

Μια πρόταση διδασκαλίας για το μάθημα του προγραμματισμού Η/Υ στο Λύκειο με τη μεθοδολογία STEM

Παλιούρας Αριστείδης¹, Ψυχάρης Σαράντος²
arisपालιouras@gmail.com, spsycharis@gmail.com

¹ Εκπαιδευτικός Δ.Ε. Πληροφορικής

² Παιδαγωγικό Τμήμα, Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδοσης των μαθητών Λυκείου σε θέματα προγραμματισμού Η/Υ με την αξιοποίηση της μεθόδου STEM (με χρήση του συστήματος Arduino) σε σχέση με τη χρήση της Ψευδογλώσσας καθώς και η μελέτη των διαθέσεων – στάσεων των μαθητών απέναντι στη μέθοδο STEM. Η διδακτική παρέμβαση που προτείνουμε περιλαμβάνει εννέα ολοκληρωμένα φύλλα εργασίας με χρήση του μικροελεγκτή Arduino και του προγραμματιστικού περιβάλλοντος Ardublock. Για τις ανάγκες του μαθήματος της Β΄ τάξης Γενικού Λυκείου, το οποίο είναι γραπτός εξεταζόμενο στο προγραμματιστικό περιβάλλον της Ψευδογλώσσας, στην πρότασή μας έχουμε ενσωματώσει την Ψευδογλώσσα. Στο μάθημα επιλογής της Α΄ τάξης «Εφαρμογές Υπολογιστών» μπορεί να εφαρμοστεί χωρίς τις αναφορές στην Ψευδογλώσσα.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έδειξαν ότι η μεθοδολογία STEM στη διδασκαλία του προγραμματισμού συνέβαλε στη βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών και η πλειοψηφία των μαθητών εξέφρασε θετικές απόψεις για τη μεθοδολογία STEM.

Λέξεις κλειδιά: Προγραμματισμός υπολογιστών, STEM, Arduino

Εισαγωγή

Οι μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αντιμετωπίζουν πολλές γνωστικές δυσκολίες στην διδασκαλία του προγραμματισμού. Η Ελευθεριώτη κ.α. (2010) αναφέρει ότι: «Αρκετές έρευνες δείχνουν ότι ο προγραμματισμός αποτελεί, για την πλειονότητα των μαθητών, μια ελάχιστα ελκυστική δραστηριότητα. Οι μαθητές δείχνουν μεγάλο ενδιαφέρον για το διαδικτυο, για λογισμικά γενικής χρήσης και, κυρίως, για τα ηλεκτρονικά παιχνίδια.». Ο Παπαδάκης κ.α. (2014) αναφέρει ότι: «Οι μαθητές περιγράφουν τα μαθήματα προγραμματισμού ως υπερβολικά τεχνικά, αποκομμένα από τον πραγματικό κόσμο και στερούμενα δημιουργικότητας (Khuloud & Gestwicki, 2013). Οι Forte και Guzdial (2004) θεωρούν ότι η κύρια αιτία αποτυχίας ή πρόωρης εγκατάλειψης των μαθημάτων προγραμματισμού αποτελεί η αντίληψη των μαθητών ότι δεν είναι ενδιαφέροντα ή χρήσιμα.».

Ένας τρόπος για να γίνει ελκυστικό το μάθημα του προγραμματισμού είναι η εμπλοκή των μαθητών σε STEM δραστηριότητες. Συνδυάζοντας την υπολογιστική σκέψη, και κατ' επέκταση τον προγραμματισμό, με το STEM, οι μαθητές διερευνούν και εφαρμόζουν υπολογιστικές προσεγγίσεις εντός των γνωστικών πεδίων του STEM (Jona, Wilensky, Trouille, Horn, Orton, Weintrop, & Beheshti, 2014).

Το ερευνητικό ενδιαφέρον της εργασίας επικεντρώνεται στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών Λυκείου που διδάσκονται το μάθημα του προγραμματισμού των υπολογιστών με την μέθοδο STEM, αξιοποιώντας την πλατφόρμα Arduino. Συγκεκριμένα, θα εφαρμόσουμε την μέθοδο STEM (με αξιοποίηση της πλατφόρμας Arduino) στη διδασκαλία του προγραμματισμού, για τη διδασκαλία των βασικών αλγοριθμικών δομών (δομή ακολουθίας, δομή επιλογής και δομή επανάληψης), και θα προσπαθήσουμε να διερευνήσουμε πώς επηρεάζουν την επίδοση των μαθητών και τις στάσεις τους απέναντι στη νέα μέθοδο STEM.

Σύμφωνα με τον Ορφανάκη κ.α. (2014) ο συνδυασμός του Scratch για Arduino (S4A) και οι εφαρμογές που μπορούν να δημιουργήσουν οι μαθητές χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα Arduino, τους παρέχει τη δυνατότητα να αναπτύξουν πρακτικές εφαρμογές που είναι κοντά στα ενδιαφέροντά τους, μετατρέποντας τον προγραμματισμό, από μια βαρετή διαδικασία, σε ένα διασκεδαστικό εργαλείο.

Η πλατφόρμα Arduino πολλές φορές παραπέμπει σε συστήματα Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Σειρά ερευνών (Coxon, 2009; Coxon & Chandler, 2009; Mataric, Koenig & Feil-Seifer, 2007; Melchior, Cutter & Cohen, 2004; Orpliger, 2002; Pea & Collins, 2008), έχει δείξει πως η ένταξη της εκπαιδευτικής ρομποτικής συμβάλλει στην αύξηση του ενδιαφέροντος, της ενασχόλησης αλλά και των επιδόσεων των παιδιών στις Θετικές Επιστήμες (Θωμόπουλος, 2013). Στην συγκεκριμένη έρευνα δεν θα χρησιμοποιήσουμε την πλατφόρμα Arduino ως ένα έτοιμο σύστημα εκπαιδευτικής ρομποτικής αλλά ως έναν μικροελεγκτή (microcontroller) τον οποίο θα χρησιμοποιήσουμε για την σχεδίαση και τον προγραμματισμό ενός πραγματικού συστήματος (το οποίο μπορεί να είναι και ρομποτική κατασκευή). Μέσα από τη σχεδίαση τα παιδιά μαθαίνουν. Η σχεδίαση ενός πραγματικού, έστω και απλού, συστήματος είναι μία διαδικασία που συνδυάζει θεωρητικές ιδέες και έννοιες, από πολλά διαφορετικά αντικείμενα, τη φυσική, τα ηλεκτρικά κυκλώματα, τα ηλεκτρονικά. Προγραμματίζοντας ένα τέτοιο σύστημα, οι μαθητές αντιλαμβάνονται την αξία του προγραμματισμού και κατανοούν καλύτερα τις βασικές αλγοριθμικές δομές. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης ερευνητικής εργασίας επιβεβαίωσαν τους παραπάνω ισχυρισμούς μας.

Ενώ υπάρχουν προτάσεις αξιοποίησης της πλατφόρμας Arduino στην διδασκαλία του προγραμματισμού (Δουκάκης & Χριστοπούλου, 2015; Ορφανάκης & Παπαδάκης, 2014) δεν υπάρχουν αρκετές έρευνες, για το Λύκειο, που να έχουν εφαρμόσει διδακτικές παρεμβάσεις, στο μάθημα της Πληροφορικής, εντός του κανονικού ωρολογίου προγράμματος με την μέθοδο STEM (με χρήση της πλατφόρμας Arduino) ώστε να έχουμε αξιοποιήσιμα και αξιόπιστα συμπεράσματα.

Τι είναι το STEM

Τα τελευταία χρόνια τόσο στην Αμερική όσο και στην Ευρώπη οι αρμόδιοι φορείς των χωρών που ασκούν εκπαιδευτική πολιτική αναφέρονται στο STEM. Ο όρος «STEM» [Science, Technology, Engineering and Mathematics] είναι το ακρωνύμιο το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως από άτομα σχετικά με την εκπαιδευτική πολιτική, για τα πεδία που αναφέρονται στις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, την Επιστήμη των Μηχανικών και τα Μαθηματικά.

Ο όρος «εκπαίδευση STEM» αναφέρεται στη διδασκαλία και τη μάθηση στους τομείς της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών. Κατά κανόνα περιλαμβάνει εκπαιδευτικές δραστηριότητες σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης - από την προσχολική ηλικία έως το μεταδιδακτορικό επίπεδο - τόσο κατά την διάρκεια του

κανονικού ωρολογίου προγράμματος (π.χ. αίθουσες διδασκαλίας) όσο και κατά την διάρκεια δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα μετά την λήξη του κανονικού ωρολογίου προγράμματος (π.χ. προγράμματα σχολικών δραστηριοτήτων) (Gonzalez & Kuenzi, 2012).

Η λογική και οι πρακτικές του STEM ξεκίνησαν από τις ΗΠΑ με βασικό σκοπό την αύξηση της ανταγωνιστικότητας στα πεδία του STEM και την εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες με θέματα την επιστήμη, τα μαθηματικά, τη μηχανική και την τεχνολογία. Σήμερα, κέντρα STEM υπάρχουν σε όλα τα Αμερικανικά Πανεπιστήμια και σε πολλά σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ υπάρχουν και ειδικά σχολεία STEM. Προς την ίδια κατεύθυνση κινείται και η Ευρώπη. Σύμφωνα με το European Schoolnet (<http://www.eun.org/focus-areas/stem>) η Ευρωπαϊκή Ένωση χρηματοδοτεί έργα που προωθούν το STEM στην εκπαίδευση με σκοπό την προσέλκυση περισσότερων μαθητών στα πεδία του STEM λόγω των ελλείψεων σε επαγγελματίες στους τομείς των θετικών επιστημών που προβλέπονται τα επόμενα χρόνια. Σύμφωνα με την τελευταία έκθεση της Kearney (2015), για το European Schoolnet, το 80% των 30 χωρών (Αυστρία, Βέλγιο, Βουλγαρία, Κροατία, Κύπρος, Τσεχία, Δανία, Εσθονία, Φινλανδία, Γαλλία, Ελλάδα, Ουγγαρία, Ιρλανδία, Ισραήλ, Ιταλία, Λετονία, Λιθουανία, Μάλτα, Ολλανδία, Νορβηγία, Πολωνία, Ρουμανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Ισπανία, Σουηδία, Ελβετία, Τουρκία και Ηνωμένο Βασίλειο) που συμμετείχαν σε έρευνα για το STEM στην εκπαίδευση, αναφέρουν ότι η εκπαίδευση STEM είναι προτεραιότητα του εκπαιδευτικού τους συστήματος σε εθνικό επίπεδο, τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό. Όλες οι χώρες (εκτός από την Αυστρία, την Ελλάδα και την Τουρκία) δίνουν μεγάλη σημασία και προτεραιότητα στην ενσωμάτωση του STEM στα προγράμματα σπουδών της Π/θμιας και Δ/θμιας εκπαίδευσης, και αυτό συνδέεται συχνά με την ενσωμάτωση της διερευνητικής μάθησης και της διδασκαλίας των κοινωνικο-οικονομικών πτυχών της επιστήμης. Η Ελλάδα δεν έχει αυτόνομη στρατηγική για την εκπαίδευση STEM. Τα τελευταία χρόνια στα πλαίσια του έργου «NEO ΣΧΟΛΕΙΟ (Σχολείο 21ου αιώνα)» έχουν υλοποιηθεί διάφορες δράσεις που αφορούν την εκπαίδευση STEM. Ενδεικτικά αναφέρουμε τις εξής: α) Εισαγωγή του μαθήματος «Φυσική με πειράματα» στην Α΄ Γυμνασίου, β) Νέα προγράμματα σπουδών για την Πληροφορική και γ) Εισαγωγή του μαθήματος της Ερευνητικής Εργασίας στο Λύκειο.

Μεθοδολογία STEM

Σύμφωνα με τον Ψυχάρη (2016) η μεθοδολογία που ακολουθεί το STEM είναι η εγκάρσια διεπιστημονικότητα που εστιάζει στην επίλυση αυθεντικών - πραγματικών προβλημάτων με την επιλογή θεωριών - εννοιών και εργαλείων από διάφορες επιστήμες ώστε να λυθεί ένα πρόβλημα ή να δημιουργηθεί μια κατασκευή που να συνδυάζει έννοιες και εργαλεία από τις τέσσερις επιστήμες του STEM. Η υλοποίηση του STEM στην διδακτική και την εκπαίδευση, προφανώς δεν απαιτεί εξειδίκευση των μαθητών και φοιτητών με έννοιες από τα τέσσερα γνωστικά πεδία αλλά μπορεί να ενσωματωθεί στα αναλυτικά προγράμματα των σχολείων ή των ΑΕΙ μέσω κυρίως της χρήσης της μεθοδολογίας του STEM σε συνδυασμό με την ανακαλυπτική/διερευνητική μάθηση μέσω καινοτόμων παιδαγωγικών μεθόδων. Μια τέτοια μέθοδος είναι για παράδειγμα η χρήση απλών αλγορίθμων για την επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με τις βιωματικές εμπειρίες των μαθητών-φοιτητών και έχουν την ανάγκη ολοκλήρωσης των τεσσάρων γνωστικών αντικειμένων (Ψυχάρης, 2016).

Με το STEM επιχειρείται ο μετασχηματισμός από το επίπεδο της παραδοσιακής δασκαλοκεντρικής διδασκαλίας στη διδασκαλία όπου κυρίαρχο ρόλο στο αναλυτικό πρόγραμμα θα διαδραματίζει η επίλυση προβλήματος, η ανακαλυπτική-διερευνητική

μάθηση, ενώ θα απαιτείται η δημιουργική εμπλοκή των εκπαιδευόμενων στην ανακάλυψη της λύσης (Ψυχάρης, 2016).

Σύμφωνα με την Morrison (2006) οι μαθητές που θα ολοκληρώσουν μια εκπαίδευση τύπου STEM θα είναι:

- **Ικανοί να λύνουν προβλήματα** - να θέτουν ερωτήσεις και προβλήματα, να σχεδιάζουν έρευνες για την συλλογή δεδομένων, να συλλέγουν και να οργανώνουν δεδομένα, να εξαγάγουν συμπεράσματα, και να εφαρμόζουν τα συμπεράσματα τους σε νέες και καινοτόμες καταστάσεις.
- **Καινοτόμοι** - χρησιμοποιούν δημιουργικά τις έννοιες και αρχές της Επιστήμης, των Μαθηματικών και της Τεχνολογίας εφαρμόζοντάς τες στη διαδικασία της Μηχανικής Σχεδίασης (engineering design process).
- **Αυτοδύναμοι** - είναι ικανοί να χρησιμοποιήσουν το δυναμισμό και ισχυρά εσωτερικά τους κίνητρα για να προσδιορίσουν μian ατζέντα δράσης, να αναπτύξουν και να κερδίσουν την αυτοπεποίθησή τους, και να δουλέουν μέσα σε αυστηρά καθορισμένα χρονικά πλαίσια.
- **Λογικοί στοχαστές** - είναι ικανοί να εφαρμόζουν λογικές διαδικασίες σκέψης της Επιστήμης, των Μαθηματικών και της Μηχανικής Σχεδίασης (engineering design) στην καινοτομία και στην εφεύρεση.
- **Τεχνολογικά εγγράμματοι** - είναι ικανοί να κατανοούν και να εξηγούν τη φύση της τεχνολογίας, να αναπτύξουν τις δεξιότητες που απαιτούνται, και να εφαρμόσουν την τεχνολογία κατάλληλα.

Η ανάλυση διαφορετικών STEM προγραμμάτων και προγραμμάτων σπουδών αποκάλυψε ότι οι ερευνητές και οι καθηγητές συμφωνούν σε δύο βασικούς παράγοντες για την ολοκλήρωση του STEM (Wang et.al, 2006):

- επίλυση προβλήματος μέσω της ανάπτυξης λύσεων
- διερεύνηση

Συνεπώς, στη διδασκαλία με τη μέθοδο STEM δεν δίνουμε σημασία μόνο στην γνώση περιεχομένου, αλλά και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και διερευνητικής μάθησης.

Ερευνητικά προβλήματα

Τα ερευνητικά προβλήματα με τα οποία ασχολήθηκε η παρούσα εργασία είναι τα εξής:

- Μελέτης της επίδοσης των μαθητών σε θέματα προγραμματισμού Η/Υ με την αξιοποίηση της μεθόδου STEM (με χρήση του συστήματος Arduino) σε σχέση με τη χρήση της ψευδογλώσσας.
- Μελέτη των διαθέσεων - στάσεων των μαθητών απέναντι στη μέθοδο STEM (με χρήση του συστήματος Arduino)

Μεθοδολογία έρευνας

Η έρευνα σχεδιάστηκε για τους μαθητές Λυκείου (Γενικού και Επαγγελματικού). Περιλαμβάνει την εφαρμογή της μεθόδου STEM (με χρήση του μικροελεγκτή Arduino) για

τη διδασκαλία των μαθημάτων του προγραμματισμού υπολογιστών. Η συγκεκριμένη μέθοδος εφαρμόστηκε στο 1ο ΓΕΛ Αρτέμιδος και στο 2ο ΓΕΛ Αρτέμιδος κατά τη διάρκεια του Α΄ Τετραμήνου, του σχολικού έτους 2016-2017, στα μαθήματα «Εφαρμογές Υπολογιστών» (μάθημα επιλογής Α΄ Λυκείου) (Πανσεληνάς κ.α., 2016) και «Εισαγωγή στις Αρχές της Επιστήμης των Υπολογιστών» (μάθημα Γενικής Παιδείας Β΄ Λυκείου) (Δουκάκης κ.α., 2014).

Στην πειραματική παρέμβαση συμμετείχαν μαθητές (n=44) και από τα δύο Λύκεια της Αρτέμιδος. Στην ομάδα ελέγχου (n=68) συμμετείχαν όλοι οι μαθητές της Β΄ τάξης του 2^{ου} Λυκείου Αρτέμιδος. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται τα περιγραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος.

Πίνακας 1. Περιγραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος

Σχολική μονάδα	Πλήθος	Αγόρια/ Κορίτσια	Τάξη	Μάθημα	Προγραμματιστικό περιβάλλον
1 ^ο ΓΕΛ Αρτέμιδος	21	10/7	B	Εισαγωγή στις Αρχές της Επιστήμης των ΗΥ	Arduino Ardublock
2 ^ο ΓΕΛ Αρτέμιδος	23	10/14	A	Εφαρμογές Υπολογιστών	Arduino Ardublock
2 ^ο ΓΕΛ Αρτέμιδος	68	37/30	B	Εισαγωγή στις Αρχές της Επιστήμης των ΗΥ	Διερμηνευτής της Γλώσσας
Σύνολο	112				

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος SPSS.

Διδακτική μεθοδολογία

Σύμφωνα με το ΠΣ, η διδακτική του μαθήματος βασίστηκε στον κοινωνικό εποικοδομισμό και τις σύγχρονες θεωρήσεις για την «επεξεργασία των πληροφοριών». Η διδασκαλία πραγματοποιήθηκε κυρίως μέσω φύλλων εργασίας με δραστηριότητες που κέντρισαν το ενδιαφέρον των μαθητών. Το μάθημα πραγματοποιήθηκε στο σχολικό εργαστήριο πληροφορικής. Οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες των δύο ατόμων ανά υπολογιστή.

Οι μαθητές πολύ γρήγορα θέλησαν να τροποποιήσουν τα προτεινόμενα κυκλώματα που υλοποιήθηκαν στο breadboard (μονάδα για την κατασκευή προσωρινών κυκλωμάτων που δεν απαιτούν απολύτως καμία συγκόλληση) και να αλλάξουν τις παραμέτρους των εντολών του προγράμματος (στο Ardublock) για την υλοποίηση των επιπλέον δραστηριοτήτων στο τέλος κάθε φύλλου εργασίας.

Όσον αφορά τη διδακτική προσέγγιση υιοθετούμε τις βασικές ιδέες του Piaget και του Papert: «Ο διδάσκων οφείλει να δημιουργεί κατάλληλες συνθήκες για να μπορέσουν οι μαθητές να οικοδομήσουν τις γνώσεις τους». Η διδακτική προσέγγιση είναι θεμελιωμένη στη θεωρία μάθησης του εποικοδομητισμού διότι ο μαθητής χτίζει τη γνώση του

ανιχνεύοντας, διερευνώντας και αλληλεπιδρώντας οπτικά με τις βασικές εντολές της γλώσσας προγραμματισμού Ardublock δημιουργώντας απλά προγράμματα.

Περιγραφή εκπαιδευτικής παρέμβασης

Τα μαθήματα στα οποία εφαρμόστηκε η μέθοδος STEM με χρήση του μικροελεγκτή Arduino είναι: το μάθημα επιλογής «Εφαρμογές Υπολογιστών» της Α' Λυκείου και το μάθημα γενικής παιδείας «Εισαγωγή στις Αρχές της Επιστήμης των Υπολογιστών» της Β' Λυκείου. Οι αντίστοιχες διδακτικές ενότητες που αφορούν τη διδασκαλία του προγραμματισμού Η/Υ είναι οι παρακάτω:

Πίνακας 2. Διδακτικές ενότητες

Τάξη	Μάθημα	Ενότητα
Α'	Εφαρμογές Υπολογιστών	<p>7.1 Προγραμματισμός εφαρμογών για φορητές συσκευές</p> <p>Οι μαθητές αναμένεται ότι θα έχουν στοιχειώδεις γνώσεις προγραμματισμού, από το Δημοτικό και το Γυμνάσιο, κυρίως μέσα από Logo-like περιβάλλοντα. Η ενότητα αυτή έρχεται να επεκτείνει τις γνώσεις των μαθητών και να τους δώσει την ευκαιρία να γνωρίσουν και άλλα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα μέσα από ενδεικτικές δραστηριότητες ανάπτυξης μικροεφαρμογών.</p>
Β'	Εισαγωγή στις Αρχές της Επιστήμης των Υπολογιστών	<p>2.2.7 Εντολές και δομές αλγορίθμου</p> <p><u>Στόχοι της ενότητας είναι οι μαθητές να:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • διακρίνουν τις βασικές εντολές και δομές που χρησιμοποιούνται σε έναν αλγόριθμο. • υλοποιούν αλγορίθμους σε ψευδογλώσσα στο ολοκληρωμένο προγραμματιστικό περιβάλλον διδακτικής υποστήριξης μαθημάτων Πληροφορικής Γυμνασίου-Λυκείου, «Αλγοριθμική-Προγραμματισμός» (http://www.ecedu.upatras.gr/algorithmics/). • επιλέγουν την κατάλληλη αλγοριθμική δομή, ανάλογα με το πρόβλημα.

Σύμφωνα με τις οδηγίες για τη διδασκαλία του μαθήματος «Εφαρμογές Υπολογιστών» της Α' Τάξης στο πλαίσιο του μαθήματος ενισχύεται η διερευνητική προσέγγιση, η αυτενέργεια και η συνεργατική μάθηση. Προτείνεται η ευθυγράμμιση με ενεργητικές εκπαιδευτικές τεχνικές και η χρησιμοποίηση αυθεντικών παραδειγμάτων από τον πραγματικό κόσμο.

Επίσης, σύμφωνα με τις οδηγίες για τη διδασκαλία του μαθήματος «Εισαγωγή στις Αρχές της Επιστήμης των Υπολογιστών» της Β' Τάξης προτείνεται να χρησιμοποιούνται αυθεντικά

παραδείγματα από τον πραγματικό κόσμο ή/και παραδείγματα που εμπλουτίζουν τις γνώσεις που έχουν αποκομίσει οι μαθητές σε προηγούμενες τάξεις. Επίσης, χρειάζεται να ακολουθούνται εκπαιδευτικές τεχνικές που εμπλέκουν τους μαθητές στην εκπαιδευτική διαδικασία (ενεργητικές εκπαιδευτικές τεχνικές), όπως ο καταγιγισμός ιδεών, η διερευνητική προσέγγιση, η αυτενέργεια, η ομαδοσυνεργατική προσέγγιση, το μαύρο κουτί, η διαχείριση λάθους κ.α.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής μας παρέμβασης ακολουθήσαμε την παρακάτω διδακτική προσέγγιση STEM με χρήση του μικροελεγκτή Arduino:

Πίνακας 3. Στόχοι διδακτικής παρέμβασης

Διδακτική ώρα	Φύλλο εργασίας	Προσδοκώμενα Μαθησιακά Αποτελέσματα
1 ^η	Λαμπάκι LED που αναβοσβήνει	Να αναγνωρίσουν διάφορες μορφές αναπαράστασης του αλγορίθμου (Οπτικές και κειμενικές γλώσσες προγραμματισμού). Εισαγωγή στη δομή ακολουθίας. Εισαγωγή στη δομή επανάληψης (η διαδικασία loop του Arduino)
2 ^η	Φωτεινός σηματοδότης	Να γνωρίσουν τη δομή ακολουθίας.
3 ^η	Ρύθμιση της φωτεινότητας ενός LED με ποτενσιόμετρο	Εισαγωγή στην έννοια της μεταβλητής. Να χρησιμοποιούν έτοιμες συναρτήσεις στο περιβάλλον του Ardublock. Να γνωρίσουν την εντολή θέσε_αναλογική_ακίδα (set_analog_pin) .
4 ^η	Αυτόματο φωτάκι νυκτός	Να γνωρίσουν τη δομή επιλογής. Να κατανοήσουν τη σπουδαιότητα της δομής επιλογής.
5 ^η	Χριστουγεννιάτικα φωτάκια (σταδιακή αύξηση και μείωση φωτεινότητας ενός LED)	Να γνωρίσουν τη δομή επανάληψης. Να χρησιμοποιούν τη δομή επανάληψης. Να χρησιμοποιούν την εντολή θέσε_αναλογική_ακίδα (set_analog_pin) .
6 ^η	Θερμόμετρο εξωτερικού χώρου	Να χρησιμοποιούν μια μεταβλητή. Να μπορούν να επιλέγουν τον κατάλληλο τύπο μεταβλητής ανάλογα με το είδος και το εύρος των αποθηκευμένων τιμών Τύποι δεδομένων.

7 ^η	Δημιουργώ τα δικά μου χρώματα με το RGB LED	Να χρησιμοποιούν την εντολή θέσε_αναλογική_ακίδα (set_analog_pin) . Να εφαρμόζουν την επαναληπτική δομή στην ανάπτυξη απλών προγραμμάτων.
8 ^η	Ανιχνευτής απόστασης	Να χρησιμοποιούν τη δομή επιλογής. Να χρησιμοποιούν έτοιμες συναρτήσεις στο περιβάλλον του Ardublock. Να επιλέγουν την κατάλληλη αλγοριθμική δομή, ανάλογα με το πρόβλημα.
9 ^η	Αυτόνομο ρομποτικό όχημα αποφυγής εμποδίων	Να δημιουργούν διαδικασίες στο Ardublock. Να γνωρίσουν τη διαδικασία κλήσης αλγόριθμου από αλγόριθμο στο Ardublock. Να συνδυάζουν αλγοριθμικές δομές και δεδομένα/δομές δεδομένων για να δημιουργήσουν κώδικα/πρόγραμμα.

Στην ιστοσελίδα <http://robotics-edu.gr/data/etpe2017/odhgies.pdf> έχουν αναρτηθεί οι οδηγίες που ακολουθήθηκαν για την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης.

Φύλλα εργασίας

Τα φύλλα εργασίας έχουν αναρτηθεί στις παρακάτω ιστοσελίδες.

Πίνακας 4. Φύλλα εργασίας

Τίτλος φύλλου εργασίας	Ιστοσελίδα
Λαμπάκι LED που αναβοσβήνει	http://robotics-edu.gr/data/etpe2017/FE1.pdf
Φωτεινός σηματοδότης	http://robotics-edu.gr/data/etpe2017/FE2.pdf
Ρύθμιση της φωτεινότητας ενός LED με ποτενσιόμετρο	http://robotics-edu.gr/data/etpe2017/FE3.pdf
Αυτόματο φωτάκι νυκτός	http://robotics-edu.gr/data/etpe2017/FE4.pdf
Χριστουγεννιάτικα φωτάκια (σταδιακή αύξηση και μείωση φωτεινότητας ενός LED)	http://robotics-edu.gr/data/etpe2017/FE5.pdf
Θερμόμετρο εξωτερικού χώρου	http://robotics-edu.gr/data/etpe2017/FE6.pdf
Δημιουργώ τα δικά μου χρώματα με το RGB LED	http://robotics-edu.gr/data/etpe2017/FE7.pdf

Ανιχνευτής απόστασης	http://robotics-edu.gr/data/etpe2017/FE8.pdf
Αυτόνομο ρομποτικό όχημα αποφυγής εμποδίων	http://robotics-edu.gr/data/etpe2017/FE9.pdf

Πειραματική διαδικασία

Οι μαθητές που συμμετείχαν στην πειραματική παρέμβαση (n=44) υλοποίησαν τα φύλλα εργασίας του πίνακα 4. Στους μαθητές της ομάδας ελέγχου (n=68) ακολουθήθηκε η κλασική μέθοδος διδασκαλίας με τη χρήση του διερμηνευτή της Γλώσσας. Πριν τη εφαρμογή της πειραματικής παρέμβασης πραγματοποιήθηκε έλεγχος ισοδυναμίας των ομάδων, της πειραματικής και της ομάδας ελέγχου, όσον αφορά τις γνώσεις των μαθητών στον τομέα του προγραμματισμού διότι ένα από τα ερευνητικά προβλήματα που μελετήσαμε αφορούσε την επίδοση των μαθητών. Με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται η εγκυρότητα της έρευνας διότι οι τυχόν διαφορές που θα προκύψουν στην επίδοση των μαθητών μετά την εφαρμογή της πειραματικής παρέμβασης θα οφείλονται στην ίδια την πειραματική παρέμβαση και όχι σε διαφορές που υπήρχαν εξ αρχής. Για τον έλεγχο της ισοδυναμίας, οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν σε τεστ αξιολόγησης γνώσεων και δεξιοτήτων που έπρεπε να γνωρίζουν από τις προηγούμενες σχολικές χρονιές. Τα αποτελέσματα του t-test έδειξαν ότι η πειραματική ομάδα (n=43, M=52.09, SD=14.52) και η ομάδα ελέγχου (n=67, M=52.24, SD=15.29) δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά όσο αφορά τις επιδόσεις των μαθητών πριν την πειραματική παρέμβαση, $t(108) = -0.50$, $p = 0.96$.

Αποτελέσματα έρευνας

Πρώτος σκοπός της έρευνας ήταν η μελέτη της επίδοσης των μαθητών σε θέματα προγραμματισμού H/Y με την αξιοποίηση της μεθόδου STEM (με χρήση του συστήματος Arduino) σε σχέση με τη χρήση της Ψευδογλώσσας. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε η σύγκριση της επίδοσης των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε έλεγχος t-test ανεξάρτητων δειγμάτων. Από τον έλεγχο Levene's για την ισότητα των διακυμάνσεων, $F(1, 110) = 7.68$, $p = 0.007$, προέκυψε ότι οι διακυμάνσεις είναι άνισες και επομένως χρησιμοποιήσαμε τα αποτελέσματα του t-test για άνισες διακυμάνσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά στις επιδόσεις των μαθητών μεταξύ της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου, $t(110) = 2.007$, $p = 0.047$. Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας (n=44, M=16.50, SD=3.43) πέτυχαν καλύτερες επιδόσεις από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου (n=68, M=14.82, SD=5.36). Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, οι ομάδες δε διαφέρουν σημαντικά όσον αφορά τις επιδόσεις, επομένως οι διαφορές στις επιδόσεις που προέκυψαν μπορούν να αποδοθούν στη διδακτική παρέμβαση με τη μέθοδο STEM.

Δεύτερος σκοπός της έρευνας ήταν η καταγραφή των απόψεων των μαθητών για τη μέθοδο STEM. Για το σκοπό αυτό οι μαθητές της πειραματικής ομάδας μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Σε όλες τις ερωτήσεις οι θετικές απόψεις των μαθητών υπερισχύουν των αρνητικών. Η μέθοδος STEM (ποσοστό 52.63%) προκάλεσε το ενδιαφέρον των μαθητών, τους επέτρεπε να συμμετέχουν ενεργητικά στο μάθημα (ποσοστό

63.16%), να αυτενεργούν (ποσοστό 50%), να πειραματίζονται με τις έννοιες (ποσοστό 44,74%) και να αναστοχάζονται (ποσοστό 44,74%).

Πίνακας 5. Απόψεις μαθητών για τη μέθοδο STEM

Ερωτήσεις	Θετικές (%)	Ουδέτερες (%)	Αρνητικές (%)
Η μέθοδος STEM προκάλεσε το ενδιαφέρον σας για το μάθημα ;	52,63	15,79	31,58
Οι δυνατότητες που προσφέρει η μέθοδος STEM στην κατανόηση και την μελέτη των εννοιών που διδάχθηκαν, προκάλεσε το ενδιαφέρον σας για τον προγραμματισμό αυτό καθ' αυτό;	42,11	34,21	23,68
Η διδακτική προσέγγιση επέτρεπε να συμμετέχετε ενεργητικά στο μάθημα ;	63,16	18,42	18,42
Η διδακτική προσέγγιση επέτρεπε να αυτενεργείτε (να κάνετε ενέργειες σχετικά με τους στόχους του μαθήματος με δική σας πρωτοβουλία);	50,00	15,79	34,21
Η διδακτική προσέγγιση επέτρεπε να πειραματίζεστε με τις έννοιες και τα χαρακτηριστικά των εννοιών;	44,74	23,68	31,58
Η διδακτική προσέγγιση επέτρεπε να αναστοχάζεστε (να ανακεφαλαιώνετε και να ξανασκεύεστε) σχετικά με τις έννοιες και τις δραστηριότητες με τις οποίες ασχοληθήκατε;	44,74	31,58	23,68
Πως θα χαρακτηρίζατε την παρουσίαση και εξήγηση των απαιτούμενων πληροφοριών από το φύλλο εργασίας με το οποίο εργαστήκατε;	55,26	23,68	21,05
Πως θα χαρακτηρίζατε τον βαθμό της καθοδήγησης από το φύλλο εργασίας με το οποίο εργαστήκατε;	52,63	26,32	21,05
Η διδακτική προσέγγιση έδινε τη δυνατότητα για συζήτηση των μαθητών μεταξύ τους;	55,26	18,42	26,32

Η διδακτική προσέγγιση επέτρεπε να σχεδιάζετε ενέργειες και να εκτιμάτε τα αποτελέσματά τους;	47,37	34,21	18,42
Η διδακτική προσέγγιση STEM επέτρεπε να λαμβάνετε αποφάσεις (να διατυπώνετε εναλλακτικές οπτικές γωνίες και τρόπους αντιμετώπισης προβλημάτων και να αποφασίζετε για τον πλέον κατάλληλο);	47,37	39,47	13,16

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έδειξαν ότι η μεθοδολογία STEM στη διδασκαλία του προγραμματισμού συνέβαλε στη βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών. Η πλειοψηφία των μαθητών(της πειραματικής ομάδας) εξέφρασε θετικές απόψεις για τη μεθοδολογία STEM. Οι μαθητές ενθουσιάστηκαν, έδειξαν έντονο ενδιαφέρον, συμμετείχαν ενεργητικά και πειραματίστηκαν πολλές φορές τόσο με τα ηλεκτρονικά κυκλώματα που κλήθηκαν να υλοποιήσουν όσο και με τα προγράμματα που δημιούργησαν.

Η σχεδίαση ενός πραγματικού, έστω και απλού, συστήματος είναι μία διαδικασία που συνδυάζει θεωρητικές ιδέες και έννοιες, από πολλά διαφορετικά αντικείμενα, τη φυσική, τα ηλεκτρικά κυκλώματα, τα ηλεκτρονικά. Προγραμματίζοντας ένα τέτοιο σύστημα, οι μαθητές αντιλαμβάνονται την αξία του προγραμματισμού και κατανοούν καλύτερα τις βασικές αλγοριθμικές δομές. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης ερευνητικής εργασίας επιβεβαίωσαν τους παραπάνω ισχυρισμούς μας.

Πιστεύουμε ότι ο προγραμματισμός Η/Υ είναι απαραίτητος σε όλα τα γνωστικά πεδία του STEM. Αξιοποιώντας τη μέθοδο STEM στη διδασκαλία του προγραμματισμού Η/Υ το μάθημα γίνεται πιο ελκυστικό, οι μαθητές εμπλέκονται με την επίλυση αυθεντικών προβλημάτων, γίνονται πιο δημιουργικοί, μαθαίνουν να επιλύουν προβλήματα και κατανοούν την αξία του προγραμματισμού των υπολογιστών.

Αναφορές

- Coxon, S. V. (2009). Challenging neglected spatially gifted students with First Lego League. *Addendum to Leading Change in Gifted Education*. Williamsburg, VA: Center for Gifted Education.
- Coxon, S. & Chandler, K. (2009). LEGO WeDo.
- Forte, A., & Guzdial, M. (2004). Computers for Communication, Not Calculation: Media as a Motivation and Context for Learning. *Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, (pp. 1- 10).
- Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2012). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer*. Congressional Research Service. Ανακτήθηκε 7 Ιουνίου, 2016 από <http://www.fas.org/sgp/crs/misc/R42642.pdf>.
- Jona, K., Wilensky, U., Trouille, L., Horn, M. S., Orton, K., Weintrop, D., & Beheshti, E. (2014). Embedding Computational Thinking in Science, Technology, Engineering, and Math (CT-STEM). Presented at the 2014 CE21 PI and Community Meeting, Orlando, FL.
- Kearney, C. (2015). *Efforts to Increase Students' Interest in Pursuing Science, Technology, Engineering and Mathematics Studies and Careers, European Schoolnet*. Ανακτήθηκε 7 Ιουνίου, 2016 από <http://goo.gl/7wp4Js>.

- Khuloud, A., & Gestwicki, P. (2013). Studio-based learning and app inventor for android in an introductory CS course for non-majors. In *Proceeding of the 44th ACM technical symposium on Computer science education (SIGCSE '13)* (pp. 287-292). New York: ACM.
- Mataric, M. J., Koenig, N., & Feil-Seifer, D. (2007, March). Materials for enabling hands-on robotics and STEM education. In *AAAI spring symposium on robots and robot venues: resources for AI education*.
- Melchior, A., Cutter, T., & Cohen, F. (2004). *Evaluation of First Lego League*. Waltham, MA: Center for Youth and Communities, Brandeis University.
- Morrison, J. (2006). *STEM education monograph series: Attributes of STEM education*. Teaching Institute for Essential Science, Baltimore, MD.
- Oppliger, D. (2002). *Using FIRST LEGO League to enhance engineering education and to increase the pool of future engineering students*. Boston: 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference.
- Pea, R. D., & Collins, A. (2008). Learning how to do science education: Four waves of reform. *Designing coherent science education*, 3(12).
- Wang, H., Moore, T., Roehrig, G., & Park, M. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 1-13.
- Δουκάκης, Δ., Χριστοπούλου, Ε. (2015). Συνδυάζοντας το App Inventor με Ένα Σύστημα Εκπαιδευτικής Ρομποτικής σε Arduino. *Πρακτικά Εργασιών 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Ένταξη των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία» της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης ΤΠΕ στην Εκπαίδευση (ΕΤΠΕ), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης & Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη, 30 Οκτωβρίου - 1 Νοεμβρίου 2015*.
- Δουκάκης, Σ., Δουληγέρης, Χ., Καρβουνίδης, Θ., Κοιλίας, Χ. & Πέρδος, Α. (2014). *Εισαγωγή στις Αρχές της Επιστήμης των Η/Υ*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας και Υπολογιστών και εκδόσεων Διόφαντος.
- Ελευθεριώτη, Ε., Καρατράντου, Α. & Παναγιωτακόπουλος, Χρ. (2010). Χρησιμοποιώντας τα Lego Mindstorms NXT για τη διδασκαλία του Προγραμματισμού σε ένα διαθεματικό πλαίσιο: μία πιλοτική μελέτη. *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»* (επιμ. Α. Τζιμογιάννης), σελ. 137-144, Κόρινθος.
- Θωμόπουλος, Δ. (2013). Η εκπαιδευτική ρομποτική ως μέσο ώθησης για την εμπλοκή του μαθητή με τις Θετικές Επιστήμες. *Μεταπτυχιακή Εργασία*. Ανακτήθηκε 13 Σεπτεμβρίου, 2016 από <https://goo.gl/gTFnVz>.
- Ορφανάκης, Β., & Παπαδάκης, Στ. (2014). Μια δραστηριότητα διδασκαλίας προγραμματισμού με τη χρήση του Scratch για Arduino (S4A). *6th Conference on Informatics in Education (CIE)*. (pp. 540-549).
- Πανσεληνάς Γ., Αγγελιδάκης Ν., Μιχαηλίδη Α., Μπλάτσιος Χ., Παπαδάκης Σ., Παυλίδης Γ., Τζαγκαράκης Ε., Τζωρμπατζάκης Α. (2016). *Εφαρμογές Πληροφορικής*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας και Υπολογιστών και εκδόσεων Διόφαντος.
- Παπαδάκης, Στ., Ορφανάκης, Β., Καλογιαννάκης, Μ., & Ζαράνης, Ν. (2014) (υπό δημοσίευση). Περιβάλλοντα προγραμματισμού για αρχάριους. Scratch & App Inventor: μια πρώτη σύγκριση. *Πρακτικά Εργασιών 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική της Πληροφορικής»*, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ρέθυμνο, 3-4 Οκτωβρίου.
- Ψυχάρης, Σ. (2016). *Η Καινοτομία-Αριστεία στα Πρότυπα Σχολεία ως συνάρτηση του STEM και της Διαφοροποιημένης Μάθησης*. Ανακτήθηκε 7 Ιουνίου, 2016 από <http://goo.gl/RsgWzV>.