

Χρήση Μαθησιακών Αντικειμένων για τον εμπλουτισμό της διδασκαλίας της Δομής Επιλογής στο Λύκειο

Παναγιώτης Τσάκωνας¹, Σοφία Μουγιακού²

ptsakon@unipi.gr, mougiakou@gmail.com

¹ Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, ² Π. Γ.Ε.Λ. Ιωνιδείου Σχολής Πειραιά

Περίληψη

Στην εργασία αυτή περιγράφονται τα λειτουργικά χαρακτηριστικά διαδικτυακών λογισμικών που δημιουργήθηκαν με στόχο τον εμπλουτισμό της διδασκαλίας της Δομής Επιλογής στο μάθημα «Εισαγωγή στις Αρχές της Επιστήμης των Η/Υ». Τα λογισμικά αυτά σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν δίνοντας έμφαση στο διερευνητικό χαρακτήρα της (αυτο)διδασκαλίας, χαρακτηριστικό που (θεωρούμε ότι) πρέπει να διαθέτουν τέτοιου είδους μαθησιακά αντικείμενα. Επίσης δημιουργήθηκαν φύλλα εργασίας με κατάλληλες δραστηριότητες ώστε να βοηθηθούν οι μαθητές στην ανακαλιπτική διαδικασία και να οδηγηθούν στην οικοδόμηση κανόνων αντιμετώπισης αλγοριθμικών προβλημάτων που εμπλέκουν τη Δομή Επιλογής. Τα λογισμικά δοκιμάστηκαν σε και αξιολογήθηκαν από 108 μαθητές της Β' Λυκείου. Η πειραματική διδασκαλία πραγματοποιήθηκε σε τέσσερα τμήματα, εκ των οποίων ένα αποτέλεσε την ομάδα ελέγχου. Τα αποτελέσματα της έρευνας παρουσιάζονται μαζί με προτάσεις βέλτιστης ενσωμάτωσης, μέσω διδακτικού σεναρίου, τέτοιου τύπου λογισμικού στην εκπαιδευτική διαδικασία είτε αυτή αφορά τη διδασκαλία στην τάξη ή την εξ αποστάσεως εκπαίδευση και εκμετάλλυσή τους για παραγωγή πλήθους δραστηριοτήτων που προάγουν την εμπέδωση της αλγοριθμικής σκέψης.

Λέξεις κλειδιά: Δομή επιλογής, Πολλαπλή επιλογή, Ελεύθερο κείμενο, Μετατροπή σε αλγόριθμο, Ιεράρχηση περιπτώσεων

Εισαγωγή

Από το σχολικό έτος 2014-2015 ξεκίνησε η διδασκαλία της πληροφορικής ως μάθημα Γενικής Παιδείας στη Β' Λυκείου με τίτλο «Εισαγωγή στις Αρχές της Επιστήμης των Η/Υ», με μία ώρα διδασκαλίας ανά εβδομάδα και τη φιλοδοξία να αποτελέσει μια γενική εισαγωγή στην αλγοριθμική σκέψη και τη συστηματική αντιμετώπιση προβλημάτων, ενώ ταυτόχρονα θα προετοιμάζει τους μαθητές που στην Γ' Λυκείου θα φοιτήσουν σε τμήματα των Ομάδων Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών και Σπουδών Οικονομίας και Πληροφορικής για την παρακολούθηση του μαθήματος «Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον».

Στα δύο πρώτα χρόνια διδασκαλίας η ύλη περιλάμβανε αναλυτική αναφορά σε όλες τις αλγοριθμικές συνιστώσες (Δομή Ακολουθίας, Επιλογής και Επανάληψης) καθώς και σε Δομές Δεδομένων με έμφαση σε (στατικούς) πίνακες και σε αλγόριθμους Αναζήτησης και Ταξινόμησης.

Από το έτος 2016-2017 και μετά τον εξορθολογισμό της διδακτέας ύλης, η αναφορά στις Δομές Δεδομένων περικόπηκε. Ακόμη και έτσι όμως, παρά τη χρήση φύλλων εργασίας, την εργαστηριακή άσκηση των μαθητών με τον online διερμηνευτή της ψευδογλώσσας (www.pseudoglossa.gr) και την προσεκτική επιλογή ασκήσεων για κατ' οίκον αντιμετώπιση, η μία ώρα διδασκαλίας ανά εβδομάδα αποδεικνύεται ανεπαρκής για την κάλυψη της ύλης και την εμπέδωση της αλγοριθμικής λογικής, ιδίως από μαθητές που προσανατολίζονται προς διαφορετικό κύκλο σπουδών. Όπως (θα έπρεπε να) συμβαίνει και στις άλλες θετικές επιστήμες, η μάθηση προέρχεται από εξάσκηση και πειραματισμό (Τσάκωνας & Καλκάνης, 2013). Ειδικά

στον προγραμματισμό, το βασικό εργαλείο δεν είναι οι μαθηματικές συναρτήσεις, οι τύποι της Φυσικής, ή τα χημικά αντιδραστήρια, αλλά ένα προγραμματιστικό περιβάλλον που επιτρέπει δοκιμές σε ένα βασικό αλγόριθμο, τα αποτελέσματα των οποίων (ή, ακόμη περισσότερο, η έλλειψή τους!), η ανασκόπηση και ο σχολιασμός τους αποδεικνύονται εξαιρετικά διδακτικά.

Με δεδομένο ότι η αλγοριθμική σκέψη διδάσκεται όχι τόσο (ή, τουλάχιστον, όχι κυρίως) με θεωρητικές περιγραφές, αλλά μέσω της εξάσκησης σε παραλλαγές προβλημάτων και ανάλυση της λογικής που ακολουθείται για τη σύνταξη του κώδικα και την εκ των υστέρων διασύνδεση με τις θεωρητικές έννοιες, ανακύπτει η ανάγκη για μια συλλογή δραστηριοτήτων, επί των οποίων θα εργάζονται οι μαθητές χωρίς να χάνουν χρόνο στην πληκτρολόγηση (με την οποία δεν είναι όλοι εξοικειωμένοι, άρα θα πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια ελαχιστοποίησής της), στην οποία θα έχουν όλοι πρόσβαση είτε στο σχολικό εργαστήριο (που – πιστεύουμε ότι – αποτελεί και το φυσικό χώρο διεξαγωγής του μαθήματος) είτε από το σπίτι και που θα έχει ποικιλία περιεχομένου, επαρκώς δυναμικό χαρακτήρα, αλληλεπιδραστική μορφή (με σκοπό την προαγωγή της διερευνητικής αλλά και της συνεργατικής μάθησης) ώστε να διατηρεί το ενδιαφέρον των παιδιών. Τέτοιου τύπου λογισμικό αναπτύσσεται στη χώρα μας εδώ και πολλά χρόνια και ήδη από το 2012 έχει ξεκινήσει η προσπάθεια οργάνωσής του σε ψηφιακά αποθετήρια (Παλιούρας κ.ά., 2012) όπως τα διαδραστικά σχολικά βιβλία του έργου Ψηφιακό Σχολείο (<http://ebooks.edu.gr/new/>) και το ψηφιακό αποθετήριο μαθησιακών αντικειμένων Φωτόδεντρο (<http://photodentro.edu.gr/lor/>).

Βασικός στόχος της πρώτης φάσης της εργασίας ήταν η ανάπτυξη Μαθησιακών Αντικειμένων (Μ.Α.) για την υποστήριξη της διδασκαλίας στην ενότητα της Δομής Επιλογής.

Δυσκολίες και παρανοήσεις των μαθητών για τη Δομή Επιλογής

Οι Sleeman et al. (1988) κατέγραψαν πολλές από τις παρανοήσεις που αντιμετωπίζουν οι μαθητές ως αρχάριοι προγραμματιστές στη δομή επιλογής. Άλλοτε θεωρούν ότι εκτελούνται τόσο η ενότητα εντολών *Αν...τότε* όσο και το τμήμα *Αλλιώς* ή άλλες φορές εκτελούν το μπλοκ εντολών του *Αν...τότε* είτε η συνθήκη που περιλαμβάνει είναι Αληθής είτε Ψευδής. Επίσης πιστεύουν ότι αν μια συνθήκη είναι ψευδής, τότε η εκτέλεση του προγράμματος σταματά (Sleeman et al., 1986). Κάποιοι μαθητές πιστεύουν ότι για να λειτουργήσει σωστά η δομή απαιτείται πάντοτε αληθής λογική έκφραση, όπως χρησιμοποιείται στην φυσική γλώσσα (Pea, 1986) ενώ η ψευδής αποτίμηση συνθήκης σημαίνει ότι είναι λανθασμένη (Herman et al., 2012).

Παρασυρμένοι από τη χρήση των λογικών τελεστών στον καθημερινό λόγο, οι μαθητές οδηγούνται σε παρανοήσεις σχετικά με αυτούς. Η αλγοριθμική διατύπωση συνθηκών με αφετηρία τη φυσική γλώσσα συνιστά απαιτητική διεργασία (Goldman et al., 2010), καθώς πολλές λογικές εκφράσεις είναι ανοικτές σε ποικιλία ερμηνειών στην φυσική γλώσσα (Erp, 2003). Στην καθημερινή ομιλία, οι δηλώσεις είναι ασαφείς ή εσφαλμένες, αλλά αυτό δεν αποτελεί πάντοτε αξεπέραστο εμπόδιο στην επικοινωνία, αφού η σκέψη του ακροατή συμπληρώνει τα λογικά κενά της διατύπωσης του ομιλούντος. Όταν όμως στη θέση του ακροατή μπαίνει μια μηχανή, χωρίς μυαλό, λογική, ή, έστω, κατάλληλο πρόγραμμα, για να συμπληρώσει τα κενά, προφανώς η επικοινωνία καθίσταται αδύνατη. Για παράδειγμα, η φράση «πες έναν αριθμό μεγαλύτερο του 12 και μικρότερο του 2» υπονοεί τη χρήση της (αποκλειστικής) διάζευξης, αλλά αυτό δεν εμποδίζει την επικοινωνία δύο ανθρώπων, καθώς και οι δύο κατανοούν την υπονοούμενη σημασία της φράσης. Αν όμως το πρόβλημα τεθεί σε έναν υπολογιστή, τότε τα πράγματα αλλάζουν. Η αλγοριθμική γλώσσα είναι σαφής και ακριβής αλλά οι εκπαιδευτικοί συχνά αποτυγχάνουν να επισημάνουν πώς αυτή διαφέρει από την καθημερινή γλώσσα (Erp, 2003; Herman et al., 2012). Κατά συνέπεια, οι μαθητές συχνά αδυνατούν να εκφραστούν με την απαιτούμενη ακρίβεια όταν προγραμματίζουν, γεγονός

που επιτείνεται από τους ενσωματωμένους αυτοματισμούς σε συσκευές που χρησιμοποιούν στην καθημερινότητά τους. Συνήθως αποτιμούν τις λογικές συνθήκες με βάση τις εμπειρίες τους από τον φυσικό κόσμο και όχι τις συνθήκες εκτέλεσης του αλγορίθμου (Herman et al., 2012). Οι λογικοί τελεστές ΚΑΙ/Ή συχνά ερμηνεύονται λανθασμένα (όπως στη φυσική γλώσσα). Συγκεκριμένα, οι μαθητές τείνουν να παρερμηνεύουν το αποτέλεσμα έκφρασης που χρησιμοποιεί τον λογικό τελεστή Ή ως αληθές όταν ένας από τους όρους είναι αληθής, αλλά όχι όταν και οι δύο είναι αληθείς (Herman et al., 2012; Grover et al., 2015).

Η δομή επιλογής δυσκολεύει αρκετά τους αρχάριους προγραμματιστές (Rogalski & He, 1989; Soloway & Srohrer, 1989). Στη βιβλιογραφία υπάρχουν λίγες αναφορές στις δυσκολίες των μαθητών με τη δομή επιλογής (Bayman & Mayer, 1983; du Boulay, 1986). Σε μια από αυτές ο du Boulay (1986) αναφέρει ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν ότι οι εντολές που βρίσκονται αμέσως μετά τη δομή επιλογής εκτελούνται πάντα ανεξάρτητα από την αποτίμηση της συνθήκης.

Η απαρίθμηση των περιπτώσεων για να αποδειχθεί η ορθότητα μιας λογικής έκφρασης (απόδειξη με εξάντληση των περιπτώσεων) είναι θεμελιώδης διαδικασία μέσα στην άλγεβρα Boole, αλλά οι μαθητές συχνά αρκούνται να δοκιμάσουν μόνο μία ή δύο περιπτώσεις (Herman et al., 2012). Η έρευνα δείχνει ότι κάποιες φορές κατά τη χρήση της δομής επιλογής οι μαθητές δεν εξετάζουν όλες τις πιθανές περιπτώσεις στα σχέδια λύσης τους (Kwon, 2017).

Επίσης πολλοί μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση της σειράς εκτέλεσης των εντολών του προγράμματος όταν εμπλέκονται εμφωλευμένες δομές, όπως και στην σύνταξη της σωστής συνθήκης (Putnam et al., 1986). Σημαντικό ρόλο στην κατανόηση διαδραματίζουν και οι πρότερες γνώσεις μαθηματικών και λογικής (Bonar & Soloway, 1985).

Σχεδίαση των Μ.Α.

Στο πρώτο στάδιο αναζητήθηκε το κατάλληλο εργαλείο ανάπτυξης Μ.Α. Παλαιότερα εργαλεία/γλώσσες προγραμματισμού (Flash, Java, κ.λπ.) αποδεικνύονται, με την πάροδο του χρόνου, ανεπαρκή ή/και ακατάλληλα, αφού, χωρίς να υστερούν σε δυνατότητες, σταδιακά και για λόγους ασφαλείας υποστηρίζονται όλο και λιγότερο από τις νέες εκδόσεις των δημοφιλέστερων Φυλλομετρητών, ή απαιτούν νέες ψηφιακές υπογραφές για την εκτέλεσή τους, με αποτέλεσμα ένας σεβαστός όγκος εργασίας να αποδεικνύεται (με ρυθμούς ανησυχητικά ταχείς) μη λειτουργικός και μη υποστηριζόμενος, άρα άχρηστος. Αντίθετα, η γλώσσα JavaScript αποτελεί πλέον αρκετά ώριμο και αξιόπιστο εργαλείο ανάπτυξης λογισμικού, υποστηρίζοντας πρόσθετες βιβλιοθήκης εμπλουτισμού της διαδικασίας οπτικοποίησης με διοδιάστατα και τριοδιάστατα γραφικά (Τσακωνας κ.ά., 2015, 2017α).

Επιπρόσθετα, παράγει λογισμικό ανοικτού κώδικα, το οποίο προάγει τη δημιουργία κοινοτήτων προγραμματιστών όπου τίθενται προβλήματα προς ομαδική αντιμετώπιση και επίλυση (π.χ. <https://stackoverflow.com>, www.webmasterworld.com, κ.λπ.). Έτσι, νέοι ή εμπειρότεροι προγραμματιστές μπορούν να εντοπίσουν και να δανειστούν στην πρωτότυπη μορφή της, ή αφού την τροποποιήσουν κατά τρόπο που να ικανοποιεί εξειδικευμένες ανάγκες, έτοιμη τεχνογνωσία προκειμένου να αναπτύξουν τις δικές τους εφαρμογές ταχύτερα. Ειδικά στην περίπτωση των εφαρμογών που προορίζονται να χρησιμοποιηθούν κατά την εκπαίδευση στην Πληροφορική, το χαρακτηριστικό αυτό έχει το πρόσθετο πλεονέκτημα ότι επιτρέπει στους μαθητές να μελετήσουν μια εφαρμογή και εκ των έσω, συνδέοντας άμεσα τον πηγαίο κώδικα με τη λειτουργικότητα που χρησιμοποιούν στη μαθητεία τους, ενώ οι πλέον φιλόδοξοι μπορούν πολύ εύκολα να αντιγράψουν τον κώδικα και να πειραματιστούν με αυτόν, εισάγοντας δικές τους παραλλαγές. Ένα καθόλου αμελητέο μειονέκτημα της προσέγγισης αυτής είναι το γεγονός ότι ο έτοιμος κώδικας που εντοπίζεται στο Διαδίκτυο ενδέχεται να μην είναι ο βέλτιστος για την αντιμετώπιση ενός προβλήματος.

Αν πρόκειται όμως για εκπαιδευτικές εφαρμογές, ακόμη και αυτό μπορεί να μετατραπεί σε πλεονέκτημα, αφού τέτοιου τύπου κώδικας μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο σχολιασμού, μελέτης και βελτίωσης εκ μέρους των μαθητών.

Σε δεύτερη φάση το ενδιαφέρον εστιάστηκε στα λειτουργικά χαρακτηριστικά αλλά και σε αυτό το ίδιο το περιεχόμενο. Έτσι, για παράδειγμα, στην προσομοίωση αλγορίθμων σύντομα έγινε φανερή η χρησιμότητα της δυνατότητας προσομοιούμενης βηματικής εκτέλεσης, η εμφάνιση του εκάστοτε περιεχομένου των μεταβλητών ή της τιμής των λογικών συνθηκών, η παροχή βοηθητικών πληροφοριών σχετικά με τη χρησιμότητα κάθε γραμμής κώδικα, η οπτική αντιστοιχισή μεταξύ αναπαραστάσεων του προβλήματος σε ελεύθερο κείμενο και ψευδογλώσσα, κ.λπ.

Ειδικά στην Δομή Επιλογή προτιμήσαμε προβλήματα με περιπτώσεις περισσότερες από δύο, που απαιτούν χρήση Σύνθετης Επιλογής. Επιλέξαμε πέντε διαφορετικά προβλήματα που κλιμακώνονται από τον χαρακτηρισμό τριγώνων με βάση τις σχέσεις των πλευρών τους, μέχρι την κατηγοριοποίηση γωνιών βάσει του τεταρτημορίου στο οποίο ανήκουν (που συνιστά πρόβλημα «άπειρων» περιπτώσεων). Η δυνατότητα αντίστροφης εκτέλεσης (οπισθοχώρησης) με σκοπό τον εντοπισμό των εσφαλμένα διατυπωμένων συνθηκών ή την λανθασμένη σειρά παράθεσής τους, η ανίχνευση συντακτικών σφαλμάτων του χρήστη και παροχή σταδιακά αναλυτικότερων βοηθητικών πληροφοριών ή ακόμη και η αποκάλυψη (όλων των πιθανών παραλλαγών) της λύσης ενός προβλήματος, η έναρξη της συζήτησης από ένα πρόβλημα και η σταδιακή γενίκευσή του σε άλλα που, σε πρώτη εντύπωση, μοιάζουν άσχετα με το αρχικό, αλλά απαιτούν την ίδια συλλογιστική για την επίλυσή τους και αποτελούν αφορμή για επανάληψη στη χρήση «ασυνήθιστων» αριθμητικών τελεστών, όπως οι div και mod , είναι επίσης επιθυμητά χαρακτηριστικά τα οποία ενσωματώθηκαν στο λογισμικό.

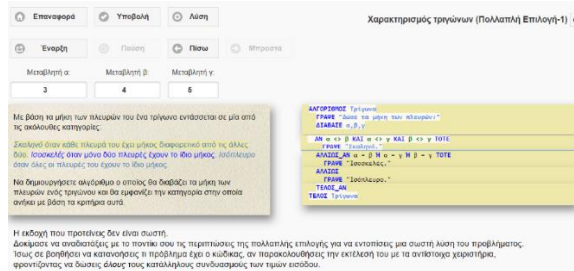
Τα Μαθησιακά Αντικείμενα

Κάθε ένα από τα πέντε Μ.Α. αναπτύχθηκε με σκοπό να αποτελεί προαπαιτούμενο βήμα για τη πληρέστερη κατανόηση της δομής πολλαπλής επιλογής και εμφάνιση στον τρόπο σκέψης που εφαρμόζεται για την αντιμετώπιση προβλημάτων με περισσότερες από δύο περιπτώσεις. Καταβλήθηκε προσπάθεια για την τυποποίηση της διεπαφής, στο βαθμό που η επιδιωκόμενη λειτουργικότητα επέτρεπε κάτι τέτοιο.

Χαρακτηρισμός Τριγώνων

Ως αφορμή χρησιμοποιείται ο χαρακτηρισμός ενός τριγώνου βάσει των σχετικών μηκών των πλευρών του. Οι μαθητές/τριες καλούνται να εντοπίσουν εκείνες τις φράσεις της εκφώνησης που περιγράφουν τις περιπτώσεις του προβλήματος, δοκιμασία όχι ιδιαίτερα απαιτητική, δοθείσης της γνώσης τους στους όρους «ισόπλευρο», «ισοσκελές» και «σκαληνό» τρίγωνο. Κάθε κατάλληλη φράση του ελεύθερου κειμένου που επιλέγουν με το ποντίκι τους επισημαίνεται χρωματικά, ενώ ταυτόχρονα εμφανίζεται το αντίστοιχο απόσπασμα σε ψευδογλώσσα. Όταν εντοπιστούν όλες οι περιπτώσεις το Μ.Α. συμπληρώνει αυτόματα τον αλγόριθμο με τα τμήματα εισόδου και εξόδου. Ακολούθως οι μαθητές καλούνται να ελέγξουν αν ο κώδικας που βλέπουν είναι ορθός, επισκοπώντας τον, ή, καλύτερα, δοκιμάζοντας τη λειτουργία του με διάφορες τιμές εισόδου (Σχήμα 1). Ίσως με καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό, θα πρέπει να εξασφαλίσουν τον έλεγχο όλων των περιπτώσεων του προβλήματος. Αν και η εκφώνηση δεν περιέχει λάθη ή ασάφειες, σύντομα διαπιστώνουν ότι η συγκεκριμένη σειρά παράθεσης των περιπτώσεων (σκόπιμα) οδηγεί σε λανθασμένα αποτελέσματα. Καλούνται λοιπόν να αναδιατάξουν τα τμήματα της δομής πολλαπλής επιλογής αναζητώντας αρχικά μια ορθή λύση του προβλήματος και εν τέλει μια λύση βέλτιστη

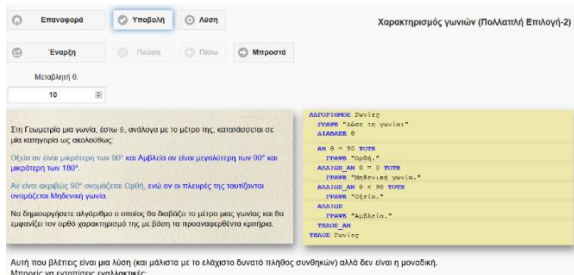
ως προς το πλήθος των συνθηκών. Καθώς η βέλτιστη λύση δεν είναι μοναδική, μπορούν να διερευνηθούν περαιτέρω το πρόβλημα με σκοπό να εντοπιστούν όλες τις παραλλαγές της.



Σχήμα 1. Προσομοίωση εκτέλεσης και εντοπισμός λαθών

Χαρακτηρισμός γωνιών

Εδώ αφορμή για πειραματισμό αποτελεί το πρόβλημα κατηγοριοποίησης των γωνιών σε οξείες, αμβλείες, μηδενικές και ορθές. Με εξαίρεση το γεγονός ότι οι περιπτώσεις είναι τέσσερεις, αυτό το Μ.Α. διέπεται από όμοια λογική και προορίζεται για εμπέδωση της ιδέας ότι για την επιτυχή κωδικοποίηση απαιτείται η πρόταξη των ειδικότερων συνθηκών για τη βέλτιστη λύση (Σχήμα 2).



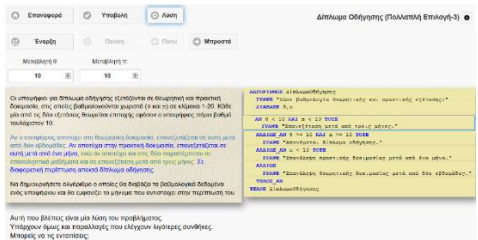
Σχήμα 2. Βέλτιστη λύση

Δίπλωμα οδήγησης

Με αφετηρία το ρεαλιστικότερο παράδειγμα «Απόκτηση διπλώματος οδήγησης» παρουσιάζεται και πάλι ένα πρόβλημα με τέσσερεις περιπτώσεις (Σχήμα 3), με μόνη διαφορά τη μεγαλύτερη πιθανότητα λανθασμένης παράθεσης των περιπτώσεων.

Επαρκής φοίτηση

Ο χαρακτηρισμός της φοίτησης ως επαρκούς ή ανεπαρκούς με βάση τα κριτήρια της εκφώνησης, αποτελεί παράδειγμα προβλήματος που κάθε λύση του είναι βέλτιστη ως προς το πλήθος των ελεγχόμενων συνθηκών (Σχήμα 4). Ακόμη κι έτσι όμως το Μ.Α. καλεί τους μαθητές να βρουν μια καλύτερη λύση, οδηγώντας τους στη συνειδητοποίηση ότι τα τμήματα μιας δομής επιλογής που οδηγούν στην εκτέλεση του ίδιου συνόλου εντολών, συνιστούν μια διάξυση. Οι μαθητές καλούνται να χρησιμοποιήσουν το ποντίκι τους για να ενοποιήσουν δύο από τις τέσσερις περιπτώσεις (της ανεπαρκούς φοίτησης) ώστε να απλοποιήσουν τη δομή και να ελαχιστοποιήσουν το πλήθος των συνθηκών που ελέγχονται.



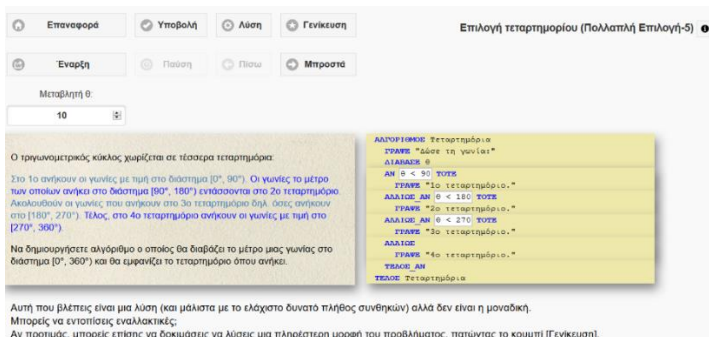
Σχήμα 3. Ορθή παράθεση περιπτώσεων



Σχήμα 4. Κάθε ορθή λύση είναι βέλτιστη

Επιλογή τεταρτημορίου

Η εμπειρία που αναμένεται να έχουν αποκομίσει οι μαθητές από τη χρήση των προηγούμενων Μ.Α. τους καθιστά ικανούς για να αντιμετωπίσουν ένα συνθετότερο πρόβλημα. Πράγματι, εκτός από την παράθεση των περιπτώσεων σε ορθή σειρά, καλούνται επιπρόσθετα να πληκτρολογήσουν τις λογικές συνθήκες και μόνο εφόσον συμπληρώσουν όλα τα κενά του αλγόριθμου, εμφανίζονται τα υπόλοιπα χειριστήρια της εφαρμογής (Σχήμα 5). Ακολούθως μπορούν και πάλι να αναδιατάξουν τις περιπτώσεις της Δομής Επιλογής ώστε να συνειδητοποιήσουν πως όταν τις τοποθετούν με βάση τα διαστήματα του πεδίου ορισμού του προβλήματος, εξασφαλίζουν μια ορθή λύση, υπάρχουν όμως και άλλοι αλγόριθμοι παράθεσης.



Σχήμα 5. Πληκτρολόγηση λογικών συνθηκών

Το κουμπί *Γενίκευση* ανανεώνει το ενδιαφέρον των μαθητών, προτρέποντάς τους να αντιμετωπίσουν μια εκδοχή του προβλήματος με φαινομενικά άπειρες περιπτώσεις. Η άρση του αδιεξόδου φαίνεται να προκύπτει από το γεγονός ότι τα μηνύματα στην έξοδο παραμένουν τέσσερα. Ο τελεστής MOD χρησιμοποιείται για την αναγωγή των άπειρων περιπτώσεων στις αρχικές τέσσερις, ενώ, ακολούθως, ο τελεστής DIV απλοποιεί ακόμη περισσότερο τη λύση. Επειδή πάντα υπάρχει δυνατότητα επέκτασης ενός αλγόριθμου, το Μ.Α. ολοκληρώνεται με την πρόκληση γενίκευσης του προβλήματος και για αρνητικές τιμές γωνιών.

Πειραματική διδασκαλία

Αυτά τα πέντε Μ.Α. χρησιμοποιήθηκε κατά τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο του 2018 στο πλαίσιο δίωρης διδασκαλίας σε μαθητές τριών τμημάτων (3 x 27 = 81 μαθητών) της Β'

Λυκείου, ενώ ένα τέταρτο τμήμα (27 μαθητών) χρησιμοποιήθηκε ως ομάδα ελέγχου.

Στην ομάδα ελέγχου διδάχτηκε η ίδια ύλη και διανεμήθηκαν τα ίδια φύλλα εργασίας (σε έντυπη μορφή) χωρίς χρήση του λογισμικού. Η πορεία του μαθήματος καθορίστηκε κατά κύριο λόγο από τη διδάσκουσα, αν και οι ερωτήσεις των μαθητών έπαιξαν καθοδηγητικό ρόλο ως προς τα σημεία που χρειαζόνταν περισσότερη επεξήγηση.

Στα τμήματα πειραματισμού η διδασκαλία ξεκίνησε με μια συνοπτική επίδειξη των λειτουργιών του λογισμικού, ενώ στη συνέχεια διανεμήθηκαν Φύλλα Εργασίας (που περιλάμβαναν 5 ενότητες δραστηριοτήτων), τα οποία οι μαθητές αφέθηκαν να ολοκληρώσουν μόνοι τους, εκτελώντας προκαθορισμένες δοκιμασίες υπό μορφή διερεύνησης και καλούμενοι να συμπληρώσουν τα αποτελέσματα που έλαβαν και τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν. Στις δύο πρώτες ενότητες δινόταν έμφαση στη χρήση και τη φιλοσοφία του λογισμικού με δραστηριότητες βασικού χειρισμού. Οι υπόλοιπες ενότητες περιλάμβαναν και ερωτήσεις κατανόησης, το αντικείμενο των οποίων δεν σχετιζόταν άμεσα με το περιεχόμενο των Μ.Α., αλλά αποσκοπούσε να διερευνήσει το βαθμό εμπάθνωσης στη λογική της δομής πολλαπλής επιλογής. Για να μη θεωρήσουν οι μαθητές ότι η διαδικασία αποτελεί μορφή γραπτής εξέτασης, τονίστηκε εξ αρχής ότι έχουν δικαίωμα να θέτουν ερωτήματα στο διδάσκοντα, όπως επίσης και να συνεργάζονται μεταξύ τους. Το χαρακτηριστικό της συνεργασίας, εκτός από επιθυμητό ήταν και υποχρεωτικό, αφού το εργαστήριο που χρησιμοποιήθηκε διέθετε 14 θέσεις εργασίας για τμήματα με δύναμη 27 ατόμων.

Οι μαθητές και των δύο ομάδων υποβλήθηκαν σε pre-test και, μετά τη διδακτική παρέμβαση, έκαναν post-test με το ίδιο περιεχόμενο χωρίς όμως να έχουν λάβει ανατροφοδότηση για το pre-test. Τα αποτελέσματα περιλαμβάνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Συγκριτική επίδοση (κλίμακα 1-20)

Δείκτης	Τμήμα πειραματισμού	Τμήμα ελέγχου
Μέση επίδοση pre-test	11,52 / 20	11,25 / 20
Μέση επίδοση post-test	16,54 / 20	14,86 / 20
Post-test χαμηλότερα έναντι pre-test	3,6%	8,33%
Post-test υψηλότερα έναντι pre-test	94,63%	91,67%

Για τα τμήματα πειραματισμού η μέση τιμή του pre-test ήταν 11,52 ενώ για το τμήμα ελέγχου 11,25. Στο post-test οι μέσες τιμές ήταν αντίστοιχα 16,54 και 14,86, δηλαδή στα τμήματα πειραματισμού ο μέσος όρος βελτίωσης της επίδοσης ήταν μεγαλύτερος πλέον της 1,5 μονάδας, γεγονός που το θεωρούμε ενθαρρυντικό. Επιπρόσθετα, στο post-test των τμημάτων πειραματισμού το 3,6% των μαθητών κινήθηκε βαθμολογικά χαμηλότερα ως προς το pre-test, έναντι ποσοστού 8,33% του τμήματος ελέγχου. Τα ποσοστά βελτιωμένης επίδοσης ήταν αντίστοιχα 96,43% και 91,67%. Και εδώ παρατηρείται μια σαφής διαφοροποίηση υπέρ των τμημάτων πειραματισμού.

Στο τέλος της διαδικασίας οι μαθητές της ομάδας πειραματισμού κλήθηκαν να συμπληρώσουν online ένα ερωτηματολόγιο αξιολόγησης της διδασκαλίας αλλά και των λογισμικών που χρησιμοποίησαν. Η συμπλήρωση του τελευταίου έγινε ανώνυμα προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί (χωρίς, όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα, να εξαλειφθεί πλήρως) η τάση τους προς υπερβολικά θετική αξιολόγηση λογισμικού που έχουν δημιουργήσει, παρουσιάζουν ή χρησιμοποιούν οι καθηγητές τους. Σε αυτό περιλαμβάνονταν 16 ερωτήσεις κλειστού τύπου (9 με απάντηση ΝΑΙ/ ΟΧΙ και 7 με διαβάθμιση τριών επιπέδων) και 4 ανοικτού. Στους Πίνακες 2α και 2β καταγράφονται οι απαντήσεις τους στα ερωτήματα

κλειστού τύπου. Τους δόθηκε το δικαίωμα να μην απαντήσουν σε όλες.

Από τις απαντήσεις προκύπτει πως ένα σημαντικό ποσοστό (71%) θεωρεί τη χρήση Η/Υ υποβοηθητική της κατανόησης, ενώ εξ ίσου μεγάλα ποσοστά (60% και 81% αντίστοιχα) τοποθετούνται υπέρ της ανακαλυπτικής προσέγγισης και της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας. Στη δεύτερη ενότητα εντυπωσιακή είναι η άρνησή τους σε ποσοστό 21% (που ξεπερνά ξεκάθαρα το 19% των θετικών απαντήσεων) να χρησιμοποιήσουν το λογισμικό εκτός σχολείου, ενώ οι περισσότεροι (56%) απαντούν με ένα διπλωματικό «Ίσως», που θα μπορούσε να εκληφθεί ως ευγενική άρνηση. Προφανώς λοιπόν, παρά την αφθονία τέτοιου τύπου λογισμικού, φαίνεται πως είτε η μαθητική κοινότητα δεν έχει πειστεί ακόμη για την αξία του, ή δε διαθέτει τον απαιτούμενο ελεύθερο χρόνο για την γενικότερη αξιοποίησή του.

Πίνακας 2α. Απαντήσεις ερωτηματολογίου αξιολόγησης λογισμικού (α' μέρος)

Ερώτηση	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Δ.Γ.-Δ.Α.
Η χρήση του λογισμικού σας βοήθησε να συμμετέχετε περισσότερο ενεργά και αποτελεσματικά στο μάθημα;	58 (85%)	8 (12%)	2 (3%)
Η χρήση του Η/Υ ενίσχυσε τη διαδικασία της μάθησης;	63 (93%)	4 (6%)	1 (1%)
Η διδασκαλία του μαθήματος στο εργαστήριο υπήρξε ποιοτική;	54 (80%)	9 (13%)	5 (7%)
Η ποιότητα των ερωτήσεων στα φύλλα εργασίας καθόρισε και την ποιότητα της διδασκαλίας;	42 (62%)	18 (26%)	8 (12%)
Η χρήση των Η/Υ σας βοήθησε να κατανοήσετε δύσκολα σημεία του μαθήματος;	48 (71%)	17 (25%)	3 (4%)
Οι μαθητές πρέπει να ανακαλύψετε μόνοι σας τη γνώση, αξιοποιώντας την υπάρχουσα;	41 (60%)	17 (25%)	10 (15%)
Ενισχύθηκε η αυτενέργεια και η κριτική σας σκέψη;	46 (68%)	16 (23%)	6 (9%)
Η καθοδήγηση από τον διδάσκοντα είναι απαραίτητη;	43 (63%)	15 (22%)	10 (15%)
Λειτουργήσατε ομαδοσυνεργατικά και επικοινωνήσατε ως ομάδα;	55 (81%)	8 (12%)	5 (7%)

Πίνακας 2β. Απαντήσεις ερωτηματολογίου αξιολόγησης λογισμικού (β' μέρος)

Ερώτηση	(+)	(0)	(-)	Δ.Γ.-Δ.Α.
Βαθμολογήσατε το interface του προγράμματος ως προς την λειτουργικότητα;	29 (43%)	34 (50%)	0 (0%)	5 (7%)
Η διαδοχή των παραδειγμάτων σας βοήθησε να κατανοήσατε τη λογική της Δομής Επιλογής;	30 (44%)	35 (52%)	0 (0%)	3 (4%)
Η παράθεση όλων των εναλλακτικών λύσεων είναι;	36 (53%)	19 (28%)	10 (15%)	3 (4%)
Η ποσότητα της παρεχόμενης πληροφορίας από το λογισμικό είναι:	2 (3%)	55 (81%)	6 (9%)	5 (7%)
Τα μηνύματα υποδείξεων του λογισμικού είναι:	29 (43%)	29 (43%)	6 (9%)	4 (5%)
Αν ο καθηγητής σας πρότεινε να δουλέψετε προαιρετικά με το λογισμικό στο σπίτι, χωρίς διδασκαλία στην τάξη, θα το χρησιμοποιούσατε:	13 (19%)	38 (56%)	14 (21%)	3 (4%)
Βρίσκετε τη δυνατότητα εκτέλεσης του λογισμικού μέσω φορητών συσκευών όπως tablet ή κινητό τηλέφωνο:	17 (25%)	29 (43%)	18 (26%)	4 (6%)

Από τις απαντήσεις στα ερωτήματα ανοικτού τύπου ξεχωρίζουμε το χαρακτηρισμό της παρεχόμενης πληροφορίας ως «υπερβολικής» και την επιθυμία η επισήμανση του λάθους να

γίνεται με ακρίβεια. Αυτές και παρόμοιες απαντήσεις θεωρούμε ότι αντικατοπτρίζουν την έλλειψη εμπειρίας στη χρήση αυθεντικού προγραμματιστικού περιβάλλοντος, συνέπεια της θεωρητικής μορφής που παίρνει η διδασκαλία της αλγοριθμικής στις περισσότερες περιπτώσεις. Κρίνουμε σκόπιμο να ληφθεί μέριμνα ώστε να μην συρρικνωθεί το μάθημα σε μια θεωρητική διαπραγμάτευση, όπως έχει συμβεί σε άλλα (εξ ορισμού πειραματικά) αντικείμενα των θετικών επιστημών.

Συμπεράσματα

Η προγενέστερη εμπειρία υποδηλώνει ότι η ανάπτυξη εφαρμογών σε διαδικτυακό περιβάλλον παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων τρόπων διάθεσης λογισμικού. Η σχετική τεχνολογία, αλλά και οι ταχύτητες σύνδεσης στα περισσότερα σχολικά εργαστήρια, είναι πλέον κατάλληλα ώστε να επιτρέπουν τη χρήση λογισμικού αξιώσεων τόσο ως προς τη λειτουργικότητά του και την ποιότητα της διεπαφής του, όσο και ως προς την ταχύτητα λειτουργίας. Ο ανοικτός κώδικας επιτρέπει την αντιγραφή και την τοπική εκτέλεση ενός Μ.Α. για να καλυφθούν οι περιπτώσεις παροδικής αδυναμίας ή μόνιμης έλλειψης σύνδεσης στη Διαδίκτυο. Λογισμικό το οποίο επιτρέπει τη διερεύνηση και τον πειραματισμό αποδεικνύεται πολύτιμο στην οικοδόμηση νοητικών μοντέλων.

Προκύπτει επίσης (Τσακωνας κ.ά., 2011; 2017b) ότι μια αισθητικά επιμελημένη και αλληλεπιδραστική εφαρμογή όχι μόνο αναζωογονεί το ενδιαφέρον για θέματα διδασκαλίας εκείνων των μαθητών που ανήκουν στη γενιά που επικοινωνεί κυρίως με εικόνες, αλλά, όσο πιο πολλούς βαθμούς ελευθερίας περιλαμβάνει, τόσο περισσότερο τους παρακινεί να πειραματιστούν με το λογισμικό σε επίπεδο αυτοδιδασκαλίας και είτε να αναζητήσουν στο βιβλίο (σχολικό ή άλλο) περισσότερες λεπτομέρειες για αυτό που βλέπουν, είτε να ανακαλύψουν παραλλαγές που δεν περιλαμβάνονται σε κανένα έντυπο.

Σε γνωστικό επίπεδο, φαίνεται ότι ένα δομημένο διδακτικό σενάριο με δραστηριότητες επλεγμένες ώστε να εστιάζουν στη λογική και τη φιλοσοφία της Δομής Πολλαπλής Επιλογής, συμβάλλει θετικά, ακόμη και στις περιπτώσεις μαθητών άλλου προσανατολισμού. Το πλεονέκτημα της χρήσης Μ.Α. έγκειται στη δυνατότητα εναλλαγής παραδειγμάτων και παροχής βοηθητικών πληροφοριών με το ρυθμό που είναι κατάλληλος για κάθε μαθητή.

Αναφορές

- Bayman, P., & Mayer, R. E. (1983). A diagnosis of beginning programmers' misconceptions of BASIC programming statements. *Communications of the ACM*, 26(9), 677-679.
- Bonar, J., & Soloway, E. (1985). Preprogramming knowledge: a major source of misconceptions in novice programmers. *Human-Computer Interaction*, 1(2), 133-161.
- du Boulay, B. (1986). Some difficulties of learning to program. *Journal of Educational Computing Research*, 2(1), 57-73.
- Epp, S. S. (2003). The role of logic in teaching proof. *American Mathematical Monthly*, 110(10), 886-899.
- Goldman, K., Gross, P., Heeren, C., Herman, G., Kaczmarczyk, L., Loui, M. C., & Zilles, C. (2010). Setting the scope of concept inventories for introductory computing subjects. *ACM Transactions on Computing Education*, 10(2), 1-29.
- Grover, S., Pea, R., & Cooper, S. (2015). Designing for deeper learning in a blended computer science course for middle school students. *Computer & Education*, 25(2), 199-237.
- Herman, G. L., Loui, M. C., Kaczmarczyk, L., & Zilles, C. (2012). Describing the what and why of students' difficulties in Boolean logic. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 12(1), 3.
- Kwon, K. (2017). Novice programmer's misconception of programming reflected on problem-solving plans. *International Journal of Computer Science Education in Schools (IJCSSES)*, 1(4), 14-24.
- Pea, R. D. (1986). Language-independent conceptual "bugs" in novice programming. *Journal of Educational Computing Research*, 2(1), 25-36.

- Putnam, T. R., Sleeman, D., Baxter, J. A., & Kuspa, L. K. (1986). A summary of misconceptions of high school BASIC programmers. *Journal of Educational Computing Research*, 2(4), 459-472.
- Rogalski, J., & He, Y. (1989). Logic abilities and mental representations of the informatical device in acquisition of conditional structures by 15-16 year old students. *European Journal of Psychology of Education*, 4, 71-82.
- Sleeman, D., Putnam, R. T., Baxter, J., & Kuspa, L. (1986). Pascal and high school students: A study of errors. *Journal of Educational Computing Research*, 2(1), 5-23.
- Sleeman, D., Putnam, R. T., Baxter, J., & Kuspa, L. (1988). An introductory Pascal class: A case study of students' errors. In R. E. Mayer (Ed.), *Teaching and learning computer programming* (pp. 237-257). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Soloway, E., & Spohrer, J. C. (1989). *Studying the novice programmer*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Διαδικτυακές κοινότητες προγραμματιστών. Ανακτήθηκε στις 19 Αυγούστου 2019 από <https://stackoverflow.com> και www.webmasterworld.com
- Διαδραστικά σχολικά βιβλία. Ανακτήθηκε στις 19 Αυγούστου 2019 από <http://ebooks.edu.gr/new/>
- Παλιούρας, Α., Πέτσος, Α., Σαριδάκη, Α., Τουκίλογλου, Π., Τσάκωνας, Π., Χριστοπούλου, Ε., & Τζιμογιάννης, Α. (2012). Σχεδιασμός και ανάπτυξη των εμπλουτισμένων ηλεκτρονικών βιβλίων πληροφορικής γυμνασίου: Η ενότητα του προγραμματισμού υπολογιστών. 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής της Πληροφορικής (σσ. 123-134).
- Περιβάλλον προγραμματισμού για τη γλώσσα ΓΛΩΣΣΑ. Ανακτήθηκε στις 19 Αυγούστου 2019 από www.pseudoglossa.gr
- Τσάκωνας, Π., & Καλκάνης, Γ. Θ. (2013). Η τρίτη διάσταση σε 3D προσομοιώσεις / οπτικοποιήσεις πραγματικού χρόνου για την (διαδικτυακή και επιτόπια) εκπαίδευση – Προτάσεις και εφαρμογές. 8^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (σσ. 115-122).
- Τσάκωνας, Π., & Σαρρής, Μ. Μ. (2015). Τριοδιάστατη προσομοίωση / οπτικοποίηση κίνησης φορτισμένων σωματιδίων σε Η/Μ πεδία για την εκπαίδευση μέσω διαδικτύου – Προτάσεις και εφαρμογές. 9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (σσ. 501-510).
- Τσάκωνας, Π., Γκικοπούλου, Ου., & Καλκάνης, Γ. Θ. (2011). Προσομοιώσεις/Συχετίσεις μικροσκοπικών ταλαντώσεων και μακροσκοπικών κυμάτων με ένα εκπαιδευτικό λογισμικό – Μια πρώτη Εκδοχή και Εφαρμογή / Αξιολόγηση. 7^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (σσ. 220-227).
- Τσάκωνας, Π., Σαρρής, Μ. Μ., & Παπαδάκης, Ν. (2017a). Διδασκαλία προγραμματισμού μέσω φυσικής - Διδασκαλία φυσικής μέσω προγραμματισμού. Μία διδακτική προσέγγιση για την ομάδα προσανατολισμού θετικών σπουδών 10^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, (υπό έκδοση).
- Τσάκωνας, Π., Σαρρής, Μ. Μ., Βασιλείου, Ευ., Χατζηχρήστος, Χρ., & Νικολόπουλος, Ηρ. (2017b). Προσομοίωση / οπτικοποίηση των κωνικών τομών σε δύο και τρεις διαστάσεις για την εκπαίδευση μέσω διαδικτύου – Προτάσεις και εφαρμογές 10^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, (υπό έκδοση).
- Φωτόδεντρο, Μαθησιακά αντικείμενα. Ανακτήθηκε στις 19 Αυγούστου 2019 από <http://photodentro.edu.gr/lor/>