

Συνεισφορά STEM σεναρίων Εκπαιδευτικής Ρομποτικής σε Φυσική και Μαθηματικά για ενίσχυση της Υπολογιστικής Σκέψης

A.X. Ξενάκης, Π.Δ. 407/80 Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, axenakis@uth.gr
K. Καλοβρέκτης, Π.Δ. 407/80 Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, kkalovr@uth.gr
Γ. Παπαστεργίου, Καθηγητής Πληροφορικής Π.Ε. 86, gpapasterg@gmail.com

Περίληψη

Με την παρούσα εργασία αναδεικνύουμε τα οφέλη διδακτικών πρακτικών με εκπαιδευτική ρομποτική και τον ρόλο τους στην ενίσχυση της υπολογιστικής σκέψης των μαθητών. Τα σενάρια που εφαρμόσαμε βασίζονται σε Φυσική και Μαθηματικά επιπέδου Γυμνασίου. Τα διδακτικά σενάρια έχουν σχεδιαστεί με τη βοήθεια του εργαλείου Lego Mindstorms, εφαρμόστηκαν σε πραγματική τάξη εντός των προβλεπόμενων ωρών διδασκαλίας και βασίζονται στα προτεινόμενα προγράμματα σπουδών του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου. Τα διδακτικά ρομπότ και ο τρόπος που προγραμματίζονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως σύγχρονο διδακτικό και εποπτικό μέσο διδασκαλίας με τη βοήθεια του οποίου ο Καθηγητής και οι μαθητές προσεγγίζουν έννοιες Φυσικής και Μαθηματικών μέσω πρακτικών παραδειγμάτων. Τα στατιστικά στοιχεία που προκύπτουν μαρτυρούν ότι η πλειοψηφία των μαθητών αγκαλιάζει με ενθουσιασμό τα μοντέλα ρομποτικής και πρακτικών STEM, αυξάνοντας τις ικανότητές τους για υπολογιστική και κριτική σκέψη.

Λέξεις κλειδιά: STEM, Υπολογιστική Σκέψη, Καινοτόμες διδακτικές πρακτικές, Εκπαιδευτική Ρομποτική, Θετικές Επιστήμες

Abstract

In this work, we highlight the benefits of applying educational robotics principles and their role in enhancing students' computational thinking. The applied scenarios are based on gymnasium level Physics and Mathematics. The teaching scenarios are designed with Lego Mindstorms tool, implemented inside real classroom conditions, within the intended teaching hours, and are based on the suggested curricula of the Pedagogical Institute. Teaching robots and the way they are programmed, can be considered as a modern teaching and supervisory teaching tool, whereby teachers and students approach physics and mathematics concepts through practical examples. Our results show that the majority of students enthusiastically embrace educational robotic models and STEM principles and succeed in increasing their abilities for computational and critical thinking.

Keywords: STEM, Computational Thinking, Innovative teaching practices, Educational Robotics, Sciences

1. Εισαγωγή

Η Εκπαιδευτική Ρομποτική είναι ένα αναπτυσσόμενο πεδίο που έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει σημαντικά τη φύση της επιστήμης και της τεχνολογίας σε όλα τα επίπεδα, από την Α' θμια εκπαίδευση μέχρι και το Πανεπιστήμιο. Έχει αναδειχθεί ως ένα μοναδικό εκπαιδευτικό εργαλείο που μπορεί να προσφέρει πρακτικές μαθησιακές δραστηριότητες, δημιουργώντας ένα ελκυστικό μαθησιακό περιβάλλον που τροφοδοτεί το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών. Οι πρακτικές της εκπαιδευτικής ρομποτικής απορρέουν από τις κονστρουκτιβιστικές (*constructivist*) θεωρίες του Jean Piaget, ο οποίος υποστηρίζει ότι η μάθηση στον άνθρωπο δεν είναι αποτέλεσμα απλής μετάδοσης της γνώσης, αλλά μια ενεργητική διαδικασία κατασκευής της γνώσης που βασίζεται στις εμπειρίες. Επίσης απορρέει από την κονστρουκτιβιστική (*constructionist*) εκπαιδευτική φιλοσοφία του S. Papert (Papert, 1993), η οποία προσθέτει ότι η απόκτηση νέας γνώσης συντελείται πιο αποτελεσματικά όταν αυτοί που μαθαίνουν ασχολούνται με την κατασκευή προϊόντων που έχουν προσωπικό νόημα για αυτούς. Ο στόχος του κονστρουκτιβισμού είναι να δώσει στους μαθητές κατάλληλα ερεθίσματα και δραστηριότητες να πραγματοποιούν, έτσι ώστε να μάθουν στην πράξη πιο αποτελεσματικά σε σύγκριση με τη «δασκαλοκεντρική» μέθοδο (Kafai Y., 1996).

Ο ρόλος των εκπαιδευτικών είναι να προσφέρουν ευκαιρίες στα παιδιά να συμμετέχουν σε πρακτικές έρευνες

και να τους παρέχουν εργαλεία ώστε να κατασκευάζουν την γνώση στο περιβάλλον της τάξης (Dimitris, 2009). Η εκπαιδευτική ρομποτική δημιουργεί ένα μαθησιακό περιβάλλον στο οποίο τα παιδιά μπορούν να αλληλοεπιδρούν και να δουλεύουν με προβλήματα του πραγματικού κόσμου, με αποτέλεσμα η Εκπαιδευτική Ρομποτική να είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο το οποίο μπορεί να παρέχει εμπειρίες οικοδόμησης. Μελέτες αναφέρουν πως η ρομποτική μπορεί να επηρεάσει αποτελεσματικά τη μάθηση, ιδιαίτερα σε τομείς θετικών επιστημών (Φυσική, Μαθηματικά, Μηχανική, Πληροφορική, Βιολογία κτλ), καλλιεργώντας γνωστικές και κοινωνικές δεξιότητες όπως ερευνητική ικανότητα, δημιουργική σκέψη, αποτελεσματική ανάλυση δεδομένων και λήψη αποφάσεων, επίλυση προβλημάτων, επικοινωνιακή ικανότητα και ομαδικό πνεύμα και άλλα. Μπορεί να οδηγήσει σε ενίσχυση της κριτικής τους σκέψης και των ικανοτήτων τους για υπολογισμούς. Αυτές είναι οι δεξιότητες που απαιτούνται και στον σύγχρονο εργασιακό χώρο του 21ου αιώνα (Blikstein, 2013).

Η Εκπαιδευτική ρομποτική αποτελεί σημαντικό κομμάτι των τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (Τ.Π.Ε.) στην Εκπαίδευση. Το βασικό της εργαλείο είναι το «ρομπότ», το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα αποτελεσματικό εποπτικό μέσο και εργαλείο για την ανάπτυξη γνωστικών δομών για τα παιδιά. Εκτός από την *κατασκευαστική διαδικασία* του ρομπότ, οι μαθητές εμπλέκονται και στην *προγραμματιστική διαδικασία* του

ελέγχου της συμπεριφοράς του, συμμετέχοντας σε δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων που απορρέουν από της καθημερινότητα και εξασφαλίζοντας την αποτελεσματικότερη οικοδόμηση της γνώσης τους (Turbak, 2002). Η εκπαίδευση με χρήση πρακτικών εκπαιδευτικής ρομποτικής πραγματοποιείται με την ενεργή συμμετοχή των μαθητών, οι οποίοι εργάζονται σε ομάδες, χρησιμοποιώντας το πακέτο ρομποτικής που περιέχει *επεξεργαστή* (το μυαλό του ρομπότ), *αισθητήρες* (τις αισθήσεις) ως εισόδους της κατασκευής, *κινητήρες* ως εξόδους και δομικά στοιχεία για την ολοκλήρωση της κατασκευής.

Η ιδέα των προγραμματιζόμενων ρομποτικών κατασκευών ξεκίνησε από την χελώνα Logo από τα τέλη της δεκαετίας του '60 (Kafai Y., 1996). Στην δεκαετία του '80, η LEGO παρουσιάζει το «LEGO TECHNIC Control» με το Interface (διεπαφή) να ελέγχει κινητήρες και αισθητήρες μέσω μιας γλώσσας προγραμματισμού (LEGO Lines, Logo). Το 1998 η LEGO παρουσιάζει το «LEGO Mindstorms Robotic Invention System», το οποίο πήρε το όνομά του από το βιβλίο του Papert, με τον προγραμματιζόμενο κύβο «RCX / NXT» που αυτονομείται από τον υπολογιστή. Από το 2014, εταιρείες όπως η Cyttron Technologies πραγματοποιούν επιδρομές σε σχολεία και κέντρα μάθησης με το επαναπροσδιορίσιμο ρομπότ τους. Σχεδιασμένο να είναι εύκολο και ασφαλές για να συναρμολογηθεί και να είναι εύκολο να προγραμματιστεί, η ρομποτική έγινε πολύ προσίτη σε μικρά παιδιά που δεν έχουν δεξιότητες προγραμματισμού.

2. Εκπαίδευση stem και εκπαιδευτική ρομποτική

Η εκπαίδευση STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) έχει ως κέντρο της την Επίλυση Προβλημάτων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1. Αυτό σημαίνει ότι η διδακτική προσέγγιση STEM αφορά το υπολογιστικό πείραμα, την υπολογιστική σκέψη με τρόπο διαθεματικό και διεπιστημονικό. Η εκπαίδευση STEM ενσωματώνει ένα συνεκτικό μαθησιακό υπόδειγμα που βασίζεται σε πραγματικές εφαρμογές και προβλήματα. Η επιστήμη είναι παντού στον κόσμο γύρω μας (Benitti, 2012).

Η τεχνολογία επεκτείνεται συνεχώς σε κάθε πτυχή της ζωής μας. Η μηχανική διέπει τα βασικά σχέδια δρόμων και γεφυρών, αλλά αντιμετωπίζει επίσης τις προκλήσεις της αλλαγής του παγκόσμιου καιρού και των περιβαλλοντικών αλλαγών στο σπίτι μας. Τα μαθηματικά εμφανίζονται σε κάθε δραστηριότητα που κάνουμε στη ζωή μας. Οι φυσικές επιστήμες μελετούν τα φυσικά φαινόμενα και η πληροφορική σε συνεργασία με τα μαθηματικά ορίζουν τον αλγοριθμικό τρόπο σκέψης. Η εκπαιδευτική ρομποτική μπορεί να εφαρμοστεί σε σενάρια STEM βάση των οποίων οι μαθητές θα έλθουν σε επαφή με «προβλήματα» της καθημερινής ζωής και θα τα προσεγγίσουν διαθεματικά.



Εικόνα 1: Διδακτική Μεθοδολογία STEM

Η εκπαιδευτική ρομποτική είναι ένα μετασχηματιστικό εργαλείο για την εκμάθηση, την υπολογιστική σκέψη, την κωδικοποίηση και τη μηχανική, που όλο και περισσότερο θεωρούνται ως κρίσιμα συστατικά της μάθησης STEM στην εκπαίδευση. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πραγματοποίηση πειραματισμών και τη διερεύνηση σχέσεων σε διδακτικές παρεμβάσεις μικρής διάρκειας. Παραδείγματα τέτοια είναι μία ρομποτική διάταξη που επιτρέπει τη μελέτη της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης (Litinas, 2013) (σχέση χρόνου - μετατόπισης, σχέση χρόνου - ταχύτητας) ή μία ρομποτική διάταξη που επιτρέπει τη μέτρηση της θερμοκρασίας ενός υγρού που θερμαίνεται. Ο προτεινόμενος και καλύτερος τρόπος οργάνωσης της διδασκαλίας είναι το μοντέλο της συνθετικής εργασίας, το οποίο επιτρέπει την πλήρη αξιοποίηση των εργαλείων της εκπαιδευτικής ρομποτικής στο πλαίσιο του εποικοδομητισμού, αφού μπορεί να φιλοξενήσει τον προσωπικό προβληματισμό των μαθητών, να οδηγήσει σε ποικίλους πειρατισμούς και να υλοποιηθεί μέσα από συνεργατικές δραστηριότητες. Οι μαθητές οικοδομούν πιο αποτελεσματικά τη γνώση όταν εμπλέκονται ενεργά στη σχεδίαση και την κατασκευή πραγματικών αντικειμένων που έχουν νόημα για τους ίδιους, είτε αυτά είναι κάστρα από άμμο, είτε κατασκευές με ρομπότ και προγράμματα υπολογιστών.

Οι μαθητές μετατρέπονται από απλοί παρατηρητές σε ενεργά συμμετέχοντες, αναπτύσσοντας έτσι ένα μεγάλο αριθμό νοητικών δεξιοτήτων ως ερευνητές και δημιουργοί της νέας γνώσης. Τα ρομποτικά πακέτα αξιοποιούν μια black and white box τεχνολογία που δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να υλοποιούν και να επεκτείνουν τις ιδέες τους, με τη χρήση έτοιμων δομικών στοιχείων (Williams, 2007). Έτσι, καθίσταται εφικτό να αφηνιστεί το ενδιαφέρον των μαθητών με αξιοσημείωτα μαθησιακά αποτελέσματα. Το πιο σημαντικό είναι ότι η εκπαιδευτική ρομποτική παρέχει ένα διασκεδαστικό και συναρπαστικό μαθησιακό περιβάλλον. Η ρομποτική αλλάζει τον παραδοσιακό χαρακτήρα της διδασκαλίας ως ακολούθως:

- *Εμπλέκει ενεργά τους μαθητές στη μάθησή τους με την επίλυση αυθεντικών προβλημάτων.*
- *Υποστηρίζει τη διερευνητική μάθηση και ενισχύει τη διερευνητική στάση των μαθητών.*
- *Δίνει κίνητρα στους μαθητές να μελετήσουν την επιστήμη και την τεχνολογία.*
- *Επιτρέπει την ελεύθερη έκφραση και την ανάπτυξη της δημιουργικότητας και φαντασίας.*
- *Μέσα από την κατασκευή θέτει πραγματικά προβλήματα και παρέχει άμεση ανατροφοδότηση.*
- *Επιτρέπει την πρόσκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων που συνδέονται με πολλά γνωστικά αντικείμενα (και συνεπώς την προώθηση της διεπιστημονικής και διαθεματικής προσέγγισης).*
- *Η Εκπαιδευτική ρομποτική παρέχει στους μαθητές ευκαιρίες επίλυσης προβλημάτων με προσωπικό νόημα για τους ίδιους μέσω χειρισμού και κατασκευής πραγματικών ή ιδεατών αντικειμένων.*
- *Υποστηρίζει τη βιωματική μάθηση.*

Το μοντέλο ανακαλυπτικής μάθησης μέσω STEM δραστηριοτήτων ρομποτικής, έχει ως στόχο να δώσει στους μαθητές την ευκαιρία να βιώσουν διαφορετικούς τρόπους μάθησης και επίλυσης προβλημάτων (Zygouris N., 2017). Καταργείται ο «δάσκαλος - αυθεντία» και τη θέση του καταλαμβάνει η δημιουργία, η αναζήτηση και η έμπνευση. Επίσης η εκπαίδευση STEM προσφέρει στους μαθητές ένα μαθησιακό περιβάλλον όπου οι μαθητές εξερευνούν, εφευρίσκουν, ανακαλύπτουν, με αποτέλεσμα να αποκτήσουν όχι μόνο δεξιότητες του 21ου αιώνα, αλλά και να έχουν την ευκαιρία να δημιουργήσουν νέες δεξιότητες στο μέλλον. Η STEM εκπαίδευση, με τη χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής, συμβάλλει στην αλλαγή προσανατολισμού της μαθησιακής διαδικασίας σε σχέση με την παραδοσιακή τάξη. Μέσω του σχεδιασμού και της διεξαγωγής κατάλληλων δραστηριοτήτων ρομποτικής ,

υπάρχει η δυνατότητα να πραγματοποιηθούν όλοι οι στόχοι που ορίζει το πνεύμα STEM, ως ακολούθως:

- **Διεπιστημονικότητα:** Οι δραστηριότητες της εκπαιδευτικής ρομποτικής καλλιεργούν στα παιδιά γνώσεις από τους παραπάνω κλάδους, αλλά αναπτύσσουν και δεξιότητες που αναδύονται από τη συνδυαστική διδασκαλία τους (Benitti, 2012).
- **Επίλυση προβλημάτων:** Σε μια δραστηριότητα που περιλαμβάνει τη χρήση εκπαιδευτικών ρομπότ, οι μαθητές καλούνται να αντιμετωπίσουν πολυάριθμα προβλήματα, τα οποία πηγάζουν από τα εμπόδια που πρέπει να ξεπεράσουν για την επίτευξη των στόχων της δραστηριότητας.
- **Φαντασία και δημιουργικότητα:** Η ιδέα της «καινοτομίας» συνδέεται άμεσα με τη φαντασία, η οποία σχετίζεται με τη διαδικασία επίλυσης ενός προβλήματος.
- **Λογικός και αφαιρετικός συλλογισμός (logical and abstract reasoning):** Η διαδικασία κατασκευής ενός εκπαιδευτικού ρομπότ προϋποθέτει τον σχεδιασμό και την συναρμολόγησή του με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ικανό να λειτουργήσει σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον και να εκτελέσει συγκεκριμένες ενέργειες. Αυτό προϋποθέτει από τον μαθητή την μοντελοποίηση του ρομπότ και του περιβάλλοντός του κατά έναν αφαιρετικό τρόπο, προκειμένου να προβλέψει τη συμπεριφορά του (Dimitris, 2009).

3. Διαστάσεις Υπολογιστικής Σκέψης

Η εισαγωγή του STEM στην εκπαίδευση, ως επιστημολογική προσέγγιση, προκάλεσε πολλές συζητήσεις για τον τρόπο υλοποίησης στην σχολική και τριτοβάθμια εκπαίδευση αλλά και ως προς την φύση του επιστημολογικού περιεχομένου. Συναφές με την εισαγωγή του STEM είναι και το θέμα της εισαγωγής της Υπολογιστικής σκέψης (ΥΣ) σε συνδυασμό με το STEM, της επιστημολογίας των Μηχανικών (engineering pedagogy) αλλά και της μεθοδολογίας που θα πρέπει να ακολουθηθεί -σε πρακτικό επίπεδο- για την ολοκλήρωση της επιστημολογίας του STEM στο αναλυτικό πρόγραμμα μαθημάτων όπως η Διδακτική μαθημάτων ειδικότητας» και σε προγράμματα επιμόρφωσης για απόκτηση της Παιδαγωγικής επάρκειας.

Η ΥΣ περιλαμβάνει την επίλυση προβλήματος, τον σχεδιασμό συστημάτων και την κατανόηση ης ανθρώπινης συμπεριφοράς, με την αξιοποίηση εννοιών από την Επιστήμη των Υπολογιστών (Computer Science). Η Wing (Wing, 2008) υποστήριξε ότι η ΥΣ «δένει» τη Μαθηματική σκέψη με τη «Μηχανική (Engineering)», δίνοντας έμφαση στον σχεδιασμό συστημάτων που θα βοηθήσουν την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων. Οι διαστάσεις της ΥΣ περιλαμβάνουν τα ακόλουθα (Psycharis, 2015):

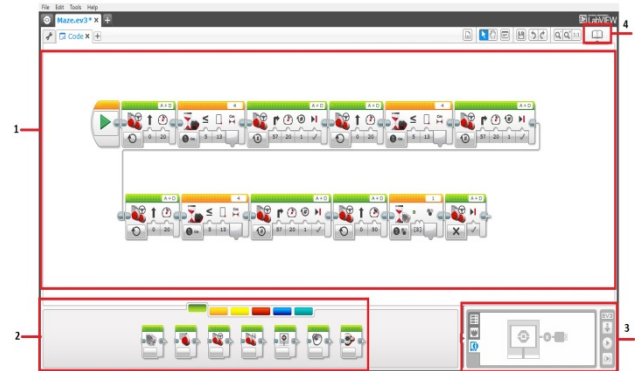
- Η ικανότητα να σκεφτόμαστε «Αλγοριθμικά»
- Η ικανότητα να σκεφτόμαστε με όρους «διάσπασης» του προβλήματος
- Η ικανότητα να γενικεύουμε και να χρησιμοποιούμε πρότυπα
- Η ικανότητα να σκεφτόμαστε «αφαιρετικά» με την επιλογή των αναπαραστάσεων
- Η ικανότητα να αξιολογούμε ένα μοντέλο

Συνεπώς, στον πυρήνα της ΥΣ είναι η ικανότητα να σπάει ο μαθητής τα μεγάλα προβλήματα σε μικρότερα (NRC, 2011). Η ΥΣ είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ικανότητα των μαθητών με δημιουργούν μοντέλα, τόσο νοητικά όσο και μηχανικά. Έτσι μαθαίνουν να αναπτύσσουν και να δημιουργούν νέες ιδέες για να λύσουν τα προβλήματά τους (Vossoughi, 2013 – Bers, 2014).

4. Εργαλειοθήκη LEGO Mindstorms

Η φιλοσοφία σχεδίασης του εκπαιδευτικού υλικού της Lego Mindstorms (LM) στηρίζεται στην άποψη ότι ο μαθητής πρέπει από μόνο του να οικοδομεί τη γνώση (Papert) και ειδικότερα στο ότι η μάθηση επέρχεται μέσα

από το παιχνίδι («learning through play»). Στόχος της χρήσης των LM επομένως είναι η ενσωμάτωση του παιχνιδιού στην εκπαιδευτική διαδικασία, δίνοντας τη δυνατότητα στο μαθητή να διασκεδάσει και να χρησιμοποιήσει τη φαντασία του. Στην ενότητα αυτή θα κάνουμε μία σύντομη αναφορά σε τεχνικά στοιχεία, υπογραμμίζοντας τις δυνατότητες που παρέχει το πακέτο LM στους μαθητές και καθηγητές.



Εικόνα 2: Περιβάλλον Lego EV3 και παράδειγμα οπτικού κώδικα

Το περιβάλλον προγραμματισμού EV3 αποτελείται από τις παρακάτω τέσσερις κύριες περιοχές, σύμφωνα με την Εικόνα 2:

- **Προγραμματιστική Περιοχή:** Εδώ σχεδιάζεις το πρόγραμμά σου. (1)
- **Προγραμματιστικά εικονίδια :** Περιέχει όλα τα μπλοκ κατασκευής για να χτίσεις το πρόγραμμά σου. (2)
- **Επικοινωνία του εγκεφάλου EV3 με το πρόγραμμα:** Εδώ πραγματοποιείς και διαχειρίζεσαι την επικοινωνία σου με το τουβλάκι EV3 Brick και βλέπεις ποιοι κινητήρες και αισθητήρες έχουν συνδεθεί πού. Από εδώ επίσης κατεβάζεις προγράμματα στο τουβλάκι EV3 Brick. (3)
- **Ένα ψηφιακό βιβλίο** εργασίας ενσωματωμένο στο λογισμικό. Πάρε οδηγίες ή τεκμηρίωσε το έργο σου χρησιμοποιώντας κείμενο, εικόνες και βίντεο. (4)

Τα blocks που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια ανάπτυξης οπτικού προγραμματισμού στον σχεδιασμό των διδακτικών δραστηριοτήτων δίνονται στον Πίνακα 1.

4. Διδακτικά Σενάρια

Στην ενότητα αυτή παραθέτουμε τα διδακτικά σενάρια, που αφορούν συγκεκριμένες ενότητες των μαθηματικών και της φυσικής, όπως εφαρμόστηκαν σε τάξη Γυμνασίου. Όσο αφορά τα μαθηματικά, έχουμε σχεδιάσει (3) διαφορετικά διδακτικά σενάρια: Το πρώτο (Σ1) αφορά «στοιχεία κύκλου», δραστηριότητες δηλαδή βάση των οποίων οι μαθητές κατακτούν έννοιες διαμέτρου, περιμέτρου και πως η διάμετρος της ρόδας του ρομπότ επηρεάζει την συνολική απόσταση που καλύπτεται σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (Zygouris N., 2017). Το δεύτερο σενάριο (Σ2) αφορά «στοιχεία τριγωνομετρίας» και συγκεκριμένα νόμο συνημίτονων. Το τρίτο σενάριο (Σ3) αφορά «γραφικές παραστάσεις» και εμπίπτει και σε θέματα κινηματικής φυσικής (ευθύγραμμη ομαλή κίνηση). Πληροφορίες για τα σενάρια δίνονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 1: Ερμηνεία των Blocks Οπτικού Κώδικα EV3

Blocks	Ερμηνεία / Χρήση
<p>Action Blocks (Μπλοκ Ενέργειών)</p>  <p>1-Medium Motor (Μέτριος Κινητήρας) 2-Large Motor (Μεγάλος Κινητήρας) 3-Move Steering (Ενιαίος Έλεγχος Πορείας) 4-Move Tank (Μεταβίθιος Έλεγχος Πορείας) 5-Display (Οθόνη) 6-Sound (Ήχος) 7-Brick Status Light</p> <p>Εικόνα 3: Action Blocks (Μπλοκ Κίνησης)</p>	<p>Με τα action blocks μπορούμε να ελέγξουμε τους κινητήρες του ρομπότ, καθώς και την εικόνα, τον ήχο και το φως γύρω από το «έξυπνο» τούβλο (εγκέφαλος) του ρομπότ.</p>
<p>Flow Blocks (Μπλοκ Ροής)</p>  <p>1-Start (Εκκίνηση) 2-Wait (Αναμονή) 3-Loop (Βρόχος) 4-Switch (Εναλλαγή) 5-Loop Interrupt (Διακοπή βρόχου)</p> <p>Εικόνα 4: Flow Blocks (Μπλοκ Ροής)</p>	<p>Τα flow blocks αναφέρονται στον έλεγχο της ροής του προγράμματος, δηλαδή στις δομές επιλογής και επανάληψης. Είναι χρήσιμες ιδιαίτερα σε περιπτώσεις λήψης απόφασης και μείωσης το όγκου του κώδικα όταν αυτός επαναλαμβάνεται</p>
<p>Sensor Blocks (Μπλοκ Αισθητήρων)</p>  <p>1-Brick Buttons (Τούβλα στο Τούβλο) 2-Color Sensor (Αισθητήρας Χρωμάτων) 3-Gyro Sensor (Γυροσκοπίο) 4-Infrared Sensor (Αισθητήρας Υπερήχων) 5-Motor Rotation (Περιστροφή Κινητήρα) 6-Αισθητήρας Θερμοκρασίας 7-Timer (Χρονομετρητής) 8-Touch Sensor (Αισθητήρας Αφή) 9-Ultrasonic Sensor (Αισθητήρας Υπερήχων) 10- Μεταβίθιος εντάγματος 11- NXT αισθητήρας ήχου</p> <p>Εικόνα 5: Sensor Blocks (Μπλοκ Αισθητήρων)</p>	<p>Με το sensor block μπορούμε να καταγράψουμε σε πραγματικό χρόνο δεδομένα από αισθητήρες, τα οποία μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε για να απεικονίσουμε γραφικές παραστάσεις μεταξύ των φυσικών ποσοτήτων.</p>
<p>Data Operations Blocks (Μπλοκ Δεδομένων)</p> 	<p>Τα data operations blocks χρησιμοποιούνται για την καταγραφή σε πραγματικό χρόνο των δεδομένων μετρήσεων αλλά και τη διαχείριση αυτών μέσω μαθηματικών σχέσεων. Με τα μπλοκ αυτά μπορούμε να ορίσουμε σταθερές και μεταβλητές.</p>

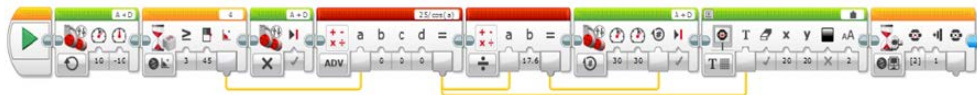
Όσο αφορά τη Φυσική, σχεδιάστηκαν επίσης (3) διδακτικά σενάρια τα οποία είναι: το πρώτο (Σ1) αφορά μελέτη «ευθύγραμμης ομαλής κίνησης» (έννοιες ταχύτητας και μετατόπισης), το δεύτερο (Σ2) αφορά «ανεμογεννήτρια» (θέματα ενέργειας) και το τρίτο (Σ3) αφορά «ένταση φωτός» (μέτρηση χρωματικής έντασης μέσω αισθητήρα χρώματος) (Williams, 2007). Πληροφορίες για τα σενάρια δίνονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 2: Διδακτικά Σενάρια Μαθηματικών

Τα μέρη του Σεναρίου	Ανάλυση
Τίτλος	Σ1: Στοιχεία του κύκλου Σ2: Τριγωνομετρία Σ3: Γραφικές παραστάσεις
Τάξη εφαρμογής	Σ1: Μαθητές της Α΄ τάξης Γυμνασίου Σ2: Μαθητές της Β΄ τάξης Γυμνασίου Σ3: Μαθητές της Β΄ τάξης Γυμνασίου
Εμπλεκόμενες γνωστικές περιοχές	Σ1: Μαθηματικά, Γεωμετρία, Εκπαιδευτική ρομποτική, Απόσταση, Κίνηση σε ευθεία, Περιφέρεια και στοιχεία κύκλου, μαθαίνω το π Σ2: Μαθηματικά, Τριγωνομετρία, Νόμος των συνημιτόνων Σ3: Μαθηματικά, Ευθύγραμμη κίνηση, Ταχύτητα, Γραφικές παραστάσεις
Προ-απαιτούμενες γνώσεις	Σ1: Απλή μέθοδος των τριών, Δομικά στοιχεία κύκλου. Σ2: Τριγωνικός πίνακας, ημίτονο και συνημίτονο οξείας γωνίας. Σ3: Βασικές έννοιες στατιστικής
Εκτιμώμενη διάρκεια	Σ1: 2 διδακτικές ώρες Σ2: 1 διδακτική ώρα Σ3: 1 διδακτική ώρα
Σκοπός του φύλλου εργασίας	Σ1: Σκοπός αυτού του Φύλλου Εργασίας είναι ο μαθητής να γνωρίσει το π, ποια είναι τα στοιχεία ενός κύ-

Διδακτικοί Στόχοι	κλου και χρησιμοποιώντας τα να μπορεί υπολογίσει ακριβές αποστάσεις που θα διανύει το ρομπότ.
	Σ2: Σκοπός αυτού του φύλλου εργασίας είναι να μπορεί ο μαθητής να χρησιμοποιήσει τριγωνομετρία για να υπολογίσει την υποτεινουσα γωνία με δεδομένα μια πλευρά και δύο γωνίες.
	Σ3: Σκοπός αυτού του φύλλου εργασίας είναι να γνωρίσει ο μαθητής την ευθύγραμμη κίνηση με τη βοήθεια του ρομπότ και να δημιουργεί γραφικές παραστάσεις για τις σχέσεις χρόνου – ισχύ κινητήρα και ταχύτητας – ισχύ κινητήρα
	Σ1: Να γνωρίζει έννοιες όπως περίμετρος, ακτίνα, διάμετρος, να υπολογίζει αποστάσεις που διανύει το ρομπότ, να χρησιμοποιεί εντολές κίνησης
	Σ2: Να γνωρίζει να χρησιμοποιεί τον αισθητήρα γυροσκόπιο, να χρησιμοποιεί τον νόμο των συνημίτονων
	Σ3: Να γνωρίζει την σχέση ισχύς κινητήρα με χρόνο και ταχύτητα, να υλοποιεί γραφικές παραστάσεις, να βγάζει συμπεράσματα ερμηνεύοντας τις γραφικές παραστάσεις

Τόσο για τα σενάρια των Μαθηματικών, όσο και για της Φυσικής, μετά τη διδασκαλία των εννοιών με τη χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής, οι μαθητές απαντούν στα φύλλα εργασίας που τους μοιράστηκαν. Στις παρακάτω εικόνες, δίνουμε ενδεικτικά κάποια παραδείγματα οπτικού κώδικα, όπως τον δημιούργησαν οι μαθητές. Η δυσκολία στην κατασκευή του ρομπότ ήταν μικρή, αφού για να ενισχυθεί η υπολογιστική σκέψη των μαθητών δώσαμε περισσότερο βάρος στο υπολογιστικό-αλγοριθμικό κομμάτι και όχι στο κατασκευαστικό.



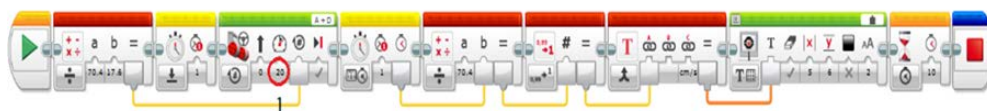
Εικόνα 7: Υπολογισμός υποτεινουσας τριγώνου 45° και διάσχιση της πλευράς.

Στην Εικόνα 7, παραθέτουμε τον οπτικό κώδικα ο οποίος δημιουργήθηκε για να λύσει άσκηση του φύλλου εργασίας των μαθηματικών που σχετίζεται με την τριγωνομετρία. Οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να εκτελούν το πείραμά τους πολλές φορές, να αλλάζουν τιμές και να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά του ρομπότ. Αναλύουν έπειτα τις μετρήσεις που έλαβαν με τη χρήση του excel. Στην Εικόνα 8, απεικονίζεται ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε και βάση του οποίου αλλάζοντας τις τιμές των παραμέτρων, οι μαθητές πειραματίζονται με την ισχύ του κινητήρα ώστε να εξάγουν μία σχέση εξάρτησης μεταξύ της ισχύος, του πλήθους των περιστροφών κινητήρα και της ταχύτητας.

Πίνακας 3: Διδακτικά Σενάρια Φυσικής

Τα μέρη του Σεναρίου	Ανάλυση
Τίτλος	Σ1: Κίνηση σε ευθεία
	Σ2: Ανεμογεννήτρια
	Σ3: Ένταση φωτός
Τάξη εφαρμογής	Σ1: Μαθητές της Β΄ τάξης του Γυμνασίου
	Σ2: Μαθητές της Β΄ τάξης του Γυμνασίου
	Σ3: Μαθητές της Γ΄ τάξης του Γυμνασίου
Εμπλεκόμενες γνωστικές περιοχές	Σ1: Μετατόπιση, Κίνηση με σταθερή ταχύτητα, Ταχύτητα
	Σ2: Ενέργεια
	Σ3: Γραφικές παραστάσεις, ανάκλαση φωτός, αισθητήρας χρώματος
Προ-απαιτούμενες γνώσεις	Σ1: Ευθύγραμμη κίνηση, να υλοποιεί γραφικές παραστάσεις
	Σ2: Έργο και ενέργεια, μορφές της ενέργειας, πηγές ενέργειας
	Σ3: Διάδοση φωτός, γραφικές παραστάσεις
Εκτιμώμενη διάρκεια	Σ1: 2 διδακτικές ώρες
	Σ2: 2 διδακτικές ώρες
	Σ3: 2 διδακτικές ώρες
Σκοπός του φύλλου εργασίας	Σ1: Σκοπός αυτού του Φύλλου Εργασίας είναι ο μαθητής να γνωρίσει την έννοια της ταχύτητας και της μετατόπισης χρησιμοποιώντας το ρομπότ.
	Σ2: Σκοπός αυτού του φύλλου εργασίας είναι ο μαθητής χρησιμοποιώντας την κατασκευή της ανεμογεννήτριας να κατανοήσει την λειτουργία της διαβάζοντας και καταγράφοντας την ηλεκτρική τάση και ενέργεια που παράγει.
	Σ3: Σκοπός αυτού του Φύλλου Εργασίας είναι ο μαθη-

Διδακτικοί Στόχοι	τής να μπορεί να βγάλει συμπεράσματα από μια γραφική χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα χρώματος.
	Σ1: Να γνωρίζει την έννοια της μετατόπισης και να την υπολογίζει, την έννοια της ταχύτητας και να την υπολογίζει, να υλοποιεί γραφικές παραστάσεις
	Σ2: Να γνωρίζει τον τρόπο λειτουργίας της ανεμογεννήτριας.
	Σ3: Να γνωρίζει το φάσμα φωτός, την ένταση φωτός, να χρησιμοποιεί αισθητήρα χρώματος.



Εικόνα 8: Σχέση ισχύς κινητήρα και ταχύτητας.

Στην Εικόνα 9, απεικονίζεται ο κώδικας που δόθηκε στους μαθητές και βάση του οποίου πειραματίστηκαν με τις τιμές των παραμέτρων ώστε να εξαγάγουν συμπεράσματα σχετικά με την απόσταση που διανύει το ρομπότ ανάλογα με το χρόνο για σταθερή ταχύτητα (ευθύγραμμη ομαλή κίνηση). Έπειτα εργάστηκαν ώστε να πραγματοποιήσουν τη γραφική παράσταση που προκύπτει από τις μετρήσεις που έλαβαν.



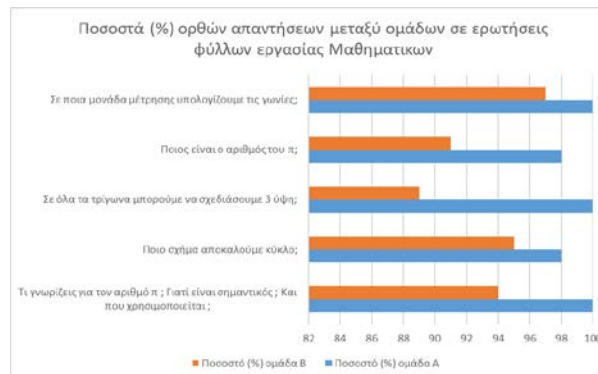
Εικόνα 9: Σχέση απόστασης – χρόνου στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

5. Στάσεις, απόψεις και συμπεράσματα

Τα σχολείο στο οποίο εφαρμόστηκαν τα σενάρια είναι το Γυμνάσιο – Λύκειο Νέου Μοναστηρίου Φθιώτιδας, στο οποίο υπάρχουν 3 τάξεις Γυμνασίου με 35 μαθητές σύνολο, 3 τάξεις Λυκείου με 47 μαθητές σύνολο και 21 καθηγητές. Η εφαρμογή των σεναρίων αφορά τις τάξεις του Γυμνασίου και έγινε από 3 καθηγητές ειδικοτήτων Μαθηματικού, Φυσικού και Πληροφορικής. Για την εκτέλεση των σεναρίων συγκεντρώσαμε όλους τους μαθητές της Α, Β και Γ αντίστοιχα τάξης σε ένα ενιαίο τμήμα και τους χωρίσαμε σε δύο ομάδες. Η Α ομάδα ονομάστηκε «ομάδα ρομποτικής» και η Β «ομάδα ελέγχου» (Zygouris N., 2017). Η πρώτη εφάρμοσε πρακτικές εκπαιδευτικής ρομποτικής για την επίλυση των ασκήσεων των φύλλων εργασίας, ενώ η δεύτερη όχι. Η κατανομή των μαθητών μεταξύ των δύο ομάδων ήταν ομοιόμορφη (18 στην ομάδα Α και 17 στην Β), καθώς επίσης η κατανομή μεταξύ των ομάδων όσο αφορά το φύλλο των μαθητών ήταν ομοιόμορφη (9 αγόρια-9 κορίτσια στην Α και 9 αγόρια-8 κορίτσια στην Β). Φυσικά για να έχουν όλοι οι μαθητές όμοιες εμπειρίες στη χρήση του ρομπότ, έγινε αμοιβαία ανταλλαγή των μαθητών μεταξύ των ομάδων Α και Β όταν άλλαζε το σενάριο.

Όσο αφορά τις ερωτήσεις που θέσαμε στους συμμετέχοντες μαθητές σχετικά με τις στάσεις και απόψεις τους σχετικά με την εφαρμογή και τα οφέλη της εκπαιδευτικής ρομποτικής στο σύγχρονο σχολείο, πήραμε τα ακόλουθα αποτελέσματα: Το 92,3% των μαθητών δήλωσε ότι έχει ασχοληθεί από 1 έως 2 χρόνια με την εκπαιδευτική ρομποτική, ως εξωσχολική δραστηριότητα. Αυτό μαρτυρά και την ευχέρειά τους ως προς τη χρήση της τεχνολογίας αυτής. Στην πλειοψηφία τους οι μαθητές (90%) πιστεύουν ότι η εκπαιδευτική ρομποτική αποτελεί σημαντικό βοήθημα και εποπτικό εργαλείο για τις θετικές επιστήμες. Σε αντίθεση, όσο αφορά τις θεωρητικές επιστήμες (ιστορία, κοινωνιολογία, καλλιτεχνικά κτλ), οι μαθητές απαντούν 61,5% ότι η εκπαιδευτική ρομποτική θα μπορούσε να βοηθήσει θετικά, ενώ το 39,5% δεν το πιστεύει αυτό. Είναι φυσικό οι μαθητές να συνδέουν ένα εργαλείο τεχνολογίας με τις θετικές επιστήμες, ωστόσο η σύγχρονη βιβλιογραφία έχει δείξει ότι η τάση STEAM αγκαλιάζει τις θεωρητικές επιστήμες όσο και τις θετικές.

Ένα μεγάλο ποσοστό της τάξης του 85,4% πιστεύει ότι ο προγραμματισμός και το ρομπότ τους βοήθησε να κατανοήσουν καλύτερα τα πειράματα και να αυξήσουν τις υπολογιστικές τους ικανότητες και την αντίληψή τους. Αυτός είναι και ένας από τους κύριους στόχους της εργασίας αυτής. Σε σχέση με αυτό, το 80% των μαθητών θα ήθελε η εκπαιδευτική ρομποτική και οι δραστηριότητες STEM να αποτελούν μέρος του εκπαιδευτικού τους προγράμματος και όχι απλά ως ενισχυτικές διαδικασίες.



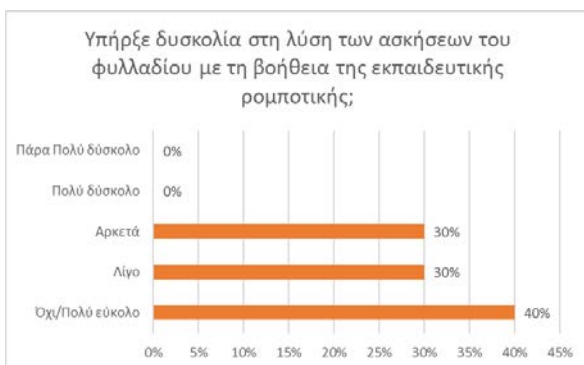
Γράφημα 1: Ποσοστά (%) ορθών απαντήσεων ομάδας Α και Β σε υποσύνολο ερωτήσεων φύλλων εργασίας.

Από το Γράφημα 2, διαπιστώνουμε ότι η πλειοψηφία των μαθητών θεωρεί ότι η εκπαιδευτική ρομποτική ενίσχυσε την κατανόησή τους στο μάθημα. Αυτό δικαιολογείται από τη συμμετοχή των μαθητών στην πειραματική διαδικασία κατά τη διάρκεια των σεναρίων. Ωστόσο το 20% έχει αντίθετη γνώμη, όχι μάλλον τους βοήθησε λίγο. Αυτό ερμηνεύεται ως «συγκρατημένη» αισιοδοξία των μαθητών λόγω του ότι δεν είναι πλήρως εξοικειωμένοι με τη νέα τεχνολογία. Ωστόσο τα αποτελέσματα των φύλλων εργασίας μαρτυρούν ότι οι μαθητές της ομάδας Α σημείωσαν σωστές απαντήσεις σε ποσοστό 92,3 % σε σχέση με το 79,6% των μαθητών της ομάδας Β. Τέλος, όσο αφορά την ευκολία ή δυσκολία που συνάντησαν οι μαθητές στον προγραμματισμό του ρομπότ για τις ασκή-

σεις των φύλλων εργασίας, το 70% θεωρεί ότι δεν συνάντησε μεγάλες δυσκολίες, ενώ το 30% δυσκολεύτηκε αρχικά λόγω του ότι δεν είχε χρησιμοποιήσει ξανά ρομπότ ή δυσκολεύεται γενικότερα με την αλγοριθμική λογική (Γράφημα 3)



Γράφημα 2: Ενίσχυση της κατανόησης των μαθητών



Γράφημα 3: Δυσκολία στην προσέγγιση των ασκήσεων

Με στόχο να μετρήσουμε ποσοτικά την ενίσχυση της ΥΣ των μαθητών που ασχολήθηκαν με τη ρομποτική διάταξη (ομάδα Α), μοιράσαμε στην ομάδα Α και στην ομάδα Β ένα ερωτηματολόγιο για τον έλεγχο της αυτο-αποτελεσματικότητας (self – efficacy) στις έννοιες της ΥΣ από γνωστούς ερευνητές στο χώρο (Bean et.al 2015, Weese et al. 2016, Joshua et al., 2017). Το ερωτηματολόγιο περιέχει ερωτήσεις που μετρούν την αυτο - αποτελεσματικότητα σε κλίματα Likert πέντε αξιών: «διαφωνώ έντονα, κάπως διαφωνώ, σίγουρα, κάπως συμφωνώ, συμφωνώ απόλυτα». Οι διαφορετικές έννοιες που περιλαμβάνονται στο ερωτηματολόγιο είναι:

- Μια (1) ερώτηση για δοκιμές και εντοπισμό σφαλμάτων (testing and debugging - TAD)
- Μια (1) ερώτηση για ερωτήσεις (question for questioning - QUE).
- Δύο (2) ερωτήσεις για την αποσύνθεση του προβλήματος (problem decomposition - DEC)
- Δύο (2) ερωτήσεις για δεδομένα (data - DAT)
- Δύο (2) ερωτήσεις για βαθμιαία και επαναληπτική (incremental and iterative - IAI)
- Τρία (3) ερωτήματα για παραλληλισμό (parallelism – PAR)

7. Αναφορές

- Benitti, F. B. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58 (3), pp. 978-988.
- Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and 'making' in education: The democratization of invention. *Journal of Walter Herrmann & C. Böching (eds.)*, pp. 1-21.
- Dimitris, A. (2009). *Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods*. Athens:

- Τρία (3) για αφαίρεση (abstraction - ABS)
- Τέσσερα (4) για αλγοριθμική σκέψη (algorithmic thinking - ALG)
- Πέντε (5) ερωτήσεις για τη ροή ελέγχου (control - CON)

Το ερωτηματολόγιο έχει συνέπεια αξιοπιστίας τύπου Cronbach alpha σε βαθμό 0,85. Ένα ζευγαρωτό t-test εφαρμόστηκε για να συγκρίνει τις ομάδες Α και Β, δεδομένου ότι τα μέλη τους είναι ομοιόμορφα κατανομημένα σε αυτές. Το t-test με τις 23 ερωτήσεις με p – value μικρότερη από 0,05, δείχνει μία σημαντική διαφορά στην αυτό – αποτελεσματικότητα της ΥΣ για την ομάδα Α σε σύγκριση με την ομάδα Β. Επίσης παρατηρήσαμε σημαντικές διαφορές σε όλες τις διαστάσεις των ερωτημάτων εκτός από την κατηγορία CON όπου η p – value είναι μεγαλύτερη από 0,05.

Μετά το πέρας των σεναρίων μοιράσαμε ερωτηματολόγιο στάσεων και απόψεων και στους καθηγητές οι οποίοι συμμετείχαν στη διδασκαλία. Όλοι θεωρούν απαραίτητο να εισαχθεί η εκπαιδευτική ρομποτική και οι δραστηριότητες STEM στο σχολικό πρόγραμμα με τη μορφή διαθεματικών δραστηριοτήτων. Η αναγκαιότητα αυτή προέκυψε από τα υψηλά ποσοστά των ορθών απαντήσεων των μαθητών, την προσήλωσή τους στο μάθημα και τη συνεργασία που ανέπτυξαν με τους συμμαθητές τους. Ωστόσο, το 82% πιστεύει ότι για την επιτυχή περάτωση των σεναρίων STEM με ρομποτική, χρειάζονται προαπαιτούμενες γνώσεις των καθηγητών όσο αφορά την κατασκευή και τον προγραμματισμό, ο οποίος μπορεί να αυξηθεί σε πολυπλοκότητα ανάλογα με το σενάριο για το οποίο προορίζεται. Η πλειοψηφία πιστεύει ότι θα πρέπει να συνεργαστούν πολλές ειδικότητες καθηγητών για τον σχεδιασμό και εκτέλεση των σεναρίων και το 78% πιστεύει ότι η εκπαιδευτική ρομποτική θα βελτιώσει το διδακτικό τους έργο.

Σημαντικά είναι τα συμπεράσματα για τους λόγους που οφείλονται για τη μειωμένη διείσδυση της εκπαιδευτικής ρομποτικής στα Ελληνικά σχολεία, κυρίως στα Δημόσια. Το 50% των καθηγητών πιστεύει ότι οφείλεται στο υψηλό κόστος, ενώ το 98% πιστεύει ότι οφείλεται στην έλλειψη του διδακτικού χρόνου. Αυτό μας δίνει να καταλάβουμε ότι εάν τα εργαλεία βασίζονται σε ανακυκλώσιμα υλικά τα οποία και οι ίδιοι μαθητές μπορούν να κατασκευάσουν, τότε το συνολικό κόστος θα μειωνόταν πολύ. Η 2η άποψη μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει οι δραστηριότητες STEM να εισαχθούν ως μέρος του προγράμματος σπουδών και ότι ως παράλληλη ξεχωριστή δραστηριότητα. Τέλος η πλειοψηφία των καθηγητών επιθυμεί να λάβει συμμετοχή σε επιμορφωτικά σεμινάρια εκπαιδευτικής ρομποτικής και STEM ώστε να εφαρμόσει τα νέα διδακτικά εργαλεία με τον καλύτερο τρόπο στην τάξη του.

6. Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον Διευθυντή του Γυμνασίου – Λ.Τ. Νέου Μοναστηρίου Φθιώτιδας, κ. Καλτσά Ιωάννη (Οικονομολόγο Π.Ε.80) ο οποίος μας επέτρεψε να εφαρμόσουμε τα προτεινόμενα σενάρια STEM. Επίσης τους συναδέλφους κ. κ. Καραμπούζη Γεώργιο (Φυσικό Π.Ε. 04.01) και κ. Κόκκοτα Ευθύμιο (Μαθηματικό Π.Ε. 03), οι οποίοι συνεργάστηκαν μαζί μας για την εφαρμογή και εκτέλεση των διδακτικών σεναρίων

ASPETE, School of Pedagogical and Technological Education.

Kafai Y., R. M. (1996). *Constructionism in Practice*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey.

Litinas, A. (2013). *Plannin implementation and evaluation of lab activities using robotic technology for teaching the phenomenon of motion*. 3rd Pan-Hellenic Con-

- ference "Integration and Use of ICT in Educational Process". Piraeus: HAICTE.
- Papert, S. (1993). *Mindstorms: Children computers and powerful ideas*. New York: New York, NY: Basic Books.
- Turbak, F. B. (2002). Robotic design studio: exploring the big ideas of engineering in a liberal arts environment. *Journal of Science and Education Technology*, 11(3), pp. 237–253.
- Williams, D. C. (2007). Acquisition of physics content knowledge and scientific inquiry skills in a robotics summer camp. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(2), p. 2007.
- Zygouris N., S. A. (2017). The use of LEGO mind-storms in elementary schools. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*.
- Weese, J. L., Feldhausen, R., & Bean, N. H. (2016). The Impact of STEM Experiences on Student Self-Efficacy in Computational Thinking. *Proceedings of the 123rd American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition (ASEE 2016)*. New Orleans, LA, USA.
- Bean, N., Weese, J. L., Feldhausen, R., & Bell, R. (2015). Starting From Scratch: Developing a Pre-Service Teacher Program in Computational Thinking. *Frontiers in Education*.
- Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers & Education*, 72, 145-157.
- NRC (2011). Report of a workshop on the pedagogical aspects of computational thinking. Washington, D. C.: National academies press.
- Vossoughi, S., Escudé, M., Kong F., & Hooper, P. (2013). Tinkering, learning & equity in the afterschool setting.
- S. Psycharis, "The Impact of Computational Experiment and Formative Assessment in Inquiry Based Teaching and Learning Approach in STEM Education". *Journal of Science Education, and Technology* 25(2), 316-326 (JOST) DOI 10.1007/s10956-015-9595-z. 2015.
- Joshua Levi Weese, Russell Feldhausen, *STEM Outreach: Assessing Computational Thinking and Problem Solving*, American Society for Engineering Education, 2017