

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ:

«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η Χρήση του Arduino στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση για την Εκμάθηση
των Φυσικών των Επιστημών

Γιούνης Θεόδωρος

ΙΩΑΝΝΙΝΑ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2025

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Η Χρήση του Arduino στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση για την Εκμάθηση των Φυσικών Επιστημών.

Γιούνης Θεόδωρος

Κώτσης Θ. Κωνσταντίνος

Καθηγητής Παιδαγωγικού Τμήματος
Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου
Ιωαννίνων

Μικρόπουλος Αναστάσιος

Καθηγητής Παιδαγωγικού Τμήματος
Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου
Ιωαννίνων

Στύλος Γεώργιος

Μέλος Εργαστηριακού Διδακτικού
Προσωπικού (ΕΔΙΠ) Παιδαγωγικού
Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης
Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	5
1.1. Σύντομη περιγραφή της τεχνολογίας Arduino	5
1.2. Η σημασία της STEM εκπαίδευσης	8
1.3. Στόχος της εργασίας	11
1.4. Επιστημονική αξία της έρευνας	13
2. Εκπαιδευτική Χρήση του Arduino - Θεωρητικό Πλαίσιο	16
2.1. Εκπαιδευτικές καινοτομίες με το Arduino	16
2.1.1. Arduino και Εκπαιδευτικά Ρομπότ	19
2.1.2. Arduino και αισθητήρες για την παρακολούθηση περιβαλλοντικών δεδομένων	20
2.1.3. Διαδραστικά παιχνίδια και φυσικές επιστήμες	21
2.1.4. Έξυπνα συστήματα για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση	21
2.1.5. Εφαρμογές στην εκμάθηση ηλεκτρικών κυκλωμάτων	22
2.1.6. Arduino και ενσωμάτωση της τέχνης στην εκπαίδευση	22
2.2. Ενσωμάτωση της τεχνολογίας στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση	23
2.2.1. Σύνδεση του Arduino με τους μαθησιακούς στόχους	23
2.2.2. Ενσωμάτωση του Arduino στα μαθήματα τεχνολογίας και μηχανικής	24
2.2.3. Ενσωμάτωση του Arduino στα μαθηματικά	24
2.2.4. Διεπιστημονική μάθηση μέσω του Arduino	25
2.2.5. Ενσωμάτωση του Arduino σε δραστηριότητες project-based learning	26
2.2.6. Υποστήριξη των εκπαιδευτικών για την ενσωμάτωση του Arduino στο πρόγραμμα σπουδών	26
2.3. Παιδαγωγικές προσεγγίσεις και μεθοδολογίες	29
2.3.1. Καθοδηγούμενη μάθηση (inquiry-based learning) και Arduino	29

2.3.2.	Μάθηση μέσω project (project-based learning) και Arduino	30
2.3.3.	Συνεργατική και βιωματική μάθηση.....	31
2.3.4.	Μάθηση μέσω παιχνιδιού	32
2.4.	Προκλήσεις και Περιορισμοί	34
3.	Μεθοδολογία	38
3.1.	Σκοπός Έρευνας και Επιλογή Συστηματικής Ανασκόπησης	38
3.2.	Διαδικασία Αναζήτησης	38
3.2.1.	Βάσεις Δεδομένων	38
3.2.2.	Λέξεις-κλειδιά και Συνδυασμοί	39
3.2.3.	Κριτήρια Εισόδου και Αποκλεισμού	40
3.2.4.	Διαδικασία Επιλογής Άρθρων	41
3.2.5.	Επιλογή Τελικών Μελετών	42
4.	Αποτελέσματα	44
4.1.	Συνοπτική Παρουσίαση Αποτελεσμάτων	44
4.2.	Αναλυτική Παρουσίαση Αποτελεσμάτων	48
5.	Συζήτηση	55
6.	Συμπεράσματα.....	58
6.2.1.	Περιορισμοί της Μελέτης.....	60
6.2.2.	Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα	61
	Βιβλιογραφία	64

1. Εισαγωγή

1.1.Σύντομη περιγραφή της τεχνολογίας Arduino

Το Arduino είναι μια ανοιχτή πλατφόρμα ηλεκτρονικής, που δημιουργήθηκε για να καταστήσει τον προγραμματισμό και την κατασκευή ηλεκτρονικών συστημάτων προσιτή σε όλους, ακόμη και σε άτομα χωρίς προηγούμενη γνώση προγραμματισμού ή ηλεκτρονικών. Αποτελείται από έναν μικροελεγκτή που είναι συνδεδεμένος με έναν αριθμό ψηφιακών και αναλογικών εισόδων και εξόδων, επιτρέποντας έτσι τη σύνδεση και τον έλεγχο διάφορων συσκευών, όπως αισθητήρες, LED και μοτέρ. Ο μικροελεγκτής προγραμματίζεται μέσω ενός φιλικού προς το χρήστη περιβάλλοντος ανάπτυξης (Integrated Development Environment, IDE), το οποίο χρησιμοποιεί τη γλώσσα προγραμματισμού Arduino, βασισμένη στη γλώσσα C++ (Ah-Fur et al., 2018).

Η ανοιχτή φύση του Arduino το καθιστά εξαιρετικά προσιτό και ευέλικτο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη πολλών διαφορετικών τύπων έργων, από απλές εφαρμογές όπως το άναμμα ενός LED έως πολύπλοκα συστήματα ελέγχου ρομποτικών συσκευών και άλλων ηλεκτρονικών έργων (Fezari & Al Dahoud, 2018). Αυτή η ευκολία χρήσης και η δυνατότητα εφαρμογής σε ποικίλους τομείς το καθιστούν ιδανικό για την εκπαιδευτική κοινότητα, ειδικά στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, όπου οι μαθητές μπορούν να έρθουν σε επαφή με βασικές έννοιες της ηλεκτρονικής και του προγραμματισμού μέσα από απλά αλλά ταυτόχρονα εντυπωσιακά projects.

Το Arduino αποτελεί ισχυρό εργαλείο για την εκπαίδευση, επιτρέποντας στους μαθητές να αναπτύξουν τις δεξιότητες της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών (STEM), ενσωματώνοντας δραστηριότητες που απαιτούν τόσο δημιουργικότητα όσο και αναλυτική σκέψη (Guzmán-Fernández et al., 2021). Η χρήση του στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση είναι πολύτιμη για την εισαγωγή των μαθητών σε τεχνολογίες αιχμής, όπως η ρομποτική και η προγραμματιστική λογική, με έναν τρόπο που συνδυάζει τη θεωρία με την πράξη (Araújo et al., 2015).

Το Arduino είναι ένα από τα πιο δημοφιλή εργαλεία στην εκπαίδευση STEM, λόγω της απλότητάς του και των αμέτρητων δυνατοτήτων του για καινοτόμα projects. Ο συνδυασμός της τεχνολογίας Arduino με την εκπαίδευση STEM επιτρέπει στους μαθητές

να εφαρμόσουν επιστημονικές έννοιες σε πραγματικές καταστάσεις, βοηθώντας τους να αναπτύξουν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, κριτικής σκέψης και καινοτομίας (Cheng et al., 2016).

Μέσω της δημιουργίας διαδραστικών έργων, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να κατανοήσουν καλύτερα έννοιες της φυσικής, της μηχανικής και των μαθηματικών. Για παράδειγμα, μέσα από απλά projects όπως η κατασκευή ενός αισθητήρα κίνησης ή ενός αυτόματου συστήματος φωτισμού, οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν βασικές αρχές της φυσικής, όπως η κίνηση και ο ηλεκτρισμός, με τρόπο άμεσο και διαδραστικό (Ntourou et al., 2021).

Μια από τις πιο σημαντικές πτυχές της τεχνολογίας Arduino είναι η προσαρμοστικότητα του στις ανάγκες της εκπαίδευσης σε διάφορα επίπεδα. Στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σκοπό την εισαγωγή των μαθητών σε απλές εφαρμογές, που περιλαμβάνουν βασικά στοιχεία ηλεκτρονικής, όπως τα LEDs και οι αισθητήρες, επιτρέποντας στα παιδιά να δουν άμεσα τα αποτελέσματα της δουλειάς τους. Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο διευκολύνει την κατανόηση, αλλά και ενισχύει την αυτοπεποίθησή τους στον τομέα της τεχνολογίας (Michalopoulos et al., 2022).

Παράλληλα, το Arduino παρέχει τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να προσαρμόσουν τις εφαρμογές ανάλογα με το επίπεδο των μαθητών, αυξάνοντας τη δυσκολία και την πολυπλοκότητα τους καθώς οι μαθητές αναπτύσσουν τις δεξιότητές τους. Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να ξεκινήσουν με απλές δραστηριότητες, όπως το άναμμα ενός λαμπτήρα LED, και στη συνέχεια να περάσουν σε πιο σύνθετα έργα, όπως η δημιουργία ενός ρομπότ ή η σύνδεση ενός συστήματος αισθητήρων με άλλες συσκευές μέσω του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) (Nižetić et al., 2020).

Στην εκπαίδευση, το Arduino χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη διαφόρων εκπαιδευτικών projects που στοχεύουν στη βελτίωση των δεξιοτήτων των μαθητών στους τομείς της τεχνολογίας και της μηχανικής. Ένα παράδειγμα είναι η κατασκευή εκπαιδευτικών ρομπότ, τα οποία μπορούν να προγραμματιστούν για να εκτελούν συγκεκριμένες εντολές. Αυτού του είδους τα project βοηθούν τους μαθητές να

εξοικειωθούν με την προγραμματιστική σκέψη και την αλληλεπίδραση με τον φυσικό κόσμο μέσω τεχνολογίας (Métoui & Trudel, 2020).

Άλλο παράδειγμα αποτελεί η χρήση του Arduino για την ανάπτυξη διαδραστικών παιχνιδιών που ενσωματώνουν στοιχεία φυσικής και μαθηματικών, επιτρέποντας στους μαθητές να εφαρμόσουν θεωρητικές έννοιες σε πρακτικές καταστάσεις (Mollo et al., 2016). Αυτή η προσέγγιση βοηθά στη δημιουργία ενός διασκεδαστικού και ελκυστικού μαθησιακού περιβάλλοντος, το οποίο ενισχύει την αφοσίωση των μαθητών στη μάθηση.

Η χρήση του Arduino στην εκπαίδευση όχι μόνο βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τις έννοιες της επιστήμης και της τεχνολογίας, αλλά και ενισχύει τις δεξιότητες του 21ου αιώνα, όπως η κριτική σκέψη, η δημιουργικότητα και η συνεργασία (Kumar, 2022). Μέσα από δραστηριότητες που απαιτούν επίλυση προβλημάτων και συνεργασία, οι μαθητές μαθαίνουν να εργάζονται ομαδικά, να αναπτύσσουν στρατηγικές και να εφαρμόζουν δημιουργικές λύσεις σε τεχνολογικά προβλήματα (Jang, 2021).

Η διαδραστική φύση των projects με Arduino ενθαρρύνει τους μαθητές να πειραματιστούν και να εξερευνήσουν, ενώ ταυτόχρονα ενισχύει την εμπιστοσύνη τους στις τεχνολογικές τους ικανότητες. Η επίτευξη αυτών των στόχων μέσω πρακτικών projects προάγει τη βαθιά κατανόηση και την ανάπτυξη ουσιαστικών δεξιοτήτων για τη μελλοντική ακαδημαϊκή και επαγγελματική τους πορεία (Sousa et al., 2019).

Παρόλο που το Arduino προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα στην εκπαιδευτική διαδικασία, υπάρχουν και ορισμένες προκλήσεις που σχετίζονται με τη χρήση του. Μια από τις κυριότερες είναι η ανάγκη για κατάλληλη εκπαίδευση των εκπαιδευτικών, ώστε να μπορούν να αξιοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητες της τεχνολογίας (Ntourou et al., 2021). Επιπλέον, οι υλικοτεχνικές υποδομές, όπως η πρόσβαση σε εξοπλισμό και υλικά, αποτελούν έναν σημαντικό περιορισμό, ειδικά σε σχολεία που δεν έχουν επαρκείς πόρους (García-Tudela & Marín-Marín, 2023).

Παρά τις προκλήσεις αυτές, η χρήση του Arduino στην εκπαίδευση συνεχίζει να κερδίζει έδαφος λόγω των μοναδικών πλεονεκτημάτων του στη βελτίωση της μάθησης και της ενεργούς συμμετοχής των μαθητών. Με την κατάλληλη υποστήριξη και επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, η τεχνολογία αυτή μπορεί να προσφέρει σημαντική προστιθέμενη αξία

στην εκπαιδευτική διαδικασία, ειδικά σε ένα περιβάλλον που απαιτεί καινοτομία και ψηφιακό γραμματισμό (Kalogiannakis et al., 2021).

1.2. Η σημασία της STEM εκπαίδευσης

Η STEM εκπαίδευση αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις του 21ου αιώνα, εστιάζοντας στη διδασκαλία των τεσσάρων κύριων επιστημονικών πεδίων: Επιστήμη (Science), Τεχνολογία (Technology), Μηχανική (Engineering) και Μαθηματικά (Mathematics). Αυτή η πολυδιάστατη προσέγγιση στην εκπαίδευση επιδιώκει να ενισχύσει τις δεξιότητες των μαθητών σε τομείς που θεωρούνται κρίσιμοι για τη μελλοντική τους ανάπτυξη, τόσο ακαδημαϊκά όσο και επαγγελματικά. Η ενσωμάτωση της STEM εκπαίδευσης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς βοηθά τους μαθητές να αναπτύξουν τις δεξιότητες που απαιτούνται για να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις του σύγχρονου κόσμου και να γίνουν ενεργοί πολίτες μιας τεχνολογικά προηγμένης κοινωνίας (Kalogiannakis et al., 2021).

Πρόκειται για μια διεπιστημονική προσέγγιση που συνδυάζει τις έννοιες και τις μεθοδολογίες των φυσικών επιστημών, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών. Εστιάζει στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων, της κριτικής σκέψης και της δημιουργικότητας, ενθαρρύνοντας τους μαθητές να εφαρμόσουν τη θεωρία σε πραγματικές καταστάσεις. Το μοντέλο αυτό προωθεί την ενεργή μάθηση και τη συμμετοχή των μαθητών μέσω έργων και δραστηριοτήτων που τους επιτρέπουν να ερευνήσουν και να πειραματιστούν (Ntourou et al., 2021).

Ένας από τους κύριους στόχους της STEM εκπαίδευσης είναι να δημιουργήσει μια γενιά που θα είναι σε θέση να καινοτομήσει και να δημιουργήσει νέες τεχνολογίες. Σε μια εποχή όπου η τεχνολογία και η ψηφιοποίηση διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο σε κάθε πτυχή της ζωής μας, η εκπαίδευση STEM προσφέρει στους μαθητές τα εργαλεία για να κατανοήσουν και να διαμορφώσουν τον κόσμο γύρω τους (El-Abd, 2017). Ενσωματώνοντας τη STEM εκπαίδευση από την πρωτοβάθμια βαθμίδα, δίνεται στους μαθητές η ευκαιρία να αναπτύξουν τις δεξιότητες που θα τους χρειαστούν καθ' όλη τη διάρκεια της εκπαιδευτικής και επαγγελματικής τους ζωής.

Η STEM εκπαίδευση αποκτά ιδιαίτερη σημασία στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, καθώς σε αυτό το στάδιο οι μαθητές διαμορφώνουν τις βασικές δεξιότητες και γνώσεις που θα καθορίσουν το εκπαιδευτικό και επαγγελματικό τους μέλλον. Η εισαγωγή των μαθητών σε έννοιες της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών από νεαρή ηλικία τους βοηθά να αναπτύξουν μια θετική στάση απέναντι σε αυτούς τους τομείς και να εξοικειωθούν με τις τεχνολογικές εξελίξεις (Lodi & Martini, 2021).

Στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, η STEM εκπαίδευση μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν τη σύνδεση μεταξύ της θεωρίας και της πρακτικής. Μέσα από δραστηριότητες που περιλαμβάνουν την κατασκευή μοντέλων, την παρατήρηση φυσικών φαινομένων και την εφαρμογή μαθηματικών εννοιών στην επίλυση προβλημάτων, οι μαθητές μπορούν να δουν πώς αυτά τα τέσσερα πεδία συνδέονται μεταξύ τους και πώς εφαρμόζονται στην καθημερινή ζωή (Chacón et al., 2018). Έτσι, η STEM εκπαίδευση δεν περιορίζεται στην ακαδημαϊκή κατανόηση, αλλά ενθαρρύνει την ανάπτυξη πρακτικών δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες για τη σύγχρονη κοινωνία.

Επιπλέον, οι μαθητές που συμμετέχουν σε STEM προγράμματα είναι πιθανότερο να αναπτύξουν κριτική σκέψη και δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, οι οποίες είναι απαραίτητες για την αντιμετώπιση των προκλήσεων του 21ου αιώνα. Αυτές οι δεξιότητες είναι αναπόσπαστο μέρος της μελλοντικής επιτυχίας των μαθητών τόσο στην εκπαίδευση όσο και στην εργασία τους (Jang, 2021). Οι μαθητές μαθαίνουν πώς να εργάζονται ομαδικά, να σκέφτονται δημιουργικά και να επιλύουν πολύπλοκα προβλήματα, ικανότητες που είναι εξαιρετικά σημαντικές στο σύγχρονο εργασιακό περιβάλλον.

Η τεχνολογία αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο της STEM εκπαίδευσης, καθώς επιτρέπει στους μαθητές να έχουν πρόσβαση σε σύγχρονα εργαλεία και να εφαρμόζουν τις γνώσεις τους σε πραγματικές εφαρμογές. Εργαλεία όπως το Arduino παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ενίσχυση της μάθησης, παρέχοντας στους μαθητές ένα μέσο για να πειραματιστούν και να κατανοήσουν τεχνολογικές και επιστημονικές έννοιες (Guzmán-Fernández et al., 2021). Μέσα από τη χρήση τέτοιων τεχνολογιών, οι μαθητές μπορούν να αποκτήσουν εμπειρία στη δημιουργία διαδραστικών έργων που ενσωματώνουν την επιστήμη, την τεχνολογία και τη μηχανική.

Η κατασκευή και ο προγραμματισμός παραδείγματος χάριν ενός ρομπότ με τη χρήση του Arduino δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να κατανοήσουν πώς οι αισθητήρες, τα κυκλώματα και οι κινητήρες συνεργάζονται για να δημιουργήσουν ένα λειτουργικό σύστημα (Sousa et al., 2019). Αυτού του είδους τα project δεν είναι απλώς ψυχαγωγικά, αλλά ενθαρρύνουν τη μάθηση μέσω της πράξης, επιτρέποντας στους μαθητές να εφαρμόσουν τη θεωρία στην πράξη.

Η χρήση της τεχνολογίας στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση ενισχύει επίσης τη δημιουργικότητα και την καινοτομία. Οι μαθητές μαθαίνουν πώς να δημιουργούν νέες λύσεις για καθημερινά προβλήματα και πώς να προσαρμόζουν τις ιδέες τους στις τεχνολογικές δυνατότητες που έχουν στη διάθεσή τους. Αυτή η διαδικασία ανάπτυξης και δοκιμής λύσεων είναι βασικό στοιχείο της μηχανικής και της τεχνολογίας, ενώ παράλληλα ενισχύει τις δεξιότητες δημιουργικής σκέψης (Ntourou et al., 2021).

Τα μαθηματικά αποτελούν ένα από τα θεμέλια της STEM εκπαίδευσης, καθώς προσφέρουν τα εργαλεία και τις μεθόδους για την κατανόηση και την ανάλυση των φαινομένων. Στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, τα μαθηματικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση προβλημάτων και τη διαμόρφωση υποθέσεων που σχετίζονται με τις επιστήμες και τη μηχανική. Οι μαθητές μαθαίνουν πώς να χρησιμοποιούν τα μαθηματικά για να μοντελοποιούν δεδομένα και να προβλέπουν αποτελέσματα, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την ανάπτυξη επιστημονικών δεξιοτήτων (Morón et al., 2019).

Οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες που συνδυάζουν τα μαθηματικά με την τεχνολογία και την επιστήμη μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν τη σχέση μεταξύ θεωρίας και πράξης. Μέσα από την εφαρμογή των μαθηματικών σε πραγματικές καταστάσεις, οι μαθητές αναπτύσσουν δεξιότητες λογικής σκέψης και κριτικής ανάλυσης, οι οποίες είναι απαραίτητες για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων (Jang, 2021).

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της STEM εκπαίδευσης είναι ότι ενισχύει τις δεξιότητες που απαιτούνται για την επιτυχία στον 21ο αιώνα. Οι δεξιότητες αυτές περιλαμβάνουν την κριτική σκέψη, τη δημιουργικότητα, τη συνεργασία και την επίλυση

προβλημάτων. Σε ένα περιβάλλον που μεταβάλλεται συνεχώς λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων, οι μαθητές που έχουν αναπτύξει αυτές τις δεξιότητες είναι σε θέση να προσαρμόζονται καλύτερα και να αντιμετωπίζουν με επιτυχία τις προκλήσεις (Park et al., 2015).

Η STEM εκπαίδευση βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν τη σημασία της καινοτομίας και της δημιουργικότητας. Οι μαθητές ενθαρρύνονται να σκεφτούν πέρα από τα παραδοσιακά πλαίσια της διδασκαλίας και να αναπτύξουν νέες ιδέες και λύσεις. Αυτή η διαδικασία όχι μόνο ενισχύει τις τεχνολογικές τους γνώσεις, αλλά και τις δημιουργικές τους ικανότητες, καθώς μαθαίνουν να συνδυάζουν διάφορες επιστημονικές και τεχνολογικές έννοιες με στόχο τη δημιουργία νέων εφαρμογών (Lodi & Martini, 2021).

1.3.Στόχος της εργασίας

Ο κύριος στόχος αυτής της εργασίας είναι η διερεύνηση της χρήσης του Arduino ως εκπαιδευτικού εργαλείου για τη διδασκαλία επιστημονικών εννοιών, ιδιαίτερα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Η τεχνολογία Arduino, λόγω της ευελιξίας, της ευχρηστίας και της προσιτότητάς της, προσφέρει μια μοναδική ευκαιρία για την ενσωμάτωση πρακτικών δραστηριοτήτων και διαδραστικών projects στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, της τεχνολογίας και της μηχανικής (Emmanuel & Alexandra, 2020). Αυτή η εργασία στοχεύει στην ανάλυση του πώς το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εμπλουτίσει τη διδασκαλία, διευκολύνοντας την κατανόηση σύνθετων επιστημονικών εννοιών μέσα από πρακτικές εφαρμογές.

Η κατανόηση επιστημονικών εννοιών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση μπορεί να είναι μια πρόκληση, καθώς οι μαθητές συχνά δυσκολεύονται να συνδέσουν τη θεωρία με την πρακτική εφαρμογή. Το Arduino επιτρέπει την ενσωμάτωση διαδραστικών projects στη διδασκαλία, τα οποία δίνουν στους μαθητές τη δυνατότητα να βιώσουν τις επιστημονικές έννοιες σε πραγματικές συνθήκες (Michalopoulos et al., 2022). Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να κατασκευάσουν ένα κύκλωμα με αισθητήρες και λαμπτήρες για να κατανοήσουν τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος ή να δημιουργήσουν ένα θερμόμετρο που μετρά τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ενισχύοντας την κατανόηση των φυσικών φαινομένων.

Η διαδικασία αυτή επιτρέπει στους μαθητές να κάνουν προβλέψεις, να δοκιμάζουν υποθέσεις και να αναλύουν τα αποτελέσματα, κάτι που είναι κρίσιμο για την ανάπτυξη της επιστημονικής σκέψης. Μέσω αυτών των δραστηριοτήτων, οι μαθητές δεν περιορίζονται απλώς στην απομνημόνευση θεωριών, αλλά συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία της μάθησης, γεγονός που ενισχύει την κατανόηση και τη διατήρηση των πληροφοριών (Görgülü et al., 2021).

Ένας από τους βασικούς στόχους της χρήσης του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση είναι η προώθηση της διεπιστημονικής μάθησης, καθώς το Arduino ενσωματώνει στοιχεία από τις τέσσερις βασικές πτυχές της STEM εκπαίδευσης: την επιστήμη, την τεχνολογία, τη μηχανική και τα μαθηματικά (García-Tudela & Marín-Marín, 2023). Η εκπαίδευση μέσω Arduino προσφέρει έναν πρακτικό τρόπο για τη σύνδεση αυτών των τεσσάρων κλάδων, καθιστώντας τη μάθηση πιο ολοκληρωμένη και σχετική με την πραγματική ζωή.

Η χρήση του Arduino βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν πώς οι φυσικές επιστήμες και τα μαθηματικά συνδέονται με τις τεχνολογικές και μηχανικές εφαρμογές. Ένα παράδειγμα αυτού είναι η χρήση αισθητήρων για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με φυσικά φαινόμενα, όπως η θερμοκρασία ή η υγρασία. Οι μαθητές μπορούν να αναλύσουν αυτά τα δεδομένα μέσω απλών μαθηματικών υπολογισμών και να βγάλουν συμπεράσματα σχετικά με τις συνθήκες του περιβάλλοντος (Patel et al., 2019). Αυτή η διαδικασία βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν τη σημασία των μαθηματικών και της επιστήμης στην κατανόηση και την αντιμετώπιση προβλημάτων της καθημερινής ζωής.

Ένας ακόμη σημαντικός στόχος της χρήσης του Arduino στην εκπαίδευση είναι η ενίσχυση της δημιουργικότητας και της κριτικής σκέψης. Τα projects που μπορούν να δημιουργηθούν με το Arduino απαιτούν από τους μαθητές να επιλύσουν προβλήματα με τρόπο δημιουργικό και να βρουν νέες λύσεις για τα ζητήματα που ανακύπτουν κατά τη διάρκεια της εργασίας τους (Plaza et al., 2018). Μέσω της διαδικασίας κατασκευής και προγραμματισμού συστημάτων, οι μαθητές μαθαίνουν πώς να προσεγγίζουν τα προβλήματα με μεθοδικότητα και κριτική σκέψη, ενώ παράλληλα αναπτύσσουν

δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων που είναι κρίσιμες για τη σύγχρονη τεχνολογική κοινωνία.

Η ανάπτυξη τέτοιων δεξιοτήτων είναι ιδιαίτερα σημαντική στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, καθώς δημιουργεί ένα θεμέλιο πάνω στο οποίο οι μαθητές μπορούν να χτίσουν σε μεγαλύτερες εκπαιδευτικές βαθμίδες. Επιπλέον, η ενεργός συμμετοχή των μαθητών στη δημιουργία των δικών τους projects αυξάνει την αφοσίωση τους στη μάθηση και τους επιτρέπει να αναλάβουν ενεργό ρόλο στη διαμόρφωση του μαθησιακού τους περιβάλλοντος (Al-Mahmood & Agyeman, 2019).

Η χρήση του Arduino στη διδασκαλία ενθαρρύνει επίσης τη συνεργατική μάθηση. Οι μαθητές συχνά καλούνται να εργαστούν σε ομάδες για να επιτύχουν συγκεκριμένα έργα, κάτι που ενισχύει τις δεξιότητες συνεργασίας και επικοινωνίας. Μέσω της ομαδικής εργασίας, οι μαθητές μαθαίνουν να ανταλλάσσουν ιδέες, να μοιράζονται αρμοδιότητες και να συνεργάζονται για να επιτύχουν κοινά αποτελέσματα (Sobota et al., 2013). Αυτή η συνεργατική προσέγγιση είναι πολύτιμη, όχι μόνο επειδή προωθεί την αλληλοϋποστήριξη μεταξύ των μαθητών, αλλά και επειδή προετοιμάζει τους μαθητές για την εργασιακή κουλτούρα του 21ου αιώνα, όπου η ομαδική εργασία είναι κρίσιμη.

Ένας από τους πρωταρχικούς στόχους της ενσωμάτωσης του Arduino στη διδασκαλία είναι η διευκόλυνση της κατανόησης σύνθετων επιστημονικών εννοιών μέσω πρακτικών παραδειγμάτων. Το Arduino δίνει στους μαθητές την ευκαιρία να εφαρμόσουν τη θεωρία που διδάσκονται στις τάξεις σε πραγματικές εφαρμογές, κάτι που βοηθά στη βαθύτερη κατανόηση των εννοιών αυτών (Park et al., 2015). Για παράδειγμα, η δημιουργία ενός απλού αισθητήρα κίνησης μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τις έννοιες του φωτός, της ενέργειας και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Οι δραστηριότητες αυτές συνδυάζουν τη θεωρία με την πράξη, δίνοντας στους μαθητές τη δυνατότητα να ελέγξουν τις γνώσεις τους μέσω πραγματικών πειραμάτων. Αυτή η πρακτική προσέγγιση στη μάθηση όχι μόνο ενισχύει την κατανόηση, αλλά κάνει και τη μάθηση πιο ενδιαφέρουσα και ελκυστική (Lodi & Martini, 2021).

1.4.Επιστημονική αξία της έρευνας

Η παρούσα έρευνα για τη χρήση του Arduino στη διδασκαλία των επιστημονικών εννοιών, ειδικά στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, φέρει σημαντική επιστημονική αξία σε διάφορα επίπεδα. Καθώς η τεχνολογία και η ψηφιοποίηση συνεχίζουν να επηρεάζουν όλους τους τομείς της κοινωνίας, η κατανόηση και η ενσωμάτωση της τεχνολογίας στις εκπαιδευτικές πρακτικές αποτελεί αναγκαίο βήμα για την εκπαίδευση των μελλοντικών γενεών. Η έρευνα αυτή παρέχει μια ολοκληρωμένη ανάλυση του τρόπου με τον οποίο οι τεχνολογίες όπως το Arduino μπορούν να υποστηρίξουν τη μάθηση, ενισχύοντας τη διαδραστική και πρακτική εμπειρία των μαθητών. Παράλληλα, διερευνά την αποτελεσματικότητα της χρήσης της τεχνολογίας στην εκπαίδευση επιστημονικών εννοιών, προσφέροντας νέα δεδομένα και πρακτικές κατευθύνσεις για τους εκπαιδευτικούς (Perenc et al., 2019).

Η έρευνα αυτή προάγει την επιστημονική κατανόηση της χρήσης της τεχνολογίας στην εκπαίδευση, ειδικά μέσω της ενσωμάτωσης του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Μέχρι σήμερα, αρκετές έρευνες έχουν αναδείξει τη σημασία της διαδραστικής μάθησης και της ενσωμάτωσης εργαλείων τεχνολογίας, όπως το Arduino, στη διδασκαλία των μαθημάτων STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) (Heo, 2020). Ωστόσο, υπάρχει ανάγκη για περισσότερες ερευνητικές προσπάθειες που να εστιάζουν στην πρακτική εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών στα σχολικά προγράμματα και τη συγκεκριμένη συμβολή τους στη βελτίωση της μάθησης.

Η συγκεκριμένη μελέτη συνεισφέρει στην κατανόηση του πώς το Arduino μπορεί να ενσωματωθεί στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, εξετάζοντας τη δυνατότητά του να ενισχύσει τη μάθηση των επιστημονικών εννοιών μέσα από projects που ενθαρρύνουν την ενεργή συμμετοχή των μαθητών. Αυτή η πρακτική προσέγγιση ενισχύει την επιστημονική συζήτηση για τη σπουδαιότητα της βιωματικής μάθησης, όπου οι μαθητές δεν είναι απλώς παθητικοί αποδέκτες πληροφορίας, αλλά συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία μάθησης (Michalopoulos et al., 2022).

Η έρευνα προσφέρει επίσης επιστημονική αξία στην ανάπτυξη νέων διδακτικών προσεγγίσεων που μπορούν να εφαρμοστούν στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Μέσα από τη μελέτη της χρήσης του Arduino, προκύπτουν νέες μέθοδοι που συνδυάζουν τη

διδασκαλία θεωρητικών επιστημονικών εννοιών με την πρακτική εφαρμογή τους, επιτρέποντας στους μαθητές να αναπτύξουν κρίσιμες δεξιότητες όπως η κριτική σκέψη, η συνεργασία και η δημιουργικότητα (Lodi & Martini, 2021).

Η ανάπτυξη αυτών των μεθόδων μπορεί να χρησιμεύσει ως μοντέλο για την ευρύτερη εφαρμογή της τεχνολογίας στην εκπαίδευση. Τα αποτελέσματα της έρευνας θα μπορούσαν να δώσουν κατευθύνσεις για τη βελτίωση των εκπαιδευτικών πρακτικών όχι μόνο σε σχολεία που έχουν πρόσβαση σε τεχνολογίες αιχμής, αλλά και σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα με περιορισμένους πόρους, μέσω της προσαρμογής της χρήσης χαμηλού κόστους τεχνολογιών, όπως το Arduino (Pinto & Lopes, 2019).

Η έρευνα προσφέρει επίσης σημαντική επιστημονική αξία στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών. Ένας από τους βασικούς περιορισμούς στην ενσωμάτωση της τεχνολογίας στη διδασκαλία είναι η έλλειψη επαρκούς κατάρτισης των δασκάλων. Αυτή η μελέτη εξετάζει πώς οι εκπαιδευτικοί μπορούν να επιμορφωθούν στη χρήση του Arduino για να ενισχύσουν τη διδακτική τους ικανότητα και να εφαρμόσουν πρακτικά εργαλεία στις τάξεις τους (Caeli et al., 2020).. Η αποτελεσματική ενσωμάτωση της τεχνολογίας στην εκπαίδευση απαιτεί τόσο υλικοτεχνική υποστήριξη όσο και εκπαίδευση του προσωπικού, και η έρευνα αυτή συμβάλλει στη βιβλιογραφία πάνω σε αυτούς τους δύο τομείς.

Τέλος, η έρευνα προσφέρει επιστημονική αξία και σε διεπιστημονικό επίπεδο, καθώς εξετάζει τη δυνατότητα σύνδεσης μεταξύ της τεχνολογίας, των επιστημών, των μαθηματικών και της μηχανικής, συμβάλλοντας στην προώθηση της **STEM εκπαίδευσης**. Η εφαρμογή του Arduino στη διδασκαλία ενισχύει τη διεπιστημονική μάθηση, παρέχοντας ένα πλαίσιο στο οποίο οι μαθητές μπορούν να συνδέσουν τις γνώσεις τους από διάφορα πεδία και να τις εφαρμόσουν σε πρακτικά projects (Sousa et al., 2019). Αυτή η ενσωμάτωση διεπιστημονικών προσεγγίσεων είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, οι οποίες απαιτούνται τόσο στην εκπαιδευτική διαδικασία όσο και στον επαγγελματικό τομέα.

2. Εκπαιδευτική Χρήση του Arduino - Θεωρητικό Πλαίσιο

2.1. Εκπαιδευτικές καινοτομίες με το Arduino

Η εκπαίδευση αλλάζει ραγδαία τα τελευταία χρόνια, με την τεχνολογία να παίζει καταλυτικό ρόλο στη διαμόρφωση των νέων διδακτικών προσεγγίσεων. Ένα από τα πιο σημαντικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται πλέον στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι το Arduino, το οποίο έχει φέρει επανάσταση στη διαδραστική μάθηση. Το Arduino είναι ένα ανοιχτού κώδικα μικροελεγκτής που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν και να ελέγχουν ηλεκτρονικά συστήματα με εύκολο τρόπο. Η χρήση του στην εκπαίδευση έχει αυξήσει τη συμμετοχή των μαθητών, ενώ προάγει την κατανόηση σύνθετων εννοιών μέσω της πρακτικής εφαρμογής τους (Sohn, 2014)..

Η διαδραστική μάθηση είναι μια παιδαγωγική προσέγγιση που εστιάζει στη συμμετοχή των μαθητών στη διαδικασία της μάθησης, μέσω ενεργής συμμετοχής και αλληλεπίδρασης. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους, όπου οι μαθητές είναι παθητικοί δέκτες πληροφορίας, η διαδραστική μάθηση τους καλεί να αναλάβουν ενεργό ρόλο, να συνεργαστούν με συμμαθητές και να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους σε πραγματικές καταστάσεις. Το Arduino παίζει κεντρικό ρόλο σε αυτή την προσέγγιση, καθώς προσφέρει στους μαθητές τη δυνατότητα να δημιουργούν διαδραστικά projects,

χρησιμοποιώντας τεχνολογία αιχμής, ενώ ταυτόχρονα ενισχύει τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων και την κριτική σκέψη (Hurtuk et al., 2017).

Μέσω της χρήσης του Arduino, οι μαθητές μπορούν να εφαρμόσουν θεωρητικές γνώσεις σε πρακτικά projects. Για παράδειγμα, μπορούν να δημιουργήσουν ένα κύκλωμα φωτισμού με λαμπτήρες LED ή να προγραμματίσουν έναν αισθητήρα κίνησης για να αντιδράσει σε περιβαλλοντικά ερεθίσματα. Αυτές οι δραστηριότητες καθιστούν τη μάθηση πιο ουσιαστική και ενδιαφέρουσα, ενώ επιτρέπουν στους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τη σύνδεση μεταξύ θεωρίας και πράξης (Paucar-Curasma et al., 2022).

Η χρήση του Arduino συμβάλλει σημαντικά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων στους τομείς της STEM εκπαίδευσης (Science, Technology, Engineering, Mathematics). Η STEM εκπαίδευση ενθαρρύνει τους μαθητές να συνδέσουν τις γνώσεις τους από διάφορα επιστημονικά πεδία και να τις εφαρμόσουν σε διαθεματικά projects. Το Arduino, με τις πολλές δυνατότητές του, παρέχει ένα ιδανικό πλαίσιο για την υλοποίηση τέτοιων έργων, βοηθώντας τους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες επιστήμης και τεχνολογίας, παράλληλα με τη μηχανική και τα μαθηματικά (Patel et al., 2019).

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του Arduino στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι ότι επιτρέπει στους μαθητές να πειραματιστούν με πραγματικά δεδομένα και να δουν άμεσα τα αποτελέσματα των πειραμάτων τους. Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν αισθητήρες θερμοκρασίας για να παρακολουθήσουν τις αλλαγές στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και να αναλύσουν τα δεδομένα που συλλέγουν μέσω υπολογιστικών εφαρμογών. Αυτός ο συνδυασμός θεωρίας και πρακτικής εφαρμογής ενισχύει τη μάθηση και βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν πώς λειτουργούν οι επιστημονικές έννοιες στον πραγματικό κόσμο (Perenc et al., 2019).

Ένας από τους πιο σημαντικούς τρόπους με τους οποίους το Arduino υποστηρίζει τη διαδραστική μάθηση είναι μέσω της δημιουργίας πρακτικών projects. Αυτά τα projects επιτρέπουν στους μαθητές να εφαρμόσουν όσα έχουν μάθει στη θεωρία, χρησιμοποιώντας αισθητήρες, κινητήρες και κυκλώματα για να κατασκευάσουν διαδραστικά συστήματα. Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν ένα

σύστημα ελέγχου φωτισμού, το οποίο ενεργοποιείται μέσω αισθητήρα κίνησης ή κατασκευές που αντιδρούν σε αλλαγές του φωτός ή της θερμοκρασίας (Morón et al., 2019).

Η ευελιξία του Arduino επιτρέπει επίσης στους μαθητές να προσαρμόσουν τα projects τους ανάλογα με το επίπεδο των γνώσεών τους και τα ενδιαφέροντά τους, με συνέπεια τη δημιουργία ενός εξατομικευμένου μαθησιακού περιβάλλοντος, μέσα στο οποίο οι μαθητές μπορούν να προχωρήσουν με τον δικό τους ρυθμό, να δοκιμάσουν νέες ιδέες και να ανακαλύψουν νέους τρόπους επίλυσης προβλημάτων (Vidal-Silva et al., 2019).

Το Arduino, επιτρέπει επίσης τη σύνδεση με άλλους τομείς, όπως τα μαθηματικά και η μηχανική. Για παράδειγμα, μέσω της χρήσης αισθητήρων που συλλέγουν δεδομένα, οι μαθητές μπορούν να εφαρμόσουν μαθηματικές έννοιες, όπως οι στατιστικές αναλύσεις, για να ερμηνεύσουν τα δεδομένα που συλλέγουν. Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές όχι μόνο κατανοούν καλύτερα τη σημασία των μαθηματικών στη ζωή τους, αλλά μαθαίνουν και πώς να χρησιμοποιούν τις μαθηματικές γνώσεις τους σε πραγματικά προβλήματα (Jang, 2021).

Η διαθεματική προσέγγιση που υποστηρίζει το Arduino ενισχύει τη σύνδεση μεταξύ διαφορετικών μαθημάτων και γνωστικών αντικειμένων, επιτρέποντας στους μαθητές να βλέπουν πώς οι γνώσεις από διαφορετικά επιστημονικά πεδία μπορούν να συνεργάζονται για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων. Αυτή η προσέγγιση είναι εξαιρετικά σημαντική για την προετοιμασία των μαθητών για τις προκλήσεις του 21ου αιώνα, όπου η διεπιστημονική γνώση και η ικανότητα επίλυσης προβλημάτων είναι κρίσιμη (Michalopoulos et al., 2022).

Ένα ακόμα σημαντικό χαρακτηριστικό της διαδραστικής μάθησης μέσω του Arduino είναι ότι ενθαρρύνει τη συνεργασία και την ομαδική εργασία. Οι μαθητές συχνά εργάζονται σε ομάδες για την ολοκλήρωση projects, κάτι που προάγει τη συνεργασία και την ανταλλαγή ιδεών. Μέσω αυτής της διαδικασίας, οι μαθητές μαθαίνουν να συνεργάζονται, να μοιράζονται αρμοδιότητες και να λαμβάνουν αποφάσεις από κοινού, κάτι που ενισχύει τις κοινωνικές τους δεξιότητες και προάγει το ομαδικό πνεύμα (Guzmán-Fernández et al., 2021).

Η συνεργατική μάθηση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την ανάπτυξη δεξιοτήτων επικοινωνίας και ομαδικής εργασίας, οι οποίες είναι εξαιρετικά σημαντικές στο σύγχρονο εργασιακό περιβάλλον. Οι μαθητές που εργάζονται με το Arduino όχι μόνο αναπτύσσουν τις τεχνολογικές τους δεξιότητες, αλλά μαθαίνουν και να εργάζονται αποδοτικά ως μέλη μιας ομάδας, αποκτώντας εμπειρία στην επίλυση προβλημάτων μέσα από συνεργασία (Chu et al., 2019).

Η χρήση του Arduino στην εκπαίδευση βοηθά επίσης στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των μαθητών. Καθώς οι μαθητές δημιουργούν και προγραμματίζουν τα δικά τους projects, καλούνται να λάβουν αποφάσεις, να προβλέψουν τα αποτελέσματα και να αξιολογήσουν τα δεδομένα που συλλέγουν. Αυτή η διαδικασία ενισχύει την ικανότητά τους να αναλύουν πληροφορίες, να εξετάζουν τις επιλογές τους και να εφαρμόζουν τις γνώσεις τους για την επίλυση προβλημάτων (Ntourou et al., 2021).

Η κριτική σκέψη είναι μία από τις πιο σημαντικές δεξιότητες του 21ου αιώνα, καθώς απαιτεί από τους μαθητές να εξετάζουν τα δεδομένα από διαφορετικές οπτικές γωνίες και να παίρνουν αποφάσεις βάσει λογικών επιχειρημάτων. Το Arduino παρέχει ένα πλαίσιο για την ανάπτυξη αυτής της δεξιότητας, καθώς οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να δοκιμάσουν διαφορετικές λύσεις και να επιλύσουν προβλήματα μέσα από την πράξη (Kumar, 2022).

Ουσιαστικά πρόκειται για ένα από τα πιο καινοτόμα εργαλεία για την εισαγωγή των μαθητών στις τεχνολογίες STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics), παρέχοντας τους τη δυνατότητα να ασχοληθούν πρακτικά με επιστημονικές και τεχνολογικές έννοιες. Στην εκπαιδευτική διαδικασία, το Arduino έχει χρησιμοποιηθεί σε πολυάριθμα projects που ενισχύουν την κατανόηση των μαθητών για τις επιστήμες, τη μηχανική και την τεχνολογία, προωθώντας παράλληλα τη δημιουργικότητα και την επίλυση προβλημάτων. Μέσα από συγκεκριμένα παραδείγματα καινοτόμων projects που έχουν πραγματοποιηθεί με το Arduino, αναδεικνύονται οι δυνατότητες του εργαλείου αυτού για την ενίσχυση της εκπαιδευτικής εμπειρίας.

2.1.1. Arduino και Εκπαιδευτικά Ρομπότ

Ένα από τα πιο δημοφιλή projects με το Arduino στην εκπαίδευση είναι η δημιουργία εκπαιδευτικών ρομπότ, που επιτρέπουν στους μαθητές να ανακαλύψουν την προγραμματιστική λογική και τις αρχές της ρομποτικής. Η κατασκευή και ο προγραμματισμός ενός ρομπότ μέσω του Arduino επιτρέπει στους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα πώς λειτουργούν τα ηλεκτρονικά κυκλώματα, οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές, ενώ παράλληλα εισάγει την έννοια του αλγοριθμικού προγραμματισμού (Chu et al., 2019).

Ένα παράδειγμα τέτοιου project είναι η κατασκευή ενός αυτόνομου ρομπότ που ακολουθεί μια καθορισμένη διαδρομή με τη βοήθεια αισθητήρων. Οι μαθητές χρησιμοποιούν αισθητήρες φωτός ή υπερήχων για να βοηθήσουν το ρομπότ να ανιχνεύει εμπόδια και να προσαρμόζει την πορεία του, κατανοώντας έτσι τη βασική λειτουργία των αισθητήρων και τη σημασία τους στην καθημερινή τεχνολογία, όπως στους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται σε αυτοκίνητα και βιομηχανικά ρομπότ. Με την επιτυχή ολοκλήρωση του project, οι μαθητές αναπτύσσουν δεξιότητες που σχετίζονται με τη μηχανική, την επιστήμη των υπολογιστών και την τεχνολογία, ενώ μαθαίνουν να εργάζονται ομαδικά για την επίλυση προβλημάτων (Yusop et al., 2024).

2.1.2. Arduino και αισθητήρες για την παρακολούθηση περιβαλλοντικών δεδομένων

Η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί έναν κρίσιμο τομέα για τη STEM εκπαίδευση, και το Arduino έχει συμβάλει σημαντικά στην ανάπτυξη εκπαιδευτικών projects που σχετίζονται με την παρακολούθηση και ανάλυση περιβαλλοντικών δεδομένων. Μέσω της χρήσης αισθητήρων που συνδέονται με το Arduino, οι μαθητές μπορούν να συλλέγουν πραγματικά δεδομένα από το περιβάλλον, όπως θερμοκρασία, υγρασία, επίπεδα CO₂, και να αναλύουν τις επιπτώσεις αυτών των παραμέτρων στο φυσικό περιβάλλον (Nižetić et al., 2020).

Ένα παράδειγμα καινοτόμου project είναι η δημιουργία ενός συστήματος παρακολούθησης ποιότητας αέρα. Οι μαθητές συνδέουν αισθητήρες αέρα στο Arduino και προγραμματίζουν το σύστημα να καταγράφει τα επίπεδα ρύπων σε πραγματικό

χρόνο. Στη συνέχεια, μπορούν να εξάγουν τα δεδομένα στον υπολογιστή και να τα αναλύσουν για να κατανοήσουν καλύτερα την επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, οι μαθητές έρχονται σε επαφή με θέματα όπως η περιβαλλοντική επιστήμη, η βιολογία και η χημεία, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνουν τις δεξιότητές τους στην ανάλυση δεδομένων και την εργασία με τεχνολογικά εργαλεία (Sohn, 2014).

2.1.3. Διαδραστικά παιχνίδια και φυσικές επιστήμες

Ένας άλλος τομέας στον οποίο το Arduino έχει προωθήσει την καινοτομία είναι η δημιουργία διαδραστικών παιχνιδιών που ενσωματώνουν επιστημονικές έννοιες. Μέσω τέτοιων παιχνιδιών, οι μαθητές μαθαίνουν να συνδυάζουν τη διασκέδαση με τη μάθηση, ενισχύοντας την κατανόηση φυσικών φαινομένων όπως η κίνηση, η βαρύτητα και η ενέργεια (Mollo et al., 2016).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η κατασκευή ενός παιχνιδιού που βασίζεται στην αρχή της δυναμικής ενέργειας. Οι μαθητές δημιουργούν ένα παιχνίδι στο οποίο ένας μικρός κινητήρας, συνδεδεμένος στο Arduino, μετακινεί μια μπάλα σε μια πλατφόρμα που κλίνει σε διάφορες γωνίες. Οι μαθητές μαθαίνουν να προγραμματίζουν το Arduino για να ελέγχουν την κίνηση της πλατφόρμας και να κατανοήσουν πώς οι αλλαγές στη γωνία επηρεάζουν την ταχύτητα και την επιτάχυνση της μπάλας. Μέσα από το παιχνίδι, οι μαθητές αποκτούν πρακτική εμπειρία στην εφαρμογή των νόμων της φυσικής, ενώ ταυτόχρονα ενισχύουν τις δεξιότητές τους στην κατασκευή και προγραμματισμό ηλεκτρονικών συστημάτων.

2.1.4. Έξυπνα συστήματα για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση

Η χρήση του Arduino δεν περιορίζεται μόνο στην κατασκευή ρομπότ ή παιχνιδιών. Ένα άλλο καινοτόμο project αφορά τη δημιουργία έξυπνων συστημάτων που μπορούν να εφαρμοστούν στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση για την κατανόηση εννοιών της φυσικής, της βιολογίας και των μαθηματικών. Ένα τέτοιο project είναι η κατασκευή ενός έξυπνου θερμομέτρου ή ενός συστήματος παρακολούθησης των καιρικών συνθηκών που χρησιμοποιεί αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας και πίεσης.

Οι μαθητές που ασχολούνται με αυτό το project μαθαίνουν να συνδέουν αισθητήρες με το Arduino και να συλλέγουν δεδομένα που αφορούν τις καιρικές συνθήκες. Στη συνέχεια, μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτά τα δεδομένα για να αναλύσουν τα πρότυπα καιρού και να κατανοήσουν τη λειτουργία των κλιματικών συστημάτων. Αυτή η διαδικασία ενθαρρύνει τους μαθητές να εμβαθύνουν σε επιστημονικά θέματα όπως η κλιματολογία και η μετεωρολογία, ενώ παράλληλα αναπτύσσουν πρακτικές δεξιότητες που σχετίζονται με την κατασκευή συστημάτων και την ανάλυση δεδομένων (Caeli et al., 2020).

2.1.5. Εφαρμογές στην εκμάθηση ηλεκτρικών κυκλωμάτων

Στην εκπαίδευση φυσικών επιστημών, το Arduino χρησιμοποιείται επίσης για την κατανόηση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Ένα βασικό project είναι η κατασκευή απλών κυκλωμάτων που συνδυάζουν διακόπτες, λαμπτήρες LED και μπαταρίες, επιτρέποντας στους μαθητές να κατανοήσουν πώς λειτουργεί ένα ηλεκτρικό κύκλωμα και πώς μεταφέρεται η ενέργεια. Οι μαθητές μπορούν να πειραματιστούν με διαφορετικές παραμέτρους, όπως η αντίσταση και η τάση, και να μετρήσουν τα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας το Arduino ως εργαλείο μέτρησης (Chatzopoulos et al., 2020).

Αυτό το είδος project προσφέρει στους μαθητές την ευκαιρία να συνδέσουν τη θεωρία με την πράξη, ενώ ενθαρρύνει τη δημιουργικότητα και την ερευνητική σκέψη. Επιπλέον, οι μαθητές μπορούν να προχωρήσουν σε πιο σύνθετες εφαρμογές, όπως η κατασκευή έξυπνων κυκλωμάτων που ενεργοποιούνται με κίνηση ή φως, ενισχύοντας την κατανόηση των σύγχρονων τεχνολογιών που βασίζονται σε παρόμοια συστήματα (Nordby et al., 2022).

2.1.6. Arduino και ενσωμάτωση της τέχνης στην εκπαίδευση

Ένα ενδιαφέρον παράδειγμα καινοτομίας στην εκπαίδευση είναι η χρήση του Arduino για τη δημιουργία έργων που συνδυάζουν την τεχνολογία με την τέχνη. Αυτή η προσέγγιση γνωστή ως STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) προάγει τη δημιουργική έκφραση των μαθητών μέσα από την τεχνολογία. Με το Arduino, οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν διαδραστικά έργα τέχνης, όπως

φωτιζόμενες εγκαταστάσεις που αντιδρούν στην κίνηση ή στο φως, συνδυάζοντας την αισθητική με την επιστήμη και την τεχνολογία (Lodi & Martini, 2021).

Ένα παράδειγμα project STEAM είναι η κατασκευή ενός φωτιζόμενου πίνακα ζωγραφικής. Οι μαθητές συνδέουν λαμπτήρες LED στο Arduino και τους προγραμματίζουν να αλλάζουν χρώματα ή να αναβοσβήνουν όταν ανιχνεύεται κίνηση. Αυτό το project όχι μόνο προάγει την κατανόηση των ηλεκτρονικών συστημάτων, αλλά επιτρέπει στους μαθητές να εκφράσουν τη δημιουργικότητά τους μέσω της τέχνης, αναπτύσσοντας παράλληλα δεξιότητες προγραμματισμού και κατασκευής (Emmanuel & Alexandra, 2020)

2.2. Ενσωμάτωση της τεχνολογίας στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας στην εκπαίδευση, ειδικά στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, αποτελεί κρίσιμο βήμα για την προετοιμασία των μαθητών για τον 21ο αιώνα. Το Arduino ως εκπαιδευτικό εργαλείο προσφέρει ένα ιδανικό πλαίσιο για την εισαγωγή των μαθητών σε επιστημονικές έννοιες και τεχνολογικές εφαρμογές, παρέχοντας μια διαδραστική και πρακτική μέθοδο μάθησης. Μέσω της ενσωμάτωσής του στο πρόγραμμα σπουδών, το Arduino μπορεί να συμβάλει στην εκπαίδευση επιστημών, μαθηματικών, τεχνολογίας και μηχανικής, ενισχύοντας τη σύνδεση μεταξύ θεωρίας και πράξης. Σε αυτή την ενότητα, θα εξετάσουμε πώς το Arduino μπορεί να ενταχθεί στο πρόγραμμα σπουδών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και να ενισχύσει τη μαθησιακή διαδικασία.

2.2.1. Σύνδεση του Arduino με τους μαθησιακούς στόχους

Η ενσωμάτωση του Arduino στο πρόγραμμα σπουδών μπορεί να γίνει με σαφή σύνδεση με τους μαθησιακούς στόχους που έχουν καθοριστεί για τα διάφορα μαθήματα. Στο πλαίσιο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, τα μαθήματα των φυσικών επιστημών, της τεχνολογίας και των μαθηματικών μπορούν να επωφεληθούν ιδιαίτερα από τη χρήση του Arduino. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να αξιοποιήσουν τη δύναμη του Arduino για να ενισχύσουν την κατανόηση των μαθητών σε διάφορα θέματα, όπως η ηλεκτρική ενέργεια, η κίνηση, η θερμοκρασία και η μέτρηση φυσικών μεγεθών (Ntourou et al., 2021).

Ένα παράδειγμα ενσωμάτωσης του Arduino στο μάθημα των φυσικών επιστημών είναι η διδασκαλία των βασικών αρχών της ηλεκτρικής ενέργειας και των κυκλωμάτων. Οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το Arduino για να κατασκευάσουν και να προγραμματίσουν ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα που περιλαμβάνει λαμπτήρες LED, διακόπτες και αισθητήρες. Μέσα από αυτήν την πρακτική δραστηριότητα, οι μαθητές θα κατανοήσουν την έννοια της ροής του ρεύματος και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, συνδέοντας τη θεωρία με την πράξη. Επιπλέον, μπορούν να μάθουν για τις αναλογικές και ψηφιακές εισόδους και εξόδους, κάτι που ενισχύει την τεχνολογική τους κατανόηση και τους βοηθά να κατανοήσουν πώς λειτουργούν οι ηλεκτρικές συσκευές στον πραγματικό κόσμο (Cha, 2017).

2.2.2. Ενσωμάτωση του Arduino στα μαθήματα τεχνολογίας και μηχανικής

Η χρήση του Arduino δεν περιορίζεται μόνο στα φυσικά μαθήματα. Μπορεί να ενταχθεί στα μαθήματα τεχνολογίας και μηχανικής για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δίνοντας στους μαθητές τη δυνατότητα να δημιουργήσουν και να προγραμματίσουν ρομποτικές εφαρμογές. Ένα από τα βασικά projects που μπορούν να υλοποιήσουν οι μαθητές είναι η κατασκευή ενός αυτόνομου ρομπότ που χρησιμοποιεί αισθητήρες για να αντιδράσει στο περιβάλλον του. Αυτό το είδος δραστηριότητας ενθαρρύνει τους μαθητές να σκεφτούν κριτικά και να εφαρμόσουν γνώσεις προγραμματισμού, μηχανικής και επιστήμης σε ένα πραγματικό project (Chinnasami et al., 2022).

Ένα τέτοιο project μπορεί να ενσωματωθεί στο πρόγραμμα σπουδών ως μέρος μιας θεματικής ενότητας για την τεχνολογία ή τη μηχανική, στην οποία οι μαθητές εισάγονται στις βασικές αρχές του προγραμματισμού και της κατασκευής συστημάτων. Το Arduino προσφέρει ένα εξαιρετικά προσιτό και ευέλικτο πλαίσιο για τη δημιουργία τέτοιων έργων, δίνοντας τη δυνατότητα στους μαθητές να κατανοήσουν πώς τα συστήματα αισθητήρων και οι μικροελεγκτές συνεργάζονται για να δημιουργήσουν έξυπνα συστήματα. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, οι μαθητές μπορούν να δουν πώς οι θεωρητικές έννοιες της επιστήμης και της μηχανικής μπορούν να εφαρμοστούν σε πραγματικά συστήματα και τεχνολογίες (Sousa et al., 2019).

2.2.3. Ενσωμάτωση του Arduino στα μαθηματικά

Το μάθημα των μαθηματικών μπορεί επίσης να επωφεληθεί σημαντικά από την ενσωμάτωση του Arduino στο πρόγραμμα σπουδών. Οι μαθηματικές έννοιες, όπως η μέτρηση, η στατιστική ανάλυση και οι αλγεβρικές πράξεις, μπορούν να διδαχθούν μέσω projects που χρησιμοποιούν το Arduino για τη συλλογή και την ανάλυση δεδομένων. Ένα παράδειγμα είναι η κατασκευή ενός θερμομέτρου ή ενός συστήματος παρακολούθησης περιβαλλοντικών συνθηκών, όπου οι μαθητές χρησιμοποιούν αισθητήρες για να μετρήσουν τη θερμοκρασία ή την υγρασία και στη συνέχεια αναλύουν τα δεδομένα χρησιμοποιώντας μαθηματικά εργαλεία (Michalopoulos et al., 2022).

Αυτός ο τύπος δραστηριότητας επιτρέπει στους μαθητές να εφαρμόσουν τις μαθηματικές τους γνώσεις σε πραγματικά προβλήματα και να δουν πώς οι μαθηματικές έννοιες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατανόηση του φυσικού κόσμου. Μέσω αυτών των projects, οι μαθητές μπορούν να αναπτύξουν δεξιότητες όπως η ανάλυση δεδομένων, η στατιστική επεξεργασία και η πρόβλεψη αποτελεσμάτων, κάτι που είναι πολύτιμο όχι μόνο για τα μαθηματικά, αλλά και για την ανάπτυξη κριτικής σκέψης (Jang, 2021).

2.2.4. Διεπιστημονική μάθηση μέσω του Arduino

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της ενσωμάτωσης του Arduino στο πρόγραμμα σπουδών είναι η δυνατότητα που προσφέρει για διεπιστημονική μάθηση. Μέσα από projects που συνδυάζουν τις επιστήμες, την τεχνολογία, τα μαθηματικά και τη μηχανική, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να δουν πώς συνδέονται οι διάφορες γνώσεις που αποκτούν στα μαθήματα. Ένα παράδειγμα διεπιστημονικού project είναι η κατασκευή ενός έξυπνου θερμοστάτη που χρησιμοποιεί αισθητήρες για να μετρά τη θερμοκρασία ενός χώρου και να ελέγχει τη λειτουργία μιας θερμαντικής συσκευής. Οι μαθητές μπορούν να αναλύσουν τις φυσικές ιδιότητες της θερμοκρασίας, να υπολογίσουν τις ενεργειακές απαιτήσεις και να προγραμματίσουν το σύστημα ώστε να λειτουργεί αυτόματα (Ntourou et al., 2021).

Αυτό το είδος δραστηριότητας συνδυάζει τις γνώσεις της φυσικής, της μηχανικής και του προγραμματισμού, ενώ ταυτόχρονα ενισχύει τις μαθηματικές δεξιότητες των μαθητών μέσα από την ανάλυση δεδομένων και τη μέτρηση των μεγεθών. Οι μαθητές μαθαίνουν

να εφαρμόζουν τις γνώσεις τους σε πραγματικά προβλήματα, κάτι που κάνει τη μάθηση πιο ουσιαστική και σχετική με τον πραγματικό κόσμο.

2.2.5. Ενσωμάτωση του Arduino σε δραστηριότητες project-based learning

Ένας ακόμα τρόπος με τον οποίο το Arduino μπορεί να ενσωματωθεί στο πρόγραμμα σπουδών είναι μέσω της μάθησης μέσω project (project-based learning). Αυτή η προσέγγιση, η οποία είναι πολύ διαδεδομένη στα σύγχρονα εκπαιδευτικά συστήματα, εστιάζει στη δημιουργία projects από τους μαθητές, στα οποία εφαρμόζουν τις γνώσεις τους για να λύσουν πραγματικά προβλήματα. Το Arduino παρέχει ένα ιδανικό εργαλείο για την υλοποίηση τέτοιων projects, καθώς επιτρέπει στους μαθητές να δημιουργήσουν διαδραστικά συστήματα και να δουν τα αποτελέσματα των πειραμάτων τους σε πραγματικό χρόνο (Guzmán-Fernández et al., 2021).

Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν ένα project που αφορά την παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας σε ένα κτίριο, χρησιμοποιώντας αισθητήρες που συνδέονται στο Arduino για να μετρήσουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορες συσκευές. Στη συνέχεια, μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα που συλλέγουν για να αναλύσουν την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και να προτείνουν λύσεις για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Αυτή η δραστηριότητα συνδέει τις γνώσεις τους από τη φυσική, τα μαθηματικά και την τεχνολογία, ενώ ταυτόχρονα τους δίνει τη δυνατότητα να εργαστούν σε ένα πραγματικό πρόβλημα που αφορά την κοινωνία (Emmanuel & Alexandra, 2020).

2.2.6. Υποστήριξη των εκπαιδευτικών για την ενσωμάτωση του Arduino στο πρόγραμμα σπουδών

Η επιτυχής ενσωμάτωση του Arduino στο πρόγραμμα σπουδών απαιτεί την κατάλληλη εκπαίδευση και υποστήριξη των εκπαιδευτικών. Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να εξοικειωθούν με τη χρήση του Arduino και να κατανοήσουν πώς μπορούν να το χρησιμοποιήσουν για να ενισχύσουν τη διδασκαλία τους. Η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών αποτελεί ένα κρίσιμο στοιχείο για την επιτυχή ενσωμάτωση της τεχνολογίας στην εκπαίδευση, και θα πρέπει να περιλαμβάνει τόσο τη θεωρητική εκπαίδευση όσο και πρακτικές ασκήσεις (Ntourou et al., 2021).

Η χρήση του Arduino στο πρόγραμμα σπουδών πρέπει να είναι ενταγμένη στο συνολικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα και να συνδέεται με τους ευρύτερους μαθησιακούς στόχους της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Με αυτόν τον τρόπο, η τεχνολογία δεν θα λειτουργεί αυτόνομα, αλλά θα είναι μέρος μιας ολιστικής προσέγγισης στη διδασκαλία, η οποία θα ενισχύει τη μάθηση μέσα από τη συνεργασία, την κριτική σκέψη και την επίλυση προβλημάτων (Lodi & Martini, 2021).

Το Arduino ειδικά στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, μπορεί να ενσωματωθεί σε διάφορα επιστημονικά πεδία, ενισχύοντας τη βιωματική μάθηση και τη διαδραστική κατανόηση. Τα πεδία της φυσικής, της μηχανικής και της περιβαλλοντικής επιστήμης επωφελούνται ιδιαίτερα από τη χρήση του Arduino, καθώς προσφέρει τη δυνατότητα για πειραματισμό και εφαρμογή θεωρητικών γνώσεων σε πραγματικά σενάρια.

Φυσική

Η φυσική είναι ένα από τα επιστημονικά πεδία που επωφελούνται σημαντικά από την ενσωμάτωση του Arduino στην εκπαιδευτική διαδικασία. Οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το Arduino για να δημιουργήσουν projects που σχετίζονται με τη μέτρηση και την κατανόηση βασικών φυσικών φαινομένων, όπως η κίνηση, η δύναμη, η ενέργεια και η θερμοκρασία.

Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν αισθητήρες κίνησης συνδεδεμένους στο Arduino για να μετρήσουν την ταχύτητα και την επιτάχυνση αντικειμένων. Αυτό τους επιτρέπει να κατανοήσουν τους νόμους της κίνησης του Νεύτωνα μέσα από πειράματα και πρακτική εφαρμογή. Παράλληλα, με τη χρήση αισθητήρων θερμοκρασίας, οι μαθητές μπορούν να παρακολουθήσουν τη θερμοκρασία σε πραγματικό χρόνο και να κατανοήσουν τις έννοιες της μεταφοράς θερμότητας, της αγωγιμότητας και της θερμοχωρητικότητας (Ntourou et al., 2021).

Επιπλέον, το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ηλεκτρικών κυκλωμάτων, επιτρέποντας στους μαθητές να πειραματιστούν με λάμπες LED, διακόπτες, αντιστάσεις και άλλες ηλεκτρικές συσκευές. Αυτό βοηθά στην κατανόηση της ηλεκτρικής ενέργειας, της αντίστασης και της τάσης, ενισχύοντας τη θεωρητική μάθηση με πρακτικά projects (Sousa et al., 2019).

Μηχανική

Η μηχανική είναι ένα άλλο πεδίο που επωφελείται σε μεγάλο βαθμό από τη χρήση του Arduino. Η εκπαίδευση στη μηχανική, ακόμα και στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, μπορεί να ενισχυθεί μέσω της κατασκευής και του προγραμματισμού ρομποτικών συστημάτων. Το Arduino προσφέρει ένα ευέλικτο περιβάλλον για την κατασκευή τέτοιων projects, τα οποία ενθαρρύνουν τους μαθητές να σκεφτούν κριτικά και να εφαρμόσουν γνώσεις μηχανικής και προγραμματισμού.

Ένα από τα πιο δημοφιλή projects που συνδέονται με τη μηχανική είναι η κατασκευή ενός αυτόνομου ρομπότ. Οι μαθητές χρησιμοποιούν το Arduino για να προγραμματίσουν το ρομπότ να εκτελεί συγκεκριμένες ενέργειες, όπως να κινείται σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση ή να αποφεύγει εμπόδια χρησιμοποιώντας αισθητήρες. Αυτή η δραστηριότητα βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν βασικές αρχές της μηχανικής, όπως η σχεδίαση συστημάτων, η αυτοματοποίηση και ο έλεγχος μηχανών (Dorouka et al., 2020).

Παράλληλα, οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν και πιο σύνθετα μηχανικά συστήματα που περιλαμβάνουν μοτέρ, γρανάζια και άλλους μηχανισμούς κίνησης. Μέσα από τη διαδικασία κατασκευής και προγραμματισμού, οι μαθητές αναπτύσσουν δεξιότητες που σχετίζονται με τη μηχανική σχεδίαση και την κατασκευή, ενώ παράλληλα εξοικειώνονται με τον τρόπο που λειτουργούν τα ρομποτικά συστήματα στον πραγματικό κόσμο (Sezgintürk & Sungur, 2020).

Περιβάλλον

Η περιβαλλοντική επιστήμη είναι ένα ακόμα πεδίο που επωφελείται από τη χρήση του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση αφού επιτρέπει στους μαθητές να παρακολουθούν και να καταγράφουν δεδομένα σχετικά με το περιβάλλον τους, προσφέροντάς τους τη δυνατότητα να κατανοήσουν τη λειτουργία του φυσικού κόσμου και την επίδραση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων σε αυτόν.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η κατασκευή ενός συστήματος παρακολούθησης ποιότητας αέρα με τη βοήθεια της χρήσης του Arduino. Με τη βοήθεια αισθητήρων, οι

μαθητές μπορούν να μετρήσουν τα επίπεδα ρύπων στον αέρα, όπως CO₂ ή μονοξείδιο του άνθρακα, και να αναλύσουν πώς οι διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα. Μέσα από αυτήν τη δραστηριότητα, οι μαθητές έρχονται σε επαφή με έννοιες της περιβαλλοντικής επιστήμης και της χημείας, ενώ παράλληλα αναπτύσσουν δεξιότητες ανάλυσης δεδομένων (Yongqiang et al., 2018).

Επιπλέον, οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν ένα σύστημα παρακολούθησης των καιρικών συνθηκών, χρησιμοποιώντας αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας και πίεσης. Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές μαθαίνουν πώς να συλλέγουν και να αναλύουν δεδομένα που αφορούν το περιβάλλον, ενισχύοντας την κατανόησή τους για τη μετεωρολογία και τις κλιματικές αλλαγές. Αυτός ο τύπος δραστηριότητας βοηθά τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν τη σημασία της περιβαλλοντικής προστασίας και τους δίνει τα εργαλεία για να κατανοήσουν πώς οι τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση και τη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος (Nižetić et al., 2020).

2.3. Παιδαγωγικές προσεγγίσεις και μεθοδολογίες

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας στην εκπαίδευση απαιτεί την υιοθέτηση κατάλληλων παιδαγωγικών προσεγγίσεων, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη εκπαιδευτική αξία. Το Arduino, ως τεχνολογικό εργαλείο, υποστηρίζει και ενισχύει σύγχρονες μεθοδολογίες μάθησης, όπως η καθοδηγούμενη μάθηση (inquiry-based learning) και η μάθηση μέσω project (project-based learning), που εστιάζουν στη βιωματική και ενεργητική συμμετοχή των μαθητών.

2.3.1. Καθοδηγούμενη μάθηση (inquiry-based learning) και Arduino

Η καθοδηγούμενη μάθηση, γνωστή ως inquiry-based learning, αποτελεί μια από τις πιο σύγχρονες παιδαγωγικές προσεγγίσεις που ενθαρρύνουν τους μαθητές να εξερευνούν, να πειραματίζονται και να δημιουργούν γνώσεις μέσω της έρευνας και της ανακάλυψης. Σε αυτή την προσέγγιση, οι μαθητές δεν λαμβάνουν παθητικά πληροφορίες, αλλά καθοδηγούνται να διατυπώνουν ερωτήματα, να σχεδιάζουν πειράματα και να αναλύουν δεδομένα με στόχο να επιλύσουν προβλήματα. Το Arduino παρέχει ένα ιδανικό περιβάλλον για την εφαρμογή της καθοδηγούμενης μάθησης, καθώς οι μαθητές μπορούν

να πειραματιστούν με πραγματικά δεδομένα και να εξερευνήσουν διάφορες τεχνολογικές και επιστημονικές έννοιες (Ntourou et al., 2021).

Για παράδειγμα, στο πλαίσιο της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το Arduino για να δημιουργήσουν πειράματα που μετρούν τη θερμοκρασία, την υγρασία ή την ένταση του φωτός. Οι εκπαιδευτικοί αναλαμβάνουν τον ρόλο του καθοδηγητή, βοηθώντας τους μαθητές να σχεδιάσουν πειράματα, να συλλέξουν δεδομένα μέσω του Arduino και να αναλύσουν τα αποτελέσματα.

Η συγκεκριμένη παιδαγωγική προσέγγιση προωθεί τη διερευνητική σκέψη, ενθαρρύνοντας τους μαθητές να αναπτύξουν τις δεξιότητες της παρατήρησης, της ανάλυσης και της εξαγωγής συμπερασμάτων. Καθώς εργάζονται με το Arduino, οι μαθητές αντιμετωπίζουν πραγματικά δεδομένα, τα οποία τους επιτρέπουν να δοκιμάσουν τις θεωρητικές γνώσεις που έχουν αποκτήσει, να ανακαλύψουν νέες πληροφορίες και να βελτιώσουν την κατανόηση τους για το περιβάλλον και τη λειτουργία των επιστημονικών φαινομένων (Yusop et al., 2024). Επιπλέον, η καθοδηγούμενη μάθηση με το Arduino προάγει τη συνεργασία, καθώς οι μαθητές συχνά εργάζονται σε ομάδες για την υλοποίηση των πειραμάτων, ανταλλάσσοντας ιδέες και απόψεις.

2.3.2. Μάθηση μέσω project (project-based learning) και Arduino

Η μάθηση μέσω project (project-based learning) είναι μια άλλη σημαντική παιδαγωγική προσέγγιση που ενισχύεται σημαντικά μέσω της χρήσης του Arduino. Στη μάθηση μέσω project, οι μαθητές καλούνται να εργαστούν πάνω σε μεγαλύτερα, πολυδιάστατα projects, στα οποία εφαρμόζουν τις γνώσεις που έχουν αποκτήσει για να επιλύσουν πραγματικά προβλήματα ή να δημιουργήσουν καινοτόμες λύσεις. Το Arduino παρέχει ένα εξαιρετικό εργαλείο για την ανάπτυξη τέτοιων projects, καθώς επιτρέπει στους μαθητές να σχεδιάσουν και να υλοποιήσουν διαδραστικά συστήματα που συνδυάζουν την επιστήμη, την τεχνολογία και τη μηχανική (Coenraad et al., 2022).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μάθησης μέσω project με το Arduino είναι η κατασκευή ενός αυτόνομου ρομπότ. Οι μαθητές ξεκινούν από τη σχεδίαση του ρομπότ, επιλέγοντας τα υλικά και τα εξαρτήματα που θα χρησιμοποιήσουν. Στη συνέχεια, χρησιμοποιούν το Arduino για να προγραμματίσουν το ρομπότ να εκτελεί συγκεκριμένες

ενέργειες, όπως να κινείται προς μια κατεύθυνση ή να αποφεύγει εμπόδια. Κατά τη διάρκεια του project, οι μαθητές αναπτύσσουν δεξιότητες προγραμματισμού, μηχανικής και επίλυσης προβλημάτων, ενώ ταυτόχρονα ενισχύεται η συνεργασία και η δημιουργικότητά τους (Sezgintürk & Sungur, 2020).

Η μάθηση μέσω project προσφέρει στους μαθητές την ευκαιρία να συνδυάσουν διάφορες γνωστικές δεξιότητες και να εφαρμόσουν γνώσεις από διαφορετικά επιστημονικά πεδία. Ένα άλλο τυπικό project είναι η δημιουργία ενός συστήματος παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων. Οι μαθητές χρησιμοποιούν αισθητήρες που συνδέονται στο Arduino για να μετρήσουν δεδομένα, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία ή η ποιότητα του αέρα, και αναλύουν τα δεδομένα που συλλέγουν για να βγάλουν συμπεράσματα σχετικά με το περιβάλλον τους. Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές αναπτύσσουν δεξιότητες ανάλυσης δεδομένων, επιστημονικής σκέψης και επίλυσης πραγματικών προβλημάτων (Nižetić et al., 2020).

Ένα από τα μεγαλύτερα οφέλη της μάθησης μέσω project είναι η εφαρμογή των θεωρητικών γνώσεων σε πραγματικά προβλήματα, κάνοντας τη μάθηση πιο ουσιαστική και πρακτική για τους μαθητές. Το Arduino, ως εργαλείο μάθησης, επιτρέπει στους μαθητές να βλέπουν άμεσα τα αποτελέσματα των πειραμάτων και των project τους, προσφέροντας μια ικανοποιητική αίσθηση επίτευξης και επιτυχίας.

Εκτός από την καθοδηγούμενη μάθηση και τη μάθηση μέσω project, το Arduino υποστηρίζει επίσης άλλες σύγχρονες παιδαγωγικές προσεγγίσεις, όπως η συνεργατική μάθηση, η βιωματική μάθηση και η μάθηση μέσω παιχνιδιού.

2.3.3. Συνεργατική και βιωματική μάθηση

Η συνεργατική μάθηση (collaborative learning) ενισχύεται σημαντικά μέσω της χρήσης του Arduino, καθώς οι μαθητές συχνά εργάζονται σε ομάδες για την ολοκλήρωση των project τους. Σε κάθε ομάδα, οι μαθητές αναλαμβάνουν διαφορετικούς ρόλους, όπως τον προγραμματισμό, τη σχεδίαση ή τη συλλογή δεδομένων, κάτι που τους ενθαρρύνει να συνεργάζονται για την επίτευξη ενός κοινού στόχου. Αυτή η προσέγγιση καλλιεργεί τις κοινωνικές δεξιότητες των μαθητών και τους βοηθά να αναπτύξουν ικανότητες συνεργασίας και επικοινωνίας (Vidal-Silva et al., 2019).

Η βιωματική μάθηση (experiential learning) αποτελεί μια άλλη προσέγγιση που μπορεί να υποστηριχθεί από τη χρήση του Arduino. Στη βιωματική μάθηση, οι μαθητές μαθαίνουν μέσω της εμπειρίας και της πράξης, αντί να βασίζονται μόνο σε θεωρητική διδασκαλία. Μέσω του Arduino, οι μαθητές μπορούν να συμμετάσχουν ενεργά σε πειράματα και projects που συνδυάζουν την πράξη με τη μάθηση, ενισχύοντας την κατανόησή τους για τις επιστημονικές και τεχνολογικές έννοιες.

2.3.4. Μάθηση μέσω παιχνιδιού

Επίσης, η μάθηση μέσω παιχνιδιού (game-based learning) μπορεί να εφαρμοστεί με τη χρήση του Arduino. Οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν διαδραστικά παιχνίδια που ενσωματώνουν επιστημονικές και τεχνολογικές έννοιες, κάνοντας τη μάθηση διασκεδαστική και ελκυστική. Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να προγραμματίσουν ένα παιχνίδι που χρησιμοποιεί αισθητήρες για να καταγράφει κίνηση ή να δημιουργήσουν ένα παιχνίδι λογικής που απαιτεί από τους παίκτες να λύσουν μαθηματικά προβλήματα. Αυτή η προσέγγιση συνδυάζει τη μάθηση με το παιχνίδι, προσφέροντας στους μαθητές τη δυνατότητα να αναπτύξουν δεξιότητες με έναν ευχάριστο και διασκεδαστικό τρόπο (Mollo et al., 2016).

Η σύγχρονη εκπαίδευση στοχεύει στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες για τον 21ο αιώνα, όπως η κριτική σκέψη, η συνεργασία και η δημιουργικότητα. Αυτές οι δεξιότητες θεωρούνται κρίσιμες για την επιτυχία των μαθητών σε έναν κόσμο που συνεχώς εξελίσσεται, με την τεχνολογία να διαδραματίζει κεντρικό ρόλο σε κάθε πτυχή της ζωής. Το Arduino, ως εκπαιδευτικό εργαλείο, έχει αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμο για την καλλιέργεια αυτών των δεξιοτήτων, καθώς ενθαρρύνει τους μαθητές να εμπλακούν ενεργά στη μάθηση και να αναπτύξουν πρακτικές και δημιουργικές λύσεις σε πραγματικά προβλήματα.

Η κριτική σκέψη είναι μία από τις πιο σημαντικές δεξιότητες που απαιτούνται για τον 21ο αιώνα, καθώς επιτρέπει στους μαθητές να αναλύουν πληροφορίες, να αξιολογούν διαφορετικές επιλογές και να λαμβάνουν λογικές αποφάσεις. Μέσω της χρήσης του Arduino, οι μαθητές αναπτύσσουν τη δεξιότητα αυτή, καθώς καλούνται να λύσουν

προβλήματα που σχετίζονται με την κατασκευή και τον προγραμματισμό ηλεκτρονικών συστημάτων.

Όταν οι μαθητές δημιουργούν ένα project με το Arduino, όπως η κατασκευή ενός συστήματος φωτισμού που ενεργοποιείται από έναν αισθητήρα κίνησης, πρέπει να αναλύσουν τις λειτουργίες του κυκλώματος, να σκεφτούν πώς οι διαφορετικές εισόδους επηρεάζουν το αποτέλεσμα και να τροποποιήσουν τον κώδικα ώστε να λειτουργεί σωστά το σύστημα. Αυτή η διαδικασία τους επιτρέπει να αναπτύξουν αναλυτική σκέψη και να λύσουν προβλήματα μέσα από πειραματισμό και αξιολόγηση (Sousa et al., 2019).

Η συνεργασία είναι μια εξίσου σημαντική δεξιότητα για τον 21ο αιώνα, καθώς οι μαθητές πρέπει να μάθουν να εργάζονται αποτελεσματικά σε ομάδες και να συνεργάζονται για την επίτευξη ενός κοινού στόχου. Η χρήση του Arduino στην εκπαίδευση προάγει τη συνεργατική μάθηση, καθώς οι μαθητές συχνά καλούνται να δουλέψουν σε ομάδες για να ολοκληρώσουν projects που απαιτούν πολλαπλές δεξιότητες, όπως ο προγραμματισμός, η σχεδίαση και η κατασκευή.

Για παράδειγμα, σε ένα project όπου οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν ένα ρομπότ με Arduino, κάθε μέλος της ομάδας μπορεί να αναλάβει διαφορετικό ρόλο, όπως τον προγραμματισμό του ρομπότ, τη συνδεσμολογία των αισθητήρων ή την κατασκευή του μηχανισμού κίνησης. Αυτή η συνεργατική διαδικασία ενισχύει την αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών, τους διδάσκει την αξία της ομαδικής εργασίας και τους βοηθά να αναπτύξουν δεξιότητες επικοινωνίας και διαχείρισης έργων (Ntourou et al., 2021).

Η δημιουργικότητα είναι μια δεξιότητα που ενθαρρύνεται ιδιαίτερα από τη χρήση του Arduino, καθώς το εργαλείο αυτό παρέχει στους μαθητές τη δυνατότητα να δημιουργήσουν και να πειραματιστούν με διάφορες λύσεις σε πραγματικά προβλήματα. Η δυνατότητα του Arduino να συνδέεται με πληθώρα αισθητήρων, κινητήρων και άλλων εξαρτημάτων επιτρέπει στους μαθητές να σχεδιάσουν και να υλοποιήσουν καινοτόμα projects, όπως αυτοματοποιημένα συστήματα ελέγχου ή διαδραστικά παιχνίδια.

Η ευελιξία του Arduino ενθαρρύνει τους μαθητές να σκέφτονται έξω από τα καθιερωμένα πλαίσια, να συνδυάζουν γνώσεις από διάφορα πεδία και να δημιουργούν μοναδικές λύσεις που ανταποκρίνονται στις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν. Για

παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το Arduino για να δημιουργήσουν ένα περιβαλλοντικό σύστημα που παρακολουθεί και αναλύει δεδομένα όπως η θερμοκρασία και η υγρασία, ενθαρρύνοντας έτσι τη δημιουργική σκέψη και την καινοτομία (Kaliampou et al., 2020).

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της χρήσης του Arduino στην εκπαίδευση είναι η δυνατότητα εφαρμογής των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα σε πραγματικά προβλήματα. Οι μαθητές δεν περιορίζονται στη θεωρητική μάθηση, αλλά καλούνται να δημιουργήσουν λύσεις που μπορούν να έχουν πρακτική αξία. Αυτό κάνει τη μάθηση πιο σχετική και ενδιαφέρουσα, ενθαρρύνοντας τους μαθητές να εμπλακούν ενεργά στη διαδικασία.

Οι μαθητές μπορούν για παράδειγμα να χρησιμοποιήσουν το Arduino για να δημιουργήσουν ένα σύστημα εξοικονόμησης ενέργειας στο σχολείο τους, το οποίο ελέγχει τα φώτα βάσει των επιπέδων φυσικού φωτισμού ή της παρουσίας ανθρώπων σε ένα δωμάτιο. Αυτός ο τύπος project όχι μόνο καλλιεργεί τις δεξιότητες της κριτικής σκέψης, της συνεργασίας και της δημιουργικότητας, αλλά τους ενθαρρύνει επίσης να σκέφτονται πιο υπεύθυνα και να συνειδητοποιήσουν τις δυνατότητες των τεχνολογιών στην επίλυση προβλημάτων που επηρεάζουν την καθημερινή ζωή (Nordby et al., 2022).

2.4. Προκλήσεις και Περιορισμοί

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας **Arduino** στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση προσφέρει πολλά οφέλη, ωστόσο συνοδεύεται και από αρκετές προκλήσεις και περιορισμούς. Οι εκπαιδευτικοί και τα σχολεία έρχονται αντιμέτωποι με δυσκολίες, όπως η εκπαίδευση των δασκάλων, οι υλικοτεχνικές υποδομές, καθώς και τα προβλήματα στην κατανόηση που ενδέχεται να αντιμετωπίσουν οι μαθητές. Στην ενότητα αυτή, εξετάζονται οι βασικές δυσκολίες και περιορισμοί που σχετίζονται με την εφαρμογή του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, καθώς και τις πιθανές λύσεις που μπορούν να προσφέρουν οι εκπαιδευτικοί και οι διαμορφωτές πολιτικής.

Μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση είναι η ανάγκη για εκπαίδευση των δασκάλων. Το Arduino, ως τεχνολογικό εργαλείο, απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις για τον

προγραμματισμό, τη διαχείριση ηλεκτρονικών εξαρτημάτων και τη λειτουργία αισθητήρων και μικροελεγκτών. Πολλοί δάσκαλοι δεν διαθέτουν επαρκή εκπαίδευση ή εμπειρία σε αυτούς τους τομείς, γεγονός που καθιστά δύσκολη την ενσωμάτωση του Arduino στη διδασκαλία τους (Ntourou et al., 2021).

Είναι απαραίτητο να παρέχεται συνεχής επιμόρφωση στους εκπαιδευτικούς, ώστε να εξοικειωθούν με τη χρήση του Arduino και να αναπτύξουν τις κατάλληλες δεξιότητες για να το διδάξουν στους μαθητές. Τα σεμινάρια και οι εργαστηριακές ασκήσεις που επικεντρώνονται στην πρακτική χρήση του Arduino μπορούν να βοηθήσουν τους δασκάλους να αναπτύξουν την αυτοπεποίθησή τους στην εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής. Παράλληλα, η δημιουργία κοινοτήτων πρακτικής μεταξύ των δασκάλων μπορεί να διευκολύνει την ανταλλαγή εμπειριών και καλών πρακτικών σχετικά με τη χρήση του Arduino στην τάξη (Paucar-Curasma et al., 2022).

Ένα ακόμα σημαντικό εμπόδιο στην εφαρμογή του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση είναι η έλλειψη υλικοτεχνικών υποδομών στα σχολεία. Το Arduino απαιτεί τη χρήση ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, όπως αισθητήρες, LED, μοτέρ και άλλα εξαρτήματα, τα οποία δεν είναι πάντα εύκολα διαθέσιμα στα σχολεία. Επιπλέον, απαιτείται η ύπαρξη υπολογιστών για τον προγραμματισμό των μικροελεγκτών, καθώς και εξειδικευμένο λογισμικό για την υποστήριξη της διαδικασίας προγραμματισμού.

Πολλά σχολεία, ιδιαίτερα σε περιοχές με χαμηλότερη χρηματοδότηση, δεν διαθέτουν τα απαραίτητα μέσα για να υποστηρίξουν την εισαγωγή του Arduino στο εκπαιδευτικό τους πρόγραμμα. Η προμήθεια εξαρτημάτων και η συντήρηση των συστημάτων μπορεί να είναι δαπανηρή, ενώ οι εκπαιδευτικοί ενδέχεται να μην έχουν επαρκή υποστήριξη από τις διοικητικές αρχές για να εξασφαλίσουν τους απαραίτητους πόρους (García-Tudela & Marín-Marín, 2023).

Για να ξεπεραστεί αυτός ο περιορισμός, είναι απαραίτητο να αναζητηθούν τρόποι χρηματοδότησης και υποστήριξης από κρατικούς και ιδιωτικούς φορείς. Τα σχολεία μπορούν να συνεργαστούν με τοπικούς οργανισμούς, πανεπιστήμια ή ιδιωτικές εταιρείες που ενδιαφέρονται για την προώθηση της STEM εκπαίδευσης, ώστε να εξασφαλίσουν τα απαραίτητα εργαλεία και εξοπλισμό. Επιπλέον, μπορούν να εφαρμοστούν λύσεις που

περιλαμβάνουν τη χρήση προσομοιώσεων ή εικονικών εργαστηρίων για τη μείωση του κόστους των φυσικών εξαρτημάτων, ενώ ταυτόχρονα οι μαθητές θα έχουν την ευκαιρία να εξασκηθούν σε ένα ασφαλές και ελεγχόμενο περιβάλλον (Ntourou et al., 2021).

Μια άλλη πρόκληση που αντιμετωπίζουν τα σχολεία όταν ενσωματώνουν το Arduino στο πρόγραμμα σπουδών τους είναι ο χρόνος και η προσαρμογή του εκπαιδευτικού προγράμματος. Η χρήση του Arduino για την υλοποίηση projects απαιτεί αρκετό χρόνο, καθώς οι μαθητές πρέπει να μάθουν πώς να συνδέουν τα εξαρτήματα, να προγραμματίζουν τον μικροελεγκτή και να δοκιμάζουν το σύστημα. Αυτή η διαδικασία μπορεί να είναι χρονοβόρα και ενδέχεται να απαιτεί περισσότερες ώρες από αυτές που προβλέπονται για τα παραδοσιακά μαθήματα φυσικής ή τεχνολογίας.

Για να αντιμετωπιστεί αυτή η πρόκληση, είναι σημαντικό να γίνουν προσαρμογές στο πρόγραμμα σπουδών, ώστε να δοθεί επαρκής χρόνος για την εκτέλεση projects με το Arduino. Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας αυτής σε διαθεματικές ενότητες μπορεί να βοηθήσει στη βέλτιστη αξιοποίηση του χρόνου, καθώς οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιούν το Arduino τόσο στα μαθήματα φυσικών επιστημών όσο και στα μαθηματικά ή την τεχνολογία. Παράλληλα, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να χρησιμοποιούν τη μάθηση μέσω project (project-based learning) για να συνδυάσουν διάφορα μαθήματα και να επιτρέψουν στους μαθητές να εργάζονται σε projects που καλύπτουν πολλές γνωστικές περιοχές ταυτόχρονα (Patel et al., 2019).

Μία από τις βασικές δυσκολίες που ενδέχεται να αντιμετωπίσουν οι μαθητές κατά τη χρήση του Arduino είναι η κατανόηση των σύνθετων εννοιών που σχετίζονται με τον προγραμματισμό και τη λειτουργία των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Οι μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης μπορεί να δυσκολεύονται να κατανοήσουν πώς λειτουργούν τα κυκλώματα, οι αισθητήρες και οι μικροελεγκτές, καθώς αυτές οι έννοιες είναι πιο αφηρημένες σε σχέση με τα παραδοσιακά εκπαιδευτικά αντικείμενα.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το ζήτημα, είναι απαραίτητο οι δάσκαλοι να χρησιμοποιούν απλές και πρακτικές προσεγγίσεις για να εξηγήσουν τις έννοιες που σχετίζονται με το Arduino. Η χρήση απλών παραδειγμάτων και καθημερινών εφαρμογών μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τη λειτουργία των συστημάτων και να

συνδέσουν τις γνώσεις τους με πραγματικά προβλήματα. Επιπλέον, η δημιουργία projects που αφορούν την καθημερινή ζωή των μαθητών, όπως η κατασκευή ενός φωτιστικού με αισθητήρα κίνησης, μπορεί να τους ενθαρρύνει να εμπλακούν ενεργά και να κατανοήσουν καλύτερα τις επιστημονικές και τεχνολογικές έννοιες (Ntourou et al., 2021).

Ένα άλλο πρόβλημα που μπορεί να προκύψει είναι η διαφοροποίηση των μαθησιακών αναγκών των μαθητών. Κάθε μαθητής μαθαίνει με διαφορετικό ρυθμό και έχει διαφορετικές ανάγκες και επίπεδα κατανόησης. Κάποιοι μαθητές μπορεί να έχουν μεγαλύτερη δυσκολία στην κατανόηση του προγραμματισμού, ενώ άλλοι μπορεί να δυσκολεύονται με τα φυσικά μέρη του project, όπως η κατασκευή των κυκλωμάτων.

Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να εφαρμόσουν εξατομικευμένες προσεγγίσεις στη διδασκαλία, ώστε να καλύψουν τις διαφορετικές μαθησιακές ανάγκες των μαθητών. Η δημιουργία ομαδικών projects, όπου οι μαθητές εργάζονται συνεργατικά και ο ένας βοηθά τον άλλο, μπορεί να είναι ένας τρόπος να ενισχυθεί η μάθηση και να αντιμετωπιστούν οι αδυναμίες των μαθητών. Επίσης, η χρήση διαφόρων εργαλείων και μεθόδων διδασκαλίας, όπως η χρήση προσομοιώσεων και παιχνιδιών μάθησης, μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τις έννοιες (Lee, 2020).

3. Μεθοδολογία

3.1. Σκοπός Έρευνας και Επιλογή Συστηματικής Ανασκόπησης

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να εξεταστεί η χρήση του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση για την εκμάθηση των επιστημών. Συγκεκριμένα, στόχος είναι να αναλυθούν οι υπάρχουσες μελέτες που έχουν διεξαχθεί για να αποτιμηθεί η αποτελεσματικότητα του Arduino ως εργαλείο διδασκαλίας, καθώς και οι εκπαιδευτικές μέθοδοι που ενσωματώνουν αυτήν την τεχνολογία. Για να επιτευχθεί αυτό, επιλέχθηκε η συστηματική ανασκόπηση ως μέθοδος έρευνας.

Η συστηματική ανασκόπηση αποτελεί μια επιστημονική και αυστηρά δομημένη διαδικασία συλλογής, ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων από πρωτογενείς μελέτες, με στόχο την εξαγωγή συνολικών συμπερασμάτων. Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε διότι προσφέρει τη δυνατότητα να ενσωματωθούν δεδομένα από πολλές έρευνες, παρέχοντας μια πλήρη και αντικειμενική εικόνα του πεδίου. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της συστηματικής ανασκόπησης είναι η διαφάνεια της μεθόδου, καθώς όλα τα στάδια, από την επιλογή των μελετών έως την ανάλυση, τεκμηριώνονται και αιτιολογούνται με σαφήνεια. Επιπλέον, μέσω της συστηματικής ανασκόπησης, είναι δυνατή η σύγκριση διαφορετικών ερευνητικών προσεγγίσεων και η ανάδειξη τάσεων και κενών στην υπάρχουσα βιβλιογραφία. Στο πλαίσιο αυτής της έρευνας, η συστηματική ανασκόπηση επιλέχθηκε ως κατάλληλη μέθοδος, καθώς συνδυάζει τη συνολική αποτίμηση του θέματος με τη δυνατότητα κριτικής ανάλυσης της βιβλιογραφίας.

3.2. Διαδικασία Αναζήτησης

3.2.1. Βάσεις Δεδομένων

Για τη συλλογή των δεδομένων, πραγματοποιήθηκε συστηματική αναζήτηση σε τρεις βάσεις δεδομένων: Google Scholar, Scopus και SpringerLink. Η επιλογή αυτών των βάσεων δεδομένων έγινε λόγω της ευρείας κάλυψης που παρέχουν σε θέματα εκπαιδευτικής τεχνολογίας και των σύγχρονων μελετών που περιλαμβάνουν. Το Google Scholar προσφέρει ανοιχτή πρόσβαση σε μεγάλο εύρος ερευνητικών άρθρων, ενώ η

Scopus διαθέτει εξειδικευμένα άρθρα υψηλής ποιότητας και ευρείας αναγνώρισης. Η SpringerLink επιλέχθηκε για την κάλυψή της σε επιστημονικά πεδία όπως η εκπαίδευση και οι εφαρμογές τεχνολογίας.

3.2.2. Λέξεις-κλειδιά και Συνδυασμοί

Για την αναζήτηση των σχετικών μελετών χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένες λέξεις-κλειδιά και συνδυασμοί αυτών, ώστε να εντοπιστούν οι πιο κατάλληλες ερευνητικές εργασίες. Οι λέξεις-κλειδιά επιλέχθηκαν με βάση το σκοπό της έρευνας, εστιάζοντας στη χρήση του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση για την εκμάθηση επιστημών. Παρουσιάζονται παρακάτω τόσο στα ελληνικά όσο και στα αγγλικά:

Λέξεις Κλειδιά στα Ελληνικά:

- Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση
- Arduino για διδασκαλία επιστημών
- Εκπαιδευτική ρομποτική και Arduino
- STEM και Arduino
- Χρήση Arduino στην εκπαίδευση
- Arduino για διδασκαλία φυσικών επιστημών

Λέξεις Κλειδιά στα Αγγλικά:

- Arduino in primary education
- Arduino for science teaching
- Educational robotics and Arduino
- STEM and Arduino
- Use of Arduino in education
- Arduino for teaching physical sciences

Οι παραπάνω λέξεις-κλειδιά συνδυάστηκαν μέσω λογικών συνδέσμων (Boolean operators) όπως AND, OR, και NOT για να διασφαλιστεί η ακρίβεια και η πληρότητα των αποτελεσμάτων. Για παράδειγμα, οι φράσεις "Arduino AND primary education" και

"Arduino AND science education" χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των σχετικών μελετών.

3.2.3. Κριτήρια Εισόδου και Αποκλεισμού

Για τη συστηματική ανασκόπηση εφαρμόστηκαν συγκεκριμένα κριτήρια εισόδου και αποκλεισμού, ώστε να διασφαλιστεί η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων. Αυτά τα κριτήρια είναι τα εξής:

Κριτήρια Εισόδου:

- **Χρονικά Κριτήρια:** Ενσωματώθηκαν μελέτες που έχουν δημοσιευθεί μετά το 2018. Ο περιορισμός αυτός επιλέχθηκε ώστε να συμπεριληφθούν οι πιο πρόσφατες και ενημερωμένες έρευνες που σχετίζονται με το θέμα.
- **Φύση Μελετών:** Συμπεριλήφθηκαν μόνο πρωτογενείς έρευνες, οι οποίες βασίζονται σε εμπειρικά δεδομένα και περιγράφουν πρακτικές εφαρμογές του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.
- **Βαθμίδα Εκπαίδευσης:** Οι μελέτες έπρεπε να περιλαμβάνουν εφαρμογές στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ακόμα κι αν συνδυάζονται με άλλες βαθμίδες (π.χ. δευτεροβάθμια). Η πρωτοβάθμια εκπαίδευση έπρεπε να αποτελεί μέρος της έρευνας.
- **Πεδίο Εφαρμογής:** Οι μελέτες έπρεπε να αφορούν την εφαρμογή του Arduino για τη διδασκαλία επιστημών, όπως φυσική, χημεία, βιολογία, ή άλλες συναφείς επιστήμες.

Κριτήρια Αποκλεισμού:

- **Δευτερογενείς Έρευνες:** Εξαιρέθηκαν reviews, συστηματικές ανασκοπήσεις και μετα-αναλύσεις, καθώς η παρούσα έρευνα εστιάζει σε πρωτογενείς μελέτες με εμπειρικά δεδομένα.
- **Χρονικά Κριτήρια:** Μελέτες που δημοσιεύθηκαν πριν το 2018 αποκλείστηκαν.
- **Βαθμίδα Εκπαίδευσης:** Μελέτες που δεν περιλάμβαναν μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης αποκλείστηκαν. Για παράδειγμα, έρευνες που εστιάζουν

αποκλειστικά στη δευτεροβάθμια ή την τριτοβάθμια εκπαίδευση δεν συμπεριλήφθηκαν.

- **Πεδίο Εφαρμογής:** Εξαιρέθηκαν μελέτες που χρησιμοποιούσαν το Arduino για άλλους σκοπούς πέρα από τη διδασκαλία επιστημών, όπως η εκπαίδευση προγραμματισμού χωρίς σύνδεση με επιστημονικά πεδία.

Τα κριτήρια αυτά σχεδιάστηκαν ώστε να διασφαλιστεί ότι η παρούσα συστηματική ανασκόπηση επικεντρώνεται αποκλειστικά στη χρήση του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση για την εκμάθηση των επιστημών.

3.2.4. Διαδικασία Επιλογής Άρθρων

Η διαδικασία επιλογής των άρθρων για τη συστηματική ανασκόπηση ακολούθησε μια αυστηρά δομημένη προσέγγιση, με σκοπό να διασφαλιστεί η εγκυρότητα και η αξιοπιστία των τελικών επιλογών. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων που αναφέρθηκαν παραπάνω (Google Scholar, Scopus, SpringerLink), χρησιμοποιώντας τις λέξεις-κλειδιά και τους συνδυασμούς τους, τόσο στα ελληνικά όσο και στα αγγλικά. Οι αναζητήσεις περιλάμβαναν λογικούς συνδέσμους (Boolean operators), όπως AND, OR, και NOT, ώστε να περιοριστούν τα αποτελέσματα στις πιο σχετικές μελέτες.

Στο πρώτο στάδιο, οι μελέτες επιλέχθηκαν με βάση τον τίτλο τους. Εξετάστηκαν οι τίτλοι όλων των άρθρων που εξήχθησαν από τις βάσεις δεδομένων, με σκοπό να αξιολογηθεί η συνάφειά τους με το θέμα της συστηματικής ανασκόπησης. Μελέτες που δεν είχαν άμεση σχέση με την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, τη χρήση του Arduino ή τη διδασκαλία επιστημών αποκλείστηκαν ήδη σε αυτό το στάδιο.

Στη συνέχεια, προχώρησε η διαδικασία εξάλειψης διπλοεγγραφών. Δεδομένου ότι αρκετές μελέτες εμφανίζονται σε περισσότερες από μία βάσεις δεδομένων, οι διπλοεγγραφές αφαιρέθηκαν για να αποφευχθεί η περιττή επεξεργασία των ίδιων άρθρων. Αυτή η διαδικασία διενεργήθηκε με τη βοήθεια λογισμικού διαχείρισης αναφορών, όπως το Zotero, εξασφαλίζοντας τη μοναδικότητα κάθε άρθρου στη λίστα των επιλογών.

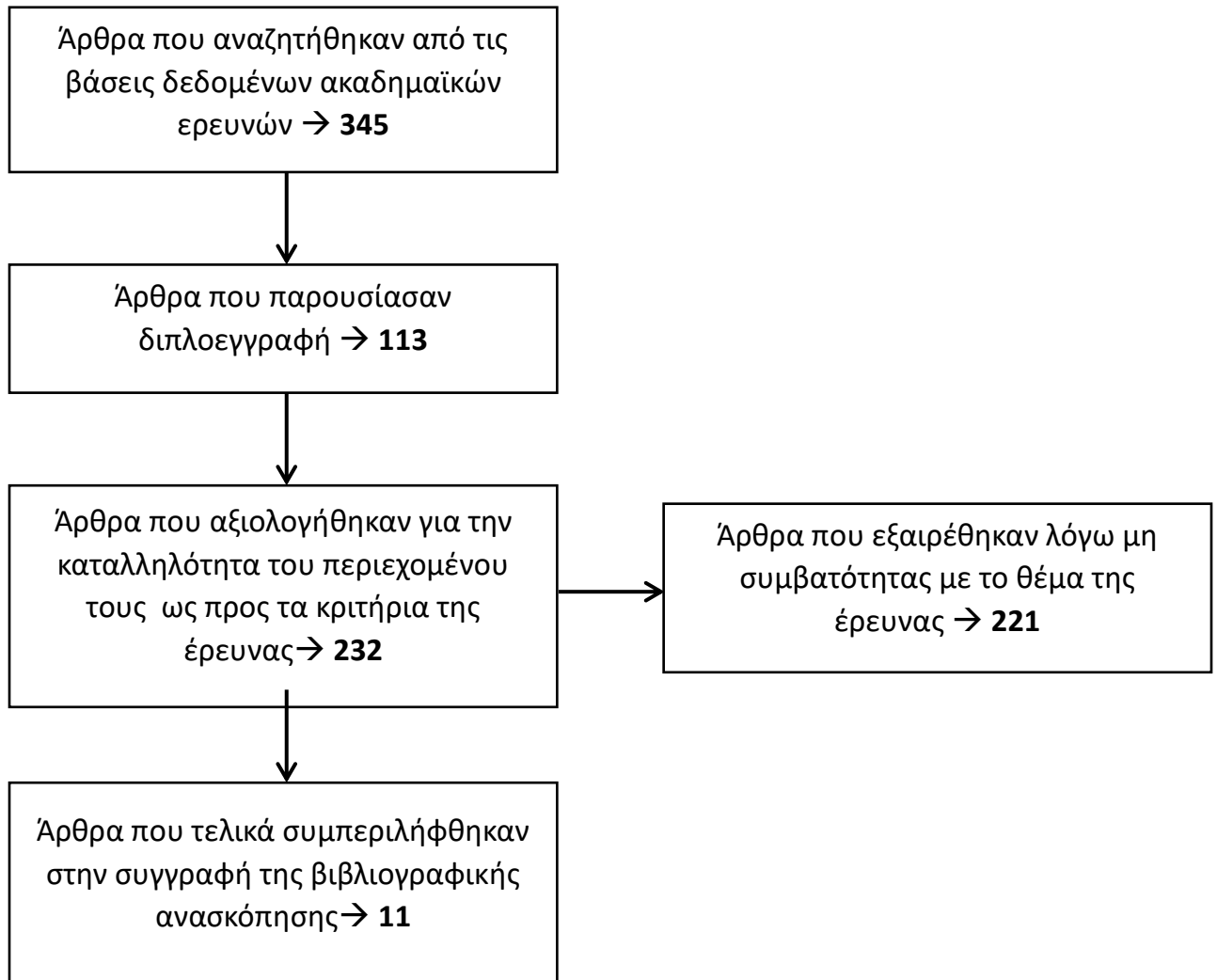
Στο τρίτο στάδιο, εξετάστηκαν οι περιλήψεις (abstracts) των μελετών. Σε αυτό το στάδιο, αξιολογήθηκε αν το περιεχόμενο των περιλήψεων συνδέεται άμεσα με το θέμα της έρευνας, και αν πληροί τα προκαθορισμένα κριτήρια εισόδου. Μελέτες που είχαν ασάφεια στο σκοπό τους ή δεν ανέφεραν σαφώς τη χρήση του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση αποκλείστηκαν.

Τέλος, οι επιλεγμένες μελέτες εξετάστηκαν μία προς μία με βάση το πλήρες περιεχόμενό τους. Σε αυτό το στάδιο, ελέγχθηκαν λεπτομερώς οι ερευνητικοί στόχοι, η μεθοδολογία, τα δείγματα και τα αποτελέσματα για να επιβεβαιωθεί ότι πληρούνται όλα τα κριτήρια εισόδου. Μελέτες που φαινόταν να είναι σχετικές από τον τίτλο ή την περίληψή τους αλλά δεν ικανοποιούσαν πλήρως τα κριτήρια στο περιεχόμενό τους, εξαιρέθηκαν από την τελική ανάλυση.

3.2.5. Επιλογή Τελικών Μελετών

Από τη διαδικασία επιλογής που περιγράφηκε παραπάνω, προέκυψαν τελικά 11 μελέτες που πληρούσαν τα κριτήρια εισόδου και κρίθηκαν κατάλληλες για τη συστηματική ανασκόπηση. Οι μελέτες αυτές ανταποκρίνονται πλήρως στους στόχους της έρευνας, καθώς εστιάζουν στη χρήση του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση για την εκμάθηση επιστημών, ενώ παράλληλα καλύπτουν τα χρονικά και θεματικά κριτήρια που τέθηκαν. Αρχικά, από τις βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, αναζητήθηκαν συνολικά 345 άρθρα. Κατά την επεξεργασία των δεδομένων, εντοπίστηκαν 113 διπλοεγγραφές, δηλαδή μελέτες που εμφανίζονταν παράλληλα σε περισσότερες από μία βάσεις. Οι διπλοεγγραφές αφαιρέθηκαν και προχώρησε η αξιολόγηση των υπολοίπων άρθρων, η οποία βασίστηκε στην καταλληλότητα του περιεχομένου τους σε σχέση με τα κριτήρια της έρευνας. Συνολικά, αξιολογήθηκαν 232 άρθρα, ενώ 221 εξ αυτών αποκλείστηκαν καθώς διαπιστώθηκε ότι δεν ήταν συμβατά με το θέμα της έρευνας. Για παράδειγμα, μελέτες που αφορούσαν αποκλειστικά τη δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια εκπαίδευση, ή που εστίαζαν σε γενικές χρήσεις του Arduino χωρίς σύνδεση με τη διδασκαλία επιστημών, εξαιρέθηκαν. Η διαδικασία επιλογής συνεχίστηκε με την εξέταση των εναπομεινουσών μελετών βάσει του περιεχομένου τους. Κατόπιν ενδελεχούς ανάλυσης, επιλέχθηκαν τελικά 11 μελέτες που πληρούσαν πλήρως τα κριτήρια εισόδου και κρίθηκαν κατάλληλες για τη συστηματική ανασκόπηση. Τα αποτελέσματα της όλης

διαδικασίας αποτυπώνονται στο Σχήμα 1. Το διάγραμμα αυτό απεικονίζει γραφικά τη ροή των άρθρων από την αρχική αναζήτηση έως την τελική επιλογή, δείχνοντας πώς μειώθηκε σταδιακά ο αριθμός των άρθρων μέσω της εφαρμογής των κριτηρίων.



Σχήμα 1. PRISMA Διάγραμμα ροής άρθρων ανασκόπησης.

4. Αποτελέσματα

4.1.Συνοπτική Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται με συνοπτικό τρόπο οι 11 μελέτες που επιλέχθηκαν για τη συστηματική ανασκόπηση.

Πίνακας 1. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων συστηματικής ανασκόπησης.

Συγγραφείς	Σκοπός Μελέτης	Δείγμα Μελέτης	Μεθοδολογία και Ερευνητικά Εργαλεία	Αποτελέσματα - Συμπεράσματα
Chou et al., (2018)	Εφαρμογή του Arduino στην εκπαιδευτική ρομποτική για τη βελτίωση δεξιοτήτων προγραμματισμού, ηλεκτρονικής και επίλυσης προβλημάτων στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.	Ταϊβάν, 30 μαθητές, Ε' τάξη (10-11 ετών).	Μεικτή μεθοδολογία: πειραματική με προ- και μετα- τεστ (γνώσεις και δεξιότητες), ποιοτική παρατήρηση και ανεπίσημες συζητήσεις.	Σημαντική βελτίωση στις γνώσεις ηλεκτρονικής και προγραμματισμού, ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων, αυξημένη συμμετοχή και ενδιαφέρον των μαθητών.
Di Giacomo & Sandri, (2022)	Διερεύνηση της χρήσης του Arduino για τη διδασκαλία της αστρονομίας, εστιάζοντας στον εντοπισμό εξωπλανητών και	Ιταλία, μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.	Κατασκευαστικό μοντέλο μάθησης, παρατήρηση, αξιολόγηση παραγόμενων εργασιών.	Βελτίωση κατανόησης φυσικής και αστρονομίας, ανάπτυξη δημιουργικότητας, συνεργασίας και δεξιοτήτων

	τη δημιουργία αστερισμών.			κριτικής σκέψης.
de Souza & Elisiario, (2019)	Ενσωμάτωση Arduino και τρισδιάστατης εκτύπωσης στη διδασκαλία ρομποτικής για την ενίσχυση STEM δεξιοτήτων.	Βραζιλία, 16 μαθητές, ηλικίες 10-17 ετών.	Μάθηση μέσω έργων, πειραματική εργασία, χρήση TinkerCad, προγραμματισμός σε C++.	Ανάπτυξη προγραμματιστικών δεξιοτήτων, συνεργασίας και μηχανικής σκέψης, ενίσχυση δημιουργικότητας και εφαρμογής σύγχρονων τεχνολογιών.
Guyen et al., (2022)	Χρήση του Arduino για εφαρμογές ρομποτικής ενσωματωμένες στο μοντέλο μάθησης 5E για τη διδασκαλία φυσικών επιστημών.	Τουρκία, 11 μαθητές ΣΤ' τάξης, ηλικίας 11-13 ετών.	Μεικτή μεθοδολογία: χρήση κλίμακας επιστημονικής δημιουργικότητας, στάσης απέναντι στη ρομποτική, κινήτρων και ημιδομημένων συνεντεύξεων.	Βελτίωση δημιουργικότητας, στάσης και κινήτρων, ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και κατανόησης αφηρημένων επιστημονικών εννοιών.
Gingl et al., (2019)	Χρήση του Arduino στη διδασκαλία φυσικής για	Ουγγαρία, μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.	Διαδραστικά εργαστήρια και πειράματα φυσικής,	Ενίσχυση της κατανόησης βασικών εννοιών φυσικής (π.χ. νόμος

	υποστήριξη πειραμάτων, όπως η μελέτη ηλεκτρικών κυκλωμάτων.		παρατήρηση και ανάλυση μαθητικών εργασιών.	του Ohm), ανάπτυξη δεξιοτήτων πειραματικού σχεδιασμού και χρήσης τεχνολογιών.
Kanta & Takáčová, (2023)	Διερεύνηση χρήσης TinkerCad για την υποστήριξη της εκμάθησης Arduino σε μαθήματα πληροφορικής και αλγοριθμικής σκέψης.	Σλοβακία, μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (10-12 ετών).	Εικονικός προγραμματισμός στο TinkerCad, παρατήρηση και αξιολόγηση εργασιών μαθητών.	Βελτίωση αλγοριθμικής σκέψης, επίλυσης προβλημάτων και κατανόησης ηλεκτρονικών μέσω διαδραστικής μάθησης.
Organtini, (2018)	Χρήση του Arduino για την πραγματοποίηση πειραμάτων φυσικής, με έμφαση στη συνεργατική μάθηση και την κατανόηση θεμελιωδών φυσικών εννοιών.	Ιταλία, μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.	Project-based learning, χρήση Arduino για μέτρηση φυσικών μεγεθών και προγραμματισμός σε C++.	Βελτίωση κατανόησης φυσικών αρχών, ανάπτυξη δεξιοτήτων συνεργασίας, προσβασιμότητα μέσω φθηνών αισθητήρων.

Lu et al., (2020)	Εφαρμογή ενός διεπιστημονικού προγράμματος STEM για την ανάπτυξη επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης, με επίκεντρο τον προγραμματισμό Arduino.	Ταϊβάν, 54 μαθητές Ε' και ΣΤ' τάξης, ηλικίας 10-12 ετών.	Διεπιστημονική συνεργασία εκπαιδευτικών, δραστηριότητες συναρμολόγησης και προγραμματισμού αισθητήρων.	Σημαντική βελτίωση STEM literacy, ενίσχυση δημιουργικότητας, συνεργασίας και ενδιαφέροντος για επιστήμες.
Pech & Novák, (2020)	Αξιολόγηση της χρήσης του Arduino και Micro στη διδασκαλία προγραμματισμού και ηλεκτρονικών μέσω STEM δραστηριοτήτων.	Τσεχία, μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.	Δραστηριότητες STEM μέσω ηλεκτρονικού εγχειριδίου, χρήση προγραμματισμού σε C++, παρατηρήσεις και ερωτηματολόγια.	Βελτίωση δεξιοτήτων προγραμματισμού, κατανόηση κυκλωμάτων, αυξημένο ενδιαφέρον για την τεχνολογία.
Pari-Larico et al., (2020)	Δημιουργία διαδραστικού παιχνιδιού με Arduino, Sphero και EEG για την ενίσχυση μνήμης, προσοχής και λογικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.	Περου, 104 μαθητές Ε' και ΣΤ' τάξης, ηλικίας 10-12 ετών.	Δραστηριότητες σε πίστα με αυτοκινητάκι, μετρήσεις προσοχής μέσω EEG, ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα μέσω εφαρμογής.	Βελτίωση μνήμης, προσοχής και λογικής, θετική αποδοχή παιχνιδιού (96% ενδιαφέρον), ενίσχυση της μάθησης μέσω τεχνολογίας.

Plaza et al., (2018)	Χρήση του Arduino για την εισαγωγή στην εκπαιδευτική ρομποτική, με έμφαση στην επίλυση προβλημάτων.	Ισπανία, 8 μαθητές ηλικίας 7-15 ετών.	Problem-Based Learning (PBL), δραστηριότητες με αισθητήρες και κινητήρες, θεωρητικά και πρακτικά μαθήματα.	Ανάπτυξη δεξιοτήτων προγραμματισμού και ηλεκτρονικών, ενίσχυση δημιουργικότητας και κριτικής σκέψης.
----------------------	---	---------------------------------------	--	--

4.2. Αναλυτική Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

Η μελέτη του Chou et al., (2018) διερεύνησε τη συμβολή της εκπαίδευσης μέσω Arduino στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και γνώσεων σε μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στην Ταϊβάν, όπου συμμετείχαν 30 μαθητές της Ε' τάξης από ένα δημόσιο δημοτικό σχολείο. Οι μαθητές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: την ομάδα "maker", που συμμετείχε σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες ρομποτικής, και την ομάδα ελέγχου, που συμμετείχε σε παραδοσιακές δραστηριότητες μετά το σχολείο. Η διάρκεια της παρέμβασης ήταν 16 εβδομάδες, με εβδομαδιαία μαθήματα διάρκειας 3 ωρών. Οι μαθητές της ομάδας "maker" κατασκεύασαν και προγραμματίσαν ρομπότ βασισμένα στο Arduino, χρησιμοποιώντας το λογισμικό Scratch. Η μέθοδος που ακολούθησε η μελέτη ήταν μεικτή, με ποσοτική και ποιοτική προσέγγιση. Πραγματοποιήθηκαν προ- και μετα-τεστ για τη μέτρηση γνώσεων στον προγραμματισμό και την ηλεκτρονική, καθώς και δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων. Επιπλέον, καταγράφηκαν ποιοτικά δεδομένα μέσω παρατηρήσεων και ανεπίσημων συζητήσεων με τους μαθητές. Οι ποσοτικές αναλύσεις έδειξαν ότι οι μαθητές της ομάδας "maker" σημείωσαν σημαντική πρόοδο στις γνώσεις ηλεκτρονικής και προγραμματισμού, καθώς και στις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Τα ποιοτικά δεδομένα έδειξαν ότι οι μαθητές χρειάστηκαν υποστήριξη για τον εντοπισμό και την επίλυση προβλημάτων, ενώ ανέπτυξαν θετική στάση απέναντι στις εκπαιδευτικές ρομποτικές δραστηριότητες. Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η ενσωμάτωση του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση προσφέρει σημαντικά οφέλη, καθώς προάγει τη δημιουργική σκέψη, την ανάπτυξη δεξιοτήτων προγραμματισμού και την κατανόηση

βασικών αρχών ηλεκτρονικής. Επιπλέον, η προσέγγιση της "εκμάθησης μέσω κατασκευής" ενίσχυσε τη συμμετοχή και την αφοσίωση των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία, δείχνοντας τη σημασία της χρήσης τεχνολογιών χαμηλού κόστους στην εκπαίδευση STEM.

Στη μελέτη των Di Giacomo και Sandri (2022), διερευνήθηκε η χρήση του Arduino για τη διδασκαλία της αστρονομίας σε μαθητές, προωθώντας την κατανόηση βασικών επιστημονικών εννοιών και τη χρήση τεχνολογίας. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στην Ιταλία, και εντάχθηκε στο πλαίσιο του Play INAF, μιας πλατφόρμας εκπαιδευτικής ρομποτικής και STEM δραστηριοτήτων. Το δείγμα αποτελούσαν μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, οι οποίοι συμμετείχαν σε δραστηριότητες με επίκεντρο τη διδασκαλία του "μεθόδου διέλευσης" για τον εντοπισμό εξωπλανητών και τη δημιουργία αστερισμών χρησιμοποιώντας Arduino. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε βασίστηκε στις αρχές του κατασκευαστικού (constructionist) μοντέλου μάθησης, ενισχύοντας την ενεργή συμμετοχή και τη συνεργατική μάθηση. Οι μαθητές κλήθηκαν να κατασκευάσουν κυκλώματα χρησιμοποιώντας φωτοαντιστάσεις και LED για να προσομοιάσουν τη μεταβολή της φωτεινότητας κατά τη διέλευση ενός εξωπλανήτη μπροστά από το αστέρι του. Επίσης, δημιούργησαν μοντέλα αστερισμών με LEDs, εξερευνώντας τη σχέση θερμοκρασίας και χρώματος των αστερών. Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσω παρατήρησης και αξιολόγησης των παραγόμενων εργασιών των μαθητών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση του Arduino συνέβαλε στη βελτίωση της κατανόησης βασικών εννοιών φυσικής και αστρονομίας. Ενισχύθηκε η δημιουργικότητα, η δεξιότητα κριτικής σκέψης και η συνεργασία των μαθητών. Επιπλέον, η δυνατότητα πρακτικής εφαρμογής σε πραγματικά έργα βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν τη σύνδεση θεωρίας και πρακτικής, καθιστώντας τη μάθηση πιο ενδιαφέρουσα και διαδραστική.

Οι de Souza και Elisiario (2019) διερεύνησαν την ενσωμάτωση του Arduino και της τρισδιάστατης εκτύπωσης στη διδασκαλία εκπαιδευτικής ρομποτικής για την υποστήριξη του STEM. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στη Βραζιλία, και περιλάμβανε 16 μαθητές ηλικίας 10 έως 17 ετών. Οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες, δημιουργώντας έργα όπως έναν ρομποτικό βραχίονα ελεγχόμενο μέσω Bluetooth και ένα αυτόνομο όχημα με αισθητήρες υπερήχων. Η μεθοδολογία βασίστηκε στη μάθηση μέσω έργων (project-

based learning), ενσωματώνοντας πειραματική εργασία και τεχνολογικές δεξιότητες. Οι μαθητές σχεδίασαν ηλεκτρονικά κυκλώματα χρησιμοποιώντας το TinkerCad, κατασκεύασαν τα εξαρτήματα των ρομπότ με τρισδιάστατη εκτύπωση, και προγραμματίσαν την αλληλεπίδραση των συσκευών χρησιμοποιώντας γλώσσα βασισμένη στο C++. Κεντρικός στόχος ήταν η ενίσχυση της λογικής σκέψης και της δεξιότητας επίλυσης προβλημάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές ανέπτυξαν σημαντικά τις δεξιότητες προγραμματισμού, συνεργασίας και μηχανικής σκέψης. Η χρήση Arduino και 3D printing ενίσχυσε τη δημιουργικότητά τους και τους έδωσε την ευκαιρία να κατανοήσουν τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών. Επιπλέον, η μελέτη ανέδειξε τη σημασία της συνδυαστικής μάθησης STEM για την προετοιμασία των μαθητών για τις προκλήσεις της κοινωνίας της πληροφορίας.

Στη μελέτη των Guven et al., (2022), διερευνήθηκε η επίδραση της χρήσης του Arduino για εφαρμογές ρομποτικής που ενσωματώθηκαν στο μοντέλο μάθησης 5E στη διδασκαλία φυσικών επιστημών. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στην Τουρκία, με δείγμα 11 μαθητών της ΣΤ' τάξης, ηλικίας 11-13 ετών, από ιδιωτικό σχολείο με εξοπλισμένα εργαστήρια τεχνολογίας. Η μελέτη διήρκεσε 11 εβδομάδες, κατά τις οποίες οι μαθητές συμμετείχαν σε δραστηριότητες όπως η κατασκευή αλγορίθμων και ρομποτικών μηχανισμών, που σχετίζονταν με θέματα φυσικών επιστημών, όπως η ενέργεια, ο ήχος και ο ηλεκτρισμός. Η μεθοδολογία βασίστηκε σε μεικτή προσέγγιση (ποσοτική και ποιοτική), ενώ χρησιμοποιήθηκαν εργαλεία όπως η κλίμακα επιστημονικής δημιουργικότητας, η κλίμακα στάσης απέναντι στη ρομποτική και η κλίμακα κινήτρων για τη μάθηση φυσικών επιστημών. Οι μαθητές συμμετείχαν επίσης σε ημιδομημένες συνεντεύξεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση στη δημιουργικότητα, τη στάση και τα κίνητρα των μαθητών απέναντι στις φυσικές επιστήμες. Παρατηρήθηκε επίσης ότι οι μαθητές ανέπτυξαν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και δημιούργησαν καινοτόμες λύσεις σε καθημερινά προβλήματα μέσω της ρομποτικής. Η μελέτη κατέληξε ότι η ενσωμάτωση του Arduino στη διδασκαλία φυσικών επιστημών ενισχύει τη δημιουργικότητα και τη συμμετοχή των μαθητών, ενώ διευκολύνει την κατανόηση αφηρημένων εννοιών, προωθώντας τη σύνδεση της θεωρίας με την πράξη.

Οι Gingl et al., (2019) διερεύνησαν τη χρήση του Arduino στη διδασκαλία φυσικής για την υποστήριξη πειραματικών δραστηριοτήτων. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στην Ουγγαρία και περιελάμβανε μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης που συμμετείχαν σε δραστηριότητες φυσικής, όπως η μελέτη ηλεκτρικών κυκλωμάτων και η χρήση αισθητήρων για την καταγραφή δεδομένων. Η μεθοδολογία βασίστηκε στη χρήση διαδραστικών εργαστηρίων και πειραμάτων φυσικής με το Arduino. Οι μαθητές εκπαιδεύτηκαν στη χρήση του Arduino για τη δημιουργία μοντέλων και τη μέτρηση φυσικών μεγεθών, όπως η τάση και το ρεύμα, καθώς και στη χρήση λογισμικού προσομοίωσης. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω παρατήρησης και ανάλυσης των εργασιών των μαθητών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση του Arduino βελτίωσε την κατανόηση βασικών εννοιών φυσικής, όπως ο νόμος του Ohm, και ενίσχυσε τη συνεργασία και την εμπλοκή των μαθητών στα πειράματα. Επιπλέον, οι μαθητές ανέπτυξαν δεξιότητες στον πειραματικό σχεδιασμό και τη χρήση τεχνολογίας για την κατανόηση επιστημονικών φαινομένων. Συνολικά, η μελέτη τόνισε τη σημασία της χρήσης τεχνολογιών χαμηλού κόστους για τη βελτίωση της διδασκαλίας STEM.

Η μελέτη των Kanta και Takáčová (2023) διερεύνησε τη χρήση του περιβάλλοντος προσομοίωσης TinkerCad για την υποστήριξη της εκμάθησης Arduino σε μαθήματα πληροφορικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στη Σλοβακία, με έμφαση στην ανάπτυξη αλγοριθμικής σκέψης και την ενίσχυση του ενδιαφέροντος για την επιστήμη μέσω εικονικών πειραμάτων. Το δείγμα περιλάμβανε μαθητές των ανώτερων τάξεων της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, ηλικίας 10-12 ετών, που εργάστηκαν σε ομαδικά έργα για την κατασκευή και προγραμματισμό κυκλωμάτων. Η μεθοδολογία περιλάμβανε τη χρήση εικονικού προγραμματισμού στο TinkerCad, όπου οι μαθητές προσομοίωσαν τη λειτουργία ενός Arduino και κατασκεύασαν έργα όπως αριθμομηχανές που εκτελούσαν υπολογισμούς και εμφάνιζαν αποτελέσματα σε LCD οθόνη. Οι δραστηριότητες εστίασαν στη χρήση μεταβλητών, ακολουθιών και δομών επιλογής, χωρίς να απαιτείται προηγούμενη γνώση προγραμματισμού. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω παρατήρησης και αξιολόγησης των παραδοτέων των μαθητών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές ανέπτυξαν σημαντικές δεξιότητες αλγοριθμικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων, ενώ ταυτόχρονα βελτιώθηκε η κατανόηση τους στις

βασικές αρχές του προγραμματισμού και της ηλεκτρονικής. Το TinkerCad επέτρεψε την ασφαλή εξερεύνηση χωρίς τον κίνδυνο ζημιάς σε φυσικό εξοπλισμό, καθιστώντας τη διαδικασία εκμάθησης πιο ευχάριστη και αποτελεσματική. Η μελέτη κατέληξε ότι το TinkerCad είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για τη διδασκαλία του Arduino, προσφέροντας ένα ευέλικτο περιβάλλον για δημιουργική και διεπιστημονική μάθηση. Πρότεινε την επέκταση της χρήσης του σε περισσότερες τάξεις, ενισχύοντας τη σύνδεση θεωρίας και πράξης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Στη μελέτη του Organtini (2018), διερευνήθηκε η χρήση του Arduino για τη διδασκαλία της φυσικής μέσα από πειραματικές δραστηριότητες. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στην Ιταλία, με έμφαση σε μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Αν και το δείγμα δεν περιγράφηκε πλήρως, οι δραστηριότητες περιλάμβαναν τη μέτρηση φυσικών μεγεθών, όπως η τάση και το ρεύμα, καθώς και πειράματα όπως η μελέτη κυκλωμάτων RC. Η μεθοδολογία βασίστηκε στη χρήση του Arduino ως εργαλείο για ενεργητική και συνεργατική μάθηση, με εφαρμογές στην επίλυση προβλημάτων και τη δημιουργία έργων. Οι μαθητές έμαθαν να χρησιμοποιούν τη γλώσσα προγραμματισμού C++ μέσω του IDE του Arduino, ενώ συμμετείχαν σε δραστηριότητες project-based learning. Οι εκπαιδευτικοί ανέπτυξαν παραδείγματα πειραμάτων, όπως η μέτρηση του χρόνου ψύξης ή η παρακολούθηση μεταβολών τάσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση του Arduino προάγει την κατανόηση των θεμελιωδών αρχών φυσικής, ενθαρρύνει τη συνεργασία και επιτρέπει στους μαθητές να συμμετέχουν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία. Η δυνατότητα παραμετροποίησης των πειραμάτων και η χρήση φθηνών αισθητήρων καθιστούν το Arduino μια προσιτή λύση για τη βελτίωση της διδασκαλίας STEM.

Οι Lu et al. (2020) διερεύνησαν την επίδραση ενός διεπιστημονικού προγράμματος STEM με τη χρήση του Arduino στην καλλιέργεια της επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης σε μαθητές Ε' και ΣΤ' τάξης στην Ταϊβάν. Το δείγμα περιλάμβανε 54 μαθητές από δύο σχολεία. Οι μαθητές συμμετείχαν σε δραστηριότητες όπως ο προγραμματισμός και η συναρμολόγηση έργων ελεγχόμενων από αισθητήρες. Η μεθοδολογία περιλάμβανε διεπιστημονική συνεργασία μεταξύ εκπαιδευτικών πληροφορικής, φυσικών επιστημών και καλλιτεχνικών. Οι μαθητές συμμετείχαν σε δραστηριότητες που συνδύαζαν τη γνώση

με τη δημιουργικότητα, κατασκευάζοντας "πράσινα κτίρια" με αισθητήρες θερμοκρασίας και "ζώα-ρομπότ" με ελεγχόμενες λειτουργίες. Οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες αξιολογήθηκαν μέσω ερωτηματολογίων και τεστ STEM literacy. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση στις δεξιότητες προγραμματισμού, καθώς και στην επιστημονική και τεχνολογική γνώση των μαθητών. Το πρόγραμμα καλλιέργησε τη δημιουργικότητα, τη συνεργασία και την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων, ενώ οι μαθητές έδειξαν αυξημένο ενδιαφέρον για τις φυσικές επιστήμες και τη μηχανική.

Στη μελέτη των Pech και Novák (2020), διερευνήθηκε η αποτελεσματικότητα της χρήσης του Arduino και του Micro στη διδασκαλία προγραμματισμού και ηλεκτρονικών μέσω STEM δραστηριοτήτων στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η έρευνα διεξήχθη στην Τσεχία, στο πλαίσιο του εθνικού προγράμματος PRIM, το οποίο στοχεύει στη βελτίωση της υπολογιστικής σκέψης και της κατανόησης τεχνολογικών εφαρμογών από τους μαθητές. Αν και το δείγμα περιλάμβανε μαθητές από διάφορες βαθμίδες, υπήρχε έντονη εστίαση σε δραστηριότητες κατάλληλες για παιδιά πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η μεθοδολογία περιλάμβανε τη χρήση ενός ηλεκτρονικού εγχειριδίου που ανέπτυξαν οι συγγραφείς, το οποίο προσέφερε οδηγίες για τη χρήση του Arduino σε διδακτικά σενάρια. Οι μαθητές συμμετείχαν σε δραστηριότητες όπως η χρήση LED και θερμιστόρων, καθώς και η κατασκευή μοντέλων, όπως ρομποτικά χέρια και συστήματα ελέγχου θερμοκηπίων. Η γλώσσα προγραμματισμού C++ χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη κώδικα και την αλληλεπίδραση με τα κυκλώματα, ενώ οι δάσκαλοι παρακολουθούσαν τη διαδικασία και παρείχαν υποστήριξη. Η αξιολόγηση έγινε με τη χρήση ερωτηματολογίων, παρατηρήσεων και ανατροφοδότησης από δασκάλους, εστιάζοντας στις εμπειρίες των μαθητών και στις γνώσεις που αποκτήθηκαν. Τα αποτελέσματα της μελέτης ήταν θετικά, δείχνοντας ότι οι μαθητές ανέπτυξαν δεξιότητες προγραμματισμού, κατανόηση ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και αυξημένο ενδιαφέρον για τεχνολογικά θέματα. Το εγχειρίδιο προσέφερε ευελιξία, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να προσαρμόζουν το περιεχόμενο στις ανάγκες των μαθητών, ενώ τα ίδια τα παιδιά έδειξαν αυξημένη αυτοπεποίθηση στη χρήση της τεχνολογίας. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ενσωμάτωση του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για την ενίσχυση της διδασκαλίας STEM,

προσφέροντας διεπιστημονική γνώση και ενθαρρύνοντας τη σύνδεση θεωρίας και πρακτικής.

Οι Pari-Larico et al. (2020) ανέπτυξαν ένα διαδραστικό παιχνίδι που συνδυάζει το Arduino, το Sphero και το Neurosky MindWave EEG, με σκοπό την ενίσχυση της μνήμης, της προσοχής και της λογικής μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο Περού και περιέλαβε 104 μαθητές Ε' και ΣΤ' τάξης, ηλικίας 10-12 ετών, από τρεις διαφορετικούς τύπους σχολείων (ιδιωτικά, δημόσια και μικτά). Οι δραστηριότητες επικεντρώθηκαν στη χρήση τεχνολογίας για την ανάπτυξη γνωστικών δεξιοτήτων, συνδυάζοντας εκπαίδευση και ψυχαγωγία. Η μεθοδολογία βασίστηκε στη δημιουργία ενός διαδραστικού παιχνιδιού με δύο τύπους τεστ: τεστ μνήμης και λογικής, και τεστ προσοχής. Το παιχνίδι περιλάμβανε έναν πίνακα ελέγχου, μέσω του οποίου οι μαθητές κατηύθυναν ένα αυτοκινητάκι σε μια πίστα 6x4 με εμπόδια, απαντώντας ταυτόχρονα σε ερωτήσεις μνήμης και λογικής. Το επίπεδο προσοχής μετρήθηκε με το Neurosky MindWave EEG, το οποίο ελέγχει την ταχύτητα της κίνησης μιας σφαίρας Sphero ανάλογα με την προσοχή του μαθητή. Τα αποτελέσματα συλλέχθηκαν μέσω της εφαρμογής, η οποία ανέλυσε δεδομένα απόδοσης και δημιούργησε αναφορές. Τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά, καθώς οι μαθητές έδειξαν βελτίωση στη μνήμη, την προσοχή και τη λογική τους. Ειδικότερα, μαθητές με υψηλότερα επίπεδα προσοχής είχαν καλύτερες επιδόσεις στις ερωτήσεις μνήμης και λογικής. Το παιχνίδι έγινε δεκτό με ενθουσιασμό, καθώς το 96% των μαθητών δήλωσε ότι η εμπειρία ήταν ενδιαφέρουσα και διασκεδαστική. Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η χρήση του Arduino και άλλων διαδραστικών τεχνολογιών αποτελεί αποτελεσματική μέθοδο για την ενίσχυση της μάθησης, ειδικά όταν συνδυάζονται με παιχνίδι και ψυχαγωγία, προσφέροντας νέες δυνατότητες για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Οι Plaza et al. (2018) διερεύνησαν τη χρήση του Arduino ως εκπαιδευτικό εργαλείο για την εισαγωγή στην εκπαιδευτική ρομποτική στο πλαίσιο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στην Ισπανία με τη συμμετοχή οκτώ μαθητών ηλικίας 7-15 ετών. Οι δραστηριότητες περιλάμβαναν τη χρήση του Arduino για την κατασκευή και προγραμματισμό ρομπότ, δίνοντας έμφαση στην επίλυση προβλημάτων. Η μεθοδολογία της μελέτης ακολούθησε τη μέθοδο εκμάθησης μέσω επίλυσης προβλημάτων (Problem-

Based Learning - PBL). Το πρόγραμμα περιλάμβανε θεωρητικά και πρακτικά μαθήματα, όπου οι μαθητές εργάζονταν σε ζευγάρια. Οι δραστηριότητες περιλάμβαναν τη δημιουργία εφαρμογών με αισθητήρες και κινητήρες, όπως η αποφυγή εμποδίων και η παρακολούθηση γραμμών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές ανέπτυξαν σημαντικές δεξιότητες στον προγραμματισμό και τη χρήση ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, ενώ αυξήθηκε η αυτοπεποίθησή τους στη χρήση της τεχνολογίας. Το πρόγραμμα βοήθησε τους μαθητές να συνδυάσουν θεωρία και πράξη, ενισχύοντας τη δημιουργικότητα και την κριτική σκέψη. Οι συγγραφείς υπογραμμίζουν την αποτελεσματικότητα του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, παρέχοντας ευκαιρίες για δημιουργική μάθηση μέσω της ρομποτικής.

5. Συζήτηση

Η συστηματική ανασκόπηση ανέδειξε τη χρήση του Arduino ως ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την ενίσχυση της εκμάθησης των επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, με έμφαση σε πεδία όπως η φυσική, η αστρονομία, η πληροφορική και η εκπαιδευτική ρομποτική. Οι 11 μελέτες που αναλύθηκαν αποκάλυψαν ποικίλες πτυχές της ενσωμάτωσης του Arduino στη διδασκαλία, αλλά και σημαντικές προκλήσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή του.

Οι μελέτες συμφωνούν ότι η χρήση του Arduino ενισχύει την κατανόηση βασικών εννοιών, ειδικά σε θετικές επιστήμες όπως η φυσική και η αστρονομία. Για παράδειγμα, οι Gingl et al. (2019) έδειξαν ότι οι μαθητές βελτίωσαν την κατανόηση τους για έννοιες όπως ο νόμος του Ohm, ενώ οι Di Giacomo και Sandri (2022) ανέφεραν ότι οι μαθητές απέκτησαν βαθύτερη κατανόηση της αστρονομίας μέσω της προσομοίωσης της διέλευσης εξωπλανητών. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα της χρήσης του Arduino εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σχεδίαση των δραστηριοτήτων, καθώς και από την ικανότητα των εκπαιδευτικών να καθοδηγήσουν τους μαθητές στη χρήση αυτής της τεχνολογίας. Αυτό αποτελεί ένα κρίσιμο σημείο που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, καθώς οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί ενδέχεται να μην έχουν επαρκή εκπαίδευση στη χρήση αυτών των εργαλείων.

Η έρευνα ανέδειξε επίσης τη σημασία της συνεργασίας και της ομαδικής εργασίας στην εκμάθηση με το Arduino. Οι περισσότερες μελέτες, όπως αυτές των Pech και Novák (2020) και de Souza και Elisiario (2019), υιοθέτησαν τη μέθοδο project-based learning, ενισχύοντας δεξιότητες όπως η συνεργασία, η επίλυση προβλημάτων και η δημιουργικότητα. Ωστόσο, δεν εξετάστηκε σε βάθος η επίδραση της ατομικής έναντι της ομαδικής εργασίας στη μαθησιακή διαδικασία. Για παράδειγμα, θα ήταν ενδιαφέρον να διερευνηθεί αν η ατομική χρήση του Arduino μπορεί να ενισχύσει τη μάθηση σε μαθητές με λιγότερη αυτοπεποίθηση ή διαφορετικούς μαθησιακούς ρυθμούς.

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα απαιτεί καινοτομία και ευελιξία, κάτι που αποδεικνύεται από τη χρήση εργαλείων όπως το TinkerCad (Kanta & Takáčová, 2023) ή το Neurosky MindWave EEG (Pari-Larico et al., 2020). Αυτά τα εργαλεία προσφέρουν μια εικονική διάσταση στην εκμάθηση, μειώνοντας την ανάγκη για εξοπλισμό και μειώνοντας τους κινδύνους λάθους. Ωστόσο, η τεχνολογία από μόνη της δεν αρκεί. Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένοι στη χρήση τέτοιων εργαλείων και να ενσωματώνουν δραστηριότητες που συνδυάζουν τη θεωρία με την πράξη, ώστε να ενισχύσουν τη σύνδεση μεταξύ μαθησιακών εννοιών και εφαρμογών στην πραγματική ζωή.

Ένα κοινό στοιχείο των περισσότερων μελετών είναι η θετική επίδραση της χρήσης του Arduino στα κίνητρα των μαθητών. Για παράδειγμα, οι μαθητές στη μελέτη των Guven et al. (2022) ανέφεραν αυξημένα κίνητρα για την εκμάθηση φυσικών επιστημών, ενώ στη μελέτη των Chou et al. (2018) παρατηρήθηκε αυξημένη εμπλοκή των μαθητών στις δραστηριότητες ρομποτικής. Αυτό υποδηλώνει ότι η χρήση τεχνολογιών χαμηλού κόστους, όπως το Arduino, μπορεί να καταστήσει τη μάθηση πιο ελκυστική και να ενθαρρύνει τη συμμετοχή των μαθητών. Παρόλα αυτά, οι περισσότερες μελέτες δεν ανέλυσαν πώς η επίδραση αυτή διατηρείται μακροπρόθεσμα, κάτι που αφήνει περιθώριο για περαιτέρω έρευνα.

Μια σημαντική πρόκληση που αναδείχθηκε είναι η πολυπλοκότητα που συνδέεται με τη χρήση του Arduino, ειδικά σε μικρότερες ηλικίες. Παρότι οι μαθητές της πρωτοβάθμιας

εκπαίδευσης έδειξαν να αποκτούν βασικές δεξιότητες προγραμματισμού, όπως φαίνεται στις μελέτες των Plaza et al. (2018) και Kanta & Takáčová (2023), η κατανόηση πιο προχωρημένων εννοιών μπορεί να αποτελεί εμπόδιο. Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές όταν η εκπαίδευση δεν υποστηρίζεται επαρκώς από εξειδικευμένους εκπαιδευτικούς ή κατάλληλο υλικό. Η ανάπτυξη εργαλείων που απλοποιούν τις διαδικασίες, όπως η χρήση Scratch στη μελέτη των Chou et al. (2018), μπορεί να διευκολύνει την ενσωμάτωση αυτής της τεχνολογίας.

Επιπλέον, αρκετές από τις μελέτες που ανασκοπήθηκαν παρουσίασαν περιορισμούς στο δείγμα τους. Οι περισσότερες εστίασαν σε μικρά δείγματα μαθητών, κάτι που περιορίζει τη γενίκευση των αποτελεσμάτων. Για παράδειγμα, οι Gingl et al. (2019) και οι Guven et al. (2022) βασίστηκαν σε δείγματα μικρότερα των 15 μαθητών, γεγονός που δημιουργεί ερωτήματα σχετικά με την αξιοπιστία των ευρημάτων τους. Παρόλο που οι μελέτες κατέγραψαν θετικά αποτελέσματα, η περιορισμένη κλίμακα τους ενδέχεται να μην αντανakλά τις πραγματικές συνθήκες της τάξης. Μεγαλύτερα δείγματα και μελέτες σε διαφορετικά πολιτισμικά και εκπαιδευτικά περιβάλλοντα είναι απαραίτητα για να εξαχθούν πιο ασφαλή συμπεράσματα.

Τέλος, ενώ οι περισσότερες μελέτες υπογραμμίζουν τη σημασία της χρήσης του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, είναι σαφές ότι απαιτούνται περισσότερες έρευνες για την κατανόηση των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων της ενσωμάτωσης αυτής της τεχνολογίας. Η ενίσχυση δεξιοτήτων προγραμματισμού και STEM είναι σημαντική, αλλά η δημιουργία ενός βιώσιμου εκπαιδευτικού πλαισίου που θα υποστηρίζει τη διαρκή ανάπτυξη αυτών των δεξιοτήτων παραμένει πρόκληση. Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση ανέδειξε τη σημαντική δυναμική της χρήσης του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, αλλά και τα σημεία που απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση για τη βελτίωση της εκπαιδευτικής εμπειρίας.

6. Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη εξέτασε τη χρήση του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση για την εκμάθηση επιστημών, αξιοποιώντας τη μέθοδο της συστηματικής ανασκόπησης. Αρχικά, συλλέχθηκαν δεδομένα από τρεις ακαδημαϊκές βάσεις, χρησιμοποιώντας λέξεις-κλειδιά σχετικές με τη χρήση του Arduino στην εκπαίδευση. Η διαδικασία επιλογής περιλάμβανε την απομάκρυνση διπλοεγγραφών, την αρχική αξιολόγηση βάσει τίτλου και περίληψης και, τελικά, την ενδελεχή εξέταση του πλήρους κειμένου κάθε άρθρου. Από την αρχική αναζήτηση των 345 άρθρων, μόλις 11 πληρούσαν τα κριτήρια εισόδου και αποτέλεσαν το βασικό υλικό της παρούσας ανασκόπησης. Οι μελέτες αυτές περιέλαβαν ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τη χρήση του Arduino σε μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, εστιάζοντας κυρίως στη διδασκαλία θετικών επιστημών και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων STEM.

Τα αποτελέσματα της μελέτης ανέδειξαν ότι το Arduino έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως για τη διδασκαλία θετικών επιστημών, όπως η φυσική, η αστρονομία, η πληροφορική και η εκπαιδευτική ρομποτική. Η εφαρμογή του περιλαμβάνει δραστηριότητες που συνδυάζουν τη θεωρητική γνώση με πρακτική εμπειρία, καθιστώντας τη μάθηση πιο ενδιαφέρουσα και διαδραστική. Μέσα από τη χρήση του Arduino, οι μαθητές συμμετείχαν σε κατασκευές κυκλωμάτων, πειράματα φυσικής, προγραμματισμό αισθητήρων και ανάπτυξη διαδραστικών παιχνιδιών. Αυτές οι δραστηριότητες ενίσχυσαν την κατανόηση θεμελιωδών επιστημονικών εννοιών, όπως ο ηλεκτρισμός, η ενέργεια και η μετάδοση δεδομένων, καθώς και η κατανόηση αφηρημένων εννοιών, όπως η θερμοκρασία των αστερών στην αστρονομία.

Ένα σημαντικό εύρημα της μελέτης είναι η επίδραση της χρήσης του Arduino στην ανάπτυξη δεξιοτήτων STEM. Οι μαθητές που συμμετείχαν σε δραστηριότητες με το Arduino παρουσίασαν βελτίωση σε βασικές δεξιότητες προγραμματισμού, αλγοριθμικής σκέψης και σχεδιασμού κυκλωμάτων. Επιπλέον, ανέπτυξαν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, συνεργασίας και δημιουργικότητας. Το Arduino παρείχε επίσης τη δυνατότητα ανάπτυξης τεχνολογικών δεξιοτήτων, όπως ο προγραμματισμός με C++ ή

Scratch, και έδωσε στους μαθητές τη δυνατότητα να προσεγγίσουν τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών σε πραγματικές εφαρμογές.

Όσον αφορά τη διδασκαλία, το Arduino φάνηκε να ενισχύει τα κίνητρα των μαθητών για τη μάθηση. Οι δραστηριότητες που περιλάμβαναν τη χρήση του Arduino ήταν πιο διαδραστικές και προσανατολισμένες στην πράξη, γεγονός που ενθάρρυνε την εμπλοκή των μαθητών. Επιπλέον, η μέθοδος της μάθησης μέσω έργων (project-based learning) φάνηκε να λειτουργεί θετικά, καθώς έδινε στους μαθητές την ελευθερία να δημιουργούν και να δοκιμάζουν ιδέες, ενισχύοντας τη δημιουργική σκέψη. Η τεχνολογία αυτή προσέφερε μια προσιτή και πρακτική λύση για τη διδασκαλία επιστημών, επιτρέποντας στους μαθητές να συνδέουν τη θεωρία με την πράξη μέσα από τη δημιουργία πραγματικών έργων.

Ωστόσο, το ζήτημα της καταλληλότητας του Arduino για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση αποτελεί ένα σημαντικό σημείο συζήτησης. Ενώ η τεχνολογία αυτή αποδείχθηκε ιδιαίτερα αποτελεσματική για τη διδασκαλία μαθητών ανώτερων τάξεων πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, παρατηρήθηκαν προκλήσεις όταν χρησιμοποιήθηκε σε μικρότερες ηλικίες. Ο βαθμός πολυπλοκότητας που συνδέεται με το Arduino απαιτεί από τους μαθητές να έχουν αναπτύξει βασικές δεξιότητες αναλυτικής και αφηρημένης σκέψης. Σε πολλές περιπτώσεις, η χρήση οπτικών γλωσσών προγραμματισμού, όπως το Scratch, λειτούργησε θετικά, διευκολύνοντας την κατανόηση από τους μαθητές. Επιπλέον, η επιτυχία της χρήσης του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση φαίνεται να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την υποστήριξη των εκπαιδευτικών. Οι δάσκαλοι πρέπει να είναι καλά εκπαιδευμένοι τόσο στη χρήση του Arduino όσο και στη σχεδίαση δραστηριοτήτων που συνδέουν τη θεωρία με την πράξη. Αυτό υπογραμμίζει την ανάγκη για περαιτέρω εκπαίδευση των εκπαιδευτικών, καθώς και την ανάπτυξη κατάλληλου υλικού και οδηγών που θα βοηθήσουν στην ενσωμάτωση αυτής της τεχνολογίας στην τάξη.

Τέλος, η χρήση του Arduino έθεσε τις βάσεις για την ανάπτυξη ενός διεπιστημονικού πλαισίου μάθησης. Μέσα από τη σύνδεση διαφορετικών επιστημονικών πεδίων, όπως η φυσική, η πληροφορική και η μηχανική, οι μαθητές απέκτησαν μια ολιστική κατανόηση

της επιστήμης. Οι δραστηριότητες που συνδύαζαν τη δημιουργικότητα με την τεχνολογία ενθάρρυναν τη συμμετοχή και τη συνεργασία, ενώ ταυτόχρονα ενίσχυσαν τις πρακτικές δεξιότητες των μαθητών.

Η παρούσα μελέτη καταδεικνύει τη δυναμική της χρήσης του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ειδικά για τη διδασκαλία επιστημών και την ανάπτυξη δεξιοτήτων STEM. Παρότι υπάρχουν προκλήσεις που σχετίζονται με την πολυπλοκότητα της τεχνολογίας και την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών, τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση του Arduino είναι σαφή. Οι δυνατότητες που παρέχει για τη δημιουργική και πρακτική μάθηση το καθιστούν ένα πολύτιμο εργαλείο που μπορεί να αναβαθμίσει την εμπειρία της διδασκαλίας στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

6.2.1. Περιορισμοί της Μελέτης

Η παρούσα μελέτη, αν και παρέχει σημαντικά ευρήματα για τη χρήση του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση για την εκμάθηση επιστημών, χαρακτηρίζεται από ορισμένους περιορισμούς, οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Ο κύριος περιορισμός έγκειται στο γεγονός ότι η μελέτη βασίζεται σε συστηματική ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και όχι σε πρωτογενή έρευνα. Αυτό σημαίνει ότι τα αποτελέσματα της έρευνας εξαρτώνται από την ποιότητα και τη μεθοδολογία των μελετών που ανασκοπήθηκαν, καθώς και από την πληρότητα των δεδομένων που παρουσιάστηκαν σε αυτές. Παρόλο που η διαδικασία επιλογής των μελετών ακολούθησε μια αυστηρή μεθοδολογία, είναι πιθανό να υπάρχουν σχετικές μελέτες που δεν συμπεριλήφθηκαν λόγω γλωσσικών ή δημοσιευτικών περιορισμών.

Ένας ακόμη περιορισμός αφορά τη διαφορετικότητα των μελετών που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση. Οι μελέτες ποικίλουν ως προς τη μεθοδολογία, το μέγεθος του δείγματος και το εκπαιδευτικό πλαίσιο, γεγονός που δυσκολεύει τη γενίκευση των ευρημάτων. Για παράδειγμα, ορισμένες μελέτες επικεντρώθηκαν σε πολύ μικρά δείγματα μαθητών, ενώ άλλες υλοποιήθηκαν σε πολύ συγκεκριμένα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, όπως σχολεία με προηγμένο τεχνολογικό εξοπλισμό. Αυτό δημιουργεί ερωτήματα σχετικά με την εφαρμογή των αποτελεσμάτων σε διαφορετικά εκπαιδευτικά συστήματα και κοινωνικοπολιτισμικά πλαίσια.

Ένας επιπλέον περιορισμός αφορά την έλλειψη μακροπρόθεσμων δεδομένων. Οι περισσότερες μελέτες που ανασκοπήθηκαν βασίστηκαν σε βραχυπρόθεσμες παρεμβάσεις, χωρίς να εξετάζουν τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της χρήσης του Arduino στις δεξιότητες των μαθητών ή στο ενδιαφέρον τους για τις επιστήμες. Αυτό καθιστά δύσκολη την αξιολόγηση της βιωσιμότητας των οφελών που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια των παρεμβάσεων.

Τέλος, η μελέτη περιορίζεται από την έλλειψη πρωτογενών δεδομένων σχετικά με την εμπειρία των εκπαιδευτικών που χρησιμοποιούν το Arduino. Η συστηματική ανασκόπηση επικεντρώθηκε κυρίως στους μαθητές, παραμελώντας τη σημαντική επίδραση που έχει η εκπαίδευση, η στάση και η υποστήριξη των εκπαιδευτικών στη χρήση αυτής της τεχνολογίας.

6.2.2. Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Η παρούσα μελέτη ανοίγει το δρόμο για μια σειρά από ενδιαφέρουσες ερευνητικές κατευθύνσεις που θα μπορούσαν να διερευνηθούν στο μέλλον. Πρώτον, απαιτούνται πρωτογενείς μελέτες μεγάλης κλίμακας που να περιλαμβάνουν ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα. Αυτές οι μελέτες θα μπορούσαν να επικεντρωθούν σε διαφορετικά εκπαιδευτικά πλαίσια, ώστε να αξιολογηθεί η επίδραση της χρήσης του Arduino σε ποικίλες συνθήκες και διαφορετικά μαθησιακά περιβάλλοντα. Η συλλογή δεδομένων από διαφορετικές χώρες και πολιτισμούς θα μπορούσε να προσφέρει μια πιο σφαιρική εικόνα σχετικά με τη χρησιμότητα και την εφαρμοσιμότητα του Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Δεύτερον, είναι απαραίτητο να διερευνηθούν οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της χρήσης του Arduino. Μελέτες που παρακολουθούν τους μαθητές για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μπορούν να αποκαλύψουν αν τα οφέλη που παρατηρούνται βραχυπρόθεσμα, όπως η βελτίωση δεξιοτήτων STEM και η αύξηση του ενδιαφέροντος για τις επιστήμες, διατηρούνται και στο μέλλον. Τέτοιες μελέτες θα μπορούσαν επίσης να εξετάσουν την επίδραση της πρώιμης έκθεσης στις τεχνολογίες Arduino στη μετέπειτα εκπαιδευτική και επαγγελματική πορεία των μαθητών.

Επιπλέον, προτείνεται η διερεύνηση της εμπειρίας και των αναγκών των εκπαιδευτικών. Μελέτες που επικεντρώνονται στους εκπαιδευτικούς μπορούν να εξετάσουν πώς η εκπαίδευση, η υποστήριξη και οι διαθέσιμοι πόροι επηρεάζουν τη χρήση του Arduino στην τάξη. Αυτές οι πληροφορίες θα μπορούσαν να είναι χρήσιμες για την ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων που ενσωματώνουν το Arduino με πιο αποτελεσματικό τρόπο.

Μια άλλη σημαντική πτυχή για μελλοντική έρευνα είναι η ανάπτυξη και αξιολόγηση κατάλληλων εκπαιδευτικών υλικών και εργαλείων. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη εργαλείων που απλοποιούν τη χρήση του Arduino για μικρότερες ηλικίες, όπως προσαρμοσμένα περιβάλλοντα προγραμματισμού ή εύχρηστα εγχειρίδια, θα μπορούσε να διευκολύνει την ενσωμάτωση του Arduino στις πρώτες τάξεις της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Τέλος, προτείνεται η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ ατομικής και ομαδικής εργασίας στη χρήση του Arduino. Είναι σημαντικό να εξεταστεί πώς οι μαθητές αλληλεπιδρούν όταν εργάζονται μόνοι ή σε ομάδες και πώς η συνεργασία επηρεάζει τη μαθησιακή τους εμπειρία. Αυτή η πτυχή είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς η συνεργασία αποτελεί κεντρικό στοιχείο στις δραστηριότητες STEM.

Βιβλιογραφία

- Ah-Fur, L., Chien-Hung, C., & Horng-Yih, L. (2018, July). Developing an Arduino simulation-based learning system and evaluating its suitability. In Proceedings of the 2018 2nd International Conference on E-Education, E-Business and E-Technology (pp. 38-42).
- Al-Mahmood, A., & Agyeman, M. O. (2019). Home Rehabilitation of Stroke Patients. Designing Games Using Arduino and Raspberry Pi. GRIN Verlag.
- Araújo, A., Portugal, D., Couceiro, M. S., & Rocha, R. P. (2015). Integrating Arduino-based educational mobile robots in ROS. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 77, 281-298.
- Caeli, E. N., & Yadav, A. (2020). Unplugged approaches to computational thinking: A historical perspective. *TechTrends*, 64(1), 29-36.
- Cha, J. G. (2017). A study on the development of coding education program based on Arduino. *Smart Media Journal*, 6(4), 72-78.
- Chacón, R., Posada, H., Toledo, Á., & Gouveia, M. (2018). Development of IoT applications in civil engineering classrooms using mobile devices. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(5), 1769-1781.
- Chatzopoulos, A., Papoutsidakis, M., Kalogiannakis, M., & Psycharis, S. (2020, June). Innovative robot for educational robotics and STEM. In *International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (pp. 95-104). Cham: Springer International Publishing.
- Cheng, H., Hao, L., Luo, Z., & Wang, F. (2016). Establishing the connection between control theory education and application: An Arduino based rapid control prototyping approach. *International Journal of Learning and Teaching*, 2(1), 67-72.
- Chinnasami Sivaji, M. R., Prasanth, V., Sriram, S., & Sowmiya, S. (2022). Application of Arduino devices in various IoT application. *Renewable and Nonrenewable Energy*, 1, 39-44.

- Chou, P. N. (2018). Skill development and knowledge acquisition cultivated by maker education: Evidence from Arduino-based educational robotics. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(10), em1600.
- Chu, J., Zhao, G., Li, Y., Fu, Z., Zhu, W., & Song, L. (2019, December). Design and implementation of education companion robot for primary education. In 2019 IEEE 5th International Conference on Computer and Communications (ICCC) (pp. 1327-1331). IEEE.
- Coenraad, M., Cabrera, L., Killen, H., Plane, J., & Ketelhut, D. J. (2022). Computational thinking integration in elementary teachers' science lesson plans. In *Computational thinking in preK-5: Empirical evidence for integration and future directions* (pp. 11-18).
- de Souza, T. L., & Elisiario, L. S. (2019, October). Educational robotics teaching with Arduino and 3D print based on STEM projects. In *2019 Latin American Robotics Symposium (LARS), 2019 Brazilian Symposium on Robotics (SBR) and 2019 Workshop on Robotics in Education (WRE)* (pp. 407-410). IEEE.
- Di Giacomo, F., & Sandri, M. (2022, April). Educational activities with Arduino to learn about astronomy. In *4th Symposium on Space Educational Activities*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Dorouka, P., Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2020). Tablets and apps for promoting robotics, mathematics, STEM education and literacy in early childhood education. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 14(2), 255-274.
- El-Abd, M. (2017). A review of embedded systems education in the Arduino age: Lessons learned and future directions.
- Emmanuel, F., & Alexandra, P. (2020). Using Makey-Makey for teaching electricity to primary school students. A pilot study. *Education and Information Technologies*, 25(2), 1193-1215.

- Fezari, M., & Al Dahoud, A. (2018). Integrated development environment “IDE” for Arduino. WSN applications, 11, 1-12.
- García-Tudela, P. A., & Marín-Marín, J. A. (2023). Use of Arduino in Primary Education: a systematic review. *Education Sciences*, 13(2), 134.
- Gingl, Z., Mingesz, R., Makan, G., & Mellar, J. (2019). Driving with an Arduino? Keep the lane!. *Physics Education*, 54(2), 025010.
- Görgülü Arı, A., & Meço, G. (2021). A new application in biology education: Development and implementation of Arduino-supported STEM activities. *Biology*, 10(6), 506.
- Guyen, G., Kozcu Cakir, N., Sulun, Y., Cetin, G., & Guven, E. (2022). Arduino-assisted robotics coding applications integrated into the 5E learning model in science teaching. *Journal of Research on Technology in Education*, 54(1), 108-126.
- Guzmán-Fernández, M., Zambrano de la Torre, M., Ortega-Sigala, J., Guzmán-Valdivia, C., Galvan-Tejeda, J. I., Cruz-Domínguez, O., ... & Durán-Muñoz, H. A. (2021). Arduino: a novel solution to the problem of high-cost experimental equipment in higher education. *Experimental Techniques*, 1-13.
- Heo, G. (2020). Arduino-compatible modular kit design and implementation for programming education. *Adv. Sci. Technol. Eng. Syst. J*, 5(5), 295-301.
- Hurtuk, J., Chovanec, M., & Adam, N. (2017, October). The Arduino platform connected to education process. In 2017 IEEE 21st International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES) (pp. 000071-000076). IEEE.
- Jang, B. S. (2021). The Meta-Analysis on Effects of Elementary Education Programs Adopting Arduino. *Journal of Practical Engineering Education*, 13(1), 207-212.
- Kaliampos, G., Kada, V., Saregar, A., & Ravanis, K. (2020). Preschool pupils mental representations on electricity, simple electrical circuit and electrical appliances. *European Journal of Education Studies*, 7(12).

- Kalogiannakis, M., Papadakis, S., & Zourmpakis, A. I. (2021). Gamification in science education. A systematic review of the literature. *Education Sciences*, 11(1), 22.
- Kanta, R., & Takáčová, A. (2023). Proposed use of TinkerCad in primary school computer science classes to support Arduino programming.
- Kumar, E. S. (2022). Arduino Working Principle and It's Use in Education. *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, 10, 2314-2319.
- Lee, E. (2020). A Meta-Analysis of the Effects of Arduino-Based Education in Korean Primary and Secondary Schools in Engineering Education. *European Journal of Educational Research*, 9(4), 1503-1512.
- Lee, E. (2020). A Meta-Analysis of the Effects of Arduino-Based Education in Korean Primary and Secondary Schools in Engineering Education. *European Journal of Educational Research*, 9(4), 1503-1512.
- Lodi, M., & Martini, S. (2021). Computational thinking, between Papert and Wing. *Science & Education*, 30(4), 883-908.
- Lu, C. C., Hong, J. C., Chen, F. F., & Ma, S. Y. (2020). Elementary school students learn arduino programming to assemble sensory-controlled works. *International Journal of Information and Education Technology*, 10(4), 265-270.
- Métioui, A., & Trudel, L. (2020). Conceptions about electrical circuits of English and French pupils from Nova Scotia in Canada: English and French conceptions on electric circuits. *EDU REVIEW. International Education and Learning Review/Revista Internacional de Educación y Aprendizaje*, 8(2), 73-82.
- Michalopoulos, P., Mpania, S., Karatrantou, A., & Panagiotakopoulos, C. (2022). Introducing STEM to primary education students with Arduino and S4A. *Innovating STEM Education: Increased Engagement and Best Practices*, 77-87.
- Mollo, L., Bellotti, F., Berta, R., & De Gloria, A. (2016). Building Arduino-based tangible serious games for elementary mathematics and physics. In *Games and Learning Alliance: 5th International Conference, GALA 2016, Utrecht, The*

Netherlands, December 5–7, 2016, Proceedings 5 (pp. 60-69). Springer International Publishing.

Morón, C., Yedra, E., Ferrández, D., & Saiz, P. (2019). Application of Arduino for the teaching of mathematics in primary education. In ICERI2019 Proceedings (pp. 6316-6321). IATED.

Nižetić, S., Šolić, P., Gonzalez-De, D. L. D. I., & Patrono, L. (2020). Internet of Things (IoT): Opportunities, issues and challenges towards a smart and sustainable future. *Journal of Cleaner Production*, 274, 122877.

Nordby, S. K., Bjerke, A. H., & Mifsud, L. (2022). Primary mathematics teachers' understanding of computational thinking. *KI-Künstliche Intelligenz*, 36(1), 35-46.

Ntourou, V., Kalogiannakis, M., & Psycharis, S. (2021). A study of the impact of Arduino and Visual Programming In self-efficacy, motivation, computational thinking and 5th grade students' perceptions on Electricity. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(5), em1960.

Organtini, G. (2018, September). Arduino as a tool for physics experiments. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1076, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.

Pari-Larico, J. E. T. S., Llerena-Urday, B., Carpio, A. F. D., & Rosas-Paredes, K. (2020). Interactive toy to strengthen the memory attention and logic of primary education students using sphero Arduino and NeuroSky MindWave EEG. In *Proceedings of the 6th Iberoamerican Conference of Computer Human Interaction* (Vol. 2747, pp. 245-254).

Park, J. H., & Kim, S. H. (2015). Case study on utilizing Arduino in programming education of engineering. *Journal of IKEEE*, 19(2), 276-281.

Patel, H. K., Mody, T., & Goyal, A. (2019, April). Arduino based smart energy meter using GSM. In 2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)

- Paucar-Curasma, R., Villalba-Condori, K., Arias-Chavez, D., Le, N. T., Garcia-Tejada, G., & Frango-Silveira, I. (2022). Evaluation of Computational Thinking using four educational robots with primary school students in Peru. *Education in the Knowledge Society*, 23.
- Pech, J., & Novák, M. (2020, April). Use Arduino and micro: bit as teaching platform for the education programming and electronics on the stem basis. In *2020 V International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino)* (pp. 1-4). IEEE.
- Perenc, I., Jaworski, T., & Duch, P. (2019). Teaching programming using dedicated Arduino educational board. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(4), 943-954.
- Pinto, A., & Lopes, B. (2019, May). An approach to sound and acoustics in primary education using Arduino. In *Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education: First International Conference, TECH-EDU 2018, Thessaloniki, Greece, June 20–22, 2018, Revised Selected Papers* (Vol. 993, p. 331). Springer.
- Plaza, P., Sancristobal, E., Carro, G., Blazquez, M., García-Loro, F., Martin, S., ... & Castro, M. (2018, December). Arduino as an educational tool to introduce robotics. In *2018 IEEE international conference on teaching, assessment, and learning for engineering (TALE)* (pp. 1-8). IEEE.
- Plaza, P., Sancristobal, E., Carro, G., Blazquez, M., García-Loro, F., Martin, S., ... & Castro, M. (2018, December). Arduino as an educational tool to introduce robotics. In *2018 IEEE international conference on teaching, assessment, and learning for engineering (TALE)* (pp. 1-8). IEEE.
- Sezgintürk, M., & Sungur, S. (2020). A multidimensional investigation of students' science self-efficacy: The role of gender. *İlkogretim Online-Elementary Education Online*, 19(1), 208-218.
- Sobota, J., PiŚl, R., Balda, P., & Schlegel, M. (2013). Raspberry Pi and Arduino boards in control education. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(17), 7-12.

- Sohn, W. (2014). Design and evaluation of computer programming education strategy using Arduino. *Advanced Science and Technology Letters*, 66(1), 73-77.
- Sousa, A., Barbot, A., Rodrigues, P., Pinto, A., & Lopes, B. (2019). An Approach to Sound and Acoustics in Primary Education Using Arduino. In *Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education: First International Conference, TECH-EDU 2018, Thessaloniki, Greece, June 20–22, 2018, Revised Selected Papers I* (pp. 331-342). Springer International Publishing.
- Sousa, A., Barbot, A., Rodrigues, P., Pinto, A., & Lopes, B. (2019). An approach to sound and acoustics in primary education using Arduino. In *Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education: First International Conference, TECH-EDU 2018, Thessaloniki, Greece, June 20–22, 2018, Revised Selected Papers 1* (pp. 331-342). Springer International Publishing.
- Vidal-Silva, C., Serrano-Malebran, J., & Pereira, F. (2019, November). Scratch and arduino for effectively developing programming and computing-electronic competences in primary school children. In *2019 38th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC)* (pp. 1-7). IEEE.
- Vidal-Silva, C., Serrano-Malebran, J., & Pereira, F. (2019, November). Scratch and Arduino for effectively developing programming and computing-electronic competences in primary school children. In *2019 38th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC)* (pp. 1-7). IEEE.
- Yongqiang, C., Xiaojun, W., & Chengbin, Q. (2018, August). Computer programming education for primary school students. In *2018 13th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)* (pp. 1-5). IEEE.
- Yusop, N., Moketar, N. A., & Sadikan, S. F. N. (2024). Development of Arduino applications for IoT applications in software engineering education: a systematic literature review. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 13(3), 1824-1831.

