

## Μελέτη της χρήσης πολλαπλών αναπαραστάσεων προγράμματος σε εκπαιδευτικό περιβάλλον προγραμματισμού

Νικόλαος Τσέλιος<sup>1</sup>, Άλκης Γεωργόπουλος<sup>2</sup>, Παναγιώτης Πολίτης<sup>3</sup>,  
Φανή Πύρζα<sup>2</sup>, Αστέριος Φανίκος<sup>2</sup>, Δώρα Κουμπουρή<sup>2</sup> και Βασίλης Κόμης<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης  
και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Πανεπιστήμιο Πατρών

<sup>2</sup> Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

<sup>3</sup> Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
nitse@ece.upatras.gr, alkisg@sch.gr, ppol@uth.gr, pyrza@sch.gr,  
a.fanikos@computer.org, dora@chaos.gr, komis@upatras.gr

### Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον (το οποίο καλείται «Αλγοριθμική & Προγραμματισμός»), που στοχεύει στην υποστήριξη της διδασκαλίας του προγραμματισμού σε εισαγωγικό επίπεδο κάνοντας χρήση πολλαπλών μορφών αναπαράστασης ενός προγράμματος. Αυτό το περιβάλλον έχει οικοδομηθεί γύρω από ένα σύνολο δραστηριοτήτων εκμάθησης βασικών δεξιοτήτων προγραμματισμού στο γυμνάσιο και στο λύκειο ενώ μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και στα αρχικά στάδια της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Το περιβάλλον αποτελείται από τρία εργαλεία: το 'Διερμηνευτή της Γλώσσας', που υποστηρίζει τη δημιουργία προγραμμάτων με χρήση ψευδοκώδικα, το 'Δημιουργό Διαγραμμάτων Ροής' που επιτρέπει την έκφραση αλγορίθμων με οπτικό τρόπο και τον 'Χώρο Δραστηριοτήτων' που ολοκληρώνει τα δύο πρώτα υπολογιστικά περιβάλλοντα με τις προτεινόμενες προγραμματιστικές δραστηριότητες ανοικτού τύπου. Τα εργαλεία περιγράφονται μέσω μιας μελέτης περίπτωσης που έχει ως στόχο την αξιολόγηση της παιδαγωγικής τους καταλληλότητας αλλά και της λειτουργικής τους πληρότητας. Η αξιολόγηση των ανεπτυγμένων εργαλείων, που παρουσιάζεται λεπτομερώς στην εργασία αυτή, έδειξε ότι η προτεινόμενη προσέγγιση εμπλέκει σε σημαντικό βαθμό τους μαθητευόμενους στη διαδικασία βαθύτερης κατανόηση των εισαγωγικών εννοιών προγραμματισμού.

### Εισαγωγή

Η διδασκαλία του προγραμματισμού από την πλευρά των εκπαιδευτικών και η οικοδόμηση της αλγοριθμικής σκέψης από την πλευρά των μαθητών, παρουσιάζει

ζει μοναδικές ιδιαιτερότητες και θέτει συγκεκριμένες προκλήσεις σε σύγκριση με αντίστοιχες διαδικασίες σε άλλα γνωστικά αντικείμενα. Ο μαθητής κατά τα αρχικά στάδια εκμάθησης του προγραμματισμού εκτίθεται σε νέες, αρχικά μη αντιληπτές, ιδιότητες της υπολογιστικής τεχνολογίας που αφορούν στη δυνατότητα 'να κάνει μια μηχανή να κάνει κάτι' (Κόμης 2005). Μια τέτοια προσέγγιση της διδασκαλίας του προγραμματισμού εισάγει στο μαθητή την ιδέα, ότι είναι εφικτή όχι μόνο η απλή διαχείριση της μηχανής, προκειμένου να εκτελέσει μια σειρά ενεργειών. Μπορεί επίσης να εμπλακεί σε υψηλότερου επιπέδου γνωστικές δραστηριότητες με στόχο τον προγραμματισμό της μηχανής, σύμφωνα με συγκεκριμένους κανόνες που απορρέουν από το πρόγραμμα που δημιουργεί. Στο πλαίσιο αυτό, η κατάκτηση της δεξιότητας του προγραμματισμού οικοδομείται πάνω σε μια σειρά από προαπαιτούμενες δεξιότητες, αλλά και δηλωτικές γνώσεις (Weinberg 1971). Αρχικά, ο μαθητής πρέπει να είναι σε θέση να αποκτήσει μια γενική κατανόηση των δυνατοτήτων της μηχανής και να κατανοήσει τη θεμελιώδη λογική που διέπει μια γλώσσα προγραμματισμού. Επιπλέον σε αυτό, πρέπει να είναι σε θέση να μετασχηματίσει την προσέγγιση της επίλυσης ενός προβλήματος με τρόπο συγκεκριμένο, σαφή και επαληθεύσιμο και τελικά να είναι σε θέση να την εκφράσει με σεβασμό στις ιδιαιτερότητες μιας δεδομένης γλώσσας προγραμματισμού. Συνεπώς, πριν από το στάδιο της κατασκευής αλγορίθμου, ο μαθητής πρέπει να αναπτύξει δεξιότητες αναγνώρισης και προσδιορισμού των βασικών πτυχών του προβλήματος και κατάστρωσης κατάλληλης λύσης, χρησιμοποιώντας εργαλεία, όπως τα διαγράμματα ροής για να υλοποιήσει με διαγραμματικό τρόπο τη γενική, υψηλού επιπέδου, λύση του.

Η επιστημονική έρευνα αφενός και η διαδικασία μετασχηματισμού της σε σώμα εκπαιδευτικής γνώσης αφετέρου, παρουσιάζει σημαντικές προκλήσεις στην περίπτωση του προγραμματισμού, που αποτελεί μια μοναδική, πνευματικά απαιτητική αλλά 'ασθενώς δομημένη' (ill structured) διαδικασία (Reitman 1964). Η πρωτοποριακή εργασία στη γνωστική μοντελοποίηση των δραστηριοτήτων επίλυσης προβλήματος από τους Newell και Simon (1972), σε συνδυασμό με προσπάθειες χαρτογράφησης και ταξινόμησης, σε ένα βαθμό, της ανεπαρκώς δομημένης γνωστικής δραστηριότητας του προγραμματισμού (Shneiderman 1980), παρείχαν ένα σημαντικό σώμα αρχικής κατανόησης της διαδικασίας αυτής. Η διαδικασία του προγραμματισμού εμπεριέχει την επεξεργασία και κατανόηση σημασιολογικών και συντακτικών πληροφοριών, τη δόμηση των τακτικά χρησιμοποιούμενων πληροφοριών σε σχήματα, και τη λύση των προβλημάτων προγραμματισμού ειδομένη μέσα από ένα πλαίσιο ανάκλησης προηγούμενων στρατηγικών και κατάλληλης επικαιροποίησης και προσαρμογής τους. Η ανάγκη να οικοδομηθούν από το μαθητή ποικίλες, συχνά συμπληρωματικές, δεξιότητες, φαίνεται να διαμορφώνει ένα χώρο αποτελεσματικών διδακτικών παρεμβάσεων για

την εισαγωγή των εννοιών προγραμματισμού, στο κέντρο του οποίου εδράζεται η ιδέα των πολλαπλών αναπαραστάσεων του προγράμματος.

Και αυτό γιατί, το θεμελιωδώς διαφορετικό επίπεδο αφαίρεσης που ενέχει η χρήση ψευδοκώδικα, και η χρήση διαγραμματικών αναπαραστάσεων ενός προγράμματος, όπως τα διαγράμματα ροής, φαίνεται να αποτελούν κρίσιμο ζητούμενο για την αποτελεσματική παρουσίαση των βασικών αλγοριθμικών εννοιών στο μαθητή. Κατά συνέπεια, είναι λογικό να αναμένουμε ότι οι διαφορετικές αυτές αναπαραστάσεις μπορούν να τονίσουν τους διαφορετικούς τύπους πληροφοριών που αφορούν τόσο στις δεξιότητες ακριβούς έκφρασης της προσέγγισης στην κατασκευή του αλγορίθμου όσο και στην κατάκτηση της δεξιότητας λογικής οργάνωσης της λειτουργίας ενός αλγορίθμου. Επιπλέον, η δυνατότητα να εξεταστεί η δημιουργία ενός αλγορίθμου με χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων, είναι συμπληρωματική από τη φύση της με τις λεκτικές αναπαραστάσεις, καθώς η κατανόηση μιας σημειογραφίας (notation) συχνά δεν είναι πλήρης ή/και ορθή (Blackwell et al. 2001).

Το ζήτημα της επίδοσης και της αποτελεσματικότητας των μαθητών με διαγραμματικές και λεκτικές αναπαραστάσεις και των διαφορών που παρατηρούνται κατά περίπτωση, έχει απασχολήσει αρκετούς ερευνητές. Ο Scanlan (1989), διερευνήσε τη δυνατότητα κατανόησης των δομημένων διαγραμμάτων ροής και του "ψευδοκώδικα" ως αναπαραστάσεις για την παρουσίαση λογικών υποθέσεων. Ζήτησε από μαθητές που μάθαιναν προγραμματισμό να εξετάσουν τις λογικές υποθέσεις και ακολούθως τους έθεσε ερωτήσεις σχετικά με τις καταστάσεις που ενεργοποιούν συγκεκριμένες ενέργειες. Η χρήση διαγραμμάτων ροής είχε ως αποτέλεσμα στατιστικά σημαντική βελτίωση σε μετρικές όπως ο απαιτούμενος χρόνος κατανόησης και το ποσοστό ορθών απαντήσεων. Έτσι, σύμφωνα με τον Scanlan, φαίνεται ότι η επιλογή διαγραμμάτων ροής ως χρησιμοποιούμενη αναπαράσταση, μπορεί να έχει μια σημαντική επίδραση σε ορισμένους στόχους. Οι μαθητές φάνηκε επίσης να προτιμούν τη μελέτη μιας δομημένης έκδοσης διαγραμμάτων ροής ενός αλγορίθμου πριν εξετάσουν την έκφραση ενός προβλήματος σε ψευδοκώδικα. Περίπου το 75% των συμμετεχόντων μαθητών φάνηκε να κατανοούν καλύτερα ένα αλγόριθμο με τη χρήση ενός διαγράμματος ροής, σε σχέση με τις αναπαραστάσεις βασισμένες σε κείμενο (Scanlan 1989). Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί με σπουδαστές προγραμματισμού και από άλλους ερευνητές (Vessey and Weber 1986, Cunniff and Taylor 1987).

Επίσης, τα διαγράμματα ροής έχουν αξιολογηθεί θετικά ως σημαντικό μέρος της διαδικασίας προγραμματισμού υπολογιστών από τα πρώτα στάδια εισαγωγής των υπολογιστών. Εξήντα χρόνια πριν, οι Goldstein και von Neumann (1947) παρουσίασαν ένα σύστημα που περιγράφει τις υπολογιστικές διαδικασίες χρησιμοποιώντας δομικές λειτουργίες, τον έλεγχο, και αντικείμενα-πλαίσια που

εξέφραζαν εναλλακτικές καταστάσεις. Η βασική τους θέση συνοψιζόταν στο ότι «ο προγραμματισμός αρχίζει με το σχεδιασμό του διαγράμματος ροής». Για τους Goldstein και von Neumann, το διάγραμμα ροής αποτελούσε ένα ισχυρό εννοιολογικό εργαλείο καθορισμού της προτεινόμενης λύσης σε υψηλό επίπεδο. Με την προσέγγιση αυτή, πριν από τη διαδικασία έκφρασης του αλγορίθμου και του προγράμματος σε κώδικα, ο αλγόριθμος μπορεί να είναι αυστηρά προσδιορισμένος και παράλληλα να έχει γίνει κατανοητός. Αν και ασχολήθηκαν μόνο με αλγόριθμους υπολογισμού αριθμητικών αποτελεσμάτων, πρότειναν μια μεθοδολογική προσέγγιση προγραμματισμού που έχει καθιερωθεί από τότε ως η βασική πρακτική στον τομέα προγραμματισμού υπολογιστών. Πλέον, ένας σημαντικός αριθμός συγγραμμάτων έχει ως αποκλειστικό στόχο τη διδασκαλία και την εκμάθηση των διαγραμμάτων ροής. Αυτή η προοπτική, οδήγησε στη διάδοση της αντίληψης ότι η διαδικασία κατασκευής διαγραμμάτων ροής αποτελεί μια δεξιότητα που απαιτεί εξάσκηση και ότι θα πρέπει να προηγείται της διαδικασίας έκφρασης ενός προγράμματος σε κώδικα. Η προσέγγιση αυτή εφαρμόζεται και χαρακτηρίζεται ένα σημαντικό αριθμό εκπαιδευτικών πρακτικών.

Οι έρευνες αυτές, οδήγησαν στην διαπίστωση ότι ένα παιδαγωγικά ωφέλιμο περιβάλλον εκπαίδευσης στον προγραμματισμό, δεν θα πρέπει να περιορίζεται σε συστήματα συγγραφής ψευδοκώδικα. Αν και το στάδιο αυτό θα αποτελούσε μια εξέλιξη σε σχέση με την ταύτιση που παρατηρείται, σε σημαντικό αριθμό εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, μεταξύ διδασκαλίας αλγοριθμικής σκέψης και μιας συγκεκριμένης γλώσσας προγραμματισμού, ο εμπλουτισμός ενός τέτοιου περιβάλλοντος με ένα οπτικό εργαλείο έκφρασης αλγορίθμων σε μορφή διαγραμμάτων ροής, θα προσέδιδε νέα διάσταση στις δυνατότητες αποτελεσματικών διδακτικών παρεμβάσεων. Όπως εύστοχα διατυπώνει ο Bohl (1971), 'η διαδικασία κατασκευής διαγραμμάτων βοηθά το μαθητή να κατανοήσει και να διαχωρίσει τις διαφορετικές δεξιότητες κατάστρωσης και ακριβούς έκφρασης μιας λύσης'. Ο Bohl, αντιλήφθηκε και χρησιμοποίησε τα διαγράμματα ροής ως ένα απαραίτητο εργαλείο σε διαδικασίες επίλυσης προβλήματος, ισχυριζόμενος ότι φτωχές δεξιότητες οικοδόμησης ενός διαγράμματος ροής, αντανακλούν έλλειψη κατανόησης ενός προβλήματος, καθορισμού μιας λύσης και τελικής επίλυσης του.

Από την αναδίφηση της σχετικής βιβλιογραφίας, ανακύπτουν και άλλες προσπάθειες δημιουργίας οπτικών περιβαλλόντων για τη διδασκαλία του προγραμματισμού με χρήση διαγραμμάτων ροής. Οι Calloni και Bagert (1997) έχουν αναπτύξει ένα περιβάλλον για τη διδασκαλία διαδικαστικού και αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού, το BACCII ++. Στο BACCII ++, όλα τα συστατικά του προγράμματος, συμπεριλαμβανομένων των μεταβλητών αναπαριστούνται με εικονίδια. Ο μαθητής επιλέγει ένα εικονίδιο (που αποτελεί μια δήλωση) από την εργαλειοθήκη και την τοποθετεί στην οθόνη κωδικοποίησης. Το BACCI++ έχει

τη δυνατότητα να εκφράσει ακολούθως τα διαγράμματα ροής σε πηγαίο κώδικα σε διάφορες γλώσσες προγραμματισμού. Όμως το ίδιο το διάγραμμα ροής δεν εκτελείται, ώστε να επισκοπήσει τη συμπεριφορά του ο μαθητής. Οι Ziegler και Crews (1999) παρουσίασαν ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον, το FLINT (FLoWchart INTerpreter) για την διδασκαλία τεχνικών σχεδιασμού αλγορίθμου με την προσέγγιση top-down. Το σύστημα αυτό, υποστηρίζει τόσο τις διαδικασίες οικοδόμησης ενός διαγράμματος ροής, όσο και την προσομοίωση εκτέλεσής του.

Οι Eskola και Tarhio (2000), αξιοποίησαν το εργαλείο Excel ως πλατφόρμα κατασκευής διαγραμμάτων ροής. Το σύστημα προγραμματισμού διαγραμμάτων ροής, που φέρει την ονομασία Florex (FLoWchart Programming with EXcel), επιτρέπει την κατασκευή και απεικόνιση της λειτουργίας ενός διαγράμματος ροής. Ενσωματώνεται διεργασίας που έχει υλοποιηθεί σε VBA και παρέχει δραστηριότητες στα αντικείμενα που συνθέτουν το διάγραμμα ροής. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, το Florex είναι σε επίπεδο πειραματικού πρωτοτύπου και δεν είναι γνωστό αν αυτή τη στιγμή είναι διαθέσιμο.

Η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας ενός ολοκληρωμένου υπολογιστικού περιβάλλοντος διδασκαλίας που να δίνει τη δυνατότητα προσωπικής έκφρασης και οικοδόμησης των αλγορίθμων, με τη χρήση συμπληρωματικών αναπαραστάσεων, διαγραμμάτων ροής και ψευδοκώδικα, αποτελεί το στόχο της ερευνητικής προσπάθειας που παρουσιάζεται στην εργασία αυτή. Η εργασία οργανώνεται ως εξής: Αρχικά, παρουσιάζονται οι βασικές σχεδιαστικές αποφάσεις που οδήγησαν στην υλοποίηση μιας ολοκληρωμένης οικοδομστικής πλατφόρμας εργαλείων για την υποστήριξη της εκμάθησης βασικών εννοιών προγραμματισμού. Ακολούθως, συζητείται λεπτομερώς η εμπειρία μας από την αξιολόγηση του περιβάλλοντος αλλά και η επίδραση της προσέγγισης της διδασκαλίας βασικών προγραμματιστικών εννοιών με τη χρήση διαγραμμάτων ροής. Στόχος ήταν η διδασκαλία της δομής απλής επιλογής σε 75 φοιτητές Α' εξαμήνου ενός Πανεπιστημιακού Τμήματος Σχολής Κοινωνικών Επιστημών που παρακολουθούσαν εισαγωγικό μάθημα στις Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών. Η αλληλεπίδραση των σπουδαστών με το περιβάλλον παρατηρήθηκε και ελέγχθηκε με προσοχή και αναλύθηκε περαιτέρω σε μια σειρά από διαστάσεις. Ο στόχος της μελέτης ήταν διττός. Αφενός η επιβεβαίωση της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας εκμάθησης βασικών εννοιών προγραμματισμού με τη χρήση του προτεινόμενου περιβάλλοντος. Αφετέρου η αναγνώριση ζητημάτων ευχρηστίας στο υπολογιστικό περιβάλλον που προτείνεται για την υποστήριξη της διδακτικής παρέμβασης.

### **Το εκπαιδευτικό περιβάλλον 'Αλγοριθμική & Προγραμματισμός'**

Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζονται οι βασικές σχεδιαστικές αποφάσεις που

διαμόρφωσαν το εκπαιδευτικό περιβάλλον της ‘Αλγοριθμικής & Προγραμματισμού’. Τα δύο βασικά σχεδιαστικά ερωτήματα αφορούσαν (α) στην αποτελεσματική παρουσίαση των δραστηριοτήτων, με την ταυτόχρονη παροχή της δυνατότητα ‘διάφανης’ μετάβασης στις εφαρμογές που υποστηρίζουν την εμπλοκή του μαθητή σε αυτές και (β) στα χρησιμοποιούμενα επίπεδα αφάιρεσης στις παρεχόμενες αναπαραστάσεις, όπου ζητούμενο ήταν η δυνατότητα προσωπικών κατασκευών αλγορίθμων τόσο σε λεκτικό όσο και σε σημασιολογικό επίπεδο. Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε ήταν η υλοποίηση τριών διακριτών υπολογιστικών περιβαλλόντων που όμως παρουσιάζουν σημαντικό βαθμό διαλειτουργικότητας και ολοκλήρωσης. Τα περιβάλλοντα αυτά είναι ο ‘Χώρος Δραστηριοτήτων’, για την παρουσίαση των φύλλων εργασίας και των συνοδευτικών αρχείων για τον εκπαιδευτικό και το μαθητή, ο ‘Δημιουργός Διαγραμμάτων Ροής’ για την κατασκευή με οπτικό τρόπο των αλγορίθμων και ο ‘Διερμηνευτής της Γλώσσας’ για την έκφραση του αλγορίθμου με τη χρήση ψευδοκώδικα.

### Χώρος Δραστηριοτήτων

Σχήμα 1. Φυλλομέτρηση μιας δραστηριότητας μέσω του ‘Χώρου Δραστηριοτήτων’

Οι δραστηριότητες που σχεδιάζονται για τη διδασκαλία του προγραμματισμού, παρουσιάζονται μέσω ενός ολοκληρωμένου περιβάλλοντος που ονομάζεται 'Χώρος Δραστηριοτήτων'. Η προσέγγιση αυτή, μειώνει πολύ το χρόνο και τις μηχανιστικές ενέργειες που απαιτούνται από το μαθητή ώστε να εκτελέσει στερεότυπους στόχους (όπως η εξέταση του φύλλου δραστηριότητας, η ανάκτηση αρχείων σχετικών με τη δραστηριότητα, η μετάβαση στο ζητούμενο εκπαιδευτικό περιβάλλον κλπ.). Προκειμένου να παρουσιαστούν αποτελεσματικά οι δραστηριότητες στους μαθητές, πρέπει να υποστηρίζεται όχι μόνο κείμενο αλλά και ένα σύνολο άλλων μέσων όπως εικόνες, βίντεο και ήχος. Μια κατάλληλη επιλογή που εμπεριέχει τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά είναι η HTML καθώς ολοκληρώνει εγγενώς με απλό και αποτελεσματικό τρόπο VRML, αρθρώματα σε γλώσσες προγραμματισμού όπως Java, JavaScript, Flash και, τέλος, αντικείμενα ActiveX. Όλα τα αρχεία συσκευάζονται και διανέμονται μέσω ενός μεταγλωττισμένου CHM αρχείου που ενσωματώνει τα υπόλοιπα αντικείμενα που χρησιμοποιούνται, καθιστώντας την παρεχόμενη λύση ευέλικτη και μεταφέρσιμη.

Η εισαγωγική οθόνη του 'Χώρου Δραστηριοτήτων' επιτρέπει στο μαθητή να επιλέξει μια συγκεκριμένη δραστηριότητα. Στη συνέχεια, οι σχετικές με τη δραστηριότητα οδηγίες παρουσιάζονται στο αριστερό μέρος της οθόνης χρήστη (Σχήμα 1). Τα συνοδευτικά αρχεία (φύλλο δραστηριότητας, αρχεία προγράμματος που αντιπροσωπεύουν ενδιάμεσες καταστάσεις της δραστηριότητας, αρχεία παρουσίασης) παρουσιάζονται στο δεξιό μέρος. Κάθε ένα από τα αρχεία συνδέεται με την αντίστοιχη εφαρμογή, επιτρέποντας τη στιγμιαία μετάβαση σε αυτή χωρίς την ανάγκη μετάβασης με χειρωνακτικό τρόπο στα ανοιχτά παράθυρα, κ.λπ. Ο 'Χώρος Δραστηριοτήτων' έχει σχεδιαστεί με τρόπο που να μπορεί να υποστηρίξει οποιαδήποτε μορφή δραστηριότητας, με σκοπό να υποστηρίξει τη διδασκαλία και άλλων γνωστικών αντικειμένων με ελάχιστες τροποποιήσεις. Για το σκοπό αυτό, ο 'Χώρος Δραστηριοτήτων' είναι διαθέσιμος με τη μορφή Γενικής Άδειας Κοινού (General Public License, GNU) στη διεύθυνση <http://activityspace.sourceforge.net>.

### ***Δημιουργός Διαγραμμάτων Ροής***

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, έχουν αναπτυχθεί διάφορα ανοιχτά περιβάλλοντα επίλυσης προβλήματος, τα οποία είναι βασισμένα σε εποικοδομιστικές θεωρίες για τη μάθηση. Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν στους σπουδαστές να κατασκευάσουν με προσωπικό και αυθεντικό τρόπο τη δική τους προσέγγιση που εκφράζει την προσωπική τους αντίληψη για τις ζητούμενες έννοιες ή φαινόμενα. Σχεδιαστικά, η διαδικασία αυτή υποστηρίζεται από ένα σύστημα σε τρία επίπεδα. Στο πρώτο επίπεδο, το σύστημα επιτρέπει στους μαθητές να εκφράσουν τις ιδέες τους, μέσω χειρισμού χαρακτηριστικών αντιπροσωπευτικών

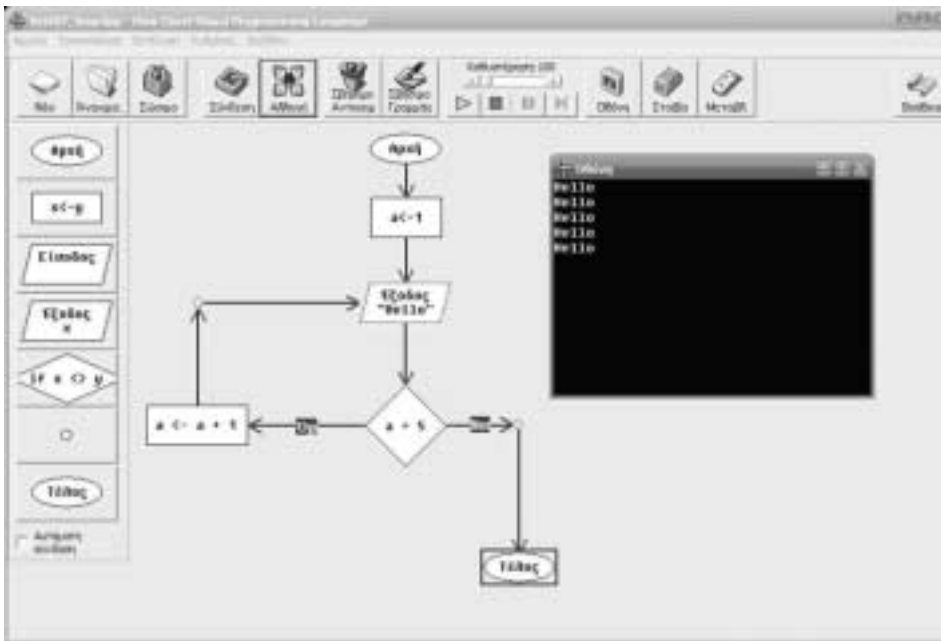
οντοτήτων του χώρου μοντελοποίησης και αναπαράστασης αυτών, που αντιστοιχούν στη φαινομενολογική κατάσταση τους. Οι οντότητες αυτές έχουν έναν συγκεκριμένο αριθμό ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών που είναι διαχειρίσιμα από τους μαθητές. Στο δεύτερο επίπεδο, οι μαθητές μπορούν να συσχετίσουν με ρητό ή έμμεσο τρόπο τις οντότητες που έχουν εισάγει, στη διάρκεια της προσπάθειάς τους να σχηματοποιήσουν μια πιο αφηρημένη οντότητα. Η κατασκευή αυτή πρακτικά εκφράζει μια κλάση ομοειδών αντικειμένων, η οποία αποκτά νόημα και σημασία στα πλαίσια ενός φαινομένου, ενός συστήματος, μιας διαδικασίας ή μιας υπόθεσης (Dimitrakopoulou and Komis 2005). Τέλος, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να 'εκτελέσουν' το πρότυπο για να επιβεβαιώσουν την υπόθεσή τους και να παρατηρήσουν τη λειτουργία της κατασκευής τους. Η διαδικασία αυτή συχνά υποστηρίζεται από εργαλεία απεικόνισης και οπτικοποίησης στοιχείων όπως χάρτες εννοιών, γραφικές παραστάσεις, κλπ. (Komis et al. 2002).

Ο «Δημιουργός Διαγραμμάτων Ροής» ([www.ecedu.upatras.gr/flowchart](http://www.ecedu.upatras.gr/flowchart)) είναι ένα ανοιχτό περιβάλλον ανάπτυξης και εκτέλεσης αλγορίθμων απευθείας από μορφή διαγραμμάτων ροής. Η επιφάνεια εργασίας ακολουθεί τις κλασικές συμβάσεις χρηστοκεντρικού σχεδιασμού με τις οποίες είναι εξοικειωμένη η πλειοψηφία των προσδοκώμενων χρηστών. Ακολουθεί την κλασική φιλοσοφία μιας παραθυρικής εφαρμογής (γραμμή μενού, εργαλείων, κουμπιά εκτέλεσης κτλ.). Τα αντικείμενα που βρίσκονται στην αριστερή εργαλειοθήκη επιτρέπουν την εισαγωγή των δομικών στοιχείων που περιγράφουν οπτικά τον αλγόριθμο. Ο σχεδιασμός των διαγραμμάτων γίνεται με γραφικό τρόπο (στυλ απευθείας χειρισμού), δηλαδή με την τοποθέτηση αντικειμένων εντολών ή αποφάσεων και τη σύνδεσή τους με γραμμές ροής εκτέλεσης. Οι βασικές συμβάσεις σχεδιασμού παραθυρικών περιβαλλόντων έχουν διατηρηθεί προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο γνωστικός φόρτος εκμάθησης της διεπιφάνειας χρήσης από πλευράς του μαθητή.

Η προσέγγιση της διαδικασίας εκτέλεσης της εργασίας συνάδει απόλυτα με τη γραφική φύση των διαγραμμάτων ροής. Η ανάπτυξη αλγορίθμων γίνεται με την τεχνική drag 'n' drop: οι διαθέσιμες «εντολές» που είναι τα δομικά συστατικά ενός διαγράμματος ροής (κουτιά εισόδου, εξόδου, επιλογής και ενέργειας) εμφανίζονται στο αριστερό πλαίσιο του προγράμματος και ο μαθητής τα «σέρνει» στον κυρίως χώρο του προγράμματος για να κατασκευάσει τον αλγόριθμο με οπτικό τρόπο. Τα αντικείμενα αυτά μπορούν να τα τροποποιήσει, να τα τοποθετήσει σε κατάλληλη θέση στο χώρο εργασίας και να τα συνδέσει μεταξύ τους για να εκφράσει τον αλγόριθμο που επιθυμεί. Τα δομικά αυτά συστατικά συνδέονται με κατευθυνόμενες γραμμές, ενώ παρέχεται η δυνατότητα της προσομοίωσης της εκτέλεσης του αλγορίθμου. Η επισκόπηση του αποτελέσματος του αλγορίθμου γίνεται μέσα από το σχετικό παράθυρο εκτέλεσης (Σχήμα 2), ενώ είναι δυνατή η βήμα προς βήμα αλλά και η αργή εκτέλεση και η παρακολούθηση των τιμών των



μεταβλητών. Παράλληλα, διάφοροι χαρακτηριστικοί αλγόριθμοι είναι προαποθηκευμένοι με τη μορφή παραδειγμάτων, δίνοντας την ευκαιρία στο μαθητή να πειραματιστεί με αυτούς. Σχετικές έρευνες έχουν δείξει την αποτελεσματικότητα των οπτικών αναπαραστάσεων ενός αλγορίθμου (Vessey and Weber 1986, Cunniff and Taylor 1987, Scanlan 1989), ειδικά εάν οι μαθητές βρίσκονται στα πρώτα στάδια της διαδικασίας εκμάθησης του προγραμματισμού.



Σχήμα 2. Έκφραση και προσομοίωση ενός απλού αλγορίθμου με τη χρήση του ‘Δημιουργού Διαγραμμάτων Ροής’

Τα διαθέσιμα δομικά αντικείμενα που παρέχει ο ‘Δημιουργός Διαγραμμάτων Ροής’ για την οικοδόμηση των διαγραμμάτων ροής είναι αρχή και τέλος προγράμματος, είσοδος και έξοδος, εκχώρηση τιμής σε μεταβλητή, στοιχειώδεις αριθμητικές και αλφαριθμητικές πράξεις και λογικός βρόχος Εάν ... Τότε. Παράλληλα, δίνεται η δυνατότητα αποθήκευσης ενός αλγορίθμου ως συνάρτηση που μπορεί να κληθεί από άλλο αλγόριθμο καθώς και από τον εαυτό του (αναδρομικότητα). Παρέχεται η δυνατότητα κατασκευής ψευδοεκτελέσιμου αρχείου, που επιτρέπει την αυτόνομη εκτέλεση ενός αλγορίθμου χωρίς να απαιτείται το περιβάλλον εργασίας του ‘Δημιουργού Διαγραμμάτων Ροής’. Τέλος, ο χρήστης μπορεί να επισκοπήσει ανά πάσα στιγμή, κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του αλγο-

ρίθμου, τις τιμές των χρησιμοποιούμενων μεταβλητών καθώς και μιας προσομοιούμενης στοίβας μνήμης.

### **Διερμηνευτής της Γλώσσας**

Προκειμένου να παρουσιαστεί μια ολοκληρωμένη εκπαιδευτική πλατφόρμα στο μαθητή, σχεδιάστηκε και ένα περιβάλλον έκφρασης του αλγορίθμου με χρήση ψευδοκώδικα (το οποίο αποκαλείται 'Διερμηνευτής της Γλώσσας') το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά με το 'Δημιουργό Διαγραμμάτων Ροής'. Η γλώσσα που χρησιμοποιείται έχει παρόμοια δομικά και συντακτικά χαρακτηριστικά με κλασικές, διαδομένες γλώσσες προγραμματισμού όπως η PASCAL και η C, χωρίς όμως να εμπεριέχει και τις ιδιαιτερότητες αυτών, οι οποίες είναι ελάσσονος μαθησιακής αξίας για τη διδασκαλία προγραμματισμού σε εισαγωγικό επίπεδο. Επιπλέον, η χρησιμοποιούμενη μορφή ψευδοκώδικα είναι στην ελληνική γλώσσα, μειώνοντας κατά συνέπεια τον απαιτούμενο γνωστικό φόρτο για τη διαχείριση και κατανόησή της από τη πλευρά των μαθητών. Η αλγοριθμική γλώσσα που χρησιμοποιείται είναι αυτή που περιγράφεται στο Πρόγραμμα Σπουδών της Πληροφορικής και αφορά στο μάθημα «Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον» της Γ' τάξης του Ενιαίου Λυκείου, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

Ο σχεδιασμός της διεπιφάνειας χρήσης του περιβάλλοντος, ακολουθεί τις τυπικές συμβάσεις σχεδιασμού παραθυρικών εφαρμογών, με τη χρήση μενού εργαλείων και μπάρας κατάστασης, ενώ παράλληλα η διαμόρφωση του χώρου εργασίας μοιάζει σημαντικά με τα περιβάλλοντα συγγραφής κώδικα των κλασικών γλωσσών προγραμματισμού. Ο χώρος εργασίας οργανώνεται λογικά σε τρεις διακριτές περιοχές: την περιοχή συγγραφής κώδικα, την περιοχή οθόνης χρήστη και την περιοχή μεταβλητών και συναρτήσεων. Ο χρήστης μπορεί να μεταβεί στις αντίστοιχες όψεις με την επιλογή μιας συγκεκριμένης ετικέτας (Σχήμα 3).

Για τη γρήγορη συγγραφή του ψευδοκώδικα στο 'Διερμηνευτή της Γλώσσας', υπάρχει πρόνοια και υποστήριξη με ένα αριθμό συντομεύσεων ενσωματωμένων στη διεπιφάνεια χρήσης. Για παράδειγμα, ο μαθητής μπορεί να επιλέξει με το ποντίκι τις σχετικές δεσμευμένες λέξεις από την ομόνυμη καρτέλα ή να χρησιμοποιήσει τις αντίστοιχες συντομεύσεις πληκτρολογίου ή τις δυνατότητες αυτόματης συμπλήρωσης. Η χρήση ενός υπολογιστικού εργαλείου κατά τη διάρκεια ανάπτυξης ενός αλγορίθμου είναι εξαιρετικά ωφέλιμη για την απαλοιφή των συντακτικών λαθών και την εξασφάλιση της καθοριστικότητας και αποτελεσματικότητας του αλγορίθμου. Ο 'Διερμηνευτής της Γλώσσας' εμπεριέχει πάνω από τετρακόσια επεξηγηματικά μηνύματα, σε περίπτωση συντακτικών ή και λογικών λαθών. Τα μηνύματα αυτά δεν αναφέρουν μόνο τη πιθανή αιτία σφάλματος αλλά

παρέχουν εποικοδομητικές συμβουλές σε υψηλό επίπεδο για να καθοδηγήσουν τους μαθητές στη σωστή διατύπωση της λύσης του προβλήματος.



Σχήμα 3. Συγγραφή και εκτέλεση αλγορίθμου στο Διερμηνευτή της Γλώσσας

Η φάση εκτέλεσης και παρατήρησης της συμπεριφοράς του αλγορίθμου, υποστηρίζεται με μια πληθώρα σχετικών εργαλείων. Ο μαθητής μπορεί να εκκινήσει ή να παύσει την εκτέλεση του αλγορίθμου να δώσει είσοδο ή να παρακολουθεί την έξοδο του προγράμματος από την καρτέλα ‘Οθόνη χρήστη’ (Σχήμα 3, κάτω αριστερά). Παράλληλα, μέσω των εργαλείων βήμα προς βήμα εκτέλεσης, των σημείων διακοπής, της καρτέλα ‘Μεταβλητές’ και της καρτέλα ‘Εκφράσεις’ είναι δυνατή η αναλυτική μελέτη της εκτέλεσης του αλγορίθμου. Παρακολουθώντας και πιθανώς μεταβάλλοντας τις τιμές των μεταβλητών για οποιοδήποτε υποπρόγραμμα, ο μαθητής μπορεί να επέμβει στη ροή εκτέλεσης του προγράμματος, ανακαλύπτοντας και διορθώνοντας έτσι τυχόν λογικά λάθη, η και βελτιστοποιώντας περαιτέρω τον αλγόριθμο.

Εντούτοις, για να εξασφαλίσουμε πλήρη ένταξη του εκπαιδευτικού λογισμικού στη διαδικασία εκμάθησης, πρέπει να λάβουμε υπόψη διάφορες παραμέτρους που απορρέουν από το πλαίσιο στο οποίο λαμβάνει χώρα η διδακτική παρέμβα-

ση. Για παράδειγμα, ένα χαρακτηριστικό σενάριο στην τάξη είναι αυτό στο οποίο ο δάσκαλος θέλει να χρησιμοποιήσει το 'Διερμηνευτή της Γλώσσας' για να παρουσιάσει στους μαθητές ένα αλγόριθμο ταξινόμησης. Το σενάριο αυτό, απαιτεί μια φάση προετοιμασίας και εισόδου εφαρμογής μιας μεγάλης μήτρας που εμπεριέχει μια ποσότητα αριθμητικών στοιχείων προς ταξινόμηση. Ο 'Διερμηνευτής της Γλώσσας' υποστηρίζει την αργίοι εισαγωγή δεδομένων με τη χρήση της σχετικής καρτέλας εισαγωγής στοιχείων. Τα στοιχεία αυτά συσχετίζονται και αποθηκεύονται μαζί με τον αλγόριθμο. Έτσι, τα στάδια της τυποποιημένης εισαγωγής στοιχείων μπορούν να παραλειφθούν και η διδακτική παρέμβαση να εστιάζει στα ουσιαστικά ζητήματα της διαδικασίας.

Καθώς ο 'Διερμηνευτής της Γλώσσας' σχεδιάστηκε με στόχο να αποτελέσει ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον και όχι ένα περιβάλλον προγραμματισμού, εμπεριέχει και αρκετές ακόμα δυνατότητες για την απόκρυψη προγραμματιστικών λεπτομερειών από τους μαθητές. Για παράδειγμα, ένας κλασικός περιορισμός των υπολογιστικών συστημάτων που προκαλεί σύγχυση στους μαθητές είναι η πεπερασμένη ακρίβεια των αριθμών. Συνήθως, ένας βρόχος «ΓΙΑ π ΑΠΟ 0.01 ΜΕΧΡΙ 1 ΜΕ\_ΒΗΜΑ 0.01» δεν εκτελείται 100 φορές όπως αναμένουν οι μαθητές, αλλά μόνο 99, αφού για την τελική τιμή 1.00000001 δεν γίνεται επανάληψη. Ο 'Διερμηνευτής της Γλώσσας' παρακάμπτει αυτό το πρόβλημα χρησιμοποιώντας πεπερασμένη ακρίβεια κατά τις συγκρίσεις πραγματικών αριθμών, προσαρμόσιμη από σχετικό διάλογο επιλογών. Στον ίδιο διάλογο υπάρχουν αρκετές ακόμα επιλογές οι οποίες αποσκοπούν στη διατήρηση της απλότητας της ΓΛΩΣΣΑΣ που χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση των αλγορίθμων.

### *Αξιολόγηση ευχρηστίας του περιβάλλοντος από ειδικούς*

Πριν την πιλοτική δοκιμή του περιβάλλοντος 'Αλγοριθμική' με τη συμμετοχή μαθητών, διεξήχθη μια επίσημη αξιολόγηση ευχρηστίας από πεπειραμένο αξιολογητή. Στόχος της διαδικασίας αυτής ήταν η αναγνώριση και επιδιόρθωση σφαλμάτων ευχρηστίας πριν η πλατφόρμα χρησιμοποιηθεί στο πεδίο. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ευρετική αξιολόγηση, η οποία βασίζεται στην εφαρμογή μικρού αριθμού γνωστών κανόνων σχεδιασμού διαδραστικών συστημάτων. Η αξιολόγηση στην περίπτωση αυτή γίνεται από πεπειραμένους αξιολογητές ευχρηστίας διαδραστικών συστημάτων, οι οποίοι όμως δεν έχουν εμπλακεί στην ανάπτυξη του συστήματος. Η μέθοδος παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα της γενικευμένης εφαρμοσιμότητάς της σε διαδραστικά συστήματα ποικίλου σκοπού, ακόμη και σε πολύ αρχικά στάδια του σχεδιασμού και του σχετικά χαμηλού κόστους διεξαγωγής της. Βασίζεται επίσης σε ένα σχετικά μικρό αριθμό «ευρετικών κανόνων», σε αντίθεση με τη χρήση κατευθυντήριων γραμμών (guidelines), όπου το πλήθος των οδηγιών-κανόνων καθιστούν δύσκολη την αξιοποίησή τους

για σχεδιασμό ή αξιολόγηση της διεπιφάνειας χρήσης. Η ευρετική αξιολόγηση αποτελεί μια διαδεδομένη μέθοδο αξιολόγησης, της οποίας η χρησιμότητα και εφαρμοσιμότητα έχει καταδειχθεί σε ποικίλους τύπους εκπαιδευτικού λογισμικού (Avouris et al. 2001, Tselios et al. 2002).

Η αρχική έκδοση του 'Δημιουργού Διαγραμμάτων Ροής', αποτέλεσε το αντικείμενο της ευρετικής αξιολόγησης. Ο συνολικός αριθμός αποκλίσεων όσον αφορά στους ευρετικούς κανόνες ήταν 17. Όλες οι αποκαλυφθείσες αποκλίσεις αξιολογήθηκαν ως δευτερεύουσας σημασίας, καθώς καμία από αυτές δεν επηρέαζε σε σημαντικό βαθμό την αποτελεσματική και αποδοτική χρήση του περιβάλλοντος. Οι αποκαλυφθείσες αποκλίσεις, επιδιορθώθηκαν στο σύνολό τους. Παράλληλα, νέες παιδαγωγικές απαιτήσεις, όπως η προσθήκη των πρόσθετων τελεστών σύγκρισης, η δυνατότητα σύγκρισης πραγματικών αριθμών και όχι μόνο ακεραίων κ.λπ., αναγνωρίστηκαν κατά τη διαδικασία σχολιασμού και ανάλυσης των αποτελεσμάτων και υλοποιήθηκαν.

Αντίστοιχα, ήταν και τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του 'Διερμηνευτή της Γλώσσας'. Ο 'Διερμηνευτής της Γλώσσας' βρίσκεται εδώ και τέσσερα χρόνια σε συνεχή ανάπτυξη. Προηγούμενες εκδόσεις του έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί σε σχολεία, ενώ οι συνεργατικές κοινότητες συζήτησης που παρέχονται για να υποστηρίξουν το περιβάλλον, ανέδειξαν διάφορα χρήσιμα σχόλια και λειτουργίες, τα οποία σταδιακά ενσωματώθηκαν. Η τρέχουσα έκδοσή του αποτέλεσε το αντικείμενο ευρετικής αξιολόγησης από έμπειρο αξιολογητή με σημαντική γνώση χρηστοκεντρικού σχεδιασμού (Tselios et al. 2001, Tselios et al. 2002). Η διαδικασία της ευρετικής αξιολόγησης κατέδειξε την ποιότητα της διεπιφάνειας χρήσης αλλά και την εν γένει σταθερότητα του προγράμματος. Ο φυσικός σχεδιασμός της διεπιφάνειας χρήσης πληροί όλες τις συμβάσεις του λειτουργικού συστήματος, οι χρησιμοποιούμενες εικονικές αναπαραστάσεις είναι οι συμβατικές με τις οποίες είναι εξοικειωμένος ακόμη και ένας αρχάριος χρήστης ενώ η χρησιμοποιούμενη ορολογία είναι καταληπτή στο πλαίσιο του συγκεκριμένου γνωστικού αντικειμένου. Το σύνολο των αποκλίσεων από τις αρχές καλού σχεδιασμού με άξονα τους δέκα ευρετικούς κανόνες είναι 15, με την υποσημείωση ότι όλες οι αποκαλυφθείσες αποκλίσεις είναι δευτερεύουσας σημασίας και σχεδόν καμία δεν επηρεάζει ουσιαστικά την αποτελεσματική και αποδοτική χρήση του λογισμικού. Από την αξιολόγηση αναδείχθηκε ότι το λογισμικό έχει δεχθεί πληθώρα αλλαγών και βελτιώσεων στα πλαίσια ενός επαναληπτικού κύκλου σχεδιασμού και ανάπτυξης με αποτέλεσμα να είναι εμφανής η ωριμότητα και η σταθερότητά του.

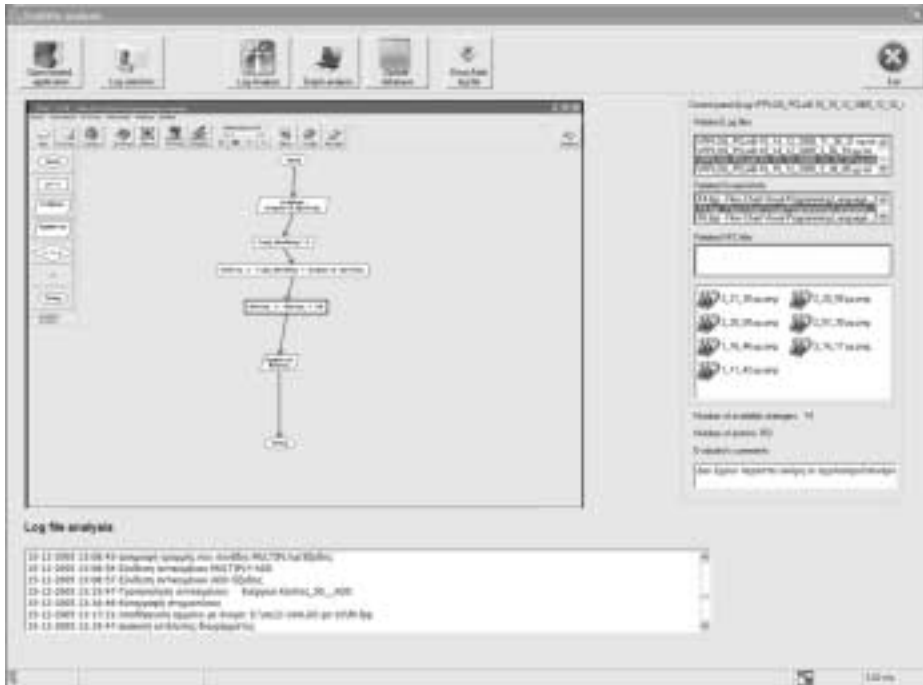
### **Πιλοτική εφαρμογή του περιβάλλοντος για τη διδασκαλία του προγραμματισμού**

Το περιβάλλον της 'Αλγοριθμικής & Προγραμματισμού' που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα, χρησιμοποιήθηκε για τη διδασκαλία βασικών εννοι-

ών προγραμματισμού σε πρωτοετείς φοιτητές στο Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία του Πανεπιστημίου Πατρών. Στόχος της μελέτης ήταν να πιστοποιηθεί η τεχνική αρτιότητα και η δυνατότητα αποτελεσματικής χρησιμοποίησης του υπολογιστικού περιβάλλοντος, αλλά και να διαπιστωθεί το επίπεδο αποδοχής των εργαλείων για τη διδασκαλία του προγραμματισμού από τους φοιτητές. Η αναγκαιότητα παρατήρησης της χρήσης ανοικτών περιβαλλόντων μάθησης από αντιπροσωπευτικούς χρήστες-μαθητές στο πεδίο, είναι δεδομένη και απορρέει από τη φύση των περιβαλλόντων αυτών. Οι προσδοκίες των μαθητών και ο τρόπος χρήσης των ανοικτών περιβαλλόντων μάθησης, είναι δύσκολο να προδιαγραφεί σε εξαντλητικό βαθμό από τα αρχικά στάδια του σχεδιασμού, καθώς ενέχει την πιθανότητα σημαντικών αποκλίσεων σε σχέση με την αναμενόμενη συμπεριφορά που προσδοκά η σχεδιαστική ομάδα. Και αυτό γιατί η δραστηριότητα που εκφράζουν οι μαθητές, δεν μπορεί να ειπωθεί ως μια αυστηρά προκαθορισμένη αλληλουχία ενεργειών. Τα περιβάλλοντα αυτά προάγουν την διερεύνηση των εννοιών που αντιπροσωπεύονται με αντικείμενα, εκφράζοντας με τον τρόπο αυτό την έμφαση στον ενεργό υποκειμενικό και οικοδομηστικό χαρακτήρα της μάθησης (Luger and Stubblefield 1998). Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να εξερευνήσουν έννοιες και αντικείμενα με τρόπο ο οποίος συχνά δεν έχει γίνει αντιληπτός στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού και κατά συνέπεια ενδέχεται να μην υποστηρίζεται επαρκώς.

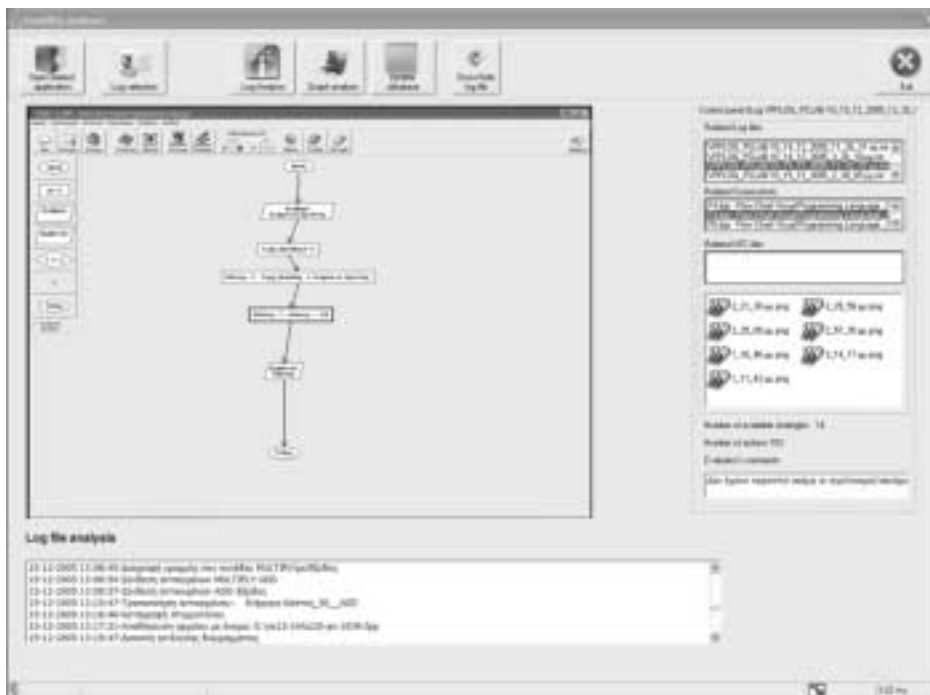
### ***Μέθοδος της έρευνας***

Το περιβάλλον της 'Αλγοριθμικής & Προγραμματισμού' χρησιμοποιήθηκε για τη διδασκαλία βασικών εννοιών προγραμματισμού στο πλαίσιο του μαθήματος Εισαγωγή στους Υπολογιστές του πρώτου εξαμήνου στο Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία. Πριν από την διδακτική παρέμβαση που έλαβε χώρα με τη χρήση του περιβάλλοντος στους φοιτητές, πραγματοποιήθηκε διδασκαλία διάρκειας τριών ωρών, όπου παρουσιάστηκαν οι βασικές έννοιες του προγραμματισμού. Ακολούθως, στο εργαστηριακό σκέλος του μαθήματος παρουσιάστηκε μια δραστηριότητα στους φοιτητές, που είχε ως στόχο την κατασκευή προγράμματος για τον υπολογισμό του κόστους χρήσης ενός κινητού τηλεφώνου. Μέσα από το πλαίσιο αυτό, που ήταν διαχειρίσιμο και κατανοητό από τους φοιτητές καθώς αφορούσε έννοιες που συναντούν στην καθημερινή τους ζωή, υπήρχε ως ζητούμενο η κατανόηση και η χρήση της δομής απλής επιλογής για την έκφραση του αλγορίθμου που θα λάμβανε υπόψιν διάφορες αρχικές παραμέτρους που επηρεάζουν τον υπολογισμό του κόστους χρήσης.



Σχήμα 4. Στιγμιότυπα από τις συνεδρίες διδακτικής παρέμβασης με τη χρήση της 'Αλγοριθμικής & Προγραμματισμού'

Η δραστηριότητα διαρθρωνόταν σε 9 βήματα κλιμακούμενης δυσκολίας. Οι σπουδαστές κλήθηκαν να επιλύσουν τα πρώτα 6 χρησιμοποιώντας το 'Δημιουργό Διαγραμμάτων Ροής' και τα επόμενα 3 με τη χρήση του 'Διερμηνευτή της Γλώσσας'. Το σύνολο της δραστηριότητας πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών συνεδριών, και οι σπουδαστές είχαν στη διάθεσή τους 2 ώρες για να απαντήσουν σε όλες τις ερωτήσεις. Στα πρώτα 10 λεπτά της εργαστηριακής συνεδρίας, παρουσιάστηκε η δραστηριότητα, η οποία δόθηκε στους φοιτητές και σε έντυπη μορφή (Σχήμα 4). Κατά τη διάρκεια της συνεδρίας συμμετείχαν ο εισηγητής της δραστηριότητας καθώς και δύο υπεύθυνοι για τη διεξαγωγή της διαδικασίας που παρατηρούσαν τους τρόπους με τους οποίους προσέγγιζαν οι μαθητές τη λύση. Στη διαδικασία συμμετείχαν 74 σπουδαστές (2 αγόρια, 72 κορίτσια), 18-21 ετών. 21 από τους φοιτητές είχαν πρότερη γνώση βασικών εννοιών προγραμματισμού από το Λύκειο. Η διαδικασία ολοκληρώθηκε σε πέντε εργαστηριακές συνεδρίες που έλαβαν χώρα την ίδια εβδομάδα, με μέγιστο αριθμό συμμετεχόντων 18 φοιτητές.



Σχήμα 5. Στιγμιότυπο του εργαλείου ανάλυσης αρχείων πληκτρολογήσεων του ‘Δημιουργού Διαγραμμάτων Ροής’. Διακρίνεται το στιγμιότυπο της οθόνης χρήστη και το σχετικό αρχείο πληκτρολογήσεων (αριστερά) καθώς επίσης τα σχετικά αρχεία του μαθητή για το σύνολο της δραστηριότητας (δεξιά)

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν ήταν οι αποθηκευμένες λύσεις στο ‘Δημιουργό Διαγραμμάτων Ροής’ και στο ‘Διερμηνευτή της Γλώσσας’. Επίσης, σε κάθε στάδιο της διαδικασίας ζητήθηκε από τους φοιτητές να αποθηκεύουν ενδιάμεσα το αποτέλεσμα της εργασίας τους. Στο ‘Δημιουργό Διαγραμμάτων Ροής’ είχε ενσωματωθεί η δυνατότητα καταγραφής αρχείου πληκτρολογήσεων των ενεργειών των φοιτητών ενώ παράλληλα με την αποθήκευση γινόταν λήψη του τρέχοντος στιγμιότυπου του χώρου εργασίας με αυτόματο τρόπο. Η επεξεργασία και ανάλυση των συλλεγέντων δεδομένων, υποστηρίχθηκε από πρότυπο εργαλείο εννοιολογικής ανάλυσης που επιτρέπει την ταυτόχρονη επισκόπηση των στιγμιότυπων της διεπιφάνειας χρήσης, των αρχείων πληκτρολογήσεων και των σχολίων που μπορεί να επισημειώσει ο ερευνητής (Σχήμα 5). Τα σχόλια είναι δυνατόν να συνίστανται σε ελεύθερο κείμενο, αξιολόγηση της πορείας του μαθητή (πλήρης επίλυση, μερική επίλυση, αδυναμία προσέγγισης του προβλήματος) και επισημείωση παρανοήσεων με χρήση οριζόμενης από αυτόν τυπολογίας (παρανόηση στη



χρήση μεταβλητών, στην υλοποίηση του βρόγχου δομής επιλογής, στην εκτέλεση υπολογισμών κ.α.).

User	Logfile	Logfile	Actions	Connections	Execution	FileDialogs	Screenshots	Items	Connect/Disconnect/Start	Data
TE-13-15-ALGD...	6293	22	5	0	2	1	0	0	0	46
TE-11-13-ALG...	10306	171	17	29	22	3	5	5	0	0
TE-13-15-ALGD...	10306	171	17	29	22	3	5	5	0	0
TE-13-15-ALGD...	31	3	8	0	8	0	0	0	0	0
TE-13-15-ALGD...	3640	110	3	3	22	2	2	2	2	40
pe-12-2-ALGD...	26379	212	19	20	30	6	3	8	0	181
de-9-11-pc5	6555	196	15	9	18	7	8	2	0	0
de-9-11-pc5	1437	29	1	13	8	4	1	1	0	0
de-11-1-pc5	20146	76	8	2	12	3	13	2	0	202

Σχήμα 6. Ανάλυση των αρχείων πληκτρολογήσεων του ‘Δημιουργού Διαγραμμάτων Ροής’

Σημαντική δυνατότητα ανάλυσης του εργαλείου αποτελεί η υποστήριξη μαζικής σάρωσης δεδομένων παρατήρησης και εξαγωγής περιγραφικών στατιστικών στοιχείων (μέσος αριθμός ενεργειών, ποσοστό χρήσης εργαλείων ενδιαφέροντος κλπ, Σχήμα 6), αλλά και η κατασκευή δυναμικών ερωτημάτων που θέτει ο ερευνητής απέναντι στα δεδομένα. Για παράδειγμα, ο ερευνητής μπορεί να δει με αυτόματο τρόπο το ποσοστό των χρηστών που έχουν ‘εκτελέσει’ το διάγραμμα ροής και ακολούθως έχουν διορθώσει το βρόγχο επιλογής, ή το ποσοστό των χρηστών που έχουν ακολουθήσει ένα συγκεκριμένο τρόπο προσέγγισης ενός προβλήματος, που αποτυπώνεται με υψηλή συχνότητα συγκεκριμένων εργαλείων του περιβάλλοντος. Έτσι, παρέχεται στον ερευνητή η δυνατότητα να κατανοήσει βαθύτερα τα δεδομένα αλληλεπίδρασης και συνεπώς τη μαθησιακή πορεία των φοιτητών με την χρήση του περιβάλλοντος.

Το σύνολο των φοιτητών μπόρεσε να χρησιμοποιήσει με αποδοτικό τρόπο το ‘Δημιουργό Διαγραμμάτων Ροής’. Σε μικρό βαθμό, εντοπίστηκαν δυσκολίες στην κατανόηση του τρόπου χειρισμού και εκτέλεσης ορισμένων λειτουργιών, όπως για παράδειγμα στη σύνδεση δύο αντικειμένων μεταξύ τους αλλά και στη δια-

γραφή τυχόν υπαρχουσών συνδέσεων. Η πλειοψηφία των φοιτητών κατάφερε να διαχειριστεί και να αντιμετωπίσει τα πρώτα ερωτήματα της δραστηριότητας. Συνολικά συλλέχθηκαν 273 αρχεία πληκτρολογήσεων (3,68 αρχεία ανά μαθητή) με 41,79 ενέργειες ανά μαθητή. Από την εισαγωγή σχετικών φίλτρων στο εργαλείο ανάλυσης, προκύπτει ότι οι 66 από τους 74 συμμετέχοντες κατάφεραν να εκφράσουν πλήρως ή σε ικανοποιητικό βαθμό τη ζητούμενη λύση. Ο Δημιουργός Διαγραμμάτων Ροής φαίνεται να υποβοηθά σημαντικά τη διαδικασία του αναστοχασμού πάνω στην εκπεφρασθείσα λύση που οικοδόμησαν οι φοιτητές, καθώς οι 57 από τους 66 χρησιμοποίησαν τη δυνατότητα εκτέλεσης του διαγράμματος και ακολούθως τροποποίησαν σε σημαντικό βαθμό τη λύση τους, με βάση τη συμπεριφορά του αλγορίθμου που παρατήρησαν.

Όμως, μόνο 19 φοιτήτριες και 2 φοιτητές (το 28% του πληθυσμού) κατάφεραν να εκφράσουν, έστω και με αδρό τρόπο, τον αλγόριθμο με χρήση ψευδοκώδικα, εκ των οποίων μόνο μία δεν είχε πρότερες δεξιότητες προγραμματισμού από το λύκειο. Από τη διαπίστωση αυτή, φαίνεται να προκύπτει ότι στο αρχικό στάδιο εκμάθησης βασικών εννοιών προγραμματισμού οι φοιτητές μπορούν να διαχειριστούν καλύτερα μια διαγραμματική αναπαράσταση ενός αλγορίθμου, από την αντίστοιχη λεκτική του αναπαράσταση. Η διαπίστωση αυτή επιβεβαιώθηκε και μέσω συνεντεύξεων που έγινε δειγματοληπτικά σε αριθμό φοιτητών που συμμετείχαν στη διαδικασία. Σε ένα βαθμό, όμως το χαμηλό αυτό ποσοστό οφείλεται και στη σχετική έλλειψη της άνεσης χρόνου που απαιτείται για την αποτελεσματική προσέγγιση της δραστηριότητας με τη χρήση και των δύο υπολογιστικών περιβαλλόντων. Προκειμένου, λοιπόν να εξαχθούν ασφαλέστερα συμπεράσματα, απαιτείται η διεξαγωγή, περισσότερων μελετών περίπτωσης που να εστιάζουν στην εξέταση αυτού του ερωτήματος.

Μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης, οι φοιτητές κλήθηκαν να συμπληρώσουν ερωτηματολόγιο που αφορούσε σε δημογραφικά στοιχεία (π.χ. φύλο, ύπαρξη υπολογιστή στο σπίτι, κατεύθυνση εκπαίδευσης που παρακολούθησαν στο Λύκειο) και σε ερωτήσεις που αφορούσαν στην αξιολόγηση του περιβάλλοντος και της δραστηριότητας. Και οι 74 σπουδαστές συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο. Κάθε ερώτηση απαντήθηκε σε μια κλίμακα Likert με πέντε διαβαθμίσεις (1: Πολύ χαμηλή, 5: Πολύ υψηλή). Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 1, κατηγοριοποιημένα ανά κατεύθυνση εκπαίδευσης που είχαν επιλέξει οι μαθητές στο Λύκειο.

Από τις απαντήσεις, επιβεβαιώνεται ο σημαντικός βαθμός αποδοχής της ‘Αλγοριθμικής’ από τους φοιτητές και η δυνατότητα χρήσης του Δημιουργού Διαγραμμάτων Ροής με αποτελεσματικό και μαθησιακά αποδοτικό τρόπο (ερωτήσεις 1 και 2 αντίστοιχα). Το σύστημα φάνηκε να είναι κατανοητό και διαχειρίσιμο ακόμα και από τις φοιτήτριες που δεν είχαν πρότερη κατανόηση του γνω-

στικού αντικειμένου, όπως φαίνεται στις ερωτήσεις 4 και 5 (Πίνακας 1). Παράλληλα, φαίνεται ότι το υπολογιστικό περιβάλλον συμβάλλει στην επίτευξη ενός επιπέδου κατανόησης που είναι σημαντικά υψηλότερο σε σχέση με την πρότερη εμπειρία σε μαθήματα προγραμματισμού (ερωτήσεις 1 και 4). Στο αποτέλεσμα αυτό, φαίνεται να συνέβαλλε και το γεγονός ότι οι φοιτητές είχαν να αντιμετωπίσουν την έννοια της δομής απλής επιλογής μέσα από ένα πρόβλημα κατανοητό και συμβατό με τις καθημερινές τους παραστάσεις (κόστος υπολογισμού χρήσης κινητού τηλεφώνου) όπως φαίνεται στην ερώτηση 6.

Πίνακας 1. Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στο ερωτηματολόγιο που τους τέθηκε (N=74).

Ερώτηση	Μαθητές από Θεωρητική Κατεύθυνση (N = 42)	Μαθητές από Θετική Κατεύθυνση (N = 11)	Μαθητές από Τεχνολογική Κατεύθυνση (N = 21)	Σύνολο
1. Πρότερη εμπειρία σε μαθήματα προγραμματισμού στο λύκειο	1,29 (0,60)	2,18 (1,38)	3,67 (1,02)	2,09 (1,34)
2. Θεωρείτε την Αλγοριθμική ως ένα περιβάλλον που μπορεί να σας υποστηρίξει στην εκμάθηση του προγραμματισμού;	3,55 (1,43)	3,45 (0,69)	3,71 (0,78)	3,58 (1,18)
3. Αποτελεσματικότητα χρήσης Δημιουργού Διαγραμμάτων Ροής;	3,29 (1,45)	3,27 (1,49)	4,00 (1,00)	3,49 (1,37)
4. Πως αξιολογείτε την απόδοσή σας στα πλαίσια της συγκεκριμένης δραστηριότητας;	2,45 (1,21)	3,00 (1,00)	3,90 (0,62)	2,95 (1,22)
5. Η δραστηριότητα ήταν κατανοητή και διαχειρίσιμη;	2,86 (1,40)	3,33 (1,41)	4,20 (0,70)	3,33 (1,35)
6. Καταλληλότητα δραστηριότητας	3,50 (1,38)	3,70 (0,95)	3,80 (0,83)	3,63 (1,16)

## Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε ένα ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό υπολογιστικό περιβάλλον που στοχεύει στο να υποστηρίξει τους μαθητές στα στάδια εκμάθησης βασικών εννοιών και δεξιοτήτων προγραμματισμού. Το περιβάλλον

αποτελείται από δύο ανοικτά συστήματα, τα οποία επιτρέπουν τις ενεργητικές κατασκευές εκ μέρους των μαθητών τόσο σε λεκτικό επίπεδο, που απαιτεί αυστηρή έκφραση σε ψευδογλώσσα, χωρίς τις δεσμεύσεις και τις ιδιαιτερότητες που ενέχει η χρήση μιας σύγχρονης γλώσσας υψηλού επιπέδου, όσο και σε ένα πιο υψηλό, συμβολικό επίπεδο που επιτρέπει την έκφραση των ιδεών τους σε μορφή διαγράμματος ροής. Ένα τρίτο εργαλείο ολοκληρώνει όλα τα στοιχεία και τα μέσα μιας δραστηριότητας, που χρησιμεύει ως περιβάλλον ενσωμάτωσης, επιτρέποντας κατά συνέπεια στους μαθητές να μελετήσουν το υλικό της δραστηριότητας και να μεταβούν αβίαστα από το ένα εργαλείο στο άλλο.

Το βασικό ερώτημα για το αν το αφαιρετικό επίπεδο αναπαράστασης, με τη χρήση διαγραμμάτων ροής, είναι διαχειρίσιμο από τους μαθητές φαίνεται να επιβεβαιώνεται από τη μελέτη περίπτωσης που παρουσιάστηκε. Η δυνατότητα σύλληψης και έκφρασης αλγορίθμων από άτομα με χαμηλές γνώσεις και δεξιότητες προγραμματισμού και βασικές γνώσεις των ΤΠΕ, φαίνεται να αποτελεί μια διαχειρίσιμη και μαθησιακά ωφέλιμη διαδικασία, τουλάχιστον μέσα από το περιβάλλον του 'Δημιουργού Διαγραμμάτων Ροής'. Σε συνδυασμό με τη χρήση ψευδογλώσσας, η παιδαγωγική χρησιμότητα του περιβάλλοντος αυξάνεται σημαντικά καθώς συμβάλλει σε μια βαθύτερη κατανόηση των εννοιών, μια πιο διαισθητική αντίληψη της λειτουργίας των αλγορίθμων. Επιπλέον, ενισχύει τη δυνατότητα εκμάθησης σύνθετων εννοιών με διαχειρίσιμο και ομαλό τρόπο. Επόμενες μελέτες θα επιχειρήσουν να εστιάσουν στη μετάβαση των μαθητών από το ένα επίπεδο αναπαράστασης στο άλλο και στην επίδραση της μετάβασης αυτής στην οικοδόμηση αναλυτικών δεξιοτήτων σχεδίασης και δόμησης μιας γενικής υψηλού επιπέδου λύσης.

## Ευχαριστίες

Η παρούσα ερευνητική προσπάθεια υποστηρίζεται από το έργο «Αλγοριθμική-Προγραμματισμός» της ενότητας «Νηρηίδες» του έργου «Πλειάδες» του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Κοινωνία της Πληροφορίας» με χρηματοδότη το ΥΠΕΠΘ και με ενδιάμεσο φορέα το ΕΑΙΤΥ. Η συγγραφική ομάδα ευχαριστεί θερμά τον Yuri Margolin για την παραχώρηση των δικαιωμάτων αποσφαλμάτωσης, εξελληνισμού και χρήσης του περιβάλλοντος «Flow Chart Visual Programming Language 3.01-FC».

## Αναφορές

- Avouris, N. M., Tselios, N. K. and Tatakis, E. C. (2001), Development and evaluation of a computer-based laboratory teaching tool, *Journal Computer Applications in Engineering Education*, 9(1), 8-19
- Blackwell, A., Whitley, K. N., Good, J. and Petre M. (2001), Cognitive factors in programming with diagrams, *Artificial Intelligence Review*, 15, 95-114

- Bohl, M. (1971), Flowcharting techniques, *Science Research Associates*, Chicago, 53
- Calloni, B.A. and Bagert, D. (1997), Iconic programming proves effective for teaching the first year programming sequence, *Proceedings of SIGCSE'97 Technical Symposium on Computer Science Education*, *SIGCSE Bulletin*, 29(1), 262-266
- Cunniff, N. and Taylor, R. P. (1987), Graphical vs. textual representation: An empirical study of novices' program comprehension, in Olson, G. M., Sheppard, S. B., Soloway, E. (eds.), *Empirical Studies of Programmers: Second Workshop*, 114-131, Washington, DC, USA
- Curtis, B., Sheppard, S. B., Kruesi-Bailey, E., Bailey, J. and Boehm-Davis, D. A. (1989), Experimental evaluation of software documentation formats, *Journal of Systems and Software*, 9(2), 167-207
- Dimitracopoulou, A. and Komis, V. (2005), Design principles for the support of modelling and collaboration in a technology-based learning environment, *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*, 15(1/2), 30-55
- Eskola, J. and Tarhio, J. (2000), *Flowchart programming with Excel*, Report C-2000-52, Department of Computer Science, University of Helsinki
- Goldstein, H.H., and von Neumann, J. (1947), *Planning and coding problems for an electronic computing instrument*, part II, Vol. I, Report prepared for the U.S. Army Ordinance Dept., Reprinted in A.H. Taub (ed.), J. von Neumann, *Collected Works*, Vol. V, 80-151, New York: Mc-Millan
- Komis, V., Dimitracopoulou, A., Politis, P. and Avouris, N., (2001), Expérimentations exploratoires sur l'utilisation d'un environnement informatique de modélisation par petits groupes d'élèves, *Sciences et Techniques Educatives*, 8(1-2), 75-86
- Luger, G. F., and Stubblefield, W. A. (1998), *Artificial Intelligence: Structures and strategies for complex problem solving*, London: Addison Wesley (Third Edition)
- Newell, A. and Simon, H. A. (1972), *Human Problem Solving*, NJ: Prentice Hall, Englewood Cliffs
- Reitman, W. R. (1964), Heuristic design procedures, open constraints and the structure of ill-defined problems, in Shelly, M. W. and Bryan, G. L. (eds.), *Human Judgements and Optimality*, New York: Wiley and Sons
- Scanlan, D. A. (1989), Structured flowcharts outperform pseudocode: An experimental comparison, *IEEE Software*, 6(5), 28-36
- Shneiderman, B. (1980), *Software psychology: Human factors in computer and information systems*, MA, Cambridge: Winthrop
- Tselios, N., Avouris, N. and Kordaki, M. (2002), Student task modeling in design and evaluation of open problem-solving environments, *Journal of Education and Information Technologies*, 7(1), 19-42
- Tselios, N., Avouris, N., Dimitracopoulou, A. and Daskalaki, S. (2001), Evaluation of distance-learning environments: Impact of usability on student performance, *International Journal of Educational Telecommunications*, 7(4), 355-378
- Weinberg, G. M. (1971), *The psychology of computer programming*, NJ, Princeton: Van Nostrand
- Ziegler, U. and Crews, T. (1999), An integrated program development tool for teaching and learning how to program, *Proceedings of the 30th SIGCSE Symposium*, 276-280, New Orleans, Louisiana, USA
- Κόμης, Β. (2005), *Εισαγωγή στη Διδακτική της Πληροφορικής*, Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος