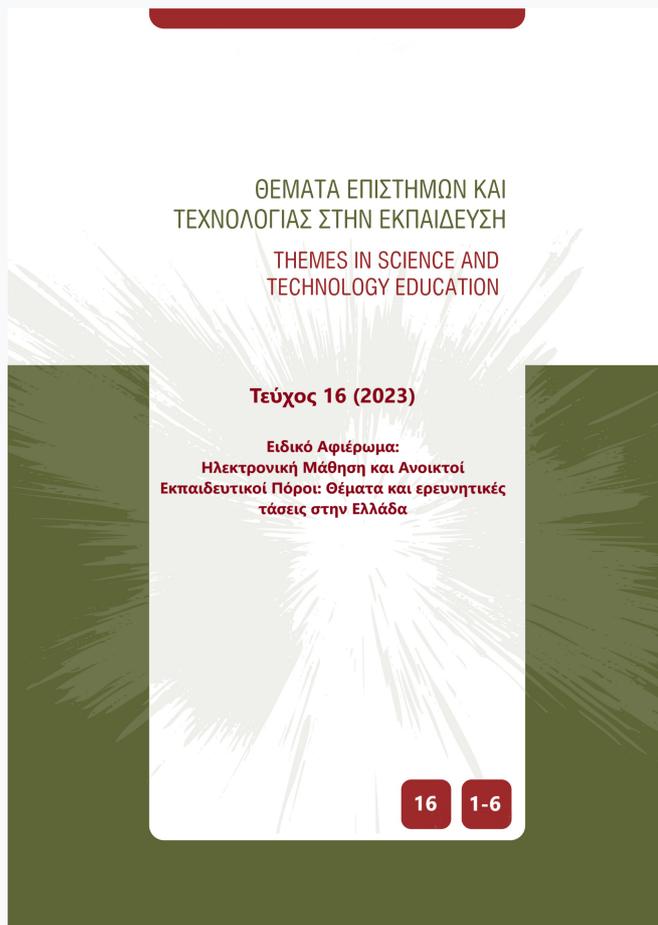


Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση

Τόμ. 16, Αρ. 1-6 (2023)

Ηλεκτρονική Μάθηση και Ανοικτοί Εκπαιδευτικοί Πόροι: Θέματα και ερευνητικές τάσεις στην Ελλάδα



Πυρανόμετρο κατασκευασμένο με τεχνικές Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και η «διάχυσή» του σε κοινότητα χρηστών φυσικού προγραμματισμού

Αριστοτέλης Γκιόλμας, Ζωγραφιά Παπαναγιώτου, Αλεξάνδρα-Τριανταφυλλιά Παπαναγιώτου, Άνθιμος Χαλκίδης, Γιάννα Κατσιαμπούρα, Κωνσταντίνος Σκορδούλης, Ηλίας Μπόικος, Βασιλική Ψωμά

doi: [10.12681/thete.40007](https://doi.org/10.12681/thete.40007)

Βιβλιογραφική αναφορά:

Γκιόλμας Α., Παπαναγιώτου Ζ., Παπαναγιώτου Α.-Τ., Χαλκίδης Ά., Κατσιαμπούρα Γ., Σκορδούλης Κ., Μπόικος Η., & Ψωμά Β. (2023). Πυρανόμετρο κατασκευασμένο με τεχνικές Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και η «διάχυσή» του σε κοινότητα χρηστών φυσικού προγραμματισμού. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 16(1-6), 111-121. <https://doi.org/10.12681/thete.40007>

Πυρανόμετρο κατασκευασμένο με τεχνικές Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και η «διάχυσή» του σε κοινότητα χρηστών φυσικού προγραμματισμού

Αριστοτέλης Γκιόλιας¹, Ζωγραφιά Παπαναγιώτου², Αλεξάνδρα-Τριανταφυλλιά Παπαναγιώτου³, Άνθιμος Χαλκίδης², Γιάννα Κατσιαμπούρα², Κωνσταντίνος Σκορδούλης², Ηλίας Μπόικος², Βασιλική Ψωμά²

agkiolm@eled.auth.gr, zogrpapan@gmail.com, alextpap@gmail.com, achalkid@gmail.com,
katsiaioan@primedu.uoa.gr, skordul@primedu.uoa.gr, iboikos@primedu.uoa.gr,
basilina@hotmail.com

¹ Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

² Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

³ Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Περίληψη. Το παρόν άρθρο αναφέρεται σε μία έρευνα για την χρήση του ανοιχτού, δωρεάν αποθετηρίου εκπαιδευτικών έργων Ρομποτικής, με τίτλο Arduino Project Hub. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 34 εκπαιδευτικοί της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, ειδικοτήτων Φυσικών Επιστημών. Το ψηφιακό αποθετήριο και οι λειτουργίες του αξιολογήθηκαν στο πλαίσιο έρευνας με βάση ανώνυμα ερωτηματολόγια σε ψηφιακή μορφή. Στο αποθετήριο κάθε χρήστης μπορεί με μία απλή δωρεάν εγγραφή, να καταθέσει ένα έργο προς αξιολόγηση. Μετά από την αξιολόγηση το έργο δημοσιεύεται στον παγκόσμιο ιστό. Στόχο του παρόντος άρθρου αποτελεί η ανάδειξη των θετικών και αρνητικών στοιχείων της πλατφόρμας, μέσα από την περίπτωση δημοσίευσης ενός πυρανομέτρου (όργανο για τη μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας) με βάση το Arduino Uno και κάποια εξαρτήματα hardware. Στο πλαίσιο εξαγωγής συμπερασμάτων αναφέρθηκαν χαρακτηριστικά της πλατφόρμας και του project που αξιολογήθηκαν θετικά από την πλειοψηφία των συμμετεχόντων, όπως η ευχρηστία, αλλά και ο τρόπος παρουσίασης του έργου του πυρανομέτρου.

Λέξεις κλειδιά: εκπαιδευτική ρομποτική, κοινότητα φυσικού προγραμματισμού, πυρανόμετρο, Arduino

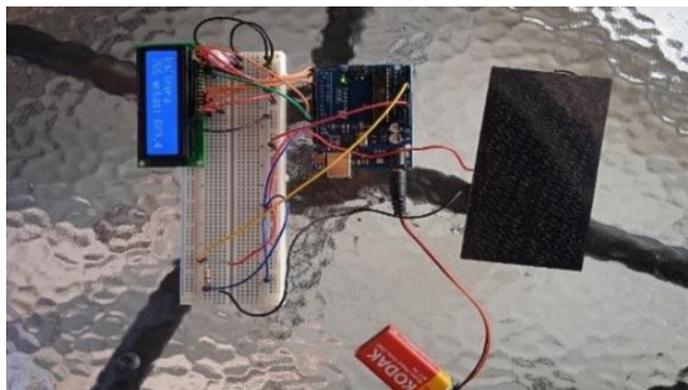
Εισαγωγή

Στο πλαίσιο της σύγχρονης εκπαίδευσης, οι τεχνολογικές εφαρμογές αξιοποιούνται ως εργαλεία για την εμπλοκή των μαθητών με την έρευνα των Φυσικών Επιστημών. Οι διατάξεις φυσικού προγραμματισμού (physical computing) επιτρέπουν στους χρήστες να διερευνήσουν και να οπτικοποιήσουν έννοιες που μπορεί σε άλλο πλαίσιο να ήταν δυσνόητες, να μην μπορούσαν να αποτυπωθούν σχηματικά (Handayani et al., 2021) και να μην γίνονταν εύκολα αντιληπτές από μαθητές μικρής ηλικίας (Ibeh et al., 2022). Επίσης οι Νέες Τεχνολογίες επιτρέπουν την διασύνδεση μεγαλύτερων ομάδων χρηστών και την ανταλλαγή ιδεών για τις Φυσικές Επιστήμες. Ειδικότερα τα ψηφιακά αποθετήρια δίνουν τη δυνατότητα να ανταλλάξουν οι χρήστες απόψεις και ιδέες για καλές πρακτικές για τις διατάξεις φυσικού προγραμματισμού. Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να δουν ιδέες για κατασκευή διατάξεων από την παγκόσμια κοινότητα χρηστών, αλλά και να αναζητήσουν λύσεις σε τυχόν προβλήματα που αντιμετωπίζουν.

Στο πλαίσιο αυτό κρίνεται απαραίτητο να διερευνηθούν ερευνητικά οι διατάξεις φυσικού προγραμματισμού και η συνεισφορά των κοινοτήτων χρηστών φυσικού προγραμματισμού. Ειδικότερα αποτυπώθηκε η συνεισφορά του πρωτότυπου εργαλείου του πυρανομέτρου, που θα παρουσιαστεί στην παρούσα εργασία και η δημοσίευσή του στην πλατφόρμα του Arduino Project Hub. Η πλατφόρμα δημιουργήθηκε το 2022 και δεν υπάρχει ακόμη πλήθος ερευνών για τη χρήση της ως ψηφιακό αποθετήριο. Μέσα από την παρουσίαση του έργου στην πλατφόρμα, αναδείχθηκε και η ευχρηστία του Arduino Uno, πλακέτα η οποία έχει χαμηλό κόστος σε σχέση με άλλα εργαλεία της ίδιας εταιρείας και ενέχει μεγαλύτερο βαθμό ευχρηστίας σε σχέση με άλλα παρόμοια εργαλεία κυρίως για τους μαθητές και τις μαθήτριες μικρότερης ηλικίας.

Στο πλαίσιο της αντιμετώπισης της γενικότερης δυσκαμψίας του εκπαιδευτικού συστήματος (Ράπτης & Ράπτη, 2013) παρουσιάζεται η δυνατότητα για την ένταξη καινοτόμων εργαλείων στη διδασκαλία και εφαρμογών Νέων Τεχνολογιών που προσδίδουν μεγαλύτερη προστιθέμενη αξία στην διαδικασία της μάθησης. Σκοπό της έρευνας αποτέλεσε η καταγραφή των απόψεων των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για το έργο του πυρανομέτρου, όπως αυτό δημοσιεύτηκε στην πλατφόρμα του Arduino Project Hub (<https://projecthub.arduino.cc>). Ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας αποτέλεσαν η καταγραφή των απόψεων και των σχολίων των εκπαιδευτικών που έχουν κάποια εμπειρία στην χρήση διατάξεων Ρομποτικής, για την ευχρηστία, τη πολυπλοκότητα και τη χρησιμότητα της διάταξης του πυρανομέτρου. Άλλα ερευνητικά ερωτήματα συσχετίστηκαν με την αξιολόγηση της σαφήνειας περιγραφής του project, τις μεταβάσεις στο κείμενο, την οργάνωση του έργου εντός της πλατφόρμας και την αξιολόγηση του κώδικα και των εικόνων που εντάχθηκαν. Επίσης στο πλαίσιο των ερευνητικών ερωτημάτων διερευνήθηκε η διδακτική αξία του εργαλείου για την εκπαιδευτική πράξη και η πιθανή πρόθεση των εκπαιδευτικών να εφαρμόσουν το project σχετικό με το πυρανόμετρο στην εκπαιδευτική πραγματικότητα μελλοντικά. Προϋπόθεση είναι οι εκπαιδευτικοί που χρησιμοποιούν την διάταξη να έχουν κάποια μικρή εξοικείωση με την εκπαιδευτική χρήση του Arduino.

Στο πλαίσιο αυτό, δημιουργήθηκε μία δραστηριότητα σχετική με το Arduino Uno για την κατασκευή πυρανομέτρου (Σχήμα 1), δηλαδή ενός οργάνου που μετρά την ένταση ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) (Bhatia, 2014). Στην πλακέτα του Arduino Uno εισάγεται κώδικας μέσω της πλατφόρμας Arduino IDE και δημιουργείται η συσκευή του πυρανομέτρου (Pandey & Katiyar, 2013). Τα εξαρτήματα hardware που χρησιμοποιούνται αποτελούν τα καλώδια, το breadboard, οι αντιστάσεις, η μπαταρία, η οθόνη LCD, και το solar panel που συνδέονται στην πλακέτα του Breadboard. Το δωρεάν λογισμικό όπως το Arduino Uno και το Arduino IDE, επλέχθησαν καθώς μπορούν να εξασφαλίσουν χαμηλότερο κόστος στο project. Η ρομποτική διάταξη μπορεί να συνδράμει στον περιορισμό του μαθηματικού φορμαλισμού στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, που μπορεί να δυσκολεύει τους μαθητές και ιδιαίτερα τα παιδιά μικρότερης ηλικίας (Δημητρήντσης κ.α., 2017).



Σχήμα 1. Διάταξη πυρανομέτρου με βάση το Arduino Uno

Ειδικότερα η φύση και οι ακριβείς μετρήσεις για την ηλιακή ακτινοβολία μπορούν να αποτυπωθούν στο πυρανόμετρο στην οθόνη LCD χωρίς να απαιτείται η απομνημόνευση από τους μαθητές και τις μαθήτριες κάποιου περίπλοκου μαθηματικού τύπου (Παπαναγιώτου κ.α., 2022). Η διάταξη, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1, δημοσιεύτηκε/αναρτήθηκε στην πλατφόρμα Arduino Project Hub (<https://projecthub.arduino.cc>) και λήφθηκε ανατροφοδότηση από την κοινότητα χρηστών/εκπαιδευτικών, οι οποίοι είχαν την δυνατότητα να σχολιάσουν το project, επισημαίνοντας θετικά σημεία του ή χαρακτηριστικά προς βελτίωση.

Η πλατφόρμα Arduino Project Hub

Οι νέες κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες καθώς και η ανάπτυξη των τεχνολογικών εφαρμογών επηρεάζουν την εκπαίδευση και τα μέσα διδασκαλίας. Η ανάγκη για καλλιέργεια της δημιουργικής και κριτική σκέψης αναδεικνύεται ως πολύ σημαντική στα πλαίσια του εκπαιδευτικού συστήματος (Ράπτης & Ράπτη, 2013). Κυριαρχεί παράλληλα η αυτορρυθμιζόμενη μάθηση και αυτοπληροφόρηση (Ράπτης & Ράπτη, 2013). Η γνωστική και εμπειρική βάση των ατόμων διευρύνεται και οι πολίτες καλούνται να λύνουν νέα προβλήματα και να διευρύνουν τις γνώσεις τους, ώστε να έχουν την δυνατότητα να ανταποκριθούν στις νέες προκλήσεις. Στο πλαίσιο αυτό μεταβάλλονται και οι διδακτικές μέθοδοι και οι εκπαιδευτικοί καλούνται να ανταποκριθούν στις αλλαγές αυτές παρέχοντας στους μαθητές εργαλεία και μεθόδους αναζήτησης και αποκωδικοποίησης της νέας γνώσης. Η συνεργασία των χρηστών σε ευρύτερο επίπεδο ακόμη μπορεί να προωθήσει την αναζήτηση λύσεων εκ μέρους των μαθητών για αυθεντικά προβλήματα (Ράπτης & Ράπτη, 2013). Το Διαδίκτυο άλλωστε ως εργαλείο μπορεί να προωθήσει τη μάθηση σε οικουμενικό επίπεδο, την αυτο-εκπαίδευση, αλλά και τη σύνδεση σχολείου και κοινωνίας (Ράπτης & Ράπτη, 2013).

Στο πλαίσιο αυτό οι διαδικτυακές κοινότητες πρακτικής και μάθησης συμβάλλουν στην επίτευξη επικοινωνίας και συνεργασίας μεταξύ των ατόμων διαφορετικών ηλικιών αλλά και διαφορετικών επιστημονικών ειδικοτήτων. Οι κοινότητες αυτές παρουσιάζουν μεγάλη διάδοση λόγω της αλματώδους ανάπτυξης της τεχνολογίας και της διάδοσης της χρήσης των κινητών/φορητών συσκευών (Φεσάκης, 2019). Ειδικότερα το Arduino Project Hub είναι ένας δικτυακός τόπος/αποθετήριο που στοχεύει στη συνεργασία και στην ανταλλαγή εκπαιδευτικών οδηγιών και περιγραφών έργων που έχουν κατασκευαστεί με πλακέτες Arduino στο πλαίσιο της παγκόσμιας κοινότητας χρηστών. Ως ψηφιακό αποθετήριο μπορεί να θεωρηθεί ένα ηλεκτρονικό σύστημα για τη συγκέντρωση και την παροχή πρόσβασης σε υλικό ψηφιακής μορφής που παράγεται από μία κοινότητα. Τα ψηφιακά αποθετήρια έχουν την δυνατότητα ενίσχυσης των διαδικασιών διδασκαλίας και μάθησης και επίτευξης των

επιδιωκόμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων (Walid, 2022). Το Arduino Project Hub αποτελεί ένα αποθετήριο με πρότζεκτ ποικίλης θεματολογίας και εστίαση κυρίως στις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Το 2022 εξελίχθηκε συμπεριλαμβάνοντας περισσότερες δυνατότητες κοινοποίησης και δημοσίευσης έργων για τους χρήστες. Η πλατφόρμα επιτρέπει -με την χρήση εικόνων και αναλυτικών οδηγιών στην αγγλική γλώσσα, αλλά και την παράθεση του κώδικα αυτούσιου στο αντίστοιχο πεδίο - την χρήση και τον εμπλουτισμό project άλλων χρηστών. Τα project παράλληλα διατηρούν τα πνευματικά δικαιώματα που έχουν οι δημιουργοί τους, επιτρέποντας την επιλογή της άδειας που επιθυμεί κάθε δημιουργός από τις διαθέσιμες άδειες Creative Commons.

Εντός της πλατφόρμας υπάρχουν διαφορετικές κατηγορίες «έργων». Τα «έργα» περιλαμβάνουν τη βάση για την υλοποίηση συνεργατικών project που χρησιμοποιούν ένα ή περισσότερα «έργα» (ήχου, εργαλείων εργαστηρίου, Ρομποτικής, διαδραστικών παιχνιδιών, έξυπνου φωτισμού, οθονών, φορητών συσκευών, Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things), αυτοματισμών για το σπίτι, εργαλείων εργαστηρίου, και αισθητήρων περιβάλλοντος). Επίσης όλα τα «έργα» χωρίζονται σε κατηγορίες για αρχάριους, έργα για επίδειξη (showcase), έργα για έμπειρο κοινό, tutorials, έργα σε αποσυναρμολόγηση και έργα σε εξέλιξη. Ακόμη τα έργα χωρίζονται και ανάλογα με το επίπεδο δυσκολίας σε έργα εύκολα, μέτρια, δύσκολα και πολύ δύσκολα. Οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν λογαριασμό χρησιμοποιώντας την διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου τους, δωρεάν, με απλό, εύκολο και γρήγορο τρόπο. Ακόμη και αν δεν δημιουργήσουν λογαριασμό μπορούν να δουν τα «έργα» της πλατφόρμας, για να μπορέσουν ωστόσο να τα σχολιάσουν απαιτείται η σύνδεση μέσω λογαριασμού.

Κάθε χρήστης αφού συμβουλευτεί τις αντίστοιχες οδηγίες, μπορεί να υποβάλει έργο προς αξιολόγηση στην ερευνητική ομάδα της πλατφόρμας. Το έργο που θα υποβληθεί πρέπει να είναι γραμμένο στην αγγλική γλώσσα, ώστε να είναι κατανοητό από την παγκόσμια κοινότητα των χρηστών. Στην συνέχεια ο χρήστης μπορεί να επιλέξει με ποια άδεια επιθυμεί να εκτιθεί το έργο του στην πλατφόρμα, από όσες είναι διαθέσιμες. Μέσα από την πλατφόρμα παρέχεται υποστήριξη και ανατροφοδότηση από την κοινότητα των χρηστών με τροποποίηση και εμπλουτισμό ιδεών των μαθητών και των εκπαιδευτικών. Κάποια μειονεκτήματα της πλατφόρμας, μπορούν να θεωρηθούν τυχόν δυσλειτουργίες που υπάρχουν, αφού αποτελεί δοκιμαστική έκδοση (Beta). Άλλο ένα μειονέκτημα μπορεί να θεωρηθεί ο μεγάλος χρόνος που μεσολαβεί για την έγκριση ενός έργου και την ανάρτησή του στην πλατφόρμα.

Το έργο που παρουσιάζεται στην πλατφόρμα είναι σχετικό με την κατασκευή πυρανομέτρου, ενός μετρητή δηλαδή της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας. Καταχωρήθηκε στην πλατφόρμα με το όνομα «Measuring solar radiation with a pyranometer-An easy and exciting way to measure solar radiation with a pyranometer, made with Arduino Uno» (Παπαναγιώτου κ.α., 2023). Υποβλήθηκε στην πλατφόρμα και αναρτήθηκε τον Ιανουάριο του 2023 και συγκαταλέγεται στην κατηγορία συλλογής δεδομένων και εργαλείων (<https://projecthub.arduino.cc>). Μετά την παράθεση των συγγραφέων που συνέβαλαν στην δημιουργία του, παρατίθεται μία σύντομη εισαγωγή, αλλά και ένας πίνακας περιεχομένων και περιφερειακών εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για να δημιουργηθεί ο μετρητής ηλιακής ακτινοβολίας (πυρανόμετρο). Στην συνέχεια αναφέρονται οι πλατφόρμες που αξιοποιήθηκαν για την εισαγωγή του κώδικα στην πλακέτα του Arduino, όπως το Arduino IDE. Επίσης παρατίθεται η περιγραφή αναλυτικά του project με βήμα προς βήμα οδηγίες για την σύνδεση των καλωδίων και των διαφορετικών εξαρτημάτων πάνω στο breadboard. Οι οδηγίες αναφέρονται αναλυτικά και συνοδεύονται και από αντίστοιχες φωτογραφίες που καθοδηγούν τους χρήστες. Στο τελευταίο μέρος παρατίθεται αυτούσιος ο κώδικας που

αξιοποιήθηκε και η βιβλιογραφία στην οποία βασίστηκε το έργο στην θεωρητική του τεκμηρίωση.

Μεθοδολογία έρευνας

Αρχικά οι χρήστες στο πλαίσιο της παρούσας ποσοτικής έρευνας, παρατηρούν διεξοδικά το μοντέλο στην πλατφόρμα του Arduino Project Hub (<https://projecthub.arduino.cc>). Η συγκεκριμένη πλατφόρμα επιλέχθηκε διότι μέσα από την ολοκλήρωση της κατασκευής της διάταξης με βάση τον μικροελεγκτή Arduino και της δημοσίευσής της στην επίσημη πλατφόρμα του Arduino, προωθείται η αλληλεπίδραση στην κοινότητα των εκπαιδευτικών. Στην έρευνα συμμετείχαν 34 εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Από τους συμμετέχοντες 20 άτομα ήταν γυναίκες και 14 άτομα ήταν άνδρες εκπαιδευτικοί. Το δείγμα της έρευνας μπορεί να χαρακτηριστεί ως δείγμα μη πιθανοτήτων και ειδικότερα δείγμα ευκολίας, διότι τα άτομα που επιλέχθηκαν για συμμετοχή αποτέλεσαν συνάδελφοι στο σχολείο της ερευνήτριας ή φοιτητές στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα και είχαν εκδηλώσει εκ των προτέρων την επιθυμία τους να συμμετέχουν στην έρευνα. Επίσης τα άτομα του δείγματος επιλέχθηκαν με βάση την ιδιότητά τους ως εκπαιδευτικοί. Πατώντας στον υπερσύνδεσμο που εντάχθηκε στο ερωτηματολόγιο ([hyperlink](#)) οι συμμετέχοντες μπορούσαν να δουν στην σελίδα του Arduino Project Hub την περιγραφή του εργαλείου του πυρανομέτρου και τα εξαρτήματα της κατασκευής αλλά και την διαδικασία περιγραφής.

Η έρευνα διεξήχθη μέσα από ανώνυμο διαδικτυακό ερωτηματολόγιο σε μορφή Google Forms και απευθύνθηκε σε εκπαιδευτικούς των τελευταίων τάξεων του δημοτικού σχολείου αλλά και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Το ερωτηματολόγιο απευθύνθηκε σε εκπαιδευτικούς εν ενεργεία και μελλοντικούς εκπαιδευτικούς (μεταπτυχιακούς φοιτητές STEM). Οι ερωτήσεις αφορούν χαρακτηριστικά ευχρηστίας αλλά και στοιχεία παιδαγωγικού σχεδιασμού. Το ερωτηματολόγιο της έρευνας συμπεριέλαβε 12 ερωτήσεις σε κλίμακα Likert (Καθόλου-Λίγο-Μέτρια-Πολύ) και μία ανοιχτή ερώτηση ελεύθερου κειμένου σχετικά με σχόλια και προτάσεις διόρθωσης του project του πυρανομέτρου. Επίσης συμπεριελήφθησαν 5 ερωτήσεις σχετικά με την βαθμίδα διδασκαλίας, την τάξη διδασκαλίας, την ειδίκευση στην Ρομποτική και τον τομέα του STEM, μέσω φοίτησης σε μεταπτυχιακό πρόγραμμα ή σε κάποιο σεμινάριο αλλά και αν υπάρχει προηγούμενη εμπειρία στην υλοποίηση project σχετικών με εκπαιδευτική Ρομποτική. Ακόμη με πιθανές απαντήσεις Ναι ή όχι εντάχθηκε η ερώτηση για το αν έχουν οι συμμετέχοντες χρησιμοποιήσει ξανά τις εφαρμογές που έχουν αξιοποιηθεί στο project.

Ειδικότερα οι ερωτήσεις που εντάχθηκαν στην έρευνα αποτέλεσαν αρχικά ερωτήσεις που σχετίζονται με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος όπως η βαθμίδα εκπαίδευσης, η τάξη διδασκαλίας και η ειδικότητα καθώς και η προηγούμενη εμπειρία και ειδίκευση των συμμετεχόντων. Η σαφήνεια περιγραφής των εξαρτημάτων που εντάχθηκαν και η δυνατότητα προμήθειας των εξαρτημάτων αξιολογήθηκε στο πλαίσιο του ερωτηματολογίου. Η πρότερη χρήση των εφαρμογών που αναφέρθηκαν και η σαφής περιγραφή του project, επίσης εξετάστηκαν στο πλαίσιο του ερωτηματολογίου. Η ευκολία κατανόησης της χρήσης ορισμένων εργαλείων μέσα από την περιγραφή στην πλατφόρμα αλλά και η οργανωμένη περιγραφή της δραστηριότητας αξιολογήθηκε στο πλαίσιο του ερωτηματολογίου. Ακόμη η συμβολή των εικόνων στην κατανόηση της κατασκευής του εργαλείου αλλά και η παράθεση του κώδικα με κατανοητό και ευκρινή τρόπο αποτέλεσε κομβικό σημείο προς αξιολόγηση. Τέλος αξιολογήθηκε η δυνατότητα μελλοντικής εφαρμογής του project σε μαθητές και η δυνατότητα που παρέχεται για διαθεματική αξιοποίηση. Άξονας επιλογής των ερωτήσεων

επιχειρήθηκε να είναι η κάλυψη παιδαγωγικών κριτηρίων, κριτηρίων παιδαγωγικού περιεχομένου αλλά και κριτηρίων που αφορούν τεχνολογικά θέματα (Ράπτης & Ράπτη, 2013).

Όλες οι ερωτήσεις που εντάχθηκαν στο ερωτηματολόγιο προήλθαν από έρευνες σχετικές με κριτήρια αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού, και ειδικότερα με βασικό κριτήριο και άξονα αν το ψηφιακό αποθετήριο και η ένταξη του πυρανομέτρου σε αυτό συμβάλλει στον τομέα της διδασκαλίας με παροχή βοήθειας προς τον δάσκαλο, στην ενίσχυση του μαθητή στην προσέγγιση της γνώσης αλλά και στην προώθηση της συνεργασίας κα της έρευνας ανάμεσα στους μαθητές (Abid et al., 2022). Επίσης τα ζητήματα ευχρηστίας αντλήθηκαν από τα αντίστοιχα κριτήρια τεχνολογικής αξιολόγησης που έχουν αναφερθεί στην σχετική βιβλιογραφία (Ράπτης & Ράπτη, 2013).



Σχήμα 2. Κατανομή εκπαιδευτικών με βάση την τάξη διδασκαλίας

Ειδικότερα επιχειρήθηκε να διερευνηθεί αν το Arduino Project Hub, είναι τεχνολογικά άρτιο, αν χρησιμοποιεί κατάλληλα εργαλεία παρουσίασης και ελέγχου και αν είναι εύχρηστα τα εργαλεία λογισμικού και η διεπιφάνεια χρήσης (Ράπτης & Ράπτη, 2013). Τέλος οι ερωτήσεις συνολικότερα επιχειρήθηκε να αξιολογήσουν αν μέσα από την παρουσίαση του πυρανομέτρου επιτυγχάνεται, η ελκυστικότερη και βιωματική προσέγγιση της γνώσης, αλλά και η μείωση του χρόνου αφομοίωσης του περιεχομένου.

Αποτελέσματα

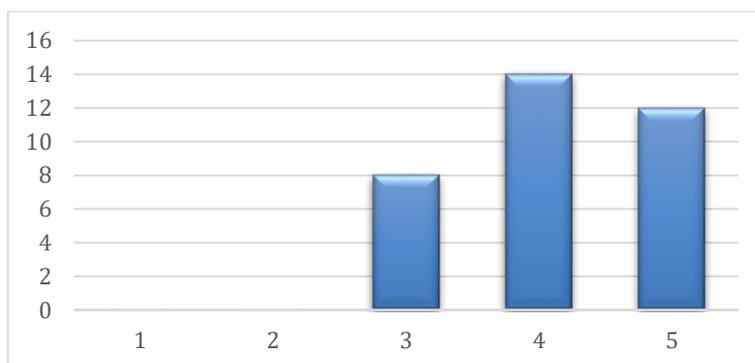
Το ερωτηματολόγιο ήταν ανώνυμο και στην έρευνα συμμετείχαν N= 34 εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν αναλύθηκαν με βάση ποσοστά επί τοις εκατό, ανάλογα με τις απαντήσεις που αναφέρθηκαν. Τα ποσοστά αποτυπώθηκαν σε γραφήματα πίτας και ραβδογράμματα. Σύμφωνα με τις απαντήσεις των συμμετεχόντων οι 25 εκπαιδευτικοί διδάσκουν στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ενώ οι υπόλοιποι 9 στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Το ερωτηματολόγιο απάντησαν 8 άτομα ειδικότητας Φυσικών Επιστημών (ΠΕ04), 2 άτομα ειδικότητας διδασκαλίας Αγγλικής Γλώσσας (ΠΕ06), 2 Νηπιαγωγοί (ΠΕ60) στην προσχολική εκπαίδευση, 2 Μαθηματικοί (ΠΕ03) και 20 εκπαιδευτικοί ειδικότητας ΠΕ70 η πλειοψηφία των οποίων δίδαξε στη ΣΤ' και στην Ε' Δημοτικού, ενώ οι υπόλοιποι εκπαιδευτικοί δίδαξαν στις τάξεις Α-Δ' Δημοτικού. Στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση όσοι εκπαιδευτικοί συμμετείχαν στην έρευνα δίδαξαν στη Β' και Γ' Λυκείου και στην Α' έως την Γ' Γυμνασίου, όπως φαίνεται και

στο Σχήμα 2. Οι είκοσι (20) επίσης εκπαιδευτικοί από το σύνολο του δείγματος δήλωσαν πως έχουν περαιτέρω ειδίκευση στον τομέα του STEM, με φοίτηση σε μεταπτυχιακό πρόγραμμα, ή σεμινάριο.

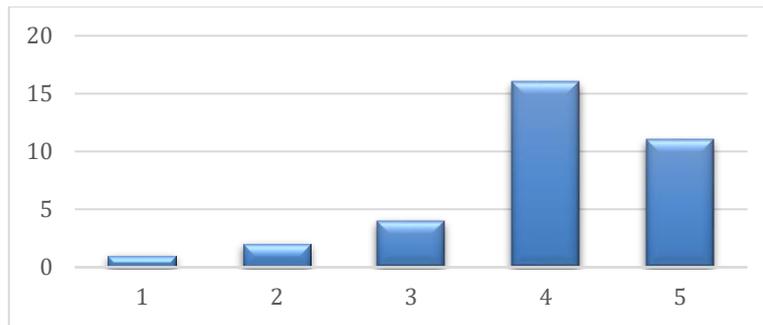
Όπως παρατηρήθηκε στα αποτελέσματα των σχετικών ερευνητικών ερωτημάτων, μέσα από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών η ευχρηστία της πλατφόρμας και η χρησιμότητά της για την κοινότητα παρουσιάστηκε μεγάλη, παρά την ενδεχόμενη πολυπλοκότητα του κώδικα. Οι μεταβάσεις αλλά και η οργάνωση του έργου εντός της πλατφόρμας, οι εικόνες και ο σχετικός κώδικας θεωρήθηκαν ομαλά ενταγμένα και ιδιαίτερα βοηθητικά για τους χρήστες. Τέλος η διδακτική αξία παρουσιάστηκε μεγάλη για τους μαθητές και τις μαθήτριες διαφόρων ηλικιών. Ακολουθούν οι αναλύσεις των απαντήσεων των εκπαιδευτικών ανά ερώτηση.

Ειδικότερα οι επιμέρους ερωτήσεις σχετίζονταν με τη σαφήνεια στην περιγραφή των εξαρτημάτων του project και την δυνατότητα οι εκπαιδευτικοί του δείγματος να προμηθευτούν τα υλικά μέσω των υπερσυνδέσμων που ενσωματώθηκαν στην ενότητα εξαρτήματα (components) του Arduino Project Hub. Η σαφήνεια στην περιγραφή των εξαρτημάτων του project και η δυνατότητα της ηλεκτρονικής προμήθειας αξιολογήθηκε πολύ θετικά από την συντριπτική πλειοψηφία των συναδέλφων εκπαιδευτικών. Στην σαφήνεια της περιγραφής των εξαρτημάτων 25 από τους συμμετέχοντες δήλωσαν ότι ήταν πολύ ή πάρα πολύ μεγάλη στο ερωτηματολόγιο. Παρόμοια εικόνα παρατηρήθηκε και στην ερώτηση σχετικά με την προμήθεια των εξαρτημάτων μέσω υπερσυνδέσμων με τους εκπαιδευτικούς να δηλώνουν στην πλειοψηφία τους (26 άτομα) πολύ ή πάρα πολύ. Στην ερώτηση αυτή επίσης δεν υπήρχαν απαντήσεις ατόμων στις επιλογές «καθόλου» ή «λίγο» (Σχήμα 3).

Οι επόμενες ερωτήσεις σχετίστηκαν με την καταγραφή της σαφήνειας του έργου, όπως αυτό περιγράφεται στην πλατφόρμα. Η εύκολη πλοήγηση και οι μεταβάσεις αξιολογήθηκαν πολύ θετικά από το δείγμα της έρευνας σε συνδυασμό με τις εικόνες που εντάχθηκαν. Ειδικότερα εξετάστηκε η σαφήνειά του και οι μεταβάσεις στις ενότητες του έργου στην πλατφόρμα. Στην ερώτηση αυτή (σαφήνεια/εύκολη μετάβαση πλοήγηση στις ενότητες), 14 εκπαιδευτικοί δήλωσαν πολύ ενώ 14 εκπαιδευτικοί δήλωσαν πάρα πολύ. Ακόμη οι συμμετέχοντες ερωτήθηκαν για τις εικόνες που ενσωματώθηκαν και κατά πόσο αυτές συνέβαλαν στην κατανόηση των συνδέσεων που πρέπει να υλοποιηθούν πάνω στο Breadboard. Στην ερώτηση αυτή 29 εκπαιδευτικοί δήλωσαν πολύ ή πάρα πολύ, 4 εκπαιδευτικοί δήλωσαν μέτρια, ενώ μόνο 1 εκπαιδευτικός δήλωσε λίγο.



Σχήμα 3. Κατανομή απαντήσεων στην ερώτηση: “Μέσω των υπερσυνδέσμων που ενσωματώθηκαν στα εξαρτήματα (components) υπήρχε η δυνατότητα, αν θελήσω, να προμηθευτώ τα υλικά”;

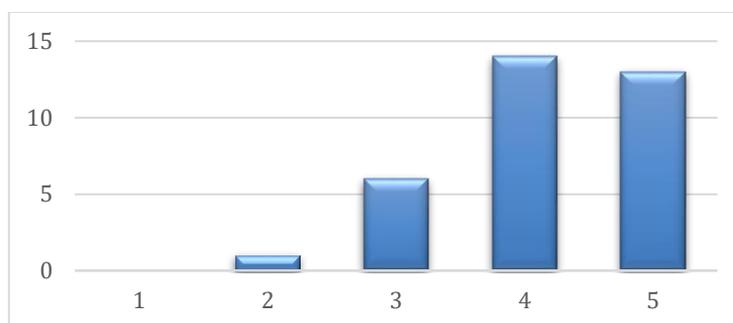


Σχήμα 4. Κατανομή απαντήσεων στην ερώτηση: Η παράθεση του κώδικα ήταν εύκολα κατανοητή και ευκρινής

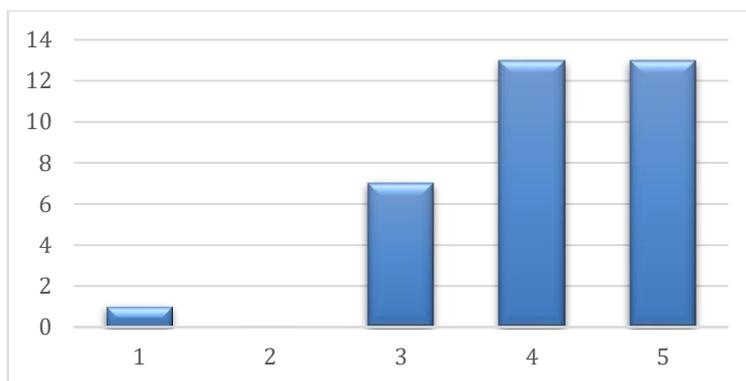
Επιμέρους ερωτήσεις εξέτασαν επίσης την δομή του κώδικα και την πολυπλοκότητά του. Παρά τις δυσκολίες του κώδικα, οι εκπαιδευτικοί παρατήρησαν πως ο κώδικας ήταν ευκρινής και κατανοητός. Στους 27 εκπαιδευτικούς η παράθεση του κώδικα στην πλατφόρμα φάνηκε κατανοητή και ευκρινής απαντώντας πάρα πολύ ή πολύ. Επίσης στην ερώτηση αυτή 4 εκπαιδευτικοί δήλωσαν μέτρια, ενώ μόνο 3 εκπαιδευτικοί δήλωσαν λίγο ή καθόλου, όπως αποτυπώνεται στο Σχήμα 4.

Οι τελευταίες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου εξέτασαν την δυνατότητα εφαρμογής του project στην εκπαιδευτική πράξη με βάση τη δυνατότητα υλοποίησης στην τάξη κάθε εκπαιδευτικού και την διαθεματικότητα που ενέχει. Ειδικότερα, αποτυπώθηκε η άποψη των συμμετεχόντων για το αν η κατασκευή του πυρανομέτρου θα μπορούσε να υλοποιηθεί στην τάξη των εκπαιδευτικών του δείγματος. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5, 27 εκπαιδευτικοί απάντησαν «πολύ» ή «πάρα πολύ» στην ερώτηση αυτή, ενώ 6 εκπαιδευτικοί απάντησαν «μέτρια» και ένας εκπαιδευτικός απάντησε «λίγο».

Η επόμενη ερώτηση σχετίστηκε με τον βαθμό στον οποίο το project αυτό συμβάλλει στην διαθεματικότητα και τη σύνδεση διαφορετικών μαθησιακών αντικειμένων. Η συμβολή στην διαθεματικότητα υπήρξε μεγάλη, όπως αξιολογήθηκε από τους εκπαιδευτικούς. Οι 26 εκπαιδευτικοί συμφώνησαν πως το project μπορεί να αξιοποιηθεί στο πλαίσιο σύνδεσης διαφορετικών μαθημάτων, απαντώντας πολύ ή πάρα πολύ. Επίσης στην συγκεκριμένη ερώτηση 7 εκπαιδευτικοί απάντησαν μέτρια και 1 εκπαιδευτικός απάντησε καθόλου, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 6.



Σχήμα 5. Κατανομή απαντήσεων στην ερώτηση: Θα ήθελα να εφαρμόσω μελλοντικά το project στην τάξη που διδάσκω



Σχήμα 6. Κατανομή απαντήσεων στην ερώτηση: Πιστεύω πως το project που προτείνεται μπορεί να αξιοποιηθεί στο πλαίσιο της διαθεματικότητας για την σύνδεση διαφορετικών μαθημάτων

Στο πλαίσιο της τελευταίας ανοιχτής ερώτησης, σχετικής με την παράθεση σχολίων και προτάσεων για την βελτίωση του project ή την παράθεσή του εντός της πλατφόρμας Arduino Project Hub, οι εκπαιδευτικοί πρότειναν να μεταφραστεί το project του πυρανομέτρου στην ελληνική γλώσσα, ώστε να μπορεί να γίνει κατανοητό και πιο εύκολα να εφαρμοστεί στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση σε μικρότερες ηλικίες.

Συμπεράσματα

Η άποψη των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα παρουσιάστηκε ως επί το πλείστον θετική για την ευχρηστία της πλατφόρμας, και τον τρόπο που παρουσιάστηκε εντός της πλατφόρμας το project του πυρανομέτρου με βάση το Arduino Uno. Επίσης παρατηρήθηκε η επιθυμία να εφαρμοστεί το project στην τάξη και στην εκπαιδευτική πραγματικότητα, ενώ τονίστηκε από τους εκπαιδευτικούς η άποψη πως η χρησιμότητα του εργαλείου είναι μεγάλη. Η σαφήνεια της περιγραφής του έργου, οι εικόνες που εντάχθηκαν και η ενσωμάτωση του κώδικα αποτυπώθηκε ως επαρκής στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών του δείγματος. Τέλος η πολυπλοκότητα του κώδικα και της διάταξης δεν ήταν μεγάλη, όπως ανέφεραν οι εκπαιδευτικοί. Ακόμη η πλατφόρμα του Arduino Project Hub, η οποία δημιουργήθηκε το 2022, αποτελώντας ένα νέο ψηφιακό αποθετήριο, που επιτρέπει στους χρήστες τον διαμοιρασμό και τον σχολιασμό έργων εντός της πλατφόρμας μπορεί να προσδώσει προστιθέμενη αξία στην εκπαιδευτική διαδικασία με την ενσωμάτωση στην εκπαιδευτική πράξη, συνδράμοντας τους μαθητές διαφορετικών ηλικιών αλλά και τους εκπαιδευτικούς των τάξεων.

Παρά τους τυχόν περιορισμούς της έρευνας όπως το μικρό δείγμα που αξιοποιήθηκε στην έρευνα, η έλλειψη της ευκαιρίας να παρατηρήσουν δια ζώσης το έργο και τα εξαρτήματά του και ο περιορισμένος χρόνος επαφής με το Project, τα πρώτα αυτά αποτελέσματα και οι απόψεις από την ανατροφοδότηση των χρηστών που συγκεντρώθηκαν για το παρόν εργαλείο στην πλατφόρμα του Arduino Project Hub μπορούν να αξιοποιηθούν για την βελτίωση του project. Τα θετικά αυτά στοιχεία κρίθηκε αναγκαίο να αναφερθούν στην παρούσα έρευνα, για να ενισχυθεί παράλληλα η βιβλιογραφία για την νέα πλατφόρμα αποθετήριο του Arduino Project Hub.

Επομένως μέσα από την χρήση της πλατφόρμας προωθείται συνολικά η χρήση λογισμικών ανοιχτού κώδικα για την δημιουργία ενός εργαλείου χαμηλού κόστους για την μέτρηση έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο διαμοιρασμός του έργου στην κοινότητα των χρηστών

μπορεί να συνδράμει στην διάδοση του εργαλείου μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας και στην πιθανή μετεξέλιξη του στο μέλλον ως εργαλείο. Επίσης οι εκπαιδευτικοί όλων των βαθμίδων τόσο στην Πρωτοβάθμια αλλά και στην Δευτεροβάθμια εκπαίδευση μπορούν να αντλήσουν από την πλατφόρμα του Arduino Project Hub, υλικό διαφοροποιημένης δυσκολίας αλλά και πολυπλοκότητας για να το εντάξουν στην διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Παράλληλα δίνεται η δυνατότητα να ανταλλάξουν ιδέες με εκπαιδευτικούς από όλο τον κόσμο, μέσω της πλατφόρμας.

Συμπερασματικά οι εκπαιδευτικοί έχουν την ευκαιρία να αξιοποιήσουν και μελλοντικά το έργο και την πλατφόρμα στην τάξη τους ως ένα δωρεάν αποθετήριο, που περιέχει τα εξαρτήματα μαζί με απλές οδηγίες για την κατασκευή project. Μέσα από την έρευνα που διεξήχθη παρουσιάστηκαν τα οφέλη της πλατφόρμας σε πολλαπλά επίπεδα για τους εκπαιδευτικούς, αλλά και τους μαθητές στους οποίους ενδέχεται οι εκπαιδευτικοί να παρουσιάσουν το project του πυρανομέτρου αλλά και την πλατφόρμα συνολικότερα. Μελλοντικές έρευνες μπορούν να εστιάσουν στα επιμέρους χαρακτηριστικά του εργαλείου και της πλατφόρμας και να καταγράψουν την άποψη των μαθητών και των μαθητριών για την ευχρηστία του Arduino Project Hub. Τέλος θα μπορούσε μελλοντικά να υλοποιηθεί η επέκταση του ερωτηματολογίου και η εφαρμογή του σε νέο δείγμα εκπαιδευτικών.

Αναφορές

- Abid, H., Mohd, J., Mohd, A., Qadri, S. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 275-285.
- Arduino Project Hub (2024). Retrieved 12 January 2024, from <https://projecthub.arduino.cc>
- Bhatia, S. (2014). Solar radiations. *Advanced Renewable Energy Systems*.
- Handayani, R., Sri, P., Trapsilo, P., Pramudya, B., Rayendra, N., Lailatul, S., Maryani, M., Singgih, L., Albertus, M. (2021). Students' thought pattern concerning the greenhouse effect. *Momentum: Physics Education Journal*, 21-28.
- Ibeh, F., Sombo, T., Chinedu, E., Azi, O., Ogonna, A., Ekpe, E., & Akande, I. (2022). Correlating between global solar radiation and greenhouse gases over Nigeria. *Journal of Physics*, 2214, 12-30.
- Pandey, K., & Katiyar, K. (2013). Solar radiation: Models and measurement techniques. *Journal of Energy*, 11(2).
- Walid, A. (2022). Exploring the Need for Using Digital Repositories to Enhance Teaching and Learning in Omani Schools: Teachers' Perceptions. *International Journal of Learning Teaching and Educational Research*, 21, 1-21.
- Δημητρήντοης, Π., Μητσιώνη Μ., Πίπης, Χ., & Χατζημπεκιάρης, Θ. (2017). Μέτρηση της λευκαύγειας α (albedo) και του συντελεστή εκπομπής ϵ (emissivity) σωμάτων με χρήση ιδιοκατασκευασμένων ηλεκτρονικών οργάνων. *Can Sat Greece*.
- Ράπτης, Α., & Ράπτη Α. (2013). Μάθηση και διδασκαλία την εποχή της πληροφορίας. Αθήνα: Open Line.
- Παπαναγιώτου, Ζ., Γκιόλμας, Α., Παπαναγιώτου, Α.-Τ., Στούμπα, Α., Λιβιεράτου, Θ., & Σκορδούλης Κ. (2022). Διατάξεις με Arduino ως μέσο μέτρησης της θερμοκρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας. Στο *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Scientix για την εκπαίδευση STEM* (σσ. 50-57). Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Παπαναγιώτου, Ζ., Παπαναγιώτου, Α.-Τ., Γκιόλμας, Α., Στούμπα, Α., Χαλκίδης, Α., Κατσιαμπούρα, Γ., & Σκορδούλης Κ. (2023). Πυρανόμετρο κατασκευασμένο με τεχνικές Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και η «διάχυσή» του σε κοινότητα χρηστών Φυσικού Προγραμματισμού. Στο *Πρακτικά 4ου Συνεδρίου «Ηλεκτρονική μάθηση ανοικτοί πόροι* (σσ. 112-113). Αθήνα: Μαράσλειος Ακαδημία.
- Φεσάκης, Γ. (2019). *Εισαγωγή στις εφαρμογές των ψηφιακών τεχνολογιών στην εκπαίδευση. Από τις τεχνολογίες πληροφορίας και Επικοινωνιών στην Ψηφιακή ικανότητα και την υπολογιστική σκέψη*. Αθήνα: Gutenberg.

Παράρτημα. Το ερωτηματολόγιο της έρευνας

Η παρούσα έρευνα αποσκοπεί να συγκεντρώσει πληροφορίες για την αξιολόγηση ενός project κατασκευής πυρανόμετρου με βάση εξαρτήματα hardware και την πλατφόρμα Arduino Uno, από τους μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Στην διεύθυνση <https://projecthub.arduino.cc/zogrpapan/measuring-solar-radiation-with-a-pyranometer-527ede>

μπορείτε να παρατηρήσετε την ανάρτηση της ομάδας μας. Στην συνέχεια μπορείτε να απαντήσετε σε κάποιες ερωτήσεις και να αξιολογήσετε την ανάρτηση μας.

Σας ευχαριστούμε εκ των προτέρων για την συνδρομή σας.

Με εκτίμηση η ομάδα μας.

1. Βαθμίδα Εκπαίδευσης *
2. Ειδικότητα *
3. Τάξη στην οποία διδάσκω *
4. Περαιτέρω ειδίκευση στον τομέα του Stem (φοίτηση σε μεταπτυχιακό πρόγραμμα, σεμινάριο, εκπαιδευτικά προγράμματα)
5. Προηγούμενη εμπειρία στην υλοποίηση project σχετικών με την εκπαιδευτική Ρομποτική
6. Τα εξαρτήματα που απαιτούνται για την κατασκευή περιγράφονται με σαφήνεια *
7. Μέσω των υπερσυνδέσμων που ενσωματώθηκαν στα εξαρτήματα (components) υπήρχε η δυνατότητα αν θελήσω να προμηθευτώ τα υλικά
8. Έχω χρησιμοποιήσει ξανά τα εργαλεία και τα apps που ενσωματώθηκαν *
9. Με την παράθεση εργαλείων και πλατφορμών στην σελίδα, κατανόησα εύκολα τι πρέπει να χρησιμοποιήσω
10. Η περιγραφή του project ήταν σαφής *
11. Η σειρά παράθεσης και οι μεταβάσεις στο κείμενο ήταν σαφής και οργανωμένη στην περιγραφή της δραστηριότητας
12. Οι εικόνες που ενσωματώθηκαν στην περιγραφή του project συνδράμουν στην κατανόηση των συνδέσεων που πρέπει να γίνουν ανάμεσα στα εξαρτήματα
13. Η παράθεση του κώδικα ήταν εύκολα κατανοητή και ευκρινής *
14. Ο κώδικας μου φάνηκε περίπλοκος και δυσνόητος *
15. Πιστεύω πως η κατασκευή του πυρανόμετρου θα μπορούσε να υλοποιηθεί από τους μαθητές μου
16. Θα ήθελα να εφαρμόσω μελλοντικά το project στην τάξη που διδάσκω *
17. Πιστεύω πως το project που προτείνεται μπορεί να αξιοποιηθεί στο πλαίσιο της διαθεματικότητας για την σύνδεση διαφορετικών μαθημάτων

* Υποδεικνύει απαιτούμενη ερώτηση

Σχόλια για βελτίωση-Παρατηρήσεις-Εντυπώσεις