

# Αξιοποίηση της πλατφόρμας Arduino στην εκπαίδευση: Σχεδιασμός μαθησιακών δραστηριοτήτων με βάση το πλαίσιο ECLiP

Ιορδάνης Κούσης, Αγορίτσα Γόγουλου  
{akiskousis, rgogj}@di.uoa.gr  
Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών, ΕΚΠΑ

## Περίληψη

Η εκπαιδευτική ρομποτική εισάγεται ολοένα και περισσότερο σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης και ιδιαίτερα σε εκπαιδευτικά συστήματα που ακολουθούν την εκπαίδευση STEM. Η εργασία προτείνει την αξιοποίηση της πλατφόρμας Arduino για την εισαγωγή της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Συγκεκριμένα, προτείνεται ο σχεδιασμός μαθησιακών δραστηριοτήτων βάσει του πλαισίου σχεδιασμού μαθησιακών δραστηριοτήτων ECLiP. Η πρόταση περιλαμβάνει τον εμπλουτισμό του ECLiP με εκπαιδευτικά στοιχεία ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί σε δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής και την αξιοποίηση εναλλακτικών προγραμματιστικών περιβαλλόντων για τον προγραμματισμό του Arduino ώστε να καλύπτει διαφορετικές μαθησιακές ανάγκες.

**Λέξεις κλειδιά:** Εκπαιδευτική Ρομποτική, Μαθησιακές Δραστηριότητες, Arduino, ECLiP

## Εισαγωγή

Η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη που έχει συντελεστεί τα τελευταία χρόνια σε συνδυασμό με το γεγονός ότι αυτή συνεχίζεται με αμείωτο ρυθμό έχει φέρει στο προσκήνιο συζητήσεις που αφορά το μέλλον των επαγγελματιών (Nübler, 2016), των δεξιοτήτων και φυσικά της εκπαίδευσης που θα πρέπει προηγηθεί. Οι νέες δεξιότητες, όπως κριτική σκέψη, επίλυση προβλημάτων, συνεργασία, που θα καταστήσουν το άτομο ικανό να ανταπεξέλθει στις προκλήσεις της νέας εποχής του 21ου αιώνα, αποτελούν το επίκεντρο της εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης σε πολλές χώρες. Προς αυτή την κατεύθυνση η αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) και της εκπαιδευτικής ρομποτικής μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά (Eguchi, 2014).

Πρόσφατες ερευνητικές εργασίες αναδεικνύουν ότι η εκπαιδευτική ρομποτική έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών ως ένα χρήσιμο εργαλείο για την ανάπτυξη γνωστικών και κοινωνικών δεξιοτήτων στους μαθητές ειδικά στα γνωστικά αντικείμενα STEM (Alimisis, 2013; He & Liang, 2019). Σκοπός της εκπαίδευσης STEM, ως μια μορφή σύγχρονης διαθεματικής προσέγγισης, είναι να συνδέσει τη μάθηση (θεωρητική γνώση) με την πραγματικότητα (πρακτική εφαρμογή), ώστε να φέρει τους μαθητές πιο κοντά στις ανάγκες της σύγχρονης κοινωνίας (Breiner et al., 2012).

Η εκπαιδευτική ρομποτική, σχετίζεται τόσο με την παρατήρηση ή τον απλό χειρισμό ηλεκτρονικών μοντέλων (ρομπότ σε κλίμακα) όσο και με την εμπλοκή του μαθητή με την επίλυση προβλήματος, τη λήψη αποφάσεων και τον προγραμματισμό αναφορικά με τη συμπεριφορά του μοντέλου, με στόχο την ανάπτυξη της δημιουργικής σκέψης του μαθητή. Η ένταξη της ρομποτικής στην εκπαίδευση μπορεί να θεμελιωθεί στο επιχείρημα της χρήσης της τεχνολογίας ως νοητικό εργαλείο, δηλ. ένα εργαλείο το οποίο οδηγεί στην επεξεργασία πρότερων γνώσεων και στην οικοδόμηση νέας γνώσης, καλλιεργεί την καλύτερη κατανόηση

μέσα από την πρακτική εφαρμογή, διευκολύνει την ανάπτυξη διεργασιών όπως η γνωστική σύγκρουση και η αναδιοργάνωση των γνώσεων (Mikropoulos & Bellou, 2013). Η σχεδίαση μαθησιακών δραστηριοτήτων υπό τη μορφή των συνθετικών εργασιών διευκολύνει την προσαρμογή στα ενδιαφέροντα και στις δεξιότητες των μαθητών (Φράγκου κ.α., 2010).

Συνολικά και υπό τον κατάλληλο σχεδιασμό και προσοχή, η εκπαιδευτική ρομποτική μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον μαθητή των πρώτων τάξεων του Δημοτικού, έως και τον φοιτητή ή τον επιστήμονα που εμπλέκεται με σύνθετες καταστάσεις και γλώσσες προγραμματισμού για την επίτευξη της συμπεριφοράς του ρομπότ (He & Liang, 2019). Καθώς στην αγορά υπάρχουν ποικίλα συστήματα ρομποτικής, τα οποία διαφέρουν ως προς το κόστος, τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, τα δομικά υλικά, τον βαθμό προσυναρμολόγησης τμημάτων και τον προγραμματισμό τους, είναι προφανές ότι χρειάζεται προσοχή ώστε να επιλέγεται εκείνο το περιβάλλον υλικού και λογισμικού που ικανοποιεί τις απαιτήσεις της βαθμίδας για την οποία προορίζεται καθώς και τα επιδιωκόμενα μαθησιακά αποτελέσματα.

Ένα από τα βασικά δομικά υλικά ενός ρομποτικού συστήματος είναι ο μικροελεγκτής. Ο μικροελεγκτής είναι ένα ολοκληρωμένο υπολογιστικό σύστημα με CPU, μνήμη, ελεγκτές I/O, ο οποίος μπορεί να αλληλοεπιδρά με το εξωτερικό του περιβάλλον διαβάζοντας αισθητήρες, να επεξεργάζεται δεδομένα και να ελέγχει συσκευές. Έτσι μεταξύ άλλων κάποιος μπορεί να δημιουργήσει πρωτότυπες ηλεκτρονικές κατασκευές, αυτόματα συστήματα, μοντέλα κ.α. Μια τέτοια πλατφόρμα είναι το Arduino η οποία αποτελεί έναν συνδυασμό μιας πλακέτας μικροελεγκτή, ένα σετ βιβλιοθηκών σε C++ και ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE). Το Arduino αποτελεί μια υποσχόμενη τεχνολογία που τυγχάνει θετικής αποδοχής από φοιτητές (Jamieson & Herdtner, 2015).

Το θεωρητικό υπόβαθρο και οι βασικές γνώσεις που πρέπει να έχουν οι μαθητές προκειμένου να ανταπεξέλθουν σε ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα ρομποτικής ποικίλλουν καθώς εξαρτώνται από παράγοντες όπως το σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί και η ηλικία των μαθητών. Συγκεκριμένα για το Arduino απαιτούνται βασικές γνώσεις υπολογιστή, γνώσεις περιήγησης στο Διαδίκτυο, βασικές γνώσεις προγραμματισμού, και ηλεκτρολογικών/ηλεκτρονικών. Για κατηγορίες μαθητών που δε διαθέτουν το υπόβαθρο σε προγραμματισμό C και σε θέματα βασικής ηλεκτρονικής/ηλεκτρολογίας (όπως σε μαθητές δημοτικού) μπορεί να ακολουθηθεί μια προσέγγιση με χρήση οπτικών γλωσσών (Scratch) για τον προγραμματισμό και εισαγωγικών εννοιών για τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα που θα χρησιμοποιούνται.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας προτείνεται η αξιοποίηση και ο εμπλουτισμός του πλαισίου ECLiP (Exploratory + Collaborative Learning in Programming) (Gogoulou et al., 2009) στο σχεδιασμό μαθησιακών δραστηριοτήτων για την εισαγωγή μαθητών της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην εκπαιδευτική ρομποτική αξιοποιώντας την πλατφόρμα Arduino. Επιπλέον, παρουσιάζεται ένα σύνολο μαθησιακών δραστηριοτήτων που καλύπτει βασικές έννοιες της εκπαιδευτικής ρομποτικής καθώς και τα αποτελέσματα από την πιλοτική πειραματική εφαρμογή.

## **ECLiP και Arduino**

Το ECLiP είναι ένα πλαίσιο σχεδιασμού δραστηριοτήτων που αξιοποιεί χαρακτηριστικά από τη διερευνητική και συνεργατική μάθηση και προτείνει μια διαδικασία η οποία αποτελείται από τρεις φάσεις: (i) Δημιουργία κινήτρου για μάθηση, (ii) Οικοδόμηση της γνώσης μέσω της Διερεύνησης+Συνεργασίας (Constructing knowledge through Exploration+Collaboration)

και (iii) Εφαρμογή - Εκλέπτυνση της γνώσης (Applying-Refining knowledge). Οι δραστηριότητες που σχεδιάζονται με βάση το ECLiP πρέπει να αποτελούν ένα ενιαίο σύνολο, να έχουν συνοχή και συνέχεια και να στοχεύουν τόσο στην οικοδόμηση της γνώσης (2ο Βήμα) όσο και στην εφαρμογή της (3ο Βήμα). Απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη αυτών των στόχων αποτελεί η ενεργοποίηση των μαθητών και η πρόκληση του ενδιαφέροντος τους για μάθηση (1ο Βήμα) (Gogoulou et al., 2009).

Η επιλογή του Arduino έγινε καθώς είναι μία τεχνολογία φτηνή, αξιόπιστη, εύλικτη και πολυδιάστατη. Ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά συγκριτικά με έτοιμα, κλειστά συστήματα είναι ότι οι μαθητές βλέπουν και παρατηρούν τα δομικά συστατικά από τα οποία αποτελείται μια ηλεκτρονική κατασκευή ενώ μαθαίνουν προγραμματισμό ενσωματωμένων συστημάτων. Αποτέλεσε πρόκληση ο σχεδιασμός ενός ολοκληρωμένου συνόλου μαθησιακών δραστηριοτήτων για την εφαρμογή της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση αξιοποιώντας το Arduino.

Για τον σχεδιασμό των μαθησιακών δραστηριοτήτων εκπαιδευτικής ρομποτικής διαμορφώθηκαν και εμπλουτίστηκαν οι τρεις φάσεις ως εξής:

#### *ΦΑΣΗ 1 : Δημιουργία κινήτρον και πρόκληση ενδιαφέροντος*

Στη φάση αυτή οι δραστηριότητες έχουν σκοπό, εκτός από την πρόκληση του ενδιαφέροντος, να αναδειχθούν τυχόν ελλείψεις και να δημιουργηθεί η ανάγκη αναζήτησης νέας γνώσης. Για την πρόκληση του ενδιαφέροντος είναι σημαντικό να γίνει χρήση απλών, γνωστών προβλημάτων από την καθημερινότητα. Αυτό θα αναδείξει τη χρησιμότητα της ρομποτικής, της ηλεκτρονικής και του προγραμματισμού ενώ θα προκληθεί το ενδιαφέρον για την αποκωδικοποίηση και την εξερεύνηση της τεχνολογικής πραγματικότητας που συναντά ο μαθητής. Οι δραστηριότητες μπορούν να περιλαμβάνουν:

- Παρουσίαση ενός μέσου (video, παρουσίαση, εικόνες) και σχολιασμό από τους μαθητές.
- Έτοιμη κατασκευή (μαύρο κουτί) και σχολιασμό επί της λειτουργίας της ή της προγραμματιστικής υλοποίησης που «κρύβει».
- Συζήτηση και ανάδειξη των εμπειριών των μαθητών.
- Αναφορά σε δραστηριότητες και έργα που έχουν εκπονηθεί και διαφαινόμενες προοπτικές επέκτασης με νέα δεδομένα.

#### *ΦΑΣΗ 2 : Οικοδόμηση νέας γνώσης μέσω διερεύνησης – συνεργασίας*

Ο σκοπός σε αυτή τη φάση είναι οι μαθητές να διερευνήσουν μόνοι τους τα διάφορα χαρακτηριστικά των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν στις δραστηριότητες και των προγραμματιστικών τεχνικών που θα κληθούν να ακολουθήσουν. Πειραματίζονται με σκοπό την κατανόηση, εφαρμόζουν τροποποιήσεις σε υλικό που τους δίνεται και δοκιμάζουν να επιλύσουν παρόμοια μικρά προβλήματα. Επίσης, αξιοποιούνται μέθοδοι συνεργασίας (όπως το μοντέλο οδηγού- παρατηρητή (Williams et al., 2002) για την καλλιέργεια δεξιοτήτων στην επιχειρηματολογία, στον κριτικό σχολιασμό, στη σύνθεση απόψεων, κ.α.). Στη φάση αυτή μπορούν να σχεδιαστούν δραστηριότητες οι οποίες:

- Με δεδομένο ένα έτοιμο κύκλωμα και πρόγραμμα οι μαθητές καλούνται να μαντέψουν (ή να ανακαλύψουν) παρατηρώντας το, ποια είναι η λειτουργία του και στη συνέχεια να συγκρίνουν το πραγματικό με το προσδοκώμενο αποτέλεσμα.
- Πάνω σε ένα κύκλωμα που θα δίδεται έτοιμο, οι μαθητές καλούνται να πειραματιστούν με τροποποιήσεις για την επίτευξη μιας παραλλαγής (που μπορεί να σκεφτούν και οι ίδιοι).

#### *ΦΑΣΗ 3 : Εφαρμογή και εκλέπτυνση της γνώσης*

Στην τρίτη φάση οι μαθητές καλούνται να δημιουργήσουν, να αξιολογήσουν και να αξιολογηθούν και να αναπτύξουν περαιτέρω τις γνώσεις τους. Οι δραστηριότητες στη φάση αυτή περιλαμβάνουν :

- Τον αναστοχασμό: γίνεται ο έλεγχος των ιδεών και απόψεων
- Ανάπτυξη μιας νέας εφαρμογής: υλοποιείται ένα project
- Αξιολόγηση: αυτοαξιολόγηση ή αξιολόγηση από ομότιμους

Η υλοποίηση ενός μικρού project, στο πλαίσιο της φάσης 3, το οποίο θα στηρίζεται στις γνώσεις που μέχρι τώρα έχουν αποκτηθεί, συμβάλει στην εφαρμογή της νεοαποκτηθείσας γνώσης και στην αποσαφήνιση τυχόν παρανοήσεων. Επιπλέον, είναι σημαντικό οι μαθητές να εμπλέκονται σε δημιουργικές δραστηριότητες που οδηγούν σε έργα που αναδεικνύουν τη χρησιμότητα και την εφαρμογή της γνώσης. Οι μαθητές αφήνονται ελεύθεροι στο πλαίσιο εκπόνησης ενός έργου να συνεργαστούν, να πειραματιστούν, να προβληματιστούν και να καταλήξουν σε ένα μοναδικό για αυτούς αποτέλεσμα. Ως αποτέλεσμα δεν νοείται μόνο η τελική έκβαση της κατασκευής (που μπορεί να είναι ένα απλό αναβόσβημα ενός LED) αλλά και τα επιμέρους στάδια τα οποία για κάθε ομάδα μπορεί είναι διαφορετικά. Για την ολοκλήρωση της φάσης 3, προτείνεται να χρησιμοποιούν διαδικασίες αναστοχασμού και αξιολόγησης (αυτο-αξιολόγηση και ομότιμη αξιολόγηση) που επιτρέπουν στους μαθητές να τεκμηριώσουν τις επιλογές τους, να γίνουν εποικοδομητικοί σχολιαστές, να πάρουν ιδέες από τις προτάσεις άλλων, κ.λπ. (Sluijsmans, 1999).

Τέλος, η ανάπτυξη συνεργατικού κλίματος με τον σχηματισμό μικρών ή μεγαλύτερων ομάδων είναι άλλος ένας σημαντικός πυλώνας στο πλαίσιο ECLiP. Ειδικά για την περίπτωση της ρομποτικής, οι συνεργασίες μπορούν να είναι πολυδιάστατες (π.χ. προγραμματιστής, βοηθός του, ομάδα σχεδιασμού, ομάδα υλοποίησης κ. λπ.).

### **Μαθησιακές δραστηριότητες**

Με βάση το εμπλουτισμένο πλαίσιο ECLiP, σχεδιάστηκε και προτείνεται ένα ολοκληρωμένο σύνολο μαθησιακών δραστηριοτήτων για εισαγωγή στην εκπαιδευτική ρομποτική με το Arduino και βασικά περιφερειακά του εξαρτήματα. Οι δραστηριότητες παρουσιάζονται με τη μορφή Φύλλων Εργασίας (ΦΕ) (Πίνακας 1). Η προτεινόμενη δομή για το ΦΕ είναι: α) εισαγωγικό σημείωμα στο Φύλλο Εργασίας (ΦΕ) στο οποίο περιλαμβάνονται οι προαπαιτούμενες γνώσεις, προγραμματιστικές έννοιες και έννοιες υλικού και τεχνολογίας που διαπραγματεύεται το ΦΕ, οι διδακτικοί στόχοι του ΦΕ και τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα και οι απαιτούμενοι πόροι για την πραγματοποίηση του ΦΕ, β) τις δραστηριότητες για κάθε βήμα του ECLiP, και γ) παράρτημα με επιπλέον οδηγίες.

Για τον προγραμματισμό του Arduino και την υλοποίηση των ζητούμενων στα φύλλα εργασίας οι μαθητές καλούνται να χρησιμοποιήσουν τη γλώσσα Wiring C μέσα από το περιβάλλον Arduino IDE αλλά και γλώσσες οπτικού προγραμματισμού όπως η S4A και η Ardublock ώστε ανάλογα με την πρότερη γνώση και τους επιδιωκόμενους γνωστικούς στόχους όσον αφορά στον προγραμματισμό, να επιλέγουν το επιθυμητό προγραμματιστικό περιβάλλον. Επιπρόσθετα χρησιμοποιείται το περιβάλλον Fritzing μέσα από το οποίο μπορεί κάποιος όχι μόνο να προγραμματίσει το Arduino αλλά και να σχεδιάσει το κύκλωμα που καλείται να υλοποιήσει. Έτσι παράλληλα οι μαθητές μαθαίνουν για τον σχεδιασμό CAD στα ψηφιακά κυκλώματα.

Στο πλαίσιο ενός ολοκληρωμένου προγράμματος ρομποτικής-πληροφορικής προτείνεται να συμπεριληφθεί ένα κεντρικό μακροπρόθεσμο project. Ένα προτεινόμενο project περιλαμβάνει δύο ομάδες: η μία ομάδα αναλαμβάνει να κατασκευάσει και προγραμματίσει ένα ρομποτικό όχημα (Pacman) το οποίο θα κινείται στον ελεύθερο χώρο. Όταν συναντά ένα

εμπόδιο θα το αποφεύγει. Όταν πλησιάζει το άλλο όχημα (ghost) θα προσπαθεί να τρέξει μακριά του. Η δεύτερη ομάδα αναλαμβάνει να κατασκευάσει τον κυνηγό του Pacman, το φάντασμα (ghost). Θα είναι ένα όχημα το οποίο θα ψάχνει συνεχώς το όχημα της Ομάδας 1 με σκοπό να το ακουμπήσει (ή να φτάσει σε μια ελάχιστη απόσταση). Και οι δύο ομάδες καλούνται να κατασκευάσουν ένα ίδιο αντικείμενο (κινούμενο όχημα) το οποίο θα εκτελεί κοινές και μη κοινές ενέργειες. Κατά τη διάρκεια της υλοποίησης οι ομάδες θα πρέπει να συνεργαστούν ώστε να πάρουν αποφάσεις σχετικά με θέματα όπως η αλληλεπίδραση των δύο οχημάτων.

**Πίνακας 1. Προτεινόμενος σχεδιασμός για εισαγωγή στην εκπαιδευτική ρομποτική με το Arduino**

Ενότητα	Τίτλος	Γνωστικά πεδία - λέξεις κλειδιά
Εξαρτήματα γενικού σκοπού	Φύλλο Εργασίας 1 Το Arduino ανάβει το Φως Η Δίοδος Εκπομπής Φωτός (Led)	Οπτική, ηλεκτρισμός, προγραμματισμός
	Φύλλο Εργασίας 2 Το Arduino ρυθμίζει το Ηλεκτρικό Ρεύμα Η Μεταβλητή Ωμική Αντίσταση (Ποτενσιόμετρο)	Ηλεκτρισμός, προγραμματισμός, έλεγχος
Αισθητήρες	Φύλλο Εργασίας 3 Το Arduino ελέγχει τη Θερμοκρασία Ο Αισθητήρας Θερμοκρασίας	Θερμοκρασία, προγραμματισμός
	Φύλλο Εργασίας 4 Το Arduino αντιλαμβάνεται τον Χώρο Ο Αισθητήρας Μέτρησης Απόστασης	Υπέρηχος, προγραμματισμός, μηχανική
Μηχανισμοί	Φύλλο Εργασίας 5 Το Arduino σε Κίνηση Ο Dc Κινητήρας και ο Σερβοκινητήρας	Μηχανική, ηλεκτρισμός προγραμματισμός

Ενδεικτικά περιγράφονται συνοπτικά το ΦΕ 1 το ΦΕ 2 τα οποία εφαρμόστηκαν πιλοτικά. Στο ΦΕ1, «Το Arduino ανάβει το Φως -Η Δίοδος Εκπομπής Φωτός (Led)», γίνεται γνωριμία με το Arduino και τον βασικό τρόπο προγραμματισμού του εν λόγω μικροελεγκτή με τις γλώσσες Wiring C και Scratch for Arduino (S4A). Επίσης, εξετάζονται τα βασικά δομικά υλικά της ηλεκτρονικής και με αυτά υλοποιείται ένα κύκλωμα. Στη συνέχεια γίνεται σύνδεση με τον μικροελεγκτή και με χρήση της πλακέτας και της γλώσσας προγραμματισμού, το κύκλωμα λειτουργεί εκτελώντας τις ενέργειες που σχεδιάστηκαν. Το ΦΕ αποτελείται από πέντε δραστηριότητες. Στην 1<sup>η</sup> δραστηριότητα οι μαθητές παρακολουθούν αρχικά ένα σύντομο video clip που παρουσιάζονται έργα (projects) και ιδέες με επίκεντρο τον μικροελεγκτή Arduino με στόχο να προκληθεί το ενδιαφέρον των μαθητών. Μέσα από εισαγωγικές ερωτήσεις οι μαθητές καταγράφουν τις εμπειρίες τους και ανακαλούν υπάρχουσες γνώσεις σε σχέση με τη ρομποτική. Στη 2<sup>η</sup> Δραστηριότητα οι μαθητές προσπαθούν να αναγνωρίσουν τα εξαρτήματα που τους δίνονται και απαντούν σε σχετικές ερωτήσεις σχετικά με τη χρήση τους. Επιδίδεται η δημιουργία νέας γνώσης μέσω της παρατήρησης και διερεύνησης καθώς οι μαθητές αντιλαμβάνονται ότι έχουν γνωστικές ελλείψεις. Συνεργάζονται σε ομάδες και ανταλλάσσουν γνώσεις οπότε παράλληλα αντιλαμβάνονται την αξία της ομαδικής εργασίας. Ακολούθως (3<sup>η</sup> δραστηριότητα) οι μαθητές διερευνούν περαιτέρω το ηλεκτρονικό κύκλωμα. Παρατηρούν το σχέδιο και παίζουν ένα μικρό παιχνίδι αντιστοιχίσεων. Τα ερωτήματα «Αναγνωρίστε τα εξαρτήματα» και «Συγκρίνετε το θεωρητικό με το πραγματικό» οικοδομούν την απαραίτητη γνώση γύρω από

τα στοιχειώδη ηλεκτρονικά εξαρτήματα του Arduino. Στη συνέχεια ζητείται η εφαρμογή των όσων έχουν μάθει μέσα από την απλή τροποποίηση ενός βασικού ηλεκτρολογικού διαγράμματος. Στην 4<sup>η</sup> δραστηριότητα δίνονται έτοιμα δύο τμήματα κώδικα σε διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού και ζητούνται απαντήσεις σε ερωτήσεις σχετικά με εντολές που περιέχουν. Σε αυτή τη φάση ζητείται οι μαθητές «διδασκασμένοι» να κατανοήσουν το πρόγραμμα και να απαντήσουν. Οι εντολές είναι στην πραγματικότητα συναρτήσεις που αλληλοεπιδρούν με συγκεκριμένο τρόπο με τον μικροελεγκτή. Εκτελώντας τα προγράμματα και παρατηρώντας το αποτέλεσμα επιδιώκεται η κατανόηση της λειτουργίας των εντολών και της σχέσης τους με το υλικό μέρος. Στη συνέχεια ζητείται η τροποποίηση του προγράμματος προκειμένου να επιτευχθεί κάποιο ζητούμενο αποτέλεσμα. Στην παρούσα δραστηριότητα δίνεται επίσης η ευκαιρία να ανακληθούν πρότερες γνώσεις που έχουν διδαχθεί όπως η έννοια της συνάρτησης και της μεταβλητής στον προγραμματισμό. Στην 5<sup>η</sup> δραστηριότητα δίνεται ένα project ώστε οι μαθητές να εφαρμόσουν τις γνώσεις που αποκόμισαν στις προηγούμενες δραστηριότητες. Το project αφορά γνωστό αντικείμενο της καθημερινής ζωής, τον φάρο, ώστε να παρουσιάζει αυξημένο ενδιαφέρον. Αρχικά δίνονται κατανοητές και σύντομες οδηγίες ώστε με τη βοήθεια του Διαδικτύου να εντοπιστούν οι πληροφορίες και οι απαιτήσεις της δραστηριότητας. Συγκεκριμένα καλούνται να εντοπίσουν πληροφορίες γενικά για τη σημασία και την τεχνολογία των φάρων και κατόπιν να βρουν πληροφορίες για έναν συγκεκριμένο (υπαρκτό) φάρο ώστε να καταφέρουν να τον προσομοιάσουν στη συνέχεια με τη βοήθεια του Arduino και του προγραμματισμού. Οι μαθητές, κάνοντας μικρές τροποποιήσεις στον κώδικα του προγράμματος που ήδη έχουν χρησιμοποιήσει από τις προηγούμενες δραστηριότητες και χρησιμοποιώντας το ίδιο κύκλωμα, προσπαθούν να προσομοιάσουν τη λειτουργία του φάρου εργαζόμενοι σε ομάδες και αναλαμβάνοντας συγκεκριμένους ρόλους.

Το 2<sup>ο</sup> σύνολο δραστηριοτήτων (ΦΕ2), επικεντρώνεται στο ποτενσιόμετρο που αποτελεί ένα ευρέως δομικό στοιχείο των ηλεκτρονικών. Παρουσιάζονται οι ιδιότητές του και η χρησιμότητά του μαθαίνοντας το θεωρικό υπόβαθρο για αυτό και υλοποιώντας κυκλώματα που το χρησιμοποιούν. Για τον προγραμματισμό γίνεται χρήση της γλώσσας οπτικού προγραμματισμού Ardublock. Στην 1<sup>η</sup> δραστηριότητα τίθενται ερωτήσεις στους μαθητές ώστε να προκληθεί το ενδιαφέρον και να γίνει γνωριμία με το ποτενσιόμετρο και τις χρήσεις του. Με αναφορά στην «καθημερινότητα» ενισχύεται η περιέργεια και το κίνητρο των μαθητών να γνωρίσουν νέες τεχνολογίες. Στη 2<sup>η</sup> δραστηριότητα, οι μαθητές έχουν στη διάθεσή τους έτοιμο το κύκλωμα αλλά και τον κώδικα στην οπτική γλώσσα προγραμματισμού Ardublock. Εκτελώντας το πρόγραμμα στον μικροελεγκτή και παρατηρώντας τη λειτουργία του, απαντούν σε σχετικές με τη λειτουργία του ερωτήσεις. Στην εν λόγω ομάδα ερωτήσεων έχουν συμπεριληφθεί και ερωτήσεις που παραπέμπουν στις γενικές γνώσεις των μαθητών σε ένα άλλο γνωστικό πεδίο, αυτό του ηλεκτρισμού, ως ένα παράδειγμα της σύνδεσης των αντικειμένων που εξετάζονται με άλλα επιστημονικά πεδία όπως η μηχανική, ο ηλεκτρισμός, η ηλεκτρονική κ.α. Στο τέλος της δραστηριότητας ζητείται η τροποποίηση του κυκλώματος ώστε να εκτελεί μια ακόμα λειτουργία. Στην 3<sup>η</sup> δραστηριότητα δίνεται ένα project που αφορά τη χρήση του ποτενσιόμετρου σε μια συνηθισμένη εφαρμογή της καθημερινότητας – τον εσωτερικό φωτισμό του σπιτιού. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των δύο-τριών ατόμων αναλαμβάνοντας συγκεκριμένο ρόλο ο καθένας, παρόμοιους με αυτούς που υπάρχουν σε ένα σχετικό επαγγελματικό περιβάλλον. Το τελικό «προϊόν» που θα σχεδιαστεί και θα υλοποιηθεί είναι μια αφαιρετική προσομοίωση εσωτερικού φωτισμού με LED όπου θα πρέπει στο ίδιο κύκλωμα και πρόγραμμα να μπορούν να συμβούν διαφορετικά γεγονότα. Η πρόκληση αφορά στο πώς οι μαθητές θα προγραμματίσουν το Arduino ώστε να αλλάζει χρώματα η

διάταξη και παράλληλα να εμπλέξουν και το ποτενοσίμετρο για να ρυθμίσουν τη φωτεινότητα.

### **Εφαρμογή**

Τα δύο πρώτα φύλλα εργασίας εφαρμόστηκαν κατά τη διάρκεια δύο διδακτικών ωρών σε φοιτητές του Τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του ΕΚΠΑ στο πλαίσιο του μαθήματος «Διδακτική της Πληροφορικής». Η πιλοτική εφαρμογή αποφασίστηκε να γίνει στο συγκεκριμένο δείγμα καθώς κανείς από τους συμμετέχοντες δε είχε πρότερη επαφή με Arduino και εκπαιδευτική ρομποτική και γιατί οι συγκεκριμένοι φοιτητές παρακολουθούν το Πρόγραμμα Παιδαγωγικής και Διδακτικής Επάρκειας του Τμήματος, επομένως μπορούν να σχολιάσουν και τον μαθησιακό σχεδιασμό. Κατά τη διάρκεια της εφαρμογής συμπληρώθηκαν από τους φοιτητές οι απαντήσεις στα ερωτήματα των ΦΕ και χρησιμοποιήθηκαν οι πλακέτες ώστε να γίνει κατάλληλος προγραμματισμός του Arduino σύμφωνα με τα ζητούμενα.

Για τη διερεύνηση θεμάτων μαθησιακού σχεδιασμού και διδακτικής προσέγγισης και προτιμήσεων/απόψεων όσον αφορά το προγραμματιστικό περιβάλλον, οι φοιτητές συμπλήρωσαν ηλεκτρονικά ένα ερωτηματολόγιο (8 από 9 φοιτητές). Το ερωτηματολόγιο δομείται σε τέσσερις ενότητες με κλειστού και ανοικτού τύπου ερωτήσεις

Από τις απαντήσεις προκύπτει ότι οι αξιοποιούμενες διδακτικές προσεγγίσεις και η ακολουθία των δραστηριοτήτων ικανοποίησε τους φοιτητές και διευκόλυνε τη μάθηση σε ικανοποιητικό βαθμό. Οι φοιτητές λειτούργησαν μόνοι τους, η παρέμβαση ήταν ιδιαίτερα περιορισμένη κυρίως λόγω των πρότερων γνώσεων των φοιτητών στον τομέα του hardware. Τα παραρτήματα υπηρέτησαν τον στόχο τους καθώς παρείχαν τεχνικά θέματα εγκατάστασης του υλικού και του λογισμικού που χρησιμοποιούνται στα ΦΕ. Οι συμμετέχοντες στην πράξη έδειξαν μεγάλο ενδιαφέρον για την πλατφόρμα το οποίο εκφράστηκε με την ενεργή συμμετοχή τους καθ' όλη τη διάρκεια της εφαρμογής. Το ενδιαφέρον αυτό εκφράστηκε με την επιθυμία όλων να εμβραθύνει μελλοντικά στην αξιοποίηση του Arduino στην εκπαίδευση. Όσον αφορά την άποψη των συμμετεχόντων για την καταλληλότητα της πλατφόρμας Arduino στις διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης, από τις απαντήσεις προκύπτει ότι η πλατφόρμα μπορεί να αξιοποιηθεί σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες με το μεγαλύτερο ποσοστό να προτείνει το Λύκειο ως την καταλληλότερη βαθμίδα (85,7%). Επιπλέον, όλοι οι συμμετέχοντες θεωρούν ότι η πλατφόρμα Arduino και τα διαφορετικά προγραμματιστικά περιβάλλοντα μπορούν να υποστηρίξουν την εκμάθηση προγραμματισμού τόσο σε επίπεδο Λυκείου όσο και σε επίπεδο τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Οι συγκεκριμένοι συμμετέχοντες προτιμούν τον κειμενικό προγραμματισμό στην πλειοψηφία τους, καθώς έχουν ασχοληθεί ελάχιστα ή καθόλου με τον οπτικό προγραμματισμό ο οποίος απευθύνεται κυρίως σε μικρότερες ηλικίες και εκπαιδευτικές βαθμίδες.

Σχετικά με τις απαντήσεις των φοιτητών στα ΦΕ, το ΦΕ1 συμπληρώθηκε πλήρως από όλες τις ομάδες (πλην μιας ομάδας η οποία δεν εκτέλεσε το project) ενώ το ΦΕ2 συμπληρώθηκε πλήρως από δύο ομάδες. Το γνωστικό επίπεδο διαπιστώθηκε ότι ήταν υψηλό και σχεδόν κοινό στον τομέα του προγραμματισμού - αναμενόμενο καθώς πρόκειται για φοιτητές πληροφορικής. Ωστόσο στον τομέα του μικροελεγκτή οι γνώσεις διαπιστώθηκε ότι ποικίλουν. Οι απαντήσεις που δόθηκαν στο σύνολο των ερωτήσεων των δραστηριοτήτων 1 έως 4 του ΦΕ1 ήταν περιεκτικές και στη σωστή κατεύθυνση. Οι ομάδες που εκπόνησαν το project του ΦΕ1 απέδωσαν ορθά το σχέδιο και προγραμμάτισαν επίσης ορθά. Η ομάδα που δεν εκπόνησε το project, δεν τα κατάφερε λόγω χρόνου καθώς αφιέρωσε πολύ χρόνο στις υπόλοιπες δραστηριότητες και προτίμησε να προχωρήσει στο 2<sup>ο</sup> ΦΕ.

## Συμπεράσματα

Οι ανοικτές τεχνολογίες όπως είναι το Arduino αποτελούν μια εναλλακτική πλατφόρμα εκπαιδευτικής ρομποτικής η οποία όμως δεν έχει αξιοποιηθεί ευρέως στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Εξαιρέση αποτελούν τα επαγγελματικά Λύκεια στα οποία καθώς υπάρχει ήδη το κατάλληλο περιβάλλον, αξιοποιούνται συναφείς τεχνολογίες σε αρκετά μεγάλο βαθμό.

Η τεχνολογία Arduino παρουσιάζει πλεονεκτήματα όπως κόστος και διαθεσιμότητα υλικού ενώ το αντίστοιχο λογισμικό προσφέρεται δωρεάν. Υποστηρίζεται δε από πολύ μεγάλη κοινότητα και χρησιμοποιείται σε πανεπιστημιακά μαθήματα.

Ο σχεδιασμός κατάλληλων μαθησιακών δραστηριοτήτων και η επιλογή κατάλληλων περιβαλλόντων προγραμματισμού, μπορεί να διευκολύνει την εισαγωγή της εκπαιδευτικής ρομποτικής με την τεχνολογία Arduino στην πρωτοβάθμια και γενική δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Η προτεινόμενη προσέγγιση μαθησιακών δραστηριοτήτων διαφοροποιείται από τις υπάρχουσες τύπου «tutorial» γιατί έχει ως πρωταρχικό στόχο την ανάπτυξη της ενεργητικής μάθησης από τους μαθητές και την εμπλοκή τους σε δραστηριότητες διερεύνησης, υλοποίησης project και συνεργασίας.

Στα άμεσα σχέδια περιλαμβάνεται η εφαρμογή των δραστηριοτήτων στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση σε πραγματικές συνθήκες και ο αναλυτικός σχεδιασμός του τελικού project.

## Αναφορές

- Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63-71.
- Breiner J., Johnson C., Harkness S., & C. Koehler (2012). What is STEM? A discussion about Conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Eguchi A. (2014). Educational Robotics for Promoting 21st Century Skills. *Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems*, 8(1), 5-11.
- Gogoulou, A., Gouli, E., Grigoriadou, M. (2009). Teaching Programming with ECLiP Didactical Approach. *Proceedings of the IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2009)* (pp. 204-211), Rome, 20-22 November.
- He, Y. & Liang, L. (2019). Application of Robotics in Higher Education in Industry 4.0 Era. *Universal Journal of Educational Research*, 7(7), 1612-1622.
- Jamieson, P. & Herdtner, J. (2015). More missing the Boat – Arduino, Raspberry Pi, and small prototyping boards and engineering education needs them. *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-6), El Paso, TX, 2015.
- Mikropoulos, T. A., & Bellou, I. (2013). Educational Robotics as Mindtools. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 5-14.
- Nübler I. (2016). *New technologies: A jobless future or a golden age of job creation?* Working paper, International Labour Organisation. Τελευταία πρόσβαση, Φεβρουάριος 2020 [https://www.ilo.org/global/research/publications/working-papers/WCMS\\_544189/lang-en/index.htm](https://www.ilo.org/global/research/publications/working-papers/WCMS_544189/lang-en/index.htm)
- Sluijsmans, D., Dochy, F., & Moerkerke, G. (1999). Creating a learning environment by using self-, peer- and co-assessment. *Learning Environments Research*, 1, 293-319.
- Williams, L., Wiebe, E., Yang, K., Ferzli, M., & Miller, C. (2002). In support of pair programming in the introductory computer science course. *Computer Science Education*, 12(3), 197-212.
- Φράγκου Σ., Γρηγοριάδου Μ., Παπανικολάου Σ. (2010). Σχεδιάζοντας δραστηριότητες ρομποτικής για μαθητές Γυμνασίου. Στο Γρηγοριάδου Μ. (επιμ) *Πρακτικά του 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική της Πληροφορικής»* (σ. 216-223). Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, ΕΚΠΑ, Αθήνα, 9-11 Απριλίου, 2010.