

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2016)

8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτική της Πληροφορικής



Ελληνική Επιστημονική Ένωση Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

10^ο
Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο
Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση
<http://hcicte2016.etpe.gr>

8^ο
Πανελλήνιο Συνέδριο
Διδακτική της πληροφορικής
<http://didinfo2016.etpe.gr>

Ιωάννινα, 23-25 Σεπτεμβρίου 2016
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Συνεδριακό Κέντρο «Κάρολος Παπούλιας»



Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Σχολή Επιστημών Αγωγής
«Εργαστήριο Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση»
«Εργαστήριο Νέων Τεχνολογιών και Εκπαίδευσης από Απόσταση»
Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής



Ρομποτική χωρίς ρομπότ. Ο προγραμματισμός Η/Υ ως πυλώνας της Ρομποτικής στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση

Τάσος Λαδιάς, Δημήτρης Λαδιάς

Βιβλιογραφική αναφορά:

Λαδιάς Τ., & Λαδιάς Δ. (2022). Ρομποτική χωρίς ρομπότ. Ο προγραμματισμός Η/Υ ως πυλώνας της Ρομποτικής στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 79-87. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/3894>

Ρομποτική χωρίς ρομπότ. Ο προγραμματισμός Η/Υ ως πυλώνας της Ρομποτικής στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση

Τάσος Λαδιάς¹, Δημήτρης Λαδιάς²

ladiastas@gmail.com, ladimitr@gmail.com

¹Σχολικός Σύμβουλος Πληροφορικής Πειραιά και Δ' Αθήνας

²Τμήμα Πληροφορικής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια αρθρωτή σειρά εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων με θέμα τη διδασκαλία του κώδικα στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση. Οι δραστηριότητες αυτές φιλοδοξούν να μνησούν τους μικρούς μαθητές σε προγραμματιστικές έννοιες της μηχανικής λογισμικού, με τρόπο βιωματικό, με προοπτική να αναπτύξουν οι μαθητές ένα δικό τους ψηφιακό παιχνίδι, όπως ο αγώνας εικονικών ρομποτικών οχημάτων (αυτόματων, αυτόνομων και τηλεκατευθυνόμενων). Το εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο προγραμματιστικό περιβάλλον Scratch. Η αξιολόγηση των δυνατοτήτων των προτεινόμενων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων έχει γίνει από εκπαιδευτικούς Πληροφορικής με τη συμπλήρωση ηλεκτρονικών ερωτηματολογίων, οι οποίοι προηγουμένως παρακολούθησαν σχετικό επιμορφωτικό σεμινάριο. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης είναι θετικά και ενθαρρυντικά.

Λέξεις κλειδιά: Οπτικός Προγραμματισμός με πλακίδια, κώδικας σε Scratch, Διδακτική Προγραμματισμού

Η ανάγκη εκπαιδευτικού υλικού για τον προγραμματισμό

Τα τελευταία χρόνια, το έλλειμμα που ήδη υπάρχει όσον αφορά τις ανάγκες της ραγδαίας αναπτυσσόμενης βιομηχανίας λογισμικού έχει οδηγήσει τις αναπτυγμένες χώρες στο να δώσουν στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση έμφαση στην παραγωγή κώδικα (Manches & Plowman, 2015). Αποτέλεσμα είναι να δημιουργηθούν πολλά εκπαιδευτικά πακέτα, που όμως περιορίζονται σε σχετικά απλοϊκά θέματα εισαγωγής στον Προγραμματισμό.

Στη χώρα μας, με την εκπόνηση του προγράμματος «Νέο Σχολείο (Σχολείο 21ου αιώνα) - Νέο Πρόγραμμα Σπουδών» (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2011) και την πιλοτική αλλά αποσπασματική εφαρμογή του, ο προγραμματισμός Η/Υ προβλέπεται να διδάσκεται στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση αδιαλείπτως από την Ε' τάξη του Δημοτικού έως την Γ' τάξη του Γυμνασίου. Όμως το εκπαιδευτικό υλικό που έχει παραχθεί από το τότε Παιδαγωγικό Ινστιτούτο και βρίσκεται στον «Οδηγό Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης, για τον εκπαιδευτικό στο επιστημονικό πεδίο: Πληροφορική και Νέες Τεχνολογίες» (Λαδιάς κ.ά., 2011), καλύπτει μερικώς την ανάγκη για εκπαιδευτικό υλικό σχετικά με τον κώδικα. Αυτή την έλλειψη προσπαθεί να καλύψει το εκπαιδευτικό υλικό που παρουσιάζει η εργασία και το οποίο φιλοδοξεί να είναι μια διδακτική πρόταση για τους καθηγητές Πληροφορικής.

Τα χαρακτηριστικά του εκπαιδευτικού υλικού

Το εκπαιδευτικό υλικό που παρουσιάζεται έγινε προσπάθεια να είναι σύμφωνο με τις αρχές σχεδιασμού του Νέου Προγράμματος Σπουδών για την Πληροφορική που «...δεν έχει ως στόχο την κατάρτιση των μαθητών σε εφήμερες τεχνολογικές γνώσεις ή δεξιότητες...» αλλά οι

μαθητές να «...εμπλέκονται σε δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων που έχουν ως σκοπό την καλλιέργεια δεξιοτήτων μεθοδολογικού χαρακτήρα και δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου...» (Τζιμογιάννης κ.ά., 2011). Η πρόκληση για τους δημιουργούς του παρόντος εκπαιδευτικού υλικού είναι μεγάλη γιατί ενώ η ανάπτυξη κώδικα καλύπτει όλα τα επίπεδα της αναθεωρημένης ταξινόμιας του Bloom, φτάνοντας στο ανώτερο που είναι η «δημιουργία», αυτή αφενός θα πρέπει να διδαχθεί σε μαθητές μικρής ηλικίας και αφετέρου οι μαθητές θα πρέπει να γευθούν τη χαρά της δημιουργίας, ώστε να έχουν κίνητρο να συνεχίσουν και να ολοκληρώσουν τη σειρά των μαθημάτων. Βασικό χαρακτηριστικό του εκπαιδευτικού υλικού που αναπτύχθηκε είναι η ιδέα ότι «*το ουσιαστικό ενδιαφέρον για τα παιδιά δεν είναι το να παίξουν με ένα έτοιμο παιχνίδι αλλά η όλη διαδικασία εμπλοκής τους στην κατασκευή του ίδιου του παιχνιδιού με το οποίο θα παίξουν*» (Λαδιάς, 2015).

Έτσι, σχεδιάστηκε μια σειρά σεναρίων που αναφέρονται στον προγραμματισμό συμπεριφορών εικονικών ψευδο-ρομποτικών οχημάτων σε ρόλους «αυτομάτων», κινούμενων αυτόνομα στο χώρο και τηλεκατευθυνόμενων από τον χρήστη. Η σειρά ολοκληρώνεται με τη συνύπαρξη - εμπλοκή όλων αυτών σε ένα αγώνα ταχύτητας.

Η περιγραφή του εκπαιδευτικού υλικού

Η κατασκευή ενός «αυτόματου»

Ολοκληρώνοντας το σενάριο οι μαθητές θα έχουν αναπτύξει πρόγραμμα προσομοίωσης της κίνησης ενός «αυτόματου», όπου το ψευδο-ρομπότ εκτελώντας τον κώδικά του θα διατρέπει πάντα την ίδια διαδρομή, χωρίς να επηρεάζεται από αλλαγές στο περιβάλλον του.

Σκοπός του σεναρίου είναι να διδαχθούν οι μαθητές την προγραμματιστική δομή της ακολουθίας. Ως ενδιάμεσα βήματα στην προοπτική αυτού του σκοπού θα χρησιμοποιηθούν δραστηριότητες όπου:

- οι μαθητές θα διακρίνουν αφενός τη συγγραφή από την εκτέλεσή του προγράμματος και αφετέρου μεταξύ των ρόλων χρήστη της εφαρμογής και παραγωγού προγράμματος.
- οι μαθητές διεκρινίζουν τις προγραμματιστικές διαφορές μεταξύ μιας σειράς διάσπαρτων διαταγών, μιας ακολουθίας εντολών και ενός προγράμματος.
- οι μαθητές εξερευνούν την παλέτα με το ρεπερτόριο των εντολών κίνησης στο Scratch, καθώς και άλλες παλέτες εντολών όπως «Πένα», «Έλεγχος» και «Συμβάντα».
- παρουσιάζεται η δομή μιας εντολής κίνησης και γίνεται αναφορά στο όρισμά της ως μια σταθερά.
- συγκρίνονται προγράμματα που υλοποιούν τον ίδιο αλγόριθμο σε διαφορετικά περιβάλλοντα οπτικού Προγραμματισμού (Scratch, TurtleArt, StarLogo TNG).
- στο πλαίσιο της σπειροειδούς προσέγγισης αφενός εφαρμόζεται η επαναληπτική δομή «επανάλαβε ... φορές» ώστε να αρχίσει να ωριμάζει στη σκέψη των μαθητών η δομή της επανάληψης και αφετέρου τονίζεται η διαφορά της σχετικής κίνησης (κινούμενο σύστημα αναφοράς) της εντολής «κινήσου ... βήματα» με την απόλυτη κίνηση (ακίνητο σύστημα αναφοράς) σε καρτεσιανές συντεταγμένες «πήγαινε στη θέση x: και y:».
- προοριζονται τα όρια ενός «αυτόματου» όταν αλλάζει το περιβάλλον στο οποίο ενεργεί και το «αυτόματο» διατηρεί αμετάβλητη τη συμπεριφορά του, ώστε να προετοιμαστεί το έδαφος για το επόμενο σενάριο με τη δομή επιλογής.

Η κατασκευή ενός αυτόνομου ρομπότ

Όταν ολοκληρώνεται το δεύτερο σενάριο οι μαθητές έχουν αναπτύξει ένα πρόγραμμα που προσομοιώνει την κίνηση ενός ρομπότ με αισθητήρες, που μπορεί να εξερευνά το περιβάλλον του και να αλληλεπιδρά με αυτό, ώστε να κινείται αυτόνομα εντός των ορίων του δρόμου.

Σκοπός του σεναρίου είναι να διδαχθούν οι μαθητές την προγραμματιστική δομή της επιλογής. Ως ενδιάμεσα βήματα στην προοπτική αυτού του σκοπού είναι να χρησιμοποιηθούν δραστηριότητες όπου οι μαθητές:

- χρησιμοποιούν την εντολή «*Eάν*» αξιοποιώντας τις τιμές των αισθητήρων. Σημειώνεται ότι η χρήση της εντολής «*Eάν*» γίνεται χωρίς να έχουν διδαχθεί οι μαθητές την έννοια της μεταβλητής που είναι απαραίτητη για να αλλάζει η τιμή της συνθήκης της εντολής.
- διορθώνουν το πρόγραμμα εμπλεκόμενοι σε διαδικασίες εκοφαλάτωσης.
- γράφουν ισοδύναμους κώδικες χρησιμοποιώντας εναλλακτικά τις εντολές «*Eάν ... τότε ...*» και «*Eάν ... τότε ... αλλιώς ...*», συγκρίνοντας έτσι τις δυνατότητες της κάθε εντολής με στόχο τη βελτιστοποίηση του αποτελέσματος του κώδικα.
- διαπιστώνουν την ισοδυναμία αφενός της χρήσης διαδοχικών «*Eάν ... τότε ...*» με τη χρήση του λογικού τελεστή OR και αφετέρου της χρήσης εμφωλευμένων «*Eάν ... τότε ... αλλιώς ...*» με τη χρήση του λογικού τελεστή AND.
- εξετάζουν το ενδεχόμενο να υπάρχει και άλλο ρομπότ στην πίστα. «Πώς θα δημιουργηθεί και άλλο ρομπότ; Ποιά συμπεριφορά θέλουν οι μαθητές ως προγραμματιστές να έχουν τα ρομπότ όταν συναντηθούν; Θα έχουν την ίδια ή διαφορετικές συμπεριφορές τα διαφορετικά ρομπότ; Αυτές τις συμπεριφορές μπορούν οι μαθητές να τις κωδικοποιήσουν με εντολές, ώστε να «διδαχθούν» τα ρομπότ να τις ακολουθούν;» Στο πλαίσιο της σπειροειδούς προσέγγισης σε επόμενο στάδιο μπορούν τα ρομπότ-αντίγραφα να αντικατασταθούν με κλώνους ενός ρομπότ-μήτρας που παίζει το ρόλο κλάσης.
- επιλύουν άσκηση στην οποία αντί για μαύρο χρώμα στο οδόστρωμα, τα διάφορα τμήματα της διαδρομής να έχουν αποχρώσεις του γκρι που να συμβολίζουν την κλίση του οδοστρώματος, ώστε η ταχύτητα της κίνησης του ρομπότ να προσαρμόζεται ανάλογα.
- διαχειρίζονται περισσότερα του ενός αντικείμενα (ρομπότ) στον ίδιο κόσμο, όπου το καθένα θα έχει τη δική του συμπεριφορά, γεγονός που περιπλέκει το πρόγραμμα θέτοντας ζητήματα όπως ποιος κώδικας ανήκει σε ποιο ρομπότ. Σε αυτό το σημείο εφαρμόζεται η διδακτική τεχνική του καταιγισμού ιδεών κατά την οποία οι μαθητές κατηγοριοποιούν τους διάφορους τρόπους διάδρασης ενός αντικειμένου με το περιβάλλον του, καταγράφοντας τις αλληλεπιδράσεις του με: (i) το πλαίσιο, τα όρια του χώρου όπου δρα, (ii) το υπόβαθρο - σκηνικό, (iii) άλλα αντικείμενα που μοιράζονται τον ίδιο χώρο, (iv) χρονικά συμβάντα και (v) συμβάντα που προέρχονται από τον έξω από τον υπολογιστή κόσμο π.χ. με συμβάντα που σχετίζονται με δράσεις του χρήστη.
- διαπιστώνουν ότι η αλλαγή της ενδυμασίας (ιδιότητα) ενός αντικειμένου είναι ανεξάρτητη από τις συμπεριφορές του και θα αποφανθούν για τη διαφοροποίηση των δεδομένων από τον αλγόριθμο (ανεξαρτησία του κώδικα από τα δεδομένα).

Η κατασκευή ενός τηλεχειριζόμενου ρομπότ

Με την ολοκλήρωση του τρίτου σεναρίου οι μαθητές έχουν συντάξει ένα ενιαίο πρόγραμμα που προσομοιώνει την κίνηση ενός τηλεκατευθυνόμενου ρομπότ από το χρήστη.

Σκοπός του σεναρίου είναι να διδαχθούν οι μαθητές την έννοια της μεταβλητής. Ως ενδιάμεσα βήματα στην προοπτική αυτού του σκοπού θα χρησιμοποιηθούν δραστηριότητες όπου οι μαθητές:

- βρίσκουν τρόπο, ώστε να καταγράφεται το σκορ στο προηγούμενο πρόγραμμα του αυτόνομου ρομπότ π.χ. πόσες φορές κάποιο ρομπότ αγγίζει τα όρια του πλαισίου. Έτσι δημιουργείται η ανάγκη για να υπάρξει ένα αριθμητικό αποθετήριο στο οποίο θα αποθηκεύεται, θα φυλάσσεται και θα μπορεί να ανακληθεί η τιμή του πλήθους των συγκρούσεων. Αυτό γίνεται με το μηχανισμό της μεταβλητής.
- εφευρίσκουν τρόπους και επιλέγουν τις κατάλληλες εντολές (Εάν και Όταν) έτσι ώστε το ρομπότ να στρίβει ανάλογα με τις διαταγές του χρήστη που τις δίνει πατώντας το αριστερό ή το δεξιό βελάκι στο πληκτρολόγιο.
- οικοδομούν σταδιακά τον κώδικα που υλοποιεί τον τρόπο χειρισμού ενός οχήματος, διακρίνοντας τις δύο επιμέρους (παράλληλες) λειτουργίες (χειρισμός τιμονιού και χειρισμός πεντάλ γκάζι-φρένο), διαχωρίζοντας τη μεταφορική κίνηση από την (περι)στροφική και εισάγοντας τη μεταβλητή «τόσα» που καθορίζει τον «διασκελισμό» του ρομπότ.
- αναγνωρίζουν την ανάγκη για την κατάλληλη ονοματολογία των μεταβλητών. «Ποιό πρέπει να είναι το όνομα μιας μεταβλητής, να είναι σύντομο, κωδικοποιημένο ή περιγραφικό (τεχνική camelCase) και γιατί, π.χ. το «τόσα» εκφράζει ή είναι ταχύτητα;»
- εντοπίζουν στο ενιαίο πρόγραμμα περιοχές, όπου γίνονται οι αρχικές ενέργειες (αρχικοποίηση) και το κυρίως πρόγραμμα και οι (ανύπαρκτες προς στιγμήν) τελικές ενέργειες και αυτό θα είναι το έναυσμα για το επόμενο σενάριο.
- διακρίνουν μεταξύ της προγραμματιστικής χρήσης των μεταβλητών (η τιμή των οποίων μπορεί να μεταβάλλεται κατά την εκτέλεση του προγράμματος) και των σταθερών (η τιμή των οποίων παραμένει σταθερή κατά την εκτέλεση του προγράμματος).
- διακρίνουν μεταξύ των εσωτερικών σε αντικείμενο μεταβλητών από τις γενικού σκοπού μεταβλητές που αναγνωρίζονται από όλα τα αντικείμενα.
- αποφαινόνται για την αναγκαιότητα της χρήσης «μεταβλητών κοινού σκοπού» όπου ομαδοποιούνται μη ομοειδείς μεταβλητές και αντιμετωπίζονται ως μια ενιαία οντότητα (εγγραφές και πεδία άλλων γλωσσών Προγραμματισμού).
- διαπιστώνουν την ανεπάρκεια των απλών μεταβλητών να περιγράψουν πολύπλοκες φυσικές δομές και αναδεικνύεται η ανάγκη για δομές δεδομένων, είτε απλών μεταβλητών, είτε ομοειδών εγγραφών (που μπορούν να περιέχουν και πολυμεσικά δεδομένα), οι οποίες είναι απαραίτητες για την ανεξαρτησία των αλγορίθμων από τα δεδομένα. Αργότερα μπορούν να ασχοληθούν αφενός με τη λειτουργία τους ως σειρές ή στοιβές επί των λιστών και αφετέρου με διάφορους αλγόριθμους που αναφέρονται σε αυτές (αναζητήσεις, ταξινομήσεις, κ.λπ.).

Διαιρεί και Βασίλευε με διαδικασίες

Όταν θα έχει ολοκληρωθεί το σενάριο, οι μαθητές αναμένεται να έχουν μετατρέψει το δύσκολο χειριζόμενο μεγάλο ενιαίο πρόγραμμα σε ένα τμηματικά αρθρωτό και ιεραρχικά δομημένο σύνολο ευέλικτων υποπρογραμμάτων εύκολα διαχειρίσιμο.

Σκοπός του σεναρίου είναι να διδαχθούν οι μαθητές τον τμηματικό και ιεραρχικά δομημένο προγραμματισμό. Ως ενδιάμεσα βήματα στην προοπτική αυτού του σκοπού θα χρησιμοποιηθούν δραστηριότητες όπου οι μαθητές:

- διακρίνουν τον ορισμό από την κλήση των διαδικασιών, ώστε να εισαχθούν στην έννοια του τμηματικού Προγραμματισμού.
- εφαρμόζουν περαιτέρω τη διεργασία του τεμαχισμού σε τμήματα (modules) σε επόμενα επίπεδα, αναδεικνύοντας την ιεραρχική οργάνωση των modules με την οποία αυτά δομούνται (ιεραρχικός Προγραμματισμός).
- διαπιστώνουν ότι η δένδροειδής δομή που αναδείχθηκε προηγουμένως (στην οποία σε κάθε ανώτερο επίπεδο γίνεται απόκρυψη των λεπτομερειών των κατώτερων επιπέδων) καταλήγει σε ένα τέτοιο σημείο στο οποίο το καθήκον που θα πρέπει να επιτελεστεί θα αντιστοιχεί στα καθήκοντα απλών εντολών της γλώσσας Προγραμματισμού.
- διαπιστώνουν αφενός ότι υπάρχουν περιοχές του κώδικα που επαναλαμβάνονται σε διάφορα σημεία του προγράμματος και αφετέρου ότι αυτά τα τμήματα του κώδικα παρουσιάζουν σημαντικές δομικές ομοιότητες, οι οποίες μπορούν με παραμετροποίηση των διαδικασιών που τις υλοποιούν να συγχωνευτούν στο ίδιο τμήμα κώδικα, οδηγούμενοι έτσι σε διαδικασίες-πολυεργαλεία, με αποτέλεσμα να βελτιστοποιηθεί το πρόγραμμα.
- ανακαλύπτουν με τη βοήθεια «ΚωδικΟράματος» (Λαδιάς κ.ά., 2016) τη ροή της πληροφορίας του προγράμματος με τις κλήσεις των διαφόρων διαδικασιών στην ιεραρχική δομή των χρησιμοποιούμενων τμημάτων και περιγράφουν τον μηχανισμό πλοήγησης στο πρόγραμμα με τη χρήση στοιβας διευθύνσεων των καλούμενων διαδικασιών.

Προσθήκη λειτουργικότητας με εμφύτευση αρθρωμάτων

Με την ολοκλήρωση του σεναρίου οι μαθητές εξελίσσουν το πρόγραμμα με την προσθήκη αρθρωμάτων (διαδικασιών ή αντικειμένων) έτσι, ώστε να αυξηθεί η λειτουργικότητά του.

Σκοπός του σεναρίου είναι να αντιληφθούν οι μαθητές τις δυνατότητες που τους παρέχει η χρήση του τμηματικού-αρθρωτού προγραμματισμού. Ως ενδιάμεσα βήματα στην προοπτική αυτού του σκοπού θα χρησιμοποιηθούν δραστηριότητες όπου οι μαθητές:

- γράφουν κώδικα στο τμήμα του προγράμματος «τελικές ενέργειες» (που παρέμεινε επιδεικτικά κενό κώδικα) προσπαθώντας να βάλουν επιπρόσθετα «μίζα» στο ρομπότ, έτσι ώστε να ενεργοποιείται στις αρχικές ενέργειες, να ελέγχεται ο τερματισμός της κίνησής του στην κύρια λειτουργία και να τερματίζει το πρόγραμμα από τον χρήστη στις τελικές ενέργειες. Ένα από τα αποτελέσματα αυτής της προσθήκης είναι αν ισχύει το κριτήριο της περατότητας. Ενδιαφέρον σημείο στην εκοφαλάτωση που σχετίζεται με τις τάξεις μεγέθους του χρόνου εκτέλεσης του προγράμματος και του χρόνου αντίδρασης του χρήστη, είναι να εξηγηθεί από τους μαθητές γιατί χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί μια μεταβλητή στο ρόλο του «κλειδιού» για να «ανάψει» η μηχανή και άλλη για να «σβήσει» η μηχανή του ρομπότ.
- διαπιστώνουν ότι η προσθήκη λειτουργικότητας μπορεί να γίνει και με τη χρήση άλλων αντικειμένων που λειτουργούν ως εξαρτήματα του ρομπότ και ταυτόχρονα με αυτό.
- σχεδιάζουν, εφαρμόζουν και ελέγχουν διεπαφές από το χώρο του physical computing. Αυτό γίνεται είτε με τη χρήση έτοιμων χειριστηρίων που συνδέονται στον υπολογιστή και μπορούν να υποκαταστήσουν το πληκτρολόγιο στο χειρισμό

του ρομπότ, είτε με τη χρήση ηλεκτρονικών πλακετών όπου μπορούν να αναπτυχθούν αυτοσχέδια χειριστήρια (π.χ. rícoboard ή arduino) και όργανα ενδείξεων των εικονικών ρομπότ.

- πειραματίζονται ρυθμίζοντας τις παραμέτρους αναδρομικών αλγορίθμων, π.χ. της καμπύλης Koch ή της καμπύλης Peano (Μικρόπουλος & Λαδιάς, 2000), για τη σχεδίαση, μέσω κώδικα και εφαρμόζοντας τη γεωμετρία της χελώνας, κατάλληλης πίστας με τη διαδρομή που πρέπει να ακολουθεί το ρομπότ. Διακρίνουν τη χρήση του κώδικα στη σχεδίαση της γεωμετρίας της χελώνας από τη χρήση του για το χειρισμό (πολυμεσικών) αντικειμένων.
- διαπιστώνουν την απαίτηση επικοινωνίας μεταξύ των αντικειμένων, οι κώδικες των οποίων πρέπει να συγχρονίζονται καθώς εκτελούνται παράλληλα και να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ως αντίδραση σε διάφορα συμβάντα. Σταθμίζουν αν η επικοινωνία αυτή πρέπει να γίνεται με τη χρήση μεταβλητών (μετρητές, σημαίες, σηματοροί κ.λπ.), με τη χρήση μηνυμάτων (διαχείριση νημάτων συμβάντων με την εντολή «μετάδωσε το ... και περίμενε»).
- εντοπίζουν τμήματα κώδικα με επαναλήψεις υλοποιούμενες με τη χρήση μηνυμάτων σε έτοιμα προγράμματα με τη βοήθεια «κωδικΟραμάτων».

Παράλληλος προγραμματισμός και καθοδηγούμενος από γεγονότα

Όταν ολοκληρώνεται το τελευταίο σενάριο οι μαθητές έχουν ολοκληρώσει την κατασκευή ενός ηλεκτρονικού παιχνιδιού με αγώνες εικονικών ρομπότ: αυτομάτων, αυτόνομων και τηλεχειριζόμενων.

Σκοπός του σεναρίου είναι να εξοικειωθούν οι μαθητές με τον καθοδηγούμενο από τα γεγονότα παράλληλο και βασιζόμενο σε αντικείμενα Προγραμματισμό. Ως ενδιάμεσα βήματα στην προοπτική αυτού του σκοπού θα χρησιμοποιηθούν δραστηριότητες όπου οι μαθητές:

- αναλύουν τον κώδικα του τηλεχειριζόμενου ρομπότ και εντοπίζουν ποιά τμήματά του αντιστοιχούν σε φυσικές διεργασίες που εκτελούνται σειριακά και ποιές παράλληλα. Με βάση αυτή τη διαπίστωση καλούνται να μετατρέψουν στον υπάρχοντα κώδικα τα τμήματα που αντιστοιχούν σε φυσικές διεργασίες που λειτουργούν παράλληλα σε τμήματα παράλληλου κώδικα, χρησιμοποιώντας συμβάντα.
- εφαρμόζουν την εντολή «Όταν», που την έχουν διακρίνει από την «Εάν» και συσχετίζουν τη χρήση τους στον καθοδηγούμενο από τα γεγονότα Προγραμματισμό με τις τεχνικές διαχείρισης συμβάντων (polling ή interrupt) (Λαδιάς & Μικρόπουλος, 1998).
- συνθέτουν «κωδικΟράματα» με πολλαπλά αντικείμενα - αρθρώματα, ώστε να αναδειχθούν οι παράλληλες διεργασίες αφενός εντός του ίδιου αντικειμένου και αφετέρου μεταξύ διαφορετικών αντικειμένων, να εντοπιστούν τα σημεία της διάδρασης με τον χρήστη ως σημεία ασυνέχειας της ροής της πληροφορίας, να απαριθμηθούν οι διακριτές καταστάσεις στις οποίες μεταπίπτει το σύστημα κατά την εκτέλεση του προγράμματος, να αναδειχθούν οι τρόποι επικοινωνίας μεταξύ των αντικειμένων κ.λπ.
- συναρμολογούν σε ένα ενιαίο πρόγραμμα ενσωματώνοντας τα επιμέρους προγράμματα αφενός κλώνων αυτομάτων και αυτόνομων ψευδο-ρομπότ και αφετέρου αντιγράφων τηλεχειριζόμενων ψευδο-ρομπότ και αντιμετωπίζουν τις δυσκολίες διαχείρισης, βελτίωσης και συντήρησης ενός πολύπλοκου συνόλου, όπως αυτό ενός ηλεκτρονικού παιχνιδιού. Οι μαθητές δεν είναι απλά χρήστες - παίκτες

ενός έτοιμου παιχνιδιού αλλά οι κατασκευαστές - παραγωγοί ενός παιχνιδιού υψηλής τεχνολογίας.

Αποτελέσματα της αξιολόγησης του εκπαιδευτικού υλικού

Το εκπαιδευτικό υλικό παρουσιάστηκε σε εκπαιδευτικούς πληροφορικής σε δύο τρίωρα σεμινάρια εκτός εργασιακού ωραρίου με τίτλο «Θέματα διδακτικής του προγραμματισμού Η/Υ (μέρος 1^ο και μέρος 2^ο)» που έγιναν το Φεβρουάριο του 2015 στη Ν. Σμύρνη και στον Κορυδαλλό. Το πρώτο σεμινάριο παρακολούθησαν 159 εκπαιδευτικοί και στο ερωτηματολόγιο αξιολόγησης απάντησαν 128. Το δεύτερο σεμινάριο παρακολούθησαν 115 εκπαιδευτικοί Πληροφορικής και στο ερωτηματολόγιο για την αξιολόγηση του σεμιναρίου απάντησαν 75 από τους συμμετέχοντες. Οι απαντήσεις των ερωτηματολογίων που αναφέρονται στο προγραμματιστικό μέρος των σεναρίων, ανάλογα με το βαθμό αποδοχής από τους εκπαιδευτικούς, έχουν αποτιμηθεί στην κλίμακα Likert, (βαθμός 5 - ισχυρή αποδοχή, βαθμός 1 - ελάχιστη αποδοχή). Οι ερωτήσεις ξεκινούν με «Η σειρά των μαθημάτων ανταποκρίθηκε όσον αφορά...» και οι απαντήσεις είναι οι εξής:

- Απαντήσεις με βαθμό 5 στην κλίμακα Likert:
 1. ... την εμπλοκή των μαθητών σε διαδικασίες επίλυσης αυθεντικών προβλημάτων που απαιτούν κριτική/αλγοριθμική σκέψη;
 2. ... την παρουσίαση της ανάγκης για χρήση διαδικασιών (η ανάγκη για τμηματικό προγραμματισμό);
 3. ... την παρουσίαση της ανάγκης για βελτιστοποίηση του κώδικα (π.χ. οι τρεις διαδικασίες επιτάχυνσης, φρεναρίσματος και αδράνειας γίνανε μία);
 4. ... την κατανόηση της ολότητας του προβλήματος με την παρουσίαση ολόκληρου του κώδικα όλων των αντικειμένων με τη χρήση κωδικΟραμάτων;
 5. ... την παρουσίαση της ανάγκης για την ιεραρχική δόμηση των διαδικασιών (η ανάγκη για ιεραρχικό Προγραμματισμό);
- Απαντήσεις με βαθμό 4 στην κλίμακα Likert:
 1. ... την παρουσίαση της ανάγκης για παραμετροποίηση των διαδικασιών με πέρασμα παραμέτρων;
 2. ... τη διάκριση του δομημένου Προγραμματισμού από άλλα είδη προγραμματισμού);
 3. ...την αύξηση της λειτουργικότητας με την προσθήκη εξαρτημάτων/modules/διαδικασιών (π.χ. το ταχύμετρο και ο δείκτης καυσίμων/αποθεμάτων ενέργειας);
 4. ... την παρουσίαση της επικοινωνίας μεταξύ αντικειμένων (μεταφορά δεδομένων μέσω "καθολικών" μεταβλητών και συγχρονισμός επικοινωνίας με μηνύματα);
 5. ... την παρουσίαση των αναδρομικών διαδικασιών (στη φάση της σχεδίασης της πίστας);
 6. ... τη διάκριση της διαχείρισης της ροής του προβλήματος κυρίως με διαδικασίες ή κυρίως με μηνύματα;
 7. ... την παρουσίαση μιας προσέγγισης με βάση τον Προγραμματισμό καθοδηγούμενο από γεγονότα;
 8. ... τη διάκριση μεταξύ των αντιγράφων αντικειμένων και κλώνων αντικειμένων;
 9. ... την παρουσίαση κάποιων χαρακτηριστικών του (ψευδο)παράλληλου Προγραμματισμού;

Απαντήσεις με χαμηλότερη του βαθμού 4 δεν υπάρχουν.

Συμπεράσματα

Η σειρά των προτεινόμενων σεναρίων έχουν ως σκοπό να διδάξουν στους μαθητές της Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης τις προγραμματιστικές δομές της ακολουθίας, της επανάληψης και της επιλογής καθώς και τις έννοιες της μεταβλητής και της διαδικασίας. Όμως, παράπλευρες ωφέλειες αυτών των σεναρίων είναι να επιτευχθούν προγραμματιστικοί στόχοι όπως:

1. Η εννοιολογική ονοματολογία των μεταβλητών, η διάκριση της χρήσης των μεταβλητών από τις σταθερές, η χρήση μεταβλητών σε διάφορους ρόλους (μετρητών, σημαίων και σηματορών στις τεχνικές διαχείρισης συμβάντων), η διάκριση μεταβλητών εσωτερικών σε αντικείμενα και γενικής χρήσης, η διάκριση «καθολικών» και τοπικών μεταβλητών που περνούν ως παράμετροι σε διαδικασίες, η ανεξαρτησία του κώδικα από τα δεδομένα και η αναγκαιότητα της οργάνωσης των μεταβλητών σε δομές δεδομένων (λίστες και πολυμεσικές εγγραφές) που λειτουργούν αλγοριθμικά ως στοιβές, σειρές ή ουρές.
2. Η επανάληψη εκτέλεσης κώδικα με διάφορους τρόπους (με εντολή επανάληψης, με αναδρομικές διαδικασίες, με χρήση κλώνων και με χρήση μηνυμάτων).
3. Η διάκριση της συγγραφής από την εκτέλεση του προγράμματος, η διάκριση των ρόλων του χρήστη της εφαρμογής και του προγραμματιστή που παράγει κώδικα, η ροή της πληροφορίας στο εσωτερικό του προγράμματος και οι διακριτές καταστάσεις στις οποίες μεταπίπτει το σύστημα κατά την εκτέλεση του προγράμματος, η διάκριση της χρήσης του κώδικα στη σχεδίαση της γεωμετρίας της χελώνας από τη χρήση του για το χειρισμό (πολυμεσικών) αντικειμένων, η επαφή με προγραμματιστικές διεργασίες διαχείρισης, εκοφαλμάτωσης, βελτίωσης και συντήρησης ενός πολύπλοκου συνόλου κώδικα, η σύγκριση του ίδιου αλγορίθμου σε διαφορετικά προγραμματιστικά περιβάλλοντα.
4. Η βιωματική εμπειρία με το δομημένο προγραμματισμό (αρθρώματα και ιεραρχική οργάνωση αυτών με απόκρυψη των λεπτομερειών των κατώτερων επιπέδων), η διάκριση ορισμού και κλήσης των διαδικασιών, η παραμετροποίηση των διαδικασιών ως πολυ-εργαλείων, η αντιπαραβολή του σειριακού με τον παράλληλο Προγραμματισμό, τον Προγραμματισμό που βασίζεται σε αντικείμενα (και εν δυνάμει με τον αντικειμενοστρεφή Προγραμματισμό) και την τεχνική του καθοδηγούμενου από τα γεγονότα Προγραμματισμού. Η χρήση αντικειμένων-αρθρωμάτων που λειτουργούν ως εξαρτήματα ενός ευρύτερου συνόλου, που συγχρονίζονται επικοινωνώντας μεταξύ τους.
5. Η κατηγοριοποίηση των διαφορετικών τρόπων αλληλεπίδρασης, η επικοινωνία και ο συγχρονισμός των επιμέρους φυσικών διεργασιών, η διαφορά της κίνησης σε κινούμενο σύστημα από αυτήν σε ακίνητο σύστημα αναφοράς και η ανάπτυξη διεπαφών από το χώρο του physical computing.

Ο αλγοριθμικός και προγραμματιστικός πλούτος που προαναφέρθηκε σε συνδυασμό με τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα της αξιολόγησης από τους εκπαιδευτικούς Πληροφορικής φαίνεται να δημιουργεί στέρεα θεμέλια για την κατάκτηση του Προγραμματισμού από τους μικρούς μαθητές που θα περιπλανηθούν στις ανοιχτές θάλασσες της Μηχανικής Λογισμικού αναζητώντας την Ιθάκη τους.

Αναφορές

- Λαδιάς, Αν. (2015). *Παίζω-Μαθαίνω: Μαθαίνω διασκεδάζοντας ή/και διασκεδάζω μαθαίνοντας*. Στην ημερίδα «Gamification στην εκπαιδευτική διαδικασία. Create it, Share it, Game it!». Ανακτήθηκε στις 27 Φεβρουαρίου 2016 από http://www.gameit.gr/conference_presentations.
- Λαδιάς Αν., Μικρόπουλος, Αν., (1988). Οι Υπολογιστές στα Συστήματα Αυτόματου Ελέγχου. Η "software" άποψη. *RAM*, Νο 3.
- Λαδιάς, Αν., Τσιωτάκης, Π. & Φεσάκης, Γ. (2011). *Οδηγός Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης, για τον εκπαιδευτικό στο επιστημονικό πεδίο: Πληροφορική και Νέες Τεχνολογίες (γυμνάσιο)*, Πράξη «ΝΕΟ ΣΧΟΛΕΙΟ (Σχολείο 21ου αιώνα)-Νέο πρόγραμμα σπουδών, Άξονες Προτεραιότητας 1,2,3 - Οριζόντια Πράξη (ΑΔΑ: 4ΑΣ29-Ρ9Υ).
- Λαδιάς Αν., Παπαδόπουλος, Γ., Φωτιάδης, Δ., (2016) *ΚωδικΏραμα: Εργαλείο για την ανάπτυξη οπτικού προγραμματισμού σε Scratch*. Στο Α. Τζιμογιάννης (επιμ.) *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου "Ψηφιακό Εκπαιδευτικό Υλικό και Ηλεκτρονική Μάθηση 2.0"*, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου & ΕΤΠΕ, Κόρινθος, 26-27 Μαρτίου 2016.
- Manches A. & Plowman L. (2015). Computing education in children's early years: A call for debate, *British Journal of Educational Technology*. doi:10.1111/bjet.12355.
- Μικρόπουλος, Αν., Λαδιάς Αν., (2000). *Η Logo στην εκπαιδευτική διαδικασία*, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. ISBN 960-233-040-6.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2011). *Ο Πληροφορικός Γραμματισμός στο Γυμνάσιο. Πράξη «ΝΕΟ ΣΧΟΛΕΙΟ (Σχολείο 21ου αιώνα) - Νέο πρόγραμμα σπουδών, στους Άξονες Προτεραιότητας 1,2,3, - Οριζόντια Πράξη», Υπόεργο 1: «Εκπόνηση Προγραμμάτων Σπουδών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και οδηγών για τον εκπαιδευτικό «Εργαλεία Διδακτικών Προσεγγίσεων», 1η Έκδοση.*
- Τζιμογιάννης, Αθ., Κόμης, Β., Φεσάκης, Γ., Αγγελής, Αδ., Κωστάκος, Αντ., Λαδιάς, Αν., Πανσεληνάς, Γ., Βραχνός, Ε., Γόγουλου, Α., Λιακοπούλου, Ε., & Τσιωτάκης, Π. (2011). *Πρόγραμμα Σπουδών για τον Πληροφορικό Γραμματισμό στο Γυμνάσιο*. Αθήνα.