

Διδακτικές και παιδαγωγικές διαστάσεις του προγραμματισμού στην υποχρεωτική εκπαίδευση

Τάσος Λαδιάς

ladiastas@gmail.com

Σχολικός Σύμβουλος Πληροφορικής

Περίληψη. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι διδακτικές και παιδαγωγικές διαστάσεις μιας σειράς αρθρωτών εκπαιδευτικών σεναρίων με θέμα τη διδασκαλία του κώδικα στην υποχρεωτική εκπαίδευση. Τα σενάρια φιλοδοξούν να μυήσουν τους μαθητές σε προγραμματιστικές έννοιες της μηχανικής λογισμικού, με τρόπο βιωματικό, με απώτερο σκοπό να αναπτύξουν ένα δικό τους ψηφιακό παιχνίδι όπως ο αγώνας εικονικών ρομποτικών οχημάτων (αυτόματων, αυτόνομων και τηλεκατευθυνόμενων). Το εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο Scratch και το πλήθος των δραστηριοτήτων του αντιστοιχεί σε υψηλά επίπεδα της αναθεωρημένης ταξινομίας του Bloom. Η αξιολόγηση των διδακτικών και παιδαγωγικών δυνατοτήτων των προτεινόμενων εκπαιδευτικών σεναρίων έχει γίνει από εκπαιδευτικούς Πληροφορικής που παρακολούθησαν σχετικό επιμορφωτικό σεμινάριο και συμπλήρωσαν ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης είναι θετικά και ενθαρρυντικά.

Λέξεις κλειδιά: οπτικός προγραμματισμός με πλακίδια, κώδικας σε Scratch, διδακτική προγραμματισμού, ταξινομία του Bloom

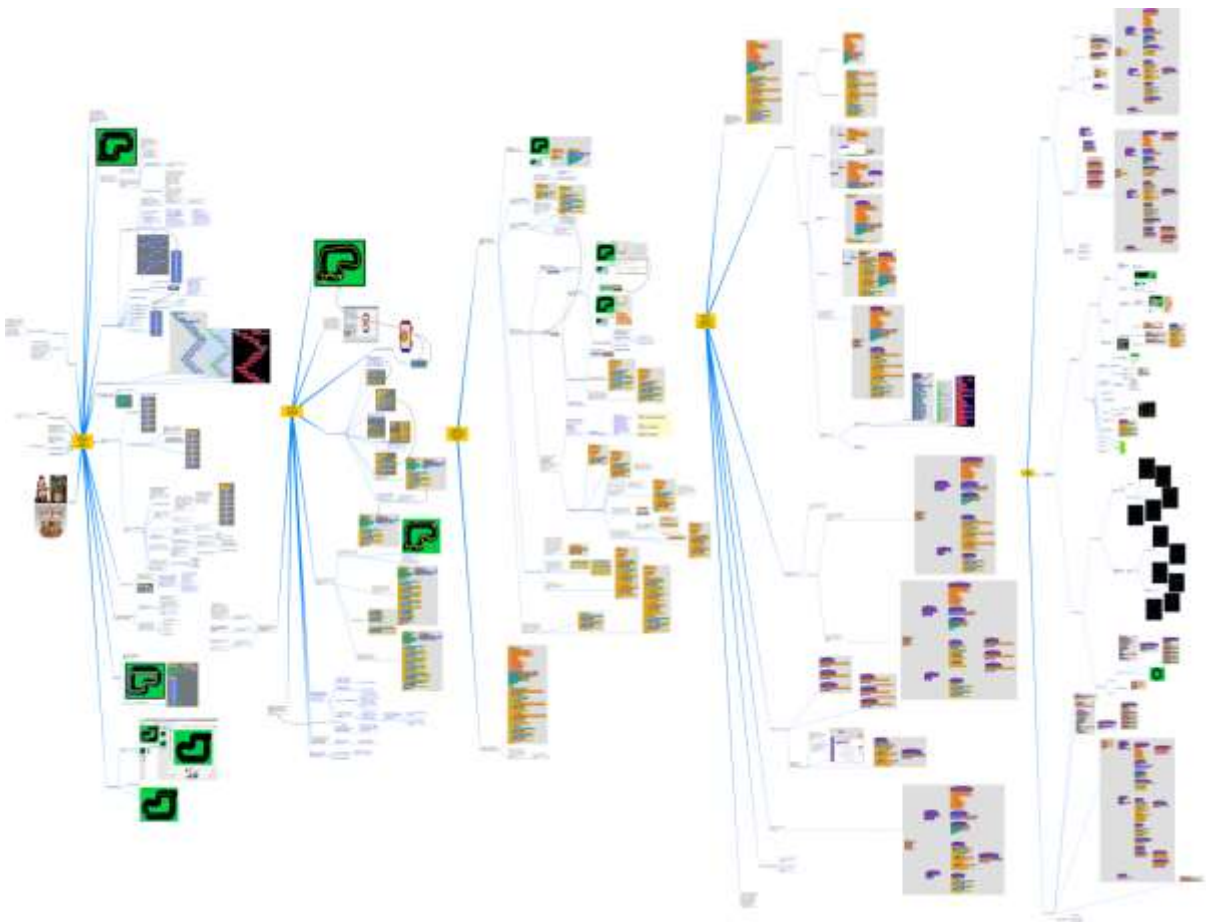
Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, το έλλειμμα που ήδη υπάρχει και η επιδείνωσή του όσον αφορά τις ανάγκες της ραγδαία αναπτυσσόμενης βιομηχανίας λογισμικού έχει οδηγήσει τις αναπτυγμένες χώρες στο να δώσουν στη βασική εκπαίδευση έμφαση για την παραγωγή κώδικα (Manches & Plowman, 2015). Αποτέλεσμα αυτής της τάσης είναι να δημιουργηθεί ένας αριθμός εκπαιδευτικών πακέτων σχετικών με τον κώδικα, που όμως περιορίζονται στο να αντιμετωπίζουν το θέμα από την προγραμματιστική του διάσταση με έλλειμμα στη διδακτική και παιδαγωγική οπτική. Αυτή την έλλειψη προσπαθεί να καλύψει το εκπαιδευτικό υλικό που παρουσιάζει η εργασία και φιλοδοξεί να είναι μια διδακτική πρόταση για τους καθηγητές πληροφορικής, στα πρότυπα του Μείζονος Προγράμματος Επιμόρφωσης όπου «προκειμένου τα νέα προγράμματα σπουδών να ενταχθούν στην σχολική καθημερινότητα... οι εκπαιδευτικοί πρέπει... να μετεξελιχτούν σε παραγωγούς περιεχομένου που να αντανάκλα τις δικές τους αξίες και προτεραιότητες, οικοδομώντας, κατά συνέπεια, τη δική τους εναλλακτική οπτική για τη “διδακτέα ύλη” της τάξης τους» (Μείζον, 2011).

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). Μια από τις δυσκολίες του εγχειρήματος είναι ότι η ανάπτυξη κώδικα απαιτεί την κατάκτηση του υψηλότερου επιπέδου της «δημιουργίας» στην αναθεωρημένη ταξινόμια του Bloom (Krathwohl, 2002). Η πρόκληση μεγαλώνει λαμβάνοντας υπόψη ότι οι στόχοι πρέπει να επιτευχθούν με μαθητές μικρής ηλικίας στους οποίους ταυτόχρονα θα πρέπει να παρέχονται κίνητρα, όπως η χαρά της δημιουργίας, ώστε να ολοκληρώσουν τη σειρά των μαθημάτων. Η πρόταση υλοποιείται με μια σπειροειδή προσέγγιση στο περιεχόμενο ενός αρθρωτού τύπου εκπαιδευτικού υλικού όπου οι μαθητές βιώνουν εμπειρίες μέσα από την επίλυση ελκυστικών αυθεντικών και νοηματοδοτημένων προβλημάτων με δραστηριότητες κλιμακούμενης δυσκολίας, υποστηριζόμενοι με νοητικές σκαλωσιές ώστε να κάνουν τη μετάβαση από το συγκεκριμένο στο αφηρημένο, υποβοηθούμενοι από τον εκπαιδευτικό όταν κριθεί αναγκαίο με φθίνουσα καθοδήγηση και μέσα από διαδικασίες δοκιμής-ελέγχου και άμεσης παρατήρησης του αποτελέσματος των ενεργειών τους, με στόχο την οικοδόμηση νέων γνώσεων (Papert, 1999). 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).



Σχήμα 1. Μια γενική θεώρηση σε μικρογραφία της δομής των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων με τη χρήση νοητικών χαρτών

Σε αυτά τα πλαίσια σχεδιάστηκε μια σειρά σεναρίων (μια μικρογραφία της δομής τους με τη χρήση νοητικών χαρτών φαίνεται στο σχήμα 1), με θέμα τον προγραμματισμό εικονικών οχημάτων. Στο πρώτο σενάριο προγραμματίζεται η συμπεριφορά ενός «αυτόματου», στο δεύτερο το ρομποτικό όχημα προγραμματίζεται να συμπεριφέρεται ως αυτόνομο, ενώ στο τρίτο τηλεκατευθύνεται από το χρήστη. Η σειρά ολοκληρώνεται με την συνύπαρξη - εμπλοκή όλων αυτών σε ένα ηλεκτρονικό παιχνίδι αγώνα ταχύτητας.

Μεθοδολογία

Η παραγωγή και εξέλιξη του εκπαιδευτικού υλικού

Η πρώτη εφαρμογή της ιδέας οι μαθητές να προγραμματίζουν ένα αντικείμενο λογισμικού ώστε να συμπεριφέρεται ως τηλεχειριζόμενο από το χρήστη ρομπότ, υλοποιήθηκε πρώτα στο προγραμματιστικό περιβάλλον της StarLogo TNG που διαθέτει 3D τερραίν (Λαδιάς & Ρεπαντής, 2013). Το 3D πλεονέκτημα της StarLogo TNG υπήρξε και το μειονέκτημά της από τεχνικής άποψης, λόγω των πολλών απαιτήσεων σε προγραμματιστικούς πόρους που δεν διαθέτουν τα εργαστήρια υπολογιστών των ελληνικών σχολείων. Αυτό σε συνδυασμό με το ότι η StarLogo TNG δεν είχε τη δυνατότητα να συνθεθεί με εξωτερικές συσκευές που κρίθηκαν αναγκαίες ώστε το παραγόμενο υλικό να έχει δυνατότητες physical computing και να είναι πιο ελκυστικό στους μαθητές (Λαδιάς, 2013), οδήγησε στο να μεταφερθεί η εφαρμογή της ιδέας πρώτα στο προγραμματιστικό περιβάλλον BYOB και μετά στο Scratch-2, όταν αυτό διέθετε πλέον και τη δυνατότητα χρήσης διαδικασιών, η χρήση των οποίων προβλέπεται από το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για την Πληροφορική.

Την Άνοιξη του 2014 ένα μέρος του υλικού χρησιμοποιήθηκε με μια top-down προσέγγιση από την κοινότητα μάθησης «Σενάρια Διδασκαλίας σε Περιβάλλοντα Οπτικού Προγραμματισμού με Πλακίδια» (Φωτιάδης κ.ά. 2016), από την αξιολόγηση του οποίου επιβεβαιώθηκε η ανάγκη μιας προσέγγισης από τα κάτω προς τα πάνω. Έτσι στις αρχές του Φθινοπώρου του 2014, το εκπαιδευτικό υλικό χρησιμοποιήθηκε σε ένα αλληλοδιδασκτικό σεμινάριο 50 ωρών, για 30 καθηγητές πληροφορικής, με τίτλο «Παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού για τον προγραμματισμό Η/Υ», που πραγματοποιήθηκε στο 3^ο Εργαστηριακό Κέντρο της Δ' Αθήνας στη Ν. Σμύρνη. Τα συμπεράσματα από το σεμινάριο χρησίμευσαν για να προκύψει μια δεύτερη έκδοση του εκπαιδευτικού υλικού. Η έκδοση αυτή δοκιμάστηκε στην πράξη με τη διδασκαλία της από την ομάδα Marathon Project (Βασιλοπούλου κ.ά, 2016) σε 15 μαθητές του 1^{ου} Δημοτικού Σχολείου της Ν. Μάκρης από το Νοέμβριο του 2014 μέχρι τον Ιανουάριο του 2015. Από αυτή την εφαρμογή προέκυψαν νέες βελτιώσεις που οδήγησαν σε μια τρίτη έκδοση. Το υλικό της τρίτης έκδοσης παρουσιάστηκε σε εκπαιδευτικούς Πληροφορικής σε σεμινάριο εκτός εργασιακού ωραρίου (4:30-7:30μ.μ.) με τίτλο «Θέματα διδακτικής του προγραμματισμού Η/Υ (μέρος 1^ο και μέρος 2^ο)» που έγιναν το Φεβρουάριο και το Μάρτιο του 2015 στη Ν. Σμύρνη και στον Κορυδαλλό με εισηγητή το Σχολικό Σύμβουλο Πληροφορικής Πειραιά, από τα οποία προέκυψε και η τελική αξιολόγηση του εκπαιδευτικού υλικού. Στη συνέχεια περιγράφονται εν συντομία οι διδακτικές και παιδαγωγικές διαστάσεις του περιεχομένου του εκπαιδευτικού υλικού και παρατίθεται σε κάθε δραστηριότητα το αντίστοιχο επίπεδο της αναθεωρημένης ταξινόμιας του Bloom.

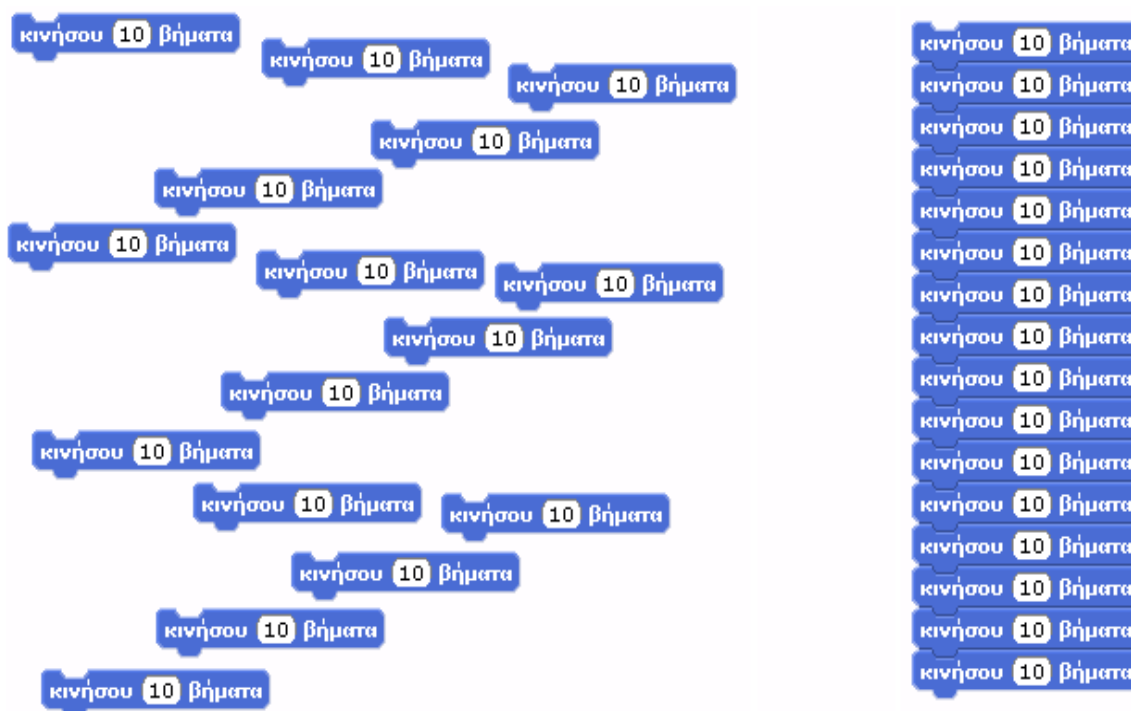
α. Η κατασκευή ενός ψηφιακού «αυτόματου»

Με την ολοκλήρωση του πρώτου σεναρίου οι μαθητές έχουν αναπτύξει ένα πρόγραμμα που προσομοιώνει την κίνηση ενός «αυτόματου», όπου το ψευδο-ρομπότ εκτελώντας τον κώδικά του διατρέχει 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:

(α) διακρίνουν με παιχνίδια ρόλων αφενός τη συγγραφή προγράμματος από την εκτέλεσή του και αφετέρου μεταξύ των ρόλων του χρήστη και του προγραμματιστή (2^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Κατανόηση).

(β) εντοπίζουν, με τη χρήση αναλογίας / μεταφοράς (όπου μια συνταγή μαγειρικής είναι το ανάλογο ενός προγράμματος), τις διαφορές αφενός μεταξύ μιας σειράς (διάσπαρτων) διαταγών και μιας ακολουθίας εντολών (σχήμα 2) που παίζουν το ρόλο προγράμματος (2^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Κατανόηση).



Σχήμα 2. Διάσπαρτες διαταγές (αριστερά) και μια ακολουθία εντολών (δεξιά)

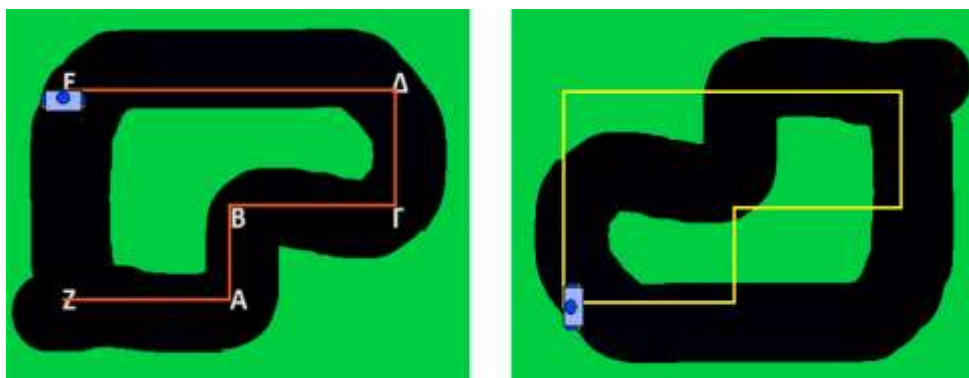
(γ) εξερευνούν με διαδικασίες ανακαλυπτικής μάθησης στην αρχή την παλέτα με το ρεπερτόριο των εντολών κίνησης στο Scratch, αναζητώντας την κατάλληλη εντολή που χρειάζονται για να υλοποιήσουν τις απαιτήσεις του προβλήματος και στη συνέχεια εξερευνούν και άλλες παλέτες όπως οι «πένα», «Έλεγχος» και «Συμβάντα» για να αναζητήσουν και πάλι τις κατάλληλες εντολές που απαιτούνται για τη λύση του προβλήματος (3^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Εφαρμογή).

(δ) εντοπίζουν και ερμηνεύουν την αντίφαση μεταξύ μιας «σταθεράς που μεταβάλλεται» από μιας «μεταβλητής που μεταβάλλεται» κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του προγράμματος (2^ο επίπεδο ταξινομίας του Bloom – Κατανόηση).

(ε) αντιπαραβάλουν, ώστε να αναδειχθούν οι ομοιότητες και οι διαφορές, ομοίων κωδίκων αναπτυγμένων σε διαφορετικά περιβάλλοντα οπτικού προγραμματισμού όπως τα Scratch-2, TurtleArt και StarLogo TNG (4^ο επίπεδο ταξινομίας του Bloom – Ανάλυση).

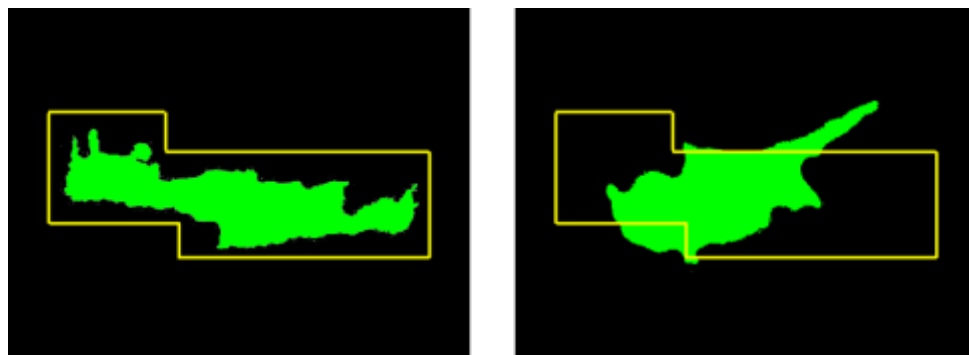
(στ) διακρίνουν σε διαθεματική βάση την κίνηση σε κινούμενο σύστημα αναφοράς (χρήση της εντολής «κινήσου ... βήματα») από την κίνηση σε ακίνητο σύστημα αναφοράς (χρήση της εντολής «πήγαινε στη θέση x: ... και y: ...» σε καρτεσιανές συντεταγμένες) (2^ο επίπεδο ταξινομίας του Bloom – Κατανόηση).

(ζ) εντοπίζουν τα όρια ενός «αυτόματου» όταν αλλάξει το περιβάλλον στο οποίο ενεργεί και το αυτόματο διατηρεί αμετάβλητη τη συμπεριφορά του (σχήμα 3), ώστε να δημιουργήσει προτέρα γνώση για το επόμενο σενάριο με τη δομή επιλογής (1^ο επίπεδο ταξινομίας του Bloom – Ανάκληση Γνώσης).



Σχήμα 3. Ένα αυτόματο εκτελεί πάντα το ίδιο έργο ανεξάρτητα από τις αλλαγές που συμβαίνουν στο περιβάλλον του

(η) διαπιστώνουν ότι οι ενδυμασίες είναι ιδιότητες των αντικειμένων και ότι αυτές μπορεί να αλλάζουν αλλά οι κώδικες να συνεχίζουν να καθορίζουν τις συμπεριφορές τους, δημιουργώντας μια διαφορετική αφήγηση π.χ. το ρομπότ έχει την ενδυμασία του μυθικού Τάλως που περιπολεί περιμετρικά της Κρήτης και την απόδειξη ότι λειτουργεί ως αυτόματο φαίνεται αν το βάλουν να περιπολεί γύρω από την Κύπρο (σχήμα 4). (4^ο επίπεδο ταξινομίας του Bloom – Ανάλυση).

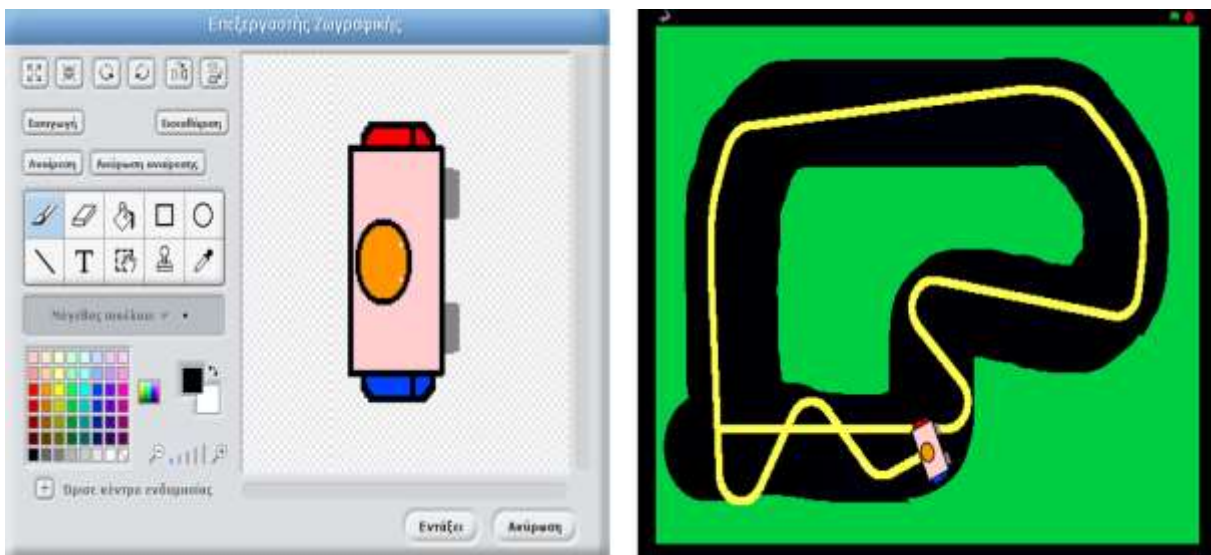


Σχήμα 4. Το αυτόματο ρομπότ εκτελεί μόνο τη διαδρομή που έχει «διδασθεί»

(θ) αναγνωρίζουν την ολότητα ενός ολοκληρωμένου κώδικα υπό μορφή υποτυπώδους κωδικΟράματος. «Το κωδικΟραμα είναι ένας διδιάστατος πίνακας που στην οριζόντια διάσταση παρατίθενται τα αντικείμενα και στην κάθετη διάσταση παρατίθενται οι καταστάσεις στις οποίες βρίσκονται αυτά κατά τη λειτουργία του συστήματος. Στην επιφάνεια που ορίζεται δημιουργούνται κελιά όπου αναπτύσσεται ο οπτικοποιημένος κώδικας που καθορίζει τη συμπεριφορά του αντικειμένου. Η επικοινωνία μεταξύ των τμημάτων του κώδικα επιτυγχάνεται με διασυνδέσεις που καταγράφουν τη ροή της πληροφορίας μεταξύ των τμημάτων του κώδικα των διαφόρων κελιών» (Λαδιάς κ.ά., 2016). (2^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Κατανόηση).

β. Η δημιουργία ενός αυτόνομου ρομπότ

Όταν ολοκληρωθεί το σενάριο οι μαθητές έχουν αναπτύξει ένα πρόγραμμα που προσομοιώνει την κίνηση ενός ρομπότ με αισθητήρες (αφής / χρώματος), που εξερευνά το περιβάλλον του και αλληλεπιδρά με αυτό ώστε να κινείται αυτόνομα εντός των ορίων του δρόμου (σχήμα 5).



Σχήμα 5. Το αυτόματο ρομπότ με τους κόκκινο και μπλε αισθητήρες (αριστερά) αναγνωρίζει το περιβάλλον του και προσαρμόζει τη συμπεριφορά του ώστε να κινείται εντός του δρόμου (δεξιά)

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

(α) διατυπώνουν, καθοδηγούμενοι από τον εκπαιδευτικό με τη μαιευτική μέθοδο, τον αλγόριθμο που χρειάζεται για να κυκλοφορήσει ένα ρομπότ στο χώρο. Χρησιμοποιώντας το παιχνίδι τυφλόμυγα, ένας μαθητής (σε ρόλο ρομπότ) με κλειστά μάτια προσπαθεί να κυκλοφορήσει ανάμεσα σε θρανία που έχουν τοποθετηθεί τυχαία. Ο μαθητής ενώ πλοηγείται με τη βοήθεια των χεριών του καλείται να περιγράψει τον τρόπο που σκέφτεται και να πει περίπου το «κάνω ένα βήμα, αν το αριστερό μου χέρι ακουμπήσει σε θρανίο τότε στρίβω λίγο δεξιά...». Δηλώνοντας ο εκπαιδευτικός ότι με τον τρόπο αυτό ο μαθητής ελέγχει το περιβάλλον του και τονίζοντας τη λέξη «ελέγχει» ζητείται από τους μαθητές να βρουν ποιά εντολή χρειάζονται (Εάν) και σε ποιά παλέτα εντολών (Έλεγχος). Στη συνέχεια ο εκπαιδευτικός κάνοντας αναφορά στην αφή που χρησιμοποίησε ο μαθητής για να

πλοηγηθεί ζητάει από τους μαθητές να αναφέρουν άλλους τρόπους που μπορούσε να χρησιμοποιήσει ο μαθητής ώστε να αποκτά αίσθηση του περιβάλλοντος. Τονίζοντας τη λέξη «αίσθηση» ζητείται από τους μαθητές να βρουν ποιά σχέση χρειάζονται (αγγίζει το ... , αγγίζει το χρώμα ... , το χρώμα ... αγγίζει το χρώμα ...) και σε ποιά παλέτα (Αισθητήρες) υπάρχει. (6^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Δημιουργία).

(β) εμπλέκονται σε διαδικασία εκσφαλμάτωσης και διόρθωσης προγραμμάτων. Ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιώντας τον μαυροπίνακα συντάσσει (λανθασμένα) τον κώδικα «Εάν αγγίζει το θρανίο τότε στρίβει δεξιά» και καλεί τον μαθητή-ρομπότ να τον εκτελέσει “κατά γράμμα” (αναδύεται η ανάγκη για σαφή και ορθή διατύπωση). Η προσομοίωση αναγκάζει το μαθητή-ρομπότ να κινείται συνεχώς δεξιόστροφα. Καλούνται τότε οι μαθητές να αναζητήσουν το σφάλμα και να το διορθώσουν. «Πώς πρέπει να σκεφτούν; Ως μικροί Σέρλοκ Χόλμς πρέπει να αναζητήσουν τι άλλαξε και ενώ ο μαθητής-ρομπότ κινείτο σωστά, όταν υπάκουε στο πρόγραμμα γινόταν λάθος; Ποιός αγγίζει στο πρόγραμμα; Ο μαθητής. Ποιός αγγίζει όταν κινείται σωστά; Το αριστερό χέρι του μαθητή». Οι μαθητές διακρίνουν το αντικείμενο από τον αισθητήρα και επιλέγουν την κατάλληλη από τις τρεις συνθήκες που διατίθενται από το ρεπερτόριο εντολών του Scratch («αγγίζει το ...», «αγγίζει το χρώμα ...», «το χρώμα ... αγγίζει το χρώμα ...»). (6^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Δημιουργία).

(γ) μετατρέπουν τον αλγόριθμο που είναι γραμμένος στο μαυροπίνακα σε κώδικα στο Scratch (αφού αντιληφθούν την αντιστοιχία κόκκινου χρώματος στο ρομπότ - αριστερού χεριού του μαθητή και του μπλε χρώματος στο ρομπότ - δεξιού χεριού του μαθητή). Εκτελούν τον κώδικα σε Scratch και διαπιστώνουν ότι δεν φαίνεται να γίνεται τίποτα! «Γιατί; Διότι ο έλεγχος έγινε μόνο μια φορά, ενώ έπρεπε να επαναλαμβάνεται. Να επαναλαμβάνεται πόσες φορές; Για πάντα! Υπάρχει τέτοια εντολή;» Βρίσκουν την εντολή «Επανάλαβε για πάντα...» και πετυχαίνουν το επιθυμητό το αποτέλεσμα. (6^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Δημιουργία).

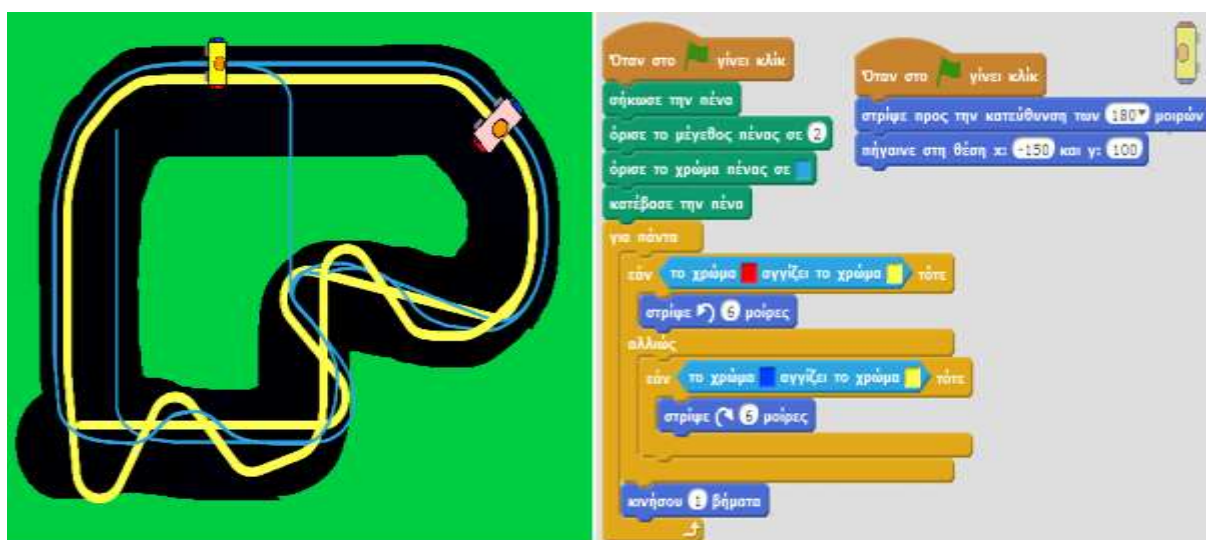
(δ) διαβουλεύονται / συνεργάζονται για να εξηγήσουν το παράδοξο κατά το οποίο σε προγράμματα άλλων μαθητών το ρομπότ κινείται εντός του δρόμου και σε άλλα ξεφεύγει. Πειραματίζονται, συγκρίνουν τους διάφορους κώδικες και σχέδια ρομπότ, ανταλλάσσουν επιχειρήματα και τέλος εξηγούν γιατί το ρομπότ συμπεριφέρεται έτσι ή αλλιώς. Επιστούν με δημιουργικό τρόπο λύσεις και εκτός του προγραμματιστικού πλαισίου τροποποιώντας την κατασκευή (εικόνα – ενδυμασία) του ρομπότ. Διαπιστώνουν ότι δεν υπάρχει μόνο μια λύση, ένας μοναδικός σωστός κώδικας. Πειραματίζονται αλλάζοντας κάτι στο πρόγραμμα ή στην κατασκευή – ενδυμασία του ρομπότ. Εμπλέκονται στην επίλυση αυθεντικών προβλημάτων και αντιλαμβάνονται την ανάγκη της συνεργασίας όχι μόνο για να βρουν τη λύση αλλά και για να εξηγήσουν γιατί αυτό συμβαίνει. Η σκέψη ενός μαθητή ωθεί τη σκέψη του άλλου και όλοι μαζί καταλήγουν στη λύση. (4^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Ανάλυση).

(ε) αναλογίζονται πως σκέφτονται στην περίπτωση που έχουν περισσότερες επιλογές που η μια αποκλείει την άλλη και το περιγράφουν. Αυτό μπορεί να το θέσει ο εκπαιδευτικός με ένα παράδειγμα (π.χ. αν ο αριστερός αισθητήρας του ρομπότ αγγίζει το όριο του δρόμου, αν ο δεξιός αισθητήρας του ρομπότ αγγίζει το όριο του δρόμου, αν το ρομπότ βρίσκεται εντός δρόμου ή αν το ρομπότ βρίσκεται εκτός δρόμου). Οι απαντήσεις των μαθητών αναδεικνύουν την ανάγκη της χρήσης της εντολής «Εάν ... τότε ... αλλιώς ...». Καλούνται να πετύχουν το ίδιο αποτέλεσμα χρησιμοποιώντας εναλλακτικά τις εντολές «Εάν ... τότε ...» και «Εάν ... τότε ... αλλιώς ...», εκτιμώντας έτσι τις δυνατότητες της κάθε εντολής. Ανταλλάσσουν επιχειρήματα για το πότε είναι καταλληλότερο να χρησιμοποιείται η καθεμιά

από αυτές τις εντολές, ώστε να βελτιστοποιείται το αποτέλεσμα του κώδικα. (2^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Κατανόηση).

(στ) συγκρίνουν διάφορες -προτεινόμενες από τον εκπαιδευτικό- συμπεριφορές του ρομπότ ώστε να αναγκαστούν να χρησιμοποιήσουν διαδοχικές εντολές «Εάν ... τότε ...» ή «Εάν ... τότε ... αλλιώς ...» και αποδεικνύουν την ισοδυναμία αφενός των διαδοχικών εντολών «Εάν ... τότε ...» με τη χρήση του λογικού τελεστή OR και αφετέρου των εμφωλευμένων «Εάν ... τότε ... αλλιώς ...» με τη χρήση του λογικού τελεστή AND. (4^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Ανάλυση).

(ζ) εξετάζουν την περίπτωση να υπάρχει και άλλο ρομπότ στην πίστα. Το ρομπότ δεν είναι πλέον ο μοναδικός κάτοικος του κόσμου που χτίζουν οι μαθητές-δημιουργοί! (άλλη μια χρήση μεταφοράς θεού-δημιουργού του κόσμου και προγραμματιστή-δημιουργού ενός μικρόκοσμου). «Πώς θα δημιουργηθεί και άλλο ρομπότ; Φυσικά όχι από το πλευρό του αρχικού ρομπότ, αλλά καθ' εικόνα και ομοίωση του πρώτου (“διπλασιασμός” του αρχικού ρομπότ). Τι θα συμβεί αν συναντηθούν τα δύο ρομπότ; Ποιά συμπεριφορά θέλουν οι δημιουργοί (προγραμματιστές) να έχουν τα ρομπότ όταν συναντηθούν; Θα έχουν την ίδια ή διαφορετικές συμπεριφορές τα δύο ρομπότ; Αυτές τις συμπεριφορές μπορούν οι μαθητές να την κωδικοποιήσουν με εντολές ώστε να “διδασθούν” τα ρομπότ να τις ακολουθούν;» (Σχήμα 6).



Σχήμα 6. Οι τροχιές των δύο αυτόνομων ρομπότ (αριστερά) και ο κώδικας του ενός (δεξιά) που καθορίζει τη συμπεριφορά του

Με τα πολλαπλά αντικείμενα βιώνουν ασυναίσθητα τον προγραμματισμό που βασίζεται σε αντικείμενα (το Scratch θεωρείται object based προγραμματιστικό περιβάλλον). Στα πλαίσια της σπειροειδούς προσέγγισης σε επόμενο στάδιο το ρομπότ-αντίγραφο αντικαθίσταται με κλώνο του ρομπότ. Διακρίνουν το αντίγραφο του αντικειμένου που δημιουργείται από τον προγραμματιστή κατά τη συγγραφή του προγράμματος από τον κλώνο του αντικειμένου που δημιουργείται από το πρόγραμμα κατά την εκτέλεσή του. (4^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Ανάλυση).

(η) εμπαιδώνουν προγραμματιστικές τεχνικές, εργαζόμενοι ομαδοσυνεργατικά σε project, δημιουργώντας συμπεριφορές σε διάφορα ρομπότ-χαρακτήρες που ανταποκρίνονται σε συμπεριφορές ηρώων μιας ιστορίας (π.χ. ο ρομπότ-λύκος να κυνηγά επτά ρομπότ-

κατσικάκια και ο ρομπότ-κυνηγός να καταδιώκει το ρομπότ-λύκο). Αναστοχάζονται, μέσα από τέτοιες δραστηριότητες, για τον τρόπο που τα ίδια σκέφτονται διδάσκοντας (προγραμματίζοντας) πως να σκέφτονται και να συμπεριφέρονται τα ρομπότ. (5^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Αξιολόγηση).

(θ) αναπτύσσουν στρατηγικές δημιουργικής σκέψης, με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού που χρησιμοποιεί νοητικές σκαλωσιές για να τους βοηθήσει, αντικαθιστώντας το υπόβαθρο με την πίστα με την εικόνα μιας παγωμένης λίμνης που σε μια άκρη της φαίνεται μια ακανόνιστου σχήματος και χρώματος όχθη, καλούμενοι να περιορίσουν την κίνηση των ρομπότ που κάνουν πατινάζ μόνο στην επιφάνεια της λίμνης. Ο εκπαιδευτικός εφαρμόζει ένα συνδυασμό καταιγισμού ιδεών, φθίνουσας καθοδήγησης και διαδικασίες δοκιμής-σφάλματος ώστε οι μαθητές να ωθηθούν να αναζητήσουν λύσεις “εκτός πλαισίου” για αυτό το τεχνικό πρόβλημα, να καθοδηγηθούν σε διαδοχικές λύσεις, να αποσπάσουν την όχθη από το υπόβαθρο και να τη διαχειριστούν ως ξεχωριστό αντικείμενο, γεγονός που βοηθά σημαντικά στη λύση του προβλήματος (σχήμα 7). (6^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Δημιουργία).



Σχήμα 7. Η υδάτινη επιφάνεια της λίμνης είναι το σκηνικό, ενώ η όχθη είναι αντικείμενο για να είναι δυνατόν να ανιχνευτεί από τα ρομπότ με τη συνθήκη «αγγίζει το όχθη»

(ι) αναγνωρίζουν την ολότητα ενός περισσότερο περίπλοκου κώδικα που δημιουργείται από την συνύπαρξη περισσότερων αντικειμένων (ρομπότ) στον ίδιο κόσμο που το καθένα έχει τη δική του συμπεριφορά και αντιμετωπίζουν ζητήματα όπως ποιός κώδικας ανήκει σε ποιό ρομπότ σε ένα κωδικόγραμμα με περισσότερα του ενός αντικείμενα. (2^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Κατανόηση).

(κ) δημιουργούν κατηγορίες και κατατάσσουν σε αυτές τους διάφορους τρόπους διάδρασης ενός αντικειμένου με το περιβάλλον του, καταγράφοντας τις αλληλεπιδράσεις του με: (i) το πλαίσιο (τα όρια του εικονικού χώρου όπου δρα), (ii) με το υπόβαθρο (σκηνικό), (iii) με άλλα αντικείμενα που μοιράζονται τον ίδιο χώρο, (iv) με χρονικά συμβάντα και (v) με συμβάντα που προέρχονται από τον έξω από τον υπολογιστή κόσμο (π.χ. με συμβάντα που σχετίζονται με δράσεις του χρήστη). (6^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Δημιουργία).

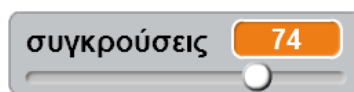
(λ) επεκτείνουν τη συμπεριφορά του προαναφερθέντος μυθικού Τάλως γράφοντας κώδικα που να το καθιστά ικανό να περιπολεί ακολουθώντας την ακτογραμμή της Κρήτης και αποδεικνύοντας έτσι ότι είναι αυτόνομο όταν το βάλουμε να περιπολεί ακολουθώντας τις ακτές της Κύπρου. Επίσης μπορεί να δραματοποιηθεί το πρόβλημα αν ακολουθηθεί ένας άλλος μύθος με πρώτο ρομποτικό χαρακτήρα την Αριάδνη που γνωρίζει (τον αλγόριθμο) που την οδηγεί στην έξοδο του λαβυρίνθου, δεύτερο το Θησέα που ακολουθεί το μίτο (ίχνος) της Αριάδνης και τρίτο χαρακτήρα το Μινώταυρο που θα τους καταδιώκει. (6^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Δημιουργία).

γ. Ο προγραμματισμός ενός τηλεχειριζόμενου ρομπότ

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

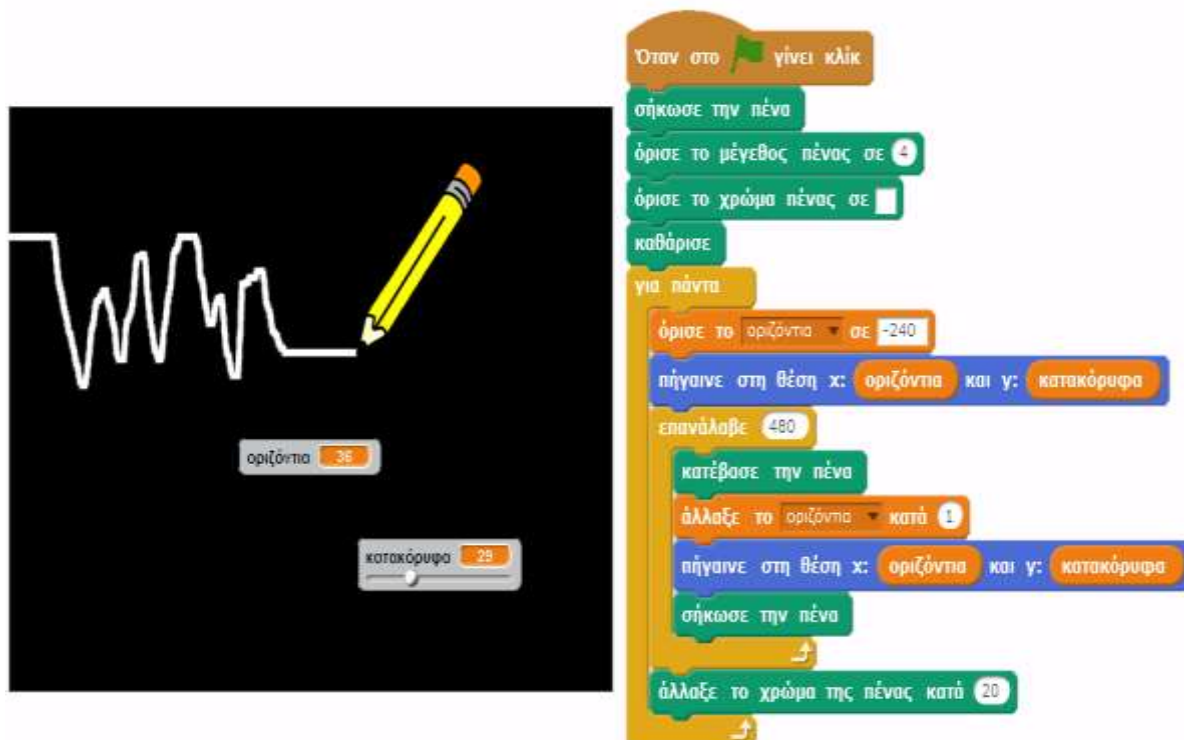
Σκοπός του σεναρίου είναι να διδαχθούν οι μαθητές την έννοια της μεταβλητής. Ως ενδιάμεσα βήματα στην προοπτική αυτού του σκοπού χρησιμοποιούνται δραστηριότητες όπου οι μαθητές:

(α) χρησιμοποιούν ως βάση την έννοια του “σκορ” με την οποία είναι εξοικειωμένοι από τα ηλεκτρονικά παιχνίδια που παίζουν και η οποία προκαλεί το ενδιαφέρον τους για να επινοήσουν έναν τρόπο να καταμετρείται μια ποσότητα π.χ. πόσες φορές το αυτόνομο ρομπότ αγγίζει τα όρια του πλαισίου. Έτσι δημιουργείται η ανάγκη να υπάρξει ένα αριθμητικό αποθετήριο (π.χ. το συγκρούσεις) στο οποίο φυλάσσεται και μπορεί να ανακαλείται η τιμή του πλήθους των συγκρούσεων π.χ. το 74 (σχήμα 8).



Σχήμα 8. Η απεικόνιση μιας μεταβλητής στο Scratch-2

Ο μηχανισμός αυτός ορίζεται ως μεταβλητή. Στη μεταβλητή φυλάσσεται η εκάστοτε τιμή που προκύπτει από κάποιο προγραμματιστικό συμβάν. Τέτοιο συμβάν μπορεί να είναι και η δράση του χρήστη που καθορίζει την τιμή χρησιμοποιώντας το μεταβολέα ολίσθησης στο κάτω μέρος της μεταβλητής δημιουργώντας γραφικές παραστάσεις (σχήμα 9). Στη συνέχεια μπορεί να αντικατασταθεί η μεταβλητή με την ένταση του ήχου του χώρου και να υπάρξει μια γραφική αναπαράσταση των ήχων του περιβάλλοντος. (2^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Κατανόηση).



Σχήμα 9. Η γραφική παράσταση (αριστερά) που δημιουργείται όταν ο χρήστης μετακινεί το δρομές της μεταβλητής «κατακόρυφο» κατά την εκτέλεση του προγράμματος (δεξιά)

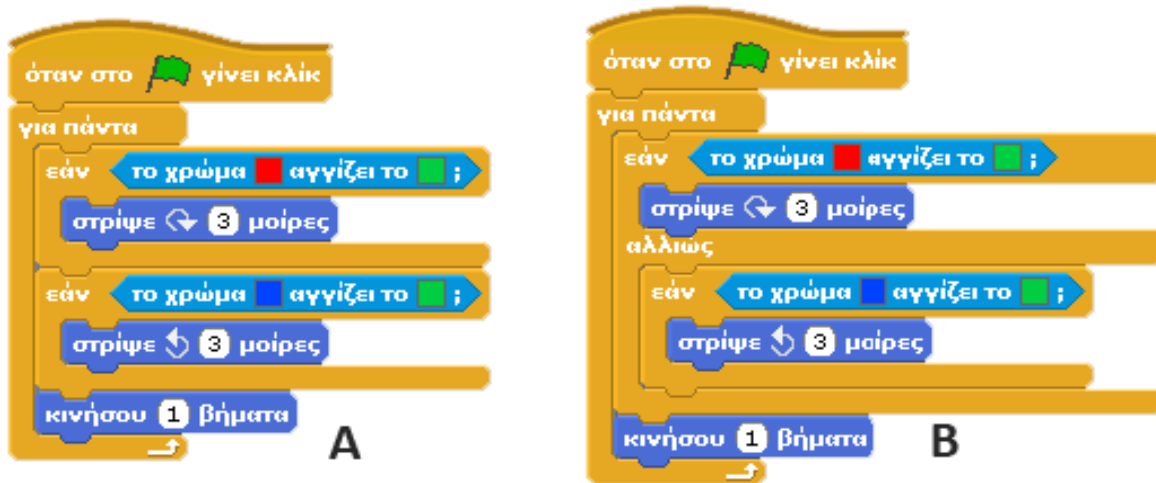
(β) αναζητούν προγραμματιστικό τρόπο και τις αντίστοιχες εντολές έτσι ώστε το ρομπότ να στρίβει ανάλογα με τις διαταγές του χρήστη τις οποίες δίνει πατώντας το αριστερό ή το δεξιό βελάκι στο πληκτρολόγιο. Κάποιος από τους μαθητές (είτε το ξέρει είτε το ανακαλύπτει πρώτος) δείχνει στους άλλους τις εντολές του Scratch «Εάν πατήθηκε το πλήκτρο ... τότε» ή «Όταν το πλήκτρο ... πατηθεί». Με την εντολή «Όταν το πλήκτρο ... πατηθεί» ασχολούνται οι μαθητές σε μελλοντικό σπείρωμα της σπειροειδούς προσέγγισης (σχήμα 10). (6^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Δημιουργία).



Σχήμα 10. Οι εντολές του Scratch «Εάν πατήθηκε το πλήκτρο ... τότε» και «Όταν το πλήκτρο ... πατηθεί»

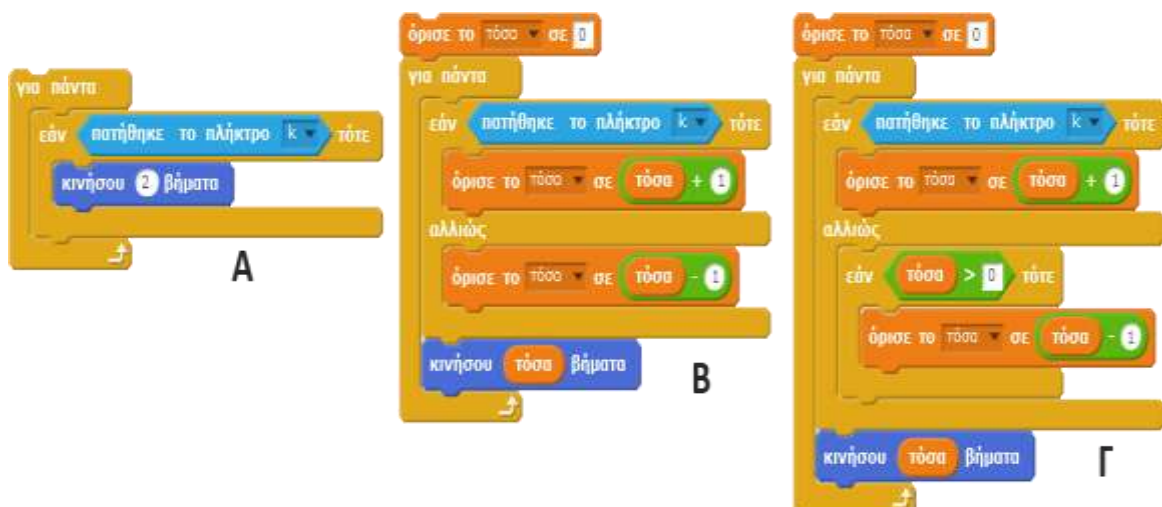
(γ) αναλύουν τον τρόπο λειτουργίας του χειρισμού ενός πραγματικού αυτοκινήτου, διακρίνουν τις δύο επιμέρους (παράλληλες) λειτουργίες, το χειρισμό του τιμονιού και το χειρισμό των πεντάλ γκάζι-φρένο, εφαρμόζουν το διαχωρισμό της μεταφορικής κίνησης από την (περι)στροφική στο ψηφιακό μοντέλο που αυτοί σχεδιάζουν. Η μέθοδός τους για την ανάπτυξη του προγράμματος γίνεται με προσέγγιση από κάτω προς τα πάνω και με κλιμακούμενης δυσκολίας βήματα εφαρμόζοντας την τεχνική δοκιμής-σφάλματος. Έτσι για την προσομοίωση της στροφής εύκολα φτάνουν στον κώδικα του σχήματος 11^A και υποβοηθούμενοι από τον εκπαιδευτικό φτάνουν στον κώδικα του σχήματος 11^B

επαναλαμβάνοντας και εμπαιδώνοντας τις διάφορες μορφές της εντολής επιλογής που διδάχθηκαν σε προηγούμενο σενάριο (6^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Δημιουργία).



Σχήμα 11. Ο κώδικας που στρίβει το ρομπότ με την εντολή «Εάν ...» (αριστερά) και την εντολή «Εάν ... αλλιώς...» (δεξιά).

(δ) διαπιστώνουν κατά τον έλεγχο του κώδικα (σχήμα 12^Α) ότι η κίνηση του ρομπότ παρουσιάζει κάποιες ανεπιθύμητες συμπεριφορές, όπως ότι η κίνηση του ρομπότ ξεκινά ακαριαία όταν πατιέται το πλήκτρο k (το γκάζι) και σταματά ακαριαία όταν αφήνεται το πλήκτρο k. Έτσι προκύπτει η ανάγκη να μεταβάλεται σταδιακά η σταθερή τιμή 2 της εντολής «κινήσου 2 βήματα» . Αλλά εδώ παρατηρείται μια εννοιολογική σύγκρουση: πως θα μεταβάλλεται κάτι που είναι σταθερό; Η λύση σε αυτό δίνεται με τη χρήση του μηχανισμού της μεταβλητής «τόσα» και τη χρήση του στην εντολή «κινήσου τόσα βήματα» . Εννοείται ότι υπάρχει η δυνατότητα είτε να οριστεί η τιμή της μεταβλητής «τόσα» με την εντολή «όρισε το τόσα σε ...», είτε να αλλάζει η τιμή της μεταβλητής «τόσα» με την εντολή «άλλαξε το τόσα κατά ...».



Σχήμα 12. Φάσεις εξέλιξης του κώδικα που ρυθμίζει το πάτημα του γκαζιού

Υιοθετώντας αυτές τις αλλαγές ο κώδικας διαμορφώνεται όπως φαίνεται στο σχήμα 12^B. Διαπιστώνουν κατά τον έλεγχο του προγράμματος ότι το ρομπότ κινείται προς τα πίσω. Προτείνεται να κάνουν «αναπαράσταση του εγκλήματος» παίζοντας το ρόλο του υπολογιστή και να «τρέξουν το πρόγραμμα με το χέρι» χρησιμοποιώντας ένα πίνακα τιμών για τις τιμές που θα παίρνει η μεταβλητή «τόσα» στις διάφορες καταστάσεις που μεταπίπτει το σύστημα. Διαπιστώνουν, εκτελώντας βήμα-βήμα το πρόγραμμα, ότι ξεκινώντας το πρόγραμμα και μη έχοντας προλάβει να πατήσουν το πλήκτρο k, η τιμή της μεταβλητής «τόσα» από μηδέν που ήταν αρχικά μειώνεται συνεχώς και έτσι εξηγείται η κίνηση του ρομπότ προς τα πίσω. Αναζητούν τρόπους για να ελεγχθεί αυτή η κατάσταση και να επιλύσουν το πρόβλημα. Αν δεν τα καταφέρουν ο εκπαιδευτικός μπορεί να βοηθήσει, τονίζοντας τη λέξη «ελεγχθεί» και αν και ούτε τότε τα καταφέρουν χρησιμοποιεί την ημιτελή φράση «Αν το ρομπότ κινείται τότε να γίνεται η μείωση...», οπότε καταλήγουν στον κώδικα του σχήματος 12^Γ. Τροποποιούν το πρόγραμμα (κλιμακώνοντας τη δυσκολία του προβλήματος), με ανάλογο τρόπο σκέψης ώστε, εάν ο χρήστης πατήσει το πλήκτρο j (που αντιστοιχεί στο φρένο), το ρομπότ να φρενάρει όχι ακαριαία, αλλά πιο βίαια από όταν αφήνεται στην αδράνειά του (6^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Δημιουργία).

(ε) διαπιστώνουν την ανάγκη για εννοιολογική ονοματολογία των μεταβλητών. «Ποιό πρέπει να είναι το όνομα μιας μεταβλητής, να είναι σύντομο, κωδικοποιημένο ή περιγραφικό και γιατί;» Σε μια μελέτη περίπτωσης αναζητούν εναλλακτικά ονόματα για τις μεταβλητές «συγκρούσεις» και «τόσα» κατά την οποία με ένα καταιγισμό ιδεών αναδύονται προβληματισμοί όπως το «τόσα» εκφράζει/φαίνεται ή είναι ταχύτητα και αν είναι γιατί μετριέται σε βήματα (μονάδα μήκους); Μέσα από το διάλογο και την αντιπαράθεση επιχειρημάτων προκύπτει η ανάγκη συμβιβασμού μεταξύ του ιδανικού και του εφικτού (4^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Ανάλυση).

(στ) διακρίνουν στα πλαίσια μιας διεπιστημονικής προσέγγισης, τη διαφορά του μηχανισμού της ευθύγραμμης κίνησης που περιγράφει ο κώδικας που έγραψαν (επιταχυνόμενη κίνηση με αριθμητικό βήμα προόδου) με σχετική θέση (κινήσου ... βήματα) από αυτή που διδάσκονται στη φυσική (ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση με γεωμετρικό βήμα προόδου) σε απόλυτη θέση (πήγαινε στη θέση x:... και y:...). Η διάκριση γίνεται συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της λειτουργίας του δικού τους κώδικα με την επίδειξη ενός κώδικα που έχει φτιάξει ο εκπαιδευτικός και υλοποιεί την ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση ενός αντικειμένου. (4^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Ανάλυση).

(ζ) διαπιστώνουν την ανάγκη οργάνωσης των δεδομένων σε δομές ανάλογα αν πρόκειται για ομοειδή δεδομένα π.χ. λίστα με τις διαδοχικές συντεταγμένες ενός ρομπότ ή ανόμοια δεδομένα π.χ. «εγγραφές» με τις εκάστοτε τιμές των συντεταγμένων x, y, την κατεύθυνση του προσανατολισμού και τον αύξοντα αριθμό της ενδυμασίας ενός αντικειμένου (σχήμα 13) και αξιολογούν τα διαχειριστικά πλεονεκτήματα του διαχωρισμού των δεδομένων από τον αλγόριθμο. (5^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Αξιολόγηση).

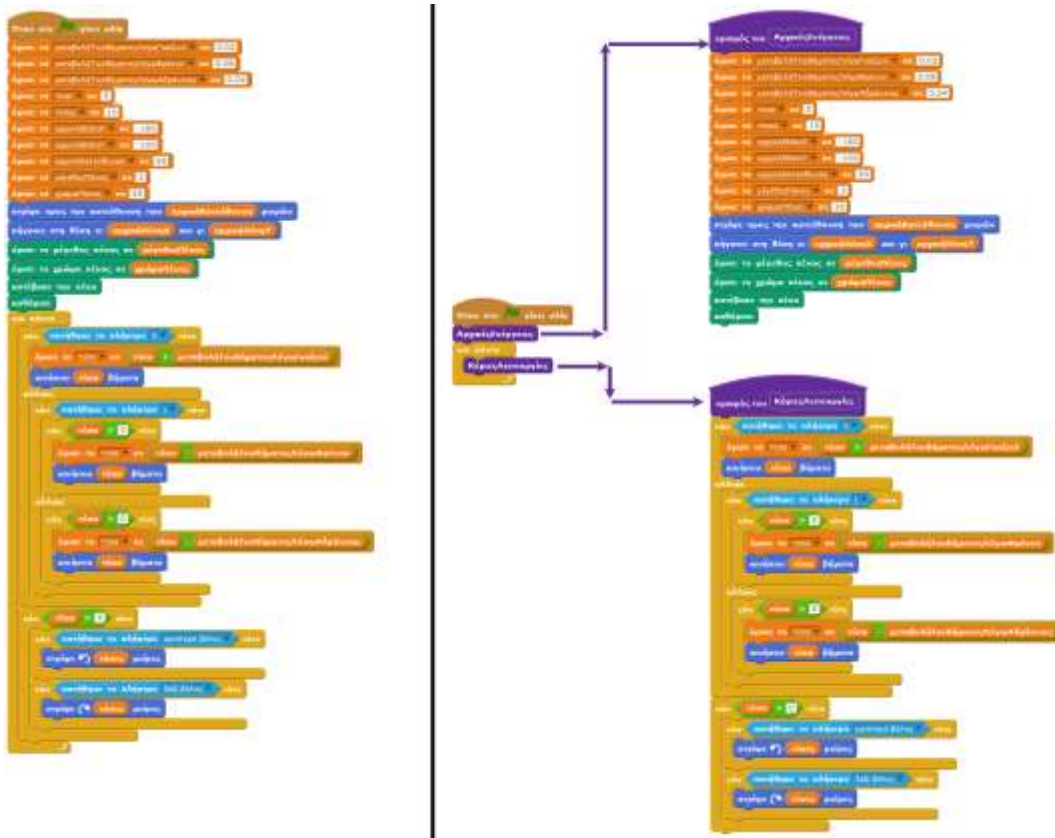


Σχήμα 13. Ανόμοια δεδομένα θεωρούμενα ως «εγγραφές» όπως οι συντεταγμένες x και y, η κατεύθυνση και ο α.α. της ενδυμασίας ενός αντικειμένου

δ. Διαίρει και βασίλευε με διαδικασίες

Όταν ολοκληρωθεί το σενάριο οι μαθητές θα έχουν μετατρέψει το δύσκολα χειριζόμενο μεγάλο ενιαίο πρόγραμμα σε ένα τμηματικά αρθρωτό και ιεραρχικά δομημένο σύνολο ευέλικτων υποπρογραμμάτων πιο εύκολα διαχειρίσιμων.

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



Σχήμα 14. Ο ενιαίος κώδικας (αριστερά) διαχωρίζεται σε δύο διαδικασίες που αντιστοιχούν στις αρχικές ενέργειες και τις κύριες λειτουργίες που καλούνται από το κυρίως πρόγραμμα (δεξιά)

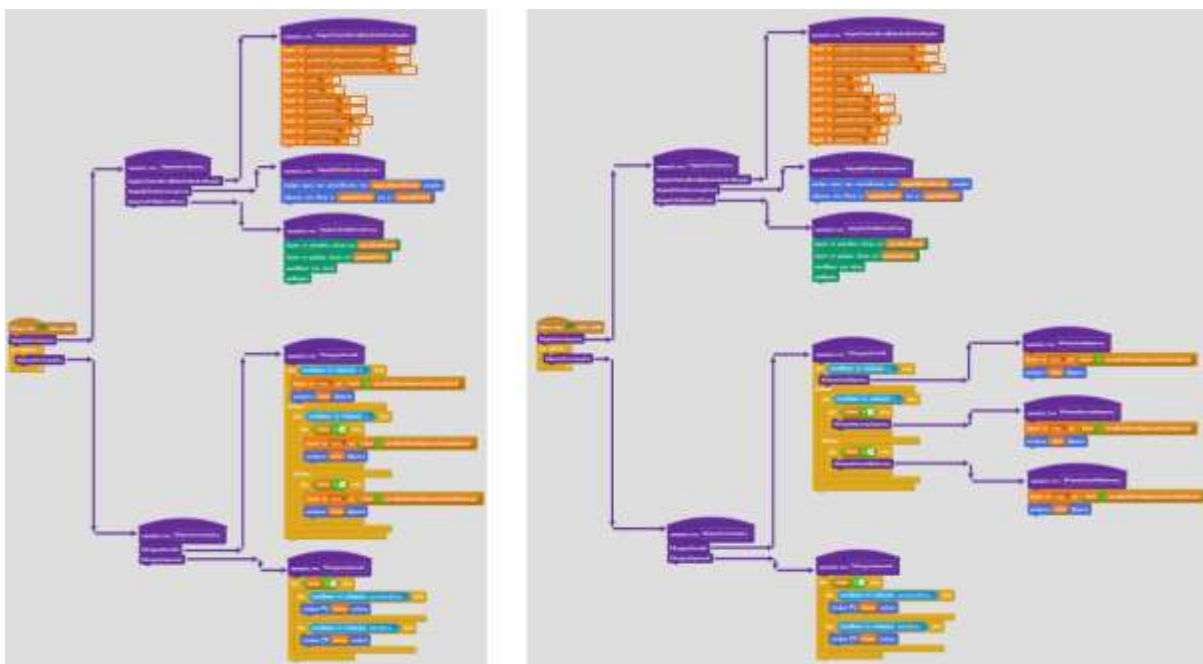
(α) διαπιστώνουν ότι διαφορετικά τμήματα του μεγάλου κώδικα επιτελούν διακριτές λειτουργίες, τα επανασχεδιάζουν οριζοντάς τα ως διαδικασίες και τα συναρμολογούν σε ενιαίο πρόγραμμα που τις καλεί (σχήμα 14). Με τον τρόπο αυτό σταθμίζουν τα ευεργετικά αποτελέσματα του τμηματικού προγραμματισμού.

Επίσης διαπιστώνουν την ομοιότητα του τρόπου με τον οποίο ορίζονται και καλούνται οι διαδικασίες σε διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού (σχήμα 15). (6^ο επίπεδο ταξινομίας του Bloom – Δημιουργία).



Σχήμα 15. Η ίδια διαδικασία σε Scratch-2 (αριστερά), TurtleArt (κέντρο) και StarLogo TNG (δεξιά)

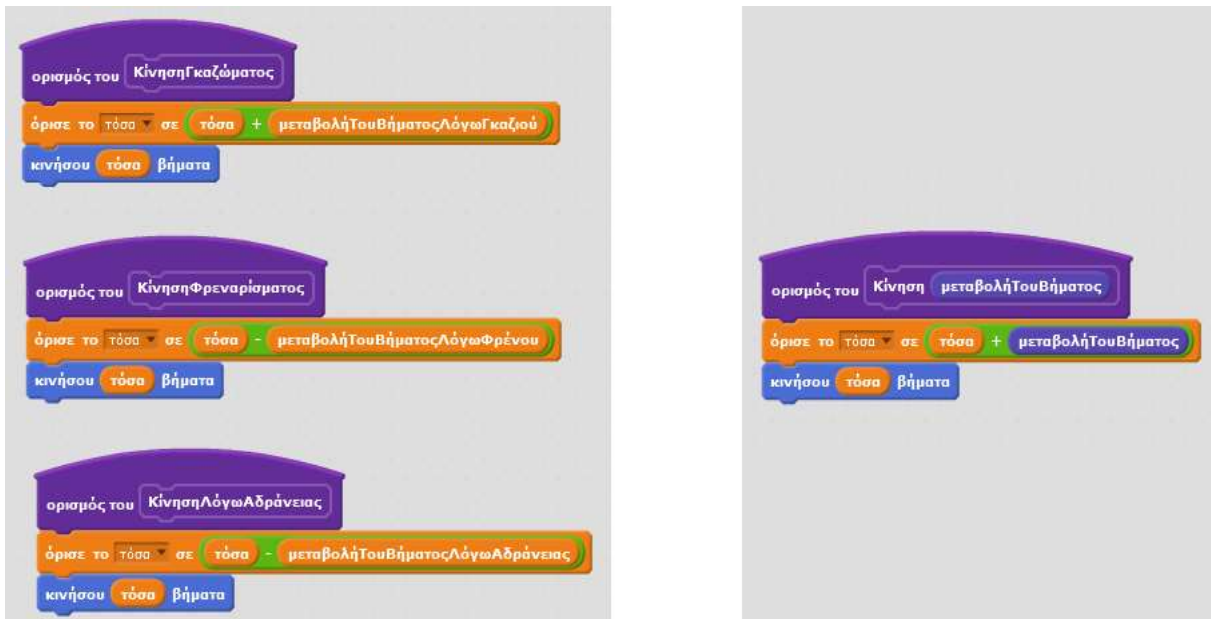
(β) υποδιαιρούν περαιτέρω τα τμήματα (modules) που αναπτύχθηκαν στο αρχικό στάδιο σε μια κατεύθυνση ανάλυσης από το γενικό και αφηρημένο προς το ειδικό και συγκεκριμένο. Με αυτό τον τρόπο αναδεικνύουν την ιεραρχική οργάνωση με την οποία δομούνται τα τμήματα και η οποία «κρύβεται» μέσα στον αλγόριθμο, οδηγούμενοι στο μοντέλο του ιεραρχικού προγραμματισμού όπως φαίνεται στο σχήμα 16 (6^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Δημιουργία).



Σχήμα 16. Περαιτέρω διαίρεση του κώδικα σε δύο επίπεδα (αριστερά) και τρία επίπεδα (δεξιά)

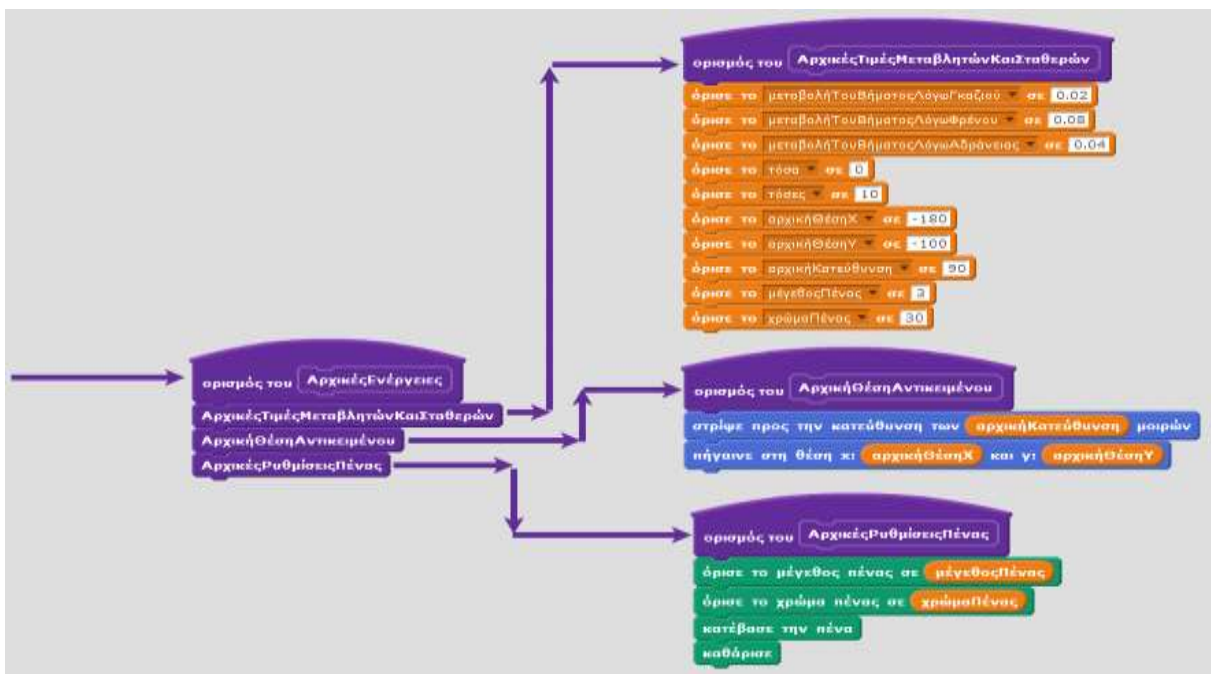
(γ) εντοπίζουν με αυτή την ανάλυση, περιοχές του κώδικα που είναι ίδιες και επαναλαμβάνονται σε διάφορα σημεία του προγράμματος, τις οποίες ορίζουν ως διαδικασίες που επαναχρησιμοποιούν καλώντας τις. (6^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Δημιουργία).

(δ) εντοπίζουν τμήματα του κώδικα που παρουσιάζουν σημαντικές δομικές ομοιότητες, τα οποία συγχωνεύουν σε κοινό κώδικα με παραμετροποίηση των διαδικασιών που τα υλοποιούν (σχήμα 17), οδηγούμενοι έτσι σε διαδικασίες-πολυεργαλεία. (6^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Δημιουργία).



Σχήμα 17. Οι τρεις διαδικασίες αριστερά παρουσιάζουν δομικές ομοιότητες και με παραμετροποίηση μπορούν να αντικατασταθούν από μια (δεξιά)

(ε) διαπιστώνουν ότι η δενδροειδής δομή που αναδείχθηκε με την ανάλυση και στην οποία σε κάθε ανώτερο επίπεδο γίνεται απόκρυψη των λεπτομερειών, καταλήγει σε ένα τέτοιο σημείο στο οποίο το καθήκον που πρέπει να επιτελεστεί αντιστοιχεί στα καθήκοντα απλών εντολών της γλώσσας προγραμματισμού όπως φαίνεται στο σχήμα 18 (4^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Ανάλυση).



Σχήμα 18. Η πλήρης ανάλυση σε επιμέρους διαδικασίες οδηγεί σε σημείο που το επιτελούμενο καθήκον υλοποιείται από απλές εντολές (ιδίου σκοπού – χρώματος)

ε. Προσθήκη λειτουργικότητας με εμφύτευση αρθρωμάτων

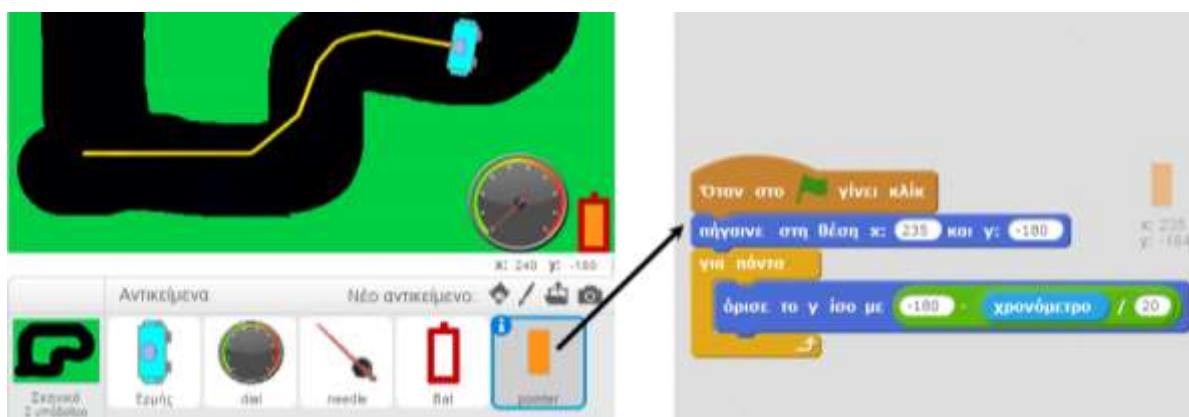
Όταν ολοκληρωθεί το σενάριο οι μαθητές θα έχουν εξελίξει το πρόγραμμα με την προσθήκη αρθρωμάτων (διαδικασιών ή αντικειμένων) έτσι ώστε να αυξηθεί η λειτουργικότητά του.

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

(α) αναγνωρίζουν το κριτήριο της περατότητας του κώδικα, συζητούν αν αυτό ισχύει γενικά στον προγραμματισμό ή μόνο στο δομημένο προγραμματισμό και επεκτείνουν τη λειτουργικότητα του προγράμματος εισάγοντας επιπρόσθετα τη λειτουργία εκκίνησης του ρομπότ με «μίζα». Διαπιστώνουν ότι η μικρή αυτή εισαγωγή λειτουργικότητας προκαλεί τροποποίηση και προσθήκη κώδικα σε πολλαπλά σημεία του προγράμματος (στις αρχικές ενέργειες, στην κύρια επεξεργασία και στις τελικές ενέργειες). Ερμηνεύουν γιατί χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί μια μεταβλητή στο ρόλο του «κλειδιού» για να «ανάψει» η μηχανή και άλλη για να «σβήσει», αναζητώντας τη λύση στη σύγκριση των τάξεων μεγέθους του χρόνου εκτέλεσης του προγράμματος και του χρόνου αντίδρασης του χρήστη. (4^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Ανάλυση).

(β) αναμορφώνουν σε τμήματα το ενιαίο πρόγραμμα, καθιστώντας το πιο ευανάγνωστο και συνεπώς ευκολότερα διαχειρίσιμο, παρά το γεγονός της προσθήκης περισσότερων πρόσθετων λειτουργιών (όπως το να προσαρμόζεται η ταχύτητα του ρομπότ ανάλογα με το αν βρίσκεται εντός-εκτός δρόμου, αν στρίβει ή κινείται ευθύγραμμα, αν είναι σε ανηφόρα ή κατηφόρα, αν λειτουργεί «κόφτης» ταχύτητας). Στα πλαίσια της σπειροειδούς προσέγγισης και με διεπιστημονική προοπτική, μπορεί να αλλάξει ο μηχανισμός κίνησης του ρομπότ (από τη βάση της γεωμετρίας της χελώνας που λειτουργούσε μέχρι εκείνο το σημείο) και να επανασχεδιαστεί χρησιμοποιώντας το μοντέλο της ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης από τη φυσική. (6^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Δημιουργία).

(γ) δημιουργούν διαφορετικά αντικείμενα που τα συναρμολογούν (ομαδοσυνεργατικά εφαρμόζοντας τη μέθοδο jigsaw εργαζόμενοι σε ρόλους επιμέρους υποκατασκευαστών) και τα οποία λειτουργούν ως εξαρτήματα ενός ρομπότ. Τα εξαρτήματα αναπτύσσονται σε διαφορετικά αρχεία του Scratch και στη συνέχεια εισάγονται στο βασικό αρχείο ως πρόσθετα αντικείμενα. Τέτοια αντικείμενα μπορεί να είναι εικονικά όργανα που απεικονίζουν π.χ. την ταχύτητα του ρομπότ, την ένδειξη της κατανάλωσης, ένας ταχογράφος, την ένδειξη της κλίσης του εδάφους κ.λπ. (σχήμα 19). (6^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Δημιουργία).

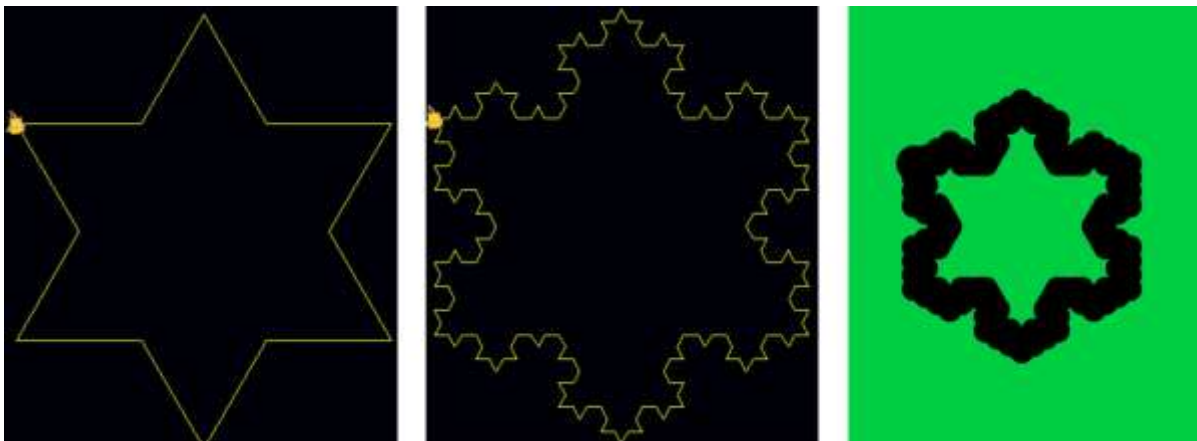


Σχήμα 19. Πρόσθετα αντικείμενα που λειτουργούν ως δείκτης κατανάλωσης του ρομπότ

(δ) αξιολογούνται με εργασίες επίλυσης συνθέτων προβλημάτων που απαιτούν χρόνο και για αυτό τους δίδονται ως «μισοψημένα σενάρια». Παραδείγματα τέτοιων ασκήσεων θα μπορούσαν να είναι το όχημα να μην κινείται αλλά να παραμένει σταθερό στο κέντρο της οθόνης και να είναι το υπόβαθρο που κινούμενο δημιουργεί την αίσθηση της κίνησης, το ρομπότ να ρυμουλκεί περισσότερα του ενός παρελκόμενα αντικείμενα κ.λπ. (3^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Εφαρμογή).

(ε) σχεδιάζουν, αναπτύσσουν, δοκιμάζουν και εφαρμόζουν διεπαφές από το χώρο του physical computing ώστε να χειρίζονται το εικονικό ρομπότ με τη χρήση ηλεκτρονικών πλακετών. Κατασκευάζουν είτε αυτοσχέδια χειριστήρια (π.χ. ένα τιμόνι μπορεί να υλοποιηθεί με ένα αναλογικό ποτενσιόμετρο στροφής συνδεδεμένο σε ricroboard ή arduino) είτε όργανα ενδείξεων (π.χ. το κοντέρ της ταχύτητας αντιστοιχεί σε μια σειρά leds οδηγούμενα από arduino). Διακρίνουν τις συσκευές αυτές σε συσκευές εισόδου και συσκευές εξόδου δεδομένων (6^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Δημιουργία).

(στ) πειραματίζονται με διάφορες τιμές των παραμέτρων του κώδικα (π.χ. μέγεθος σχήματος, πάχος και χρώμα γραμμής, πολλαπλότητα κλήσης) σε αναδρομικούς αλγορίθμους που σχεδιάζουν τις πίστες-δρόμους του παιχνιδιού, π.χ. με τις καμπύλες Koch όπως φαίνεται στο σχήμα 20 (Μικρόπουλος & Λαδιάς, 2000), χρησιμοποιώντας τους ως «μαύρα κουτιά». Συζητούν και σχολιάζουν το πως μικρές αλλαγές στην είσοδο ενός συστήματος επιφέρουν τεράστια αποτελέσματα. (4^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Ανάλυση).



Σχήμα 20. Η καμπύλη Koch με βαθμό αναδρομικής κλήσης 1 (αριστερά), με βαθμό αναδρομικής κλήσης 3 (κέντρο) και ως πίστα (δεξιά)

(ζ) σχεδιάζουν το μοντέλο επικοινωνίας μεταξύ των αντικειμένων που χρησιμοποιούνται, οι κώδικες των οποίων πρέπει να συγχρονίζονται καθώς εκτελούνται παράλληλα και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ενεργοποιούμενοι από διάφορα συμβάντα. (6^ο επίπεδο ταξινόμιας του Bloom – Δημιουργία).

στ. Παράλληλος προγραμματισμός και καθοδηγούμενος από γεγονότα

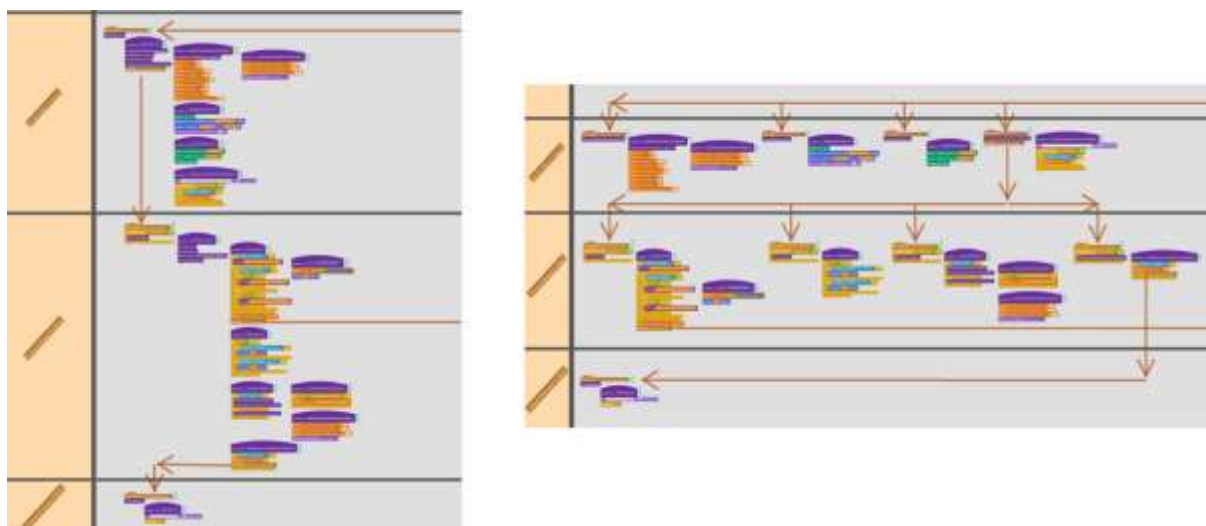
Με την ολοκλήρωση του σεναρίου οι μαθητές ολοκληρώνουν την κατασκευή ενός ηλεκτρονικού παιχνιδιού με αγώνες εικονικών ρομπότ: αυτόματων, αυτόνομων και τηλεχειριζόμενων.

Σκοπός του σεναρίου είναι να εξοικειωθούν οι μαθητές με τον καθοδηγούμενο από τα γεγονότα παράλληλο προγραμματισμό και τον προγραμματισμό που βασίζεται σε αντικείμενα (object based programming). Ενδιάμεσα βήματα στην προοπτική αυτού του σκοπού χρησιμοποιούνται δραστηριότητες όπου οι μαθητές:

(α) διακρίνουν και κατατάσσουν με κριτήριο τα διαδραστικά τους χαρακτηριστικά τα αυτόματα, αυτόνομα και τηλεχειριζόμενα ψευδο-ρομπότ, δημιουργώντας για αυτό το σκοπό εννοιολογικό χάρτη. (4^ο επίπεδο ταξινομίας του Bloom – Ανάλυση).

(β) δημιουργούν νοητικό χάρτη -συνεργαζόμενοι όλοι μαζί με χρήση διαδραστικού πίνακα- στον οποίο αναλύουν τον κώδικα του τηλεχειριζόμενου ρομπότ, με σκοπό να εντοπίσουν ποιιά τμήματά του αντιστοιχούν σε φυσικές διεργασίες που εκτελούνται σειριακά και ποιές παράλληλα, π.χ. οι αρχικές ενέργειες, οι κύριες λειτουργίες και οι τελικές ενέργειες εκτελούνται διαδοχικά, ενώ οι χειρισμοί του τιμονιού, των πεντάλ και του κλειδιού-μίζας αντιστοιχούν σε διεργασίες που γίνονται ταυτόχρονα. Τροποποιούν, με βάση αυτή τη διαπίστωση, στον υπάρχοντα κώδικα τα τμήματα που αντιστοιχούν σε φυσικές διεργασίες που λειτουργούν παράλληλα, σε τμήματα παράλληλου κώδικα, χρησιμοποιώντας συμβάντα. Παρουσιάζουν το διαμορφωμένο πρόγραμμα σε κωδικόΟραμα δημιουργώντας το με τη χρήση προγραμμάτων όπως η ζωγραφική, το excel, το prezi εφαρμόζοντας τη χρήση των ΤΠΕ στην υπηρεσία της πληροφορικής και ειδικότερα του προγραμματισμού, διακρίνοντας έτσι τις ΤΠΕ από την Πληροφορική (6^ο επίπεδο ταξινομίας του Bloom – Δημιουργία).

(γ) διακρίνουν τον δομημένο και σειριακό προγραμματισμό από τον παράλληλο και βασιζόμενο σε γεγονότα (event driven) προγραμματισμό αναδεικνύοντας τη διαφορά της χρήσης της εντολής «Εάν» από την εντολή «Όταν» που παραπέμπει στις μεθόδους interrupt και rolling των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου (Λαδιάς & Μικρόπουλος 1998) (4^ο επίπεδο ταξινομίας του Bloom – Ανάλυση).



Σχήμα 21. Αριστερά φαίνεται απόσπασμα από το κωδικόΟραμα που αντιστοιχεί στο σειριακό δομημένο πρόγραμμα και δεξιά το ισοδύναμό του που βασίζεται σε παράλληλο προγραμματισμό και καθοδηγούμενο από γεγονότα

(δ) δημιουργούν δύο κωδικΟράματα (το πρώτο αντιστοιχεί στο αρχικό σειριακό πρόγραμμα και το άλλο στην παράλληλη και βασισμένη σε γεγονότα εκδοχή του) για να γίνει εμφανής η

διαφορά μεταξύ του δομημένου / σειριακού προγραμματισμού και του παράλληλου / καθοδηγούμενου από τα γεγονότα (σχήμα 21), τα οποία έχουν αναπτυχθεί από δύο διαφορετικές ομάδες μαθητών. Στη συνέχεια παρουσιάζουν τα δύο κωδικΟράματα, τα αντιπαραβάλλουν, τα συγκρίνουν και συζητούν πιο είναι καταλληλότερο και υπό ποιές συνθήκες. (6^ο επίπεδο ταξινομίας του Bloom – Δημιουργία).

(ε) ολοκληρώνουν την κατασκευή του ηλεκτρονικού παιχνιδιού σε ένα ενιαίο πρόγραμμα ενσωματώνοντας αφενός κώδικες κλώνων αυτομάτων και αυτόνομων ψευδο-ρομπότ και αφετέρου αντίγραφα αντικειμένων τηλεχειριζόμενων ψευδο-ρομπότ. Διαχειρίζονται, βελτιώνουν και συντηρούν ένα πολύπλοκο πρόγραμμα. Αναδεικνύονται σε κατασκευαστές-παραγωγοί ενός παιχνιδιού υψηλής τεχνολογίας με το οποίο παίζουν αυτοί και οι φίλοι τους και το βελτιώνουν συνεχώς επαναπρογραμματίζοντας το (6^ο επίπεδο ταξινομίας του Bloom – Δημιουργία).

Δείγμα και διαδικασία

Το υψηλό επίπεδο της αναθεωρημένης ταξινομίας του Bloom στο οποίο αντιστοιχεί η κάθε δραστηριότητα (παρατίθεται στο τέλος κάθε δραστηριότητας) αποδεικνύει την υψηλή στόχευση του εκπαιδευτικού υλικού που περιγράφηκε.

Το υλικό παρουσιάστηκε σε εκπαιδευτικούς πληροφορικής σε δύο τριώρα 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 και στο ερωτηματολόγιο αξιολόγησης απάντησαν 128 εκπαιδευτικοί. 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 διδακτικό/παιδαγωγικό μέρος των σεναρίων έχουν αποτιμηθεί στην κλίμακα Likert, ανάλογα με το βαθμό αποδοχής από τους εκπαιδευτικούς (βαθμός 5 - υψηλή αποδοχή έως βαθμός 1 - χαμηλή αποδοχή).

Αποτελέσματα

Οι ερωτήσεις ξεκινούν με «Η σειρά των σεναρίων ανταποκρίθηκε...» και οι απαντήσεις είναι οι εξής:

- Απαντήσεις που έλαβαν βαθμό 5 –υψηλή αποδοχή είναι:

1. ... στην ενίσχυση της ανακαλυπτικής μάθησης καθώς τα παιδιά μαθαίνουν πώς να εξερευνούν το προγραμματιστικό περιβάλλον;
2. ... στην εμπλοκή των μαθητών σε διαδικασίες επίλυσης αυθεντικών προβλημάτων που απαιτούν κριτική/αλγοριθμική σκέψη;
3. ... στο να δίνει στα παιδιά νόημα σε αυτό που κάνουν;
4. ... στην κατασκευή και ολοκλήρωση ενός ψηφιακού παιχνιδιού;
5. ... στη δημιουργία μαθησιακών σκαλωσιών και οδηγούν τους μαθητές μέσα από βαθμωτής δυσκολίας καταστάσεις να αποκτήσουν γνώσεις προγραμματισμού Η/Υ;
6. ... στο να μπορέσουν οι μαθητές να παρατηρήσουν πως εξελίσσεται η σκέψη τους και να αναστοχαστούν συνειδητοποιώντας τον τρόπο που μαθαίνουν;

7. ... στο να ωθήσει τους μαθητές να σχεδιάσουν και να πειραματιστούν με μοντέλα που κατασκευάζουν και διαρκώς βελτιώνουν;
 8. ... στην προσομοίωση της κίνησης ενός τηλεκατευθυνόμενου ρομπότ από κάποιον χρήστη;
 9. ... στην κατανόηση την ολότητας του προβλήματος με την παρουσίαση ολόκληρου του κώδικα όλων των αντικειμένων με τη χρήση κωδικΟραμάτων;
- Απαντήσεις που έλαβαν βαθμό 4 – σχετικά υψηλής αποδοχής είναι:
 1. ... στην παρουσίαση της τεχνικής χρήσης παιχνιδιών ρόλων;
 2. ... στην παρουσίαση/χρήση της τεχνικής του καταιγισμού ιδεών;
 3. ... στη βιωματική διδασκαλία υπό μορφή project;
 4. ... στην εμπλοκή των μαθητών σε διαδικασίες επίλυσης αυθεντικών προβλημάτων που απαιτούν δημιουργική σκέψη;
 - Απαντήσεις με αποδοχή μικρότερη του βαθμού 4 δεν υπήρξαν.

Συμπεράσματα

Η σειρά των προτεινόμενων σεναρίων έχουν ως σκοπό να διδάξουν στους μαθητές της υποχρεωτικής εκπαίδευσης αυτές καθαυτές τις αρχές του προγραμματισμού. Όμως ταυτόχρονα, όπως φαίνεται από τις θετικές απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο, ως παράπλευρες ωφέλειες αυτών των σεναρίων, οι μαθητές εμπλέκονται σε μαθησιακές διαδικασίες με παιχνίδια ρόλων και καταιγισμό ιδεών, κατά τις οποίες εργαζόμενοι ομαδοσυνεργατικά, βιώνουν εμπειρίες μέσα από την επίλυση αυθεντικών και γι αυτό ελκυστικών προβλημάτων, η λύση των οποίων τους χαρίζει τη χαρά της δημιουργίας μιας δικής τους κατασκευής παιχνιδιών, μετατρέποντάς τους από καταναλωτές σε παραγωγούς προϊόντων υψηλής τεχνολογίας.

Μια ενδιαφέρουσα προοπτική θα ήταν τα σενάρια αυτά να εφαρμοστούν σε πραγματικά εκπαιδευτικά ρομπότ ώστε οι μαθητές να διαπιστώσουν και τις επιπλέον δυσκολίες της εφαρμογής στον πραγματικό κόσμο όλων αυτών που σχεδίασαν στον ιδανικό ψηφιακό κόσμο. Σε μια τέτοια προοπτική θα μπορούσαν τα ρομπότ να προγραμματιστούν για να παίξουν ποδόσφαιρο ή για να εκτελέσουν μια χορογραφία.

Αναφορές

- Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into practice*, (41(4), 212-218
- 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
- Papert, S. (1990). *Νοητικές Θύελλες*. Αθήνα: Οδυσσέας.
- Βασιλοπούλου, Σπ., Φωτιάδης Δ., & Λαδιάς Αν. (2016). Παρουσίαση του εθελοντικού προγράμματος διδασκαλίας προγραμματισμού "Marathon Project" σε μαθητές της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. *Πρακτικά Εργασιών 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Καθηγητών Πληροφορικής*, Ναύπλιο 15-17 Απριλίου 2016.

- Λαδιάς, Αν. (2013). Αυτοσχέδιο interface οδήγησης. *Ομιλία-παρουσίαση στην ημερίδα «Τεχνολογίες και Περιβάλλοντα μάθησης» του ΚΕ ΠΛΗΝΕΤ Πειραιά* στο Ζάννειο Λύκειο την 24^η Απριλίου 2013.
- Λαδιάς, Αν. (2015). Παίζω-Μαθαίνω: Μαθαίνω διασκεδάζοντας ή/και διασκεδάζω μαθαίνοντας. *Ομιλία-παρουσίαση 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 Αυτομάτου Ελέγχου. Η “software” άποψη. *RAM*, No 3.
- Λαδιάς, Αν., & Ρεπαντής, Β. (2013). Διδακτικές προσεγγίσεις στην πληροφορική με ΤΠΕ. *Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της ΠΕΣΣ, Κόρινθος*.
- Λαδιάς, Αν., Παπαδόπουλος, Γ., & Φωτιάδης, Δ., (2016). ΚωδικόΌραμα: Εργαλείο για την ανάπτυξη οπτικού προγραμματισμού σε Scratch. *Πανελλήνιο Συνέδριο “Ψηφιακό Εκπαιδευτικό Υλικό και Ηλεκτρονική Μάθηση 2.0”*. Κόρινθος, 26-27 Μαρτίου 2016.
- Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης (2011). «Πλαίσιο Αναφοράς» του Μείζονος Προγράμματος Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. Αθήνα
- Μικρόπουλος, Αν., & Λαδιάς, Αν. (2000). *Η Logo στην εκπαιδευτική διαδικασία*. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. ISBN 960-233-040-6
- Τζιμογιάννης, Α., Κόμης, Β., Φεσάκης, Γ., Αγγελής, Α., Κωστάκος, Α., Λαδιάς, Αν., Πανσεληνάς, Γ., Βραχνός, Ε., Γόγουλου, Α., Λιακοπούλου, Ε., & Τσιωτάκης, Π. (2011). *Πρόγραμμα Σπουδών για τον Πληροφορικό Γραμματισμό στο Γυμνάσιο*. Αθήνα.
- Φωτιάδης, Δ., Παπαδόπουλος, Γ., & Λαδιάς, Αν., (2016). Παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού της κοινότητας μάθησης «Σενάρια Διδασκαλίας σε Περιβάλλοντα Οπτικού Προγραμματισμού με Πλακίδια». *Έρκυνα, Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών - Επιστημονικών Θεμάτων, Τεύχος 8*, 187-204. Ανακτήθηκε από <http://www.erkyna.gr>.