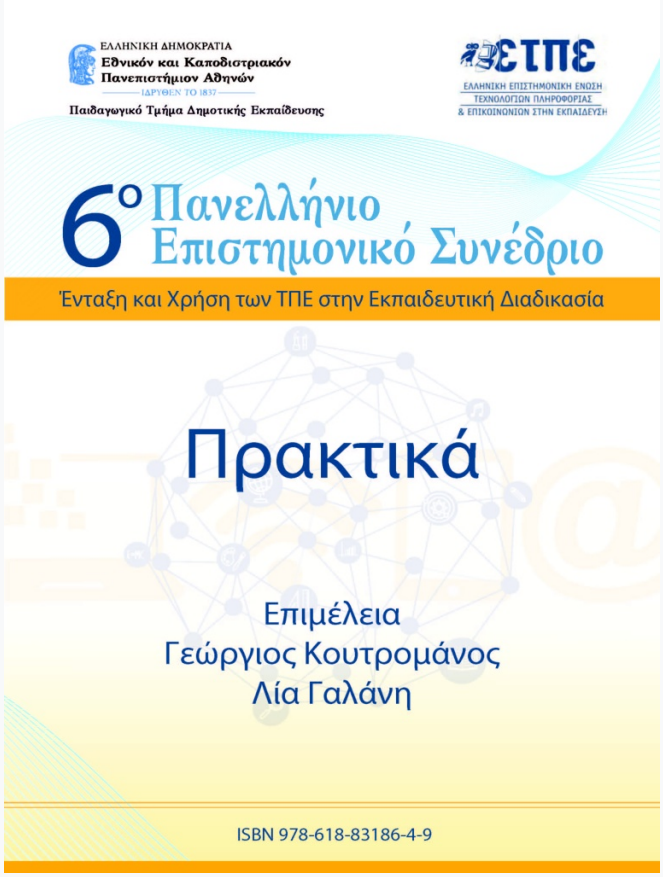
ePublishing

# Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2019)

6ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»




## Πλαίσιο για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη μικροπειραμάτων μαθηματικών

*Χρόνης Κυνηγός, Μαριάνθη Γριζιώτη, Μαρία Λάτση, Βαγγέλης Φακούδης*

**Βιβλιογραφική αναφορά:**

Κυνηγός Χ., Γριζιώτη Μ., Λάτση Μ., & Φακούδης Β. (2022). Πλαίσιο για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη μικροπειραμάτων μαθηματικών. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 272–283. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/3648

# Πλαίσιο για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη μικροπειραμάτων μαθηματικών

**Χρόνης Κυνηγός, Μαριάνθη Γριζιώτη, Μαρία Λάτση, Βαγγέλης Φακούδης**
kynigos@ppp.uoa.gr, mgriziot@ppp.uoa.gr, mlatsi@ppp.uoa.gr, fakoudis@sch.gr
Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, ΕΚΠΑ & ΙΤΥΕ Διόφαντος

## Περίληψη

Στο παρόν άρθρο παρουσιάζουμε ένα πλαίσιο για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη μικροπειραμάτων μαθηματικών, δηλαδή ψηφιακών δομημάτων που στοχεύουν στη διερεύνηση μιας εστιασμένης έννοιας μαθηματικών μέσα από την κατασκευή και τον πειραματισμό με πολλαπλές αναπαραστάσεις και μοντέλα. Ο σχεδιασμός μικροπειραμάτων ακολουθεί μια πορεία τριών σταδίων (layers) κατά την οποία αναπτύσσονται και αξιολογούνται ψηφιακά δομήματα διαβαθμισμένης εστίασης σε επιλεγμένες γνωστικές περιοχές μαθηματικών. Ακολουθώντας αυτό το πλαίσιο αναπτύχθηκαν 9 εστιασμένα συγγραφικά εργαλεία και 1600 μικροπειράματα μαθηματικών στα πλαίσια της δράσης εμπλουτισμού των σχολικών βιβλίων των έργων Ψηφιακό Σχολείο 1 και Ψηφιακό Σχολείο 2.

**Λέξεις κλειδιά:** Μικροπείραμα, Φωτόδεντρο, Κατασκευή για όλους, Ημι-διαφανή δομήματα

## Εισαγωγή

Ο σχεδιασμός ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων που αξιοποιούν και συνδυάζουν νέες τεχνολογίες και ταυτόχρονα προσφέρουν πρόσθετη παιδαγωγική αξία, αποτελεί μια συνεχή πρόκληση του τομέα της εκπαιδευτικής τεχνολογίας. Από τη μια, διαδικασίες όπως η κατασκευή, το «μαστόρεμα», η διασκευή και ο διαμοιρασμός ψηφιακών δομημάτων προσδίδουν στη μαθησιακή διαδικασία ένα πλαίσιο με προσωπικό νόημα για τους μαθητές ενώ ενισχύουν την ενεργή χρήση της τεχνολογίας ως μέσο έκφρασης ιδεών, διερεύνησης και νοηματοδότησης εννοιών. Από την άλλη, η πρόσβαση στις λειτουργικότητες ενός ψηφιακού δομήματος ενθαρρύνει τον ρόλο του εκπαιδευτικού ο οποίος αποκτά τη δυνατότητα επέμβασης και παραμετροποίησης του μαθησιακού αντικειμένου ανάλογα με τις ανάγκες των μαθητών του. Ο ανοικτός σχεδιασμός αντικειμένων που υποστηρίζουν την κατασκευή και τη διασκευή τους από τον χρήστη συνάδει και με την καλλιέργεια υπολογιστικού αλφαβητισμού, δηλαδή την ανάπτυξη υπολογιστικών δεξιοτήτων και συμπεριφορών απαραίτητων για τη σημερινή κοινωνία (diSessa, 2000; Grover & Pea, 2018).

Όμως, ένα εκπαιδευτικό λογισμικό που η παιδαγωγική αξιοποίηση του βασίζεται αποκλειστικά στην ελεύθερη κατασκευή συνήθως απαιτεί μεγάλο χρόνο εκμάθησης και εξοικείωσης. Επιπλέον, το μεγάλο εύρος δυνατοτήτων σχεδιασμού που συνήθως προσφέρουν τα λογισμικά κατασκευής, μπορεί να δυσκολεύει μαθητές και εκπαιδευτικούς να εστιάσουν στη διερεύνηση συγκεκριμένων εννοιών μιας γνωστικής περιοχής. Τα ζητήματα αυτά είναι ακόμη πιο εμφανή σε περιπτώσεις σχεδιασμού μαθησιακών αντικειμένων για χρήση ευρείας κλίμακας όπως αυτά των εμπλουτισμένων σχολικών βιβλίων και του εθνικού συσσωρευτή εκπαιδευτικού περιεχομένου «Φωτόδεντρο» (Μεγάλου & Κακλαμάνης, 2018).

Για την αντιμετώπιση του παραπάνω διλήμματος η ομάδα του Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας ανέπτυξε το «πλαίσιο για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη μικροπειραμάτων». Με τον όρο «μικροπείραμα» (micro-experiment) αναφερόμαστε σε ένα ψηφιακό δόμημα που προσομοιώνει μια εστιασμένη σε συγκεκριμένες έννοιες (π.χ.

Γ. Κουτρομάνος, Λ. Γαλάνη (επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 6ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία», σ. 272-283, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 18-20 Οκτωβρίου 2019. ISBN 978-618-83186-4-9.

μαθηματικών) πειραματική διάταξη προσκαλώντας τον χρήστη να διεξαγάγει το πείραμα και να εμπλακεί στην πειραματική διεργασία (Κυνηγός & Διαμαντίδης, 2014). Ένα μικροπείραμα συνήθως ξεκινά από μια εστιασμένη ερώτηση ή ένα πρόβλημα με επιμέρους κλειστές ερωτήσεις και καταλήγει σε μια ερώτηση ανοιχτού τύπου που προωθεί την περαιτέρω διερεύνηση με τα διαθέσιμα εργαλεία.

Το πλαίσιο που παρουσιάζεται στο παρόν άρθρο αποτελείται από 10 βήματα τα οποία περιγράφουν την σχεδίαση και ανάπτυξη μικροπειραμάτων μέσα από 3 επίπεδα σχεδιασμού διαβαθμισμένης εστίασης στην εκάστοτε γνωστική περιοχή. Το πρώτο επίπεδο αφορά την επιλογή ή ανάπτυξη μιας μηχανής σχεδιασμού που προσφέρει τα κατάλληλα εργαλεία κατασκευής μαθησιακών αντικειμένων για πολλές γνωστικές περιοχές. Το δεύτερο επίπεδο περιλαμβάνει την ανάπτυξη ψηφιακών συγγραφικών εργαλείων (πρότυπα) από τις μηχανές σχεδιασμού τα οποία εστιάζουν σε μια συγκεκριμένη γνωστική περιοχή (π.χ. αριθμητική) και λειτουργούν ως πρότυπα για την ανάπτυξη μικροπραμάτων για έννοιες της περιοχής αυτής. Τέλος, το τρίτο επίπεδο αφορά τον σχεδιασμό μιας σειράς μικροπειραμάτων από ένα πρότυπο, κάθε ένα από τα οποία εστιάζει σε συγκεκριμένες έννοιες της γνωστικής περιοχής.

Η ανάπτυξη του πλαισίου σχεδιασμού βασίστηκε σε τρεις θεωρητικούς άξονες με στόχο τη διασφάλιση της ποιότητας των μαθησιακών αντικειμένων, αλλά και της προώθησης της κατασκευής και της ενεργής εμπλοκής μαθητών και εκπαιδευτικών με τον σχεδιασμό.

## Θεωρητικοί άξονες

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται οι τρεις άξονες στους οποίους βασίστηκε το «πλαίσιο για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη μικροπειραμάτων»: α) Προώθηση της κατασκευής για όλους, β) Βαθύτερη πρόσβαση στις λειτουργικότητες και γ) Καλλιέργεια υπολογιστικής σκέψης.

### *Προώθηση της κατασκευής για όλους*

Ο πρώτος άξονας αφορά την δυνατότητα για κατασκευή και σχεδιασμό από τους χρήστες. Τα μικροπειράματα, τα πρότυπα και οι μηχανές σχεδιασμού σχεδιάζονται με έμφαση σε εποικοδομητικές προσεγγίσεις αξιοποίησης της ψηφιακής τεχνολογίας με στόχο να ενισχυθεί η μάθηση μέσα από την ενεργή εμπλοκή των μαθητών, την έκφραση ιδεών και την κατασκευή (Kynigos, 2015). Αυτό επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση λειτουργικοτήτων και εργαλείων που επιτρέπουν την ανακάλυψη, την έκφραση και την κατασκευή νοημάτων από τους μαθητές και παράλληλα δίνουν σε όλους τους χρήστες δυνατότητες διασκευής και επανασχεδιασμού της δραστηριότητας. Μαθητές και εκπαιδευτικοί μπορούν να μπουν στο ρόλο του σχεδιαστή ή του διασκευαστή και να δημιουργήσουν τα δικά τους ψηφιακά δομήματα, είτε αλλάζοντας τα υπάρχοντα μικροπειράματα είτε σχεδιάζοντας νέα χρησιμοποιώντας τα πρότυπα και τις μηχανές σχεδιασμού (Hoyles, 2005).

Δίνοντας τη δυνατότητα σε όλους τους χρήστες να επέμβουν στο μαθησιακό αντικείμενο και να εκφράσουν τις δικές τους ιδέες, προωθείται η έννοια της συλλογικής κατασκευής και διαμοιρασμού ψηφιακών δομημάτων (Papert, 1980; Kafai & Resnick 2012) . Από τη μια οι εκπαιδευτικοί ενθαρρύνονται να ανασχεδιάσουν και να προσαρμόσουν τα μαθησιακά αντικείμενα ώστε να ταιριάζουν στις ανάγκες τους. Από την άλλη οι μαθητές μπορούν να επεξεργαστούν, να διερευνήσουν και να σχεδιάσουν πολλαπλά μοντέλα και αναπαραστάσεις εννοιών, που θα τους επιτρέψουν να εκφράσουν και να κατασκευάσουν προσωπικά νοήματα για τις έννοιες αυτές.

Σε αυτό το πλαίσιο, το μαθησιακό αντικείμενο δεν έχει τη μορφή ενός αδιαμφισβήτητου και αμετάβλητου κλειστού δομήματος, αλλά γίνεται ένα δυναμικό κατασκεύασμα στο οποίο

ο καθένας μπορεί να εφαρμόσει μικρές ή μεγάλες αλλαγές και να δημιουργήσει τη δική του, έκδοση. Γίνεται δηλαδή ένα «ζωντανό» αντικείμενο το οποίο εξελίσσεται, τροποποιείται, ανασκευάζεται και διαμοιράζεται μεταξύ εκπαιδευτικών και μαθητών.

### *Βαθύτερη πρόσβαση στις λειτουργικότητες*

Ο δεύτερος άξονας είναι η βαθιά πρόσβαση στις λειτουργικότητές του αντικειμένου με τρόπο προσιτό για όλους. Ένα ζήτημα που προκύπτει συχνά κατά τον σχεδιασμό μαθησιακών αντικειμένων είναι ο βαθμός πρόσβασης και παραμετροποίησης που δίνεται στους χρήστες και ο τρόπος με τον οποίο αυτός υλοποιείται. Εφόσον θεωρούμε την εκπαιδευτική τεχνολογία ένα μέσο ενίσχυσης της κατασκευής και της έκφρασης ιδεών, αυτό συνεπάγεται ότι θα είναι ανοιχτή για τροποποιήσεις. Όμως ο σχεδιασμός ενός ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου ως 'άσπρο κουτί', που η χρήση του δηλαδή θα απαιτεί πλήρης πρόσβαση και επέμβαση στη δομή του (Eisenberg, 1995), είναι ιδιαίτερα δύσκολο να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις μαζικής διάθεσης του αντικειμένου σε ευρεία κλίμακα (π.χ. διαδικτυακά σε εθνικό επίπεδο), κυρίως λόγο έλλειψης του χρόνου, και συχνά της διάθεσης που απαιτείται από τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές ώστε να εξοικειωθούν με τις λειτουργικότητες επεξεργασίας, σχεδιασμού και κατασκευής με την εκάστοτε τεχνολογία. Ως αποτέλεσμα, τα εκπαιδευτικά λογισμικά ευρείας κλίμακας συνήθως ακολουθούν την προσέγγιση του 'μαύρου κουτιού' όπου ο σχεδιαστής αποκρύπτει πλήρως τη δομή του αντικειμένου και ο χρήστης αλληλεπιδρά μόνο με τη διεπαφή στην οποία δεν μπορεί να επέμβει. Αυτός ο σχεδιασμός οδηγεί σε παθητική χρήση της τεχνολογίας που έρχεται σε αντίθεση με τις αρχές της κονστρακτιονιστικής μάθησης και περιορίζει τα οφέλη που η κατασκευή και ο σχεδιασμός μπορεί να έχουν τόσο για τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτικούς.

Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, ακολουθούμε την προσέγγιση του «μαύρου και άσπρου κουτιού» (Kynigos, 2004), δηλαδή του σχεδιασμού ημιδιαφανών δομημάτων, σύμφωνα με την οποία ο σχεδιαστής δίνει στον χρήστη βαθιά πρόσβαση σε ορισμένα στοιχεία της δομής του αντικειμένου μέσα από υπολογιστικά εργαλεία υψηλού επιπέδου τα οποία δεν απαιτούν εξειδικευμένες τεχνολογικές γνώσεις. Ο σχεδιαστής επιλέγει ποια στοιχεία έχει νόημα να είναι ανοιχτά για επεξεργασία και ποια χρειάζεται να αποκρύψει και στη συνέχεια αναπτύσσει και συνδυάζει τα κατάλληλα εργαλεία για να κάνει τα στοιχεία αυτά προσβάσιμα από όλους. Η ενσωμάτωση εργαλείων, όπως π.χ. μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου (π.χ. Logo, Python, Blockly), μια διαδραστική βάση δεδομένων, μια διεπαφή παραμετροποίησης ή ένας επεξεργαστής τρισδιάστατων μοντέλων, μπορεί να δώσει σε όλους τους χρήστες βαθιά πρόσβαση στις λειτουργίες του ψηφιακού περιβάλλοντος.

Ακολουθώντας τον παραπάνω άξονα σχεδιασμού, δίνουμε τη δυνατότητα στον χρήστη να επέμβει στη δομή του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου στο βαθμό που ο ίδιος επιθυμεί. Για παράδειγμα μαθητές και εκπαιδευτικοί μπορούν να αξιοποιήσουν τα ενσωματωμένα εργαλεία στο περιβάλλον ενός μικροπειράματος, είτε για να διερευνήσουν και να πειραματιστούν με συγκεκριμένες έννοιες, είτε για να αλλάξουν στοιχεία του μικροπειράματος, είτε για να κατασκευάσουν μια διασκευή του κ.ο.κ.

### *Καλλιέργεια υπολογιστικής σκέψης*

Ο τρίτος άξονας είναι η προώθηση της καλλιέργειας της υπολογιστικής σκέψης μέσα από την εμπλοκή των μαθητών με τα μικροπειράματα μαθηματικών. Η υπολογιστική σκέψη περιλαμβάνει ένα σύνολο από έννοιες, δεξιότητες και συμπεριφορές που προέρχονται από την επιστήμη των υπολογιστών, αλλά εφαρμόζονται σε ένα μεγάλο εύρος επιστημών καθώς και στην καθημερινή ζωή του 21ου αιώνα (Wing, 2006). Δεξιότητες υπολογιστική σκέψεις είναι

μεταξύ άλλων η αποδόμηση ενός προβλήματος, η αφαιρετική σκέψη, η αποσφαλμάτωση, η γενίκευση μιας λύσης και η αναγνώριση μοτίβων μεταξύ παρόμοιων προβλημάτων (Grover & Pea, 2018). Η υπολογιστική σκέψη θεωρείται απαραίτητο εφόδιο των σημερινών μαθητών που μπορεί να καλλιεργηθεί όχι μόνο στα στενά όρια της επιστήμης των υπολογιστών, αλλά μέσα από ένα σύνολο γνωστικών αντικείμενων όπως τα μαθηματικά, η φυσική και η μηχανική.

Με την ενσωμάτωση των κατάλληλων υπολογιστικών λειτουργικοτήτων σε ένα ψηφιακό περιβάλλον η ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης μπορεί να αποτελέσει κομμάτι της διερεύνησης μαθηματικών εννοιών και προβλημάτων. Ως προς αυτόν τον άξονα, το παρόν πλαίσιο σχεδιασμού μαθησιακών αντικείμενων εστιάζει στον προσδιορισμό των λειτουργικοτήτων και των αναπαραστάσεων και στον σχεδιασμό της ζητούμενης διεπαφής ώστε να συνυφαίνονται δεξιότητες νοηματοδότησης μαθηματικών και υπολογιστικών εννοιών. Για παράδειγμα, στα μικροπειράματα που έχουν δημιουργηθεί με τη μηχανή σχεδιασμού MaLT2 αυτό επιτυγχάνεται συνδυάζοντας το δυναμικό χειρισμό τρισδιάστατων μοντέλων με τον προγραμματισμό σε γλώσσα Logo και τα τρισδιάστατα γραφικά . Οι μαθητές χρησιμοποιώντας αυτές τις λειτουργικότητες για να κάνουν μαθηματικά, ενδέχεται παράλληλα να ανακαλύψουν και να αναπτύξουν δεξιότητες υπολογιστικής σκέψης όπως η αναγνώριση και η γενίκευση μοτίβων στα τρισδιάστατα γραφικά και η αφαιρετική σκέψη στο δυναμικό χειρισμό μεταβλητών (Latsi & Kynigos, 2011; Kynigos & Grizioti, 2018). Στα παιχνίδια-μικροπειράματα που αναπτύχθηκαν στη μηχανή σχεδιασμού ChoiCo ο μαθητής μπορεί να διερευνήσει και να επεξεργαστεί μαθηματικές έννοιες του παιχνιδιού με τη χρήση μιας βάσης δεδομένων, μιας οπτικής γλώσσας προγραμματισμού και ενός εργαλείου επεξεργασίας χαρτών (Grizioti & Kynigos, 2018). Αντίστοιχοι σχεδιασμοί στα άλλα πρότυπα επιτρέπουν τον πειραματισμό, τη διερεύνηση και την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων μέσα από τη χρήση συνυφασμένων υπολογιστικών λειτουργικοτήτων όπως η μοντελοποίηση, η κατασκευή τρισδιάστατων αντικειμένων, η περιήγηση στον χώρο, ο προγραμματισμός και η χρήση διαψεύσιμων ή «μισοψημένων» αντικειμένων (Kynigos, 2007).

### *Πλαίσιο σχεδιασμού μικροπειραμάτων*

Με βάση τους τρεις παραπάνω άξονες αναπτύξαμε ένα πλαίσιο σχεδιασμού το οποίο περιγράφει τη διαδικασία ανάπτυξης μιας σειράς ψηφιακών αντικειμένων για μια γνωστική περιοχή ενός μαθησιακού αντικειμένου μέσα από 10 βήματα σχεδιασμού, εφαρμογής και αξιολόγησης. Το πλαίσιο αυτό στοχεύει στη διασφάλιση της ποιότητας και της καταλληλόλητας σε περιπτώσεις που απαιτείται η ανάπτυξη μεγάλου αριθμού ψηφιακών αντικειμένων τα οποία καλύπτουν σημαντικό εύρος του γνωστικού αντικειμένου. Παρ' ότι το πλαίσιο δημιουργήθηκε αρχικά για το αντικείμενο μαθηματικών έχει διατυπωθεί με γενικευμένο τρόπο ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλα γνωστικά αντικείμενα.

Στη συνέχεια περιγράφονται τα 10 βήματα του πλαισίου σχεδιασμού μικροπειραμάτων.

1. Επιλογή περιοχής εννοιών του γνωστικού πεδίου που έχουν αναγνωριστεί ως δυσνόητες, ενώ η νοηματοδότηση και ικανότητα χρήσης τους μπορεί να ενισχυθεί με εμπειρική εμπλοκή με εκφραστικά, εποικοδομητικά ψηφιακά δομήματα (π.χ. αριθμητικές πράξεις, εμβαδό, στερεομετρία κ.λπ.).
2. Επιλογή μιας διαδικτυακής **μηχανής σχεδιασμού** ανοικτού κώδικα για την ανάπτυξη κατάλληλων δομημάτων για το σκοπό αυτό.
3. Σχεδίαση και ανάπτυξη **ψηφιακού συγγραφικού δομήματος (πρότυπο)** για μια περιοχή εννοιών, με έμφαση σε γνωστικές και εποικοδομητικές προσεγγίσεις αξιοποίησης της ψηφιακής τεχνολογίας όπως η παροχή αλληλεξαρτώμενων πολλαπλών αναπαραστάσεων, λειτουργικοτήτων που υποστηρίζουν τη μαθηματική

διερευνητική δραστηριότητα και την καλλιέργεια του αναστοχασμού. Το πρότυπο σχεδιάζεται ώστε να είναι περισσότερο εστιασμένο και προσβάσιμο από την μηχανή σχεδιασμού και ταυτόχρονά να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως 'καλούπι' για την ανάπτυξη διαφορετικών μικροπειραμάτων, που το καθένα θα εστιάζει σε μια συγκεκριμένη έννοια της γνωστικής περιοχής.

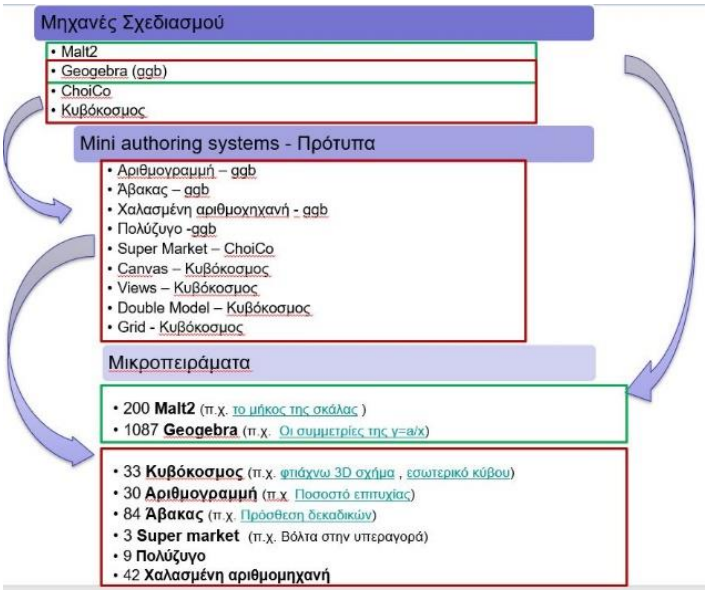
4. Προσδιορισμός των αναπαραστάσεων του προτύπου και σχεδιασμός της ζητούμενης διεπαφής και σκοπιμότητας του ρόλου του μαθητή ως χρήστη ώστε να συνυφαίνονται δεξιότητες νοηματοδότησης μαθηματικών και υπολογιστικών εννοιών (π.χ. δυναμικός χειρισμός ψηφιακών αντικειμένων, προγραμματισμός, διαχείριση δεδομένων, αξιοποίηση ανάδρασης). Οι αναπαραστάσεις καλύπτουν το φάσμα της γνωστικής περιοχής (π.χ. αριθμητική) και όχι μόνο μια συγκεκριμένη έννοια.
5. Προσδιορισμός των λειτουργικοτήτων πρόσβασης του προτύπου με σκοπό την ανάπτυξη εστιασμένων μικροπειραμάτων από την ομάδα σχεδιασμού. Στόχος είναι οι λειτουργικότητες αυτές να επιτρέπουν στον μελλοντικό χρήστη (εκπαιδευτικό, μαθητή, ερευνητή) να τροποποιήσει στοιχεία του κάθε μικροπειράματος ανάλογα με τις ανάγκες του, καθώς και να χρησιμοποιήσει το 'κενό' πρότυπο για τον σχεδιασμό νέων μικροπειραμάτων.
6. Σχεδιασμός και ανάπτυξη **μικρού αριθμού μικροπειραμάτων** με το πρότυπο.
7. Διαδοχικοί κύκλοι ελέγχου και εσωτερικής/διαμορφωτικής αξιολόγησης του προτύπου και των αρχικών μικροπειραμάτων και αντίστοιχες τροποποιήσεις με κριτήρια τους τρεις θεωρητικούς άξονες.
8. Συμπερασματική εσωτερική αξιολόγηση.
9. Δειγματική εξωτερική αξιολόγηση.
10. Ανάπτυξη **πλήρους σειράς μικροπειραμάτων** για μια γνωστική περιοχή με χρήση του προτύπου.

Το παραπάνω πλαίσιο στοχεύει να διασφαλίσει την ποιότητα της τελικής σειράς μικροπειραμάτων καθώς ο σχεδιασμός και η ανάπτυξή τους ολοκληρώνονται σε τρία επιμέρους επίπεδα (Εικόνα 1). Στο κάθε επίπεδο πραγματοποιείται ανάλυση των αναγκών, επιλογή και υλοποίηση των απαραίτητων λειτουργικοτήτων και αξιολόγηση του παραγόμενου ψηφιακού δομήματος από την ομάδα ανάπτυξης.

Στο πρώτο επίπεδο επιλέγεται ή αναπτύσσεται μια μηχανή σχεδιασμού η οποία παρέχει τα κατάλληλα εργαλεία για την ανάπτυξη ψηφιακών προτύπων (templates) που θα επιτρέπουν με τη σειρά τους την ανάπτυξη σειράς μικροπειραμάτων για τις ανάγκες μιας γνωστικής περιοχής. Παραδείγματα διαδικτυακών μηχανών σχεδιασμού οι οποίες ακολουθούν τους τρεις άξονες του πλαισίου είναι το περιβάλλον προγραμματισμού τρισδιάστατων δυναμικών μοντέλων Malt2, το εργαλείο σχεδιασμού ψηφιακών παιχνιδιών προσομοίωσης ChoiCo και το λογισμικό δυναμικής γεωμετρίας "Geogebra". Οι μηχανές σχεδιασμού προσφέρουν τα απαραίτητα εργαλεία για την ανάπτυξη εστιασμένων ψηφιακών δομημάτων. Συνήθως μια μηχανή σχεδιασμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί από έμπειρους εκπαιδευτικούς ή ειδικούς του μαθησιακού αντικειμένου αλλά ενδέχεται να δυσκολέψει έναν μαθητή ή εκπαιδευτικό χωρίς τις απαραίτητες τεχνικές γνώσεις (π.χ. γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, σχεδιασμός γραφικών).

Στο δεύτερο επίπεδο (βήματα 3-5), αναπτύσσεται ένα πρότυπο (template) από τη μηχανή σχεδιασμού για την εξασφάλιση πρόσβασης στον σχεδιασμό από όλους τους χρήστες αλλά και για τη διασφάλιση της ποιότητας των τελικών μικροπειραμάτων. Το πρότυπο είναι ένα ψηφιακό συγγραφικό δόμημα εστιασμένο σε μια γνωστική περιοχή, το οποίο ενσωματώνει λειτουργικότητες που επιτρέπουν την κατασκευή μικροπειραμάτων για έννοιες αυτής της περιοχή (π.χ. αφαίρεση, πρόσθεση). Δεν αποτελεί μαθησιακό αντικείμενο αλλά ένα ενδιάμεσο

βήμα για τον τελικό σχεδιασμό ενός εστιασμένου μικροπειράματος. Πρόκειται δηλαδή για ένα **καλούπι** που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό διαφορετικών μικροπειραμάτων συγκεκριμένου τύπου.



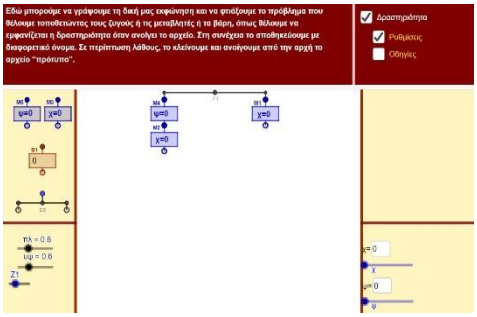

**Εικόνα 1. Ανάπτυξη μικροπειραμάτων σε τρία επίπεδα (layers)**

Για παράδειγμα τα πρότυπα «Άβακας» και «Πολύζυγο» αναπτύχθηκαν με τη μηχανή σχεδιασμού "Geogebra" και εστιάζουν στις γνωστικές περιοχές της αριθμητικής και των εξισώσεων αντίστοιχα (Εικόνα 2). Το κάθε πρότυπο χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή ενός αριθμού μικροπειραμάτων για έννοιες της εκάστοτε γνωστικής περιοχής (π.χ. μεταβλητή, πολλαπλασιασμός, δεκαδικό σύστημα) (Εικόνα 1).

Η χρήση του προτύπου δίνει τη δυνατότητα στους μελλοντικούς χρήστες να επέμβουν στο κάθε μικροπείραμα και να το τροποποιήσουν (π.χ. να αλλάξουν τον αρχικό αριθμό των στηλών του άβακα σε ένα μικροπείραμα για τον πολλαπλασιασμό). Το πρότυπο δηλαδή αποτελεί το **ενδιάμεσο βήμα** μεταξύ της μηχανής σχεδιασμού, που είναι διευρυμένη ως προς τις λειτουργικότητες και απαιτεί ειδικές τεχνικές γνώσεις, και του τελικού εστιασμένου μικροπειράματος. Ακόμη, ο τρόπος με τον οποίο έχει σχεδιαστεί το πρότυπο επιτρέπει την άμεση παραγωγή μεγάλου αριθμού μικροπραμάτων με εξασφαλισμένη ποιότητα καθώς η ποιότητα του προτύπου έχει ήδη ελεγχθεί και διασφαλιστεί.

Στο τρίτο επίπεδο του πλαισίου σχεδιασμού (βήματα 6-10), το πρότυπο χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό ενός μικρού αριθμού αρχικών μικροπραμάτων τα οποία θα δοκιμαστούν και θα αξιολογηθούν οδηγώντας σε πιθανό επανασχεδιασμό του προτύπου. Μετά από διαδοχικούς κύκλους εσωτερικής και εξωτερικής αξιολόγησης και επανασχεδιασμού, ολοκληρώνεται η τελική έκδοση του προτύπου. Στο τελευταίο βήμα αναπτύσσεται η πλήρης σειρά μικροπειραμάτων, η ποιότητα των οποίων έχει διασφαλιστεί από τα προηγούμενα βήματα του πλαισίου σχεδιασμού.

**Άβακας** **Πολύζυγο**



**Εικόνα 2. Τα «κενά» πρότυπα «Άβακας» και «Πολύζυγο» που αναπτύχθηκαν με τη μηχανή σχεδιασμού Geogebra**

Σε ορισμένες περιπτώσεις ενδέχεται να παραληφθεί ο σχεδιασμός προτύπου και να σχεδιαστεί απευθείας από τη μηχανή σχεδιασμού ένας αριθμός μικροπειραμάτων που εστιάζουν σε συγκεκριμένες έννοιες. Πρόκειται για περιπτώσεις όπου α) το μικροπείραμα αποτελείται από εστιασμένα ερωτήματα, μοντέλα και αναπαραστάσεις που δεν μπορούν να αποτυπωθούν σε ένα γενικευμένο πρότυπο και β) η μηχανή σχεδιασμού προσφέρει τα κατάλληλα εργαλεία για κατασκευή και αξιολόγηση του συγκεκριμένου μικροπειράματος. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα μικροπειράματα αξιολογούνται ως αυτόνομα μαθησιακά αντικείμενα, ή ως ομάδες αντικειμένων με παρόμοια χαρακτηριστικά, ακολουθώντας τα βήματα 4 έως 9.

## Ανάπτυξη σειράς μικροπειραμάτων μαθηματικών

Αξιοποιώντας το παραπάνω πλαίσιο σχεδιασμού, η ομάδα μαθηματικών των έργων Ψηφιακό Σχολείο 1 και Ψηφιακό Σχολείο 2 (Μεγάλου & Κακλαμάνης, 2018) ανέπτυξε 1600 μικροπειράματα για γνωστικές περιοχές των μαθηματικών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Τα μικροπειράματα δημοσιεύθηκαν στο εθνικό συσσωρευτή εκπαιδευτικού περιεχομένου «Φωτόδεντρο»[1] και συνδέθηκαν με τα εμπλουτισμένα σχολικά βιβλία ως δραστηριότητες των αντίστοιχων κεφαλαίων.

Στο πρώτο βήμα η ομάδα σχεδιασμού μαθησιακών αντικειμένων μαθηματικών, επέλεξε 7 γνωστικές περιοχές από το ΑΠΣ των μαθηματικών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και από αυτές και από αυτές 150 περίπου έννοιες τις οποίες η Διδακτική των Μαθηματικών προσδιορίζει ως δυσνόητες και των οποίων η νοηματοδότηση μπορεί να διευκολυνθεί με την εμπειρική εμπλοκή σε εποικοδομιστικές δραστηριότητες. Στη συνέχεια επιλέχθηκαν 4 διαδικτυακές μηχανές σχεδιασμού εκ των οποίων οι 3 (malt2, Κυβόκοσμος, ChoiCo) έχουν αναπτυχθεί από την ομάδα του Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας με βάση τους τρεις άξονες σχεδιασμού εκπαιδευτικών λογισμικών που παρουσιάστηκαν. Η ομάδα σχεδιασμού αναδιαμόρφωσε τις λειτουργικότητες των τριών μηχανών ώστε να επιτρέπουν την ανάπτυξη προτύπων για μικροπειράματα μαθηματικών (π.χ. προσθήκη τυχαίας επίπτωσης στα παιχνίδια της μηχανής ChoiCo).

Κατόπιν ανέπτυξε 9 πρότυπα με τα οποία σχεδιάστηκαν 265 μικροπειράματα, ενώ σχεδίασε ακόμα 1300 μικροπειράματα απευθείας από τις μηχανές σχεδιασμού Malt2 και Geogebra (Εικόνα 1). Παράλληλα με την ανάπτυξή τους, πραγματοποιήθηκαν 3 έρευνες σχεδιασμού με

[1] http://photodentro.edu.gr/aggregator/

μαθητές, στις οποίες μελετήθηκαν οι διαδικασίες νοηματοδότησης εννοιών μαθηματικών και υπολογιστικής σκέψης μέσα από την εμπλοκή των μαθητών με συγκεκριμένα μικροπειράματα (Grizioti & Kynigos, 2018; Διαμαντίδης, Κυνηγός, & Γριζιώτη, 2015). Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι οι πολλαπλές αναπαραστάσεις και οι δυνατότητες διερεύνησης μέσω κατασκευής και προγραμματισμού ενίσχυσαν τη μαθησιακή διαδικασία και την έκφραση νοημάτων από τους μαθητές. Τα αποτελέσματα των ερευνών χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για τον επανασχεδιασμό των αρχικών μικροπειραμάτων και την ανάπτυξη ολόκληρης της σειράς.

Ακολουθεί μια συνοπτική παρουσίαση των μηχανών σχεδιασμού δίνοντας έμφαση στις λειτουργικότητες που ενσωματώνουν για κατασκευή και διερεύνηση και στην αξιοποίηση τους για την ανάπτυξη των προτύπων και των μικροπειραμάτων μαθηματικών.

**Πίνακας 1. Λίστα με τις μηχανές σχεδιασμού, τα πρότυπα και επιλεγμένα μικροπειράματα**

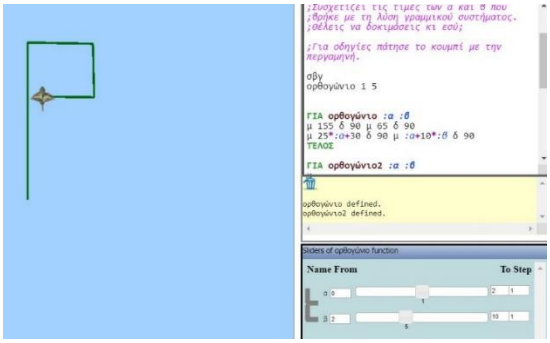
| Μηχανή σχεδιασμού | Πρότυπο | Μικροπείραμα (Παράδειγμα) | Περιοχή>έννοια |
|---|---|---|---|
| Malt2 [2] | - | Το μήκος της σκάλας http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/9519 | Άλγεβρα>Μεταβλητές |
| | | Βρες τη μυστηριώδη ιδιότητα http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/9701 | Τριγωνομετρία> Νόμος ημιτόνων |
| Geogebra 5.0. [3] | - | Κατασκευάζοντας σχήματα με άξονα συμμετρίας http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/1912 | Γεωμετρία> Συμμετρία ως προς άξονα |
| | Άβακας [4] | Προσθέτω μονάδες και δεκάδες http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/10589 | Αριθμητική>Πράξεις αριθμών |
| | Αριθμογραμμή[5] | Ο αριθμός στη μέση της αριθμογραμμής http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/10622 | Αριθμητική > Κλάσματα και Δεκαδικοί αριθμοί |
| | Χαλασμένη αριθμομηχανή[6] | Ο χαλασμένος υπολογιστής του Γιώργου http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/3967 | Αριθμητική>Πράξεις αριθμών |
| | Πολύζυγο | Το κλάσμα ως πηλίκο διαίρεσης http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/1921 | Αριθμητική > Κλάσματα και Δεκαδικοί αριθμοί |
| Κυβόκοσμος | Canvas [7] | Εσωτερικό ενός κύβου http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/4363 | Γεωμετρία > Κύβος |
| | Grid [8] | Χτίζοντας μια αυλή http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/4360 | Γεωμετρία > Στερεά σχήματα - ιδιότητες |
| | Double Model [9] | Συμπλήρωσε την κατασκευή http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/4132 | Γεωμετρία>Στερεά σχήματα |
| | Views [10] | Φτιάχνω το τριοδιάστατο σχήμα http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/4241 | Γεωμετρία > Στερεά σχήματα - ιδιότητες |
| ChoiCo [11] | Supermarket [12] | Ψωνίζοντας στο σούπερ μάρκετ http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/10854 | Αριθμητική > Πράξεις αριθμών |

[2] Malt2: http://etl.ppp.uoa.gr/malt2/
[3] Geogebra: https://www.geogebra.org/
[4] Άβακας Πρότυπο: http://etl.ppp.uoa.gr/avakas/template_avakas/
[5] Αριθμογραμμή Πρότυπο:http://etl.ppp.uoa.gr/numberline/template_numberline/
[6] Χαλασμένη αριθμομηχανή Πρότυπο: http://etl.ppp.uoa.gr/brokenCalculator/template/
[7] Canvas Πρότυπο: http://etl.ppp.uoa.gr/cubeworld/canvas/
[8] Grid Πρότυπο: http://etl.ppp.uoa.gr/cubeworld/grid_template/
[9] Double Model Πρότυπο: http://etl.ppp.uoa.gr/cubeworld/double_template/
[10] Views Πρότυπο: http://etl.ppp.uoa.gr/cubeworld/views_template/
[11] ChoiCo: http://etl.ppp.uoa.gr/choico
[12] Supermarket Πρότυπο: http://etl.ppp.uoa.gr/choico/?supermarket

Ο Πίνακας 1 περιλαμβάνει συνδέσμους για τις μηχανές, τα πρότυπα και για επιλεγμένα παραδείγματα μικροπειραμάτων από το αποθετήριο «Φωτόδεντρο».

## *Malt2*

Το malt2 (Εικόνα 3) είναι μια διαδικτυακή πλατφόρμα προγραμματισμού τρισδιάστατων δυναμικών αναπαραστάσεων. Το περιβάλλον του υποστηρίζει τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Logo για την κατασκευή μοντέλων σε μια σκηνή τριών διαστάσεων. Επιπλέον η λειτουργικότητα των μεταβολέων δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να χειριστεί δυναμικά τα μοντέλα που έχουν σχεδιαστεί στη σκηνή αλλάζοντας τις τιμές των παραμέτρων τους. Τα 221 μικροπειράματα που αναπτύξαμε με το malt2 καλούν τους μαθητές να αξιοποιήσουν και τις τρεις αυτές λειτουργικότητες ώστε να διερευνήσουν μαθηματικές και υπολογιστικές έννοιες.




**Εικόνα 3. Στιγμιότυπο από το μικροπείραμα «χαλασμένο ορθογώνιο» που σχεδιάστηκε με τη μηχανή σχεδιασμού "malt2", http://etl.ppp.uoa.gr/malt2**

## *Geogebra*

Το Geogebra αποτελεί ένα λογισμικό μαθηματικών που επιτρέπει τον σχεδιασμό διαδραστικών αναπαραστάσεων και μοντέλων για ένα μεγάλο εύρος γνωστικών περιοχών. Στο πλαίσιο ανάπτυξης μαθησιακών αντικειμένων μαθηματικών χρησιμοποιήσαμε τη μηχανή σχεδιασμού Geogebra για την ανάπτυξη τεσσάρων εστιασμένων συγγραφικών εργαλείων (προτύπων) με τα οποία σχεδιάσαμε 165 μικροπειράματα. Αξιοποιώντας τις δυνατότητες σχεδιασμού του Geogebra αναπτύξαμε ακόμα 1085 μεμονωμένα μικροπειράματα που εστιάζουν σε συγκριμένες έννοιες οι οποίες δεν μπορούσαν να καλυφθούν από τα τέσσερα πρότυπα. Στη συνέχεια περιγράφουμε συνοπτικά τις λειτουργικότητες που ενσωματώνει κάθε ένα από τα τέσσερα πρότυπα που αναπτυχθήκαν με τη μηχανή Geogebra.

Ο «άβακας» (Εικόνα 2) είναι ένα εστιασμένο συγγραφικό εργαλείο (πρότυπο), το οποίο συνδυάζει δυναμικά το δεκαδικό – θεσιακό σύστημα αρίθμησης και την ανάλυση και σύνθεση αριθμών από πλήθος ψηφίων με τη συμβολική και τη λεκτική αναπαράσταση αυτών των αριθμών. Με το πρότυπο του Άβακα έχουν αναπτυχθεί 84 μικροπειράματα τα οποία είναι αναρτημένα στο αποθετήριο φωτόδεντρο.

Η «αριθμογραμμή» είναι ένα εστιασμένο συγγραφικό εργαλείο (πρότυπο), που συνδυάζει στη διεπαφή του: α) τη δυνατότητα πολλαπλών διαμερίσεων της αριθμογραμμής και καθορισμού των άκρων της, β) τη δυνατότητα παράλληλης χρήση φυσικών, δεκαδικών και κλασματικών αριθμών, γ) τη δυνατότητα ταυτόχρονης εμφάνισης περισσότερων της μίας

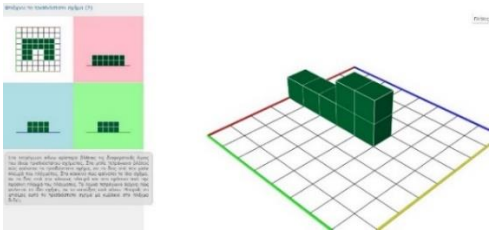
αριθμογραμμής και δ) τη χρήση διαφορετικών εργαλείων σύγκρισης. Με το πρότυπο της αριθμογραμμής ο σχεδιαστής μπορεί να αναπτύξει διαδραστικές δραστηριότητες με στόχο την καλλιέργεια και ανάπτυξη της έννοιας του αριθμού, της αξίας θέσης και των αριθμητικών υπολογισμών. Με την αριθμογραμμή έχουν αναπτυχθεί 40 μικροπειράματα τα οποία είναι αναρτημένα στο αποθετήριο φωτόδεντρο.

Η «χαλασμένη αριθμομηχανή» είναι ένα εστιασμένο συγγραφικό εργαλείο (πρότυπο), που επιτρέπει τον σχεδιασμό μικροπειραμάτων στα οποία ο χρήστης πρέπει να αναζητήσει εναλλακτικούς τρόπους υπολογισμού των αριθμών λόγω της απουσίας/μη λειτουργίας συγκεκριμένων πλήκτρων της αριθμομηχανής. Τα μικροπειράματα που αναπτύσσονται με αυτό το πρότυπο στοχεύουν στη νοηματοδότηση της αξίας θέσης του δεκαδικού συστήματος αρίθμησης και την ανάλυση και σύνθεση αριθμών, καθώς και με στόχο την εμπλοκή των μαθητών σε διαδικασίες επίλυσης προβλήματος. Το πρότυπο 'χαλασμένη αριθμομηχανή' χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη και ανάρτηση 60 μικροπειραμάτων.

Το «πολύζυγο» (Εικόνα 2) είναι ένα εστιασμένο συγγραφικό εργαλείο (πρότυπο) στο οποίο μπορούν να αναπαρασταθούν δυναμικά εκφάνσεις της ζυγαριάς με διαφορετικά βάρη και σε διαφορετικά επίπεδα κάνοντας χρήση είτε ακέραιών είτε δεκαδικών είτε κλασματικών αριθμών. Με αυτό το πρότυπο αναπτύχθηκαν 15 μικροπειράματα που εστιάζουν στη διερεύνηση σχέσεων ισοδυναμίας σε ακέραιους και ρητούς καθώς και στην επίλυση προβλήματος με τη χρήση μεταβλητών.

## *Κυβόκοσμος*

Ο κυβόκοσμος είναι μια διαδικτυακή μηχανή σχεδιασμού που επιτρέπει την κατασκευή τρισδιάστατων μοντέλων τοποθετώντας σε μια τρισδιάστατη σκηνή κύβους συγκεκριμένου μεγέθους. Τα αρχεία κώδικα του λογισμικού έχουν δομηθεί με τρόπο που να επιτρέπει σε κάποιον με μικρή γνώση προγραμματισμού να σχεδιάσει συγκεκριμένες δραστηριότητες ή πρότυπα δραστηριοτήτων, κυρίως για τρισδιάστατη γεωμετρία. Με τον κυβόκοσμο αναπτύξαμε τέσσερα πρότυπα (canvas, grid, double model και views) τα οποία διαφοροποιούνται ως προς τις αναπαραστάσεις που προσφέρουν στον μαθητή για τη διερεύνηση της δραστηριότητας. Στην Εικόνα 4 φαίνεται στιγμιότυπο μικροπειράματος που αναπτύχθηκε με το πρότυπο 'views'. Τα τέσσερα πρότυπα χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη 33 μικροπειράματων που πραγματεύονται έννοιες τρισδιάστατης γεωμετρίας.



**Εικόνα 4. Στιγμιότυπο από το μικροπείραμα «Φτιάξε το τρισδιάστατο σχήμα» που σχεδιάστηκε με το πρότυπο "views" της μηχανής Κυβόκοσμος**

## *ChoiCo*

Το ChoiCo (Choices with Consequences) είναι μια διαδικτυακή μηχανή σχεδιασμού παιχνιδιών προσομοίωσης και στρατηγικής. Στα παιχνίδια αυτά κάνει διαδοχικές επιλογές

οι οποίες επιφέρουν επιπτώσεις στις παραμέτρους του παιχνιδιού. Στόχος είναι να διατηρήσει τις παραμέτρους του παιχνιδιού εντός συγκεκριμένων ορίων χωρίς να χάσει.

**Εικόνα 5. Στιγμιότυπο από το μικροπείραμα «Βόλτα στην Υπεραγορά» που σχεδιάστηκε με το πρότυπο "Supermakret" της μηχανής σχεδιασμού "ChoiCo", http://etl.ppp.uoa.gr/choico**

Για τον σχεδιασμό ενός παιχνιδιού το περιβάλλον του ChoiCo ενσωματώνει τρεις υπολογιστικές λειτουργικότητες: α) έναν επεξεργαστή χαρτών για τον σχεδιασμό της διεπαφής του παιχνιδιού, β) μια βάση δεδομένων για τον σχεδιασμό των επιλογών και των επιπτώσεων του παιχνιδιού και γ) μια οπτική γλώσσα προγραμματισμού με blocks για τον προγραμματισμό των κανόνων του παιχνιδιού (Kynigos & Yiannoutsou, 2018). Με το ChoiCo σχεδιάσαμε ένα πρότυπο παιχνιδιού με το όνομα «Super market» το οποίο εστιάζει σε έννοιες αριθμητικής (Εικόνα 5).

## Επίλογος

Η ανάπτυξη ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων που απευθύνονται σε ευρεία κλίμακα και συνδυάζουν από τη μία δυνατότητες κατασκευής και πρόσβασης στις λειτουργικότητες και από την άλλη την εστίαση σε συγκεκριμένες έννοιες, αποτελεί πρόκληση για τους σχεδιαστές και τους εκπαιδευτικούς. Στο παρόν άρθρο συζητήσαμε ένα πλαίσιο για τον σχεδιασμό και ανάπτυξη μικροπειραμάτων μαθηματικών που βασίζεται σε αρχές της εποικοδομητσικής μάθησης και της καλλιέργειας της υπολογιστικής σκέψης μέσα από τα μαθηματικά. Το πλαίσιο αυτό αξιοποιήθηκε για την ανάπτυξη 1600 μικροπειράματων τα οποία ενσωματώθηκαν στα εμπλουτισμένα σχολικά βιβλία μαθηματικών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Σε επόμενα βήματα θα υλοποιήσουμε έρευνες με μαθητές που θα εστιάζουν στις διαδικασίες διασκευής των μικροπειραμάτων καθώς και στη συνύφανση υπολογιστικής σκέψης και μαθηματικών.

## Ευχαριστίες


- Ψηφιακό Σχολείο Ι: 'Ψηφιακή Εκπαιδευτική Πλατφόρμα, Διαδραστικά Βιβλία και Αποθετήριο Μαθησιακών Αντικειμένων' , 'Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση' , ΕΣΠΑ 2007-2013, ΙΤΥΕ, Διόφαντος. Για τα μαθηματικά συμμετείχε μια ομάδα επιλεγμένων εκπαιδευτικών τα ονόματα των οποίων βρίσκονται στην αντίστοιχη ιστοσελίδα.
- Ψηφιακό Σχολείο ΙΙ: 'Επέκταση και Αξιοποίηση της Ψηφιακής Εκπαιδευτικής Πλατφόρμας, των Διαδραστικών Βιβλίων και του Αποθετηρίου Μαθησιακών Αντικειμένων, 'Ανάπτυξη

Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση', του ΕΣΠΑ 2014-2020, ΙΤΥΕ, Διόφαντος.

## Αναφορές

diSessa, A. (2000). *Changing Minds: Computers, Learning and Literacy*. USA: MIT Press.

Eisenberg, M. (1995). Creating software applications for children: Some thoughts about design. *Computers and exploratory learning,* (pp. 175–196). Springer, Berlin, Heidelberg.

Grizioti, M., & Kynigos, C. (2018). Game modding for computational thinking: an integrated design approach. In *Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children* (pp. 687–692). ACM.

Grover, S., & Pea, R. (2018). Computational Thinking: A competency whose time has come. In *Computer Science Education: Perspectives on teaching and learning*, Sentance, S., Carsten, S., & Barendsen, E. (Eds). Bloomsbury.

Hoyles, C. (2005). *Making Mathematics and Sharing Mathematics: Two Paths to Co-costructing Meaning? In Meaning in Mathematics Education*. New York, USA: Spinger.

Kafai, Y. B., & Resnick, M. (2012). *Constructionism in practice: Designing, thinking, and learning in a digital world*. Routledge.

Kynigos, C. (2004). A "black-and-white box" approach to user empowerment with component computing. *Interactive Learning Environments*, *12*(1-2), 27–71.

Kynigos, C. (2007). Half-baked Logo microworlds as boundary objects in integrated design. *Informatics in Education*, *6*(2), 1–24.

Kynigos, C. (2015). Constructionism: Theory of Learning or Theory of Design? In *Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education* Sung Je Cho (Eds) (pp. 417–438). Springer International Publishing Cham Heidelberg New York Dordrecht London, Switzerland 2015.

Kynigos, C., & Grizioti, M. (2018). Programming Approaches to Computational Thinking: Integrating Turtle Geometry, Dynamic Manipulation and 3D Space. *Informatics in Education*, *17*(2), 321–340.

Kynigos, C., & Yiannoutsou, N. (2018). Children challenging the design of half-baked games: Expressing values through the process of game modding. *International Journal of Child-Computer Interaction*, *17*, 16–27.

Latsi, M., & Kynigos, C. (2011). Meanings about dynamic aspects of angle while changing perspectives in a simulated 3d space. In: *Proceedings of the 35th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 3) (pp. 121–128). Ankara, Turkey: PME.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, Inc.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, *49*(3), 33–35.

Διαμαντίδης, Δ., Κυνηγός, Χ., & Γριζιώτη, Μ. (2015). Ερμηνεύοντας τη χρήση ψηφιακών εργαλείων από μαθητές στη 'Χελωνόσφαιρα', Στα *Πρακτικά Εργασιών 40υ Πανελλήνιου Συνεδρίου 'Ένταξη των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία» της ΕΤΠΕ*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης & Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη, 30 Οκτωβρίου – 1 Νοεμβρίου 2015.

Κυνηγός, Χ., & Διαμαντίδης, Δ. (2014). Οι αρχές του σχεδιασμού των μικροπειραμάτων των διαδραστικών βιβλίων και ο ρόλος τους ως εφαλτήριο για τη δημιουργία δομημάτων, *1ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή: Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες,* Ρόδος.

Μεγάλου Ε., & Κακλαμάνης, Χ. (2018). Ψηφιακό Σχολείο ΙΙ: επέκταση και αξιοποίηση της ψηφιακής εκπαιδευτικής πλατφόρμας «e-me», των διαδραστικών σχολικών βιβλίων, των ψηφιακών αποθετηρίων και του εθνικού συσσωρευτή εκπαιδευτικού περιεχομένου «Φωτόδεντρο», *Πρακτικά 11ου Πανελλήνιου και Διεθνές Συνεδρίου «Οι ΤΠΕ στην εκπαίδευση»*, Θεσσαλονίκη, Οκτώβριος 2018.