

Η 'δραστηριότητα' ως βασικό δομικό στοιχείο σχεδιασμού πληροφοριακού υλικού για τη μάθηση βασικών εννοιών προγραμματισμού σε γλώσσα C

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

zikouli@ceid.upatras.gr, kordaki@cti.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός υπερμεσικού πληροφοριακού υλικού για τη μάθηση βασικών εννοιών που αφορούν στον προγραμματισμό και στη γλώσσα C. Ο σχεδιασμός στηρίχθηκε στις σύγχρονες εποικοδομιστικές και κοινωνικές θεωρήσεις για τη γνώση και τη μάθηση. Πιο συγκεκριμένα, το πληροφοριακό υλικό οργανώθηκε δίνοντας έμφαση στην ολιστική παρουσίαση του περιεχομένου με βάση τη δραστηριότητα. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν οι δυνατότητες των υπερμέσων αφ ενός μεν για τη σύνδεση των δραστηριοτήτων με πολυμεσικές εφαρμογές προσομοιώσεων μέσω κινούμενης εικόνας (animation) και αφ ετέρου με το θεωρητικό πλαίσιο του οποίου η κατανόηση απαιτείται για να φέρει ο μαθητής σε πέρας αυτές τις δραστηριότητες. Το θεωρητικό πλαίσιο δομήθηκε σε πολλαπλά και διασυνδεδεμένα επίπεδα κάθε ένα από τα οποία δίνει έμφαση σε διαφορετικές όψεις του. Ειδικότερα, το θεωρητικό πλαίσιο δομήθηκε με βάση: α) τις βασικές έννοιες, κανόνες και δομές για τον προγραμματισμό σε γλώσσα C, β) τις βασικές έννοιες για τον προγραμματισμό και γ) την παρουσίαση αναφορών από ποικίλες πηγές για έννοιες που αφορούν στον προγραμματισμό και τη γλώσσα C.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, Προγραμματισμός, Μαθησιακές δραστηριότητες, Σχεδιασμός πληροφοριακού υπερμεσικού/μαθησιακού υλικού, Γλώσσα C

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι διαφορετικές θεωρήσεις για τη γνώση και τη μάθηση επηρεάζουν με διαφορετικό τρόπο τη δόμηση του μαθησιακού πληροφοριακού υλικού τόσο στα συμβατικά περιβάλλοντα, όπως είναι τα διδακτικά εγχειρίδια, όσο και στα δυναμικά περιβάλλοντα τα οποία υλοποιούνται σε υπολογιστή. Με βάση τις παραδοσιακές θεωρήσεις, έμφαση δίνεται στην εντυπωσιακή παρουσίαση του πληροφοριακού υλικού για κάθε γνωστικό αντικείμενο μάθησης, το οποίο συνήθως τεμαχίζεται σε μέρη και στη συνέχεια δομείται σε κεφάλαια, ενότητες και υπο-ενότητες ξεκινώντας από τα εύκολα και προχωρώντας στα πιο δύσκολα (Skinner, 1968). Στο περιεχόμενο των ενοτήτων οι έννοιες του μαθησιακού αντικείμενου συνήθως παρουσιάζονται χωρίς αξιολόγηση της βαρύτητάς τους, με αποτέλεσμα να συγχέεται το κύριο με το δευτερεύον και τις πιο πολλές φορές να δίνεται έμφαση σε λεπτομέρειες. Ακόμη, για κάθε γνωστική έννοια, αρχικά παρουσιάζονται οι κανόνες και η θεωρία ενώ στη συνέχεια για την εμπέδωσή της ακολουθούν οι μαθησιακές δραστηριότητες. Οι δραστηριότητες αυτές συνήθως είναι τύπου 'ασκησάρι', δηλαδή επικεντρώνονται στην κατανόηση των εκάστοτε χρήσιμων μηχανισμών επίλυσης και όχι των βασικών εννοιών που απαιτούνται για τη μάθηση του γνωστικού αντικείμενου περιορίζοντας αφ ενός μεν το γνωστικό αντικείμενο και αφ ετέρου τον γνωστικό ορίζοντα του μαθητή. Επιπλέον, οι δραστηριότητες αυτές συνήθως βρίσκονται έξω από τα ενδιαφέροντα και τον κόσμο του μαθητή

μετατρέποντας τη μάθησή του σε μια ανιαρή διαδικασία αποστήθισης. Ακόμη, οι δραστηριότητες αυτού του τύπου δεν αποτελούν προβλήματα τα οποία ο μαθητής μπορεί να συναντήσει στην καθημερινή ζωή και έτσι η διαδικασία της μάθησής του δεν βρίσκει ότι έχει κάποιο νόημα και αξία για αυτόν.

Σε αντιπαράθεση με τις παραδοσιακές θεωρήσεις για τη γνώση και τη μάθηση, οι σύγχρονες εποικοδομιστικές και κοινωνικές θεωρήσεις επικεντρώνονται στον ολιστικό τρόπο δόμησης του πληροφοριακού υλικού για κάθε γνωστικό αντικείμενο (Vygotsky, 1978; von Glasersfeld, 1987). Βασικό δομικό στοιχείο αυτού του υλικού αποτελεί η μαθησιακή δραστηριότητα η οποία είναι πρόβλημα της καθημερινής ζωής, σχετίζεται με τα ενδιαφέροντα του μαθητή, επικεντρώνεται στην κατανόηση των βασικών εννοιών που δομούν κάθε γνωστικό αντικείμενο και τέλος, απαιτεί κατανόηση μιας σύνθεσης εννοιών για την επίλυσή της (Vygotsky, 1978; Nardi, 1996; Fisher, 2000). Σύμφωνα με τις σύγχρονες θεωρήσεις, το πληροφοριακό υλικό δομείται ως σύνθεση δραστηριοτήτων-προβλημάτων για την επίλυση των οποίων δίνεται η απαραίτητη κάθε φορά πληροφορία. Προϋπόθεση για την κατασκευή κατάλληλων δραστηριοτήτων αποτελεί η ανάλυση του μαθησιακού αντικειμένου σε ένα σύνολο από βασικές και διαχρονικές έννοιες (Kordaki & Potari, 2002).

Επιπλέον, σημαντικό ρόλο στην ολιστική δόμηση πληροφοριακού μαθησιακού υλικού παίζουν οι τεχνολογίες υπερμέσων και πολυμέσων λόγω του ότι επιτρέπουν τη δόμηση του σε επίπεδα μέσω της χρήσης υπερσυνδέσμων. Με αυτό τον τρόπο οι μαθησιακές δραστηριότητες-προβλήματα μπορούν να συνδέονται αφ ενός μεν με πολυμεσικές εφαρμογές προσομοιώσεων μέσω κινούμενης εικόνας (animation) δίνοντας ευκαιρίες για παρακολούθηση της εξέλιξης της δραστηριότητας από το μαθητή και αφ ετέρου με το θεωρητικό πλαίσιο του οποίου η κατανόηση απαιτείται για να φέρει σε πέρας ο μαθητής αυτές τις δραστηριότητες. Το θεωρητικό πλαίσιο μπορεί επίσης να δομείται σε πολλαπλά και διασυνδεδεμένα επίπεδα, κάθε ένα από τα οποία μπορεί να δίνει έμφαση σε διαφορετικές όψεις του. Έτσι για παράδειγμα, το θεωρητικό πλαίσιο μπορεί να δομηθεί με βάση: α) τις βασικές έννοιες, β) την εκτενή ανάπτυξη κάθε έννοιας και γ) την ανάπτυξη των εννοιών μέσω αναφορών σε ποικίλες πηγές.

Παρά το ότι η ολιστική προσέγγιση στο σχεδιασμό μαθησιακού υλικού θεωρείται σημαντική για τη μάθηση κάθε γνωστικού αντικείμενου, αξίζει να σημειωθεί ότι, αυτή η προσέγγιση αποκτά ιδιαίτερη σημασία για τη μάθηση εννοιών που αφορούν στην Πληροφορική και ειδικότερα στον προγραμματισμό (ACM, 1991; Hadjerrouit, 1998; Ellis, 1998; Kordaki, 2001). Ενώ οι παραδοσιακές θεωρήσεις για τη μάθηση του προγραμματισμού δίνουν έμφαση στην εκμάθηση των συντακτικών κανόνων και των εντολών της κάθε συγκεκριμένης γλώσσας, οι σύγχρονες θεωρήσεις δίνουν έμφαση στη μάθηση μέσω της ολιστικής προσέγγισης που εστιάζεται στην κατανόηση της αλγοριθμικής λογικής (Soloway & Spohrer, 1989; Komis, 2001; Γρηγοριάδου, Γόγουλου, Γουλή, 2002) με στόχο την επίλυση πραγματικού προβλήματος.

Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζεται ο σχεδιασμός πληροφοριακού υλικού για τη μάθηση βασικών εννοιών που αφορούν στον προγραμματισμό και στη γλώσσα C με βάση τη δραστηριότητα ολιστικού τύπου. Το πληροφοριακό αυτό υλικό αποτελεί βοηθητικό στοιχείο στη μάθηση των μαθητών, η οποία κυρίως πραγματοποιείται μέσω της ενεργητικής και κατασκευαστικής τους συμμετοχής στο περιβάλλον L.E.C.G.O. ('A Learning Environment for programming and C using Geometrical Objects', Zikouli, Kordaki & Houstis, 2003). Το περιβάλλον αυτό είναι ένα αλληλεπιδραστικό περιβάλλον πολλαπλών αναπαραστάσεων το οποίο κατασκευάστηκε προκειμένου να δοθεί η ευκαιρία στους μαθητές να κατασκευάσουν βασικές έννοιες του προγραμματισμού και της γλώσσας C. 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 πολυμεσικό υλικό το οποίο είναι οργανωμένο με βάση τη δραστηριότητα-πρόβλημα ολιστικού τύπου. Μια τέτοια οργάνωση πληροφοριακού υλικού για τη μάθηση του προγραμματισμού και της γλώσσας C δεν έχει ως σήμερα αναφερθεί από ερευνητές.

Η παρουσίαση αυτής της εργασίας οργανώνεται με τον παρακάτω τρόπο: Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζεται συνοπτικά το περιβάλλον L.E.C.G.O. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το μέρος που αφορά στη δομή του πληροφοριακού υλικού. Ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων από την δοκιμή του υλικού αυτού από μαθητές στα πλαίσια της πιλοτικής διαμορφωτικής αξιολόγησης του περιβάλλοντος L.E.C.G.O. και τέλος παρουσιάζονται τα εξαγόμενα συμπεράσματα.

ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ L.E.C.G.O.

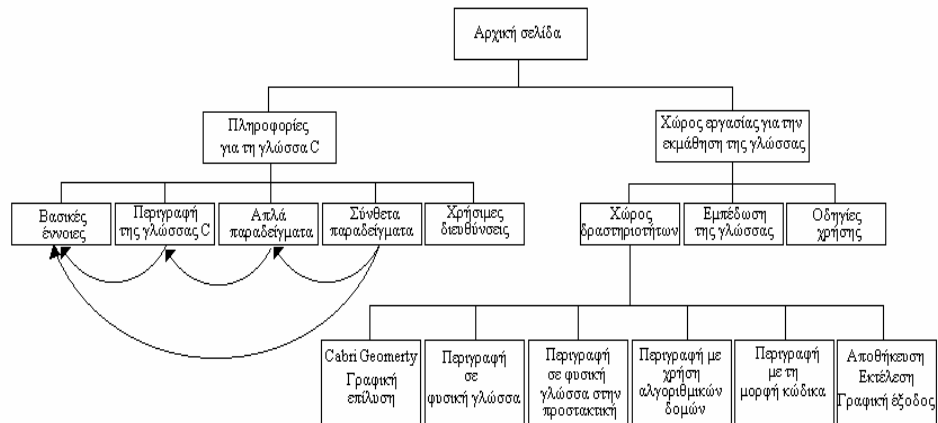
Ο σχεδιασμός του περιβάλλοντος L.E.C.G.O. προέκυψε ως σύνθεση τριών μοντέλων (Zikouli, Kordaki & Houstis, 2003): α) το γνωσιοθεωρητικό μοντέλο το οποίο στηρίχθηκε στις εποικοδομιστικές και κοινωνικές θεωρήσεις για τη γνώση και τη μάθηση οι οποίες δίνουν έμφαση στον ενεργητικό, υποκειμενικό και κατασκευαστικό χαρακτήρα της διαδικασίας της γνώσης καθώς και στο σημαντικό ρόλο των υπολογιστικών εργαλείων και των πολλαπλών αναπαραστασιακών συστημάτων σε αυτή τη διαδικασία (von Glasersfeld, 1987; Noss & Hoyles, 1996). β) το μοντέλο για το μαθησιακό αντικείμενο το οποίο στηρίχθηκε στη σχετική βιβλιογραφία για τις βασικές έννοιες και δομές του προγραμματισμού και της γλώσσας C και γ) το μοντέλο του μαθητή το οποίο σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα ερευνών για το πώς οι μαθητές μαθαίνουν βασικές έννοιες του προγραμματισμού.

Το περιβάλλον L.E.C.G.O. προορίζεται για μαθητές της τελευταίας τάξης κατεύθυνσης Πληροφορικής των ΤΕΕ ή/και ΙΕΚ όπως και για εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού σε φοιτητές της Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. 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. διαφέρει από γνωστά περιβάλλοντα για τη μάθηση του προγραμματισμού όπως η γλώσσα Logo, το Karel the Robot, το Thetis, το Think C, και το Baccii διότι ο μαθητής έχει την ευκαιρία α) να εκφράσει τη λύση του σε πολλαπλά αναπαραστασιακά συστήματα ξεκινώντας από λύσεις οι οποίες είναι 'ανθρωποκεντρικές' και όχι κατ'ανάγκη προγραμματιστικές και σταδιακά να προχωρά προς πιο 'μηχανοκεντρικές' προγραμματιστικές λύσεις, β) μπορεί να έχει μια πρακτική εμπειρία επίλυσης προβλήματος με άμεσο γραφικό τρόπο χρησιμοποιώντας τα εργαλεία του Cabri-Geometry II των οποίων η διαχείριση είναι άμεση, χωρίς να δίνει εντολές σε κάποιον πχ σε μια χελώνα ή σε ένα ρομπότ γ) να επιλύσει προβλήματα κυμαινόμενης δυσκολίας από ένα ευρύ χώρο, το χώρο της ζωγραφικής σε συνδυασμό με τη Γεωμετρία. Τα προβλήματα αυτά είναι οικεία στο μαθητή και για την επίλυσή τους πολλές φορές δεν απαιτείται επιπλέον ειδική γνώση, και γ) να πάρει βοήθεια χρησιμοποιώντας τις παρεχόμενες έτοιμες εκφράσεις σε φυσική γλώσσα και τις έτοιμες δομές και συναρτήσεις σε ψευδοκώδικα και στη γλώσσα προγραμματισμού C. Ακόμη ο σχεδιασμός του περιβάλλοντος L.E.C.G.O. είναι γενικός και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μάθηση οποιασδήποτε γλώσσας προγραμματισμού. Ο σχεδιασμός και τα εργαλεία του περιβάλλοντος L.E.C.G.O. περιγράφονται αναλυτικότερα στο Kordaki, (2004).

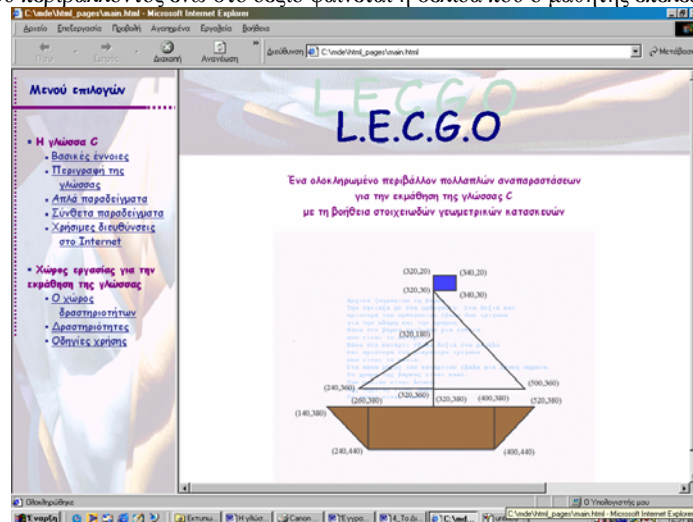
Η δομή του περιβάλλοντος L.E.C.G.O. παρουσιάζεται σχηματικά στην Εικόνα 1. Η δομή αυτή χωρίζεται σε δύο βασικά μέρη: α) το μέρος που αφορά στο πληροφοριακό υλικό που αφορά στον προγραμματισμό και τη γλώσσα C και β) το μέρος που αφορά στο χώρο εργασίας ο οποίος σχεδιάστηκε προκειμένου να δώσει την ευκαιρία στους μαθητές να κατασκευάσουν ενεργητικά τη γνώση τους για το μαθησιακό αντικείμενο. 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 & Strasser, 1990) β) το σύστημα της φυσικής γλώσσας, γ) το σύστημα της φυσικής γλώσσας σε μορφή διακριτών εκφράσεων με χρήση 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.



Εικόνα 1. Η δομή του περιβάλλοντος L.E.C.G.O.

Η παραπάνω δομή αντικατοπτρίζεται στην αρχική σελίδα της εφαρμογής (Εικόνα 2) 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.



Εικόνα 2. Αρχική σελίδα

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» και περιέχει τρεις υπερσυνδέσμους μέσω των οποίων ο μαθητής μπορεί: α) να χρησιμοποιήσει τα πολλαπλά αναπαριστασιακά συστήματα του χώρου δραστηριοτήτων για να λύσει προβλήματα, β) να αντλήσει δραστηριότητες προς επίλυση, και γ)

να πάρει οδηγίες για τη χρησιμοποίηση του χώρου δραστηριοτήτων. Σε αυτή την εργασία και στην παρακάτω ενότητα παρουσιάζεται το μέρος που αφορά στη δομή του πληροφοριακού υλικού.

Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΜΑΘΗΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ C ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ L.E.C.G.O.

Το περιεχόμενο του μαθησιακού υλικού για τη μάθηση του προγραμματισμού και της γλώσσας C σχεδιάστηκε με βάση τις σύγχρονες θεωρίες για τη γνώση και τη μάθηση. Το υλικό εστιάστηκε στη μάθηση σειριακού προγραμματισμού και προγραμματισμού με χρήση βασικών αλγοριθμικών δομών και βασικών γραφικών συναρτήσεων σε γλώσσα C. Η έμφαση στη μάθηση αυτών των δομών στηρίχθηκε στο ότι, ένας μεγάλος αριθμός ερευνών δείχνει ότι οι δυσκολίες των μαθητών στον προγραμματισμό οφείλονται κυρίως στα εμπόδια που προέρχονται από την εμμονή των μαθητών στην πρότερή τους γνώση σχετικά με την επίλυση προβλήματος με μεθοδολογίες τις οποίες αντλούν από άλλα γνωστικά αντικείμενα όπως πχ. τα μαθηματικά όπου δεν χρησιμοποιούνται οι αλγοριθμικές δομές. Στην περίπτωση της επίλυσης προβλήματος με τη βοήθεια του προγραμματισμού οι δυσκολίες των μαθητών κυρίως εστιάζονται στην αδυναμία κατανόησης του δυναμικού πλαισίου της επίλυσης προβλήματος με τη βοήθεια των αλγοριθμικών δομών και ακόμη στην αδυναμία ομαλής μετάβασης από μη προγραμματιστικές ή/και διαισθητικές λύσεις σε προγραμματιστικές λύσεις.

Με βάση τα παραπάνω το πληροφοριακό υλικό είναι δομημένο σε 4 επίπεδα: Α) σύνθετα παραδείγματα, Β) απλά παραδείγματα, Γ) εκτενείς πληροφορίες για τη γλώσσα C, Δ) βασικές έννοιες για τον προγραμματισμό και Ε) εκτενείς πληροφορίες από κατάλληλες διευθύνσεις στον Παγκόσμιο Ιστό. Τα τέσσερα πρώτα επίπεδα πληροφοριών στις αντίστοιχες ιστοσελίδες διασυνδέονται μεταξύ τους. Επιπλέον, οι ιστοσελίδες αυτές είναι ιεραρχημένες – από τα σύνθετα παραδείγματα στα απλούστερα, έπειτα στην περιγραφή της γλώσσας και τέλος στις βασικές έννοιες. Τα λυμένα παραδείγματα χωρίζονται σε απλά και σύνθετα. Τα απλά παραδείγματα οργανώνονται με βάση τη δομή η οποία πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την επίλυσή τους, ενώ τα σύνθετα απαιτούν το συνδυασμό περισσότερων από μιας αλγοριθμικές δομές. Κοινά χαρακτηριστικά της δομής των ιστοσελίδων των παραδειγμάτων είναι:

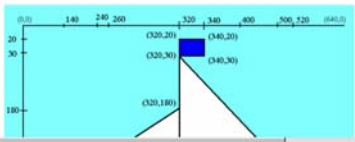

- η χρησιμοποίηση ευρετηρίου στο πάνω μέρος της σελίδας μέσω του οποίου ο μαθητής μπορεί να μεταβίνει στο αντίστοιχο παράδειγμα
- η δυνατότητα επιστροφής στο ευρετήριο μέσω κατάλληλου συνδέσμου στο τέλος κάθε παραδείγματος
- η παρουσίαση της επίλυσης κάθε προβλήματος γίνεται μέσω σταδιακής μετάβασης από την γραφική στην προγραμματιστική λύση του για πληρέστερη κατανόηση της λύσης από το μαθητή. Τέτοιου είδους μετάβαση μπορεί να πραγματοποιηθεί από το μαθητή και με τη βοήθεια των πολλαπλών αναπαραστασιακών συστημάτων κατά τη διάρκεια της ενεργητικής επίλυσης προβλήματος με τη χρήση των εργαλείων του 'χώρου δραστηριοτήτων'.

Τα παραδείγματα έχουν επιλεγεί από το πλαίσιο συμφραζομένων της ζωγραφικής με χρήση βασικών γεωμετρικών σχημάτων προκειμένου να είναι οικεία και να δίνουν κίνητρο για μελέτη στο μαθητή (Ζηκούλη και Κορδάκη, 2004).

Α) Σύνθετα παραδείγματα βασικών εννοιών προγραμματισμού σε γλώσσα C

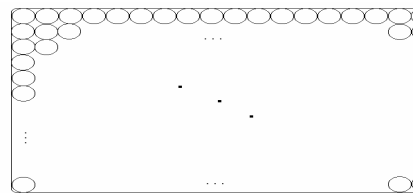
Στην ιστοσελίδα αυτή (Εικόνα 3) μπορεί ο μαθητής να μελετήσει σύνθετα λυμένα παραδείγματα, ορισμένα από τα οποία παρατίθενται στην παρακάτω ενότητα:

Παράδειγμα 1: Ζωγράφισε στην οθόνη σου ένα καραβάκι. Η δραστηριότητα αυτή έχει ως σκοπό την εξοικείωση του μαθητή με το σύστημα συντεταγμένων του γραφικού περιβάλλοντος της C, την εξάσκηση του στη χρησιμοποίηση των γραφικών συναρτήσεων της γλώσσας και τη μάθηση της δομής ενός σειριακού προγράμματος σε C.

<h3>Σύνθετα Παραδείγματα</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Παράδειγμα 1: Ζωγραφίστε στην οθόνη σου ένα καρφάκι • Παράδειγμα 2: Γέμισε την οθόνη του υπολογιστή σου με ένα σχήμα που σου αρέσει. • Παράδειγμα 3: Εμφάνισε έναν κύκλο που θα «περπατά» στην οθόνη σου. <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Παράδειγμα 1* Από τα κέρπια πους θέλουμε να είναι το καρφάκι μας το μόνο που μένει είναι να υπολογίσουμε τις συντεταγμένες των κορυφών του τριγώνου που θα το σχηματίσουν. Είδη, σχεδιάζουμε το κίτρινο καρφάκι (οι συντεταγμένες του φαίνονται στη εικόνα)  <p>Εικόνα 3. Λυμένα σύνθετα παραδείγματα</p>	<h3>Λυμένα Απλά Παραδείγματα</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Παράδειγμα με την εντολή for • Παράδειγμα με την εντολή if...else... • Παράδειγμα με την εντολή do...while <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Παράδειγμα με την εντολή For • Παράδειγμα 1* Απορίατε να φτιάξετε 20 αμείνων κίτρινος κύκλους των οποίων το κέντρο θα έχει συντεταγμένες (100,200) και η ακτίνα του πρώτου πιο κοντινού θα είναι 10, του δεύτερου 20, του τρίτου 30 κ.α.κ. <p>Λύση: Ας ανεργούμε κτ' προς το θέλωμα να φτιάξουμε. Μας ζητείται να φτιάξουμε 20 κύκλους που έχουν το ίδιο κέντρο και των οποίων η ακτίνα θα αυξάνει κατά 10. Δηλ. το κέντρο θα βρίσκεται στα σημεία (100,200) μετρώντας από τον κάτω αριστερό γωνία της οθόνης μας, και η ακτίνα του πρώτου κύκλου θα έχει μήκος 10 μονάδες, του δεύτερου 20 μονάδες, του τρίτου 30 κ.α.κ. Σχηματίζω</p>  <p>Εικόνα 4. Λυμένα απλά παραδείγματα</p>
---	---

Παράδειγμα 2: Γέμισε την οθόνη του υπολογιστή σου με ένα σχήμα που σου αρέσει.

Εδώ ο μαθητής έχει την ευκαιρία να μελετήσει το συνδυασμό εισόδου – εξόδου δεδομένων και την χρήση της εντολής for σε διπλό εμφωλευμένο loop προκειμένου να γεμίσει στήλη – στήλη την οθόνη του. Η λύση που προτείνεται δεν είναι μοναδική. Θα μπορούσε το γέμισμα να γίνει κατά γραμμές ή να χρησιμοποιηθεί διπλή εμφωλευμένη do...while. Προτιμήθηκε όμως να μην παρουσιαστούν όλες οι δυνατές λύσεις στο μαθητή προκειμένου να μη μπερδευτεί αλλά να του προκληθεί το ενδιαφέρον προκειμένου να ψάξει ο ίδιος για άλλες λύσεις στο πρόβλημα. Η δραστηριότητα αυτή αποτελεί συνδυασμό του 2^{ου} και 3^{ου} από τα απλά παραδείγματα που παρατίθενται παρακάτω με τα οποία και συνδέεται μέσω υπερσυνδέσμων.



Παράδειγμα 3: Εμφάνισε έναν κύκλο που θα περπατά στην οθόνη σου. Εδώ το πρόγραμμα εμφανίζει έναν κύκλο σε μια θέση, αναμένει λίγα δευτερόλεπτα, και έπειτα τον ζωγραφίζει στην ίδια θέση με μαύρη γραμμή – φαινομενικά τον σβήνει – ενώ στη συνέχεια τον ξαναζωγραφίζει λίγο πιο δεξιά κ.ο.κ. Μέσω αυτής της δραστηριότητας ο μαθητής μπορεί να μάθει τη χρήση της συνάρτησης delay του header file dos.h, καθώς και το βρόχο επανάληψης do...while με τον οποίο ελέγχει τότε ο κύκλος φτάνει στο δεξιό άκρο της οθόνης. Επίσης ο μαθητής μπορεί να μάθει να εφαρμόζει τις γραφικές συναρτήσεις της γλώσσας.

Β) Απλά παραδείγματα βασικών εννοιών προγραμματισμού σε γλώσσα C

Στην ιστοσελίδα αυτή (Εικόνα 4) ο μαθητής μπορεί να μελετήσει απλά λυμένα παραδείγματα. Ορισμένα από αυτά παρατίθενται παρακάτω:

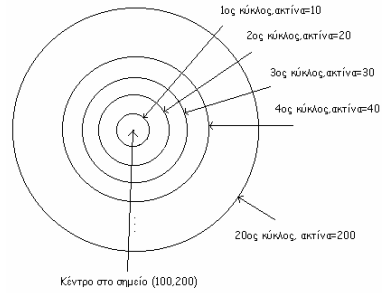
Παράδειγμα με χρήση της εντολής if...then: «Ζήτησε από το μαθητή να επιλέξει ανάμεσα σε δύο σχήματα, έναν κύκλο και ένα ορθογώνιο. Αν ο μαθητής επιλέξει τον κύκλο ζωγράφισε έναν κόκκινο κύκλο. Αν επιλέξει ορθογώνιο ζωγράφισε ένα πράσινο ορθογώνιο. Το μέρος της οθόνης στο οποίο θα είναι τοποθετημένα τα σχήματα (οι συντεταγμένες τους) είναι δική σου επιλογή».

Πρόκειται για ένα παράδειγμα επιλογής ανάμεσα σε δύο ενδεχόμενα. Στόχος του παραδείγματος αυτού – πέρα από την εξοικείωση με τη λειτουργία της εντολής if...then – είναι η μάθηση ενός τρόπου εισόδου και εξόδου δεδομένων μέσω των εντολών puts (για την εμφάνιση ενός string στην

οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή) και getch (για την ανάγνωση από το πληκτρολόγιο και αποθήκευση του χαρακτήρα που εισήγαγε ο μαθητής σε μια μεταβλητή).

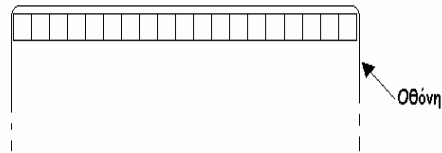
Παράδειγμα με χρήση της εντολής for: « Μπορείτε να φτιάξετε 20 ομόκεντρους κύκλους των οποίων το κέντρο θα έχει συντεταγμένες (100, 200) και η ακτίνα του πρώτου εσωτερικού θα είναι 10, του δεύτερου 20, του τρίτου 30 κ.λ.π.; ».

Πρόκειται για μια απλή δραστηριότητα όπου ο μαθητής μπορεί να μάθει τη δομή επανάληψης for για γνωστό αριθμό επαναλήψεων, προκειμένου να ζωγραφίσει 20 ομόκεντρους κύκλους στην οθόνη του υπολογιστή του. Ο σχετικά μεγάλος αριθμός των ομόκεντρων κύκλων που πρέπει να σχεδιαστούν επιλέχθηκε με στόχο να δώσει την ευκαιρία στο μαθητή να κατανοήσει τη διαφορά που θα είχε ένα πρόγραμμα με και χωρίς την εντολή for. Πιο συγκεκριμένα, με αυτόν τον τρόπο δίνεται η ευκαιρία στο μαθητή να κατανοήσει το ότι ενώ η χρήση των δομών επανάληψης για τον ηλεκτρονικό υπολογιστή σημαίνουν ίδιο φόρτο εργασίας, για τον προγραμματιστή αποτελούν εργαλεία με τα οποία μπορεί να συμπυκνώσει το πρόγραμμά του, να το παρουσιάσει με έναν πιο εύληπτο και κομψό τρόπο όπως και να το διορθώσει πιο εύκολα στην περίπτωση λάθους.



Παράδειγμα με την εντολή do...while: «Γέμισε την πρώτη γραμμή της οθόνης σου με ένα σχήμα της αρεσκείας σου».

Για λόγους απλότητας επιλέχθηκε ως τέτοιο σχήμα το τετράγωνο. Ο στόχος της δραστηριότητας αυτής είναι να κατανοήσει ο μαθητής την χρησιμοποίηση της εντολής do...while στις περιπτώσεις επανάληψης όπου όμως ο αριθμός των επαναλήψεων δεν είναι εκ των προτέρων γνωστός. Θα μπορούσαν οι μαθητές να διαιρέσουν το μήκος της οθόνης με την ακμή του τετραγώνου και να χρησιμοποιήσουν την εντολή for προκειμένου να υπολογίσουν τον αριθμό επαναλήψεων, όμως εδώ παρουσιάζεται η περίπτωση όπου κάτι τέτοιο δε συμβαίνει έτσι ώστε κάθε φορά να είναι αναγκαίος ο έλεγχος για το αν φτάσαμε στο δεξί άκρο της οθόνης.



Γ) Εκτενής περιγραφή της γλώσσας C

Μέσω της ιστοσελίδας αυτής υπάρχει δυνατότητα προσπέλασης βασικών εννοιών και συναρτήσεων της γλώσσας C σε εκτενή περιγραφή. Εδώ ο μαθητής μπορεί να αντλήσει πληροφορίες για τα παρακάτω θέματα: α) Περιγραφή της γλώσσας C, β) Βήματα που ακολουθούνται για τη δημιουργία ενός εκτελέσιμου προγράμματος σε C από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή, γ) Η δομή ενός προγράμματος σε C, δ) Μεταβλητές γενικά και μεταβλητές της γλώσσας C, ε) Εντολές ελέγχου ροής της γλώσσας C, στ) Εισαγωγή και εξαγωγή δεδομένων σε ένα πρόγραμμα, ζ) Χαρακτηριστικά του γραφικού περιβάλλοντος της C, η) Γραφικές συναρτήσεις της γλώσσας C. Η ιστοσελίδα έχει στο πάνω μέρος της ένα ευρετήριο μέσω του οποίου ο μαθητής μπορεί εύκολα να μεταβεί στο σημείο των πληροφοριών που τον ενδιαφέρει. Στην ιστοσελίδα αυτή παρουσιάζεται ένα υποσύνολο της γλώσσας το οποίο περιλαμβάνει όλα τα βασικά στοιχεία της με τα οποία οι μαθητές μπορούν να αντιμετωπίσουν στοιχειώδη γεωμετρικά προβλήματα.

Α) Βασικές έννοιες για τον προγραμματισμό

Η ιστοσελίδα αυτή δημιουργήθηκε για να διευκολύνει τους μαθητές να ανακαλέσουν βασικές έννοιες του προγραμματισμού και γενικότερα της πληροφορικής και οι οποίες θεωρούνται ως αναγκαίες για τη μάθηση της γλώσσας C. Στην ιστοσελίδα οι όροι είναι καταχωρημένοι

αλφαβητικά. Στο πάνω μέρος της ιστοσελίδας υπάρχει ένα αλφαβητικό ευρετήριο. Κάνοντας click στο αντίστοιχα γράμμα, ο μαθητής μπορεί να αντλήσει σύντομες πληροφορίες για την έννοια που τον ενδιαφέρει. Ο μαθητής μπορεί να επιστρέψει στο πάνω μέρος του εγγράφου από τον υπερσύνδεσμο «Ευρετήριο» ο οποίος βρίσκεται στο δεξιό μέρος της ιστοσελίδας.

Ε) Χρήσιμες διευθύνσεις στο Internet για τη γλώσσα C

Εδώ ο μαθητής μπορεί να αντλήσει διευθύνσεις στο Διαδίκτυο στις οποίες υπάρχει επιπλέον υλικό για τη γλώσσα C. Οι διευθύνσεις οργανώνονται σε κατηγορίες: α) Βιβλία τα οποία κυκλοφορούν στην αγορά και τα οποία ο μαθητής μπορεί να παραγγείλει ηλεκτρονικά, β) On-line εγχειρίδια στα ελληνικά και στα αγγλικά και γ) Ιστοσελίδες με αναφορές και συνδέσμους σχετικά με τη γλώσσα C.

Η ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΦΑΣΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΟΥ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Στα πλαίσια της πιλοτικής φάσης αξιολόγησης του περιβάλλοντος L.E.C.G.O. δοκιμάστηκε η καταλληλότητα του σχεδιασμού του πληροφοριακού υλικού που προαναφέρθηκε. Πιο συγκεκριμένα, στην έρευνα αυτή συμμετείχαν 9 μαθητές της Γ Λυκείου του ΤΕΕ Παραλίας Πατρών στους οποίους δόθηκαν 4 δραστηριότητες για να φέρουν σε πέρας οι οποίες παρατίθενται παρακάτω. Οι δραστηριότητες αυτές ήταν ολιστικές και ανοικτού τύπου αντλώντας το περιεχόμενό τους από το πλαίσιο συμφραζομένων της ζωγραφικής με χρήση βασικών γεωμετρικών σχημάτων ώστε να δίνουν κίνητρο στο μαθητή.

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.

Η αναλυτική περιγραφή του πλαισίου της έρευνας αξιολόγησης του περιβάλλοντος L.E.C.G.O. και του πλαισίου των δραστηριοτήτων αξιολόγησής του περιγράφονται αναλυτικότερα στο Ζηκούλη και Κορδάκη (2004). Στην εργασία αυτή επικεντρωθήκαμε στην περιγραφή της μεθοδολογίας αξιολόγησης του πληροφοριακού υλικού και στην παρουσίαση των σχετικών αποτελεσμάτων.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ποιοτική μεθοδολογία (Cohen & Manion, 1989) και τα δεδομένα αποτέλεσαν οι σημειώσεις της ερευνήτριας η οποία συμμετείχε στην έρευνα με την ελάχιστη συμμετοχή προκειμένου να μην επηρεάσει τις ενέργειες των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της έρευνας αξιολόγησης κρατήθηκαν σημειώσεις για το τι είδους πληροφοριακό υλικό προσέλασαν οι μαθητές και πόσο συχνά, προκειμένου να φέρουν σε πέρας τις δραστηριότητες που τους δόθηκαν στα πλαίσια της πιλοτικής αξιολόγησης του L.E.C.G.O.

Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι, όλοι οι μαθητές με ενδιαφέρον προσέλασαν όλα τα είδη των παραδειγμάτων και τη δυναμική αναπαράσταση της εκτέλεσης κάθε παραδείγματος (animation) περισσότερες από μία φορές προκειμένου να φέρουν σε πέρας τις δραστηριότητες που τους τέθηκαν. Η μελέτη των παραδειγμάτων από τους μαθητές έγινε κυρίως όταν δυσκολεύονταν να κατανοήσουν: α) τη λειτουργικότητα στοιχειωδών εννοιών και δομών της γλώσσας, β) τη σύνθεση απλών δομών για επίλυση σύνθετων προβλημάτων, γ) τις επαναληπτικές δομές και να προσδιορίσουν τον αριθμό των επαναλήψεων, δ) τη φύση, την αρχικοποίησ και την ενημέρωση μιας μεταβλητής σε συνδυασμό με το συγκεκριμένο μοντέλο της μηχανής και δ) το

σημείο όπου έπρεπε να αντικαταστήσουν τα ορίσματα που αντιστοιχούσαν στις συντεταγμένες που αλλάζουν με μεταβλητές και βάσει της μεταβολής που θα υπολόγιζαν να ενημερώσουν κατάλληλα τη μεταβλητή μέσα στην επανάληψη.

Λιγότεροι μαθητές προσπέρασαν τις σελίδες με τις βασικές έννοιες ενώ ελάχιστοι μελέτησαν τις σελίδες εκτενούς παρουσίασης του πληροφοριακού υλικού. Επίσης, στον περιορισμένο χρόνο της έρευνας αυτής, κανένας μαθητής δεν χρειάστηκε να προσπελάσει τις προτεινόμενες ηλεκτρονικές διευθύνσεις. Επιπλέον κανένας μαθητής τη χρονική αυτή περίοδο δεν προχώρησε στην αγορά κάποιων βιβλίων από τα προτεινόμενα.

Με βάση το παραπάνω πληροφοριακό υλικό 8, 6,3 και 4 από μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα πραγματοποίησαν ολοκληρωμένα τις δραστηριότητες 1, 2 3 και 4 αντίστοιχα. Να σημειωθεί ότι αντίστοιχες δραστηριότητες είχαν δοθεί στο περιβάλλον χαρτί μολύβι με την υποστήριξη σημειώσεων τύπου βιβλίου για τη C. Παρά το ότι οι μαθητές τις μελέτησαν μόνον 1, 2, 0 και 1 μαθητές πραγματοποίησαν ολοκληρωμένα τις παραπάνω δραστηριότητες. Ακόμη στο περιβάλλον της Turbo C, 5, 2, 0 και 4 μαθητές πραγματοποίησαν ορθά επίσης παρόμοιου τύπου δραστηριότητες στηριγμένοι στις σημειώσεις τύπου βιβλίου που προαναφέρθηκαν.

Ακόμη με βάση το παραπάνω πληροφοριακό υλικό οι γραφικές συναρτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν είναι τριπλάσιες από αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στο περιβάλλον χαρτί-μολύβι και διπλάσιες από αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στο περιβάλλον της Turbo C. Ακόμη οι ερωτήσεις που διατυπώθηκαν ήταν υψηλότερου και βαθύτερου επιπέδου στο περιβάλλον L.E.C.G.O. απ'ότι στα δύο περιβάλλοντα που προαναφέρθηκαν.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΠΕΡΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑ

Στην παρούσα μελέτη παρουσιάστηκε ο σχεδιασμός πληροφοριακού υπερμεσικού υλικού για τη μάθηση βασικών εννοιών του προγραμματισμού και της γλώσσας C με βάση τις σύγχρονες θεωρίες για τη γνώση και τη μάθηση. Επιπλέον, παρουσιάστηκαν ερευνητικά αποτελέσματα από την πιλοτική δοκιμασία αυτού του υλικού με μαθητές.

Ο σχεδιασμός επικεντρώθηκε στην οργάνωση του πληροφοριακού υλικού με βάση την ολιστικού τύπου δραστηριότητα η οποία στη συνέχεια διασυνδέθηκε με υπερσυνδέσμους με επιμέρους απλές δραστηριότητες. Οι δραστηριότητες συνδέθηκαν επίσης με: α) εκτενή παρουσίαση εννοιών που αφορούν στον προγραμματισμό σε γλώσσα C και β) περιληπτική παρουσίαση βασικών εννοιών που αφορούν στον προγραμματισμό. Επιπλέον πληροφοριακό υλικό δόθηκε με τη μορφή πηγών όπως: διευθύνσεις στο Διαδίκτυο, ηλεκτρονικά βιβλία και βιβλία σε έντυπη μορφή.

Από τη δοκιμή αυτού του υλικού με μαθητές προέκυψε ότι, το πληροφοριακό υλικό με τη μορφή λυμένων σύνθετων όπως και λυμένων απλών παραδειγμάτων αποτέλεσε πηγή η οποία χρησιμοποιήθηκε με ενδιαφέρον και περισσότερες από μία φορές από όλους τους μαθητές προκειμένου να πραγματοποιήσουν τις δραστηριότητες που τους τέθηκαν. Αρκετοί μαθητές χρησιμοποίησαν το πληροφοριακό υλικό με τη μορφή βασικών εννοιών, ενώ ελάχιστοι χρησιμοποίησαν το υλικό εκτενούς περιγραφής της γλώσσας. Το υλικό που αφορούσε σε πηγές εκτός του περιβάλλοντος L.E.C.G.O. δεν χρησιμοποιήθηκε. Η πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων έγινε με μεγαλύτερη επιτυχία στο περιβάλλον L.E.C.G.O. από ότι στα περιβάλλοντα χαρτί-μολύβι και Turbo C. Σε αυτό συνετέλεσε πέρα από τα πολλαπλά αναπαραστασιακά συστήματα και τα εργαλεία του περιβάλλοντος και το πληροφοριακό υλικό με τη μορφή που διατέθηκε.

Τέλος, και με βάση τα όσα προαναφέρθηκαν, ένα ασφαλές και χρήσιμο βήμα στην παραπέρα ανάπτυξη του περιβάλλοντος L.E.C.G.O. θα είναι ο εμπλουτισμός του πληροφοριακού υλικού κυρίως με σύνθετα και απλά παραδείγματα για την υποστήριξη της μάθησης των μαθητών σε ένα πιο διευρυμένο πλαίσιο εννοιών που αφορούν στον προγραμματισμό και στη γλώσσα C. Ακόμη, η δοκιμή με περισσότερους μαθητές του περιβάλλοντος L.E.C.G.O. και του πληροφοριακού υλικού που περιλαμβάνει κρίνεται σκόπιμη σε μελλοντική έρευνα.

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/cur91/homepage.html>.
- Cohen, L. & Manion, L. (1989). *Research Methods in Education*. London: Routledge.
- Ellis, A. (1998). Development and Use of Multimedia and Internet Resources for a Problem Based Environment. Proceedings of the 3rd Conference on Integrating Technology into Computer Science Education and on 6th Annual Conference on the Teaching of Computing, (269) Ireland.
- 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.
- 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.
- Hadjerrouit, S. (1998). A Constructivist Framework for Integrating the Java Paradigm into the Undergraduate Curriculum. *Proceedings of the 3rd on Integrating Technology into Computer Science Education and on 6th Annual Conference on the Teaching of Computing*, (105-107). Ireland.
- Komis V. (2001). A study of basic programming concepts within a constructivist teaching approach. *Themes in Education*, 2 (2-3),243-270.
- Kordaki, M. (2001). Special characteristics of Computer Science; effects on Teaching and Learning; Views of Teachers. 8th Panellenic Conference of Greek Computer Society, Nicosia, Cyprus.
- Kordaki, M., & Potari, D. (2002). The effect of area measurement tools on children's strategies : the role of a computer microworld. *International Journal of Computers in Mathematical Learning*, 7(1), 1-36.
- Kordaki, M. (2004, submitted). Multiple representations and modeling in the design of a computer environment for the beginners' learning of programming and C. *Journal of Interactive Learning Research*.
- Laborde, J-M., and Strasser, R. (1990). Cabri-Geometre: A microworld of geometry for guided discovery learning. *ZDM*, 5, 171-177.
- 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*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.
- Skinner, B. F. (1968). *The Technology of Teaching*, New York : Appleton, 1968.
- Soloway E. Spohrer J.C. (1989). *Studying the novice programmer*. Hillside, N.J. Erlbaum.
- 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.
- 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). 'Δραστηριότητες ανοικτού τύπου' ως βασικό δομικό στοιχείο της αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού πολλαπλών αναπαραστάσεων για τη μάθηση βασικών εννοιών του προγραμματισμού και της γλώσσας C. 4^ο Πανελλήνιο συνέδριο με διεθνή συμμετοχή 'Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση'.

