

Πλαίσιο αξιολόγησης της μαθησιακής διαδικασίας βασικών εννοιών προγραμματισμού σε γλώσσα C μέσω εκπ/κού λογισμικού

Κωνσταντίνα Ζηκούλη¹ και Μαρία Κορδάκη²

¹ ΜΔΕ Μηχ/κών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

² Εντ. Επ. καθ. (ΠΔ 407/80) Τμήμα Μηχ/κών Ηλ/κών Υπολογιστών & Πληροφορικής Παν/μίου
Πατρών

Πάτρα, Ελλάδα

e-mail: zikouli@ceid.upatras.gr, kordaki@cti.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζεται ένα πλαίσιο αξιολόγησης της μαθησιακής διαδικασίας βασικών εννοιών του προγραμματισμού και της γλώσσας C μέσω εκπαιδευτικού λογισμικού πολλαπλών αναπαραστάσεων. Το πλαίσιο αυτό στηρίζεται στις σύγχρονες κοινωνικές και εποικοδομιστικές θεωρήσεις για τη γνώση και τη μάθηση. Το μεθοδολογικό πλαίσιο της έρευνας αξιολόγησης συνδυάζει την ποιοτική έρευνα πεδίου με τη φαινομενολογική προσέγγιση. Ως κεντρικό και συνδυαστικό στοιχείο του πλαισίου αυτού τοποθετείται η δραστηριότητα ανοικτού και ολιστικού τύπου. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην επιλογή του πλαισίου από το οποίο αντλούνται τα σενάρια των δραστηριοτήτων. Το πλαίσιο αυτό συνδυάζει τη ζωγραφική με τη χρήση βασικών γεωμετρικών σχημάτων και κατασκευών. Το πλαίσιο αυτό: α) είναι ενδιαφέρον για τους πιο πολλούς μαθητές, β) δίνει δυνατότητες κατασκευής προσωπικών επιλύσεων των προβλημάτων που τίθενται, γ) δίνει ευκαιρίες γραφικής επίλυσης ενός προγραμματιστικού προβλήματος από το μαθητή με άμεση διαχείριση εργαλείων για κατασκευή γεωμετρικών σχημάτων τα οποία μπορεί να χρησιμοποιεί στα έργα του, δ) δίνει ευκαιρίες για αυτοδιόρθωση μέσω της σύγκρισης με τη γραφική έξοδο των προγραμμάτων και ε) είναι οικείο στους μαθητές από το δημοτικό σχολείο απελευθερώνοντας τους από το νοητικό φορτίο της κατανόησης σεναρίων που προέρχονται από δυσκολότερα γνωστικά αντικείμενα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, Προγραμματισμός, Μαθησιακές δραστηριότητες, Αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού, Γλώσσα C

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας αριθμός από σημαντικά ερωτήματα απασχολούν τους ερευνητές κατά την αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού. Τα ερωτήματα αυτά κυρίως αναφέρονται στο τι θα αξιολογηθεί, και συνδέονται στενά με τις μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για την απάντησή τους (Owston & Dudley-Marling, 1988; Knussen, Tanner & Kibby, 1991). Οι μεθοδολογίες αυτές αφορούν στο πως και στο ποιοι θα πραγματοποιήσουν την αξιολόγηση. Μεθοδολογίες και ερωτήματα συνδέονται έμμεσα ή άμεσα με το θεωρητικό πλαίσιο του σχεδιασμού του λογισμικού το οποίο επίσης στηρίζεται συνειδητά ή ασυνειδητά σε θεωρήσεις για τη γνώση και τη μάθηση (Karut, 1992).

Στο πλαίσιο συμφραζομένων της αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού, κεντρικό και καίριο παραμένει το ερώτημα σχετικά με το τι είδους γνώση κατασκευάζουν οι μαθητές όπως και το πως εξελίσσονται σε αλληλεπίδραση με αυτό (Mason, 1995; Noss & Hoyles, 1996). Η απάντηση στο ερώτημα αυτό απαιτεί την κατασκευή ενός μαθησιακού πλαισίου το οποίο να επιτρέπει στους μαθητές να αξιοποιήσουν με τον καλλίτερο δυνατό τρόπο τις δυνατότητες του λογισμικού. Κυρίαρχο ρόλο στο μαθησιακό αυτό πλαίσιο κατέχουν οι δραστηριότητες τις οποίες οι μαθητές

καλούνται να φέρουν σε πέρας. Διερευνητικού τύπου εκπαιδευτικό λογισμικό απαξιώνεται με παραδοσιακού τύπου δραστηριότητες (Skinner, 1968), ενώ διερευνητικού τύπου δραστηριότητες τείνουν να χάσουν το νόημά τους σε εκπαιδευτικό λογισμικό συμπεριφοριστικού τύπου. Επομένως κάθε τύπου εκπαιδευτικό λογισμικό συνδέεται στενά με ένα σύνολο από βασικές και κατάλληλες δραστηριότητες οι οποίες να επιτρέψουν στους μαθητές να αξιοποιήσουν με τον καλλίτερο δυνατό τρόπο τις δυνατότητές του.

Σχετικά με τη μάθηση του προγραμματισμού και της γλώσσας C, μια σειρά από περιβάλλοντα εκπαιδευτικού λογισμικού έχουν αναφερθεί από ερευνητές. Τα περιβάλλοντα αυτά μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες, με κριτήριο το είδος των δραστηριοτήτων που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε αλληλεπίδραση με αυτά: 1) Μικρόκοσμοι-μικρογλώσσες προγραμματισμού. Σημαντικά παραδείγματα η γλώσσα Logo (και το Karel the Robot για τη μάθηση της γλώσσας C (Patis, Roberts & Stehlic, 1995). Οι δραστηριότητες που μπορούν να λάβουν χώρα σε αυτά τα περιβάλλοντα εστιάζονται στην καθοδήγηση μιας χελώνας ή ενός ήρωα (μέσω απλοποιημένης συγγραφής εντολών) προκειμένου να επιτευχθεί κάποιος στόχος, πχ η χελώνα να πραγματοποιήσει μια συγκεκριμένη όδευση στο επίπεδο και ο Karel να κυκλοφορήσει επιτυχώς σε ένα λαβύρινθο. Ο μαθητής έχει κεντρικό και ενεργητικό χαρακτήρα στην κατασκευή της γνώσης του. 2) Περιβάλλοντα όπου οι μαθητές μπορούν να πραγματοποιήσουν οποιεσδήποτε δραστηριότητες. Ως τέτοια αναφέρονται: α) τα περιβάλλοντα με μεταγλωτιστές βελτιωμένων διαγνωστικών δυνατοτήτων. Από τα πιο αντιπροσωπευτικά του είδους είναι το THETIS (Freund & Roberts, 1996), β) οι εικονικές γλώσσες προγραμματισμού όπως πχ. το BASCCII για τη μάθηση της γλώσσας C (Calloni & Bagert, 1994). Στο περιβάλλον αυτό μειώνεται ο γνωστικός φόρτος που προκύπτει από την ανάγκη εκμάθησης του συντακτικού της γλώσσας διότι, οι μαθητές μπορούν να προγραμματίσουν κατασκευάζοντας τα διαγράμματα ροής των προγραμμάτων. γ) περιβάλλοντα δυναμικής γραφικής ή ηχητικής ανατροφοδότησης. Στα περιβάλλοντα αυτά οι μαθητές μπορούν να εμβαθύνουν στην κατανόηση του δυναμικού πλαισίου του προγραμματισμού και των αλγοριθμικών δομών εκμεταλλευόμενοι τη δυνατότητα ανάδρασης του συστήματος μέσω οπτικής ή ακουστικής πληροφορίας, ενώ απλοποιείται κατά πολύ η διαδικασία εκσφαλμάτωσης. Σημαντικά παραδείγματα, το Anim Pascal (Σατραζέμη, Χατζηαθανασίου, Δαγδιλέλης, 2000) και το LENS όπου παρέχεται η δυνατότητα γραφικής προσομοίωσης της εκτέλεσης προγραμμάτων ή αλγορίθμων πχ αντίστοιχα. Ακόμη το περιβάλλον CAITLIN το οποίο παρέχει τη δυνατότητα ηχητικής ανατροφοδότησης της εκτέλεσης προγράμματος.

Κάθε τύπος εκπαιδευτικού λογισμικού παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα όπως και περιορισμούς και δυνατότητες. Με κατάλληλη διδακτική αξιοποίηση κάθε τύπος εκπαιδευτικού λογισμικού μπορεί να χρησιμοποιηθεί έτσι ώστε αφ ενός μεν οι μαθητές να κερδίσουν από τα θετικά σημεία, και αφ ετέρου, τα τυχόν αδύνατα σημεία να αποτελέσουν ευκαιρίες για βελτίωση του λογισμικού και των δραστηριοτήτων που το συνοδεύουν.

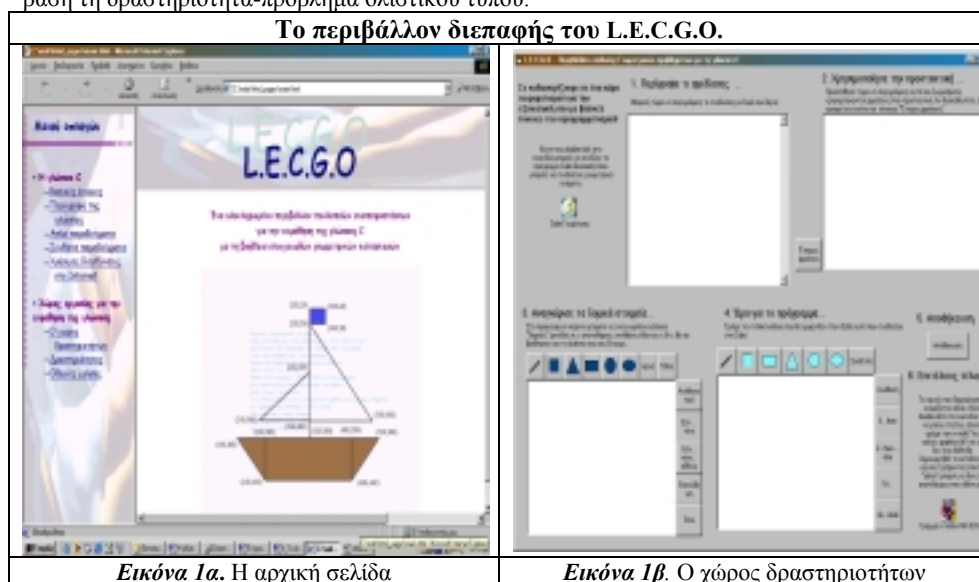
Το περιβάλλον L.E.C.G.O. ('A Learning Environment for programming and C using Geometrical Objects') αποτελεί ένα ανοικτό περιβάλλον πολλαπλών αναπαραστάσεων για τη μάθηση του προγραμματισμού και της γλώσσας C (Zikouli, Kordaki & Houstis, 2003). Το περιβάλλον L.E.C.G.O. διαφοροποιείται από τα υπάρχοντα περιβάλλοντα μάθησης του προγραμματισμού σε δύο σημεία: α) ως προς τις δυνατότητες πολλαπλής αναπαράστασης μιας επίλυσης προβλήματος, ξεκινώντας από μια 'ανθρωποκεντρική' λύση και περνώντας 'μαλακά' σε μια 'μηχανοκεντρική' προγραμματιστική λύση, και β) ως προς το είδος των μαθησιακών δραστηριοτήτων που υποστηρίζει. Στο περιβάλλον L.E.C.G.O. οι δραστηριότητες που μπορούν να πραγματοποιηθούν αντλούν τη θεματολογία τους από το χώρο της ζωγραφικής με χρήση βασικών γεωμετρικών σχημάτων. Ακόμη μπορούν να πραγματοποιηθούν δραστηριότητες κυμαινόμενης δυσκολίας που να αφορούν γεωμετρικές κατασκευές. Στην παρούσα μελέτη έγινε προσπάθεια κατασκευής ενός πλαισίου συμφραζομένων ποιοτικής και συγκριτικής αξιολόγησης της μαθησιακής διαδικασίας που μπορεί να λάβει χώρα κατά την αλληλεπίδραση των μαθητών με το περιβάλλον L.E.C.G.O. Το θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας αξιολόγησης στηρίζεται στις

κοινωνικές και εποικοδομιστικές θεωρήσεις για τη γνώση και τη μάθηση (von Glasersfeld, 1987; Vygotsky, 1978) και δίνει έμφαση στη χρήση δραστηριοτήτων ανοικτού και ολιστικού τύπου από τον κόσμο της εμπειρίας των μαθητών (Brusilovski, et al. 1997) για τη μάθηση των παραπάνω εννοιών. Ένα τέτοιο πλαίσιο δεν έχει ως τώρα αναφερθεί από ερευνητές.

Στην παρακάτω ενότητα γίνεται μια σύντομη περιγραφή του περιβάλλοντος L.E.C.G.O. και στη συνέχεια ακολουθεί η περιγραφή του πλαισίου συμφραζομένων της έρευνας αξιολόγησής του.

ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ L.E.C.G.O.

Το περιβάλλον L.E.C.G.O. είναι ένα αλληλεπιδραστικό περιβάλλον πολλαπλών αναπαραστάσεων το οποίο κατασκευάστηκε προκειμένου να δοθεί η ευκαιρία σε μαθητές να κατασκευάσουν βασικές έννοιες του προγραμματισμού και της γλώσσας C. Απευθύνεται σε μαθητές Γ τάξης Λυκείου κατεύθυνσης Πληροφορικής των ΤΕΕ, μαθητές των ΙΕΚ ή φοιτητές σε εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού. Η γλώσσα C επιλέχθηκε λόγω του ότι αποτελεί μια σύγχρονη γλώσσα με πολλές δυνατότητες η οποία επίσης αποτελεί ένα καλό υπόβαθρο για εισαγωγή στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό ο οποίος είναι ιδιαίτερα χρήσιμος σε άτομα που επαγγελματικά επιθυμούν να ασχοληθούν με την Πληροφορική. Το περιβάλλον L.E.C.G.O. παρέχει στους μαθητές δυνατότητες να πραγματοποιήσουν δραστηριότητες προγραμματιστικής επίλυσης προβλήματος σε γλώσσα C χρησιμοποιώντας διαφορετικά αναπαραστασιακά συστήματα και αντλώντας πληροφορίες από υπερμεσικό πολυμεσικό υλικό το οποίο είναι οργανωμένο με βάση τη δραστηριότητα-πρόβλημα ολιστικού τύπου.



Η δομή του περιβάλλοντος αντικατοπτρίζεται στην αρχική σελίδα της εφαρμογής (Εικόνα 1α) η οποία είναι χωρισμένη σε δύο πλαίσια. Στο αριστερό πλαίσιο παρουσιάζονται στο μαθητή οι δυνατότητες του περιβάλλοντος ενώ στο δεξιό φαίνεται η σελίδα που ο μαθητής επέλεξε.

Οι δυνατότητες του περιβάλλοντος έχουν χωριστεί σε δύο ενότητες. Η πρώτη ονομάζεται «Η γλώσσα C» και αφορά στο πληροφοριακό υλικό ενώ η δεύτερη ενότητα ονομάζεται «Χώρος εργασίας για την εκμάθηση της γλώσσας» (Εικόνα 1β). Ο χώρος εργασίας περιλαμβάνει εργαλεία για την επίλυση προγραμματιστικού προβλήματος σε πολλαπλά αναπαραστασιακά συστήματα, όπως: α) το σύστημα γραφικής επίλυσης προβλήματος στο περιβάλλον Cabri-Geometry II (Laborde, 1990) β) το σύστημα της ελεύθερης φυσικής γλώσσας, γ) το σύστημα της φυσικής

γλώσσας σε μορφή διακριτών εκφράσεων σε μορφή προστακτικής, δ) το σύστημα ψευδοκώδικα με χρήση βασικών αλγοριθμικών δομών, ε) το σύστημα της γλώσσας C, και στ) το σύστημα της γραφικής εξόδου του προγράμματος. Επιπλέον, ο χώρος εργασίας περιέχει δύο υπερσυνδεδεμένους μέσω των οποίων ο μαθητής μπορεί: α) να αντλήσει δραστηριότητες προς επίλυση, και β) να πάρει οδηγίες για τη χρησιμοποίηση των πολλαπλών αναπαραστασιακών συστημάτων. Αναλυτικότερη περιγραφή του σχεδιασμού και των δυνατοτήτων του περιβάλλοντος L.E.C.G.O. γίνεται στο Kordaki (2004).

ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΥΜΦΡΑΖΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ L.E.C.G.O.

Ο σχεδιασμός του πλαισίου της έρευνας διαμορφωτικής αξιολόγησης του περιβάλλοντος L.E.C.G.O. χωρίστηκε σε πέντε μέρη τα οποία αντιστοιχούν και στις φάσεις πραγματοποίησης της έρευνας αξιολόγησης. Οι φάσεις αυτές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα και πραγματοποιήθηκαν με τη σειρά που αναφέρονται. Στην παρούσα εργασία θα επικεντρωθούμε στην παρουσίαση του μέρους του πλαισίου το οποίο σχεδιάστηκε πριν την πραγματοποίηση της έρευνας στο πεδίο, δηλαδή στις αρχικές δύο φάσεις της έρευνας. Οι επόμενες 3 φάσεις αξιοποιούν τα δεδομένα της έρευνας αξιολόγησης στο πεδίο και θα αναφερθούν σε επόμενη ερευνητική εργασία.

1^η ΦΑΣΗ	Προσδιορισμός του θεωρητικού πλαισίου της έρευνας αξιολόγησης
	- Διατύπωση του θεωρητικού πλαισίου της μεθοδολογίας της έρευνας - Διατύπωση των ερωτημάτων της έρευνας αξιολόγησης - Το θεωρητικό πλαίσιο και η επιλογή των μαθησιακών δραστηριοτήτων
2^η ΦΑΣΗ	Προσδιορισμός των συνθηκών της έρευνας στο πεδίο
	- Η κατάρτιση της πειραματικής ομάδας - Οι συνθήκες της έρευνας στο περιβάλλοντα χαρτί μολύβι, Turbo C 2.01 και L.E.C.G.O. - Η μεθοδολογία της συλλογής και της επεξεργασίας των δεδομένων της έρευνας
3^η ΦΑΣΗ	Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας
4^η ΦΑΣΗ	Συζήτηση των αποτελεσμάτων
5^η ΦΑΣΗ	Διεξαγωγή συμπερασμάτων

Πίνακας 1. Οι φάσεις της έρευνας αξιολόγησης

1^η φάση: Προσδιορισμός του θεωρητικού πλαισίου της μεθοδολογίας και των ερωτημάτων της έρευνας αξιολόγησης

Η έρευνα αξιολόγησης πραγματοποιήθηκε κάτω από τη γνωσιοθεωρητική τοποθέτηση του εποικοδομισμού και της κοινωνικοπολιτισμικής θεώρησης για τη γνώση και τη μάθηση και αποτελεί μια ποιοτική μελέτη (Cohen & Manion, 1989) που έχει στόχο την αξιολόγηση του περιβάλλοντος L.E.C.G.O. Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα αυτή αποτελεί μια μελέτη πεδίου όπου παράγεται γνώση με χρήση της επαγωγικής λογικής. Ειδικότερα υιοθετείται η φαινομενολογική μεθοδολογική προσέγγιση (Marton, 1988) η οποία εστιάζει στο πώς φαίνεται ότι τα υποκείμενα της έρευνας αντιλαμβάνονται το μαθησιακό περιβάλλον του λογισμικού όπως προκύπτει από την αλληλεπίδρασή τους με τα εργαλεία και τις δυνατότητες του περιβάλλοντος. Η αξιολόγηση του περιβάλλοντος L.E.C.G.O. έχει διαμορφωτικό χαρακτήρα και εστιάζει στο βασικό ερώτημα *‘πώς οι μαθητές μαθαίνουν βασικές έννοιες προγραμματισμού και γλώσσας C στο περιβάλλον L.E.C.G.O. όπως αυτό φαίνεται μέσα από τις στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων τις οποίες αναπτύσσουν στο περιβάλλον αυτό’*. Για να γίνει σαφής η συμβολή του εργαλείου L.E.C.G.O. στις στρατηγικές των μαθητών κρίθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθεί συγκριτική έρευνα πεδίου σε τρία περιβάλλοντα: α) στο περιβάλλον χαρτί-μολύβι, β) στον τυπικό compiler της Turbo C 2.01, και γ) στο περιβάλλον L.E.C.G.O.

Η απάντηση στο βασικό ερώτημα της έρευνας γίνεται μέσα από: α) τη σύγκριση των στρατηγικών που αναπτύσσουν οι μαθητές στα παραπάνω τρία περιβάλλοντα, β) τη μελέτη των δυσκολιών των μαθητών για την επίλυση προβλημάτων σε κάθε περιβάλλον και το αν και πώς

αυτές ξεπεράστηκαν, γ) τη μελέτη της εξέλιξης των στρατηγικών κάθε μαθητή ανά δραστηριότητα μέσα από την αλληλεπίδρασή του με αυτά τα περιβάλλοντα, δ) τη μελέτη της εξέλιξης των στρατηγικών κάθε μαθητή ανά περιβάλλον μέσα από το σύνολο των δραστηριοτήτων που πραγματοποιήσε, και ε) τη σύγκριση του χρόνου της αλληλεπίδρασής των μαθητών σε κάθε ένα περιβάλλον.

Το θεωρητικό πλαίσιο και η επιλογή των δραστηριοτήτων. Ο ρόλος των μαθησιακών δραστηριοτήτων έχει αναγνωρισθεί από μια σειρά ερευνητές ως κεντρικός στη διαδικασία της μάθησης (Vygotsky, 1978; Nardi, 1996; Fishman, 2000). Ο σχεδιασμός μαθησιακών δραστηριοτήτων έχει στενά συνδεθεί με τις διαφορετικές γνωσιοθεωρητικές τοποθετήσεις για τη γνώση και τη μάθηση. Οι παραδοσιακές συμπεριφοριστικές προσεγγίσεις δίνουν έμφαση σε δραστηριότητες τύπου 'ασκησάρι' οι οποίες ενθαρρύνουν την απομνημόνευση και τη μηχανιστική μάθηση του αντικειμένου μάθησης από τους μαθητές. Από την άλλη μεριά οι σύγχρονες επικοδομιστικές και κοινωνικές προσεγγίσεις για τη γνώση και τη μάθηση δίνουν έμφαση σε δραστηριότητες ολιστικού τύπου οι οποίες ενθαρρύνουν την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και τη λειτουργική μάθηση των εννοιών κάθε γνωστικού αντικειμένου ώστε να είναι χρήσιμες στους μαθητές για την επίλυση προβλημάτων της καθημερινής ζωής. Επιπλέον, και σε αντιπαράθεση με άλλες επιστήμες, η Πληροφορική ως επιστήμη του μηχανικού, εστιάζεται αποκλειστικά στην επίλυση πραγματικού προβλήματος (ACM, 1991). Ειδικότερα, ο προγραμματισμός χαρακτηρίζεται ως 'το νοητικό περιεχόμενο της επιστήμης των υπολογιστών' το οποίο χρησιμοποιείται για την επίλυση προβλημάτων. Ως εκ τούτου ιδιαίτερη σημασία αποκτά η ανάπτυξη της ικανότητας επίλυσης πραγματικού προβλήματος από τους μαθητές με τη βοήθεια των αλγοριθμικών δομών και του προγραμματισμού.

Οι δραστηριότητες που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μάθηση του προγραμματισμού μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: 1) δραστηριότητες καθοδήγησης ενός ήρωα ή μιας χελώνας για τη μάθηση του προγραμματισμού στα περιβάλλοντα Logo και Karel the Robot αντίστοιχα, και 2) δραστηριότητες χωρίς κάποιο κοινωνικό σενάριο που βοηθούν το μαθητή κυρίως να κατανοήσει: α) το "μοντέλο μηχανής" για μια συγκεκριμένη αλγοριθμική δομή μέσα από παίξιμο ρόλων. Εδώ ένας μαθητής παίζει το ρόλο του υπολογιστή ενώ κάποιος άλλος μαθητής του δίνει εντολές με λεκτικό τρόπο. Οι δραστηριότητες αυτές δίνουν έμφαση στην κατανόηση του πως ο υπολογιστής λειτουργεί όταν πραγματοποιεί μια προγραμματιστική διαδικασία. Δραστηριότητες του τύπου αυτού ως σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί στο περιβάλλον μιας συμβατικής τάξης, β) μια συγκεκριμένη αλγοριθμική δομή στο περιβάλλον χαρτί-μολύβι ή σε ένα τυπικό περιβάλλον μιας γλώσσας προγραμματισμού. Τέτοιες δραστηριότητες έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση των δυσκολιών των μαθητών (Κόμης, 2001), και γ) την προγραμματιστική επίλυση προβλήματος στο περιβάλλον χαρτί-μολύβι ή σε ένα τυπικό περιβάλλον μιας γλώσσας προγραμματισμού.

Με βάση το θεωρητικό πλαίσιο των σύγχρονων επικοδομιστικών και κοινωνικών θεωρήσεων για τη γνώση και τη μάθηση μια σειρά από βασικές γενικές προδιαγραφές σχεδιασμού μαθησιακών δραστηριοτήτων προτείνονται στον Πίνακα 2. Στον ίδιο πίνακα αυτές οι γενικές προδιαγραφές εξειδικεύονται στη μάθηση εννοιών που αφορούν σε βασικές έννοιες του προγραμματισμού και της γλώσσας C. Παρά το ότι μια σειρά από προδιαγραφές σχεδιασμού δραστηριοτήτων έχουν προταθεί για τη μάθηση του προγραμματισμού από μαθητές της Β/μιας εκπαίδευσης (Γρηγοριάδου, Γόγουλου & Γουλή, 2002), προδιαγραφές που εστιάζουν στην ολιστική και όχι στην τμηματική μάθηση του αντικειμένου και ειδικότερα της γλώσσας C δεν έχουν αναφερθεί. Ακόμη, για το αντικείμενο αυτό, σενάρια δραστηριοτήτων τα οποία αντλούνται από τον κόσμο των ενδιαφερόντων των μαθητών όπως η ζωγραφική και απαιτούν τη χρήση οικείας γνώσης από αυτούς όπως η χρήση στοιχειωδών γεωμετρικών σχημάτων, δεν έχουν ως σήμερα αναφερθεί από ερευνητές.

Προδιαγραφές σχεδιασμού δραστηριοτήτων σύμφωνα με τις σύγχρονες θεωρίες μάθησης για τη μάθηση βασικών εννοιών του προγραμματισμού και της γλώσσας C	
Γενικές προδιαγραφές	Ειδικές προδιαγραφές
Οι δραστηριότητες θα πρέπει να...	Οι δραστηριότητες θα πρέπει να ..
• είναι ανοικτού τύπου, να δέχονται δηλαδή πολλαπλές επιλύσεις ώστε να επιτρέπουν την έκφραση των ατομικών διαφορών των μαθητών	• αποτελούν προβλήματα των οποίων τα δεδομένα μπορούν εν μέρει ή στο σύνολο να καθορίζονται από το μαθητή
• έχουν ενδιαφέρον για το μαθητή ώστε να του δημιουργούν κίνητρο	• ξεφεύγουν από τα συνήθη αριθμητικά ή αλφαριθμητικά παραδείγματα
• επιτρέπουν στο μαθητή να έχει έλεγχο της μάθησής του	• μπορούν να αναπαρασταθούν σε εικονικά συστήματα όπως η ζωγραφική ώστε να είναι δυνατή η εικονική ανατροφοδότηση και αυτοδιόρθωση του μαθητή
• είναι προβλήματα δηλαδή να επιδέχονται επίλυση με απαίτηση ανάλυσης σύνθεσης και να απαιτούν για την επίλυσή τους τη σύνθεση εννοιών	• αποτελούν προβλήματα με απαιτήσεις γνώσεων ολιστικού τύπου όπως η χρήση περισσότερων της μιας εντολών ή αλγοριθμικών δομών
• δίνουν την ευκαιρία στο μαθητή για πειραματισμό με κάποιου είδους πρακτική-χειρωνακτική εμπειρία με πρωταρχικά δεδομένα	• πραγματοποιούνται με χρήση εργαλείων πχ. ζωγραφικής, και σχεδίασης βασικών γεωμετρικών σχημάτων όπως είναι τα εργαλεία του περιβάλλοντος Cabri-Geometry II
• επικεντρώνονται στην κατανόηση βασικών εννοιών του αντικείμενου μάθησης	• επικεντρώνονται στην επίλυση προγραμματιστικού προβλήματος με χρήση της αλγοριθμικής λογικής και όχι στην εκμάθηση των συντακτικών κανόνων της γλώσσας
• επικεντρώνονται στα σημεία που οι μαθητές δυσκολεύονται	• Δίνουν έμφαση στην κατανόηση των μεταβλητών, των βασικών αλγοριθμικών δομών
• μπορούν να προσφέρουν οπτική ανατροφοδότηση για να δίνουν ευκαιρίες αυτοδιόρθωσης του μαθητή	• επιτρέπουν μια αρχική επίλυση του προβλήματος με χρήση ενός εικονικού περιβάλλοντος όπως το Cabri-Geometry II και σύγκριση με τη γραφική έξοδο του προγράμματος σε C, για αυτοδιόρθωση
• επιτρέπουν στους μαθητές να εκφράσουν χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία την πρότερη γνώση τους σχετικά με άλλα γνωστικά αντικείμενα	• επιτρέπουν τη χρήση στοιχειωδών εννοιών για την επίλυση προγραμματιστικού προβλήματος όπως πχ. γεωμετρικές έννοιες
• απαιτούν από τους μαθητές στοιχειώδεις γνώσεις από άλλα γνωστικά αντικείμενα και έτσι να τους απαλλάσσουν από το επιπλέον νοητικό φορτίο του να εξοικειωθούν με κάποιο άλλο γνωστικό αντικείμενο δύσκολο σε αυτούς	• απαιτούν γνώση βασικών στοιχειωδών όπως πχ. βασικών εννοιών γεωμετρικών σχημάτων και κατασκευών
• επιτρέπουν την επίλυση σε διαφορετικά αναπαραστασιακά συστήματα	• επιτρέπουν τη χρήση διαφορετικών αναπαραστασιακών συστημάτων όπως: εικονικά συστήματα, συστήματα ελεύθερης ή/και τυποποιημένης φυσικής γλώσσας, ψευδογλώσσα, γλώσσα προγραμματισμού

Πίνακας 2. Προδιαγραφές σχεδιασμού δραστηριοτήτων σύμφωνα με τις σύγχρονες θεωρίες μάθησης για τη μάθηση βασικών εννοιών του προγραμματισμού και της γλώσσας C

Οι δραστηριότητες που κατασκευάστηκαν για την διαμορφωτική αξιολόγηση του περιβάλλοντος L.E.C.G.O. στηρίχθηκαν στις παραπάνω προδιαγραφές σχεδίασης και χωρίζονται σε δύο ομάδες κάθε μία από τις οποίες περιλαμβάνει 4 δραστηριότητες. Οι πρώτες τέσσερις δραστηριότητες δόθηκαν στους μαθητές προς επίλυση στο περιβάλλον χαρτί-μολύβι και στο περιβάλλον της Turbo C, ενώ οι υπόλοιπες 4 δραστηριότητες δόθηκαν στους μαθητές προς επίλυση στο περιβάλλον L.E.C.G.O. Οι δύο τετράδες δραστηριοτήτων επιλύονται αντίστοιχα με τις ίδιες δομές και αυτό αποφασίστηκε προκειμένου να διαπιστωθεί η εξέλιξη κάθε μαθητή σχετικά με τη χρησιμοποίηση των συγκεκριμένων δομών. Για να αποφευχθεί πιθανή αντιγραφή

των προγραμμάτων που είχαν κατασκευαστεί από τους μαθητές στο περιβάλλον χαρτί μολύβι και στο περιβάλλον της Turbo C διαφοροποιήθηκε η διατύπωσή τους στο περιβάλλον L.E.C.G.O. Επίσης, έγινε προσπάθεια ώστε οι δραστηριότητες στο περιβάλλον L.E.C.G.O. να είναι της ίδιας πολυπλοκότητας με αυτές που είχαν δοθεί στο περιβάλλον χαρτί-μολύβι και στο περιβάλλον της Turbo C ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των ενεργειών των μαθητών σε αυτά τα διαφορετικά περιβάλλοντα μάθησης.

Οι δραστηριότητες που κατασκευάστηκαν ξεφεύγουν από τα συνήθη αριθμητικά ή αλφαριθμητικά παραδείγματα και αντλούν τη θεματολογία τους από το πλαίσιο συμφραζομένων της ζωγραφικής με χρήση βασικών γεωμετρικών σχημάτων. Η λογική αυτή διέπει και όλα τα παραδείγματα του πληροφοριακού υλικού που διατίθεται προς μελέτη από το περιβάλλον L.E.C.G.O. Η επιλογή αυτή έγινε με βάση το ότι:

- Μπορούν να προσφέρουν οπτική ανατροφοδότηση η σημασία της οποίας έχει αναφερθεί από ερευνητές.
- Επιτρέπουν στους μαθητές να εκφράσουν την πρότερη γνώση τους μέσα από δραστηριότητες που αποκτούν ενδιαφέρον γι αυτούς
- Απαιτούν από τους μαθητές στοιχειώδεις γνώσεις γεωμετρίας (επιπέδου Δημοτικού Σχολείου) και έτσι τους απαλλάσσουν από το επιπλέον νοητικό φορτίο του να εξοικειωθούν με κάποιο άλλο γνωστικό αντικείμενο άγνωστο σε αυτούς όπως π.χ. οι μαθηματικές ακολουθίες που αποτελούν ένα συνηθισμένο παράδειγμα για τη μάθηση του προγραμματισμού με βάση τα σχολικά βιβλία.

Δραστηριότητες που δόθηκαν στους μαθητές στο περιβάλλον χαρτί – μολύβι και στο περιβάλλον της Turbo C 2.01.

Δραστηριότητα 1. Γράψε ένα πρόγραμμα που όταν εκτελεστεί να εμφανίζει στην οθόνη ένα σπιτάκι της αρεσκείας σου χρησιμοποιώντας γεωμετρικά σχήματα. Φρόντισε να χρωματίσεις κατάλληλα τους τοίχους, τη σκεπή, την πόρτα και τα υπόλοιπα μέρη του.

Δραστηριότητα 2. Γράψε ένα πρόγραμμα που όταν εκτελεστεί να εμφανίζει στην οθόνη σου μια εικόνα μέσα σε μια κορνίζα που θα φτιάξεις από όποια γεωμετρικά σχήματα θέλεις χρησιμοποιώντας επαναλαμβανόμενα μοτίβα.

Δραστηριότητα 3. Γράψε ένα πρόγραμμα που όταν εκτελεστεί να εμφανίζει στην οθόνη σου μια σκακιέρα. Το μήκος κάθε τετραγώνου να το επιλέξετε όπως εσείς επιθυμείτε.

Δραστηριότητα 4. Χρησιμοποίησε ένα σχήμα που, καθώς θα περπατά στην οθόνη του υπολογιστή σου να αφήνει το στίγμα του. Γράψε ένα πρόγραμμα που όταν εκτελεστεί να εμφανίζει στην οθόνη σου τα αρχικά του ονόματός σου ή άλλα γράμματα.

Δραστηριότητες που δόθηκαν στους μαθητές στο περιβάλλον L.E.C.G.O.

Δραστηριότητα 1. Γράψε ένα πρόγραμμα που όταν εκτελεστεί να εμφανίζει στην οθόνη σου έναν πίνακα ζωγραφικής που θα κρεμάσεις στο δωμάτιό σου. Χρησιμοποίησε γεωμετρικά σχήματα της αρεσκείας σου.

Δραστηριότητα 2. Γράψε ένα πρόγραμμα που όταν εκτελεστεί να εμφανίζει στην οθόνη σου ένα τρένο με όσα βαγόνια επιλέξεις.

Δραστηριότητα 3. Γράψε ένα πρόγραμμα που όταν εκτελεστεί να εμφανίζει ένα πλέγμα με μαυρισμένα τα κουτάκια της διαγωνίου.

Δραστηριότητα 4. Χρησιμοποίησε ένα σχήμα που, καθώς θα περπατά στην οθόνη του υπολογιστή σου να αφήνει το στίγμα του. Γράψε ένα πρόγραμμα που όταν εκτελεστεί να εμφανίζει στην οθόνη σου κάποια γεωμετρικά σχήματα.

Παρά την εξωτερική διαφοροποίησή τους οι δραστηριότητες των δύο ομάδων εξυπηρετούν παρόμοιους στόχους. Στόχος της πρώτης δραστηριότητας ήταν να εξοικειώσει τα παιδιά με τις γραφικές συναρτήσεις και τις εντολές της γλώσσας χωρίς να τα αναγκάσει να χρησιμοποιήσουν

κάποια συγκεκριμένη δομή ελέγχου ή επανάληψης εφόσον μπορούσε να πραγματοποιηθεί με σειριακές εντολές. Στόχος της δεύτερης δραστηριότητας ήταν να δώσει την ευκαιρία στους μαθητές να αξιοποιήσουν τη δομή επανάληψης καθώς και να τους εξοικειώσει με την έννοια της μεταβλητής. Η πιο απαιτητική από όλες τις δραστηριότητες ήταν η τρίτη καθώς η πιο κομψή επίλυση απαιτούσε τη χρήση της δομής επανάληψης με συνθήκη ελέγχου και, για το χρωματισμό των τετραγώνων, την εντολή fillpoly η οποία απαιτεί γνώση του τρόπου με τον οποίο η γλώσσα C χειρίζεται τους πίνακες και τις μεταβλητές. Η τέταρτη δραστηριότητα μπορούσε να λυθεί με συνδυασμό πολλών δομών απαιτούσε όμως ιδιαίτερη προσοχή στον τρόπο χειρισμού των μεταβλητών.

2^η φάση: Προσδιορισμός των συνθηκών της έρευνας στο πεδίο

Η κατάρτιση της πειραματικής ομάδας. Οι μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα επελέγησαν από την Α' Τάξη του Β' Κύκλου του Τομέα Πληροφορικής και Δικτύων (Ειδικότητας Υποστήριξης Συστημάτων και Δικτύων Η/Υ) του Τ.Ε.Ε. Παραλίας Πατρών. Οι μαθητές επελέγησαν από την τάξη αυτή διότι: α) Είχαν διδαχθεί Pascal στο προηγούμενο σχολικό έτος και συνεπώς είχαν κάποια επαφή με τον προγραμματισμό ώστε να μην τους είναι άγνωστες κάποιες βασικές αλγοριθμικές δομές, οι μεταβλητές κ.λ.π. και β) Μετά την παρέλευση ενός έτους ήταν αρκετά πλέον «αποστασιοποιημένου» από τη σύνταξη της Pascal με αποτέλεσμα να μη μεταφέρουν τη σύνταξη αυτής της γλώσσας στο πλαίσιο μάθησης της γλώσσας C.

Έχοντας ως στόχο την διαπίστωση του κατά πόσο το περιβάλλον L.E.C.G.O. μπορεί να βοηθήσει διαφορετικές ομάδες μαθητών να εξελιχθούν, αποφασίστηκε να επιλεγθούν μαθητές διαφορετικών επιπέδων όσον αφορά τις γνώσεις τους πάνω στον προγραμματισμό. Το κριτήριο το οποίο τέθηκε προκειμένου να γίνει την επιλογή ήταν η βαθμολογία των μαθητών κατά το προηγούμενο σχολικό έτος στο μάθημα του προγραμματισμού. Η βαθμολογία η οποία λήφθηκε υπόψη, είναι ο γενικός μέσος όρος στο συγκεκριμένο μάθημα. Βάσει της βαθμολογίας, οι μαθητές κατατάχθηκαν σε τρεις ομάδες: α) «πολύ καλής επίδοσης» με βαθμολογία μεγαλύτερη του 15, β) «μέτριας επίδοσης» με βαθμολογία μεταξύ 12 και 14 και γ) «χαμηλής επίδοσης» με βαθμολογία μεταξύ 10 και 12. Στη συνέχεια επιλέχθηκαν 3 μαθητές από την πρώτη ομάδα, 4 από την δεύτερη και 2 από την τρίτη ομάδα. Κατά τη διάρκεια της έρευνας διαμορφωτικής αξιολόγησης, και γνωρίζοντας ότι οι μαθητές δεν είχαν ασχοληθεί ποτέ με τη γλώσσα προγραμματισμού C, η ερευνήτρια παρείχε κάθε δυνατή βοήθεια πάνω στη σύνταξη της γλώσσας χωρίς όμως να επηρεάζει τη σκέψη των μαθητών όσον αφορούσε την στρατηγική επίλυσης του κάθε προβλήματος. Προκειμένου να διαπιστωθεί η εξέλιξη του κάθε μαθητή, οι μαθητές εργάζονταν ατομικά, στην ίδια αίθουσα και ώρα χωρίς να τους επιτρέπεται να ανταλλάξουν απόψεις για τις δραστηριότητες που τους τέθηκαν. Στους μαθητές δεν τέθηκε περιορισμός χρόνου για τη διεκπεραίωση των δραστηριοτήτων και στα τρία περιβάλλοντα μάθησης.

Οι συνθήκες της έρευνας στο περιβάλλον χαρτί-μολύβι. Η εργασία των μαθητών πραγματοποιήθηκε σε σχολικές ώρες. Παράλληλα δόθηκε στους μαθητές εκτυπωμένο φυλλάδιο με τίτλο «Σημειώσεις πάνω στη γλώσσα C».

Οι συνθήκες της έρευνας στο περιβάλλον Turbo C 2.01. Οι μαθητές εργάστηκαν στο περιβάλλον αυτό δύο εβδομάδες αργότερα από την εργασία στο περιβάλλον χαρτί-μολύβι. Και σε αυτό το περιβάλλον, η ερευνήτρια παρείχε υποστήριξη όσον αφορά στη σύνταξη της γλώσσας C και το περιβάλλον εργασίας. Στους μαθητές επίσης δόθηκε το φυλλάδιο με τις σημειώσεις πάνω στη γλώσσα.

Οι συνθήκες της έρευνας στο περιβάλλον L.E.C.G.O. Η εργασία των μαθητών στο περιβάλλον L.E.C.G.O. πραγματοποιήθηκε μετά τη λήξη των μαθημάτων του σχολικού έτους. Και σε αυτή τη φάση δεν τέθηκε χρονικός περιορισμός στους μαθητές και η ερευνήτρια ήταν παρούσα προκειμένου να καταγράφει τις ενέργειες των μαθητών και να παρέχει βοήθεια σχετικά με τη χρησιμοποίηση του περιβάλλοντος χωρίς όμως να επεμβαίνει στις στρατηγικές επίλυσης των

μαθητών. Οι μαθητές χρησιμοποίησαν το πληροφοριακό υλικό για τη γλώσσα που τους παρείχε το περιβάλλον LE.C.G.O. (Ζηκούλη & Κορδάκη, 2004).

Η συλλογή των δεδομένων της έρευνας. Τα δεδομένα της έρευνας αποτέλεσαν: α) Τα προγράμματα των μαθητών στο περιβάλλον χαρτί-μολύβι, στο περιβάλλον Turbo C και στο περιβάλλον LE.C.G.O., β) Οι έξοδοι των προγραμμάτων στο περιβάλλον Turbo C και στο περιβάλλον LE.C.G.O., γ) Τα περιεχόμενα των πολλαπλών αναπαραστασιακών συστημάτων στο περιβάλλον LE.C.G.O., δ) Τα αρχεία καταγραφής των ενεργειών των μαθητών (log files) στο περιβάλλον LE.C.G.O., ε) Οι σημειώσεις της ερευνητριας σε όλη διάρκεια της έρευνας, και στ) τα σχήματα και οι βοηθητικές σημειώσεις των μαθητών. Τα δεδομένα αυτά στη συνέχεια υπέστησαν περαιτέρω επεξεργασία ώστε να μπορέσουν να αποτελέσουν χρήσιμη πηγή στοιχείων για την ανάλυση και επεξεργασία.

Η επεξεργασία των δεδομένων της έρευνας. Το σύνολο των μαθητών ασχολήθηκε με ενδιαφέρον με τις δραστηριότητες που τέθηκαν. Από τη μελέτη των δεδομένων της έρευνας στο πεδίο προέκυψαν οι ακόλουθοι άξονες επεξεργασίας: α) Καταγραφή των στρατηγικών που αναπτύσσουν οι μαθητές για κάθε δραστηριότητα που τους δόθηκε στα τρία περιβάλλοντα: χαρτί-μολύβι, Turbo C και LE.C.G.O., β) Σύγκριση των στρατηγικών που αναπτύσσουν οι μαθητές για κάθε δραστηριότητα στα παραπάνω τρία περιβάλλοντα, γ) Μελέτη των δυσκολιών των μαθητών για την επίλυση κάθε δραστηριότητας σε κάθε περιβάλλον μάθησης και το αν και πως αυτές ξεπεράστηκαν, δ) Μελέτη της εξέλιξης των στρατηγικών κάθε μαθητή ανά δραστηριότητα μέσα από την αλληλεπίδρασή του στα τρία περιβάλλοντα, ε) Μελέτη της εξέλιξης των στρατηγικών κάθε μαθητή ανά περιβάλλον μέσα από το σύνολο των δραστηριοτήτων που πραγματοποίησε και στ) Σύγκριση του χρόνου της αλληλεπίδρασης των μαθητών σε κάθε ένα περιβάλλον.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη παρουσιάστηκε ένα πλαίσιο αξιολόγησης της μαθησιακής διαδικασίας βασικών εννοιών του προγραμματισμού και της γλώσσας C στο πλαίσιο συμφραζομένων εκπαιδευτικού λογισμικού πολλαπλών αναπαραστάσεων. Το πλαίσιο αυτό στηρίχθηκε στις σύγχρονες εποικοδομιστικές και κοινωνικές θεωρήσεις για τη γνώση και τη μάθηση με έμφαση στην πραγματοποίηση δραστηριοτήτων ανοικτού και ολιστικού τύπου από τους μαθητές. Μεθοδολογικά υιοθετήθηκαν ποιοτικές μέθοδοι έρευνας με έμφαση στη φαινομενογραφική προσέγγιση και στη χρήση της επαγωγικής λογικής στην κατασκευή της γνώσης.

Ειδικότερα, προτάθηκε ένα πλαίσιο προδιαγραφών κατάλληλων δραστηριοτήτων για τη μάθηση βασικών εννοιών του προγραμματισμού και της γλώσσας C και συγκεκριμένες δραστηριότητες κατασκευάστηκαν οι οποίες πραγματοποιήθηκαν με ενδιαφέρον από τους μαθητές. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην επιλογή του πλαισίου από το οποίο αντλήθηκαν τα σενάρια των δραστηριοτήτων. Το πλαίσιο αυτό συνδυάζει τη ζωγραφική με τη χρήση βασικών γεωμετρικών σχημάτων και κατασκευών. Το πλαίσιο αυτό: α) είναι ενδιαφέρον για τους πιο πολλούς μαθητές, β) δίνει δυνατότητες κατασκευής προσωπικών επιλύσεων των προβλημάτων που τίθενται, γ) δίνει ευκαιρίες γραφικής επίλυσης ενός προγραμματιστικού προβλήματος από το μαθητή με χρήση εργαλείων για κατασκευή γεωμετρικών σχημάτων τα οποία μπορεί να χρησιμοποιεί στα έργα του, δ) δίνει ευκαιρίες για αυτοδιόρθωση μέσω της σύγκρισης με τη γραφική έξοδο των προγραμμάτων και ε) είναι οικείο στους μαθητές από το δημοτικό σχολείο απελευθερώνοντάς τους από το νοητικό φορτίο της κατανόησης σεναρίων που προέρχονται από δυσκολότερα γνωστικά αντικείμενα.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ACM (1991). ACM Curricula Recommendations, Volume 1: Computing Curricula 1991: Report of the ACM/IEEE-CS Joint Curriculum Task Force.
<http://www.acm.org/education/curr91/homepage.html>.

- Brusilovski, P., Calabrese, E., Hvorecky, J., Kouchirenko, A. & Miller P. (1997). Mini-languages : a way to learn programming principles. *Education and Information Technologies*, 2, 65-83.
- Calloni B., Bagert D. (1994). Iconic programming in BACCH vs. Textual programming: which is a better learning environment?. *ACM, SIGCSE '94 3/94*, Phoenix AZ, 188-192.
- Cohen, L. & Manion, L. (1989). *Research Methods in Education*. London: Routledge.
- Γρηγοριάδου, Μ., Γόγουλου, Α. & Γουλή, Ε. (2002). Εναλλακτικές Διδακτικές Προσεγγίσεις σε Εισαγωγικά μαθήματα Προγραμματισμού: Προτάσεις Διδασκαλίας. Πρακτικά 3^{ου} πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή, 'Οι ΤΠΕ στην Εκπ/ση', 239-248.
- Fishman, J.B. (2000). How Activity Fosters CMC Tool Use in Classrooms: Reinventing Innovations in Local Contexts. *Journal for Interactive Learning Research*, 3(1), 3-28.
- Freund, S.N. & Roberts, E.S. (1996). THETIS: An ANSI C programming environment designed for introductory use. *ACM, SIGCSE '96 2/96*, Philadelphia, PA USA, 300-304.
- Knussen, C., Tanner, G. R. and Kibby, R. M. (1991). An approach to the evaluation of hypermedia. *Computers and Education*. Vol.17, No. 1, pp. 13-24.
- Κόμης, Β. (2001). Μελέτη Βασικών εννοιών του προγραμματισμού στα πλαίσια μιας Οικοδομιστικής Διδακτικής Προσέγγισης. *Themes in Education*, 2 (2-3), 243-270.
- Kordaki, M. (2004, in preparation). Multiple representations and modeling in the design of a computer environment for the beginners' learning of programming and C.
- Laborde, J-M. (1990). *Cabri-Geometry* [Software]. France: Universite de Grenoble.
- Marton, F. (1988). Phenomenography: Exploring Different Conceptions of Reality. In D.M. Fetterman (Eds). *Qualitative Approaches to Evaluation in Education: The Silent Scientific Revolution*, (pp. 176-205). New York: Praeger.
- Mason, R. (1995). Evaluating technology based Education. In Collis B. & Davies (Eds). *Innovating Adult Learning with Innovative Technologies*. Elsevier, Amsterdam
- Nardi, B.A. (1996). Studying context: A comparison of activity theory, situated action models, and distributed cognition. In B.A. Nardi (Ed.), *Context and consciousness: Activity theory and human-computer interaction*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Noss, R. & Hoyles C. (1996). *Windows on mathematical meanings: Learning Cultures and Computers*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London.
- Owston, G. R. & Dudley-Marling, C. (1988). A criterion-Based Approach to Software Evaluation. *Journal of Research on Computing in Education*. Vol. 20, 234-244.
- Pattis, R.E. , Roberts, J. & Stehlic, M. (1995). *Karel- The Robot , A Gentle Introduction to the Art of Programming*. 2nd ed., New York, Wiley.
- Σατρατζέμη, Μ., Χατζηαθανασίου, Κ. & Δαγδιλέλης, Β. (2000). AnimPascal: Ένα Εκπαιδευτικό Περιβάλλον για τη Στήριξη Εισαγωγικών Μαθημάτων Προγραμματισμού. Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου «Οι Τ.Π.Ε στην Εκπαίδευση», σελ. 125-135, Πάτρα, Ελλάδα.
- Skinner, B. F. (1968). *The Technology of Teaching*, New York : Appleton, 1968.
- 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.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in Society*. Cambridge: Harvard University Press.
- Zikouli, K., Kordaki, M. & Houstis, E. (2003). A Multi-representational Environment for Learning Programming and C. 3rd *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, (pp. 459), July, 9-11, Athens, Greece, 2003.
- Ζηκούλη και Κορδάκη (2004). Η 'δραστηριότητα' ως βασικό δομικό στοιχείο σχεδιασμού πληροφοριακού υλικού για τη μάθηση βασικών εννοιών προγραμματισμού σε γλώσσα C. 4^ο Πανελλήνιο συνέδριο με διεθνή συμμετοχή 'Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση'.