

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Μηχανικών Υπολογιστών

**Ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού
μαθηματικών για παιδιά σχολικής ηλικίας**

**Development of educational math software
for primary school children**

Διπλωματική Εργασία
Μαρίνης Αντώνης

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:
Χούστη Αικατερίνη, Καθηγήτρια Π.Θ.
Δεύτερο Μέλος Επιτροπής:
Τσομπανοπούλου Παναγιώτα, Επίκουρη Καθηγήτρια
Π.Θ.

Βόλος, 2015

Ευχαριστίες

Με την περάτωση της παρούσας εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές και τους συναδέλφους από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας για τις γνώσεις και τις εμπειρίες που μου έδωσαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στην κα. Χαρίκλεια Τσαλαπάτα για την εμπιστοσύνη και την βοήθειά της.

Επίσης, ευχαριστώ τους φίλους μου για την υποστήριξή τους και τις όμορφες στιγμές που ζήσαμε αυτά τα χρόνια.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση και κατανόησή της, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η υλοποίηση ενός εκπαιδευτικού λογισμικού σχεδιασμένου για να χρησιμοποιηθεί κατά την διδασκαλία των μαθηματικών στις πρώτες τάξεις του δημοτικού. Η εφαρμογή περιλαμβάνει δύο δραστηριότητες στις οποίες οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν κλασικά λογικά προβλήματα μέσα από ένα γραφικό περιβάλλον, έχοντας ένα καθορισμένο ρεπερτόριο κινήσεων και χρησιμοποιώντας ακολουθιακή λογική.

Abstract

The objective of this thesis is the implementation of educational software. This software is designed to be used in lower primary school mathematics. The application consists of two tasks. Students are asked to solve classic logical problems via a graphic user interface, with a defined set of commands, using sequential logic.

Περιεχόμενα

Ευρετήριο εικόνων	6
Εισαγωγή	7
Διδακτικό πλαίσιο	8
Βασιζόμενη σε έρευνα μάθηση	8
Μοντέλα βασιζόμενης σε έρευνα μάθησης	9
Εκπαιδευτικά οφέλη της βασιζόμενης σε έρευνα μάθησης	11
Βασιζόμενη σε πρόβλημα μάθηση	12
Αναλυτική σκέψη και επίλυση προβλημάτων	13
Εκπαιδευτικά οφέλη της βασιζόμενης σε πρόβλημα μάθησης	14
Βασιζόμενη σε πρότζεκτ μάθηση	15
Εκπαιδευτικά οφέλη της βασιζόμενης σε πρότζεκτ μάθησης	16
Τα μαθηματικά στις πρώτες τάξεις του δημοτικού	16
Η διδασκαλία των μαθηματικών και η σημασία της επίλυσης	
προβλημάτων στις πρώτες τάξεις του δημοτικού	16
Αναλυτική σκέψη και αλγοριθμική προσέγγιση προβλημάτων	17
Χρήση της τεχνολογίας στη διδασκαλία	20
Εκμάθηση από και με τη χρήση της τεχνολογίας	20
Χρήση υπολογιστή στην διδασκαλία των μαθηματικών	21
Εκπαιδευτικά λογισμικά μαθηματικών	22
Εκπαιδευτικά λογισμικά προγραμματισμού	24
Το λογισμικό Scratch	24
Το Lego Mindstorms	26
Το λογισμικό Alice	27
Το λογισμικό	28
Σχεδιαστική προσέγγιση	28
Τεχνολογική επισκόπηση	29
Οι δραστηριότητες	30
Η εφαρμογή	32
Κεντρικό μενού	32
Εισαγωγική δραστηριότητα	34

Δραστηριότητα μαθηματικών	36
Μελλοντικές επεκτάσεις	38
Βιβλιογραφία	39

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1 - Το μοντέλο του Well για την βασιζόμενη σε έρευνα μάθηση	10
Εικόνα 2 - Διάγραμμα ροής για την βασιζόμενη σε πρόβλημα μάθηση	13
Εικόνα 3 - Το MathType και το GeoGebra	22
Εικόνα 4 - Το Kids Abacus και το Tux Math	23
Εικόνα 5 - Το μενού του GCompris	23
Εικόνα 6 - Το γραφικό περιβάλλον του Scratch	25
Εικόνα 7 - Ρομπότ του Lego Mindstorms	26
Εικόνα 8 - Το γραφικό περιβάλλον του Alice	27
Εικόνα 9 - Το κεντρικό μενού της εφαρμογής	32
Εικόνα 10 - Ξεκίνημα παιχνιδιού από το κεντρικό μενού ..	32
Εικόνα 11 - Προβολή πληροφοριών για τη δραστηριότητα στο κεντρικό μενού	33
Εικόνα 12 - Η κεντρική οθόνη της πρώτης δραστηριότητας .	34
Εικόνα 13 - Δίνοντας εντολές και προβάλλοντας πληροφορίες στην πρώτη δραστηριότητα	35
Εικόνα 14 - Εκτέλεση εντολών στην πρώτη δραστηριότητα ..	35
Εικόνα 15 - Οθόνη επιβράβευσης στην πρώτη δραστηριότητα	36
Εικόνα 16 - Η κεντρική οθόνη της δεύτερης δραστηριότητας	36
Εικόνα 17 - Εκτέλεση εντολών στη δεύτερη δραστηριότητα .	37
Εικόνα 18 - Οθόνη επιβράβευσης και επιλογή επανεκκίνησης στην δεύτερη δραστηριότητα	37

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η μάθηση και η διδασκαλία με τη χρήση υπολογιστή έχουν σημαντικό και επιδραστικό ρόλο σε σχολεία ολόκληρου του κόσμου. Αυτό το γεγονός ισχύει ιδιαίτερα όσο αφορά μαθήματα σχετικά με τα μαθηματικά, καθώς το έργο του Papert και η επιτυχία της Logo εισήγαγαν ένα μεγάλο μέρος μαθητών στην έννοια του μικρόκοσμου (1). Σύμφωνα με υποστηρικτές της χρήσης της σύγχρονης τεχνολογίας, με την χρήση υπολογιστών και αριθμομηχανών μπορεί να υποστηριχθεί η δημιουργία και η συνεχής βελτίωση περιβαλλόντων επίλυσης προβλημάτων (2). Επιπλέον οι μαθητές βελτιώνουν γρηγορότερα τις δεξιότητές τους, αποκτώντας περισσότερο χρόνο για την κατανόηση εννοιών και διευκολύνεται η βαθύτερη κατανόηση μαθηματικών ιδεών (3).

Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας αναπτύχθηκε ένα λογισμικό που είναι σχεδιασμένο με κύριο στόχο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διδασκαλία μαθηματικών των πρώτων τάξεων του δημοτικού τόσο μέσα, όσο κι έξω από την τάξη και να βοηθά στην κατανόηση βασικών μαθηματικών εννοιών. Η λογική των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνει είναι να παρουσιάζει στους μαθητές κάποια απλά προβλήματα με μορφή παιχνιδιού. Οι μαθητές καλούνται να ερευνήσουν τα προβλήματα αυτά, να σχεδιάσουν την προσέγγισή τους και τελικά να φτάσουν στη λύση τους. Επιπλέον μέσα από τη δομή των ασκήσεων προωθείται η αναλυτική και δημιουργική σκέψη για την επίλυση προβλημάτων, ενώ οι μαθητές έρχονται σε μια πρώιμη επαφή με τον αλγοριθμικό τρόπο σκέψης.

Για την υλοποίηση του λογισμικού χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα Unity (4) και ψηφιακό υλικό (assets) από την υλοποίηση του Critical Minds (cMinds) (5). Η γραφική διεπαφή (graphical user interface) είναι σχεδιασμένη με βασικό στόχο να προσφέρει στον μαθητή ένα ευχάριστο περιβάλλον, στο οποίο εκείνος θα μπορεί με ευκολία να πειραματιστεί. Παράλληλα, προσφέρει στον δάσκαλο ένα ολοκληρωμένο πακέτο λογισμικού, που θα μπορεί να χρησιμοποιήσει για την διδασκαλία, εισάγοντας στο μάθημα έννοιες που διαφορετικά δύσκολα θα μπορούσαν να εισαχθούν, χρησιμοποιώντας τη βασική λογική του εικονικού προγραμματισμού (visual programming) και προωθώντας διδακτικές μεθόδους που ξεφεύγουν από το παραδοσιακό μοντέλο, όπως η ομαδική επίλυση ασκήσεων.

Διδακτικό πλαίσιο

Βασιζόμενη σε έρευνα μάθηση

Η βασιζόμενη σε έρευνα μάθηση (inquiry based learning) είναι μια εκπαιδευτική στρατηγική που επικεντρώνεται στην αναζήτηση της αλήθειας, της πληροφορίας και της γνώσης μέσα από τον προβληματισμό (6). Οι θεμελιώδεις ιδέες στις οποίες βασίζεται συμβαδίζουν με τις θεωρίες μάθησης σύμφωνα με τις οποίες ο μαθητής λειτουργεί ενεργητικά στην απόκτηση της πληροφορίας (7). Αν και υπάρχουν διάφοροι ορισμοί για την έννοια της έρευνας, είναι γενικά αποδεκτό ότι η μάθηση βάσει έρευνας περιλαμβάνει τέσσερις βασικούς στόχους: την εύρεση απάντησης σε ένα συγκεκριμένο ερώτημα επιστημονικής φύσης, την παροχή ευκαιριών στους μαθητές να έρθουν σε επαφή με επιστημονικές έννοιες, την συμμετοχή τους στη διαδικασία της εύρεσης απαντήσεων σε επιστημονικές ερωτήσεις και την ενθάρρυνσή για ανάπτυξη των δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες για την χρήση επιστημονικών εργαλείων, πρακτικών και τεχνικών (7).

Οι προσεγγίσεις που χρησιμοποιούν βασιζόμενη σε έρευνα μάθηση μπορούν να πάρουν διάφορες μορφές, όπως είναι η ανακάλυψη, ο ελεγχόμενος πειραματισμός, η μοντελοποίηση, η σύνθεση πηγών, η ανακάλυψη ποσοτικών δεδομένων (8). Παρότι κάθε μια από τις παραπάνω προσεγγίσεις προωθεί την ανάπτυξη διαφορετικών δεξιοτήτων, μπορούμε να ξεχωρίσουμε κάποια κύρια χαρακτηριστικά που τις διέπουν. Αρχικά υπάρχει η έννοια της ερώτησης και της υπόθεσης, που χρησιμοποιούνται για να εισάγουν τους μαθητές στο πρόβλημα. Στην συνέχεια απαιτείται μια προσέγγιση που έχει ως βάση αποδεικτικά στοιχεία, έτσι ώστε οι μαθητές να αναπτύσσουν και να αξιολογούν τις απόψεις τους. Απαραίτητη είναι επίσης η σύνθεση και η μεταγνώση (meta-cognition). Σύμφωνα με τους Conole, Scanlon, Kerawalla, Mullholland, Anastasopoulou και Blake οι μαθητές χρειάζονται μεταγνωστικές δεξιότητες για να κατανοήσουν πλήρως τις ενέργειες και τις παρατηρήσεις τους, καθώς και για να μπορέσουν να τις συνδέσουν με θεωρητικές έννοιες (9). Τέλος, ιδιαίτερη σημασία έχει η κατανόηση από τους μαθητές ως προς το τι αντιπροσωπεύει μια επιστημονική διαδικασία. Με τον τρόπο

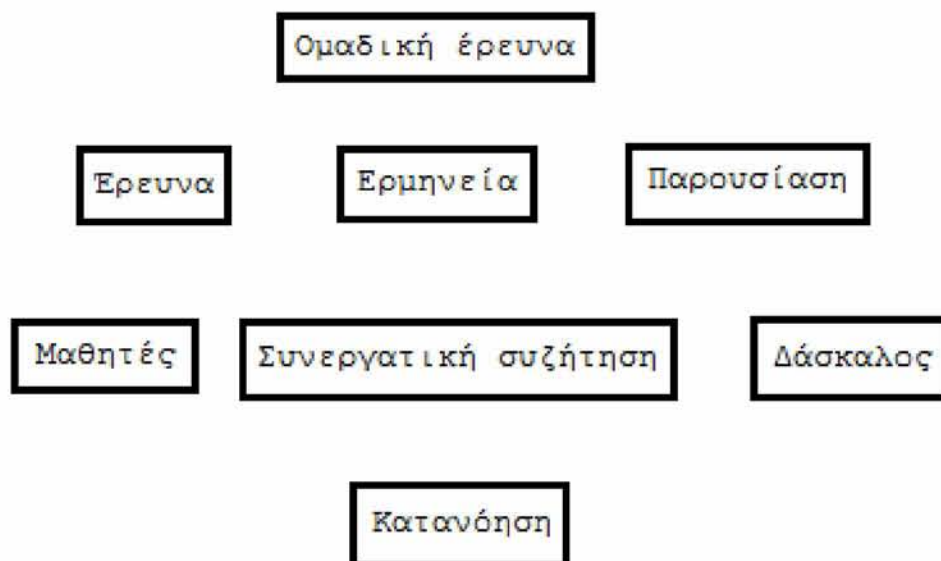
αυτό συνειδητοποιούν ότι δεν υπάρχει ένας μοναδικός τρόπος σκέψης ή μια συγκεκριμένη μεθοδολογία για την προσέγγιση κάποιου προβλήματος.

Μοντέλα βασιζόμενης σε έρευνα μάθησης

Σύμφωνα με τους Conole, Scanlon, Kerawalla, Mullholland, Anastasopoulou και Blake υπάρχουν τέσσερα κύρια μοντέλα βασιζόμενης σε έρευνα μάθησης (9).

- Μάθηση μέσω ομότιμης, συνεργατικής έρευνας, όπου δίνεται έμφαση στην διευκόλυνση και την σταδιακή δόμηση της γνώσης των μαθητών. Μέσω του μοντέλου αυτού οι μαθητές έρχονται σε μια πρώτη επαφή με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και εξοικειώνονται με τη φύση της επιστήμης.
- Μάθηση μέσω υποθετικά κατευθυνόμενης έρευνας, όπου η αρχή της έρευνας γίνεται έχοντας ως βάση μια υπόθεση, η οποία στη συνέχεια πρέπει να αποδειχθεί αν ήταν βάσιμη ή όχι. Αυτό το μοντέλο κάνει χρήση των εννοιών της ερώτησης και της υπόθεσης.
- Πολλαπλές μορφές αναπαράστασης. Μέσω του μοντέλου αυτού οι μαθητές έρχονται σε επαφή με δεδομένα που παρουσιάζονται σε διάφορες μορφές, τα οποία καλούνται να κατανοήσουν και έπειτα να ξεχωρίσουν τις διαφορές ανάμεσα στις ξεχωριστές αναπαραστάσεις τους. Τα χαρακτηριστικά της σύνθεσης και η μεταγνώση χρησιμοποιούνται μέσω αυτού του μοντέλου.
- Μοντελοποίηση, όπου οι μαθητές δοκιμάζουν πρακτικές μοντελοποίησης κατά τη διάρκεια της επιστημονικής έρευνας. Μέσω του μοντέλου αυτού χρησιμοποιείται η προσέγγιση με βάση αποδεικτικά στοιχεία.

Ιδιαίτερη αναφορά αξίζει στο μοντέλο μάθησης μέσω συνεργατικής έρευνας. Η προώθηση της συνεργασίας μέσω των μαθητών στα πλαίσια μιας εκπαιδευτικής επιστημονικής έρευνας είναι πολύ σημαντική. Η ομότιμη συνεργασία έχει αποδειχθεί πως είναι μια στρατηγική μέσω της οποίας μπορεί να επιτευχθεί εμπάθυνση στη γνώση και πολύπλευρη ανάπτυξη των μαθητών (10). Το μοντέλο του Well για την μάθηση βάσει έρευνας εμπίπτει στην κατηγορία των ομότιμων συνεργατικών μοντέλων και τοποθετεί τις συνεργατικές αλληλεπιδράσεις στην ρίζα της έρευνας.



Εικόνα 1 - Το μοντέλο του Well για την βασιζόμενη σε έρευνα μάθηση

Σε αυτό το μοντέλο, όπως φαίνεται, η έρευνα αντιμετωπίζεται ως μια συνεργατική διαδικασία που αποτελείται από τρεις φάσεις: την έρευνα, την ερμηνεία και την παρουσίαση (11). Ο διάλογος μεταξύ των μελών της ομάδας, στην οποία συμμετέχει και ο δάσκαλος, παίζει καθοριστικό ρόλο στην κατανόηση από την πλευρά των μαθητών.

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για να προαχθεί η συνεργασία και να υποστηριχθούν οι συνεργατικές και κοινωνικές αλληλεπιδράσεις των μαθητών μέσω της χρήσης τεχνολογικών εργαλείων (12). Σύμφωνα με σχετικές έρευνες ωστόσο, φαίνεται πως δεν είναι εύκολο να επιτευχθεί συνεργασία μεταξύ των μαθητών. Το γεγονός ότι οι μαθητές καλούνται να εργαστούν σε ομάδες και να συνεργαστούν μεταξύ τους δεν σημαίνει πρακτικά ότι το αποτέλεσμα θα είναι επιτυχημένο. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντική η παρουσία του δασκάλου, ο οποίος θα πρέπει να συντονίζει την προσπάθεια, εφαρμόζοντας τις κατάλληλες μεθόδους και χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα εργαλεία έτσι ώστε να υπάρξει ουσιαστική συνεργασία.

Εκπαιδευτικά οφέλη της βασιζόμενης σε έρευνα μάθησης

Σύμφωνα με έρευνες, εκπαιδευτικές δραστηριότητες που στηρίζονται στην βασιζόμενη σε έρευνα μάθηση μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να αναπτύξουν ικανότητες σχετικές με την επίλυση προβλημάτων, ενώ ταυτόχρονα βοηθούν στην ανάπτυξη της αναλυτικής και κριτικής σκέψης. Τέτοιες δραστηριότητες βοηθούν στην βαθύτερη κατανόηση από την πλευρά των μαθητών, βελτιώνοντας την ικανότητά τους στην αιτιολόγηση και επεξήγηση των απόψεών τους και την διαχείριση διαφορετικών μορφών δεδομένων (9) (13).

Πιο συγκεκριμένα, μέσω της επικοινωνιακής διαδικασίας που συνδέεται με μια εκπαιδευτική έρευνα, οι μαθητές μπορούν να αναπτύξουν συγκεκριμένες δεξιότητες που είναι απαραίτητες για να μοιραστούν τα ευρήματά τους και να επεξηγήσουν τις ιδέες τους (14). Σε συνδυασμό με αυτό, λαμβάνοντας υπόψη ότι η διαχείριση δεδομένων έχει εξέχοντα ρόλο στην μάθηση βάσει έρευνας, οι μαθητές μπορούν επιπλέον να αναπτύξουν δεξιότητες σχετικές με την ανάλυση, τη μοντελοποίηση και την απεικόνιση δεδομένων χρησιμοποιώντας διαφορετικές μορφές, όπως πίνακες, γραφήματα ή διαγράμματα. Επιπλέον, καθώς οι μαθητές έχουν ενεργό συμμετοχή στη μαθησιακή διαδικασία, αυξάνεται η αυτοεκτίμησή τους και έρχονται σε μια πρώιμη επαφή με την επίλυση προβλημάτων και τις επιστημονικές μεθόδους.

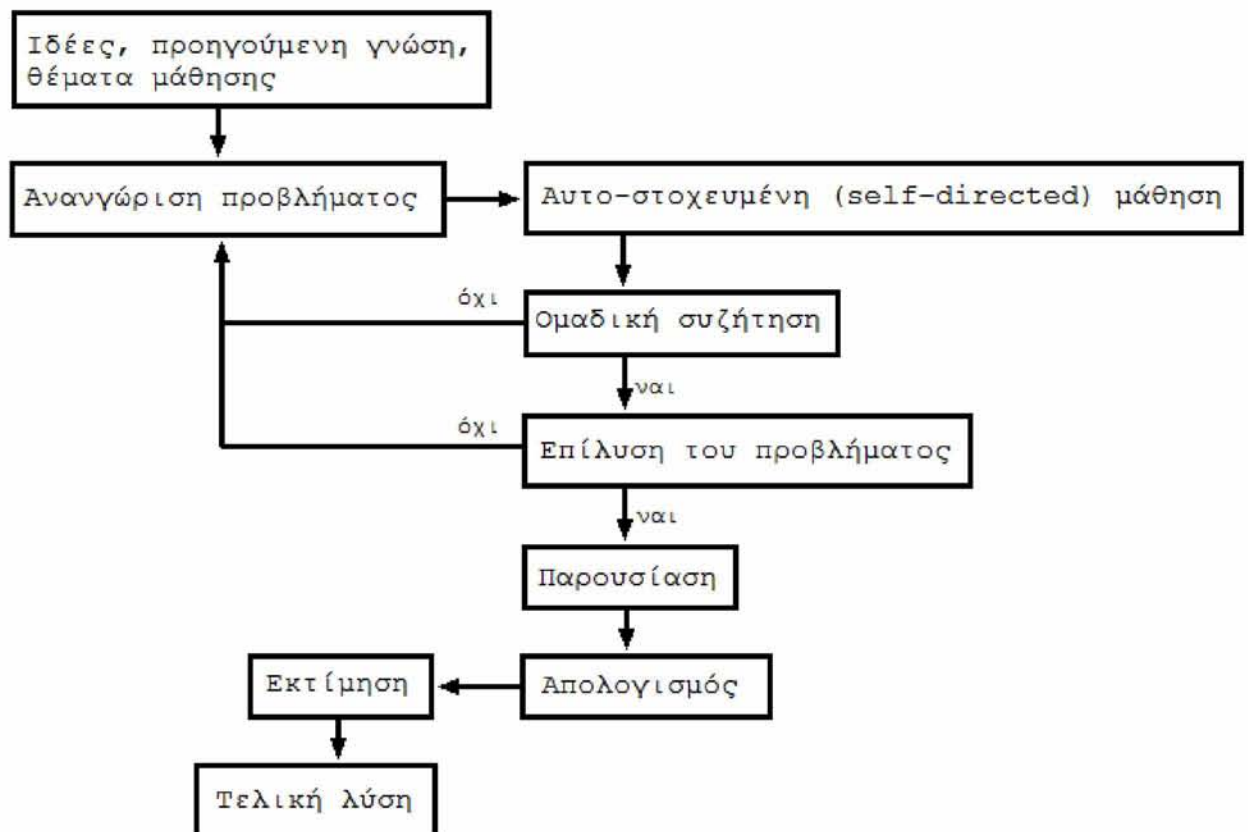
Τα οφέλη μιας εκπαιδευτικής έρευνας ωστόσο δεν περιορίζονται στους μαθητές. Σύμφωνα με τον Goodwin, μέσα από αυτή τη διαδικασία ο δάσκαλος αποκτά καλύτερη γνώση σχετικά με το πώς μπορεί να ενθαρρύνει τους μαθητές του έτσι ώστε να έχουν ενεργό συμμετοχή στο μάθημα (15). Επίσης μπορεί να παρατηρήσει με μεγαλύτερη προσοχή τον τρόπο με τον οποίο εξελίσσεται ο τρόπος σκέψης τους και τον τρόπο με τον οποίο εκείνοι συνεργάζονται, τόσο μεταξύ τους, όσο και με τον ίδιο. Τέλος με την συμμετοχή του ως ενεργό μέλος της ομάδας, συμβάλλει στο βήμα προς βήμα 'χτίσιμο' της γνώσης (scaffolding).

Βασιζόμενη σε πρόβλημα μάθηση

Η βασιζόμενη σε πρόβλημα μάθηση (problem based learning - PBL) είναι μια από τις εκπαιδευτικές προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται με στόχο την επίτευξη βιωματικής μάθησης (16). Η βάση αυτού του είδους της μάθησης βρίσκεται στη θεωρία σύμφωνα με την οποία για να είναι αποτελεσματική η απόκτηση της γνώσης οι μαθητές πρέπει να αναδιαρθρώσουν την πληροφορία που ήδη γνωρίζουν μέσα σε ένα ρεαλιστικό πλαίσιο, έτσι ώστε να αποκτήσουν νέες γνώσεις. Στην συνέχεια θα πρέπει να επεξεργαστούν αυτές τις νέες πληροφορίες, για παράδειγμα διδάσκοντάς τις σε συμμαθητές τους ή συζητώντας σχετικά με αυτές σε μια ομάδα (17).

Σύμφωνα με τον Kilroy (17) η βασιζόμενη σε πρόβλημα μάθηση επικεντρώνεται κυρίως στο να κατευθύνει τους συμμετέχοντες προς τρεις κατευθύνσεις, τη χρήση δεξιοτήτων μάθησης που ως στόχο έχουν το ίδιο το άτομο, την ανάλυση σεναρίων και την συλλογή πληροφοριών. Μέσα από την πρώτη κατεύθυνση δίνεται έμφαση στην ικανότητα του ατόμου να βρίσκει και να αφομοιώνει πληροφορίες σχετικές με το πρόβλημά του, ενώ η δεύτερη και η τρίτη στοχεύουν στην κατανόηση και την τελική επίλυση του προβλήματος.

Ιδιαίτερη σημασία έχει ο διαχωρισμός ανάμεσα στη μάθηση βασιζόμενη σε πρόβλημα και των πρακτικών για την επίλυση προβλημάτων. Οι πρακτικές για την επίλυση προβλημάτων συνήθως σταματούν όταν ο σκοπός για τον οποίο χρησιμοποιούνται επιτευχθεί. Η βασιζόμενη σε πρόβλημα μάθηση από την άλλη εκτείνεται περισσότερο από την επίλυση ενός προβλήματος. Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνει βήματα μέσα από τα οποία 'αντινακλάται' το πρόβλημα. Τέτοια βήματα μπορούν να προωθούν το πρόβλημα σε ένα επόμενο επίπεδο, στο οποίο μπορούν να εξεταστούν διαφορετικές προσεγγίσεις για την επίλυσή του, έτσι ώστε η λύση να είναι περισσότερο αποδοτική ή βέλτιστη (18).



Εικόνα 2 - Διάγραμμα ροής για την βασιζόμενη σε πρόβλημα μάθηση

Στην εικόνα 2 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής για την βασιζόμενη σε πρόβλημα μάθηση, σύμφωνα με τους Awang και Rampli (19). Παρατηρούμε ότι αυτός ο τρόπος μάθησης περιλαμβάνει τέσσερις φάσεις. Την παρουσίαση, την διερεύνηση, και την επίλυση του προβλήματος, καθώς και την αξιολόγηση της διαδικασίας. Αυτές οι φάσεις έχουν ως στόχο να μεγαλώσουν το κίνητρο των μαθητών ώστε να βελτιώσουν τις ικανότητές κατανόησής τους στα πλαίσια ενός προβλήματος.

Αναλυτική σκέψη και επίλυση προβλημάτων

Ένα στοιχείο που χρησιμοποιείται από τις πρακτικές για επίλυση προβλημάτων είναι η αναλυτική σκέψη. Η αναλυτική σκέψη σχετίζεται με την διαδικασία της ανάλυσης ενός σύνθετου προβλήματος, τον εντοπισμό των επί μέρους στοιχείων που το συνθέτουν και την ουσιαστική αλληλεπίδραση με τις διάφορες συνιστώσες του. Οι

δεξιότητες που σχετίζονται με την αναλυτική σκέψη έχει αποδειχθεί πως έχουν μεγάλη σημασία για την αποτελεσματική ανάπτυξη των δεξιοτήτων που έχουν να κάνουν με την ευρύτερη επίλυση προβλημάτων και την μάθηση μέσω έρευνας των μαθητών (18).

Πρακτικά η έννοια της αναλυτικής σκέψης έχει πολλούς διαφορετικούς ορισμούς. Σύμφωνα με τον Amer, η διαδικασία της αναλυτικής σκέψης είναι ένα εργαλείο για την κατανόηση των τμημάτων από τα οποία αποτελείται μια κατάσταση. Ο ίδιος ορίζει την αναλυτική σκέψη ως την ικανότητα του ελέγχου και της αποσύνθεσης δεδομένων και σκέψεων (20). Ο Parselle από την άλλη εστιάζει περισσότερο στη φύση και τα χαρακτηριστικά της διαδικασίας. Στον ορισμό του αναφέρει πως η αναλυτική σκέψη είναι επικεντρωμένη και γραμμική, αντιμετωπίζει τα ζητήματα που παρουσιάζονται ένα προς ένα, περιέχοντας την έννοια του χρόνου και είναι αποδομητική. Επιπλέον δεν περιέχει προοπτική, μπορεί να υποστεί αποπροσανατολισμό και τείνει προς το αφηρημένο (21).

Εκπαιδευτικά οφέλη της βασιζόμενης σε πρόβλημα μάθησης

Η βασιζόμενη σε προβλήματα μάθηση μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν δημιουργική και κριτική σκέψη που μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορα επιστημονικά πεδία. Σε σχετική τους έρευνα οι Awang και Ramply σημείωσαν ότι, αν και οι μαθητές μέσω αυτού του είδους μάθησης επικεντρώνονται σε μάθηση που στοχεύει προς τον εαυτό τους, συχνά μοιράζονται τη γνώση, αξιολογούν και ασκούν εποικοδομητική κριτική στις λύσεις των συμμαθητών τους κατά την διάρκεια του ομαδικού διαλόγου (19). Επίσης, μέσα από την αναλυτική σκέψη που απαιτεί η επίλυση προβλημάτων, οι μαθητές σύμφωνα με τον Amer μπορούν να αναπτύξουν την ικανότητα να σκέφτονται με περισσότερη προσοχή και παρατηρητικότητα, έτσι ώστε να αναλύουν δεδομένα και να χρησιμοποιούν ή να ανακαλούν πληροφορίες (20).

Πρέπει να σημειωθεί ωστόσο, ότι η χρήση της βασιζόμενης σε προβλήματα μάθησης στο πλαίσιο ενός μαθήματος απαιτεί μεγάλο βαθμό προσοχής. Από την φύση του, αυτός ο τρόπος μάθησης απαιτεί πολύ χρόνο και είναι

απαραίτητο να δίνεται στους μαθητές ο χρόνος που χρειάζονται για να δουλέψουν στα προβλήματα που τους δίνονται. Η πίεση και η τοποθέτηση αυστηρών προθεσμιών μπορούν να λειτουργήσουν ανασταλτικά και να αποθαρρύνουν τους μαθητές, απωθώντας τους από τον ζητούμενο τρόπο σκέψης (19).

Βασιζόμενη σε πρότζεκτ μάθηση

Η βασιζόμενη σε πρότζεκτ μάθηση βασίζεται κυρίως σε σύγχρονες θεωρίες μάθησης, σύμφωνα με τις οποίες η γνώση, η σκέψη, η πράξη και τα περιβάλλοντα της μάθησης είναι άρρηκτα συνδεδεμένα (13). Μέσα από την βασιζόμενη σε πρότζεκτ μάθηση, οι μαθητές εισάγονται σε μια συνεργατική έρευνα που περιλαμβάνει ρητούς στόχους, συνεργατική μάθηση και διευκόλυνση, αλλά όχι καθοδήγηση, από τον δάσκαλο (23).

Οι βασικές έννοιες πάνω στις οποίες στηρίζεται η βασιζόμενη σε πρότζεκτ μάθηση προέρχονται από τον κονστρουκτιβισμό (constructivism), όπως τον όρισαν ο Jean Piaget και ο John Dewey, καθώς και στον εποικοδομιτισμό (constructionism) του Seymour Papert. Σημαντικό ρόλο στην μάθηση μέσω πρότζεκτ έχουν η ενεργός συμμετοχή του μαθητευόμενου ως δημιουργού της γνώσης, η συμμετοχή του σε 'σκληρή διασκέδαση' ('hard fun') και η έμφαση στη δημιουργία τεχνουργημάτων (artifacts). Εξίσου σημαντικές είναι και οι συνεργατικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συμμετεχόντων, αφού η μάθηση αντιμετωπίζεται ως κοινωνική δραστηριότητα. Στα πλαίσια αυτής, οι μαθητές καλούνται να ανταλλάζουν απόψεις και να συνεργάζονται ώστε να επιτύχουν τους στόχους τους.

Κατά την διάρκεια της μάθησης βασιζόμενης σε πρότζεκτ, οι μαθητές καλούνται να κατανοήσουν και να αναλύσουν τις πληροφορίες που τους δίνονται. Ο ρόλος του δασκάλου είναι βοηθητικός, χωρίς να παρέχει ξεκάθαρα όλες τις απαραίτητες πληροφορίες. Σχετικές δραστηριότητες είναι ιδιαίτερα σύνθετες και απαιτητικές, καθώς πρέπει να είναι σχεδιασμένες για να εκτελούνται σε βάθος χρόνου, συνδυάζοντας ιδέες και αρχές από διαφορετικά πεδία μάθησης.

Εκπαιδευτικά οφέλη της βασιζόμενης σε πρότζεκτ μάθησης

Οι δραστηριότητες που στηρίζονται στην βασιζόμενη σε πρότζεκτ μάθηση ξεφεύγουν από τις κλασικές, σύντομες, δασκαλοκεντρικές μεθόδους διδασκαλίας στις οποίες ο κάθε μαθητής αντιμετωπίζεται ξεχωριστά. Αντίθετα, απαιτούν σημαντικό χρόνο για την ολοκλήρωσή τους, είναι μαθητοκεντρικές και συνδυάζουν στοιχεία από διάφορα μαθητικά πεδία, τα οποία παρουσιάζουν μέσα από αληθινά προβλήματα (13). Τέτοιου είδους δραστηριότητες βοηθούν στην δημιουργία διαπροσωπικών σχέσεων μεταξύ των μαθητών και τους βοηθούν στην ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων.

Στα πλαίσια των πρότζεκτ, οι δάσκαλοι καλούνται να αλλάξουν τον ρόλο τους στην διδασκαλία από εκείνον του απλού παρόχου πληροφοριών σε εκείνον του βοηθού και του υποστηρικτή. Σταματούν να λειτουργούν ως η μοναδική πηγή γνώσης και πληροφορίας και συμμετέχουν ως ενεργά μέλη της ομάδας. Η εύρεση λύσεων για τα προβλήματα γίνεται ολοκληρωτικά μέσα από τις ιδέες της ομάδας και τον διάλογο. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να προκύψουν σημαντικά διδακτικά συμπεράσματα που θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε επόμενες δραστηριότητες (18).

Τα μαθηματικά στις πρώτες τάξεις του δημοτικού

Η διδασκαλία των μαθηματικών και η σημασία της επίλυσης προβλημάτων στις πρώτες τάξεις του δημοτικού

Οι δυσκολίες και σε αρκετές περιπτώσεις η αντιπάθεια των παιδιών προς τα μαθηματικά συνήθως γίνονται αντιληπτές καθώς αυτά πλησιάζουν τις μεγαλύτερες τάξεις και η αξιολόγηση μέσω διαγωνισμάτων και γραπτών εξετάσεων αποκτά μεγαλύτερη βαρύτητα. Δεν υπάρχει ωστόσο καμία αμφιβολία ότι τα πρώτα χρόνια του σχολείου έχουν μια ιδιαίτερα σημαντική επίδραση στις μελλοντικές γνώσεις και την οπτική ενός παιδιού προς τα μαθηματικά, καθώς είναι στα πρώτα αυτά χρόνια που ο μαθητής βρίσκει ενδιαφέρον ή όχι, βιώνει την επιτυχία ή την αποτυχία, την πρόκληση ή

την απογοήτευση. Είναι στο διάστημα αυτών των πρώτων χρόνων που παρατηρούνται οι πρώτες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις ικανότητες των παιδιών, τον ενθουσιασμό τους και τη γνώμη που σχηματίζουν για τα μαθηματικά (24).

Ιδιαίτερη σημασία έχει το γεγονός ότι ένα μεγάλο μέρος παιδιών δεν έρχεται σε αρκετά μεγάλο βαθμό σε επαφή με την επίλυση προβλημάτων. Σύμφωνα με έρευνα των Stokes και Stacey, τα παιδιά πρέπει να διερευνούν μαθηματικά ζητήματα και να έρχονται αντιμέτωπα με μη-προφανή προβλήματα, έτσι ώστε να αναπτύξουν στρατηγική και ικανότητες που θα μπορούν να χρησιμοποιήσουν και στην πραγματική τους ζωή (25). Μέσα από την επίλυση τέτοιων προβλημάτων, τα παιδιά καλούνται να χρησιμοποιήσουν πρακτικά τις γνώσεις τους, να σχεδιάσουν πλάνα και πιθανότατα να αναθεωρήσουν τον τρόπο σκέψης τους. Έτσι μπορούν να κατανοήσουν βαθύτερα αριθμητικές και μαθηματικές έννοιες και τίθενται οι απαραίτητες βάσεις για την μελλοντική βελτίωσή τους.

Σχετικά με τον ρόλο του δασκάλου, σε έρευνά του ο Cobb άσκησε κριτική σε αφελείς ερμηνείες του κονστρουκτιβισμού και της μάθησης μέσω ανακάλυψης (discovery learning) (26). Μια τέτοια περίπτωση, όπως ανέφερε, είναι η πεποίθηση ότι οι μαθηματικές έννοιες μπορούν να αναπαρασταθούν οπτικά μέσω εικόνων για να γίνουν κατανοητές από τα παιδιά, ή ότι εφόσον τα παιδιά σχηματίζουν νοητικά μια εικόνα για τα μαθηματικά ο δάσκαλος θα πρέπει να μην έχει την παραμικρή παρέμβαση έτσι ώστε να μην εμποδίσει τη διαδικασία της ανακάλυψης. Αντίστοιχα, η Young-Loveridge επεσήμανε ότι η άποψη σύμφωνα με την οποία ο δάσκαλος θα πρέπει να έχει την ελάχιστη δυνατή παρέμβαση στη διδασκαλία των μαθηματικών είναι λανθασμένη, επισημαίνοντας μάλιστα ότι με τον τρόπο αυτό οι μαθητές δεν μπορούν να κατακτήσουν το ιδανικό επίπεδο γνώσεων (27).

Αναλυτική σκέψη και αλγοριθμική προσέγγιση προβλημάτων

Ένα σημαντικό ζήτημα στο οποίο αρκετές φορές δεν δίνεται η πρέπουσα σημασία κατά την διδασκαλία των μαθηματικών είναι η ανάπτυξη της αναλυτικής και κριτικής

σκέψης των μαθητών. Παρά τη δεδομένη σπουδαιότητα των δύο αυτών δεξιοτήτων, είναι συχνό φαινόμενο να μην περιλαμβάνονται στην διδακτέα ύλη ακριβείς μέθοδοι για την ανάπτυξή τους, μεταφέροντας την ευθύνη για την δημιουργία αντίστοιχων δραστηριοτήτων στους δασκάλους. Εκείνοι με την σειρά τους θα πρέπει να σκεφτούν τρόπους που συχνά ξεφεύγουν από την πεπατημένη και τον συνηθισμένο τρόπο που διδάσκουν τα μαθηματικά ή την φυσική, έτσι ώστε να συμπεριλάβουν στα μαθήματά τους μεθόδους όπως η κατηγοριοποίηση, η αξιολόγηση ή η Σωκρατική μέθοδος διδασκαλίας.

Από την άλλη πλευρά, ένα μεγάλο ποσοστό των δασκάλων επισημαίνει την έλλειψη σχετικού εκπαιδευτικού λογισμικού που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά, τόσο για την κατανόηση των μαθηματικών, όσο και των υπολοίπων μαθησιακών περιοχών. Είναι γεγονός ότι συγκριτικά με άλλες πτυχές της τεχνολογίας η ανάπτυξη στον εκπαιδευτικό τομέα είναι αισθητά μικρότερη. Αυτό ωστόσο δεν αναιρεί το γεγονός ότι στην πλειοψηφία τους, οι διδακτικές προσεγγίσεις στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση δεν εκμεταλλεύονται σε ικανοποιητικό βαθμό το υπάρχον υλικό, με το οποίο θα μπορούσε να εμπλουτιστεί η διδακτική εμπειρία για τους μαθητές και τους δασκάλους, υποστηρίζοντας διδακτικά μοντέλα όπως ο εικονικός πειραματισμός (virtual experimentation) και προωθώντας την ανάπτυξη δομημένης, κριτικής σκέψης, ξεφεύγοντας από τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας.

Σχετικά με τον δομημένο τρόπο σκέψης και την ανάλυση προβλημάτων, αξίζει επιπλέον να σημειωθεί το γεγονός ότι στο μεγαλύτερο ποσοστό των σχολείων της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, η διδασκαλία του προγραμματισμού είναι πρακτικά ανύπαρκτη. Ο προγραμματισμός από τη φύση του είναι δομημένος, βοηθώντας στην ανάπτυξη της αναλυτικής ικανότητας και απαιτεί την βαθύτερη κατανόηση του προβλήματος για το οποίο ζητείται λύση. Ακόμη, η θεμελιώδης βάση του βρίσκεται σε μια καθολική λογική, ανεξάρτητη από την κουλτούρα ή την γλώσσα, λειτουργώντας έτσι ως ένα εργαλείο για την ανάλυση προβλημάτων και τον σχεδιασμό λύσεων. Το βασικότερο πρόβλημα που υπάρχει με την εισαγωγή του προγραμματισμού σε ένα διδακτικό πλάνο δεν είναι άλλο από το γεγονός ότι θα πρέπει πρακτικά οι διδασκόμενοι να εξοικειωθούν με το να γράφουν εντολές και να συντάσσουν σωστά τον κώδικά τους. Ωστόσο αυτό μπορεί

εύκολα να αποφευχθεί μέσω του εικονικού προγραμματισμού (visual programming), ο οποίος είναι σχεδιασμένος ώστε να επιτρέπει τον σχεδιασμό προγραμμάτων μέσω γραφικού περιβάλλοντος.

Επιστρέφοντας στο παραπάνω ζήτημα, υπάρχουν κάποιες μεμονωμένες περιπτώσεις που δάσκαλοι έχουν οργανώσει δραστηριότητες σχετικές με την εισαγωγή στον αλγοριθμικό τρόπο σκέψης χρησιμοποιώντας γνωστά λογισμικά του είδους, όπως το Scratch ή το Lego Mindstorms. Ωστόσο αυτές τις περιπτώσεις θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε ως μειοψηφία. Αντίθετα στο μεγαλύτερο ποσοστό η αναλυτική σκέψη προωθείται με δραστηριότητες που δεν περιλαμβάνουν τη χρήση υπολογιστή. Και σε αυτή την περίπτωση έχει ιδιαίτερη σημασία το γεγονός ότι ο αριθμός των ψηφιακών εφαρμογών που υπάρχουν είναι μικρός, με τις περισσότερες από αυτές να μην είναι διαδεδομένες, κάτι που αποθαρρύνει τους δασκάλους.

Χρήση της τεχνολογίας στη διδασκαλία

Εκμάθηση από και με τη χρήση της τεχνολογίας

Λαμβάνοντας υπόψη την εδραίωση της τεχνολογίας στην καθημερινότητα και με δεδομένη τη διαρκή διάδοση του διαδικτύου ως μέσο και της μάθησης από απόσταση, ο σχεδιασμός, η χρήση και η ζήτηση εκπαιδευτικού λογισμικού αυξάνεται διαρκώς με την πάροδο του χρόνου. Είναι ωστόσο σημαντικό να σημειωθεί ότι ένα μεγάλο μέρος των λογισμικών αυτή τη στιγμή είναι τόσο προσανατολισμένα προς την μάθηση ώστε αφήνουν σε δεύτερη μοίρα την επαφή και την συνεργασία με τον μαθητή (28). Αυτό είναι ένα πολύ σημαντικό ζήτημα, καθώς η μάθηση προκύπτει από την αλληλεπίδραση του μαθητή με όσα βλέπει στην οθόνη. Μια έννοια που χρησιμοποιείται από τους εκπαιδευτικούς για τέτοιες περιπτώσεις, είναι εκείνη του κονστρουκτιβισμού (constructivism) που εισήγαγε ο Piaget και σύμφωνα με τον οποίο η μάθηση προκύπτει μέσα από την ενεργό συμμετοχή και τη συνθετική ικανότητα των μαθητών (29).

Ένας σημαντικός διαχωρισμός που πρέπει να γίνει σχετικά με την χρήση της τεχνολογίας στην διδασκαλία είναι ότι οι έννοιες της εκμάθησης από (*from*) την τεχνολογία και της εκμάθησης με χρήση (*with*) της τεχνολογίας είναι εντελώς διαφορετικές μεταξύ τους (30). Η εκμάθηση από τον υπολογιστή στηρίζεται περισσότερο στις συμπεριφοριστικές θεωρίες της μάθησης, ενώ η εκμάθηση με χρήση του υπολογιστή βρίσκεται πιο κοντά στην έννοια του κονστρουκτιβισμού. Έτσι, συνήθως οι πιο παθητικές τακτικές, όπως η ανάγνωση ή η ακρόαση σχετίζονται με την εκμάθηση από την τεχνολογία, ενώ οι περισσότερο ενεργές, όπως η γραφή, η δημιουργία ή η τροποποίηση σχετίζονται με την εκμάθηση με χρήση της τεχνολογίας (31). Η εκμάθηση από τον υπολογιστή μπορεί να έχει διάφορες μορφές, μεταξύ των οποίων η διδασκαλία μέσω υπολογιστή, η διδασκαλία με την βοήθεια υπολογιστή και το έξυπνο σύστημα εκμάθησης. Σε γενικές γραμμές στην εκμάθηση από την τεχνολογία, ο υπολογιστής λειτουργεί ως δάσκαλος.

Σύμφωνα με τους Lim και Tay, ενώ η εκμάθηση από τον υπολογιστή μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να βελτιώσουν την απόδοσή τους σε βασικές ικανότητες, η εκμάθηση με

χρήση υπολογιστή μπορεί να διευκολύνει ενός υψηλότερου επιπέδου τρόπο σκέψης (32). Ιδιαίτερα κατατοπιστική είναι η κατηγοριοποίηση των Bower, Hedberg και Kuswara, σύμφωνα με τους οποίους υπάρχουν τέσσερις τύποι on-line παιδαγωγικών μεθόδων· η μεταβιβαστική (transmissive), η διαλογική (dialogic), η εποικοδομητική (constructionist) και η συν-εποικοδομητική (co-constructive). Από τις τέσσερις, μόνο η μεταβιβαστική αντιστοιχεί στην εκμάθηση από τον υπολογιστή και προκύπτει χωρίς δημιουργία-παραγωγή και χωρίς συνεργασία. Οι υπόλοιπες τρεις μέθοδοι ανήκουν στην εκμάθηση με χρήση του υπολογιστή, με την διαλογική να προκύπτει χωρίς δημιουργία αλλά με ύπαρξη συνεργασίας, την εποικοδομητική να περιλαμβάνει δημιουργία χωρίς συνεργασία και την συν-εποικοδομητική που προκύπτει μέσω συνεργατικής δημιουργίας (33).

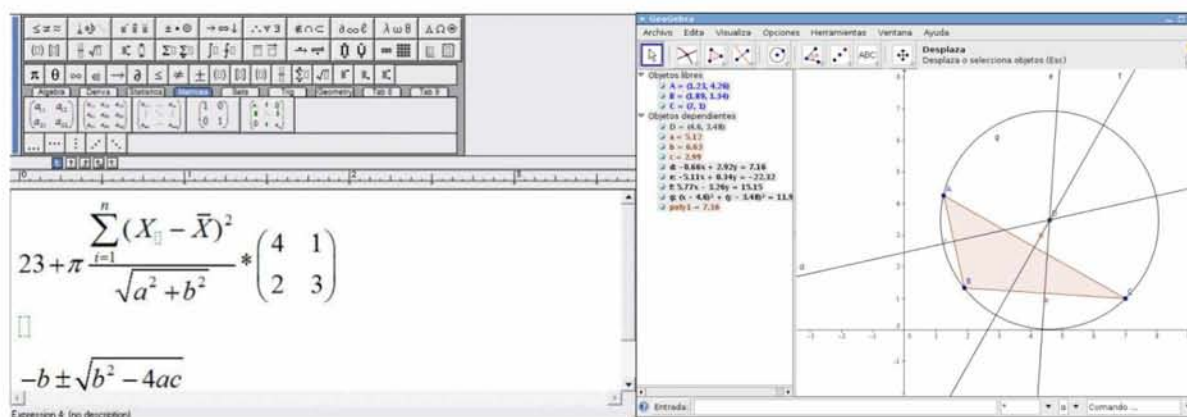
Χρήση υπολογιστή στην διδασκαλία των μαθηματικών

Σχετικά με την χρήση υπολογιστών συγκεκριμένα σε μαθήματα σχετικά με τα μαθηματικά, σε έρευνά τους οι Lee, Siew και Cher κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι πρακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο η προσέγγιση από τον υπολογιστή, όσο και η προσέγγιση με χρήση του υπολογιστή. Λόγω της φύσης των μαθηματικών, η πρώτη προσέγγιση είναι η πιο προφανής, καθώς οι ασκήσεις και τα τεστ σε ηλεκτρονική μορφή μπορούν να βοηθήσουν την ανάπτυξη των βασικών υπολογιστικών ικανοτήτων των μαθητών. Σύμφωνα με την έρευνα ωστόσο υπήρξαν και περιπτώσεις που δοκιμάστηκε η εκμάθηση με χρήση υπολογιστή, όπου οι μαθητές εισήχθησαν σε βασικές έννοιες του προγραμματισμού, τη δημιουργία γραφημάτων και τη βασική χρήση υπολογιστικών φύλλων (34).

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην ίδια έρευνα, δοκιμάστηκε η χρήση υπολογιστών και σε μαθήματα σχετικά με την γλώσσα, όπου τα αποτελέσματα ήταν εντελώς διαφορετικά. Στο συγκεκριμένο θέμα η προσέγγιση με χρήση υπολογιστών ήταν η επικρατούσα, με την προσέγγιση από τον υπολογιστή να χρησιμοποιείται ελάχιστα.

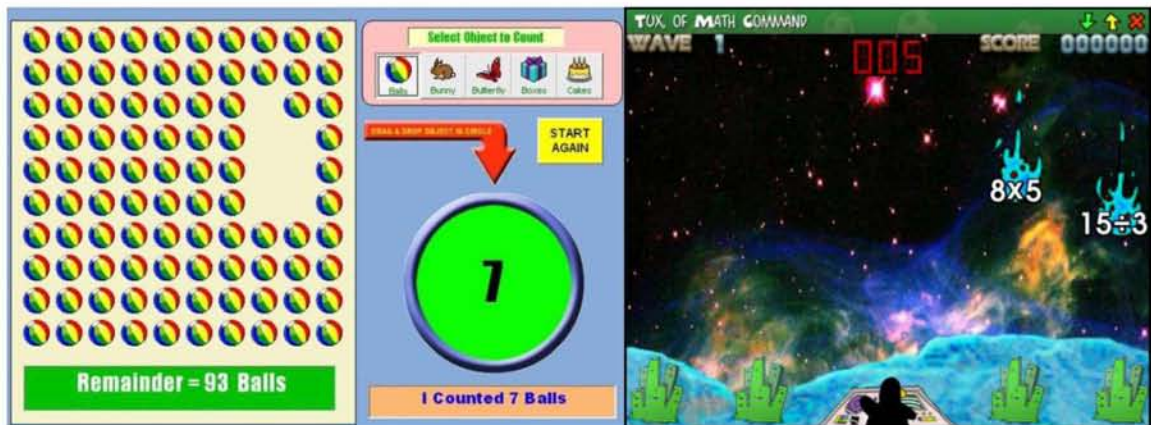
Εκπαιδευτικά λογισμικά μαθηματικών

Ο αριθμός των λογισμικών που σχετίζονται με τη διδασκαλία των μαθηματικών είναι πολύ μεγάλος, ωστόσο η πλειονότητα των υπαρχόντων εφαρμογών είτε λειτουργεί πλήρως σαν αριθμομηχανή χωρίς να προσφέρει κάτι περισσότερο, είτε είναι σχεδιασμένα για προχωρημένα μαθηματικά. Χαρακτηριστικά, τα ιδιαίτερα δημοφιλή *MathType* και *Octave* συνδυάζουν και τα δύο προαναφερθέντα στοιχεία, επιτρέποντας μεταξύ άλλων την επίλυση μαθηματικών σχέσεων, ακόμα και την πραγματοποίηση πράξεων ανάμεσα σε πίνακες ή τυχαίες μεταβλητές, ενώ το *GeoGebra*, ένα από τα λογισμικά που έχει κατά κόρον χρησιμοποιηθεί πρακτικά σε διδασκαλία μαθηματικών, εστιάζει στην γεωμετρία και βοηθά στη γραφική αναπαράσταση και την εύρεση λύσεων εξισώσεων.



Εικόνα 3 - Το MathType και το GeoGebra

Οι εφαρμογές που προορίζονται για την εισαγωγή βασικών εννοιών των μαθηματικών πρακτικά καταλαμβάνουν μόνο ένα μικρό μέρος από το σύνολο, ενώ από αυτές ένα σημαντικό ποσοστό είναι σχεδιασμένο με τον απλούστερο τρόπο, χωρίς να προσφέρει κάποια ουσιαστική πρόκληση στα παιδιά. Ενδεικτικά, το *Kids Abacus* είναι ένα απλό λογισμικό που στοχεύει στην εκμάθηση της αριθμητικής, ενώ το *Kids Academy - 123 Tracing* βοηθά στην αναγνώριση και την γραφή αριθμών. Αντίστοιχα το *Tux Math* και το *Wee Kids Math* λειτουργούν ως αριθμομηχανές με γραφικό περιβάλλον μέσω του οποίου τα παιδιά μπορούν να εξασκηθούν στην πρόσθεση και την αφαίρεση. Παρόμοια λογική έχει και το μεγαλύτερο μέρος των εφαρμογών που υπάρχουν και απευθύνονται σε αυτό το γνωστικό επίπεδο.



Εικόνα 4 - To Kids Abacus και το Tux Math

Από το σύνολο των λογισμικών που υπάρχουν ξεχωρίζει το *GCompris*, που παρέχει ένα σύνολο δραστηριοτήτων που καλύπτουν μεγάλο εύρος, από την ανακάλυψη του υπολογιστή μέχρι την ανάγνωση. Σχετικά με τα μαθηματικά υπάρχουν τρεις κατηγορίες δραστηριοτήτων, αρίθμησης, υπολογισμού και γεωμετρίας, που συνολικά περιλαμβάνουν πάνω από είκοσι δραστηριότητες με πολλαπλά επίπεδα δυσκολίας το κάθε ένα. Ένα μέρος από τις δραστηριότητες που παρέχονται ωστόσο είναι κλειδωμένες και για να ενεργοποιηθούν απαιτείται η αγορά του λογισμικού.



Εικόνα 5 - Το μενού του GCompris

Εκπαιδευτικά λογισμικά προγραμματισμού

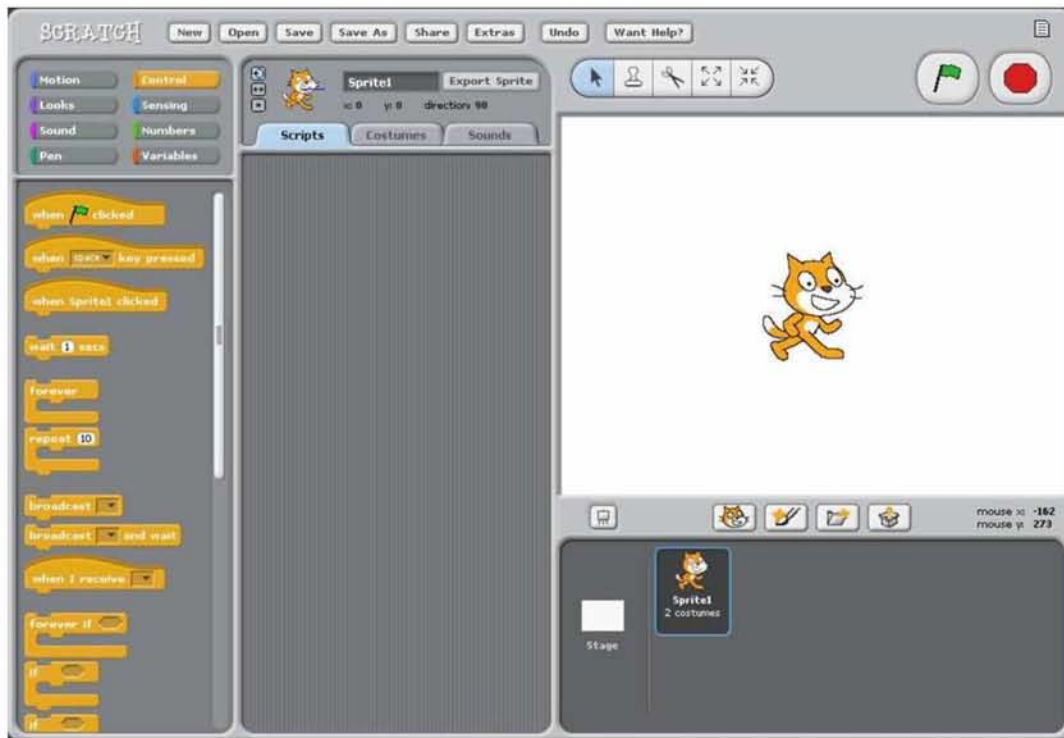
Από την φύση του ο προγραμματισμός είναι ένας τομέας για την διδασκαλία του οποίου είναι απαραίτητη η χρήση υπολογιστή. Έτσι, ο αριθμός των σχετικών εκπαιδευτικών λογισμικών είναι αρκετά μεγάλος, και τα ίδια τα λογισμικά παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ως προς την προσέγγιση τους. Όλα ωστόσο έχουν ένα κοινό στοιχείο· ο σχεδιασμός τους στηρίζεται στη θεωρία του Papert. Η θεωρία του Papert επικεντρώνεται στις ιδέες της μάθησης μέσω της πράξης (learning by doing), της μάθησης μέσω σχεδιασμού (learning by designing) και της μάθησης του τρόπου μάθησης (learning to learn). Στα πλαίσια αυτής της θεωρίας η τεχνολογία αντιμετωπίζεται ως δομικό υλικό για την εκτέλεση εργασιών και τον σχεδιασμό διαθεματικών δραστηριοτήτων. Το τελικό πρότζεκτ προκύπτει μέσα από μια εποικοδομιστική προσέγγιση, η οποία συνδυάζει φαντασία, σχεδιασμό, μεθόδους επιμερισμού (sharing methods) και αντικατοπτρισμό (reflecting) στα πλαίσια της μαθησιακής διαδικασίας (35).

Το λογισμικό Scratch

Το Scratch είναι ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον προγραμματισμού που δημιουργήθηκε από το Lifelong Kindergarten Group του MIT Media Laboratory σε συνεργασία με το UCLA. Το περιβάλλον είναι σχεδιασμένο με βάση την γλώσσα προγραμματισμού Logo και είναι έντονα επηρεασμένο από τις ιδέες του Papert. Στόχος του Resnick και της ομάδας που το δημιούργησε ήταν ο σχεδιασμός ενός λογισμικού που να λειτουργεί ως παιχνίδι, αλλά ταυτόχρονα να οδηγεί τον χρήστη σε σοβαρές εξερευνήσεις που θα αποτελούν πρόκληση για αυτόν (36).

Πρακτικά το Scratch είναι ένα λογισμικό για αρχάριους προγραμματιστές και χρησιμοποιεί βασικές προγραμματιστικές έννοιες που υπάρχουν σε όλες τις γλώσσες προγραμματισμού, όπως η ακολουθιακή δομή ή η δομή επιλογής, καθώς και στοιχεία προγραμματισμού οδηγούμενου από γεγονότα. Μέσα από τη γραφική διεπαφή του λογισμικού που μοιάζει με μια θεατρική σκηνή, ο χρήστης καλείται να σχεδιάσει ένα παιχνίδι ή μια ιστορία, χρησιμοποιώντας

αντικείμενα τα οποία θα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Τα αντικείμενα μπορεί να είναι εικόνες, στατικές ή κινούμενες, και ήχοι, ενώ ο τρόπος της αλληλεπίδρασής τους καθορίζεται από τον χρήστη.



Εικόνα 6 - Το γραφικό περιβάλλον του Scratch

To Lego Mindstorms

Το Lego Mindstorms είναι μια δημοφιλής ρομποτική τεχνολογία που έχει ως στόχο να βοηθήσει στην ανάπτυξη της κριτικής και δομημένης σκέψης νέων μαθητών, με από και διερευνητικό τρόπο (37). Οι μαθητές καλούνται να χειριστούν ένα ρομπότ και να καθορίσουν τον τρόπο συμπεριφοράς του έτσι ώστε να εκτελεί συγκεκριμένες λειτουργίες. Στο ρομπότ επιπλέον μπορούν να τοποθετηθούν αισθητήρες που χειρίζονται την λειτουργία της μηχανής του και αντιδρούν στον ήχο, το φως και την επαφή.

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει ένας σημαντικός αριθμός από έρευνες σχετικά με την πρακτική χρήση του Lego Mindstorms και αντίστοιχων τεχνολογιών στο περιβάλλον του σχολείου. Οι περισσότερες από αυτές τις έρευνες απέδειξαν ότι το ενδιαφέρον των μαθητών διεγείρεται με την χρήση σχετικών τεχνολογιών, ενώ γίνεται εύκολη και η κατανόηση αφηρημένων εννοιών (38). Επιπλέον μέσα από τον χειρισμό των ρομπότ, οι μαθητές βελτιώνουν δεξιότητες που σχετίζονται με τον υπολογιστικό τρόπο σκέψης, έρχονται σε επαφή με επιστημονικές πρακτικές και μπορούν να κατανοήσουν τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται και λειτουργούν αντικείμενα που είναι κατασκευασμένα από τον άνθρωπο (37).

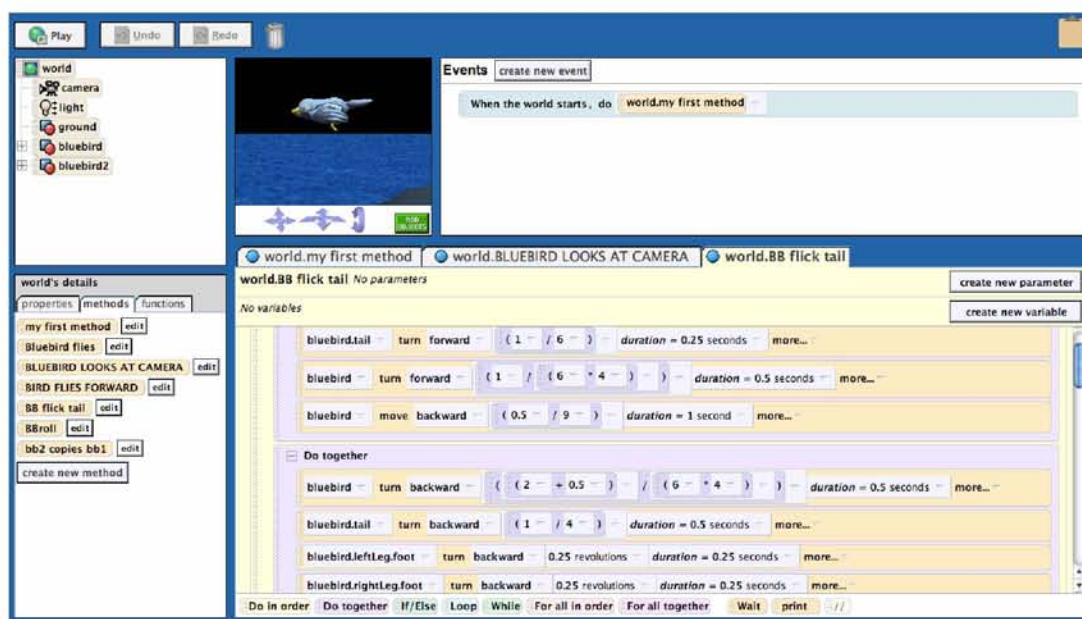


Εικόνα 7 - Ρομπότ του Lego Mindstorms

Το λογισμικό Alice

Το Alice είναι ένα τρισδιάστατο περιβάλλον προγραμματισμού που δημιουργήθηκε αρχικά από το University of Virginia και η ανάπτυξή του συνεχίστηκε από στο Carnegie Mellon University. Βασικός στόχος κατά την δημιουργία του ήταν ο σχεδιασμός μιας γλώσσας προγραμματισμού που να στηρίζεται σε αντικειμενοστραφή λογική, χωρίς αυστηρή σημασιολογία ή συντακτικό.

Μέσα από το Alice ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ψηφιακές ιστορίες, παιχνίδια ή βίντεο, χρησιμοποιώντας μια απλή γραφική διεπαφή και drag-and-drop λειτουργίες.



Εικόνα 8 - Το γραφικό περιβάλλον του Alice

Το λογισμικό

Σχεδιαστική προσέγγιση

Βασικός στόχος και κύρια διαφορά της εφαρμογής που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της εργασίας σε σχέση με την πλειονότητα των υπάρχοντων λογισμικών είναι ότι δεν στοχεύει απλά στο να βοηθήσει τα παιδιά στην κατανόηση βασικών μαθηματικών εννοιών και την ανάπτυξη των αριθμητικών ικανοτήτων τους. Αντίθετα, μέσα από μια καλαίσθητη και όσο το δυνατόν απλή ως προς τη λειτουργικότητα διεπαφή, στόχος είναι να χρησιμοποιηθούν βασικές έννοιες της τεχνολογίας πληροφοριών και ειδικότερα του εικονικού προγραμματισμού, ως μέσο για την ανάπτυξη του αναλυτικού και δομημένου τρόπου σκέψης.

Για να πραγματοποιηθεί αυτό, οι δραστηριότητες που προτείνονται είναι βασισμένες σε απλά λογικά προβλήματα που λαμβάνουν χώρα σε ένα εικονικό περιβάλλον, το οποίο οι μαθητές καλούνται να εξερευνήσουν. Στη συνέχεια θα πρέπει να κατανοήσουν, να αναλύσουν και να αποσυνθέσουν το εκάστοτε πρόβλημα και αφού γίνουν αυτά, να συνθέσουν μια λύση, χρησιμοποιώντας μια απλουστευμένη μορφή εικονικού προγραμματισμού.

Το λογισμικό είναι σχεδιασμένο για χρήση μέσα στην τάξη στα πλαίσια του μαθήματος, όπου οι μαθητές θα συνεργάζονται και θα προτείνουν πιθανές προσεγγίσεις για την επίλυση του προβλήματος, παρουσία του δασκάλου, ο οποίος θα συντονίζει και αν χρειαστεί θα καθοδηγήσει τις προσπάθειές τους. Πρακτικά το λογισμικό θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μεμονωμένα από κάποιο παιδί, είτε εντός είτε εκτός της τάξης, ωστόσο για να γίνει αυτό θα πρέπει να υπάρχει ένας σημαντικός βαθμός εξοικείωσης με την λειτουργικότητά του.

Τεχνολογική επισκόπηση

Η ανάπτυξη του λογισμικού έγινε μέσω της πλατφόρμας Unity (4) για τον σχεδιασμό του γραφικού περιβάλλοντος, με χρήση της προγραμματιστικής γλώσσας C# (39) για την υλοποίηση των συναρτήσεων που είναι απαραίτητες για τη λειτουργικότητα. Η συγγραφή του κώδικα έγινε στο Xamarin Studio (40) και για την διαχείρισή του χρησιμοποιήθηκε το σύστημα διαχείρισης εκδόσεων λογισμικού Git (41). Τα αρχεία με τον πηγαίο κώδικα υπάρχουν στο repository του Github που δημιουργήθηκε για αυτό τον σκοπό, στον σύνδεσμο: <https://github.com/anmar128/mathScripts>.

Το Unity είναι μια μηχανή γραφικών, η οποία επιτρέπει τον πλήρη σχεδιασμό γραφικού περιβάλλοντος και διεπαφής χρήστη (user interface), συνδυάζοντας δισδιάστατα ή τρισδιάστατα μοντέλα αντικειμένων με πηγαίο κώδικα και κάνοντας χρήση μηχανής φυσικής. Ένα βασικό πλεονέκτημα του Unity είναι το γεγονός ότι το λογισμικό που σχεδιάζεται μέσα από αυτό μπορεί να εξαχθεί με μεγάλη ευκολία έτσι ώστε να είναι συμβατό σε διάφορες πλατφόρμες, από web-browsers και προσωπικούς υπολογιστές μέχρι κονσόλες. Μεταξύ των υποστηριζόμενων πλατφόρμων συγκαταλέγονται οι διάφοροι web-players που υποστηρίζουν Adobe Flash, Pc, Linux, Mac, Android, iOS και BlackBerry, καθώς και οι κονσόλες Playstation 3, Playstation 4, Playstation Vita, Xbox 360, Xbox One, Wii και Wii U. Αξίζει, επίσης, να σημειωθεί ότι ακόμα κι αν κάποιο λογισμικό έχει αρχικά σχεδιαστεί κάνοντας χρήση δισδιάστατων μοντέλων χαρακτήρων και αντικειμένων, μπορεί εύκολα να μεταβεί στις τρεις διαστάσεις, εφόσον κάθε στοιχείο που εμφανίζεται στην οθόνη αντιμετωπίζεται ως ένα ξεχωριστό αντικείμενο και έχοντας ως δεδομένο ότι η λογική με βάση την οποία λειτουργεί ο κώδικας δεν μεταβάλλεται ριζικά.

Οι δραστηριότητες

Το λογισμικό αποτελείται από δύο δραστηριότητες. Η πρώτη είναι σχεδιασμένη για να λειτουργεί ως εισαγωγή (tutorial) για τα παιδιά, δείχνοντας τη βασική λογική με την οποία θα πρέπει να προσεγγίσουν τα εν λόγω προβλήματα, ενώ η δεύτερη είναι μια μαθηματική δραστηριότητα που συνδυάζει τις έννοιες της πρόσθεσης και της αφαίρεσης με εκείνη της απόστασης.

Για την μετάβαση ανάμεσα στις δραστηριότητες χρησιμοποιείται ένα κεντρικό μενού, μέσα από το οποίο οι μαθητές έχουν την δυνατότητα να ξεκινήσουν κάποια από τις δραστηριότητες και να διαβάσουν τον στόχο που πρέπει να πετύχουν σε αυτές.

Στην εισαγωγική δραστηριότητα οι μαθητές καλούνται να κατευθύνουν ένα ρομπότ σε έναν δισδιάστατο χώρο που αποτελείται από ένα εμπόδιο, ένα καλάθι και ένα δέντρο. Στόχος είναι το ρομπότ να πιάσει ένα μήλο από το δέντρο και να το ρίξει στο καλάθι. Το σημείο από το οποίο ξεκινά το ρομπότ και τα σημεία που υπάρχουν το εμπόδιο και το καλάθι είναι τυχαία. Οι πιθανές κινήσεις που μπορούν να εκτελεστούν από το ρομπότ είναι να κινηθεί δεξιά ή αριστερά κατά μια θέση, να κάνει άλμα με κατεύθυνση προς τα δεξιά για να αποφύγει το εμπόδιο, να προσπαθήσει να πιάσει ένα μήλο που βρίσκεται ακριβώς από πάνω του και να προσπαθήσει να τοποθετήσει το μήλο στο καλάθι. Αν το ρομπότ προσπαθήσει να περάσει το εμπόδιο χωρίς να κάνει άλμα, τότε δεν θα τα καταφέρει και θα παραμείνει στην ίδια θέση. Αντίστοιχα αν προσπαθήσει να πιάσει ένα μήλο, αλλά δεν βρίσκεται κάτω από το δέντρο, τότε δεν θα καταφέρει να πιάσει τίποτα, ενώ αν προσπαθήσει να τοποθετήσει το μήλο που κρατάει στο καλάθι, αλλά βρίσκεται μακριά από αυτό, το μήλο θα καταλήξει εκτός του καλάθιού.

Για να πραγματοποιηθεί ο στόχος αυτής της δραστηριότητας, οι μαθητές θα πρέπει να συνθέσουν μια αλληλουχία κινήσεων μέσα από την οποία θα δίνουν τις κατάλληλες εντολές στο ρομπότ, ώστε να ξεπεράσει το εμπόδιο, να πλησιάσει το δέντρο, να πάρει ένα μήλο και να το τοποθετήσει στο καλάθι. Με τον τρόπο αυτό τα παιδιά έρχονται σε μια πρώτη επαφή με τον αλγοριθμικό τρόπο σκέψης, καθώς καλούνται να κατανοήσουν το πρόβλημα και

τις επιλογές που τους παρέχονται, να αναλύσουν την τρέχουσα κατάσταση και να σχεδιάσουν μια ροή από σειριακές εντολές που θα επιλύσει το ζητούμενο πρόβλημα.

Η δεύτερη δραστηριότητα επικεντρώνεται περισσότερο στα μαθηματικά, καθώς οι μαθητές καλούνται να βοηθήσουν το ρομπότ, που βρίσκεται σε μια ευθεία με αριθμούς, να μετακινηθεί από ένα σημείο εκκίνησης σε κάποιο σημείο τερματισμού. Στην συγκεκριμένη υλοποίηση η ευθεία ξεκινά από το σημείο μηδέν (0) και τελειώνει στο εξήντα πέντε (65), ωστόσο αυτό μπορεί εύκολα να αλλαχθεί. Το σημείο από το οποίο ξεκινά και το σημείο που θα πρέπει να καταλήξει το ρομπότ είναι τυχαία. Οι κινήσεις που μπορεί να εκτελέσει το ρομπότ είναι να μετακινηθεί αριστερά ή δεξιά κατά μία (1), πέντε (5), δέκα (10) ή πενήντα (50) θέσεις. Η μετακίνηση του ρομπότ δεν περιορίζεται αυστηρά στα όρια της ευθείας, οπότε αν δοθούν αντίστοιχες εντολές, το ρομπότ μπορεί να βρεθεί σε θέση με αρνητική τιμή ή σε θέση δεξιότερα από την μέγιστη της ευθείας, ακόμα και να ξεφύγει από τα όρια του πλάνου.

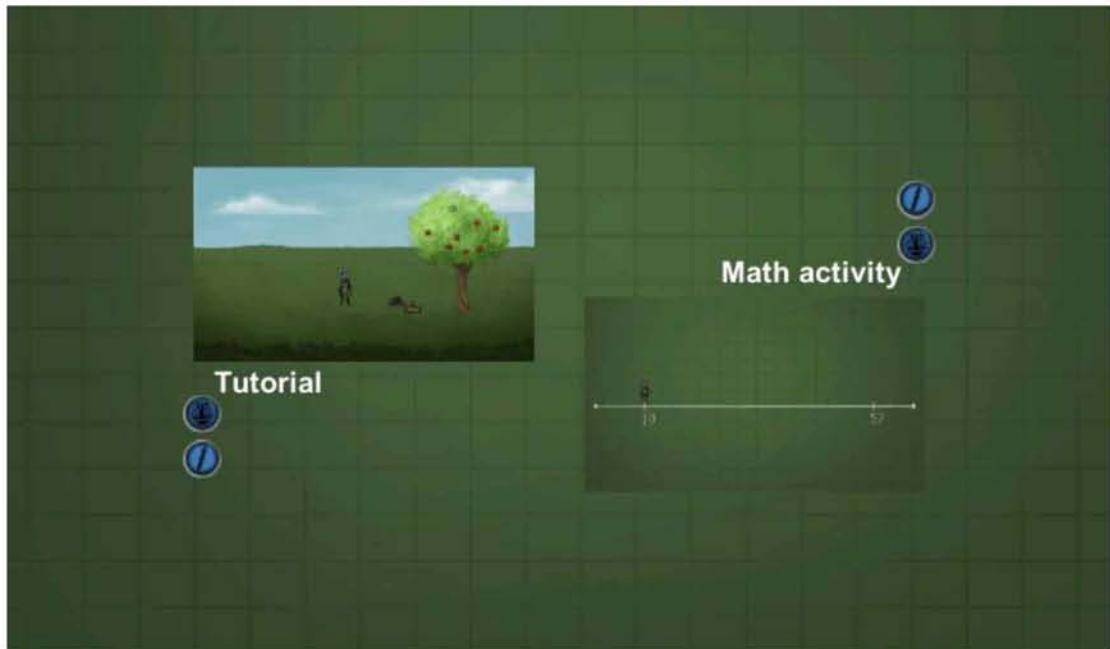
Μέσα από αυτήν τη δραστηριότητα οι μαθητές αναπτύσσουν την αντίληψή τους σχετικά με βασικές μαθηματικές έννοιες όπως η πρόσθεση, η αφαίρεση, η μετατόπιση και η απόσταση και μπορούν να κατανοήσουν βαθύτερα την συσχέτιση μεταξύ τους. Επιπλέον, όπως και στην εισαγωγική δραστηριότητα, χρησιμοποιούν βασική αλγοριθμική λογική, δίνοντας μια αλληλουχία κινήσεων και προβλέποντας πώς μέσω αυτής θα προσεγγίσουν τον τελικό στόχο.

Η αξιολόγηση και στις δύο δραστηριότητες έρχεται μέσα από την επιβράβευση όταν επιτυγχάνεται σωστό αποτέλεσμα. Σε περίπτωση αποτυχίας δεν υπάρχει σχετικό μήνυμα, έτσι ώστε να μην αποθαρρυνθεί η προσπάθεια του μαθητή, ενώ δίνεται η ευκαιρία να συνεχιστεί η προσπάθεια μέχρι να βρεθεί η σωστή ακολουθία εντολών που θα οδηγήσει στο τελικό αποτέλεσμα. Για να γίνει αυτό, οι μαθητές μπορούν να διαγράψουν όποιες από τις κινήσεις της ακολουθίας που είχαν αρχικά εισάγει πιστεύουν ότι δεν τους βοηθούν, να εισάγουν νέες και να δώσουν στο ρομπότ την εντολή να ξανατρέξει, χρησιμοποιώντας πλέον τη νέα αλληλουχία κινήσεων.

Η εφαρμογή

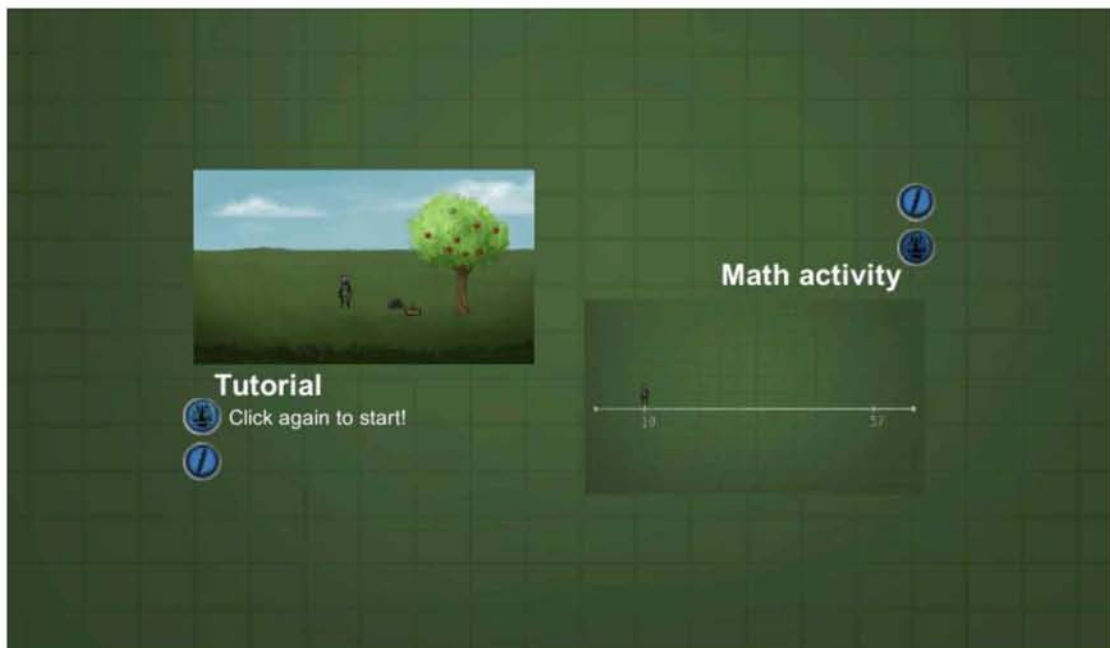
Κεντρικό μενού

Κατά την είσοδο στο παιχνίδι, η κεντρική οθόνη είναι αυτή του μενού, μέσα από το οποίο ο μαθητής καλείται να επιλέξει ποια δραστηριότητα θα ξεκινήσει.



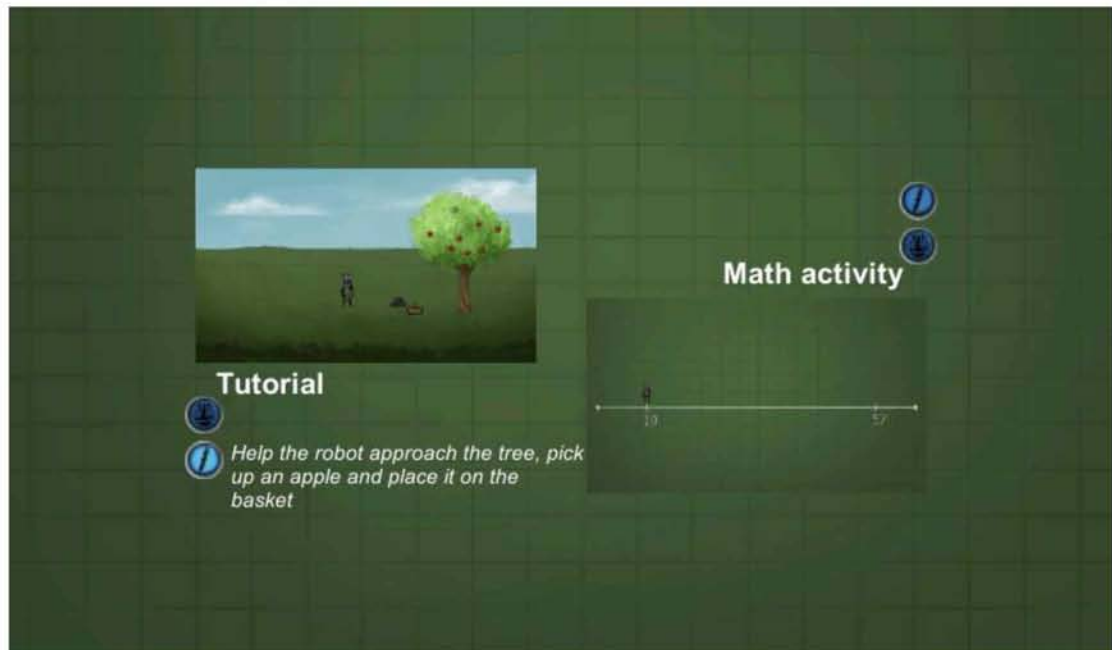
Εικόνα 9 - Το κεντρικό μενού της εφαρμογής

Εκεί ο μαθητής μπορεί να επιλέξει να ξεκινήσει κάποια δραστηριότητα, επιλέγοντας το εικονίδιο με το ρομπότ.



Εικόνα 10 - Ξεκίνημα παιχνιδιού από το κεντρικό μενού

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα να δει τον στόχο της συγκεκριμένης δραστηριότητας, επιλέγοντας το εικονίδιο με τον μαρκαδόρο.



Εικόνα 11 - Προβολή πληροφοριών για τη δραστηριότητα στο κεντρικό μενού

Εισαγωγική δραστηριότητα

Η αρχική οθόνη της πρώτης, εισαγωγικής, δραστηριότητας περιλαμβάνει μόνο το ρομπότ, το εμπόδιο, το καλάθι και το δέντρο. Ο μαθητής θα πρέπει να επιλέξει κάποια από τις πιθανές κινήσεις του ρομπότ, για να του δώσει τις εντολές του.



Εικόνα 12 - Η κεντρική οθόνη της πρώτης δραστηριότητας

Στην συνέχεια ο μαθητής καλείται να επιλέξει τις κινήσεις που θεωρεί ότι πρέπει να γίνουν. Σε περίπτωση που δεν είχε δει τον στόχο νωρίτερα, μπορεί να τον δει πατώντας στο εικονίδιο με τον μαρκαδόρο στα δεξιά της οθόνης.



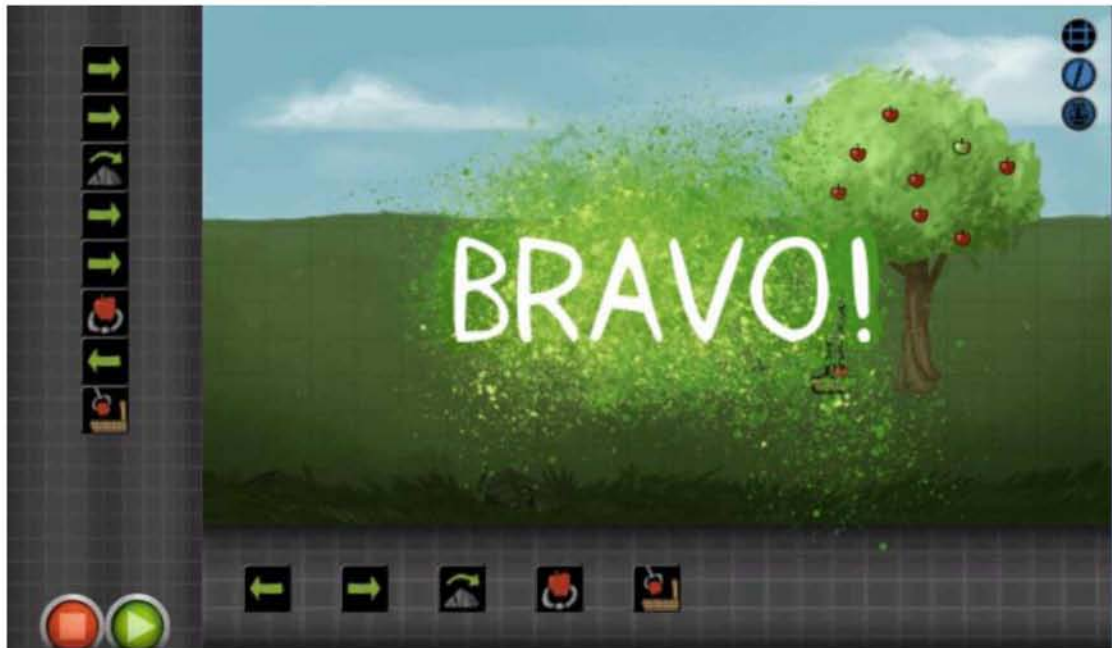
Εικόνα 13 - Δίνοντας εντολές και προβάλλοντας πληροφορίες στην πρώτη δραστηριότητα

Αφού έχουν επιλεγθεί οι εντολές, ο μαθητής αρκεί να επιλέξει το εικονίδιο της αρχής παιχνιδιού στο κάτω αριστερό άκρο της οθόνης και το ρομπότ θα εκτελέσει μια προς μία τις κινήσεις.



Εικόνα 14 - Εκτέλεση εντολών στην πρώτη δραστηριότητα

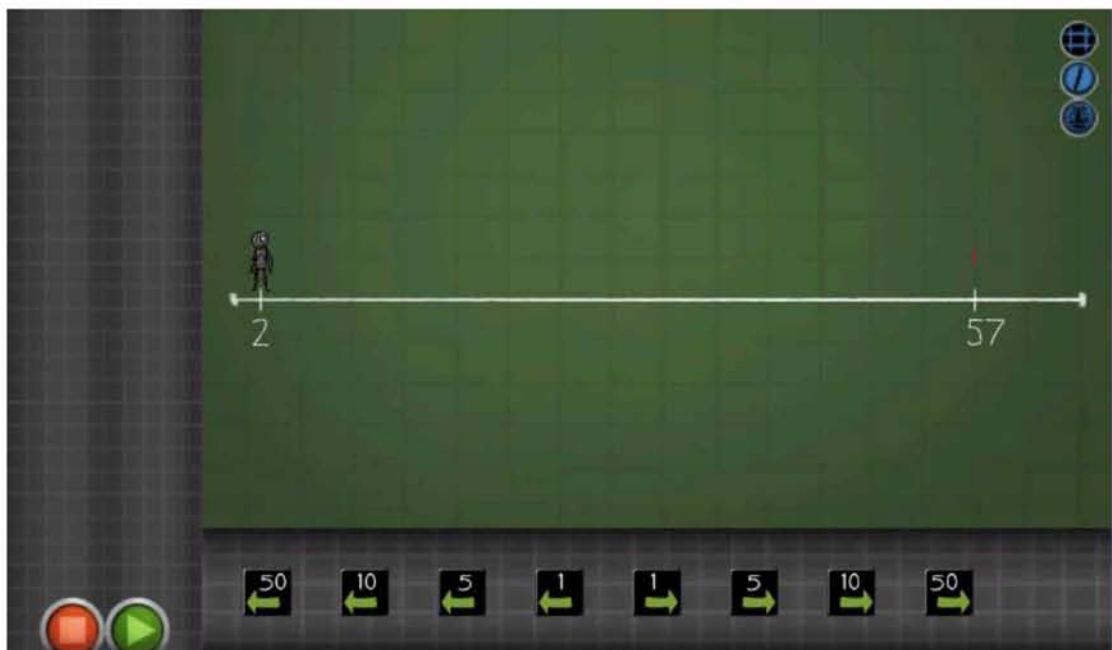
Αν η αλληλουχία κινήσεων που δόθηκε είναι σωστή, τότε στο τέλος της εκτέλεσής της, εμφανίζεται το μήνυμα επιβράβευσης.



Εικόνα 15 - Οθόνη επιβράβευσης στην πρώτη δραστηριότητα

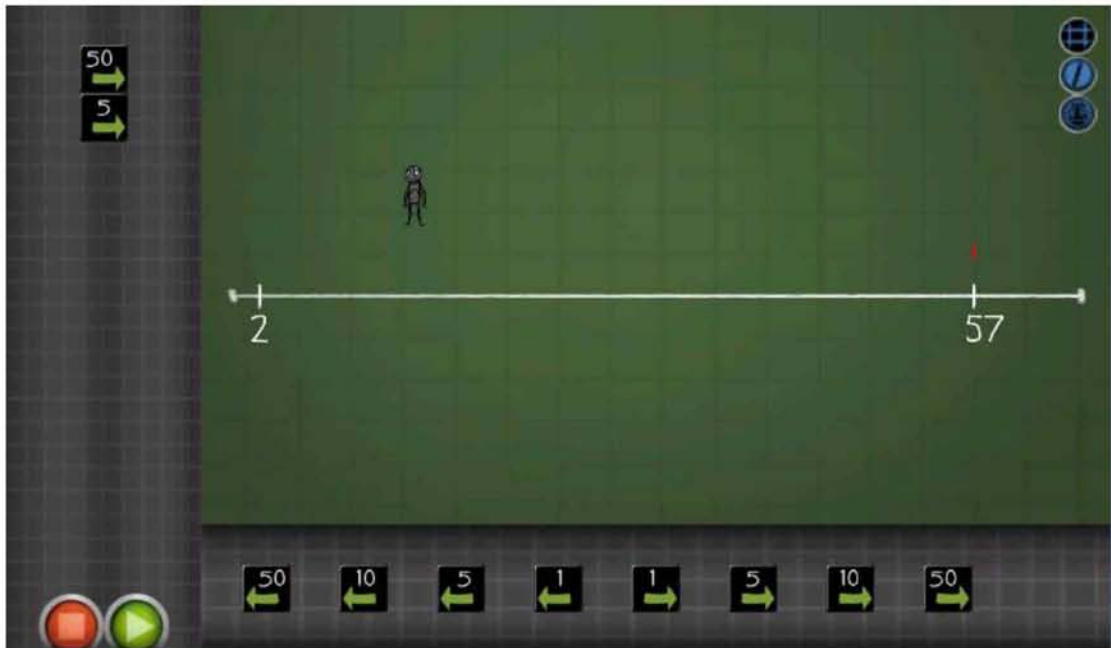
Δραστηριότητα μαθηματικών

Στην αρχική οθόνη της δεύτερης δραστηριότητας εμφανίζεται μόνο το ρομπότ και οι αριθμοί εκκίνησης και τερματισμού στην ευθεία με τους αριθμούς.



Εικόνα 16 - Η κεντρική οθόνη της δεύτερης δραστηριότητας

Στην συνέχεια, ακριβώς όπως στην πρώτη δραστηριότητα, ο μαθητής μπορεί να επιλέξει τις κινήσεις και να δώσει στο ρομπότ την εντολή να ξεκινήσει.



Εικόνα 17 - Εκτέλεση εντολών στη δεύτερη δραστηριότητα

Ανά πάσα στιγμή, ο μαθητής μπορεί να επιλέξει να ξεκινήσει από την αρχή την δραστηριότητα, επιλέγοντας το εικονίδιο με το ρομπότ στο δεξί άκρο της οθόνης.



Εικόνα 18 - Οθόνη επιβράβευσης και επιλογή επανεκκίνησης στην δεύτερη δραστηριότητα

Μελλοντικές επεκτάσεις

Το λογισμικό παρέχει δύο πλήρως λειτουργικές δραστηριότητες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διδασκαλία των μαθηματικών στις πρώτες τάξεις του δημοτικού. Βασικότερη πιθανή επέκταση θα μπορούσε να είναι η προσθήκη περισσότερων δραστηριοτήτων, που θα κινούνται στο πνεύμα των ήδη υπαρχόντων και θα διευρύνουν το εύρος και την χρησιμότητα της εφαρμογής.

Επιπλέον, θα μπορούσε να προστεθεί στις δραστηριότητες επιλογή επιπέδου δυσκολίας, έτσι ώστε οι απαιτούμενοι στόχοι να μεταβάλλονται ανάλογα με το γνωστικό επίπεδο των μαθητών.

Τέλος, θα μπορούσαν να δημιουργηθούν και να χρησιμοποιηθούν τρισδιάστατα μοντέλα χαρακτήρων και αντικειμένων, με προσθήκη του αντίστοιχου βάθους στο πεδίο της οπτικής απεικόνισης, έτσι ώστε το οπτικό αποτέλεσμα να είναι πιο ελκυστικό για τα παιδιά.

Βιβλιογραφία

1. **Yelland, Nicola.** Young children learning with Logo: An analysis of strategies and interactions. 2003, σσ. 465-486.
2. **Fey, JT.** Computing and mathematics: The impact on secondary school curricula. 1984.
3. **Hardman, Joanne.** An exploratory case study of computer use in a primary school mathematics classroom: New technology, new pedagogy? *Perspectives in Education, volume 23.* 2005.
4. Unity - Game Engine. [Ηλεκτρονικό] Unity Technologies. <https://unity3d.com/>.
5. cMinds Portal. [Ηλεκτρονικό] <http://www.cminds.org/>.
6. **Looi, Chee-Kit.** Interactive learning environments for promoting inquiry learning. *Journal of Educational Technology Systems.* 27, σσ. 3-22.
7. **Melanie Njoo, Ton de Jong.** Exploratory learning with a computer simulation for control theory: Learning processes and instructional support. *Journal of Research in Science Teaching.* 1993, 30, σσ. 821-844.
8. **Daniel C. Edelson, Douglas N. Gordin, Roy D. Pea.** Addressing the Challenges of Inquiry-Based Learning through. *The Journal of The Learning Sciences.* 1999, 8, σσ. 391-450.
9. **Grainne Conole, Eileen Scanlon, Cindy Kerawalla, Paul Mullholland, Stamatina Anastopoulou, Canan Blake.** From design to narrative: the development of inquiry. [Ηλεκτρονικό] 2009. http://www.syros.aegean.gr/users/manast/Pubs/Pub_conf/C11/Inquiry_learning_models_edmedia.pdf.
10. **Janice D. Gobert, Amy Pallant.** Fostering students' epistemologies of models via authentic model-based tasks. *Journal of Science Education and Technology.* 2004, 13, σσ. 7-22.
11. **Well, Gordon.** Action, Talk, and Text: The case for dialogic inquiry. *Action, Talk and Text: Learning and Teaching Through Inquiry.* 2001.
12. *Collaborative learning with and without computers: Motivational analysis in primary school biology lessons.* **M. Rahikainen, K. Hakkarainen, L. Lipponen, E. Lehtinen.** Goteborg, Sweden : s.n., 1999.

13. **H. Tsalapatas, O. Heidmann, R. Alimisi, J. B. Stav.** The EnvKids Explorative and Collaborative Didactical Framework. 2010.
14. **Richard E. Grandy, Richard A. Duschl.** Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Analysis of a Conference. *Science & Education*. 2005, 16.
15. **Goodwin, Dean.** Why Choose an Inquiry-Based Approach? [Ηλεκτρονικό] <http://enviroliteracy.org/pdf/materials/668.pdf>.
16. **Dewey, John.** *Logic: The Theory of Inquiry*. 1938.
17. **Kilroy, D .A.** Problem based learning. *Emergency Medicine Journal*. 2004.
18. **R. Alimisi, H. Tsalapatas, O. Heidmann, C. Florou, S. Tsalapatas.** *Teaching Programming towards the Development of Early Analytical Structural and Critical Minds*. 2012.
19. **Halizah Awang, Ishak Ramly.** Creative Thinking Skill Approach Through Problem-Based Learning: Pedagogy and Practice in the Engineering Classroom. *International Journal of Social Sciences*. 2008, 3, σσ. 18-23.
20. **Amer, Ayman.** *Analytical Thinking*. 2005.
21. **Parselle, Charles B.** Analytical/ Intuitive Thinking. 2005.
23. **Seungyeon Han, Kakali Bhattacharya.** Constructionism, Learning by Design, and Project Based Learning. [συγγρ. βιβλίου] Michael Orey. *Emerging Perspectives on Learning, Teaching, and Technology*. 2010.
24. **Wright, Bob.** Mathematics in the Lower Primary Years: A Research-based Perspective on Curricula and Teaching Practice. *Mathematics Education Research Journal*. 1994.
25. **S.Groves, K. Stacey.** Problem solving-a way to link mathematics to young children's reality. *Australian Journal of Early Childhood*. 1990.
26. **Cobb, Paul.** Reconstructing elementary school mathematics. *Focus on Learning Problems*. 1991.
27. **Young-Loveridge, Jennifer.** Is greater autonomy always in the best interests of children's mathematics learning? *Australian Journal of Early Childhood*. 1988.
28. **Jeremy Rochelle, Chris DiGiano, Manolis Koutlis, Alexander Repenning, Jonathan Philips, Nicholas Jackiw, Dan Suthers.** Developing Educational Software Components. *IEEE Xplore: Computer*, volume 32. 1999.

29. **Roschelle, Jeremy**. Designing for Cognitive Communication: Epistemic Fidelity or Mediating Collaborative Inquiry? 1996.
30. **Cathy Ringstaff, Loretta Kelley**. The learning return on our educational technology investment: A review of findings from research. s.l. : WestEd, 2002.
31. **Albert L. Harris, Alan Rea**. Web 2.0 and virtual world technologies: a growing impact on IS education. *Journal of Information Systems Education*. 2009, 20, σσ. 137-144.
32. **Lim Cher Ping, Tay Lee Yong**. Information and communication technologies (ICT) in an elementary school: Engagement in higher order thinking. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*. 2003, 12.
33. **Matt Bowera, John G. Hedberga, Andreas Kuswara**. A framework for Web 2.0 learning design. *Educational Media International*. 2010, 47.
34. *Technological pedagogical differences in the teaching of English and Mathematics in a primary school*. **Lee Yong Tay, Siew Khiaw Lim, Cher Ping Lim**. 2011.
35. **Resnick, Mitchel**. Sowing the Seeds for a More Creative Society. 2007, σσ. 18-22.
36. -. Falling in love with Seymour's ideas. [Ηλεκτρονικό] 2008. <https://llk.media.mit.edu/papers/AERA-seymour-final.pdf>.
37. **Marina Umaschi Bers, Michael S. Horn**. Tangible programming in early childhood: Revisiting developmental assumptions through new technologies. [συγγρ. βιβλίου] Ilene R. Berson Michael J. Berson. *High-tech tots: Childhood in a digital world*. s.l. : Information Age Publishing, 2010.
38. *Introducing robotics to teachers and schools: experiences from the TERECop project*. **D. Alimisis, J. Arlegui, N. Fava, S. Frangou, S. Ionita, E. Menegatti, S. Monfalcon, M. Moro, K. Papanikolaou, A. Pina**. Paris, France : s.n., 2010.
39. Visual C# Resources. [Ηλεκτρονικό] Microsoft. <https://msdn.microsoft.com/en-us/vstudio/hh341490.aspx>.
40. Advanced IDE For iOS & Android Programming - Xamarin Studio. [Ηλεκτρονικό] Xamarin. <http://xamarin.com/studio>.
41. Git. [Ηλεκτρονικό] git-scm.com.