

Η γεωμετρία της χελώνας και η γεωμετρία των fractals **[μια προσπάθεια παιδαγωγικής αξιοποίησης]**

Μαθησιακή Διαδικασία και Σύγχρονες Τεχνολογίες

Διδάσκουσα: Γιαννούτσου Νικολέτα

Φοιτητής: Βουνάτσος Γεώργιος

ΜΠΣ ΔΙΜΕΝΤΕ

Φιλοσοφική Σχολή, Τμήμα Φιλοσοφίας - Παιδαγωγικής - Ψυχολογίας, Τομέας Παιδαγωγικής

Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Αθήνα 2007

1. Εισαγωγή

Οι υπολογιστές μετέτρεψαν το μεγαλύτερο μέρος της βιομηχανικής κοινωνίας σε κοινωνία της πληροφορίας, αντικατέστησαν τα περισσότερα παραδοσιακά εργαλεία, έδωσαν ευκαιρίες μοντελοποίησης σύνθετων καταστάσεων και τροποποίησαν ριζικά τους τρόπους επικοινωνίας αλλά και της μάθησης (Noss & Hoyles, 1996).

Επιπλέον, οι υπολογιστές χρησιμοποιούνται σήμερα ως γνωστικά εργαλεία ενισχύοντας εποικοδομιστικές και κοινωνικές προσεγγίσεις στη διδασκαλία και στη μάθηση (Jonassen, 1998; Duffy & Jonassen, 1992; Noss & Hoyles, 1996). Προς την κατεύθυνση αυτή συμβάλλουν τα υπολογιστικά εργαλεία γενικού σκοπού όπως γλώσσες προγραμματισμού, λογιστικά φύλλα, βάσεις δεδομένων κλπ., αλλά και ειδικά σχεδιασμένα εργαλεία για την εκπαίδευση όπως τα εκπαιδευτικά λογισμικά.

Σύμφωνα με τον Thissen (1999) η αποτελεσματικότητα της μάθησης με την χρήση των ΤΠΕ, συγκρινόμενη με τον παραδοσιακό τρόπο μάθησης, χαρακτηρίζεται ικανοποιητική. Εντούτοις υπάρχουν σοβαρά προβλήματα τα οποία σχετίζονται τόσο με τη μεγάλη ποσότητα της μαθησιακής ύλης που «πνίγει» τον μαθητή, όσο και με τη γνώση που αποκτά ο μαθητής, και η οποία μπορεί να είναι ανύπαρκτη ή ημιτελής, να λησμονείται γρήγορα, και επίσης να μην μπορεί να αξιοποιηθεί σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Ο Thissen (1999) πιστεύει ότι οι παραδοσιακές μέθοδοι διδασκαλίας δεν είναι αρκετά αποτελεσματικές για να λύσουν τα παραπάνω προβλήματα και συνηγορεί για μία διδακτική εφαρμογή του κονστрукτιβιστικού μοντέλου μάθησης, το οποίο έχει αναπτυχθεί με βάση τα παλαιότερα μοντέλα της γνωστικής ψυχολογίας και τα οποία συμπεριλαμβάνουν όλους εκείνους τους παράγοντες επιρροής που χαρακτηρίζουν τη δεκτικότητα στη μάθηση.

Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας στην Εκπαίδευση (ΤΠΕ) δίνουν έμφαση στη διατύπωση και απόδειξη υποθέσεων και προβλέψεων με χρήση της επαγωγικής

λογικής. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να ενθαρρύνονται διδακτικές μεθοδολογίες που δίνουν έμφαση στο σχεδιασμό πειραμάτων, στη συλλογή και την επεξεργασία δεδομένων και στη συνέχεια στη διατύπωση συμπερασμάτων, υποθέσεων και προβλέψεων. Στο τέλος, ο έλεγχος των υποθέσεων μέσα από νέα πειράματα μπορεί να οδηγήσει στη διατύπωση γενικεύσεων και στη μάθηση μέσω της επαγωγικής λογικής.

Οι ΤΠΕ και ιδιαίτερα τα Logo-like περιβάλλοντα μπορούν να αξιοποιηθούν για τη σχεδίαση και την ανάπτυξη υπολογιστικών εργαλείων, τα οποία προσφέρουν στους μαθητές τη δυνατότητα έκφρασης κι αξιοποίησης των σκέψεων, ιδεών και διαισθήσεών τους και υποστηρίζουν τη διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης διαμορφώνοντας πλούσια, σε ευκαιρίες προβληματισμού και πειραματισμού, περιβάλλοντα μάθησης (Γλέζου, 2002).

2. Θεωρητικό Πλαίσιο

Η σχεδίαση, ανάπτυξη κι εφαρμογή των εκπαιδευτικών σεναρίων και δραστηριοτήτων αξιοποιώντας Logo-like περιβάλλον στηρίζονται σε ένα πλαίσιο γενικών παιδαγωγικών αρχών που αποτελούν τη συνισταμένη των αντιλήψεων που αναπτύχθηκαν τα τελευταία χρόνια στο πεδίο των γνωστικών και κοινωνικο-γνωστικών θεωριών με βάση το κοινωνικό εποικοδομητικό μοντέλο (Γλέζου, Γρηγοριάδου, 2003).

Καθώς οι σύγχρονες εποικοδομιστικές θεωρήσεις για τη γνώση και τη μάθηση ολοένα και παραμερίζουν τις παραδοσιακές συμπεριφοριστικές προσεγγίσεις (von Glasersfeld, 1987 Cobb & Steffe, 1983 Confrey, 1990), άρχισε να αναγνωρίζεται η κυρίαρχη θέση που κατέχει στην δόμηση της γνώσης, η έννοια των συμβόλων, και κατ' επέκταση η έννοια της συμβολικής έκφρασης. Η ανάδειξη του ρόλου των συμβόλων στη διαμόρφωση του νοήματος που αυτά τελικά καταλήγουν να έχουν,

φέρνει στο προσκήνιο την άποψη ότι ένας βασικός παράγοντας που επηρεάζει καταλυτικά τη διαδικασία μάθησης είναι ο τρόπος με τον οποίο το άτομο χρησιμοποιεί και αλληλεπιδρά με τα συμβολικά μέσα¹. Η υπολογιστική τεχνολογία μοιάζει να είναι σε θέση να υποστηρίξει τη δημιουργία συμβολικών εργαλείων ή αναπαραστάσεων που διαφέρουν από τα συμβολικά εργαλεία τα οποία βασίζονται σε στατικά μέσα (π.χ. μολύβι και χαρτί, Hoyles & Noss 1992, Hoyles 1995).

Η κοινωνική σημασία της μάθησης οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μαθητής για να κάνει κτήμα του τη γνώση θα πρέπει να εμπλακεί σε διαδικασίες ανακάλυψής της (Bruner 1987), να κινηθεί για να την αποκτήσει. Ο εκπαιδευτικός πρέπει, να σχεδιάζει δραστηριότητες στις οποίες θα εμπλακεί ενεργά ο μαθητής, να παρακινεί τον μαθητή, να τον ενισχύει, να τον στηρίζει ώστε να ανακαλύψει τη γνώση και να εκμεταλλευτεί την παιδαγωγική αξία του λάθους. Το λάθος δεν είναι σημάδι αδυναμίας ή άγνοιας, αλλά στοιχείο για την ανακάλυψη των παραγόντων που δεν επιτρέπουν στο άτομο να αναπτύξει τις νοητικές του δεξιότητες στον ίδιο βαθμό με τα υπόλοιπα άτομα.

3. Χαρακτηριστικά Μαθησιακού Περιβάλλοντος

3.1 Τεχνολογική Πλατφόρμα

Ένας Μικρόκοσμος αποτελεί μια υπολογιστική εφαρμογή που υλοποιεί ένα εκπαιδευτικό σενάριο ως πλαίσιο εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων (Hoyles, 1995). Ο Μικρόκοσμος Logo σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ως Logo-like περιβάλλον στην πλατφόρμα Αβάκιο/E-Slate (<http://e-slate.cti.gr>) το οποίο συνιστά εργαλείο συγγραφής και περιβάλλον εφαρμογής για την ανάπτυξη, διαχείριση και διερεύνηση Μικρόκοσμων. Κύριο χαρακτηριστικό του Μικρόκοσμου Logo αποτελεί η δυνατότητα πολλαπλής αναπαράστασης (αριθμητικής και γραφικής) της μεταβλητότητας παραμετρικών μεγεθών και ο δυναμικός χειρισμός των αριθμητικών

¹ Γιαννούτσου, Ν., Σημειώσεις Μαθήματος «Υπολογιστική Τεχνολογία και Μαθησιακή Διαδικασία»

τιμών τους, έχοντας παράλληλα και το αντίστοιχο αποτέλεσμα στη γραφική αναπαράστασή τους (Κυνηγός & Ψυχάρης, 2000). Η πλατφόρμα Αβάκιο/E-Slate είναι ένα ανοιχτό λογισμικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο συγγραφής και περιβάλλον εφαρμογής για την ανάπτυξη, διαχείριση και διερεύνηση Μικρόκοσμων.

3.2 Τεχνολογικά Εργαλεία

Ένα κρίσιμο ερώτημα που καταδεικνύει το είδος του λογισμικού σε σχέση με τη μαθησιακή διαδικασία που σχεδιάστηκε να υποστηρίξει είναι: τι μπορεί να κάνει ο μαθητής ή ο εκπαιδευτικός με αυτό; Ποια είναι δηλαδή τα εργαλεία που διατίθενται για διερεύνηση, έκφραση και αναπαράσταση των εννοιών που ενσωματώνονται στο λογισμικό; (Γιαννούτσου, Κυρίμης, 2007). Στην δραστηριότητα που περιγράφουμε οι τρόποι αλληλεπίδρασης του μαθητή – εκπαιδευτικού με τον υπολογιστή μπορούν να ομαδοποιηθούν σε πέντε (5) κατηγορίες: α) Γραπτή – ελεύθερη έκφραση μέσω ενός επεξεργαστή κειμένου, και λογισμικού παρουσίασης διαφανειών β) μεταβολείς παραμετρικών τιμών (ψηφίδα «Μεταβολέας»), γ) εργαλεία αναπαράστασης (ψηφίδα «Καμβάς») δ) εργαλεία προγραμματισμού (ψηφίδα «Logo») ε) εργαλεία πλοήγησης στο διαδύκτιο. Οι μαθητές χρησιμοποιούν την πλατφόρμα Αβάκιο/E-Slate (έκδοση 1.3) τους μικρόκοσμους μικρόκοσμων «spiral», «peano», «hilbert», «cesaro», «gasket» και «vonkoch» (αρχεία: spiral.mwd, peano.mwd, hilbert.mwd, cesaro.mwd, gasket.mwd και vonkoch.mwd, αντίστοιχα), όπου με την ψηφίδα «Μεταβολέας» χειρίζονται με τρόπο δυναμικό αριθμητικά δεδομένα και επιτυγχάνουν την συσχέτιση τους με την συμβολική τους έκφραση (ψηφίδα Logo) και την εικονική αναπαράστασή τους (ψηφίδες Καμβάς – Χελώνα). Έτσι έχουν την δυνατότητα για παρατήρηση πολλών καταστάσεων (δηλαδή πολλαπλών αναπαραστάσεων των εννοιών) με προσδοκώμενο αποτέλεσμα να βιώσουν τις σχέσεις και τους κανόνες που αναδύονται.

Το συγκεκριμένο λογισμικό ευνοεί την ενεργή εμπλοκή του χρήστη και του παρέχει κατάλληλα νοητικά εργαλεία για διερεύνηση και δόμηση της γνώσης. Επίσης ενισχύει την δυνατότητα συμβολικής έκφρασης (π.χ. προγραμματισμός) και των διασυνδέσεων της με την κατασκευή νοημάτων. Συζητάμε δηλαδή, για λογισμικό διερευνητικού τύπου, το οποίο δίνει έμφαση σε νοητικά εργαλεία. Εργαλεία για επεξεργασία και οπτικοποίηση πληροφοριών, για συνδυαζόμενες αναπαραστάσεις φαινομένων, για φιλτράρισμα και έρευνα σε δεδομένα με βάση κριτήρια, για υποστήριξη συνεργατικής εργασίας, και πολλαπλούς τρόπους έκφρασης (Κυνηγός, Κουτλής, 2002).

Οι εφαρμογές που παρουσιάζονται σκιαγραφούν ουσιαστικά ένα ανοιχτό αναπαραστασιακό μοντέλο με πολλές δυνατότητες αναδόμησης και βελτίωσης. Δεν αποτελούν με κανένα τρόπο τελικό προϊόν διαδικασίας παραγωγής εκπαιδευτικού λογισμικού.

3.3 Ο ρόλος των μαθητών

Στο εκπαιδευτικό project των μικρόκοσμων «spiral», «peano», «hilbert», «cesaro», «gasket» και «vonkoch», γίνεται στους μαθητές μια εισαγωγή στο στοιχείο του δυναμικού χειρισμού μέσω του εργαλείου μεταβολής τιμών (ψηφίδα «Μεταβολέας»). Οι μαθητές φαίνεται να εξοικειώνονται αρκετά εύκολα με τα υπολογιστικά περιβάλλοντα και αναπτύσσουν γρήγορα τις απαιτούμενες δεξιότητες για το χειρισμό των εργαλείων. Στην δραστηριότητα στην σχολική τάξη, οι μαθητές προσπαθούν να κατασκευάσουν μοντέλα γραφικών αναπαραστάσεων διαφορετικών σχημάτων και μεγεθών, με σκοπό την εξοικείωση με τις έννοιες των «ανοιχτών» σχηματισμών και της γεωμετρίας τους. Παράλληλα η δυνατότητα επέμβασης στον κώδικα προγραμματισμού τους βοηθά να κατανοήσουν την δομή της γεωμετρίας της χελώνας-Logo, και να συνδέσουν άμεσα τις διαφορετικές αναπαραστάσεις

(συμβολικές – γραφικές). Ο αρχικός κώδικας στις εφαρμογές (ιδίως στην εφαρμογή «spiral») αποτελεί το σημείο εκκίνησης της εργασίας των μαθητών -μια πιθανή αφόρμηση ακόμη και για την αλλαγή της ίδιας της λειτουργικότητας του προγράμματος- και σίγουρα όχι τον τελικό προορισμό της διερεύνησης.

Οι μαθητές στο πλαίσιο του μαθήματος καλούνται να εργαστούν σε μικρές ομάδες, των δύο (2) ή τριών (3) ατόμων, με σκοπό την εκπόνηση ομαδικής συνθετικής εργασίας. Ζητούμενο αποτελεί η ανάπτυξη ικανοτήτων συστηματικής δόμησης των συλλογικών προσπαθειών τους, καθώς και μετάδοσης ιδεών και προθέσεων μεταξύ των μελών μιας ομάδας, για συζήτηση και λήψη απόφασης. Κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας οι μαθητές συλλέγουν, επεξεργάζονται, αναλύουν, συγκρίνουν, αναπαριστούν, γενικεύουν, ερμηνεύουν και ωθούνται σε συνεχή αυτοπαρατήρηση και αναστοχασμό (Γλέζου, Γρηγοριάδου 2003). Οι μαθητές θέτουν σε χρήση τον κώδικα με τρόπο που να έχει νόημα για αυτούς, και δομούν σιγά-σιγά την έννοια της βαθείας πρόσβασης σε μια υπολογιστική εφαρμογή. Κατά την αλληλεπίδραση με τα παρεχόμενα υπολογιστικά εργαλεία αναδύονται γνωστικές ασυμφωνίες, δομούνται νέα γνωστικά σχήματα ενώ παράλληλα καλλιεργούνται μεταγνωστικές δεξιότητες.

Συχνά σε εκπαιδευτικά project τέτοιου τύπου (ομαδικές εργασίες) εμφανίζονται προβλήματα συνεργασίας, ανησυχία στον προσδιορισμό των ρόλων, καθώς και έλλειψη συστηματικής σκέψης και δομημένου τρόπου δράσης (Κυνηγός, 2006). Ο προσδιορισμός και η διεκδίκηση της ατομικής ταυτότητας μέσα σε μια ομάδα φαίνεται να υποσκελίζει την ποιότητα και την απόδοση της ομάδας. Επίσης υπάρχει η τάση κάθε μέλος της ομάδας να μεταδίδει τις προσωπικές του ιδέες, τα συναισθήματα και τις στάσεις του σαν να εκπροσωπεί, όχι μόνο τον εαυτό του, αλλά την ομάδα ως σύνολο. Σ' αυτό το σημείο απαιτούνται από τον εκπαιδευτικό ιδιαίτερα προσεχτικοί χειρισμοί, προκειμένου τα παιδιά να μάθουν σταδιακά να συν-εκφράζονται, να

συναποφασίζουν, να συνεργάζονται και να διακρίνουν την ατομική από την ομαδική ταυτότητα.

3.4 Ο ρόλος του εκπαιδευτικού

Ο εκπαιδευτικός, καλείται να υιοθετήσει το ρόλο του διευκολυντή, σύμβουλου, παιδαγωγού και συνερευνητή μέσα στη διδακτική-μαθησιακή διαδικασία και πράξη. Παράλληλα επιχειρεί να περιορίσει την καθοδηγητική του τάση (και φύση), και να ενθαρρύνει τους μαθητές ώστε να εμπλακούν σε καταστάσεις αυτενέργειας και πειραματισμού με σκοπό την ανάπτυξη νοητικών δεξιοτήτων που συνδέονται με τις μεθόδους της ανακαλυπτικής και της συνεργατικής μάθησης. Διαμεσολαβεί και διαμορφώνει μαζί με τους μαθητές ένα παρεμβατικό πλαίσιο δράσεων, στο οποίο κεντρικό σημείο αποτελεί η εισαγωγή της καινοτομίας και της πρόσθετης μαθησιακής αξίας των ΤΠΕ. Ο εκπαιδευτικός συμμετέχει πλέον στον σχεδιασμό και στην υλοποίηση μιας δραστηριότητας, όπου ο ρόλος της τεχνολογίας δεν είναι στατικός και προδιαγεγραμμένος, και που η τελική απάντηση-λύση δεν είναι τυποποιημένη ούτε μονοσήμαντη. Αυτή η πτυχή της δραστηριότητας εισάγει ζητήματα και απαιτήσεις από τον εκπαιδευτικό όσον αφορά τον οργανωτικό του ρόλο αλλά και τον διαχειριστικό χαρακτήρα της θέσης του. Θεωρείται απαραίτητο ο εκπαιδευτικός κατά τον σχεδιασμό της δραστηριότητας με σύγχρονες τεχνολογίες να έχει προβλέψει πολλαπλές εναλλακτικές διαδρομές και να περιμένει το απροσδόκητο. Μ' αυτό τον τρόπο θα είναι σε θέση να αντιμετωπίσει κατάλληλα τον επιπρόσθετο αριθμό προβλημάτων που εμφανίζονται (π.χ διαχείριση της τάξης σε «διαφορετικό» περιβάλλον, καταμερισμός μαθητών σε ομάδες, διάσπαση της προσοχής στις διαφορετικές ομάδες και προβλήματα παρακολούθησης της πορείας κάθε ομάδας).

Τέλος αναπτύσσει την ικανότητα οργάνωσης δραστηριοτήτων και λειτουργεί ως ερευνητής: α) αναγνωρίζει το πρόβλημα, β) σχεδιάζει μέθοδο έρευνας, γ) ορίζει το

πρόβλημα και εντοπίζει ερωτήματα αναζήτησης, δ) οργανώνει φάσεις της δραστηριότητας λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες, τα ενδιαφέροντα, τις αναμονές και την πρότερη γνώση των μαθητών, ε) συλλέγει, αξιολογεί, επεξεργάζεται δεδομένα και ευρήματα, και ζ) αναπτύσσει διδακτικό υλικό, μεθόδους και στρατηγικές (Γλέζου, Γρηγοριάδου 2003).

Βέβαια, στην διδακτική πράξη εμφανίζονται αρκετές δυσλειτουργίες στην εικόνα του ρόλου του εκπαιδευτικού. Αυτό συμβαίνει διότι προσδιορίζονται ποικίλοι ρόλοι που τείνουν να υιοθετηθούν από τους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι όμως είναι συχνά αντικρουόμενοι μεταξύ τους. Έτσι οι εκπαιδευτικοί εμφανίζονται να πελαγοδρομούν ανάμεσα σε ρόλους όπως σύμβουλος, συνερευνητής, αυθεντία, πάροχος -με κοινωνικά αποδεκτή ισχύ- πληροφοριών, διαχειριστής σχολικής τάξης και καθηγητής. Ακόμη και οι εκπεφρασμένες πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών μπορούν να εμφανιστούν ασυμβίβαστες με τις ενέργειες τους κατά την διάρκεια της διδακτικής πρακτικής στο σχολικό περιβάλλον της τάξης.

4. Διδακτικοί και Παιδαγωγικοί Στόχοι

Οι μαθητές, εμπλεκόμενοι στην εκπαιδευτική δραστηριότητα: «Η γεωμετρία της Χελώνας και η γεωμετρία των fractals» καλούνται:

4.1 Παιδαγωγικοί στόχοι

- Να μάθουν να πειραματίζονται και να παρατηρούν την εξέλιξη μιας διαδικασίας.
- Να μάθουν να συνεργάζονται και να επικοινωνούν στα πλαίσια της ομάδας και της τάξης.
- Να εξασκηθούν στην διατύπωση και τον έλεγχο υποθέσεων.
- Να εξοικειωθούν με την ανάπτυξη στρατηγικών επίλυσης προβλήματος.

- Να αναζητήσουν και να αντιμετωπίσουν τον προβληματισμό θετικά και μεθοδικά και να «αποποινικοποιήσουν» την έννοια του λάθους.
- Να αντιληφθούν τη διεπιστημονικότητα της γνώσης.
- Να αναπτύξουν τη μεταγνωστική τους ικανότητα.
- Να δημιουργήσουν πρωτότυπες κατασκευές προσωπικού νοήματος.
- Να εξάγουν συμπεράσματα και να προβούν σε ερμηνεία αυτών.

4.2 Στόχοι ως προς τα μαθηματικά

- Να ανακαλύψουν την δομή των ανοικτών σχημάτων.
- Να αποσαφηνίσουν βασικές έννοιες αναλογιών, κλίμακας, γεωμετρικών κατασκευών, συμ-μεταβολής μεγεθών.
- Να διατυπώσουν μαθηματικές υποθέσεις, να πειραματιστούν, να ελέγξουν την ορθότητα των υποθέσεών τους, να εξάγουν συμπεράσματα και να προβούν σε ερμηνεία αυτών.
- Να διακρίνουν την διαφορά μεταξύ δυναμικού και στατικού κατασκευάσματος.
- Να ανακαλύψουν νόμους και κανόνες δημιουργίας γεωμετρικών κατασκευών διαβαθμισμένης πολυπλοκότητας.
- Να ανακαλύψουν κανόνες στην πράξη (theorems in action, Vergnaud, 1987).
- Να κατανοήσουν την έννοια της αυτό-ομοιότητας.
- Να διερευνήσουν τις γεωμετρικές ιδιότητες σπειροειδών σχηματισμών και fractals.
- Να εξάγουν και να διατυπώσουν συμπεράσματα σχετικά με τις γεωμετρικές ιδιότητες σπειροειδών σχηματισμών και fractals.

4.3 Στόχοι ως προς την χρήση Νέων Τεχνολογιών

- Να αναπτύξουν βασικές δεξιότητες χρήσης ηλεκτρονικού υπολογιστή και βασικών εφαρμογών συγγραφής - παρουσίασης.
- Να συμμετέχουν στον δυναμικό χειρισμό μεταβλητών.
- Να εμπλακούν στη χρήση διερευνητικού λογισμικού.
- Να εξοικειωθούν με πολλαπλούς τρόπους αναπαράστασης των δεδομένων (συμβολική, γραφική, εικονική).
- Να εισαχθούν στον προγραμματισμό, να εξοικειωθούν με βασικές έννοιες προγραμματισμού, να κατανοούν και να συγγράφουν απλά προγράμματα Logo.

5. Μαθησιακό Περιβάλλον – Χαρακτηριστικά Τάξης

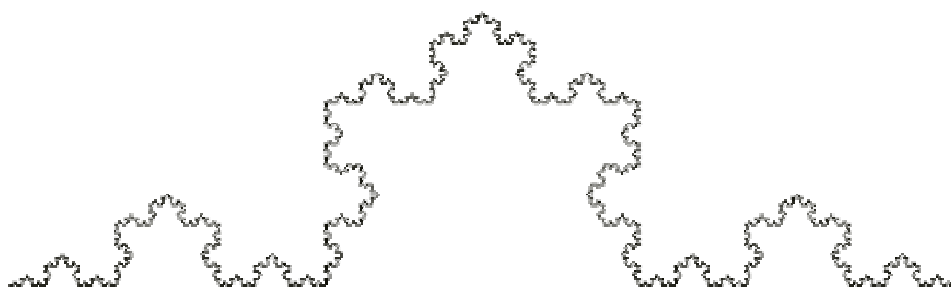
Τάξη : Γ' Γυμνασίου

Ενδείκνυται οι μαθητές να είναι εξοικειωμένοι με τις λειτουργικότητες του χελωνόκοσμου Αβάκιο/E-Slate, τις βασικές εντολές της γλώσσας προγραμματισμού Logo. Θεωρούμε επίσης δεδομένο, ότι οι μαθητές διαθέτουν ως γνωστικό υπόβαθρο βασικές αρχές της ευκλείδειας γεωμετρίας. Λόγω της πειραματικής φύσης του εγχειρήματος, προτείνεται η εισαγωγή να λάβει χώρα στο πλαίσιο της ευέλικτης ζώνης, ή κάποιου παράλληλου προγράμματος μαθημάτων, π.χ. «*διαθεματικότητα και γνώση*», που κατά καιρούς λειτουργούν στα σχολεία. Η παραχώρηση μιας αίθουσας πληροφορικής θεωρείται αυτονόητη, ενώ προτείνεται η παρουσία δύο εκπαιδευτικών, διαφορετικών ειδικοτήτων (π.χ. μαθηματικός, βιολόγος, μουσικός κλπ.) η οποία θα συμβάλει σημαντικά στην διαθεματική προσέγγιση του περιεχομένου της δραστηριότητας.

6. Χρονική Διάρκεια

Η ακριβής διάρκεια της εκπαιδευτικής δραστηριότητας εξαρτάται από την εξοικείωση των μαθητών με τα συγκεκριμένα υπολογιστικά εργαλεία. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μαθητές με μια μικρή εμπειρία στην χρήση των συγκεκριμένων εργαλείων αναμένεται να χρειασθούν 4-8 ώρες.

7. Προτεινόμενη πορεία διδασκαλίας



Βασικά στάδια της δραστηριότητας είναι ο πειραματισμός σε υπολογιστικό περιβάλλον μικρόκοσμων, η κατασκευή απλών σχηματισμών fractals με προγραμματισμό σε γλώσσα Logo, η διερεύνηση των πολλαπλών τρόπων αναπαράστασης των γεωμετρικών σχημάτων και η σύνδεσή τους με τον πραγματικό κόσμο (φυσικό και τεχνητό-ανθρώπινο). Η προτεινόμενη πορεία εφαρμογής της δραστηριότητας περιλαμβάνει τέσσερις (4) φάσεις:

7.1 Α' φάση - Εξοικείωση με τις λειτουργικότητες του Αβάκιο

Αρχικά υπάρχει ένα προ-στάδιο, στο οποίο οι μαθητές εξοικειώνονται με το τεχνολογικό εργαλείο, σε περίπτωση που δεν είχαν στο παρελθόν κάποια σχετική εμπειρία. Εξηγούνται και εφαρμόζονται οι απλές εντολές κίνησης της χελώνας, οι διαδικασίες που μπορούν να οριστούν με τον κώδικα, και οι παραμετρικές δυνατότητες που μπορούν να εισαχθούν σε αυτές. Δίνονται οι έννοιες των ψηφίδων και των μεταξύ τους συνδέσεων, καθώς και η έννοια του δυναμικού τρόπου χειρισμού τους (π.χ. «Μεταβολέας») με κατάλληλα παραδείγματα.

7.2 Β' φάση – Προγραμματιστική διαδικασία, επεξεργασία των αναπαραστάσεων (συμβολικών και γραφικών)

Στη δεύτερη φάση, δίνεται στους μαθητές έτοιμο αρχικό πρόγραμμα, που φτιάχνει σπειροειδή σχήματα. Οι μαθητές πειραματίζονται με τους μεταβολείς των παραμετρικών μεγεθών προσπαθώντας να κατανοήσουν την σημασία των τιμών αυτών για το παραγόμενο σχήμα. Στην συνέχεια ενθαρρύνονται να κατασκευάσουν (με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού, αν κριθεί απαραίτητο) έναν τροποποιημένο κώδικα που να εκφράζει καλύτερα τις δικές τους προτιμήσεις για το γραφικό αποτέλεσμα.

Αναλυτικότερα, δίνουμε από την αρχή στις ομάδες την μονοπαραμετρική διαδικασία «spiral» λέγοντάς τους ότι μπορούμε με αυτή να φτιάξουμε σπειροειδή αντικείμενα. και τους ζητάμε να εκτελέσουν την διαδικασία spiral μια φορά, με κάποια τιμή της παραμέτρου. Στη συνέχεια προτρέπονται να εισάγουν δικές τους τιμές, είτε μέσω του μεταβολέα, είτε με απευθείας επέμβαση στον κώδικα (κρίνεται πολύ ενδιαφέρουσα η εξέταση των παραγόντων που θα οδηγήσουν τις ομάδες στην επιλογή της μιας ή της άλλης επέμβασης).

Γίνεται από τους μαθητές η εισαγωγή δεύτερης παραμέτρου στην διαδικασία «spiral», με την λογική της λύσης προβλήματος:

Π.χ. ...τι μπορούμε να κάνουμε για να ελέγξουμε την γωνία στροφής της χελώνας μετά από κάθε «βήμα»;

Έπειτα εισάγουμε μια καινούρια διαδικασία «spiral» και συζητάμε τις διαφορές της από την διαδικασία «spiral». Δίνεται σε κάθε ομάδα από ένα διαφορετικό τυπωμένο σχήμα, που έχει δημιουργηθεί εκ των προτέρων (από τον εκπαιδευτικό) χρησιμοποιώντας την παραμετρική διαδικασία «spiral». Προτρέπονται οι μαθητές να εκτελέσουν την διαδικασία «spiral» με τρεις δικές τους τιμές και να χρησιμο-

ποιήσουν τον «Μεταβολέα» για να βρουν για ποιες τιμές θα έχουμε ένα σχήμα σαν αυτό που τους δόθηκε σε χαρτί. Η συγκεκριμένη άσκηση θα βοηθήσει ώστε οι μαθητές ενώ αρχικά εργάζονται διαισθητικά (εφαρμόζοντας στρατηγικές τυχαίας δοκιμής και πλάνης) να καταλήξουν τελικά στην ανάλυση ενός συγκεκριμένου προβλήματος στα επιμέρους συστατικά του και με διαλεκτική πλέον στρατηγική να προχωρήσουν στην επίλυσή του.

to spiral :distance if xcor > 150 [stop] forward :distance right 90 spiral :distance + 5 end	to spiral :distance :angle if xcor > 150 [stop] forward :distance right :angle spiral :distance + 5 :angle end	to spinal :distance :step :angle if xcor > 150 [stop] forward :distance right :angle spinal :distance + :step :step :angle + 1 end
---	--	--

Πίνακας 1 - Οι διαδικασίες της Β' φάσης

Κατά την διάρκεια της εργασίας τους οι μαθητές:

- ο διατυπώνουν υποθέσεις για τον τρόπο και το είδος των κινήσεων που θα πρέπει να κάνουν μέσω της χελώνας, ελέγχουν τις υποθέσεις τους με βάση την ανατροφοδότηση που λαμβάνουν από τον υπολογιστή.
- ο επαναδιατυπώνουν ή βρίσκουν άλλες εναλλακτικές των υποθέσεών τους προκειμένου να απαντηθούν τα ερωτήματά τους.

Προσβλέπουμε οι μαθητές, ανά ομάδες, και μέσα από πειραματισμό με τον «Μεταβολέα», να αναγνωρίσουν την έννοια της αναδρομικής διαδικασίας (διαδικασία που καλεί τον εαυτό της), την εντολή ελέγχου-τερματισμού του προγράμματος και να διατυπώσουν τη «θεωρία» τους για τους κανόνες που διέπουν την κατασκευή του σχήματος.

Οι κανόνες αυτοί είναι:

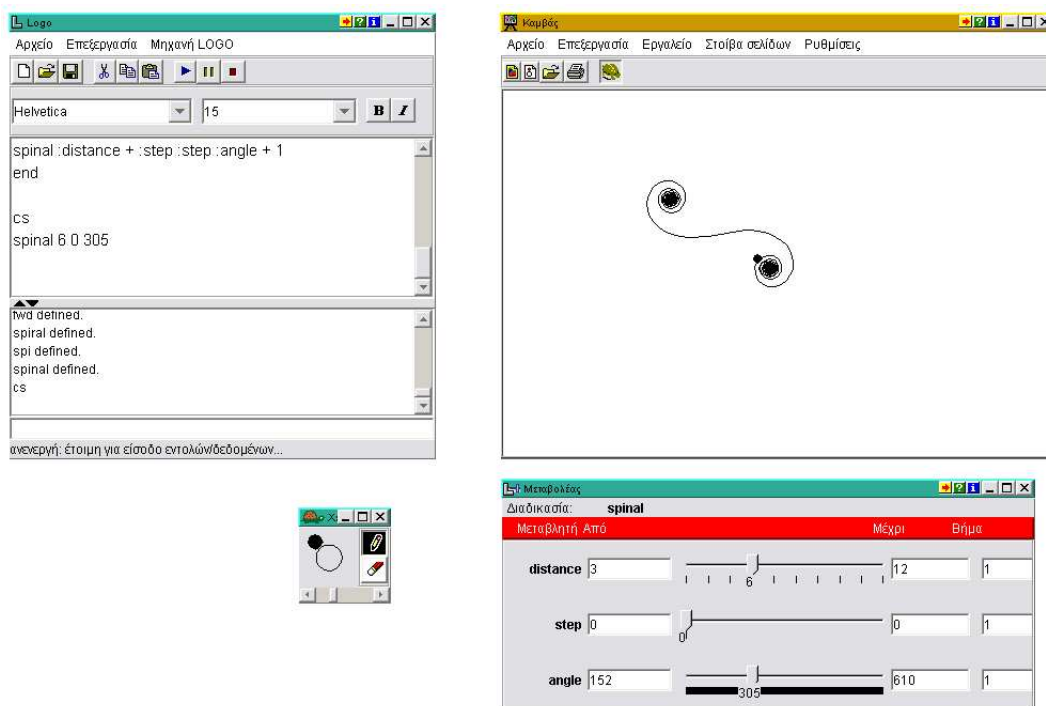
- η μεταβλητή :distance αλλάζει το αρχικό μήκος κάθε «πλευράς» (εντολή fd :distance)
- η μεταβλητή :step αλλάζει το βήμα του μήκους κάθε «πλευράς» (εντολή fd :distance + :step)
- η μεταβλητή :angle της γωνίας (στροφή) αλλάζει την «στροβιλότητα» (εντολή right :angle)
- για μικρές τιμές της γωνίας (κάτω από 20) το παραγόμενο σχήμα μοιάζει με τόξο ή κύκλο ή σπείρα (ανάλογα με τις τιμές των άλλων παραμέτρων)
- χαρακτηριστικές τιμές της γωνίας (60, 80, 90, 120, 180) δίνουν «κλασσικά» σχήματα αυτό-αναπαραγόμενων τριγώνων, πολυγώνων, τετραγώνων, και ευθείας γραμμής.

Αναλυτικότερα, το δυναμικό πλαίσιο της συμβολικής έκφρασης με υπολογιστικά εργαλεία (όπως ο προγραμματισμός κώδικα Logo) επιμερίζεται στα παρακάτω στοιχεία:

- Ανάλυση ενός προβλήματος σε επιμέρους και σύνθεση σε ένα όλο
- Αναζήτηση μοτίβων και συστηματοποίηση της συμβολικής έκφρασης
- Έκφραση και συστηματοποίηση διαισθητικών αντιλήψεων
- Αναστοχασμός στις συμβολικές εκφράσεις
- Διατύπωση, έλεγχος, επαναδιατύπωση υποθέσεων
- Ακριβής προσδιορισμός προβλημάτων και διαδικασίας επίλυσης
- Σύνδεση συμβολικής έκφρασης με το αποτέλεσμα της

Στην συνέχεια, γίνεται η παρουσίαση της δουλειάς κάθε ομάδας στην τάξη και ενθαρρύνεται ο διάλογος μεταξύ των ομάδων. Τέλος ζητάμε από την κάθε ομάδα να ξανασκεφτούν τα βήματα που ακολούθησαν, να αναλογισθούν πάνω σε αυτά που

έκαναν μέχρι τώρα και να γράψουν μια έκθεση για την δουλειά τους. Τα περιεχόμενα αυτού του κειμένου (η πορεία που ακολούθησαν, οι δυσκολίες που συνάντησαν, το πως τις ξεπέρασαν, πως συνεργάστηκαν κ.λ.π.) θα αποτελέσουν αντικείμενο διαπραγμάτευσης και συζήτησης στην τάξη.



Εικόνα 1 – παράδειγμα διαδικασίας «spiral»

Προβλέπεται ότι θα ανακύψουν ερωτήματα σχετικά με το νόημα δραστηριοτήτων με αφηρημένες γεωμετρικές κατασκευές και την σχέση που μπορεί να έχουν τέτοια σχήματα με την σχολική γνώση αλλά και την πρακτική εν γένει.

Σ' αυτό το σημείο γίνεται εισαγωγή της έννοιας Fractal – Θραύσμα, με παραδείγματα εμφάνισης στην φύση και σε διάφορες κατασκευές, ενώ ταυτόχρονα μοιράζονται στους μαθητές Fractal σχέδια–αναπαραστάσεις, με σκοπό την διέγερση του ενδιαφέροντος των μαθητών και την δημιουργία προβληματισμού σχετικά με την «άγνωστη» περιοχή των αυτό-όμοιων δομών.

7.3 Γ' Φάση – Η Εμπειρία των Fractals

Δίνεται σε κάθε ομάδα ένας ξεχωριστός κώδικας, που παράγει κάποιο fractal. Ακολουθεί πειραματισμός και επέμβαση στον κώδικα ώστε με αυτό τον τρόπο να αποκτήσει η δραστηριότητα προσωπικό νόημα για τους μαθητές. Παράλληλα τα παιδιά αποκτούν ίδια αντίληψη της διαδικασίας κατασκευής των fractals. Τελικά οι ομάδες των μαθητών προτρέπονται να αναγνωρίσουν την λειτουργία του κώδικα και να τον περιγράψουν σε ένα σύντομο κείμενο. Τα βήματα ομοιάζουν με αυτά της Β' Φάσης, και πιστεύουμε ότι στα πλαίσια της παρούσης εργασίας, δεν θα ήταν σκόπιμη περαιτέρω ανάλυση.

Παράδειγμα κώδικα²

Sierpinski triangle (gasket)

```
to allgasket
; note - draws 7 stages one after the other
cs gasket 1024 1024
gasket1 1024 512
gasket1 1024 256
gasket1 1024 128
gasket1 1024 64
gasket1 1024 32
gasket1 1024 16
ht
end
to gasket :x :n
;note - clears screen, positions cursor, draws gasket size x, smallest triangle
size y
cs pu bk 30 lt 90 fd 200 rt 90 pd
gasket1 :x :n
end
to gasket1 :x :n
; note - draws gasket size x, smallest triangle size y, from current position
if :x < :n [stop]
repeat 3 [gasket1 :x/2 :n fd :x/2 rt 120]
end
```

² Οι αγγλικοί κώδικες Logo που χρησιμοποιήθηκαν στις εφαρμογές ανακτήθηκαν από δημοσίευση στο συνέδριο Eurologo 1997 (Batagelj, 1997).

Οι μαθητές ενθαρρύνονται να προβούν στην αναζήτηση και καταγραφή των σχέσεων αναλογίας που περιλαμβάνονται στην διαδικασία. Στη συνέχεια ωθούνται να αναρωτηθούν σχετικά με τα χαρακτηριστικά των σχημάτων που δημιουργήθηκαν, και την αντιστοίχισή τους με τα «κλασσικά» γεωμετρικά σχήματα.

Με αυτό τον τρόπο, τίθενται υπό διαπραγμάτευση έννοιες όπως περίμετρος, εμβαδόν, όγκος, όριο, άπειρο, αυτό-ομοιότητα.

Σε αυτή τη φάση ανακύπτουν τα εξής ερωτήματα:

- ο Τι ακριβώς είναι τα fractals;
- ο Πως εμφανίστηκαν – κατασκευάστηκαν;
- ο Ποιος τα «επινόησε» και γιατί;
- ο Τι νόημα έχει η «αφηρημένη» γεωμετρία τους;

Στα παραπάνω ερωτήματα ζητείται από τις ομάδες να δώσουν απαντήσεις με την εκπόνηση μια μικρής έκθεσης, με πληροφοριακό υλικό που θα συλλέξουν από πηγές της επιλογής τους, π.χ. διαδίκτυο, περιοδικό τύπο, βιβλία, κλπ. Η εργασία μπορεί να επεκταθεί εκτός σχολικού περιβάλλοντος, εάν κριθεί ότι δεν υπάρχει ο απαιτούμενος χρόνος ή το απαιτούμενο πληροφοριακό υλικό για την διερεύνηση του θέματος στην τάξη.

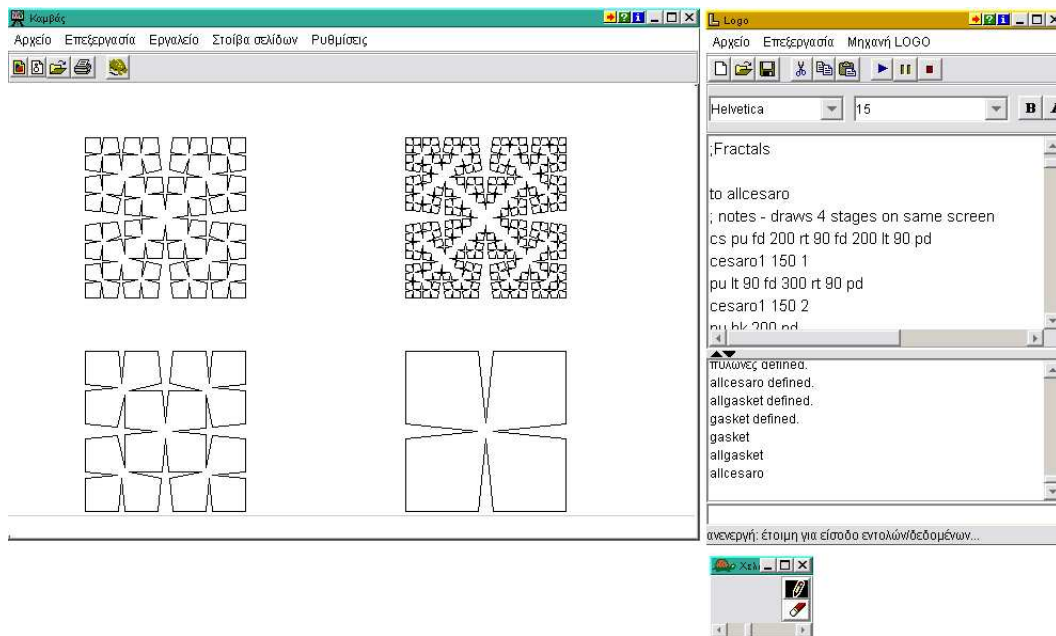
Μεγάλη σημασία σε αυτό το σημείο έχει η αξιολόγηση και η οργάνωση της πληροφορίας από τους μαθητές που γίνονται ουσιαστικά ανα-δημιουργοί μιας ιστορίας που είναι ελάχιστα γνωστή στον κόσμο, παρόλη την ευρύτητα των εφαρμογών των fractals σε πολλές επιστήμες.

Το διαθεματικό πλαίσιο μέσα στο οποίο κινείται η έννοια των fractals δίνει επίσης την δυνατότητα εμπλοκής στην μαθησιακή διαδικασία πολλών γνωστικών αντικειμένων με εντελώς διαφορετικό -εκ πρώτης όψεως- θεματικό περιεχόμενο. Παραδείγματα διαθεματικής-επιστημονικής χρήσης των fractals υπάρχουν στην

μετεωρολογία, στην βιοιατρική, στη βιολογία, στη χημεία, στην μελέτη της ανάπτυξης των πόλεων.

Γίνεται από τις ομάδες σύνταξη ενός κειμένου με το οποίο περιγράφουν την πορεία της εργασίας τους και τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν. Συλλέγονται τα κείμενα, διαβάζονται στην τάξη, και ακολουθεί συζήτηση σχετικά με την διαδικασία.

Εκτός από τα ενιαία θέματα που έθεσαν προς διερεύνηση, όλες οι ομάδες συζητούν τα επιμέρους συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν επεξεργαζόμενοι τη δική τους ιδιαίτερη περίπτωση. Ενδιαφέρον θα έχει βεβαίως και η διαφορετική πιθανόν προσέγγιση από ομάδες που «έτυχε» να έχουν το ίδιο «ερευνητικό θέμα». Η παρουσίαση της τελικής εργασίας τους μπορεί να γίνει με την χρήση υπολογιστικού περιβάλλοντος (Power Point) ή να πάρει την μορφή ενός γραπτού κειμένου (Word).



Εικόνα 2 – παράδειγμα διαδικασίας «allcesaro»

7.4 Γ' Φάση – Αναστοχασμός

Πρόκειται για την τελευταία φάση της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Ουσιαστικά αναφερόμαστε σε μια άτυπη αξιολόγηση της διαδικασίας της μάθησης και της δραστηριότητας εν γένει. Περιλαμβάνει αρχικά ένα εισαγωγικό μέρος, προφορικής έκφρασης και πιθανότατα αντιπαράθεσης, με άξονες τα θεματικά πεδία, τις υπολογιστικές εφαρμογές και το πληροφοριακό υλικό, και στην συνέχεια ολοκληρώνεται με την σύνταξη τελικής έκθεσης από τους μαθητές (ανά ομάδες και συνολικά ως τάξη). Επιδίωξη είναι η αναγνώριση των ρόλων των εμπλεκόμενων στην δραστηριότητα, των προβλημάτων που προέκυψαν κατά την διεξαγωγή της και των στόχων που τελικά επιτεύχθηκαν.

8. Κριτική εκπαιδευτικής δραστηριότητας

Στο πλαίσιο μιας κριτικής προσέγγισης της δραστηριότητας που περιγράψαμε στις παραγράφους που προηγήθηκαν, θα προτείνουμε να προσεχθούν ιδιαίτερος τα εξής ζητήματα:

- Οι μαθητές μπορεί να θεωρήσουν την δραστηριότητα ως απλό παιχνίδι, ή «πείραμα» και να μην δώσουν την απαιτούμενη βαρύτητα στις πράξεις τους κατά την διάρκειά της, υποβαθμίζοντας έτσι όλη την διαδικασία.
- Σε διερευνητικές-ομαδικές δραστηριότητες, τίθεται θέμα διαπραγμάτευσης ρόλων, και οι μαθητές πιθανόν να βιώσουν, για κάποιο διάστημα τουλάχιστον, καταστάσεις σύγχυσης και ασάφειας, με σοβαρό αντίκτυπο στην αποτελεσματικότητα της εκπαιδευτικής πράξης.
- Υπάρχει μεγάλος κίνδυνος οριστικής εγκατάλειψης της δραστηριότητας από τους μαθητές, σε περίπτωση που δεν μπορέσουν να κατανοήσουν το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα.

- ο Είναι υπό συζήτηση, το κατά πόσο οι στόχοι που τίθενται είναι εύκολο να ελεγχθούν, ιδίως σε «εκτός ύλης» θεματικά πεδία.
- ο Από την πλευρά του εκπαιδευτικού η κατάληξη σε απτά αποτελέσματα φαίνεται να έχει αρκετά υψηλή θέση στις προτεραιότητες του (Κυνηγός, 2006), πράγμα που λειτουργεί κατασταλτικά πάνω στην ιδιότητα του εκπαιδευτικού-συνερευνητή και ενισχυτικά στην καθοδηγητική του τάση.
- ο Οι εκπαιδευτικοί θα αντιμετωπίσουν σοβαρές δυσκολίες προσαρμογής, αφού ουσιαστικά προτείνεται η αντικατάσταση της παραδοσιακής διδασκαλίας, και η διδακτική περιπλάνηση εκτός αναλυτικού προγράμματος.

Τέλος, στην σχολική τάξη είναι σίγουρο ότι θα κάνουν την εμφάνισή τους αρκετά ακόμη προβλήματα και ατέλειες, όπως γίνεται άλλωστε σε οποιαδήποτε εφαρμογή μιας πρωτότυπης ιδέας. Βέβαια, υπάρχει χώρος για σημαντικές βελτιώσεις, τόσο στον σχεδιασμό του εγχειρήματος, όσο και την λειτουργικότητα των υπολογιστικών εφαρμογών, αλλά πιστεύουμε ότι μια πρακτική άσκηση θα έδινε τις κατάλληλες κατευθύνσεις για ουσιαστικές διορθωτικές κινήσεις.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Batagelj, V., (1997), Drawing space-filling curves in logo, Ανακτήθηκε στις 2 Νοεμβρίου 2007, από eurologo.web.elte.hu/lectures/batagel1.htm
- Bruner, J. (1987), Making sense, Methuen
- Cobb, P., & Steffe, L. P. (1983). The constructivist Researcher as teacher and model builder. Journal for Research in Mathematics Education, 14(2), 83-94.
- Confrey, J. (1990). What Constructivism implies for teaching. In R. B. Davis, C. A. Maher, and N. Noddings (Eds), Constructivist views on the teaching and Learning of Mathematics (pp. 107-124). Reston, VA: N.C.T.M.
- Duffy, M. T. & Jonassen, H. D. (1992). Constructivism and the technology of instruction: a conversation, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hoyles ,C. and Noss, R. (1992) A pedagogy for mathematical microworlds. Educational Studies in Mathematics 23: 31-57.
- Hoyles C. (1995) Exploratory software Exploratory cultures? In: Computers and Exploratory Learning. Springer - Verlag, Vol. 146
- Jonassen, D. H., Carr, C. & Yueh, H-P. (1998). Computers as Mindtools for Engaging Learners in Critical Thinking. Tech Trends 43(2), 24-32.
- Noss & Hoyles, (1996). Windows on Mathematical meanings: Learning Cultures & Computers. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Pea, R, Kurland, M., Hawkins, J., (1985), Logo and development of thinking skills , στο Mirrors of minds: patterns of experience in educational computing , Ablex Publishing Corp, Norwood, NJ, USA.
- Thissen, F. (1999) Das Lernen neu erfinden - konstruktivistische Grundlagen einer Multimedia - Didaktik, ανακτήθηκε στις 29 Οκτωβρίου 2007 από elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/1999/233/pdf/233.pdf

- Vergnaud, G. (1987), About Constructivism, Proceedings of the Eleventh International Conference for the Psychology of Mathematics Education, σελ. 42-55.
- von Glasersfeld, E. (1987). Learning as a constructive activity. In C. Janvier (Eds), Problems of representation in teaching and learning of mathematics (pp. 3-18). London: Lawrence Erlbaum associates.
- Γιαννούτσου, Ν., Κυρίμης, Κ. (2007), «Πτυχές της μαθησιακής διαδικασίας ως στοιχεία σχεδιασμού ενός εκπαιδευτικού ηλεκτρονικού παιχνιδιού», 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο: «Αξιοποίηση των ΤΠΕ στη διδακτική πράξη», Σύρος.
- Γλέζου, Κ. & Γρηγοριάδου, Μ. (2003), Αξιοποίηση Logo-like περιβάλλοντος στη σχολική τάξη: εμπειρίες, προβληματισμοί και διδακτικές προτάσεις, στο Ιωσηφίδου Μ., Τζιμόπουλος Ν. (επιμ.), Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου "Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη", Τόμος Β', 269-280, Σύρος.
- Γλέζου, Κ. (2002), Σχεδίαση και Ανάπτυξη Εκπαιδευτικών Σεναρίων και Δραστηριοτήτων Αξιοποιώντας Logo-like Περιβάλλον στο Δημοτικό Σχολείο, στο Α. Δημητρακοπούλου (επιμ.), Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση», Τόμος Β', 333-338, Ρόδος.
- Κορδάκη, Μ. (2003), Η Εισαγωγή της Πληροφορικής στην Α/μια και Β/μια εκπ/ση: Προβληματισμοί και Προτάσεις, 2ο Συνέδριο Διδακτική της Πληροφορικής, Βόλος
- Κυνηγός, Χ. & Ψυχάρης, Γ. (2000), Γεωμετρικές κατασκευές με αναλογίες σε περιβάλλοντα σχεδιασμένα για διερευνητική μάθηση στα μαθηματικά με τη χρήση ανάλογων υπολογιστικών εργαλείων, Πρακτικά 2ου Πανελληνίου

Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή (Πάτρα, Οκτώβριος 2000), με θέμα: Οι Νέες Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση, σελ. 461-470.

- ο Κυνηγός, Χ., (2006), Το μάθημα της διερεύνησης, Παιδαγωγική Αξιοποίηση των Ψηφιακών Τεχνολογιών για τη Διδακτική των Μαθηματικών, Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.
- ο Κυνηγός, Χ., Κουτλής, Μ. (2002). Λογισμικό υπό...συνθήκες. Πότε, γιατί και ποιο λογισμικό είναι «εκπαιδευτικό». Τρία Ερωτήματα και Μερικές Προτάσεις μέσα από τη Διεθνή και Ελληνική Εμπειρία. RAM, σελ. 94-101.
- ο Λεβέντης, Α., Οικονομίδης Α. (2000), Ο οικοδομητισμός ως παράδειγμα μάθησης, Πρακτικά Πανελλήνιου Συνεδρίου Πληροφορική και Εκπαίδευση, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη.