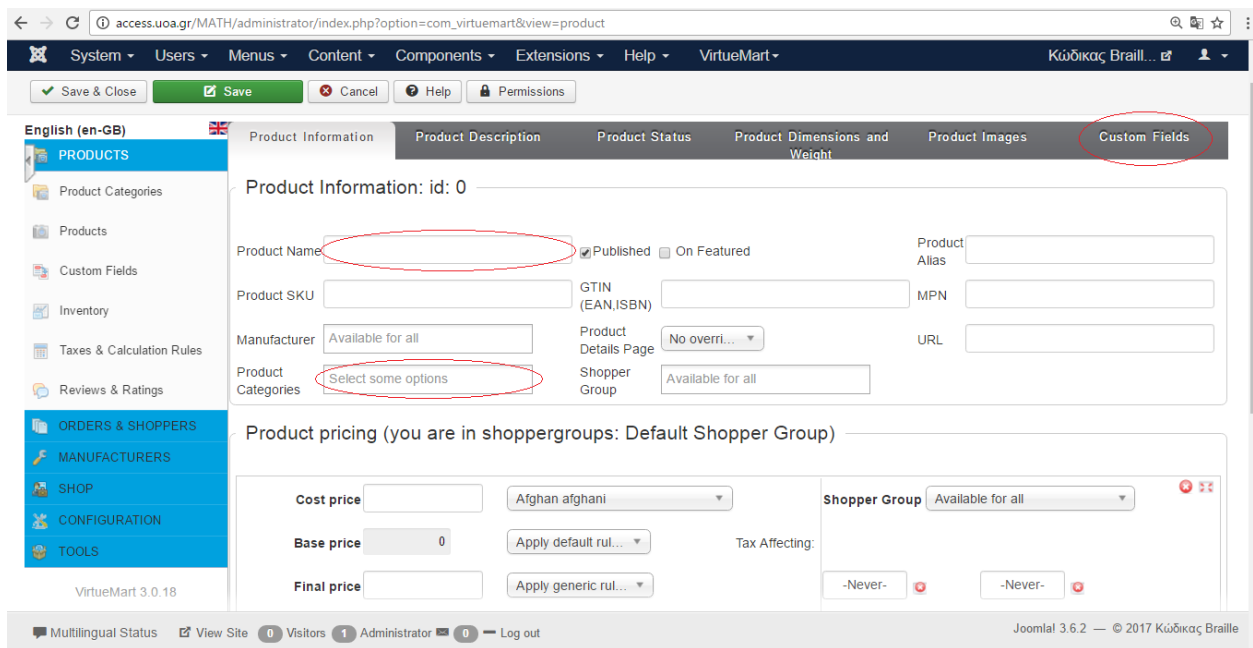
Εικόνα Συμβόλου	Όνομα Συμβόλου	Λεκτικό στα Ελληνικά	Λεκτικό στα Αγγλικά	Κατηγορία	Κώδικας MathML	Παράδειγμα σε Κώδικα MathML	Unicode Συμβόλου	Κώδικας La TeX	Braille Κώδικας Nemeth	Παράδειγμα σε Braille Κώδικα Nemeth	Λεκτική Απόδοση Παραδείγματος
	α	άλφα	greek small letter alpha	γράμματα	α	α	U+03B1	\alpha	a	a	άλφα
	cosine	συνημίτονο	cosine	Function names and their abbreviations	-	-	-	-	cos	-	-
	cologarithm	συλλογάριθμος	cologarithm	Function names and their abbreviations	-	-	-	-	colog	-	-
	hyperbolic cosin	-	hyperbolic cosin	Function names and their abbreviations	-	-	-	-	cosh	-	-
	cotangent	συνεφαπτομένη	cotangent	Function names and their abbreviations	-	-	-	-	cot	-	-
	hyperbolic cotangent	-	hyperbolic cotangent	Function names and their abbreviations	-	-	-	-	coth	-	-
	coversine	-	coversine	Function names and their abbreviations	-	-	-	-	covers	-	-
	cosecant	συντεμνούσα	cosecant	Function names and their abbreviations	-	-	-	-	csc	-	-

Εικόνα 12. Λίστα

5.3 Εισαγωγή Πληροφορίας

5.3.1 Πληροφορίες προϊόντος

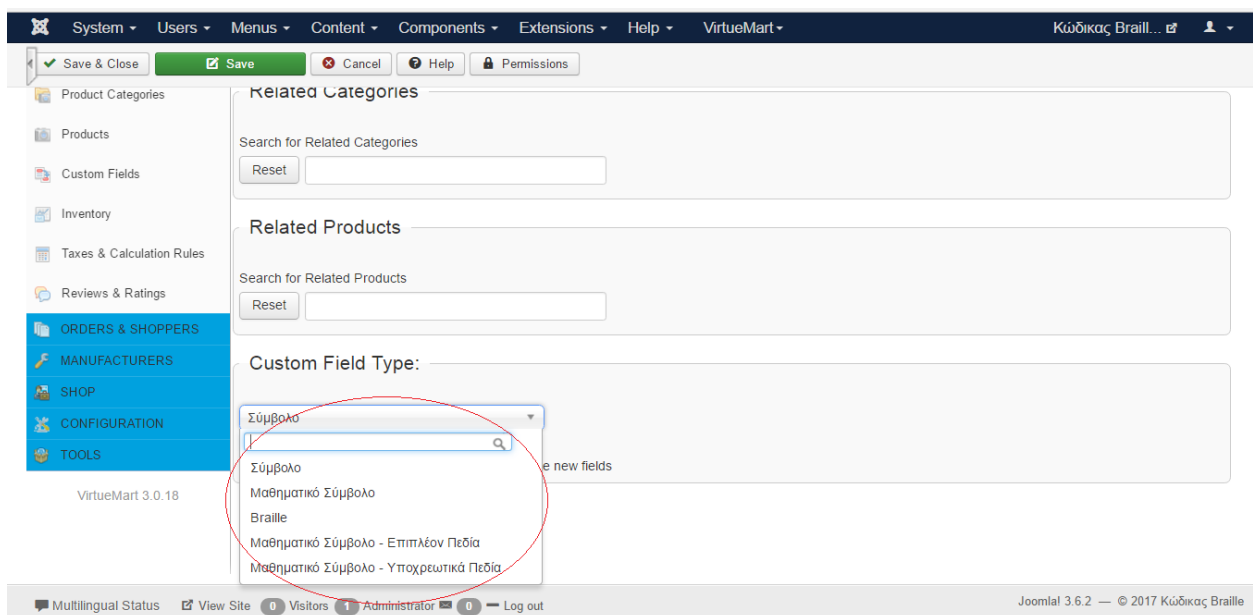
Κάθε σύμβολο το περάσαμε στην ιστοσελίδα σαν ένα προϊόν σε e-shop. Το καθένα έχει ένα όνομα 'Product Name' και μια κατηγορία στην οποία ανήκει 'Product Categories'. Στο πεδίο 'Custom Fields' υπάρχουν όλα τα υπόλοιπα στοιχεία για κάθε σύμβολο.



Εικόνα 13. Πληροφορίες προϊόντος

5.3.2 Πεδία

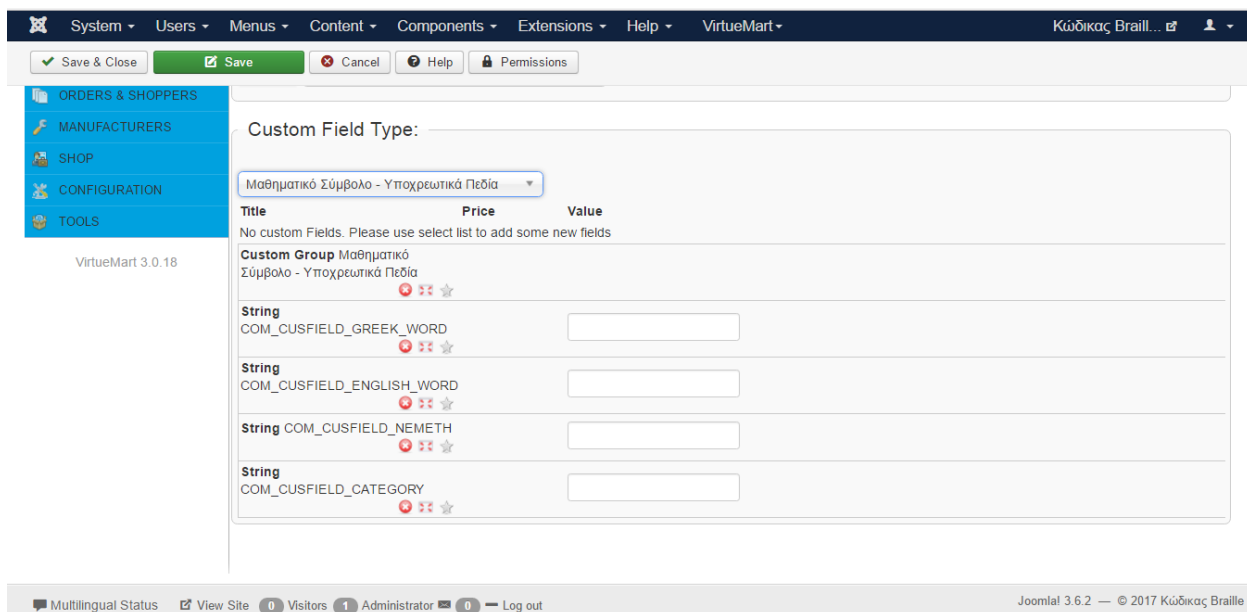
Επιλέγοντας το 'Custom Fields' μεταφερόμαστε σε μια σελίδα όπου επιλέγουμε ποια πεδία θέλουμε να έχει το προϊόν.



Εικόνα 14. Υποχρεωτικά πεδία, Επιπλέον πεδία

5.3.3 Υποχρεωτικά πεδία

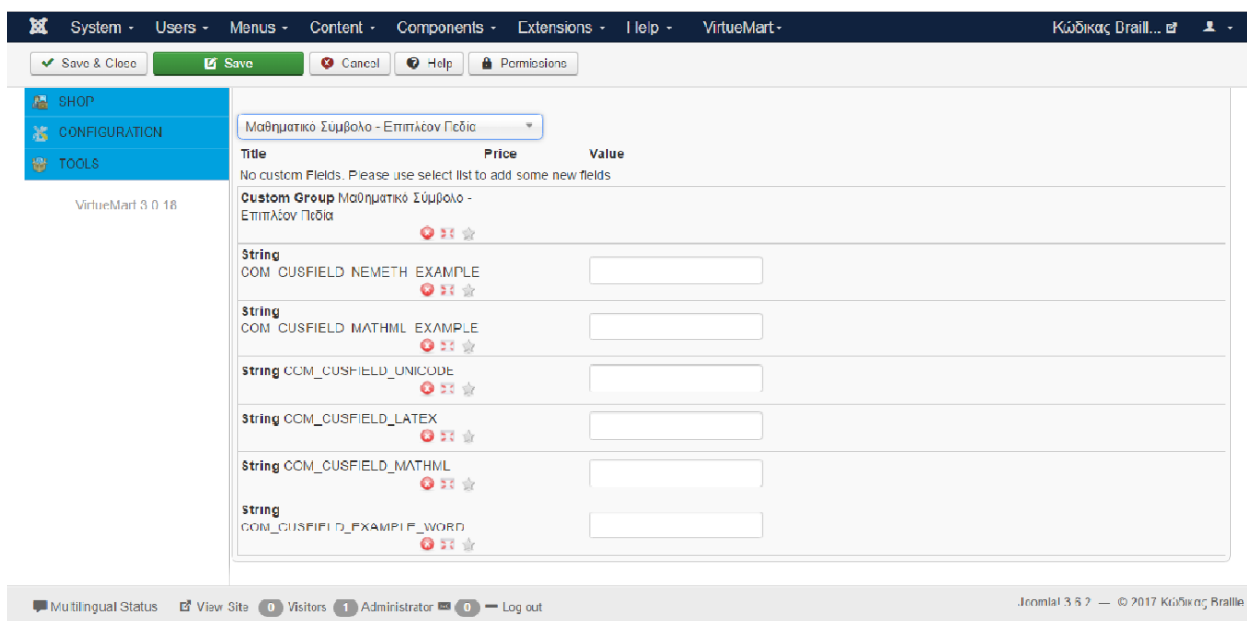
Πρώτα εισάγουμε τα υποχρεωτικά πεδία τα οποία είναι η περιγραφή του συμβόλου στα ελληνικά ή στα αγγλικά, ο κώδικας braille και η κατηγορία του συμβόλου.



Εικόνα 15. Υποχρεωτικά πεδία

5.3.4 Επιπλέον πεδία

Τα επιπλέον πεδία είναι πεδία που δεν είναι απόλυτα απαραίτητα για την κατανόηση του συμβόλου αλλά είναι μια βάση για μελλοντικές επεκτάσεις της ιστοσελίδας και για περαιτέρω ανάπτυξη της.



Εικόνα 16. Επιπλέον πεδία

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή ασχοληθήκαμε με το συστηματοποίηση της αναπαράστασης των μαθηματικών συμβόλων σε προσβάσιμες μορφές οι οποίες είναι κατάλληλες για άτομα με τύφλωση ή μειωμένη όραση. Συγκεκριμένα μας ενδιαφέρουν οι κωδικοποιήσεις των μαθηματικών συμβόλων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ακουστική ή/και απτική απόδοση των μαθηματικών συμβόλων μέσω κατάλληλης Υποστηρικτικής Τεχνολογίας, όπως οθόνες braille, εκτυπωτές braille ή συστήματα μετατροπής μαθηματικών σε συνθετική ομιλία. Ως βάση της εργασίας μας χρησιμοποιήσαμε τον κώδικα Nemeth που αποτελεί μία επέκταση του συστήματος braille για τα μαθηματικά, ο οποίος υποστηρίζει συμβολογραφία όλων των επιπέδων (δηλαδή από το δημοτικό σχολείο ως και ανώτερων μαθηματικών πανεπιστημιακού επιπέδου) και ο οποίος είναι ο επίσημος κώδικας μαθηματικής κωδικοποίησης braille για την Ελλάδα και τις ΗΠΑ. Ύστερα από ανάλυση των αναγκών των χρηστών, σχεδιάσαμε και αναπτύξαμε μια web-based εφαρμογή η οποία αποτελεί συλλογή κωδικοποίησης των προσβάσιμων μαθηματικών συμβόλων με βάση το σύστημα Nemeth. Η εφαρμογή υποστηρίζει εκτός από το σύστημα Nemeth και τις κωδικοποιήσεις LaTeX, MathML και Unicode και περιλαμβάνει το όνομα του κάθε μαθηματικού συμβόλου (στα Ελληνικά και Αγγλικά), την περιγραφή του (στα Ελληνικά και Αγγλικά), την κατηγοριοποίησή καθώς και την εικόνα του. Επίσης έχει τη δυνατότητα παράθεσης παραδειγμάτων χρήσης του μαθηματικού συμβόλου. Η εφαρμογή λειτουργεί στη διεύθυνση <http://access.uoa.gr/MATH/> της Μονάδας Προσβασιμότητας του Πανεπιστημίου Αθηνών).

Η ολοκλήρωση της εργασίας αυτής θα βοηθήσει περισσότερα άτομα με πρόβλημα όρασης να έρθουν πιο κοντά στα μαθηματικά και σε κάθε άλλη επιστήμη που μπορεί να περιέχει μαθηματικά σύμβολα. Επίσης για ακόμα μεγαλύτερη διάδοσή της θα μπορούσαν να γίνουν κάποιες επεκτάσεις της διαδικυακής συλλογής. Μια πρώτη επέκταση είναι να μεταφραστεί η ιστοθέση και σε άλλες γλώσσες χωρών όπου έχει υιοθετηθεί ο κώδικας Nemeth. Ακόμη, κρίνουμε απαραίτητο να προστεθούν παραδείγματα χρήσης των συμβόλων μέσα σε μαθηματικές εξισώσεις, ώστε να γίνεται πιο ακριβής η επεξήγηση του συμβόλου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Ξενόγλωσσος όρος	Ελληνικός Όρος
Custom Fields	Προσαρμοσμένα πεδία
Product Categories	Κατηγορίες προϊόντων
Product Name	Όνομα προϊόντος
Alphabets	Αλφάβητα
Function names and their abbreviations	Ονόματα συναρτήσεων και συντομογραφίες τους
Spatial arrangements	Χωρικοί ρυθμιστές
Miscellaneous signs and symbols	Διάφορα σημάδια και σύμβολα
Arrows	Βέλη
Modifiers	Τροποποιητές
Fractions	Κλάσματα
Signs and symbols of comparison	Σημάδια και σύμβολα σύγκρισης
Signs and symbols of grouping	Σημάδια και σύμβολα ομαδοποίησης
Superscripts and subscripts	Αρχειοθέτες και δείκτες
Type forms	
Shapes	Σχήματα
Reference signs and symbols	Σημεία αναφοράς και σύμβολα
Numeric signs and symbols	Αριθμητικά σήματα και σύμβολα
Punctuation signs and symbols	Σημάδια στίξης και σύμβολα

Capitalization	Κεφαλοποίηση
Screen Reader	Αναγνώστης Οθόνης
Speech Synthesizer	Συνθέτης ομιλίας
American Physical Society	Ένωση Αμερικάνων Φυσικών
Presentation Tags	Ετικέτες παρουσίασης
Content Tag	Ετικέτα περιεχομένου
web browser	φυλλομετρητής
blogs	Μπλογκς
<u>server</u>	εξυπηρετητής
braille display	Οθόνη braille

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

LaTeX	
VirtueMart	
MathML	Mathematical Markup Language
XML	Extensible Markup Language
ΕΚΠΑ	Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
LPPL	LaTeX Project Public License
MySQL	
MS Word	Microsoft Word
DBT	Duxbury braille Translator
DAISY	Digital Accessible Information SYstem
UEB	Unified English braille
RSS	Rich Site Summary

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] <http://www.brailleauthority.org/mathscience/nemeth1972.pdf>
- [2] <http://www.gh-mathspeak.com/examples/NemethBook/>
- [3] <http://support.humanware.com/Site/Files/a/06cc20404d351cbaa2520fcd0d5adc3/d0d80c2a8e1344d9026b2b1261a070f2/The%20Nemeth%20Code%20Tutorial%20for%20the%20braille%20NoteTeacher%27s%20Reference.pdf>
- [4] <http://access.uoa.gr/Unit%20Instructions%20Files/braille%20Math%20Symbols.pdf>
- [5] <https://tech.aph.org/nemeth/>
- [6] <http://www.brl.org/codes/>
- [7] <http://www.w3.org/Math/>
- [8] <http://www.dessci.com/en/products/mathtype/>
- [9] <http://www.dessci.com/en/products/mathplayer/>
- [10] <https://www.mathjax.org/>
- [11] <http://tug.ctan.org/info/symbols/comprehensive/symbols-a4.pdf>
- [12] <https://tech.aph.org/nemeth/>
- [13] <http://www.gh-mathspeak.com/examples/NemethBook/>
- [14] <http://www.javatpoint.com/mathml-symbols>
- [15] <https://physicsgg.me/2013/12/16/%CE%B7-%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%AC-%CF%84%CE%BF%CF%85-abraham-nemeth/>
- [16] <http://www.ivo.gr/publications/day-of-vision.html>
- [17] Karl Franzens University of Graz, Αυστρία Πρόσβαση στις Σύγχρονες Υπηρεσίες των Βιβλιοθηκών για Τυφλούς και Μερικώς Βλέποντες Χρήστες (Access to the Modern Library Services for the Blind and Patrially Sighted People)
- [18] Γεώργιος Κουρουπέτρογλου, Ευάγγελος Φλωριάς: «Επιστημονικά σύμβολα κατά BRAILLE στον Ελληνικό χώρο» εκδόσεις ΚΕΝΤΡΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΥΦΛΩΝ, Αθήνα, 2003.
- [19] <http://health.in.gr/news/healthpolicies/article/?aid=1500107816>
- [20] Bourne RRA, Stevens GA, White RA, Smith JL, Flaxman SR, Price j, Jonas JB, Keeffe G, Leasher J, Naidoo K, Pesudovs K, Resnikoff S, Taylor HR, on behalf of the Vision Loss Expert Group (2013).
- [21] Liew G, Michaelides M, Bunce C (2014). A comparison of the causes of blindness certifications in England and Wales in working age adults (16–64 years), 1999–2000 with 2009–2010
- [22] http://www.catea.gatech.edu/scitrain/kb/FullText_Articles/Access2MathByBlindStudents.pdf
- [23] https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_operators_and_symbols_in_Unicode
- [24] Knuth, Donald (1986). *The TeX book*. Boston: Addison–Wesley, σελ. 1.
- [25] Η γλώσσα REVTeX από την Ένωση Αμερικάνων Φυσικών (αγγλ.)
- [26] Η γλώσσα στοιχειοθεσίας MikTeX (αγγλ.) <https://miktex.org/>
- [27] «MacTeX». <https://tug.org/mactex/>
- [28] An introduction to LaTeX". *LaTeX project*. Retrieved 18 April 2016.
- [29] Alexia Gaudeul (March 27, 2006). "Do Open Source Developers Respond to Competition?: The (La)TeX Case Study".

- [30] <http://latex-access.sourceforge.net/>
- [31] Στυλιανόπουλος Π. Κ. (1963). Μέθοδος Τυφλικής Γραφής, Β΄ Έκδοση, Αθήνα
- [32] <https://www.fte.org.gr/index.php/el/2014-02-03-13-52-25/2014-02-03-14-11-10>
- [33] "Flemish researcher (Tiene Nobels) develops braille computer mouse / Vlaamse onderzoekster (Tiene Nobels) ontwikkelt braillecomputermuis".
- [34] braille computer monitor - Patent 6700553
- [35] *Thorpe, Devin* (20 December 2016). "These 6 Women Undergrads At MIT Invented A Game Changer For The Blind"
- [36] Designing for screen reader compatibility"WebAIM
- [37] Coyier, Chris (29 October 2007). "Accessibility Basics: How Does Your Page Look To A Screen Reader?". CSS-Tricks. Retrieved 13 June 2016.
- [38] Sabine Tenta: *The Audible Gate to the World: The West German Audio Book Library for the Blind* (Goethe-Institut, 2009) online (**English**) retrieved 26-May-2012
- [39] Ask-it: A5.5.3: Examples of best practices of design for all.
- [40] <http://www.daisy.org/daisy-standard>
- [41] George Kerscher: "[DAISY is](#)", December 2003.
- [42] <http://www.buttercupreader.net/>
- [43] Specifications for the Digital Talking Book.
- [44] Ανδρέας Κ. Ανδρέου <http://library.ucy.ac.cy/>
- [45] ΠΕΑ Πανελλήνια ένωση αμφιβληστροειδών
[\(http://www.retina.gr/books/%CE%AD%CE%BD%CF%84%CF%85%CF%80%CE%BF-27-%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B3%CE%AD%CE%BD%CE%B5%CE%B9%CE%B1-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%AC%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%B1-%CE%BC%CE%B5-%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B2%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%8C%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B7%CF%82\)](http://www.retina.gr/books/%CE%AD%CE%BD%CF%84%CF%85%CF%80%CE%BF-27-%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B3%CE%AD%CE%BD%CE%B5%CE%B9%CE%B1-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%AC%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%B1-%CE%BC%CE%B5-%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B2%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%8C%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B7%CF%82)
- [46] Φάρος Τυφλών της Ελλάδος [Φ. Τ. Ε] (<https://www.fte.org.gr/index.php/el/2014-02-03-13-52-25/2014-02-03-14-11-36>)
- [47] Κατευθυντήριες γραμμές για τον σχεδιασμό μιας βέλτιστης Διεθνούς βοηθητικής γλώσσας — Άρθρο από τον Richard K. Harrison.
- [48] Ο ρόλος μιας Διεθνούς βοηθητικής γλώσσας —άρθρο του γλωσσολόγου *Edward Sapir*
- [49] [OneTongue.com](#) — Ένα πρόγραμμα για την προώθηση μιας παγκόσμιας βοηθητικής γλώσσας.
- [50] <http://access.uoa.gr/nemeth/>

- [51] Knuth, Donald (1986). *The TeX book*. Boston: Addison–Wesley, σελ. 1.
- [52] Η γλώσσα REVTeX από την Ένωση Αμερικάνων Φυσικών (αγγλ.)
- [53] Η γλώσσα στοιχειοθεσίας MiKTeX (αγγλ.) <https://miktex.org/>
- [54] «MacTeX». <https://tug.org/mactex/>
- [55] An introduction to LaTeX". *LaTeX project*.
- [56] Alexia Gaudeul (March 27, 2006). "Do Open Source Developers Respond to Competition?: The (La)TeX Case Study".
- [57] The design of LaTeX owes something to earlier markup systems such as Scribe.
- [58] Σύγχρονες Γλώσσες Σήμανσης του Διαδικτύου. Αναπαράσταση Μαθηματικών κειμένων στο διαδίκτυο. Η Γλώσσα MathML (Γιώργος Χρ. Μακρής)
- [59] <https://www.joomla.org/>
- [60] <http://www.joomlafans.gr/>
- [61] <https://www.joomla.gr/>
- [62] Γ. Κουρουπέτρογλου, Π. Ρήγα: "Μετατροπή Μαθηματικών-σε-Ομιλία για παραγωγή Ψηφιακών Ακουστικών Βιβλίων στην Ελληνική Γλώσσα" Πρακτικά 8ου Συνεδρίου "ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2016", Αθήνα, 3-4 Οκτωβρίου 2016, Ελληνικό Ινστιτούτο Ακουστικής
- [63] A Direct T_EX-to-braille Transcribing Method (Andreas Papasalouros, Antonis Tsolomitis)
- [64] «Usage of content management systems for websites». W3Techs.
- [65] <http://www.daisy.org/daisy-3>
- [66] <https://en.wikipedia.org/wiki/MathType>
- [67] <https://en.wikipedia.org/wiki/VirtueMart>
- [68] "The Nemeth Braille Code for Mathematics and Science Notation 1972 Revision", American Printing House for the blind, 1987
<http://www.brailleauthority.org/mathscience/nemeth1972.pdf>
- [69] ΕΡΜΟΦΙΛΟΣ "Ψηφιακές Υπηρεσίες Προσβάσιμων Ακαδημαϊκών Συγγραμμάτων για Φοιτητές με Αναπηρία" <http://access.uoa.gr/ERMOFILOS/>
- [70] Γ. Κουρουπέτρογλου, Η. Κασογι και Π. Ρήγα: "Αυτόματη Ακουστικοποίηση Μαθηματικών Εκφράσεων στην Ελληνική Γλώσσα", Πρακτικά 8ου Συνεδρίου "ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2016", Αθήνα, 3-4 Οκτωβρίου 2016, Ελληνικό Ινστιτούτο Ακουστικής
- [71] P. Riga, G. Kouroupetroglou, P. Ioannidou "An Evaluation Methodology of Math-to-Speech in Non-English DAISY Digital Talking Books" Lecture Notes in Computer Science, Vol 9758, pp 27-34, 2016
- [72] <http://www.inftyreader.org/>
- [73] K. Fellbaum and G. Kouroupetroglou: "Principles of Electronic Speech Processing with Applications for People with Disabilities", Journal Technology and Disability, Vol. 20, No 2, pp 55-85, 2008,
- [74] D. Freitas and G. Kouroupetroglou: "Speech Technologies for Blind and Low Vision Persons", Journal Technology and Disability, Vol. 20, No 2, pp 135-156, 2008,

[75] Γ. Κουρουπέτρογλου: "Τι σημαίνει προσβασιμότητα για τα ψηφιακά ακουστικά βιβλία", 2011
<http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=272129>