

Εκπαιδευτική Ρομποτική για την κατανόηση των μεταβλητών στα Μαθηματικά

Αικατερίνη Καρακωνσταντάκη
akarakonst@sch.gr
Εκπαιδευτικός Πληροφορικής-Μαθηματικών

Περίληψη

Η μεταβλητή αποτελεί μια μαθηματική έννοια, όπου οι μαθητές του Γυμνασίου δυσκολεύονται να κατανοήσουν. Ο κύριος στόχος της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει τη συμβολή της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην κατανόηση μαθηματικών εννοιών, όπως εκείνη της μεταβλητής. Η κατασκευή ενός ρομποτικού καταπέλτη, δημιουργεί ένα περιβάλλον ενεργούς μάθησης, μέσω του οποίου οι μαθητές αξιοποιώντας τις μεθόδους της παρατήρησης και της δοκιμασίας, αντιλαμβάνονται παραστατικά πως μεταβάλλεται ένα μέγεθος σε σχέση με κάποιο άλλο. Αξιολογώντας τις μετρήσεις από ένα πείραμα με τον ρομποτικό εκτόξευτή, οι συμμετέχοντες προσδιορίζουν την ανεξάρτητη και εξαρτημένη μεταβλητή και εξοικειώνονται με την καταγραφή και την οργάνωση δεδομένων. Εμπειρικά αξιολογώντας τη διδακτική παρέμβαση, διαπιστώθηκε βελτίωση στην κατανόηση της έννοιας της μεταβλητής από τον μαθητικό πληθυσμό. Η συγκεκριμένη μελέτη παρουσιάζει έναν αποτελεσματικό τρόπο ενίσχυσης των μαθητών ως προς την κατανόηση αφηρημένων μαθηματικών εννοιών μέσω της αλληλεπίδρασής τους με ένα φυσικό αντικείμενο.

Λέξεις κλειδιά: Μεταβλητή, Δεδομένα, Εκπαιδευτική Ρομποτική, LEGO Mindstorms EV3

Εισαγωγή

Οι ρομποτικές εφαρμογές ολοένα και περισσότερο έχουν ενταχθεί στην καθημερινή ζωή μας. Από τα τεράστια ρομπότ που βρίσκουμε στη βιομηχανία και συνεργάζονται με τους ανθρώπους μέχρι τα μικρά ρομπότ που συναντάμε στο σπίτι και διεκπεραιώνουν οικιακές εργασίες (Heuer et al., 2018). Η εκπαίδευση ακολουθεί την τάση αυτή, με την οποία η παροχή εμπειριών ρομποτικής στους μαθητές έχει γίνει ένας δημοφιλής και επιτυχημένος μηχανισμός για τη διεύρυνση της συμμετοχής των μαθητών στην Επιστήμη, την Τεχνολογία, την Μηχανική και τα Μαθηματικά. Στην παρούσα εργασία κατασκευάζουμε και προγραμματίζουμε έναν ρομποτικό μηχανισμό εκτόξευσης αντικειμένων, όπου και χρησιμοποιείται ως εκπαιδευτικό εργαλείο για την κατανόηση της μαθηματικής μεταβλητής.

Παρουσίαση του προβλήματος

Οι μεταβλητές είναι κρίσιμης σημασίας στα μαθηματικά (Epp, 2011). Ειδικότερα, η έννοια της μεταβλητής είναι ουσιώδης στη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθηματικών στο Γυμνάσιο και το Λύκειο, καθώς η κατανόηση της είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική χρήση όλων των πιο προχωρημένων μαθηματικών (Schoenfeld & Arcavi, 1988). Παρά την κρίσιμη σημασία των μεταβλητών, πολλοί μαθητές αντιμετωπίζουν παρανοήσεις σχετικά με αυτές. Μια βασική παρανόηση είναι ότι η έκφραση «μεταβλητή είναι ένας άγνωστος» υποδηλώνει ότι η μεταβλητή είναι κάτι που έχει σταθερή αξία αλλά δεν τη γνωρίζουν (Schoenfeld & Arcavi, 1988). Ένα παράδειγμα χρήσης των μεταβλητών συναντάμε στις συναρτήσεις, των οποίων η αφομοίωση είναι εξαιρετικά σημαντική για τους μαθητές που επιθυμούν να μελετήσουν προχωρημένες μαθηματικές έννοιες. Στην καθημερινότητά μας, παρατηρούμε ότι

κάποια μεγέθη εξαρτώνται από άλλα. Για παράδειγμα, καθώς διανύουμε μια διαδρομή, η απόσταση ποικίλλει συνεχώς ανάλογα με τον χρόνο. Αν λοιπόν συμβολίσουμε την απόσταση με d και τον χρόνο με t , φαίνεται φυσικό να περιγράψουμε τη σχέση μεταξύ του t και του d λέγοντας ότι για κάθε αλλαγή στο t υπάρχει μια αντίστοιχη αλλαγή στο d . Το παραπάνω αποτελεί μια εφαρμογή της σχέσης των μεταβλητών σε μια συνάρτηση (Erp, 2011). Οι μαθητές συχνά δυσκολεύονται να κατανοήσουν πώς μια μεταβλητή αλλάζει ως αποτέλεσμα της αλλαγής μιας άλλης, γεγονός που εν μέρει οφείλεται στον τρόπο που ορίζεται η συνάρτηση στα σχολικά εγχειρίδια. Στα βιβλία των μαθηματικών δίνεται έμφαση στον ορισμό της συνάρτησης ως αντιστοιχία δύο συνόλων, όπου κάθε στοιχείο του πρώτου συνόλου συσχετίζεται με ένα και μόνο ένα στοιχείο του δεύτερου συνόλου. Ο ορισμός αυτός δεν επισημαίνει τη σχέση μεταξύ της εξαρτημένης και της ανεξάρτητης μεταβλητής (Thompson, 1994). Μια άλλη βασική παρανόηση των μαθητών είναι ότι θεωρούν τις μεταβλητές ως αφηρημένες οντότητες, που δεν έχουν σχέση με την καθημερινή μας πραγματικότητα (Erp, 2011). Ειδικότερα, οι μαθητές στην έννοια της λειτουργίας «Επίλυση της εξίσωσης ως προς x » δυσκολεύονται να συνδέσουν τον άγνωστο x , ως ένα μέγεθος που σχετίζεται με τον κόσμο που τα περιβάλλει και γνωρίζουν (Μωυσιάδου, 2022).

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Οι εκπαιδευτικοί των Μαθηματικών στην προσπάθειά τους να ανταποκριθούν διδακτικά στις παρατηρούμενες μαθησιακές δυσκολίες των μαθητών σχεδιάζουν και εφαρμόζουν διάφορα μέτρα παρέμβασης που απαιτούν χρόνο και κόπο. Ένα από αυτά αποτελεί και το μέσο της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται σε κάποιες περιπτώσεις για να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν μαθηματικές έννοιες σε βάθος (Niss, 2014). Για να αποκτήσουν ουσιαστική γνώση, οι μαθητές πρέπει να συμμετέχουν ενεργά σε μαθησιακές διαδικασίες που σχετίζονται με την καθημερινότητά τους (Scaradozzi et al., 2021). Ενώ, ο Claus Michelsen (Michelsen, 2006) τονίζει τη σημασία της μοντελοποίησης δραστηριοτήτων σε ένα διεπιστημονικό πλαίσιο, έτσι ώστε οι μαθητές να είναι σε θέση να αντιληφθούν έννοιες που διδάσκονται στα μαθηματικά σε μια νέα και απρόβλεπτη κατάσταση. Επιπλέον, ο Κολέτσος (Κολέτσος, 2000) αναφέρει ότι κατά τον Nemirovski η εμπλοκή των παιδιών σε διάφορες καταστάσεις αλλαγής(π.χ. ταχύτητας, τιμών) βοηθάει τα παιδιά να κατανοήσουν την έννοια της μεταβλητής σαν μια έκφραση συνεχούς μεταβολής μέσα σε ένα σύνολο τιμών.

Η διεπιστημονική μάθηση ή μάθηση STEM, που έχει την αφετηρία της σε τέσσερις βασικούς τομείς: την Επιστήμη, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά, αναγνωρίζεται ολοένα και περισσότερο ως βασική προσέγγιση μάθησης για επιτυχία στην παγκόσμια τεχνολογική οικονομία του 21^{ου} αιώνα (Chauhan & Kapila, 2023). Το STEM είναι μια διαδικασία μάθησης, η οποία παρέχει ευκαιρίες στους μαθητές να δημιουργήσουν τον μαθησιακό τους κόσμο (Cheong et al., 2018). Η ρομποτική, με τον διαθεματικό της χαρακτήρα παρέχει εποικοδομητικά περιβάλλοντα μάθησης που είναι κατάλληλα για την πληρέστερη κατανόηση επιστημονικών και μη αντικειμένων και παράλληλα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εκμάθηση των αντικειμένων της Επιστήμης, Τεχνολογίας, Μηχανικής και Μαθηματικών (Benitti & Spolaôr, 2017).

Η εκπαιδευτική ρομποτική είναι ένα εργαλείο που βοηθά τους μαθητές να μάθουν μέσω της πρακτικής εφαρμογής και ενισχύει τη μαθησιακή τους εμπειρία (Khine, 2017). Ειδικότερα, τα παιδιά κατασκευάζουν συνεχώς νέες γνώσεις μέσα από την ενεργό αλληλεπίδρασή τους με τη ρομποτική κατασκευή. Ο Papert τονίζει τη σημασία της κατασκευής της γνώσης των παιδιών μέσα από ένα από αντικείμενο που τους δίνει τη δυνατότητα να εξερευνήσουν τις ιδέες τους (Martin et al., 2000). Η εκπαιδευτική ρομποτική ενθουσιάζει τα παιδιά να εξερευνήσουν τις ιδέες τους μέσω των ερευνών τους και να δοκιμάσουν τις υποθέσεις τους.

Στην πραγματικότητα, διάφορες δραστηριότητες ρομποτικής έχουν οδηγήσει σε βελτιώσεις στη μάθηση της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών (Kim et al., 2015). Η εκπαιδευτική ρομποτική μπορεί να χρησιμεύσει ως μια πολύ υποσχόμενη εκπαιδευτική προσέγγιση για την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης, ειδικά για νεαρούς μαθητές (Ching et al., 2018; Bers et al., 2019). Γενικότερα, η εκπαιδευτική ρομποτική παρέχει στους μαθητές ευκαιρίες για συνεργασία, κριτική σκέψη και επίλυση προβλημάτων (Chauhan & Karila, 2023).

Σκοπός και στόχος της εργασίας

Ο στόχος της εργασίας είναι να εξετάσει τη χρήση ενός ρομποτικού μηχανισμού εκτόξευσης ως εκπαιδευτικό εργαλείο για την κατανόηση της έννοιας της μεταβλητής από μαθητές. Επιπλέον, αναλύουμε πώς η πρακτική μάθηση που προσφέρει η εκπαιδευτική ρομποτική μπορεί να συμβάλλει στην κατανόηση πολύπλοκων εννοιών, όπως οι μεταβλητές στα μαθηματικά. Ειδικότερα, διερευνούμε πώς μια μεταβλητή επηρεάζει την απόσταση που διανύει το «ωφέλιμο φορτίο» το οποίο εκτοξεύεται από τον ρομποτικό καταπέλτη. Οι μαθητές μαθαίνουν να καταγράφουν επιστημονικά δεδομένα οργανώνοντάς τα σε πίνακες. Στην παρούσα πρόταση, παρουσιάζεται μια καινοτόμος προσέγγιση για τη διδασκαλία αυτών των εννοιών μέσω της ρομποτικής. Η χρήση της ρομποτικής στην εκπαίδευση έχει πολλαπλά οφέλη για τους μαθητές, καθώς συμβάλλει στην παραγωγή καινοτομίας και βοηθάει στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των εμπλεκομένων και στην αλλαγή διαδικασίας μάθησης (Γκάνιος κ.ά., 2020). Η εκμάθηση των μαθηματικών με τη χρήση ρομποτικών κατασκευών βοηθά τους μαθητές να οπτικοποιούν απαιτητικές εφαρμογές του πραγματικού κόσμου και να υποστηρίζουν πολλαπλές αναπαραστάσεις ενός προβλήματος (Shankar et al., 2013). Ελπίζουμε η εργασία αυτή να συμβάλει στην κατανόηση των μεταβλητών από τους μαθητές. Η εκμάθηση με τη βοήθεια της ρομποτικής κατασκευής παρέχει ευκαιρίες για συνεργασία μεταξύ συνομήλικων και επιτρέπει την αυθεντική μάθηση με το να προσομοιώνει πραγματικά σενάρια.

Θεωρητικό πλαίσιο

Παιδαγωγικές αρχές και μοντέλα

Η επίτευξη επιθυμητών μαθησιακών στόχων βασίστηκε στη θεωρία του εποικοδομισμού (constructivism) της γνώσης του Piaget που εστιάζει στη δημιουργία κατάλληλου περιβάλλοντος με το οποίο μαθητής αλληλεπιδρά (Piaget, 1952). Επιπλέον, ακολουθεί την εποικοδομιστική κατασκευαστική (constructionist) προσέγγιση της μάθησης του Papert. Η προσέγγιση του Papert, συνδυάζει τις βασικές αντιλήψεις για τη σχέση της ενεργούς μάθησης με τη χρήση της τεχνολογίας για την υποστήριξη των κονστρουκτιβιστικών προσεγγίσεων στην εκπαίδευση (Papert, 1980).

Μεθοδολογία

Σχεδιασμός της εκπαιδευτικής παρέμβασης

Με την κατασκευή ενός ρομποτικού καταπέλτη, οι μαθητές κατανοούν καλύτερα την έννοια της μεταβλητής μοντελοποιώντας μια συνάρτηση που συσχετίζει τη διάμετρο μια μπάλας με την απόσταση που διανύει καθώς εκτοξεύεται από τη ρομποτική κατασκευή.

Καθορισμός μαθησιακών αποτελεσμάτων

Οι μαθητές θα είναι σε θέση να:

- Κατανοούν ένα πρόβλημα που τους δίνεται
- Κατασκευάζουν ένα ρομποτικό καταπέλτη
- Προγραμματίζουν το ρομποτικό καταπέλτη
- Κατανοούν την ανεξάρτητη και εξαρτημένη μεταβλητή σε ένα πείραμα
- Προβλέπουν το αποτέλεσμα όταν μεταβάλλεται η διάμετρος της μπάλας
- Καταγράφουν αποτελέσματα με ένα οργανωμένο τρόπο
- Συμμετέχουν σε μια σειρά από συλλογικές συζητήσεις

Απαιτούμενος εξοπλισμός

- 1 LEGO Mindstorms EV3
- 1 υπολογιστής
- Μονωτική ταινία και μέτρο
- Σφαίρες από φελιζόλ σε διαφορετικά μεγέθη

Ανάπτυξη ρομποτικού μηχανισμού

Για την κατασκευή της ρομποτικής συσκευής του καταπέλτη χρησιμοποιήθηκε το LEGO Mindstorms EV3, το οποίο θεωρείται ένα από τα πιο προσιτά και κατάλληλα ρομποτικά κιτ για μαθητές του Δημοτικού και του Γυμνασίου (Nugent et al., 2016). Το LEGO Mindstorms EV3 αποτελείται από ένα σύνολο δομικών στοιχείων (δοκοί, γρανάζια, τροχοί κ.α.) και ένα τούβλο (brick) EV3, που λειτουργεί ως ο «εγκέφαλος» της ρομποτικής κατασκευής. Ειδικότερα, το τούβλο EV3 είναι ένας ανεξάρτητος μικροϋπολογιστής που μπορεί να προγραμματιστεί μέσω ενός υπολογιστή και επιτρέπει στο LEGO Mindstorms EV3 να αλληλεπιδρά με το περιβάλλον. Το ρομποτικό κιτ διαθέτει επιπλέον μια σειρά από αισθητήρες και κινητήρες που συνδέονται με το τούβλο μέσω αριθμημένων θυρών. Το τούβλο (brick) συνδέεται με έναν υπολογιστή μέσω καλωδίου USB για την εκτέλεση κώδικα γραμμένου με χρήση κατάλληλου λογισμικού (LEGO® Education, 2024). Το λογισμικό EV3 χρησιμοποιεί ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν προγράμματα χρησιμοποιώντας εικονίδια που αναπαριστούν τις βασικές εντολές και δομές προγραμματισμού. Έτσι, η διδασκαλία του προγραμματισμού δεν ακολουθεί το παραδοσιακό μοντέλο διδασκαλίας, αλλά μια κατασκευαστική προσέγγιση (Τσοβόλας & Αντωνίου, 2005). Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται το πρόγραμμα «LEGO Mindstorms Education EV3 Classroom App», για τον προγραμματισμό της ρομποτικής κατασκευής του μηχανισμού εκτόξευσης. Η εφαρμογή EV3 Classroom είναι μια προγραμματιστική διεπαφή βασισμένη στο Scratch.

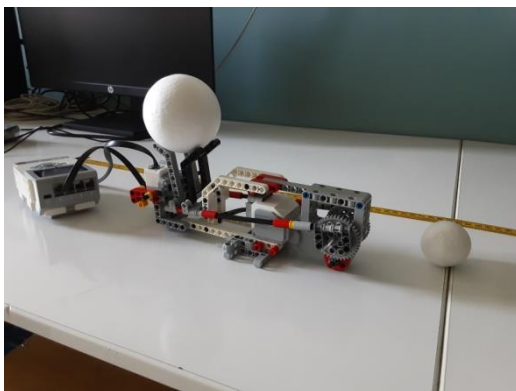
Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του Ομίλου Ρομποτικής που λειτουργεί στο γυμνάσιό μας με μικρό αριθμό ατόμων. Ο Όμιλος Ρομποτικής του σχολείου μας απαρτίζεται από μέλη και των τριών τάξεων του Γυμνασίου. Το εργαστήριο διαθέτει δύο ρομποτικά LEGO Mindstorms Education EV3 core kits. Οι μαθητές, πριν επιχειρήσουν να κατασκευάσουν το ρομποτικό καταπέλτη, έχουν ήδη εξοικειωθεί με το LEGO Mindstorms EV3, από προηγούμενες κατασκευές.

Την πρώτη διδακτική ώρα, η διαδικασία ξεκίνησε με την εξερεύνηση της προηγούμενης γνώσης των μαθητών σχετικά με τους καταπέλτες και την αξιοποίησή τους. Αν και οι περισσότεροι μαθητές δεν γνώριζαν για την εφαρμογή τους, τα μεγαλύτερα παιδιά είχαν συζητήσει τους καταπέλτες στο μάθημα της Ιστορίας της Γ' Γυμνασίου, στο κεφάλαιο που αναφέρεται στον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο. Συγκεκριμένα, στην τάξη είχαν συζητήσει τη χρήση τους για την εκοφενδόνιση χειροβομβίδων, ως μια μέθοδο μάχης και στρατηγικής που χρησιμοποιήθηκε κατά τον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο. Γενικά οι καταπέλτες ήταν όπλα που

χρησιμοποιούνταν σε μάχες για την εκτόξευση αντικειμένων προς εχθρικούς στρατούς ή φρουρία. Συνήθως τα αντικείμενα που εκτοξεύονταν από έναν καταπέλτη ήταν πέτρες ή δόρατα. Το αντικείμενο που είναι προς εκτόξευση τοποθετείται σε ένα δοχείο που βρίσκεται στην άκρη ενός άξονα. Στη συνέχεια, ο βραχίονας τεντώνεται προς τα πίσω συγκεντρώνοντας ενέργεια για την εκτόξευση του αντικειμένου (Miller, 2015). Οι μαθητές για να διευρύνουν τις γνώσεις τους ως προς τον μηχανισμό και τον τρόπο λειτουργίας ενός καταπέλτη αναζητούν πληροφορίες στο διαδίκτυο. Επιπλέον, παρακολουθούν εκπαιδευτικά βίντεο (Filipp Sudanon, 2018) για το πώς κατασκευάζεται με τα εξαρτήματα LEGO, ένας μηχανισμός εκτόξευσης.

Η δεύτερη διδακτική ώρα εστιάζει στην συναρμολόγηση της ρομποτικής κατασκευής του μηχανισμού εκτόξευσης. Οι μαθητές, πειραματίζονται με διαφορετικές λύσεις και έρχονται στο τραπέζι με ποικίλες προτάσεις. Ξεκινούν με την κατασκευή της βάσης του ρομποτικού μηχανισμού. Σύμμαχος στην έμπνευσή τους είναι οι διάφορες κατασκευές με μηχανισμούς εκτόξευσης που συνάντησαν στις αναζητήσεις τους στο διαδίκτυο. Χρησιμοποιούν διάφορα εξαρτήματα, όπως πλαίσια σε σχήμα ορθογωνίου, που βοηθούν στη δημιουργία σταθερών κατασκευών. Επιπλέον, ένας μεγάλος σερβοκινητήρας χρησιμοποιείται για να παρέχει την κίνηση στη ρομποτική κατασκευή. Οι μαθητές, χρησιμοποιώντας εξαρτήματα LEGO, κατασκευάζουν τον βραχίονα που τοποθετείται πάνω από το κινητήρα και είναι αρκετά μακρός για να εκτοξεύει τα αντικείμενα στην επιθυμητή απόσταση. Ο κινητήρας, με τον ενσωματωμένο αισθητήρα περιστροφής, δημιουργεί την κίνηση των γραναζιών που με τη σειρά τους ανυψώνουν τον μηχανισμό του βραχίονα για την εκτόξευση των αντικειμένων. Τα γωνιακά δοκάρια χρησιμοποιούνται επίσης, για την κατασκευή του «δοχείου» του καταπέλτη, όπου τοποθετούνται τα αντικείμενα προς εκτόξευση. Στη συνέχεια, τα μέλη των ομάδων συνδέουν τον αισθητήρα αφής του Mindstorms EV3 στο βραχίονα εκτόξευσης. Ο αισθητήρας αφής θα χρησιμοποιηθεί για να ξεκινήσει η εκτόξευση όταν έρθει σε επαφή με ένα αντικείμενο. Τέλος, συνδέουν τον κινητήρα και τον αισθητήρα αφής με το τούβλο Mindstorms EV3 χρησιμοποιώντας τα καλώδια σύνδεσης. Ο αισθητήρας αφής συνδέεται σε αριθμητική θύρα (κατά προτίμηση στην αριθμητική θύρα 1). Ο μεγάλος κινητήρας συνδέεται σε θύρα με γράμμα, και συγκεκριμένα οι μαθητές διάλεξαν τη θύρα D.

Οι μαθητές εργάστηκαν ομαδικά για να συνδυάσουν τις εντολές και να πετύχουν την επιθυμητή λειτουργικότητα του μηχανισμού εκτόξευσης. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται ο ρομποτικός καταπέλτης.



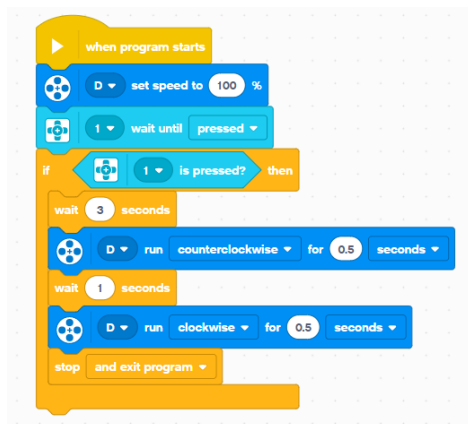
Σχήμα 1. Ο ρομποτικός μηχανισμός του καταπέλτη

Την τρίτη διδακτική ώρα, οι μαθητές ασχολούνται με τον προγραμματισμό της ρομποτικής κατασκευής. Αρχικά, καταγράφουν σε ποια θύρα έχουν συνδέσει τον αισθητήρα αφής. Ο αισθητήρας αφής είναι σε θέση να ανιχνεύει τη στιγμή που το κόκκινο κουμπί του πατιέται ή απελευθερώνεται. Από το προγραμματιστικό περιβάλλον του EV3 Classroom App, επιλέγουν από την παλέτα εντολών με τους αισθητήρες, την εντολή που σχετίζεται με τον αισθητήρα αφής. Η συγκεκριμένη εντολή λειτουργεί ως μια συνθήκη για την εκτέλεση του προγράμματος και υποστηρίζει δύο καταστάσεις "pressed" και "released". Στη συνέχεια, από την παλέτα των εντολών με τους κινητήρες, επιλέγουν την εντολή που ενεργοποιεί τον μεγάλο κινητήρα, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την περιστροφή των τροχών του ρομποτικού μηχανισμού και, κατά επέκταση, του βραχίονα εκτόξευσης. Για να κινηθεί ο μεγάλος κινητήρας, χρησιμοποιείται το block εντολών "motors", αντί για το block εντολών "motion", καθώς δεν απαιτείται ο συγχρονισμός δύο κινητήρων.

Στο επόμενο στάδιο, οι μαθητές δοκιμάζουν διάφορες παραμέτρους που επηρεάζουν το πώς θα κινηθεί ο βραχίονας μέσω του μεγάλου κινητήρα. Μία από τις δοκιμές είναι να επιλέξουν να κινηθεί με παράμετρο τις μοίρες (degrees). Διαισθητικά, οι μαθητές σκέφτονται ότι μια τιμή 850 θα ήταν κατάλληλη, γιατί δεν θέλουν ο βραχίονας να έρθει στην κάθετη θέση. Εκτελούν το πρόγραμμα και διαπιστώνουν ότι δεν λειτουργεί όπως περίμεναν. Ο βραχίονας τοποθετείται σε μια θέση όπου σχηματίζει γωνία περίπου 300 σε σχέση με το οριζόντιο έδαφος. Αυτή η θέση του βραχίονα διαπιστώνουν ότι δεν είναι κατάλληλη για να εκτοξευτεί το «ωφέλιμο φορτίο» αποτελεσματικά.

Μία άλλη δοκιμή που κάνουν είναι να επιλέξουν ως παράμετρο τις περιστροφές (rotations) στην εντολή "run" του μεγάλου κινητήρα. Αρχικά δοκιμάζουν την εντολή για μία περιστροφή. Εκτελώντας ξανά το πρόγραμμα διαπιστώνουν ότι η ρομποτική κατασκευή ανταποκρίνεται ικανοποιητικά στις προσδοκίες τους. Στη συνέχεια, παρατηρούν ότι ο βραχίονας εκτόξευσης χρειάζεται να επανέρχεται στην αρχική του θέση και χρησιμοποιούν μια εντολή «δεξιόστροφης» κίνησης του κινητήρα, για να τον επαναφέρουν στο αρχικό στάδιο τοποθέτησης. Τέλος, δοκιμάζουν και την παράμετρο με το χρόνο. Οι μαθητές πειραματίζονται με διάφορες τιμές και εντοπίζουν ότι η παράμετρος που κινεί τον κινητήρα για 0,5 δευτερόλεπτα έχει την ίδια αξία με την τιμή που κινεί τον κινητήρα για μία περιστροφή. Έτσι, η παράμετρος με το χρόνο 0,5 δευτερολέπτων προτείνεται ως μια εναλλακτική προγραμματιστική λύση. Ο κινητήρας ρυθμίζεται σε διάφορες τιμές ταχύτητας και παρατηρούνται τα αποτελέσματα στην κίνηση του βραχίονα.

Μια μικρή τιμή στην ταχύτητα, της τάξης του 30%, δεν δίνει αρκετή ώθηση στην εκτόξευση του «ωφέλιμου φορτίου», ενώ μια πολύ μεγάλη τιμή, της τάξης του 150%, δίνει υπερβολική ώθηση, οδηγώντας την κατασκευή σε κατάρρευση. Οι μαθητές, μέσα από τις προγραμματιστικές αποτυχίες, διαπιστώνουν ότι για να είναι λειτουργική η κατασκευή απαιτείται να μεσολαβεί κάποιος χρόνος από τη στιγμή που ο αισθητήρας αφής της ρομποτικής κατασκευής βρίσκεται στην κατάσταση "pressed" μέχρι την κίνηση του βραχίονα εκτόξευσης. Για τον λόγο αυτό, προσθέτουν μια εντολή αναμονής. Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται μια ενδεικτική προγραμματιστική λύση όπως διαμορφώθηκε μετά από τις προγραμματιστικές προσπάθειες των μαθητών.



Σχήμα 2. Ενδεικτική προγραμματιστική λύση ρομποτικού καταπέλτη

Κατά την τέταρτη διδακτική ώρα, οι μαθητές εξερευνούν την έννοια της μεταβλητής και ειδικότερα ποιος είναι ο ρόλος της ανεξάρτητης και της εξαρτημένης μεταβλητής σε ένα πρόβλημα. Ο δάσκαλος εξηγεί: «Τώρα θα εξετάσουμε πώς οι μεταβλητές επηρεάζουν τα αποτελέσματα σε διάφορα προβλήματα. Ας δούμε ένα συγκεκριμένο παράδειγμα για να κατανοήσουμε καλύτερα αυτή την έννοια». Στη συνέχεια, διατυπώνει το εξής πρόβλημα: «Τι θα μπορούσε να επηρεάσει την απόσταση μετατόπισης του «ωφέλιμου φορτίου» από τον καταπέλτη;». Ως «ωφέλιμο φορτίο», ο δάσκαλος έχει φέρει στο εργαστήριο της Πληροφορικής μπάλες διαφορετικών μεγεθών και υλικών. Οι μαθητές διατυπώνουν διάφορες προτάσεις. «Όσο μεγαλύτερη μάζα έχει η μπάλα, τόσο πιο μακριά θα πάει», λέει ο ένας μαθητής, ενώ ένας άλλος προσθέτει: «Η μικρότερη μπάλα θα πάει πιο μακριά.» Ύστερα από συζήτηση, καταλήγουν να μετρήσουν αν η διάμετρος της μπάλας επηρεάζει την απόσταση που διανύει η μπάλα μετά την εκτόξευση. Οι μαθητές συμπεριφέρονται ως μικροί επιστήμονες, θέτοντας ερευνητικά ερωτήματα όπως: «ποια μπορεί να είναι η ανεξάρτητη μεταβλητή και ποια η εξαρτημένη μεταβλητή στο πείραμά μας;»

Την πέμπτη διδακτική ώρα, οι μαθητές συλλέγουν δεδομένα από τις πειραματικές μετρήσεις και τα καταχωρούν σε έναν πίνακα, ορίζοντας τις κατάλληλες επικεφαλίδες στις στήλες του πίνακα. Ο δάσκαλος προτείνει, εάν η μπάλα αναπηδήσει ή κυλήσει, να καταγραφεί η απόσταση στην οποία η μπάλα αγγίζει για πρώτη φορά το τραπέζι. Κατά τη διαδικασία αυτή, οι μαθητές μαθαίνουν να οργανώνουν και να αναλύουν τα δεδομένα. Ορισμένες φορές, οι μετρήσεις που καταγράφονται είναι ακραίες, γεγονός που οδηγεί στη συζήτηση της αξιοπιστίας των δεδομένων και την ανάγκη για επανάληψη των πειραμάτων έτσι ώστε να εξασφαλίσουμε την ακριβέστερη αποτύπωση των πειραματικών προσπαθειών. Για παράδειγμα, σε μια μέτρηση, η τιμή που αντιστοιχεί στη διάμετρο 4,5 cm είναι 83 cm, ενώ η αμέσως επόμενη μέτρηση είναι 135 cm. Ο δάσκαλος εξηγεί ότι, σε τέτοιες περιπτώσεις, ο υπολογισμός του μέσου όρου των μετρήσεων βοηθά στην εύρεση μιας ενδεικτικής τιμής για όλες τις μετρήσεις. Στη συνέχεια, ο δάσκαλος θέτει ερωτήματα προς συζήτηση πάνω στα ευρήματα των μετρήσεων. «Τι επίδραση έχει η διάμετρος της μπάλας στην απόσταση που διένυσε;» Οι μαθητές, παρατηρώντας τις μετρήσεις στον πίνακα, συμπεραίνουν ομόφωνα ότι «το μέγεθος της διαμέτρου επηρεάζει την απόσταση που διανύει η μπάλα». Ένας μαθητής παρατηρεί ότι καθώς το μέγεθος της διαμέτρου της μπάλας αυξάνεται, η απόσταση που διανύει η μπάλα μειώνεται. Στο Σχήμα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του πειράματος.

Καταγραφή Δεδομένων

Ομάδα:

Ημερομηνία:

Διάμετρος Υπόρου cm	Επιτάλμα 1	Επιτάλμα 2	Επιτάλμα 3	Επιτάλμα 4	Επιτάλμα 5	Μέσος Όρος
4,5	111	106	112	135	75	108,6
6	75	82	72	76	71	75,2
7	56	33	32	54	61	47,2

Σχήμα 3. Η καταγραφή των πειραματικών δεδομένων

Αξιολόγηση

Η παρακολούθηση των δραστηριοτήτων των μαθητών έδειξε σημαντική βελτίωση στην κατανόηση της έννοιας της μεταβλητής. Στην αρχή, οι μαθητές κατέγραφαν απλά τις μετρήσεις από το πείραμα. Δεν αντιλαμβάνονταν την πιθανή σχέση που μπορεί να υπήρχε μεταξύ της διαμέτρου και της απόστασης που διανύει το «ωφέλιμο φορτίο», καθώς εκτοξεύεται με τον καταπέλτη. Η οπτικοποίηση με την εικόνα της μικρής μπάλας να εκτοξεύεται μακρύτερα σε σύγκριση με μια μεγαλύτερη μπάλα τους βοήθησε να κατανοήσουν καλύτερα τη σχέση που υπάρχει μεταξύ του μεγέθους της μπάλας και της απόστασης που διανύει. Ακολουθώντας, παρατηρώντας τα πειραματικά δεδομένα που είχαν καταγράψει είχαν τη δυνατότητα να αξιολογήσουν και ποσοτικά τα συμπεράσματά τους. Συγκεκριμένα η σύγκριση των μέσων όρων από τις πειραματικές δοκιμές, οδήγησε όλους τους μαθητές να διαπιστώσουν ότι η απόσταση που διατρέχει η μπάλα εξαρτάται από τις διαστάσεις της. Οι μαθητές παρατηρούν ότι η κάθε αλλαγή στη διάμετρο της μπάλας επηρεάζει την απόσταση που διανύει η μπάλα. Οι μαθητές έμαθαν να αναγνωρίζουν την έννοια της ανεξάρτητης και εξαρτημένης μεταβλητής μέσω πειραματικών μετρήσεων με τον ρομποτικό μηχανισμό εκτόξευσης. Επιπλέον, έμαθαν να οργανώνουν τα δεδομένα που προκύπτουν από τις μετρήσεις σε έναν πίνακα και να τα αναλύουν.

Αναγνώρισαν τη σημασία της επιλογής κατάλληλων παραμέτρων για τη σωστή λειτουργία του ρομποτικού συστήματος. Συγκεκριμένα, η χρήση των μοιρών (degrees) τους έδωσε μια καλή αίσθηση του πόσο μακριά θα κινηθεί ο βραχίονας, αλλά ήταν δύσκολο να επιτευχθεί η επιθυμητή γωνία εκτόξευσης. Η παράμετρος των περιστροφών (rotations) αποδείχθηκε πιο αξιόπιστη, καθώς επέτρεψε την ακριβή επαναφορά του βραχίονα στην αρχική θέση. Ενώ, η παράμετρος του χρόνου (0,5 δευτερολέπτων) έδωσε μια εναλλακτική λύση, προσφέροντας ισοδύναμα αποτελέσματα με εκείνα της παραμέτρου που καθορίζεται από τον αριθμό των περιστροφών.

Μια ακόμη πρόκληση που αντιμετώπισαν οι μαθητές ήταν και η σωστή ρύθμιση της ταχύτητας του κινητήρα και η χρήση του αισθητήρα αφής. Στην αρχή οι μαθητές προσπάθησαν να ρυθμίσουν την ταχύτητα του κινητήρα χωρίς να έχουν πλήρη κατανόηση για το πώς θα λειτουργήσει αυτή η ρύθμιση στην κατασκευή τους. Μέσω δοκιμών διαπίστωσαν ποια τιμή ήταν η καταλληλότερη για το πείραμα. Μέσω της μεθόδου δοκιμής και σφάλματος, οι μαθητές κατάφεραν να προσδιορίσουν τον απαιτούμενο χρόνο από τη

στιγμή που ο αισθητήρας αφής ενεργοποιείται (κατάσταση "pressed") μέχρι την κίνηση του βραχίονα εκτόξευσης. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών, αντιλήφθηκαν ότι οι καθυστερήσεις μεταξύ των εντολών επηρεάζουν σημαντικά το αποτέλεσμα. Για το λόγο αυτό, προσθέτουν μια εντολή "wait" για να βελτιώσουν τη λειτουργικότητα της κατασκευής.

Για τη διασφάλιση της ομαλής διεξαγωγής των δοκιμών και την ακριβή μέτρηση των αποστάσεων, ο κάθε μαθητής είχε αναλάβει έναν διαφορετικό ρόλο. Συγκεκριμένα, ενώ ένας μαθητής τοποθετούσε την μπάλα στο ρομποτικό μηχανισμό, άλλοι μαθητές λάμβαναν θέση για να καταγράψουν το μήκος που διένυε η μπάλα, χρησιμοποιώντας τη μεζούρα που είχε τοποθετηθεί στον πάγκο εργασίας. Ταυτόχρονα, ένας άλλος μαθητής ήταν υπεύθυνος για την ασφάλεια, διασφαλίζοντας ότι η μπάλα δεν θα κατέληγε σε μέρος όπου θα μπορούσε να προκαλέσει ζημιά, με το να επεμβαίνει άμεσα.

Η εκπαιδευτική παρέμβαση και η συνεργασία των μαθητών ήταν αποφασιστικής σημασίας για την αντιμετώπιση των δυσκολιών που παρουσιάστηκαν κατά την υλοποίηση του σεναρίου.

Συμπεράσματα

Η χρήση του ρομποτικού μηχανισμού εκτόξευσης ως εκπαιδευτικού εργαλείου αποδείχθηκε αποτελεσματική στην κατανόηση των μαθητών σχετικά με τις μεταβλητές ως συμμεταβαλλόμενα ποσά. Το προγραμματιζόμενο τούβλο (brick) του LEGO Mindstorms EV3, μαζί με την εφαρμογή του καταπέλτη και τους συνδεδεμένους κινητήρες και αισθητήρες, προσφέρει έναν καινοτόμο τρόπο για τα παιδιά να εκφράσουν τις ιδέες τους. Μέσω της διαδικασίας κατασκευής της ρομποτικής εφαρμογής, του προγραμματισμού της και της πειραματικής επαλήθευσης των υποθέσεών τους, τα παιδιά κατασκευάζουν και ανασυνθέτουν τις γνώσεις τους. Οι μαθητές, με τη συλλογή δεδομένων, αποκτούν ικανότητες ερευνητή, συνεργάζονται και ανταλλάσσουν ιδέες και απόψεις.

Την επόμενη σχολική χρονιά, προβλέπεται να εφαρμοστεί η διδακτική μέθοδος με τον ρομποτικό καταπέλτη σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών. Η συμμετοχή ευρύτερου δείγματος μαθητών θα συμβάλλει στην αξιολόγησή της και στην επέκταση των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, θα μπορούσε να εξεταστεί η χρήση της τεχνολογίας Arduino, για τη μείωση του κόστους της κατασκευής του ρομποτικού μηχανισμού.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Benitti, F. B. V., & Spolaor, N. (2017). How have robots supported STEM teaching? In M. S. Khine (Ed.), *Robotics in STEM education* (pp. 103–129). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57786-9_5
- Bers, M. U., González-González, C., & Armas-Torres, M. B. (2019). Coding as a playground: Promoting positive learning experiences in childhood classrooms. *Computers & Education*, 138, 130–145. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.013>
- Chauhan, P., & Kapila, V. (2023). *STEM education with robotics: Lessons from research and practice* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/b23177>
- Cheong, L. S., Kiong, L. C., & Bodaghi, N. B. (2018). *Transforming classroom practice through robotics education*. Cambridge Scholars Publishing.
- Ching, Y.-H., Yang, D., Wang, S., Baek, Y., Swanson, S., & Chittoori, B. (2019). Elementary school student development of STEM attitudes and perceived learning in a STEM integrated robotics curriculum. *TechTrends*, 63(5), 590–601. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00388-0>
- Epp, S. S. (2011). Variables in mathematics education. In P. Blackburn, H. Van Ditmarsch, M. Manzano, & F. Soler-Toscano (Eds.), *Tools for Teaching Logic* (Vol. 6680, pp. 54–61). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21350-2_7

- Heuer, T., Schiering, I., & Gerndt, R. (2018). Museumsbot – An interdisciplinary scenario in robotics education. In W. Lepuschitz, M. Merdan, G. Koppensteiner, R. Balogh, & D. Obdržálek (Eds.), *Robotics in Education* (Vol. 630, pp. 141–153). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62875-2_13
- Khine, M. S. (Ed.). (2017). *Robotics in STEM education*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57786-9>
- Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R., Doshi, P., & Thai, C. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & Education*, 91, 14–31. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.08.005>
- LEGO® Education. (2024). Mindstorms EV3 support | Everything you need. Ανακτήθηκε Ιουνίου 8, 2024, από <https://education.lego.com/en-us/product-resources/mindstorms-ev3/teacher-resources/classroom-materials/>
- Martin, F., Mikhak, B., Resnick, M., Silverman, B., & Berg, R. (2000). To Mindstorms and beyond: Evolution of a construction kit for magical machines. In A. Druin & J. Hendler (Eds.), *Robots for kids: Exploring new technologies for learning* (pp. 9–33). Academic Press.
- Michelsen, C. (2006). Functions: A modelling tool in mathematics and science. *ZDM*, 38(3), 269–280. <https://doi.org/10.1007/BF02652810>
- Miller, C. (2015). The classical cold war: Exploring the effects of Greco-Roman advancements of missile-shooters. *Journal of Ancient Military Studies*, 7(2), 45–62. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1118.4480>
- Niss, M. A. (2014). Functions learning and teaching. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 238–241). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4978-8_96
- Nugent, G., Barker, B., Grandgenett, N., & Welch, G. (2016). Robotics camps, clubs, and competitions: Results from a US robotics project. *Robotics and Autonomous Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2015.07.011>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- Piaget, J. (1974). *The origins of intelligence in children* (1st I.U.P. pbk. ed.). International Universities Press.
- Scaradozzi, D., Guasti, L., Di Stasio, M., Miotti, B., Monteriù, A., & Blikstein, P. (Eds.) (2021). *Makers at school, educational robotics and innovative learning environments: Research and experiences from Fablearn Italy 2019, in the Italian schools and beyond* (Vol. 240). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-77040-2>
- Schoenfeld, A. H., & Arcavi, A. (1988). On the meaning of variable. *The Mathematics Teacher*, 81(6), 420–427. <https://doi.org/10.5951/MT.81.6.0420>
- Sudanov, F. (2018, April 16). Lego Mindstorms EV3 catapult building instructions. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=5FmY5av91lc>
- Thompson, P. (1994). Students, functions, and the undergraduate curriculum. In E. Dubinsky, A. Schoenfeld, J. Kaput, & T. Dick (Eds.), *CBMS Issues in Mathematics Education* (Vol. 4, pp. 21–44). American Mathematical Society. <https://doi.org/10.1090/cbmeth/004/02>
- Γκάνιος, Α., Γρηγορίου, Α., Δούλου, Ν., Ζαχαρόπουλος, Λ., Κατσιαρδής, Γ., Μπιλίδας, Δ., Παπαδόπουλος, Π., Ρούσος, Γ., Θεοδωρόπουλος, Α., & Αγγελόπουλος, Γ. (2020). Η εκπαιδευτική ρομποτική στην υποστήριξη της εκπαιδευτικής διαδικασίας. *Open Schools Journal for Open Science*, 3(6). <https://doi.org/10.12681/osj.24301>
- Κολέτσος, Θ. (2000). Οι κατανοήσεις των παιδιών για την έννοια της μεταβλητής κατά την εμπλοκή τους σε διερευνητικές δραστηριότητες σε υπολογιστικό περιβάλλον. Στο *Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση: Πρακτικά του 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου ΕΤΠΕ*. Ανακτήθηκε από <https://www.etpe.gr/wp-content/uploads/pdfs/etpe632.pdf>
- Μωυσιάδου, Σ. (2022). *Δυσκολίες κατανόησης της έννοιας της μεταβλητής στην Άλγεβρα*. Φαινομενικό πρόσημο των παραστάσεων [Διπλωματική εργασία]. Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.
- Τσοβόλας, Σ., & Αντωνίου, Α. (2005). Το ρομπότ και η χελώνα. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, (σελ. 686–694). <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/6380>