ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Σχεδίαση και Ανάπτυξη Διαδραστικού Ρομποτικού Συστήματος σε ρόλο AI Assistant μέσω Αναγνώρισης Προσώπου και Χειρονομιών – Μελέτη Περίπτωσης σε Εκπαιδευτικό Περιβάλλον

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σιδηροπούλου Αναστασία Ειρήνη

Επιβλέπων Καθηγητής
Βαρσάμης Δημήτριος

ΣΕΡΡΕΣ – Δεκέμβριος 2025

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Εφαρμοσμένη Πληροφορική» του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος και πραγματεύεται τη σχεδίαση και ανάπτυξη ενός διαδραστικού ρομποτικού συστήματος που λειτουργεί ως AI Assistant μέσω τεχνολογιών αναγνώρισης προσώπου και χειρονομιών, με εφαρμογή σε εκπαιδευτικό περιβάλλον. Το σύστημα εφαρμόστηκε πιλοτικά σε σχολική τάξη και αξιολογήθηκε με στόχο τη διερεύνηση της συμβολής του στη μαθησιακή διαδικασία και την ενίσχυση της συμμετοχής των μαθητών.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον καθηγητή μου κ. Δημήτριο Βαρσάμη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, την πολύτιμη καθοδήγηση και την αμέριστη υποστήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον κ. Αργύριο Κουρέα, Υποψήφιο Διδάκτορα του τμήματος, για τις εύστοχες παρατηρήσεις, τη διαρκή βοήθεια και το χρόνο που αφιέρωσε με προθυμία.

Ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη οφείλω στον σύζυγό μου, Κωνσταντίνο, για την ατελείωτη στήριξη, την υπομονή και την αγάπη του που με ενδυνάμωσαν σε κάθε βήμα αυτής της διαδρομής, καθώς και στους γιους μου, Ηλία και Μιχαήλ, που αποτελούν την έμπνευση και το φως μου.

Τέλος, με βαθιά συγκίνηση αφιερώνω τούτη την προσπάθεια στους πολυαγαπημένους μου γονείς, Ηλία και Χαρίκλεια, που δεν βρίσκονται πλέον στη ζωή, αλλά με τις αξίες και τη στήριξή τους συνεχίζουν να καθοδηγούν τα βήματά μου.

Περίληψη

Η ραγδαία πρόοδος στη ρομποτική και την τεχνητή νοημοσύνη (AI) δημιουργεί νέες προοπτικές για την ενίσχυση της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής και τον επαναπροσδιορισμό του ρόλου της τεχνολογίας. Η ανάπτυξη διαδραστικών ρομποτικών συστημάτων με δυνατότητες αναγνώρισης προσώπου και χειρονομιών διευκολύνει τη δημιουργία εμπειριών χρήσης προσαρμοσμένων στις ανάγκες των χρηστών και ανοίγει νέες δυνατότητες για καινοτόμες εφαρμογές σε ποικίλα πεδία.

Στον τομέα της εκπαίδευσης, η συνδυαστική χρήση ρομποτικής και τεχνητής νοημοσύνης ενισχύει την ανάπτυξη ψηφιακών, αναλυτικών και συνεργατικών δεξιοτήτων, οι οποίες είναι καθοριστικές για τη σύγχρονη μαθησιακή διαδικασία. Παράλληλα, συμβάλλει στην προσαρμογή της διδασκαλίας στις εξατομικευμένες ανάγκες των μαθητών και προάγει την ενεργό συμμετοχή τους. Η παρούσα εργασία περιγράφει τη σχεδίαση και ανάπτυξη ενός διαδραστικού ρομποτικού συστήματος που λειτουργεί ως AI Assistant σε εκπαιδευτικό περιβάλλον. Το σύστημα εφαρμόστηκε πιλοτικά σε σχολική τάξη και αξιολογήθηκε με ερευνητικές μεθόδους, με στόχο την αποτίμηση της συμβολής του στη μαθησιακή διαδικασία και την ενίσχυση της εμπλοκής των μαθητών.

Λέξεις Κλειδιά: Εκπαιδευτική Ρομποτική, Τεχνητή Νοημοσύνη, AI Assistant, Μελέτη Περίπτωσης

Summary

The rapid progress in robotics and artificial intelligence (AI) is creating new prospects for enhancing human-machine interaction and redefining the role of technology. The development of interactive robotic systems with face and gesture recognition capabilities facilitates the creation of user experiences tailored to individual needs and opens new possibilities for innovative applications across various domains.

In the field of education, the combined use of robotics and artificial intelligence promotes the development of digital, analytical, and collaborative skills, which are essential for the modern learning process. Furthermore, it supports the adaptation of teaching to the individual needs of students and fosters their active engagement. This study presents the design and development of an interactive robotic system functioning as an AI Assistant in an educational environment. The system was piloted in a classroom environment and evaluated using empirical methods to assess both its contribution to the learning process and its potential for enhancing student engagement.

Keywords: Educational Robotics, Artificial Intelligence, AI Assistant, Case Study

Πίνακας Περιεχομένων

Πρόλογος ii

Περίληψη iii

Summary iv

Πίνακας Περιεχομένων 1

Κατάλογος Εικόνων 5

Κατάλογος Πινάκων 6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 7

Εισαγωγή 7

1.1 Αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας 7

1.2 Μεθοδολογική Προσέγγιση της Έρευνας 8

1.3 Οργάνωση Δομής της Διπλωματικής Εργασίας 9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 10

Περιγραφή του Θέματος 10

2.1 Ορισμός Προβλήματος και Αντικειμένου Μελέτης 10

2.2 Επισκόπηση, Θεωρητικό και Τεχνολογικό Υφιστάμενο Υπόβαθρο 11

2.3 Συνεισφορά της Διπλωματικής Εργασίας 12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 14

Θεωρητική Προσέγγιση 14

3.1 Ρομποτική: Έννοιες, Εξέλιξη και Τάσεις 15

3.1.1 Ορισμοί, Βασικές Έννοιες και Κατηγορίες Ρομποτικών Συστημάτων 16

3.1.2 Ιστορική Ανασκόπηση 17

3.1.3 Σύγχρονες Τάσεις και Πεδία Εφαρμογών 18

3.2 Εκπαιδευτική Ρομποτική 20

3.2.1 Ορισμός και Βασικά Χαρακτηριστικά 21

3.2.2 Εκπαιδευτικές Προσεγγίσεις και Διδακτικές Μεθοδολογίες 22

3.2.3 Εκπαιδευτική Ρομποτική και Ανάπτυξη Δεξιοτήτων 24

3.2.4 Συμπερίληψη και Εκπαιδευτική Ρομποτική 26

3.2.5 Εφαρμοσμένα Παραδείγματα σε Σχολικό Περιβάλλον 27

3.3 Τεχνητή Νοημοσύνη (AI): Θεμελιώδεις Αρχές και Εφαρμογές 28
3.3.1 Ορισμός και Βασικές Έννοιες 29
3.3.2 Ιστορική Αναδρομή 31
3.3.3 Βασικοί Πυλώνες της Τεχνητής Νοημοσύνης: Machine Learning, Computer Vision και NLP 33
3.3.4 Σύγχρονες Πλατφόρμες Τεχνητής Νοημοσύνης και Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (LLMs) 35
3.3.5 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης σε Ρομποτικά Συστήματα 39
3.3.6 Ηθικά Ζητήματα και Προκλήσεις στη Χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης 41
3.3.7 Εφαρμοσμένα Παραδείγματα της Τεχνητής Νοημοσύνης 42
3.4 Ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) στην Εκπαιδευτική Ρομποτική 44
3.4.1 Ο Ρόλος της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εκπαιδευτική Ρομποτική 45
3.4.2 Παιδαγωγική Αξία, Οφέλη και Προκλήσεις 45
3.4.3 Εκπαιδευτικές Δυνατότητες της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Τάξη 48
3.4.4 Βοηθοί Τεχνητής Νοημοσύνης (AI Assistants): Τεχνολογίες, Δυνατότητες και Εκπαιδευτικές Εφαρμογές 49
3.4.5 Εφαρμοσμένα Παραδείγματα Ενσωμάτωσης AI και Υλοποίησης AI Assistants στην Εκπαιδευτική Πράξη 52
3.5 Ανθρώπινη – Ρομποτική Αλληλεπίδραση (Human-Robot Interaction, HRI) στην Εκπαιδευτική Ρομποτική 53
3.5.1 Ορισμός και Χαρακτηριστικά της Human-Robot Interaction (HRI) 54
3.5.2 Ο Ρόλος της HRI στην Εκπαίδευση 56
3.5.3 Τεχνολογίες Ανίχνευσης και Μορφές Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου-Ρομπότ 58
3.5.4 Εφαρμοσμένα Παραδείγματα HRI στην Εκπαιδευτική Ρομποτική 60
3.6 Συναφείς Ερευνητικές Προσεγγίσεις στην Εκπαιδευτική Ρομποτική με AI και HRI 61
3.6.1 Διεθνείς Ερευνητικές Προσεγγίσεις 61
3.6.2 Ελληνικές Ερευνητικές Προσεγγίσεις 65
3.6.3 Προσδιορισμός Ερευνητικού Κενού και Ανάδειξη Καινοτομίας της Παρούσας Μελέτης 70
3.7 Προτεινόμενη Μεθοδολογία Ανάπτυξης AI Εκπαιδευτικού Ρομποτικού Βοηθού (AI Assistant) με HRI 71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ..... **74**

Υλοποίηση Ρομποτικού Συστήματος 74

4.1 Ανάλυση και Καθορισμός Απαιτήσεων Συστήματος 74

4.1.1 Εισαγωγή *74*

4.1.2 Πηγές Απαιτήσεων *75*

4.1.3 Κατηγοριοποίηση Απαιτήσεων *80*

4.1.4 Χαρτογράφηση Απαιτήσεων με Παιδαγωγικούς Στόχους *82*

4.1.5 Ιεράρχηση Απαιτήσεων (Prioritization) *83*

4.1.6 Περιορισμοί στην Υλοποίηση του AI Assistant *88*

4.2 Επιλογή Υλικού (Hardware) και Λογισμικού (Software) 89

4.3 Σχεδιασμός Αρχιτεκτονικής του Συστήματος 94

4.4 Ανάπτυξη Λογισμικού του AI Assistant 98

4.4.1 Ενσωμάτωση Αναγνώρισης Χειρονομίας *99*

4.4.2 Ενσωμάτωση Αναγνώρισης Προσώπου *100*

4.4.3 Επικοινωνία με Μεγάλο Γλωσσικό Μοντέλο (LLM) *101*

4.4 Προγραμματισμός Make Code και Micro:bit 108

4.5 Δοκιμές Λειτουργικότητας 114

4.5.1 Έλεγχος επιμέρους υποσυστημάτων *114*

4.5.2 Συνδυαστικές δοκιμές ολοκλήρωσης *115*

4.5.3 Δοκιμές πλήρους ροής λειτουργίας *115*

4.5.4 Παρατηρήσεις και βελτιστοποιήσεις *118*

4.6 Αξιολόγηση 118

4.6.1 Μεθοδολογία Αξιολόγησης *118*

4.6.2 Αποτελέσματα Μετρήσεων *118*

4.6.3 Ανάλυση και Τεχνικά Συμπεράσματα *119*

4.6.4 Τελική Αποτίμηση *119*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ..... **121**

Μεθοδολογία της Έρευνας 121

5.1 Μεθοδολογία Πειραματισμού 121

5.1.1 Ερευνητικός Σχεδιασμός *121*

5.1.2 Σκοπός και Ερευνητικά Ερωτήματα *121*

5.1.3 Δείγμα και Πληθυσμός *122*

5.1.4 Ερευνητικά Εργαλεία *127*

5.1.5 Διαδικασία Συλλογής Δεδομένων *131*

Περιγραφή της Συλλογής Δεδομένων στο δείγμα των Μαθητών *131*

Περιγραφή της Συλλογής Δεδομένων στο δείγμα των Εκπαιδευτικοί *134*

5.1.6 Μέθοδοι Ανάλυσης Δεδομένων *135*

5.1.7 Ηθικά Ζητήματα *139*

5.1.8 Περιορισμοί και Προοπτικές *139*

5.2 Αναλυτική Παρουσίαση Αποτελεσμάτων 139

5.2.1 Ανάλυση Αποτελεσμάτων των Ερωτηματολογίων των Μαθητών *139*

5.2.2 Ανάλυση Αποτελεσμάτων των Ερωτηματολογίων των Εκπαιδευτικών *144*

5.2.3 Διαγραμματική Ανάλυση των Ερωτηματολογίων Μαθητών και Εκπαιδευτικών και Συγκριτική Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων *149*

Σύγκριση Ερωτηματολογίων Μαθητών Μ1 και Μ2 *149*

Σύγκριση Ερωτηματολογίων Εκπαιδευτικών Ε1 και Εκπαιδευτικών Ε2 *154*

5.2.4 Γενικά Συμπεράσματα *158*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 161

Επίλογος 161

6.1 Σύνοψη και Συμπεράσματα 161

6.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις 163

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 165

Βιβλιογραφία 165

Παράρτημα Α - Σχέδια Μαθημάτων 172

Παράρτημα Β – Ερωτηματολόγια 187

Μ1 - Ερωτηματολόγιο Εισόδου Μαθητών 187

Μ2 - Ερωτηματολόγιο Εξόδου Μαθητών 189

Ε1 - Ερωτηματολόγιο Εισόδου Εκπαιδευτικών 191

Ε2 - Ερωτηματολόγιο Εξόδου Εκπαιδευτικών 194

Παράρτημα Γ - Γλωσσάριο 196

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Μεθοδολογία Ανάπτυξης του AI Assistant 73
Εικόνα 2: Η Μέθοδος MoSCow 85
Εικόνα 3: Εκπαιδευτικό Ρομπότ Maqueen Plus V2 90
Εικόνα 4: HuskyLens AI Camera 91
Εικόνα 5: Περιβάλλον MakeCode για τον προγραμματισμό του Micro:bit 92
Εικόνα 6: Maqueen με HuskyLens AI Camera 94
Εικόνα 7: Αναγνώριση Χειρονομίας 100
Εικόνα 8: Αναγνώριση Προσώπου 101
Εικόνα 9: Λειτουργία Αναγνώρισης Ομιλίας 102
Εικόνα 10: Δημιουργία Εκπαιδευτικού Prompt 103
Εικόνα 11: Αποστολή Αιτήματος στο LLM και Παραλαβή Απάντησης 103
Εικόνα 12: Απάντηση LLM 104
Εικόνα 13: Σύνθεση Φωνής (Text-to-Speech) 104
Εικόνα 14: Επικοινωνία με το Ρομπότ μέσω Bluetooth Low Energy (BLE) 105
Εικόνα 15: UI Web Εφαρμογής του AI Assistant 107
Εικόνα 16: Ο Κώδικας του AI Assistant σε περιβάλλον Make Code 110
Εικόνα 17: Εφαρμογή Σχέδιου Μαθήματος σε Μαθητές Λυκείου 116
Εικόνα 18: Εφαρμογή Σχέδιου Μαθήματος σε Μαθητές Γυμνασίου 117
Εικόνα 19: Εφαρμογή Σχέδιου Μαθήματος σε Μαθητές Δημοτικού 117
Εικόνα 20: Εφαρμογή Σχέδιου Μαθήματος σε Μαθητές Λυκείου 117
Εικόνα 21: Φύλο Μαθητών 123
Εικόνα 22: Προηγούμενη Χρήση Εκπαιδευτικής Ρομποτικής/ΤΝ 123
Εικόνα 23: Τάξη Μαθητών 124
Εικόνα 24: Ηλικιακή Κατανομή Εκπαιδευτικών 125
Εικόνα 25: Εκπαιδευτική Βαθμίδα Εκπαιδευτικών 126
Εικόνα 26: Χρόνια Υπηρεσίας Εκπαιδευτικών 126
Εικόνα 27: Προηγούμενη Χρήση Εκπαιδευτικής Ρομποτικής/ΤΝ από τους Εκπαιδευτικούς 127
Εικόνα 28: Ερωτηματολόγιο Εξόδου Μαθητών -Μ2 129
Εικόνα 29: Ερωτηματολόγιο Εξόδου Εκπαιδευτικών 130
Εικόνα 30: Συμμετοχή Μαθητών - Ερωτηματολόγια 133
Εικόνα 31: Ολοκλήρωση Διδασκαλίας με τον AI Assistant 133
Εικόνα 32: Ερωτηματολόγια Μαθητών 133
Εικόνα 33: Συμμετοχή Εκπαιδευτικών - Ερωτηματολόγια Εκπαιδευτικών 135

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Συμβολή Ρομποτικής - Καλλιέργεια Δεξιοτήτων 25
Πίνακας 2 Μοντέλα LLMs 39
Πίνακας 3: Ερευνητικές Προσεγγίσεις χρήσης Ρομπότ και ΤΝ στην Εκπαίδευση 69
Πίνακας 4: Πηγές Απαιτήσεων Συστήματος 79
Πίνακας 5: Λειτουργικές και Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις Συστήματος 82
Πίνακας 6: Απαιτήσεις Συστήματος με βάση τους Παιδαγωγικούς Στόχους 83
Πίνακας 7: Εφαρμογή της Μεθόδου MoSCoW στον AI Assistant 88
Πίνακας 8: Δείκτες Επαγωγικής και Περιγραφικής Στατιστικής 138
Πίνακας 9: Περιγραφικά Στατιστικά για το Ερωτηματολόγιο Μ1 (Πριν τη χρήση του AI Assistant) 140
Πίνακας 10: Περιγραφικά Στατιστικά για το Ερωτηματολόγιο Μ2 (Μετά τη χρήση του AI Assistant) 141
Πίνακας 11: Δείκτες Αξιοπιστίας (Cronbach's α) για Μ1 και Μ2 142
Πίνακας 12: Αποτελέσματα Ελέγχου Ανεξάρτητων Δειγμάτων (Independent Samples t-test) μεταξύ Μ1 και Μ2 143
Πίνακας 13: Περιγραφικά Στατιστικά για το Ερωτηματολόγιο Ε1 (Είσοδος Εκπαιδευτικών) 145
Πίνακας 14: Περιγραφικά Στατιστικά για το Ερωτηματολόγιο Ε2 (Έξοδος Εκπαιδευτικών) 147
Πίνακας 15: Δείκτες Αξιοπιστίας (Cronbach's α) για τα Ε1 και Ε2 148
Πίνακας 16: Αποτελέσματα Independent Samples t-test μεταξύ Ε1 και Ε2 148
Πίνακας 17: Πίνακας 17: Σύγκριση Αποτελεσμάτων Ερωτηματολογίων Εισόδου - Εξόδου Μαθητών 152
Πίνακας 18: Αξιολόγηση Μαθήματος με τη χρήση του AI Assistant 153
Πίνακας 19: Σύγκριση Ερωτηματολογίων Εισόδου - Εξόδου Εκπαιδευτικών 158

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

Η αλματώδης εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence - AI) και της ρομποτικής τα τελευταία χρόνια έχει μεταβάλει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αλληλοεπιδρούν με τεχνολογικά συστήματα. Οι τεχνολογίες αυτές αξιοποιούνται πλέον σε ποικίλους τομείς, με την εκπαίδευση να αποτελεί ένα από τα πεδία όπου διαφαίνονται σημαντικές προοπτικές (Luckin et al., 2016). Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να καταγράψει τις διεθνείς τάσεις, παραδείγματα και εφαρμογές της εκπαιδευτικής ρομποτικής μέσα στις σχολικές τάξεις, στη συνέχεια να προτείνει και να υλοποιήσει ένα πρωτότυπο ρομποτικό βοηθό – AI Assistant, ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί σε πραγματικές συνθήκες σχολικής τάξης και του οποίου η εφαρμογή θα αξιολογηθεί από τους συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς και μαθητές. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης αυτής θα καταγραφούν και θα παρουσιαστούν οι εμπειρίες, οι στάσεις και η πιθανή αλλαγή στάσεων και απόψεων που μπορεί να προκύψουν από τις ενδεικτικές διδασκαλίες που θα πραγματοποιηθούν.

1.1 Αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζεται περιληπτικά το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας, ο σκοπός της, όπως επίσης γίνεται λόγος για τη μεθοδολογική προσέγγιση που θα ακολουθηθεί. Αδιαμφησβήτητα, στην εποχή μας όλα γύρω μας μεταβάλλονται τόσο γρήγορα, πόσο μάλλον ότι αφορά τον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης και της ρομποτικής. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει ταχύτατες και φαντασμαγορικές επεμβάσεις και αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αλληλοεπιδρούν μέσα στην ψηφιακή κοινωνία. Η τεχνητή νοημοσύνη και τα ρομποτικά συστήματα αξιοποιούνται πλέον σε ποικίλους τομείς, με την εκπαίδευση να αποτελεί ένα από τα πεδία όπου διαφαίνονται σημαντικές προοπτικές (Luckin et al., 2016). Η ενσωμάτωση ρομποτικών συστημάτων και εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης σε μαθησιακά περιβάλλοντα μπορεί να συμβάλει στην ενίσχυση της συμμετοχής των μαθητών, στην εξατομίκευση της διδασκαλίας και στην καλλιέργεια δεξιοτήτων του 21ου

αιώνα (Kanda et al., 2004; Holmes et al., 2019). Στο πλαίσιο αυτό εντάσσεται και η παρούσα εργασία, η οποία επικεντρώνεται στην ανάπτυξη ενός διαδραστικού ρομποτικού βοηθού με χρήση τεχνολογιών αναγνώρισης προσώπου και χειρονομιών, για εφαρμογή σε σχολικές τάξεις Δευτεροβάθμιας και Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης..

Το προτεινόμενο σύστημα αξιοποιεί μικροελεγκτή micro:bit, κάμερα HuskyLens και αισθητήρες για την αναγνώριση προσώπων και κινήσεων, ενώ μέσω σύνδεσης Bluetooth με φορητό υπολογιστή, smartphone ή tablet και χρήση γλωσσικού μοντέλου τεχνητής νοημοσύνης (LLM) μπορεί να προσφέρει φωνητική απόκριση σε ερωτήσεις μαθητών. Η φυσική διάδραση με τους μαθητές ενισχύει την ανθρώπινη-ρομποτική αλληλεπίδραση (Human-Robot Interaction – HRI), ένα πεδίο με διαρκώς αυξανόμενο ερευνητικό ενδιαφέρον (Belpaeme et al., 2018).

1.2 Μεθοδολογική Προσέγγιση της Έρευνας

Η μεθοδολογική προσέγγιση της παρούσας μελέτης συνδυάζει τη θεωρητική διερεύνηση με την τεχνική υλοποίηση και την εμπειρική αξιολόγηση. Αρχικά πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική επισκόπηση σε θέματα που σχετίζονται με την Εκπαιδευτική Ρομποτική, την Τεχνητή Νοημοσύνη στην Εκπαίδευση και την HRI, ώστε να τεκμηριωθεί η σκοπιμότητα και η σχεδιαστική κατεύθυνση του έργου (Mubin et al., 2013). Στη συνέχεια, ακολούθησε η φάση της υλοποίησης, όπου επιλέχθηκαν κατάλληλα εργαλεία και τεχνολογίες.

Η πιλοτική εφαρμογή του συστήματος πραγματοποιήθηκε σε τάξεις ΣΤ’ Δημοτικού, Α΄, Β’, Γ’ Γυμνασίου και Α’ και Β΄ Λυκείου, ακολουθώντας τα εκπαιδευτικά σενάρια που παρουσιάζονται στα παραρτήματα αυτής της εργασίας και με σκοπό να παρατηρηθεί η συμπεριφορά των εκπαιδευτικών και μαθητών πριν και μετά την αλληλεπίδρασή τους με το ρομπότ AI Assistant, και να εξαχθούν ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα (Serholt et al., 2017). Η αξιολόγηση βασίστηκε σε ερωτηματολόγια εισόδου μαθητών και εκπαιδευτικών (αποτύπωση εμπειριών και απόψεων πριν την εφαρμογή της διδασκαλίας με τον ρομποτικό βοηθό) και σε ερωτηματολόγια εξόδου μαθητών και εκπαιδευτικών (για αποτύπωση εμπειριών και απόψεων μετά την εφαρμογή της διδασκαλίας με τον ρομποτικό βοηθό). Τα δεδομένα αυτά συλλέχθηκαν μέσω Google Forms, υπέστη σε επεξεργασία με ειδικό πρόγραμμα στατιστικής και τα αποτελέσματα καταγράφηκαν σε συγκεκριμένο κεφάλαιο.

1.3 Οργάνωση Δομής της Διπλωματικής Εργασίας

Η εργασία διαρθρώνεται σε επτά κεφάλαια. Κάθε κεφάλαιο έχει συγκεκριμένο σκοπό και συμβάλλει στη συνολική τεκμηρίωση του θέματος.

Το **Κεφάλαιο 1** εισάγει το αντικείμενο της μελέτης, περιγράφει το σκοπό και τη μεθοδολογική προσέγγιση. Επίσης, παρουσιάζει τη συνολική δομή της εργασίας.

Στο **Κεφάλαιο 2** αποσαφηνίζεται το πρόβλημα και περιγράφεται το υπόβαθρο της μελέτης. Αναλύεται η τρέχουσα κατάσταση στο πεδίο, ενώ αναδεικνύεται η συνεισφορά της εργασίας σε σχέση με προηγούμενες προσπάθειες.

Το **Κεφάλαιο 3** εστιάζει στη θεωρητική θεμελίωση. Παρουσιάζονται βασικές έννοιες της ρομποτικής και της τεχνητής νοημοσύνης. Επίσης, παρουσιάζονται η εφαρμογή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία, μέσα από σύγχρονες προσεγγίσεις και παραδείγματα.

Στο **Κεφάλαιο 4** περιγράφεται αναλυτικά η υλοποίηση του ρομποτικού συστήματος. Γίνεται αναφορά στην αρχιτεκτονική και στην επιλογή υλικού και λογισμικού. Επιπλέον στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται και αναλυτικά η υλοποίηση και ο σχεδιασμός του ρομποτικού βοηθού σε επίπεδο υλικού (hardware) και λογισμικού (software).

Το **Κεφάλαιο 5** περιλαμβάνει την πειραματική αξιολόγηση. Παρουσιάζεται η διαδικασία εφαρμογής στην τάξη, βασισμένη σε συγκεκριμένα σχέδια μαθημάτων και τέλος αναλύονται τα δεδομένα που προέκυψαν και εξάγονται – ερμηνεύονται τα αποτελέσματα.

Το **Κεφάλαιο 6** συνοψίζει τα ευρήματα και προτείνει μελλοντικές προεκτάσεις ή βελτιώσεις, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις τεχνικές όσο και τις παιδαγωγικές διαστάσεις.

Τέλος, το **Κεφάλαιο 7** περιλαμβάνει τη βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε κατά την εκπόνηση της μελέτης, καθώς και τα παραρτήματα τα οποία περιλαμβάνουν τα σχέδια μαθημάτων, τα ερωτηματολόγια και ένα γλωσσάρι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Περιγραφή του Θέματος

Το δεύτερο αυτό κεφάλαιο εστιάζει στην αναλυτική παρουσίαση του θέματος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θέτοντας το πλαίσιο και τα βασικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη αντικειμένου. Σκοπός του είναι να προσδιορίσει με σαφήνεια το πρόβλημα, τους στόχους και τη σημασία της επιλεγμένης θεματικής, ώστε να καταστεί κατανοητό το υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα αναπτυχθεί η ερευνητική προσέγγιση.

Αρχικά, γίνεται μια συνοπτική αναφορά στο γενικό πεδίο στο οποίο εντάσσεται η εργασία, καθώς και στις τεχνολογικές και παιδαγωγικές διαστάσεις που την πλαισιώνουν. Στη συνέχεια, προσδιορίζεται το αντικείμενο μελέτης και αναδεικνύονται οι λόγοι για τους οποίους κρίνεται επιστημονικά και πρακτικά σημαντικό. Η ανάλυση περιλαμβάνει επίσης τους κύριους άξονες και παραμέτρους που θα διερευνηθούν, ενώ επιχειρείται η αποσαφήνιση των προσδοκώμενων αποτελεσμάτων και της συμβολής της εργασίας τόσο στο ακαδημαϊκό πεδίο όσο και στην εφαρμοσμένη πράξη.

Η δομή του κεφαλαίου έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να προσφέρει μια ολοκληρωμένη εικόνα του θέματος πριν από την είσοδο στις πιο εξειδικευμένες θεωρητικές και τεχνολογικές αναλύσεις που ακολουθούν στα επόμενα κεφάλαια.

2.1 Ορισμός Προβλήματος και Αντικειμένου Μελέτης

Είναι γεγονός ότι η ενσωμάτωση της τεχνολογίας στην εκπαιδευτική πράξη αποτελεί μια σταθερή επιδίωξη των σύγχρονων εκπαιδευτικών συστημάτων. Ωστόσο, η αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης και των ρομποτικών τεχνολογιών με τρόπο που να υποστηρίζει ουσιαστικά τη μάθηση και να ενισχύει τη συμμετοχή των μαθητών παραμένει ένα σύνθετο και εν μέρει ανεξερεύνητο πεδίο (Holmes et al., 2019). Η έλλειψη εργαλείων που μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα, να αλληλοεπιδρούν φυσικά με τους μαθητές και να ανταποκρίνονται στις ανάγκες τους σε πραγματικό χρόνο συνιστά ένα βασικό κενό στην υπάρχουσα εκπαιδευτική τεχνολογία.

Η παρούσα εργασία επιδιώκει να απαντήσει σε αυτό το πρόβλημα μέσα από την ανάπτυξη ενός ρομποτικού συστήματος AI – Assistant, που θα λειτουργεί ως διαδραστικός βοηθός διδασκαλίας, χρησιμοποιώντας αναγνώριση χειρονομιών και προσώπου για την ενεργή παρακολούθηση της μαθησιακής αλληλεπίδρασης. Το σύστημα θα προσφέρει φωνητική απόκριση, αξιοποιώντας τεχνολογίες φυσικής γλώσσας, με στόχο την υποστήριξη της εκπαιδευτικής διαδικασίας και την καλλιέργεια δεξιοτήτων επικοινωνίας, συνεργασίας και αυτονομίας στους μαθητές.

2.2 Επισκόπηση, Θεωρητικό και Τεχνολογικό Υφιστάμενο Υπόβαθρο

Τις τελευταίες δεκαετίες η ανάπτυξη ρομποτικών συστημάτων και εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση αποτελεί αντικείμενο εντατικής έρευνας. Το πεδίο της ανθρώπινης-ρομποτικής αλληλεπίδρασης (Human–Robot Interaction – HRI) εξελίσσεται ραγδαία, δίνοντας έμφαση στη δημιουργία κοινωνικών ρομπότ τα οποία μπορούν να επικοινωνούν φυσικά, συναισθηματικά και παιδαγωγικά με τους μαθητές (Sun et al., 2025). Μέσα από τέτοιες διεπαφές, επιδιώκεται η ενίσχυση της εμπλοκής και η διευκόλυνση της μάθησης με τρόπο που να προσομοιάζει την ανθρώπινη επικοινωνία.

Στην ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα έχουν υλοποιηθεί ορισμένα σημαντικά παραδείγματα εφαρμογής τέτοιων τεχνολογιών. Το ρομπότ Kaspar, για παράδειγμα, χρησιμοποιήθηκε για την υποστήριξη παιδιών με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος, επιτυγχάνοντας σημαντικές βελτιώσεις στις κοινωνικές τους δεξιότητες και στην αλληλεπίδραση με το σχολικό περιβάλλον (Karakosta et al., 2019). Αντίστοιχα, το έργο ChildBot ανέπτυξε μια αρχιτεκτονική πολυ-ρομποτικής συνεργασίας, ενισχύοντας τη διασκέδαση και τη μαθησιακή εμπλοκή των παιδιών σε συνθήκες αλληλεπιδραστικής μάθησης (Efthymiou et al., 2022).

Η αναγνώριση προσώπων και χειρονομιών αποτελεί κρίσιμο τεχνολογικό παράγοντα για τη δημιουργία φυσικών και μη επεμβατικών διαύλων επικοινωνίας ανάμεσα στον χρήστη και στο ρομποτικό σύστημα. Έρευνες έχουν δείξει ότι ακόμη και κάμερες χαμηλής ανάλυσης μπορούν να επιτύχουν υψηλά ποσοστά ακρίβειας (>90%) στην κατηγοριοποίηση χειρονομιών, προσφέροντας παράλληλα ασφάλεια και διακριτικότητα σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα με παιδιά (Ercolano et al., 2024). Επιπλέον, διεθνή έργα όπως το CARE, αξιοποίησαν τεχνολογίες ανάλυσης συναισθημάτων και αναγνώρισης χειρονομιών,

προσαρμόζοντας το εκπαιδευτικό περιεχόμενο σε πραγματικό χρόνο με βάση τη συναισθηματική κατάσταση του μαθητή (Maaz et al., 2025).

Σε τεχνολογικό επίπεδο, εργαλεία όπως το micro:bit, ο αισθητήρας HuskyLens, και μεγάλα γλωσσικά μοντέλα όπως το ChatGPT, Gemini, Copilot κτλ., επιτρέπουν πλέον την υλοποίηση πλήρως διαδραστικών συστημάτων, συνδυάζοντας φυσική αναγνώριση με παραγωγή φυσικής γλώσσας. Παρά τις εξελίξεις, σπάνιες είναι οι εφαρμογές όπου συνδυάζονται αρμονικά τόσο οι οπτικές όσο και οι λεκτικές διεπαφές σε ενιαίο εκπαιδευτικό ρομπότ. Το ρομποτικό σύστημα που προτείνεται στην παρούσα διπλωματική εργασία, διαφοροποιείται ακριβώς σε αυτό το σημείο αξιοποιώντας προσιτές τεχνολογίες όπως το micro:bit και η AI κάμερα HuskyLens σε συνεργασία με προηγμένα μοντέλα επεξεργασίας φυσικής γλώσσας για την παροχή εξατομικευμένων απαντήσεων, προωθώντας έτσι την αυτενέργεια και την προσαρμοστική υποστήριξη του μαθητή (Chu et al., 2022).

Συνολικά, η συνδυαστική χρήση των παραπάνω τεχνολογιών διαμορφώνει νέες προοπτικές για τη μετάβαση από τις στατικές ψηφιακές εφαρμογές σε δυναμικά, διαλογικά και παιδαγωγικά ευαίσθητα συστήματα, τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν εντός της σχολικής τάξης, με ουσιαστική συμβολή στην ποιότητα της διδασκαλίας και της μάθησης.

2.3 Συνεισφορά της Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα εργασία εισάγει μια καινοτόμο προσέγγιση που συνδυάζει τεχνολογίες αναγνώρισης προσώπου και χειρονομιών με προηγμένα γλωσσικά μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης, με σκοπό τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου διαδραστικού ρομποτικού βοηθού προσαρμοσμένου στις ανάγκες της σύγχρονης σχολικής τάξης. Η τεχνολογική της καινοτομία βασίζεται στη σύνθεση του μικροελεγκτή micro:bit V2, του αισθητήρα υπολογιστικής όρασης HuskyLens AI Vision Sensor και του γλωσσικού μοντέλου ChatGPT, διαμορφώνοντας ένα λειτουργικό ρομποτικό σύστημα ικανό να εντοπίζει μαθητές που σηκώνουν την παλάμη, να προσεγγίζει τον χρήστη και να προσφέρει φωνητική απόκριση μέσω συνδεδεμένου ηχείου Bluetooth ή μέσω smartphone/tablet.

Η διδακτική αξιοποίηση του συστήματος αφορά την υλοποίηση τριών εκπαιδευτικών σεναρίων στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, που εντάσσει το ρομπότ σε ρεαλιστικές συνθήκες τάξης, επιτρέποντας την παρατήρηση της αποδοχής, της χρηστικότητας και της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής του. Η υλοποίηση υιοθετεί φιλοσοφία προσιτού σχεδιασμού, εστιάζοντας στην ευχρηστία, την κινητικότητα και την

προσαρμοστικότητα του συστήματος, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς εξειδικευμένες τεχνικές γνώσεις από εκπαιδευτικούς.

Σε ερευνητικό επίπεδο, η εργασία συνεισφέρει στην εμπλουτισμένη κατανόηση της αλληλεπίδρασης μαθητών και εκπαιδευτικών με διαλογικά ρομποτικά συστήματα υποστηριζόμενα από AI. Επεκτείνει τη σχετική βιβλιογραφία που μέχρι πρότινος επικεντρωνόταν κυρίως σε επιμέρους διαστάσεις της ανθρώπινης-ρομποτικής αλληλεπίδρασης (Human-Robot Interaction – HRI) ή της τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση, χωρίς να εξετάζει ενιαία συστήματα που τα συνδυάζουν (Efthymiou et al., 2022; Sun et al., 2025). Η εφαρμογή του ρομπότ σε αυθεντικό περιβάλλον μάθησης προσφέρει νέα εμπειρικά δεδομένα για τον ρόλο των διαλογικών βοηθών στην ενίσχυση της μαθησιακής εμπλοκής και συμβάλλει στη συζήτηση για τις δυνατότητες και τα όρια της AI στην τάξη. Επιπλέον, αναδεικνύει κατευθύνσεις για μελλοντική βελτιστοποίηση και επέκταση παρόμοιων τεχνολογιών με βάση την παιδαγωγική αξία και την εκπαιδευτική αποδοχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Θεωρητική Προσέγγιση

Το τρίτο κεφάλαιο διαμορφώνει το θεωρητικό θεμέλιο της παρούσας εργασίας, παρέχοντας τα βασικά επιστημονικά και εννοιολογικά στοιχεία που απαιτούνται για την κατανόηση των τεχνολογιών και των παιδαγωγικών αρχών που αξιοποιούνται στην ερευνητική υλοποίηση που έπεται. Η διάρθρωσή του έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε η παρουσίαση να εξελίσσεται προοδευτικά, ξεκινώντας από γενικές έννοιες και προχωρώντας σε εξειδικευμένα ζητήματα, με σταθερή σύνδεση ανάμεσα στην τεχνολογική και την εκπαιδευτική διάσταση.

Στην αρχή, η ενότητα 3.1 αναφέρεται στη ρομποτική, δίνοντας τον ορισμό, τα κύρια χαρακτηριστικά και τη διαχρονική της εξέλιξη, ώστε να αποσαφηνιστεί το πλαίσιο στο οποίο εντάσσονται οι μεταγενέστερες αναλύσεις. Η ενότητα 3.2 μεταφέρει το επίκεντρο στην εκπαιδευτική ρομποτική, παρουσιάζοντας θεωρητικές βάσεις και μεθοδολογικές προσεγγίσεις που συνδέουν τις τεχνολογίες ρομποτικής με την εκπαιδευτική πράξη. Ακολουθεί η ενότητα 3.3, όπου εξετάζεται η τεχνητή νοημοσύνη, τόσο ως προς τις βασικές της αρχές και τις τεχνολογικές συνιστώσες, όσο και ως προς τις εφαρμογές της σε ποικίλα πεδία.

Η ενότητα 3.4 συνδυάζει τις δύο προηγούμενες θεματικές, διερευνώντας πώς η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να ενσωματωθεί στην εκπαιδευτική ρομποτική, με αναφορά σε παιδαγωγικά οφέλη αλλά και προκλήσεις. Έπειτα, η ενότητα 3.5 επικεντρώνεται στην ανθρώπινη–ρομποτική αλληλεπίδραση (HRI), περιγράφοντας τις τεχνολογίες και τις μεθόδους που υποστηρίζουν την αποτελεσματική συνεργασία ανθρώπου και ρομπότ στο πλαίσιο της εκπαίδευσης. Τέλος, οι ενότητες 3.6 και 3.7 λειτουργούν συμπληρωματικά, παρουσιάζοντας αφενός σχετικές ερευνητικές προσεγγίσεις και αφετέρου την προτεινόμενη μεθοδολογία για την ανάπτυξη ενός HRI εκπαιδευτικού ρομποτικού βοηθού με δυνατότητες AI.

Η συγκεκριμένη οργάνωση των υποενοτήτων δεν είναι τυχαία· αποσκοπεί στο να ακολουθηθεί μια σαφής και συνεκτική πορεία παρουσίασης: από την ευρύτερη τεχνολογική και παιδαγωγική θεμελίωση, προς την ανάλυση εξειδικευμένων εφαρμογών και, τελικά, στην ενοποιημένη πρόταση που συνδέει θεωρία και πράξη. Με αυτόν τον τρόπο, διαμορφώνεται

ένα συμπαγές θεωρητικό πλαίσιο που προετοιμάζει για την κατανόηση και ερμηνεία της μελέτης περίπτωσης που ακολουθεί.

3.1 Ρομποτική: Έννοιες, Εξέλιξη και Τάσεις

Η ρομποτική έχει εξελιχθεί από «έξυπνους βραχίονες» εργοστασίων σε ένα ώριμο, διεπιστημονικό πεδίο που συνδυάζει μηχανική, ηλεκτρονική, πληροφορική και τεχνητή νοημοσύνη. Στον πυρήνα της βρίσκεται ο ενσώματος πράκτορας που αισθάνεται, υπολογίζει και δρα στον φυσικό κόσμο με κάποιο βαθμό αυτονομίας—όχι μόνο για να αυτοματοποιεί ρουτίνες, αλλά και για να συνεργάζεται με ανθρώπους σε περίπλοκα περιβάλλοντα (Bekey, 2005· Siciliano & Khatib, 2016). Η μετάβαση της χρήσης της ρομποτικής από τη βιομηχανία προς τις υπηρεσίες, την υγεία, την εκπαίδευση και γενικά προς την καθημερινή χρήση, αποτυπώνεται στην εκρηκτική ποικιλομορφία πλατφορμών και χρήσεων της τελευταίας δεκαετίας. Συναντούμε συνεργατικά ρομπότ και κινητές πλατφόρμες έως κοινωνικά ρομπότ και αυτόνομα συστήματα (IFR, 2022· Huang, 2024· Nature, 2024). Σε αυτό το πλαίσιο, η κατανόηση των βασικών εννοιών και της ιστορικής τροχιάς του πεδίου είναι προϋπόθεση για κάθε κεφάλαιο που ακολουθεί.

Η δομή που επιλέγεται εδώ υπηρετεί ακριβώς αυτόν τον σκοπό. Στην 3.1.1 υποενότητα χαρτογραφούνται ορισμοί, θεμελιώδεις έννοιες και κύριες κατηγορίες ρομποτικών συστημάτων, ώστε παράλληλα να καθιερωθεί ένα κοινό εννοιολογικό λεξιλόγιο, πλήρως κατανοητό. Η 3.1.2 υποενότητα παρουσιάζει τα κομβικά ορόσημα της εξέλιξης—από τις πρώτες βιομηχανικές εφαρμογές μέχρι τα σύγχρονα κοινωνικά και αυτόνομα ρομπότ—για να φανεί πώς τεχνικές και κοινωνικές ανάγκες διαμόρφωσαν το πεδίο εφαρμογής της ρομποτικής. Τέλος, η 3.1.3 στρέφεται στις σύγχρονες τάσεις και τα πεδία εφαρμογών, αναδεικνύοντας τον σημερινό χάρτη (π.χ. Industry 4.0, cobots, ρομποτική στην υγεία και την εκπαίδευση), θέτοντας γέφυρες προς τα επόμενα τμήματα του κεφαλαίου όπου εξετάζονται η εκπαιδευτική ρομποτική και η τεχνητή νοημοσύνη. Με αυτή την πορεία—έννοιες, ιστορία, τρέχουσες κατευθύνσεις— η εργασία αποκτά στιβαρό θεωρητικό υπόβαθρο πριν περάσει στις εξειδικεύσεις που ακολουθούν.

3.1.1 Ορισμοί, Βασικές Έννοιες και Κατηγορίες Ρομποτικών Συστημάτων

Η κατανόηση του πεδίου της ρομποτικής προϋποθέτει, καταρχάς, τη σαφή οριοθέτηση της έννοιας του ρομπότ, καθώς πρόκειται για την βασικότερη έννοια που σχετίζονται με τις τεχνολογίες που εντάσσονται στο ευρύτερο αυτό επιστημονικό και τεχνολογικό πλαίσιο.

Ορισμός του ρομπότ

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 8373:2012, **το ρομπότ** ορίζεται ως «ένας προγραμματιζόμενος, επαναπρογραμματιζόμενος, πολυλειτουργικός χειριστής, σχεδιασμένος για να εκτελεί καθορισμένες κινήσεις με σκοπό την εκτέλεση εργασιών». Ο Bekey (2005), το περιγράφει ως μια ενσώματη μηχανή με αισθητήρες, επεξεργαστικές μονάδες και κινητήρες, ικανή να αντιλαμβάνεται, να επεξεργάζεται και να αντιδρά με κάποιον βαθμό αυτονομίας στο περιβάλλον της. Πιο πρόσφατες ερμηνείες προσθέτουν κοινωνικά και επικοινωνιακά χαρακτηριστικά, με τους Malik και Shah (2025) να τονίζουν την ανάγκη τα ρομπότ να διαθέτουν δεξιότητες αναγνώρισης συναισθημάτων και φυσικής αλληλεπίδρασης, ιδίως όταν προορίζονται για περιβάλλοντα όπως η εκπαίδευση.

Ορισμός της ρομποτικής

Η **ρομποτική** αποτελεί έναν διεπιστημονικό τομέα, που ενσωματώνει στοιχεία από τη μηχανολογία, την ηλεκτρονική, την πληροφορική, την τεχνητή νοημοσύνη και τα συστήματα ελέγχου. Η International Federation of Robotics (2022) την ορίζει ως τον κλάδο που μελετά, σχεδιάζει και αναπτύσσει αυτόνομα ή ημιαυτόνομα μηχανικά συστήματα για εκτέλεση ενεργειών στον φυσικό κόσμο. Ο Siciliano και Khatib (2016) περιγράφουν τη ρομποτική ως «το σύνολο των θεωρητικών και εφαρμοσμένων αρχών που επιτρέπουν τη σύνθεση, την κίνηση και τον έλεγχο ενσώματων πρακτόρων με βαθμό αυτονομίας». Ο Bekey (2005) εστιάζει στην αλληλεπίδραση του ρομπότ με το περιβάλλον, υποστηρίζοντας ότι η ρομποτική επιδιώκει τη δημιουργία μηχανών ικανών να λειτουργούν και να προσαρμόζονται σε μεταβαλλόμενα πλαίσια δράσης.

Από ανθρωποκεντρική σκοπιά, ο Alimisis (2013) υποστηρίζει ότι η ρομποτική συνιστά ένα καινοτόμο περιβάλλον μάθησης που ευνοεί τη διερευνητική, συνεργατική και διαθεματική εκπαίδευση. Τέλος, ο Huang (2024) προσθέτει ότι ο ρόλος της ρομποτικής διευρύνεται προς τη δημιουργία συστημάτων που συνεργάζονται με τον άνθρωπο, και όχι απλώς τον υποκαθιστούν.

Ορισμός ρομποτικού συστήματος

Το **ρομποτικό σύστημα** αναφέρεται στο ολοκληρωμένο σύνολο μηχανικών, ηλεκτρονικών και λογισμικών υποσυστημάτων που λειτουργούν συνδυαστικά για την εκτέλεση καθορισμένων ή προσαρμοστικών ενεργειών στο φυσικό περιβάλλον. Περιλαμβάνει:

- τον μηχανικό φορέα (σκελετό/κινητήρες),
- τα αισθητήρια συστήματα (π.χ. κάμερες, αισθητήρες αφής),
- τη μονάδα ελέγχου (μικροελεγκτής ή υπολογιστής),
- τους αλγορίθμους αντίληψης, απόφασης και δράσης και ενίοτε συστήματα επικοινωνίας (Bluetooth, Wi-Fi) για αλληλεπίδραση με άλλες συσκευές ή ανθρώπους (Craig, 2004· Siciliano & Khatib, 2016).

Ενοποιημένος ορισμός (της παρούσας εργασίας)

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω θεωρητικές προσεγγίσεις, η παρούσα εργασία προτείνει έναν **ενοποιημένο και λειτουργικό ορισμό της ρομποτικής**, ο οποίος εστιάζει τόσο στα τεχνολογικά όσο και στα κοινωνικά της χαρακτηριστικά:

Η ρομποτική είναι ο διεπιστημονικός κλάδος που μελετά και αναπτύσσει ενσώματα, αισθητηριακά ενεργά και προγραμματιζόμενα συστήματα, τα οποία διαθέτουν δυνατότητα αντίληψης, απόφασης και δράσης στον φυσικό κόσμο. Μέσω της ενσωμάτωσης τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης, η ρομποτική στοχεύει όχι μόνο στην αυτοματοποίηση εργασιών αλλά και στη δημιουργία αλληλεπιδραστικών συστημάτων που συνεργάζονται με τον άνθρωπο σε εκπαιδευτικά, κοινωνικά και βιομηχανικά περιβάλλοντα.

3.1.2 Ιστορική Ανασκόπηση

Η ιδέα ενός αυτόνομου μηχανικού όντος απαντάται ήδη στις απαρχές του πολιτισμού, αποκαλύπτοντας τη διαχρονική επιθυμία του ανθρώπου να δημιουργήσει τεχνητές μορφές ζωής. Ένα από τα αρχαιότερα παραδείγματα το συναντούμε στην ελληνική μυθολογία, με τον Τάλω, έναν χάλκινο γίγαντα που προστάτευε την Κρήτη εκ μέρους του Μίνωα, περιπολώντας την ακτογραμμή και εκτελώντας καθήκοντα φρουρού. Ο Τάλως θεωρείται από πολλούς μελετητές ως το πρώτο φαντασιακό προ-ρομπότ, καθώς διέθετε τη δυνατότητα κίνησης, απόκρισης και αυτονομίας, με την "ενέργειά" του να ρέει μέσω του θεϊκού υγρού *ιχώρ*, που λειτουργούσε ως υποκατάστατο αίματος (Pseudo-Apollodorus, *Βιβλιοθήκη*, 1.9.26· Vidal, 2018). Η αφήγηση αυτή αναδεικνύει μια πρώιμη πολιτισμική – μυθολογική προσέγγιση στην έννοια της τεχνητής νοημοσύνης, αιώνες πριν την επιστημονική της συγκρότηση.

Η σύγχρονη ορολογία της ρομποτικής εμφανίζεται πολύ αργότερα, με τον όρο "ρομπότ" να εισάγεται το 1921 στο θεατρικό έργο *R.U.R. (Rossum's Universal Robots)* του Karel Čapek, αν και η επινόηση αποδίδεται στον αδελφό του Josef. Ο όρος προέρχεται από τη λέξη *robota*, που στα τσέχικα σημαίνει "καταναγκαστική εργασία", και περιέγραφε τεχνητά όντα που χρησιμοποιούνταν ως εργάτες (Alimisis, 2013).

Η τεχνολογική συγκρότηση της ρομποτικής ως επιστήμης επιταχύνθηκε κατά τον 20ό αιώνα, με αφετηρία την ανάπτυξη του πρώτου προγραμματιζόμενου ρομπότ από τον George Devol τη δεκαετία του 1950, ο οποίος σε συνεργασία με τον Joseph Engelberger παρουσίασε το Unimate – το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ που χρησιμοποιήθηκε σε εργοστάσιο της General Motors το 1961 (IFR, 2022). Το γεγονός αυτό θεωρείται ορόσημο για την εκκίνηση της βιομηχανικής ρομποτικής.

Κατά τις επόμενες δεκαετίες, η ρομποτική εξελίχθηκε πέρα από τη γραμμή παραγωγής. Τη δεκαετία του 1980 κατασκευάστηκαν τα πρώτα ανθρωποειδή ρομπότ, όπως το WABOT-1, ενώ το ASIMO της Honda τη δεκαετία του 2000 παρουσίασε προηγμένες δυνατότητες ισορροπίας, βάδισης και αντίληψης. Η εξέλιξη αυτή συνδυάστηκε με την πρόοδο στην τεχνητή νοημοσύνη, ενισχύοντας την προσαρμοστικότητα και την αυτονομία των ρομπότ (Bekey, 2005· Siciliano & Khatib, 2016).

Στις αρχές του 21ου αιώνα, η ρομποτική διευρύνθηκε και σε κοινωνικές και εκπαιδευτικές εφαρμογές. Τα εκπαιδευτικά ρομπότ, όπως το LEGO Mindstorms και το NAO, άνοιξαν τον δρόμο για τη χρήση τους ως εργαλεία μάθησης, ενώ η ενσωμάτωση τεχνικών μηχανικής μάθησης, όρασης υπολογιστών και αναγνώρισης φωνής ενίσχυσε την αλληλεπίδραση ανθρώπου–μηχανής (Huang, 2024· Wang et al., 2023).

Συμπερασματικά, σήμερα, η ρομποτική αποτελεί έναν από τους ταχύτερα εξελισσόμενους επιστημονικούς τομείς, με εφαρμογές σε ποικίλους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, από την ιατρική και τη γεωργία έως την υποστήριξη ηλικιωμένων και την ενίσχυση της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Nature, 2024). Η διεπιστημονικότητα και η κοινωνική της διάσταση την καθιστούν κεντρικό πυλώνα της σύγχρονης τεχνολογικής καινοτομίας.

3.1.3 Σύγχρονες Τάσεις και Πεδία Εφαρμογών

Η ραγδαία πρόοδος στον τομέα της ρομποτικής τις τελευταίες δύο δεκαετίες έχει επιφέρει θεμελιώδεις μεταβολές στον τρόπο με τον οποίο τα ρομποτικά συστήματα εντάσσονται στην καθημερινότητα και την παραγωγή. Οι σύγχρονες τάσεις δεν περιορίζονται πλέον στη

βιομηχανία, αλλά επεκτείνονται δυναμικά στην εκπαίδευση, την υγεία, τις μεταφορές, την εξυπηρέτηση και την κοινωνική φροντίδα (IFR, 2022).

Στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση (Industry 4.0), τα ρομπότ παίζουν κεντρικό ρόλο στη δημιουργία έξυπνων εργοστασίων, μέσω της ενσωμάτωσης αισθητήρων, υπολογιστικού νέφους (cloud computing) και τεχνικών μηχανικής μάθησης για την επίτευξη ευφυούς αυτοματοποίησης και ευελιξίας (Malik & Shah, 2025). Τα συνεργατικά ρομπότ (cobots), τα οποία μπορούν να αλληλοεπιδρούν με ανθρώπους σε κοινό εργασιακό περιβάλλον χωρίς φράγματα ασφαλείας, αυξάνονται σημαντικά, ενισχύοντας την παραγωγικότητα και την ασφάλεια (IFR, 2022).

Παράλληλα, ιδιαίτερη δυναμική εμφανίζει η εκπαιδευτική ρομποτική, όπου ρομποτικά εργαλεία αξιοποιούνται για την ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλήματος, συνεργασίας και δημιουργικότητας. Πλατφόρμες όπως το LEGO Mindstorms, το Arduino και το micro:bit χρησιμοποιούνται ευρέως στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, εισάγοντας τους μαθητές στη λογική του προγραμματισμού, της μηχανικής και της επιστημονικής σκέψης (Alimisis, 2013· Antoniou, 2020).

Στον χώρο της ιατρικής ρομποτικής, συστήματα όπως το Da Vinci αξιοποιούνται σε επεμβατικές πράξεις με υψηλή ακρίβεια, ενώ τα ρομπότ αποκατάστασης και βοήθειας ηλικιωμένων παρέχουν λύσεις φροντίδας σε πληθυσμούς με περιορισμένη αυτονομία. Η κοινωνική ρομποτική εισέρχεται δυναμικά στον τομέα της φροντίδας και της υποστήριξης ατόμων με αναπηρία ή μαθησιακές δυσκολίες, ενισχύοντας την επικοινωνία και την ψυχοσυναισθηματική εμπλοκή (Wang et al., 2023).

Ιδιαίτερη αναφορά αξίζει να γίνει στα ανθρωποειδή ρομπότ και τα διαλογικά ρομποτικά συστήματα, τα οποία ενσωματώνουν τεχνητή νοημοσύνη, επεξεργασία φυσικής γλώσσας και αναγνώριση προσώπων ή χειρονομιών, διευκολύνοντας φυσικές διεπαφές χρήστη-ρομπότ. Τα ρομπότ αυτά, όπως το NAO και το Pepper, χρησιμοποιούνται πειραματικά στην εκπαίδευση και την ψυχική υγεία, αναδεικνύοντας τη σημασία της ενσώματης και συναισθηματικής αλληλεπίδρασης (Huang, 2024· Nature, 2024).

Τέλος, η ανάδυση των ρομπότ ως εκπαιδευτικών πρακτόρων, μέσω της σύζευξης με προηγμένα γλωσσικά μοντέλα (LLMs), δημιουργεί νέες προοπτικές για εξατομικευμένη και προσαρμοστική μάθηση. Συστήματα που ενσωματώνουν ChatGPT ή άλλους διαλογικούς αλγόριθμους, μαζί με τεχνολογίες αναγνώρισης συναισθημάτων, αναμένεται να αλλάξουν το τοπίο της εκπαιδευτικής πράξης τα επόμενα χρόνια (Malik & Shah, 2025· Nature, 2024).

Η συνεχής εξέλιξη των ρομποτικών τεχνολογιών και η σύγκλισή τους με την τεχνητή νοημοσύνη, την αισθητηριακή υπολογιστική και την κοινωνική αλληλεπίδραση

αναδεικνύουν τη ρομποτική ως κομβικό παράγοντα στη μετάβαση προς ένα ευφυέστερο, προσαρμοστικό και ανθρωποκεντρικό τεχνολογικό μέλλον.

3.2 Εκπαιδευτική Ρομποτική

Η εκπαιδευτική ρομποτική δεν αποτελεί απλώς τεχνολογικό εργαλείο, αλλά ένα παιδαγωγικό πεδίο που συνδυάζει αρχές της μηχανικής, της πληροφορικής και της θεωρίας μάθησης, μετατρέποντας τη γνώση σε ενεργή, βιωματική, μαθησιακή εμπειρία. Στο επίκεντρο της εκπαιδευτικής ρομποτικής βρίσκεται η εφαρμογή διδακτικών μεθοδολογιών που προάγουν τη διερευνητική μάθηση, τη συνεργασία και την επίλυση προβλημάτων, αξιοποιώντας τα ρομπότ ως φορείς διαδραστικής διδασκαλίας και πειραματισμού (Alimisis, 2013· Mubin et al., 2013). Από τις πρώτες εφαρμογές του Papert με το Logo Turtle τη δεκαετία του 1980, μέχρι τα σημερινά κοινωνικά ρομπότ που υποστηρίζουν εξατομικευμένη μάθηση, η εξέλιξη του πεδίου αντανακλά μια σταδιακή μετάβαση από τη διδασκαλία δεξιοτήτων προγραμματισμού στην ενσωμάτωση διαθεματικών προσεγγίσεων και STEM/STEAM/STREAM φιλοσοφίας (Resnick & Rosenbaum, 2013· Anwar et al., 2019).

Προς την κατεύθυνση αυτή, καθίσταται αναγκαία η ανάλυση διαφορετικών εκπαιδευτικών προσεγγίσεων, οι οποίες διαμορφώνουν τον τρόπο ένταξης της ρομποτικής στο σχολικό περιβάλλον. Η επιλογή της κατάλληλης διδακτικής μεθοδολογίας επηρεάζει άμεσα τη μαθησιακή εμπειρία, από τον βαθμό αυτενέργειας των μαθητών έως το εύρος των γνωστικών και κοινωνικών δεξιοτήτων που καλλιεργούνται (Eguchi, 2016).

Η παρούσα ενότητα δομείται με στόχο να αποτυπώσει αυτό το πολυδιάστατο πλαίσιο. Στην 3.2.1 υποενότητα παρουσιάζονται οι θεωρητικές βάσεις και τα παιδαγωγικά μοντέλα που στηρίζουν τη χρήση ρομποτικής στην εκπαίδευση, όπως ο εποικοδομητισμός (constructivism), ο κοινωνικός εποικοδομητισμός (social constructivism) και η μάθηση μέσω έργου(Project Based Learning). Ακολουθεί η 3.2.2 υποενότητα που εξετάζει συγκεκριμένες διδακτικές μεθοδολογίες, από την καθοδηγούμενη διδασκαλία μέχρι την ανοιχτή διερεύνηση, αναδεικνύοντας πλεονεκτήματα και περιορισμούς κάθε προσέγγισης. Τέλος, η 3.2.3 υποενότητα εστιάζει στη δημιουργία και την ανάπτυξη δεξιοτήτων, δημιουργώντας γέφυρες με τα επόμενα κεφάλαια που εστιάζουν σε κατάλληλα προσαρμοσμένα περιβάλλοντα που ενισχύουν την έννοια της συμπερίληψης, που ιδανικά θα θέλαμε να πετύχουμε μέσα σε μια τάξη. Με αυτή τη διάρθρωση, η παρούσα μελέτη αποκτά συνεκτική εικόνα των θεωρητικών και πρακτικών παραμέτρων που καθορίζουν την επιτυχία της ρομποτικής ως παιδαγωγικού εργαλείου.

3.2.1 Ορισμός και Βασικά Χαρακτηριστικά

Όπως πολλές φορές αναφέρθηκε και παραπάνω, συγκεκριμένα η Εκπαιδευτική Ρομποτική αποτελεί έναν δυναμικά αναπτυσσόμενο τομέα της παιδαγωγικής τεχνολογίας, που αξιοποιεί τη ρομποτική ως μέσο για την υποστήριξη της μάθησης και την καλλιέργεια δεξιοτήτων του 21ου αιώνα. Πριν διατυπωθεί ένας ενιαίος ορισμός, είναι χρήσιμο να παρουσιαστούν οι σημαντικότερες προσεγγίσεις από τη διεθνή βιβλιογραφία.

Ο Alimisis (2013) θεωρεί την Εκπαιδευτική Ρομποτική ως ένα μαθησιακό περιβάλλον που ενθαρρύνει την κατασκευαστική και βιωματική μάθηση, ενισχύοντας την ερευνητική διάθεση των μαθητών. Εστιάζει στη διαθεματική της φύση και την ικανότητά της να συνδέει γνωστικά πεδία, όπως τα μαθηματικά, οι φυσικές επιστήμες, η τεχνολογία και η πληροφορική.

Η International Federation of Robotics (2022) περιγράφει την Εκπαιδευτική Ρομποτική ως την εφαρμογή αυτόνομων ή ημιαυτόνομων ρομποτικών συστημάτων στο πλαίσιο της διδασκαλίας και της μάθησης, με στόχο την ενεργή εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες σχεδίασης, προγραμματισμού και επίλυσης προβλημάτων.

Ο Huang (2024) δίνει έμφαση στη διαλογική φύση των ρομπότ που χρησιμοποιούνται για εκπαιδευτικούς σκοπούς, σημειώνοντας ότι η Εκπαιδευτική Ρομποτική αφορά όχι μόνο την τεχνική δεξιότητα, αλλά και την ανάπτυξη συναισθηματικής νοημοσύνης, συνεργατικότητας και αυτορρύθμισης της μάθησης.

Από παιδαγωγική σκοπιά, ο Antoniou (2020) υπογραμμίζει ότι η Εκπαιδευτική Ρομποτική δεν αποτελεί μόνο εργαλείο μετάδοσης γνώσεων, αλλά ένα πλαίσιο που κινητοποιεί τη δημιουργικότητα και τη μεταγνώση, ιδίως μέσα από ομαδοσυνεργατικές και διερευνητικές διδακτικές προσεγγίσεις.

Η Malik και ο Shah (2025) προτείνουν έναν ευρύτερο παιδαγωγικό ορισμό, εντάσσοντας την Εκπαιδευτική Ρομποτική στις στρατηγικές που συνδέουν τις τεχνολογίες της τεχνητής νοημοσύνης με τη διαφοροποιημένη και προσωποποιημένη μάθηση.

Ενοποιημένος Ορισμός

Λαμβάνοντας υπόψη τις προσεγγίσεις της διεθνούς βιβλιογραφίας, προτείνεται ο εξής σύνθετος ορισμός για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης:

Η Εκπαιδευτική Ρομποτική συνιστά ένα σύγχρονο διεπιστημονικό πεδίο, το οποίο εντάσσει ρομποτικά συστήματα στο μαθησιακό περιβάλλον με σκοπό την καλλιέργεια δεξιοτήτων ανάλυσης, συνεργασίας, δημιουργικής και υπολογιστικής σκέψης, παρέχοντας ευκαιρίες για

μάθηση βασισμένη στην πράξη και στην αυθεντική εμπλοκή με προβλήματα του πραγματικού κόσμου.

Συνεπώς, καταγράφοντας τις βασικές συνιστώσες που συγκροτούν το πεδίο της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής συνοψίζουμε ως εξής:

- Κατασκευαστική μάθηση: μέσα από τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ρομποτικών μοντέλων,
- Διαθεματικότητα (STEM/STEAM/STREAM): σύνδεση γνώσεων από διαφορετικά πεδία μάθησης,
- Προγραμματιστική - υπολογιστική σκέψη: ανάπτυξη και καλλιέργεια αλγοριθμικής λογικής,
- Ομαδικότητα και συνεργατικότητα: μέσα από ρόλους και δομημένες δραστηριότητες,
- Ανάπτυξη ήπιων δεξιοτήτων: αυτορρύθμιση, ενσυναίσθηση, επίλυση προβλήματος.

Καταλήγοντας, μέσα από πρακτικές δραστηριότητες που περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό, τη συναρμολόγηση και τον προγραμματισμό ρομποτικών συστημάτων, οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία. Το πεδίο της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής αξιοποιεί γνώσεις από τη μηχανική, τις φυσικές επιστήμες και γενικά τα πεδία STEM/STEAM/STREAM (Science, Technology, Reading, Engineering, Arts, Maths), την πληροφορική και την τεχνητή νοημοσύνη (AI), προσεγγίζοντας τη μάθηση με τρόπο βιωματικό και πολυαισθητηριακό (Alimisis, 2013· Wang et al., 2023· Huang, 2024).

3.2.2 Εκπαιδευτικές Προσεγγίσεις και Διδακτικές Μεθοδολογίες

Η Εκπαιδευτική Ρομποτική δεν αποτελεί απλώς ένα εργαλείο τεχνολογικής ενσωμάτωσης, αλλά ένα πεδίο όπου συνυπάρχουν και εφαρμόζονται σύγχρονες παιδαγωγικές προσεγγίσεις που προάγουν τη διερεύνηση, τη συνεργασία, τη δημιουργικότητα και την ενεργή συμμετοχή των μαθητών. Οι μεθοδολογίες που ενσωματώνονται στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής ρομποτικής εστιάζουν όχι μόνο στη μετάδοση γνώσεων αλλά και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων 21ου αιώνα, με έμφαση στη βιωματική και διαφοροποιημένη μάθηση.

Η **κατασκευαστική μάθηση - εποικοδομητισμός (Constructionism),** όπως προτάθηκε από τον Papert, διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην Εκπαιδευτική Ρομποτική. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, η γνώση οικοδομείται πιο αποτελεσματικά όταν οι μαθητές δημιουργούν

απτά αντικείμενα με προσωπική σημασία. Η ρομποτική, μέσω της συναρμολόγησης και του προγραμματισμού ρομποτικών κατασκευών, δίνει στους μαθητές την ευκαιρία να υλοποιήσουν ιδέες, να δοκιμάσουν υποθέσεις και να βιώσουν τη μάθηση ως διαδικασία δημιουργίας και αναστοχασμού (Alimisis, 2013).

Η **διερευνητική μάθηση (Inquiry-Based Learning)** αποτελεί έναν ακόμη πυλώνα της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Οι μαθητές ενθαρρύνονται να διατυπώνουν ερωτήματα, να σχεδιάζουν πειραματικές διαδικασίες, να αναλύουν δεδομένα και να εξάγουν συμπεράσματα. Η ρομποτική λειτουργεί ως μέσο για την καλλιέργεια της επιστημονικής σκέψης, αφού συνδέει τη θεωρία με την πράξη, ενισχύοντας την αναζήτηση και την αποδοτική αποτυχία (Antoniou, 2020).

Η **μάθηση μέσω έργων (Project-Based Learning – PBL)** παρέχει το πλαίσιο για την οργάνωση ολόκληρης της διδακτικής διαδικασίας γύρω από την επίλυση αυθεντικών προβλημάτων - έργων. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες για να κατασκευάσουν ένα ρομπότ ή να προτείνουν τεχνολογικές λύσεις σε πραγματικά σενάρια, καλλιεργώντας δεξιότητες σχεδιασμού, επικοινωνίας, επίλυσης προβλημάτων και υπευθυνότητας (Wang et al., 2023).

Στο ίδιο πνεύμα, η **μάθηση βασισμένη στην επίλυση προβλημάτων (Problem-Based Learning – PBL)** ενισχύει τη στοχοθετημένη αναζήτηση. Οι μαθητές καλούνται να διερευνήσουν πολύπλοκα προβλήματα χωρίς προκαθορισμένες λύσεις, χρησιμοποιώντας τις ρομποτικές εφαρμογές ως εργαλεία προσομοίωσης, πειραματισμού και επίλυσης. Η διαδικασία αυτή ενισχύει τη συστημική σκέψη, την αυτορρύθμιση και τη μεταγνωστική ικανότητα (Malik & Shah, 2025).

Η **πολυαισθητηριακή προσέγγιση (Multisensory Learning)** ενισχύει τη βιωματικότητα της εκπαιδευτικής διαδικασίας, συνδέοντας τη μάθηση με πολλαπλά ερεθίσματα: αφή (χειρισμός εξαρτημάτων), όραση (παρακολούθηση κίνησης), ακοή (ηχητικά ερεθίσματα μέσω λογισμικών). Η αλληλεπίδραση με υλικά και ρομποτικά αντικείμενα διευκολύνει τη μάθηση μέσω ενσώματης εμπλοκής (embodied cognition) και καλύπτει ποικίλους μαθησιακούς τύπους (Huang, 2024).

Ιδιαίτερη σημασία αποκτά και η **διαφοροποιημένη και εξατομικευμένη διδασκαλία (Differentiated & Personalized Instruction)**. Η Εκπαιδευτική Ρομποτική προσφέρει ευελιξία στους εκπαιδευτικούς για την προσαρμογή δραστηριοτήτων ανάλογα με τις δυνατότητες, τα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες κάθε μαθητή. Μέσω ανοιχτών εργασιών και ποικιλίας ρόλων, δίνεται έμφαση στην προσωποποιημένη πορεία μάθησης και ενισχύεται η συμπερίληψη μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες, καθώς το περιβάλλον είναι υποστηρικτικό, πρακτικό και επανατροφοδοτούμενο (Antoniou, 2020).

Τέλος, **η μάθηση με Βάση τις Ικανότητες (Competency-Based Learning – CBL)** προτείνει ένα πλαίσιο διδασκαλίας και αξιολόγησης που επικεντρώνεται στην επίτευξη σαφών μαθησιακών στόχων και στην επίδειξη δεξιοτήτων σε ρεαλιστικά, αυθεντικά πλαίσια. Οι μαθητές εργάζονται με ρυθμό που ανταποκρίνεται στις δικές τους δυνατότητες, αξιολογούνται βάσει της ικανότητάς τους να σχεδιάζουν, να προγραμματίζουν και να εφαρμόζουν λύσεις, ενώ η τεχνολογία της ρομποτικής παρέχει άμεση ανατροφοδότηση και ευκαιρίες για προοδευτική μάθηση και αυτοβελτίωση

(Malik & Shah, 2025· Wang et al., 2023).

Η συνδυαστική αξιοποίηση των παραπάνω μεθοδολογιών προσδίδει στην Εκπαιδευτική Ρομποτική δυναμικό και διαθεματικό χαρακτήρα, καθιστώντας τη ένα ζωντανό και ευέλικτο μαθησιακό περιβάλλον, προσαρμοσμένο στις προκλήσεις της σύγχρονης εκπαίδευσης.

3.2.3 Εκπαιδευτική Ρομποτική και Ανάπτυξη Δεξιοτήτων

Η Εκπαιδευτική Ρομποτική συμβάλλει ουσιαστικά στην ανάπτυξη ενός ευρέος φάσματος δεξιοτήτων, τόσο γνωστικών όσο και μεταγνωστικών, ενισχύοντας την ολόπλευρη ανάπτυξη των μαθητών. Η φύση της ως βιωματικής και πρακτικής δραστηριότητας, που βασίζεται στον σχεδιασμό, την υλοποίηση και τον έλεγχο ρομποτικών κατασκευών, προσφέρει ένα πλούσιο πεδίο για την καλλιέργεια δεξιοτήτων του 21ου αιώνα.

Μέσα από τη ρομποτική, οι μαθητές μαθαίνουν να σκέφτονται αλγοριθμικά και αναπτύσσουν την υπολογιστική σκέψη (computational thinking), διατυπώνοντας λογικά βήματα για την επίλυση προβλημάτων (Wing, 2006· Wang et al., 2023). Η εμπλοκή τους με τον προγραμματισμό επιτρέπει την ενίσχυση της κριτικής και αναλυτικής σκέψης, καθώς αξιολογούν, δοκιμάζουν και αναπροσαρμόζουν τις ιδέες τους βάσει ανατροφοδότησης από τις ρομποτικές κατασκευές.

Παράλληλα, η Εκπαιδευτική Ρομποτική ενισχύει δεξιότητες συνεργασίας και ομαδικότητας, καθώς οι περισσότερες δραστηριότητες διεξάγονται σε ομάδες, όπου οι μαθητές καλούνται να διαπραγματευτούν ρόλους, να συντονιστούν και να συνεισφέρουν από κοινού στη δημιουργία ενός κοινού έργου (Alimisis, 2013). Επιπλέον, αναπτύσσονται δεξιότητες επικοινωνίας και παρουσίασης, μέσα από την ανάγκη τεκμηρίωσης των λύσεων και παρουσίασης του αποτελέσματος.

Ένας ακόμη σημαντικός άξονας είναι η ενίσχυση των μεταγνωστικών δεξιοτήτων – δηλαδή της ικανότητας του μαθητή να παρακολουθεί, να αξιολογεί και να προσαρμόζει τη σκέψη του. Μέσω της αυτοαξιολόγησης και της αναστοχαστικής συζήτησης, οι μαθητές μαθαίνουν

να κατανοούν τις στρατηγικές τους και να επιλέγουν πιο αποτελεσματικές μεθόδους επίλυσης προβλημάτων (Antoniou, 2020· Malik & Shah, 2025).

Η Εκπαιδευτική Ρομποτική επίσης καλλιεργεί δεξιότητες επιμονής και αυτορρύθμισης, καθώς οι μαθητές συχνά αντιμετωπίζουν προκλήσεις και αποτυχίες, τις οποίες καλούνται να ξεπεράσουν μέσα από επανάληψη, ανασχεδιασμό και υπομονή. Η διαδικασία αυτή ενισχύει την ανθεκτικότητα, τη δημιουργική προσαρμογή και την ενίσχυση της αυτοπεποίθησης.

Στο πλαίσιο της πολύτροπης και πολυαισθητηριακής μάθησης, η Εκπαιδευτική Ρομποτική επιτρέπει την ενεργοποίηση ποικίλων γνωστικών οδών: απτική εμπλοκή, οπτική παρατήρηση, ακουστική ανατροφοδότηση και κινητική πράξη. Αυτό ενδείκνυται για την υποστήριξη μαθητών με διαφορετικά μαθησιακά προφίλ, προάγοντας την διαφοροποιημένη διδασκαλία και τη συμπερίληψη.

Τέλος, σημαντική είναι η συμβολή της ρομποτικής στην καλλιέργεια δεξιοτήτων καινοτομίας και δημιουργικότητας. Οι μαθητές δεν αρκούνται στην απλή εκτέλεση οδηγιών, αλλά καλούνται να σχεδιάσουν καινοτόμες λύσεις, να οραματιστούν λειτουργίες και να μετατρέψουν ιδέες σε λειτουργικά ρομποτικά μοντέλα, αναπτύσσοντας δεξιότητες σχεδίασης και μηχανικής (Huang, 2024· Wang et al., 2023).

Κατηγορία Δεξιοτήτων	**Δεξιότητες που αναπτύσσονται**
1. Γνωστικές	Υπολογιστική σκέψη, Κριτική σκέψη, Αναλυτική σκέψη, Επίλυση προβλημάτων
2. Μεταγνωστικές	Αυτορρύθμιση, Αναστοχασμός
3. Κοινωνικοσυναισθηματικές	Συνεργασία, Επικοινωνία, Ενσυναίσθηση, Ανάληψη ρόλων
4. Κινητικές	Συντονισμός κινήσεων, Αλληλεπίδραση με φυσικά υλικά
5. Δεξιότητες Καινοτομίας	Δημιουργικότητα, Καινοτομία, Σχεδίαση, Επινοητικότητα

Πίνακας 1: Συμβολή Ρομποτικής - Καλλιέργεια Δεξιοτήτων

3.2.4 Συμπερίληψη και Εκπαιδευτική Ρομποτική

Η έννοια της συμπερίληψης στην εκπαίδευση αναφέρεται στην ενεργή συμμετοχή όλων των μαθητών, ανεξαρτήτως ικανοτήτων, γλωσσικού υπόβαθρου, κοινωνικοοικονομικής κατάστασης ή μαθησιακού προφίλ, σε ένα κοινό μαθησιακό περιβάλλον που ανταποκρίνεται στις ιδιαίτερες ανάγκες τους. Η Εκπαιδευτική Ρομποτική, λόγω του βιωματικού και ευέλικτου χαρακτήρα της, αναδεικνύεται ως ένα ιδιαίτερα αποτελεσματικό εργαλείο για την προώθηση της συμπεριληπτικής εκπαίδευσης (Antoniou, 2020· Alimisis, 2013).

Μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες, ΔΕΠΥ ή ΔΑΦ, συχνά ανταποκρίνονται θετικά όταν εμπλέκονται σε εργασίες που περιλαμβάνουν κίνηση, φυσική αλληλεπίδραση και λογισμικά προσαρμοσμένα στις δυνατότητές τους. Η Εκπαιδευτική Ρομποτική επιτρέπει διαφοροποίηση στο περιεχόμενο, στη διαδικασία και στην αξιολόγηση της μάθησης, ενισχύοντας την αυτοεκτίμηση των μαθητών και ενθαρρύνοντας τη συνεργατική επίλυση προβλημάτων (Huang, 2024· Malik & Shah, 2025).

Προς αυτή την κατεύθυνση μεγάλος αριθμός από διεθνείς μελέτες τεκμηριώνουν ότι τα ρομποτικά περιβάλλοντα μπορούν να υποστηρίξουν την ενίσχυση κοινωνικών δεξιοτήτων, ιδίως όταν το ρομπότ λειτουργεί ως διαμεσολαβητής για την αλληλεπίδραση μεταξύ παιδιών. Ενδεικτικά, το ρομπότ Kaspar έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε παιδιά με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ), συμβάλλοντας στην ανάπτυξη βασικών δεξιοτήτων επικοινωνίας και κοινωνικής επαφής (Karakosta et al., 2019). Παρόμοια, το έργο ChildBot παρουσίασε σημαντικά αποτελέσματα στη συμπερίληψη μαθητών με διαφορετικές ικανότητες μέσω πολυτροπικής επικοινωνίας και διεπαφών βασισμένων στην Τεχνητή Νοημοσύνη (Efthymiou et al., 2022).

Επιπλέον, η Εκπαιδευτική Ρομποτική συμβάλλει στην καλλιέργεια ενσυναίσθησης και αποδοχής της διαφορετικότητας, καθώς τα συνεργατικά έργα ρομποτικής φέρνουν τους μαθητές σε επαφή με διαφορετικούς τρόπους σκέψης και επίλυσης προβλημάτων. Η συνεργασία μεταξύ ετερογενών ομάδων ενισχύει την ενσυναίσθηση και ενδυναμώνει την κοινωνική συνοχή εντός της τάξης (Alimisis, 2013· Wang et al., 2023).

Τέλος, διάφορες εκπαιδευτικές δραστηριότητες μπορούν να υποστηρίξουν και να ενισχύσουν την καθολική πρόσβαση (universal design for learning), αξιοποιώντας εργαλεία όπως φωνητικές εντολές, απτικά εξαρτήματα ή προγραμματιστικά περιβάλλοντα τύπου drag-and-drop, ώστε να διασφαλίζεται η ισότιμη συμμετοχή όλων των μαθητών, ανεξαρτήτως φυσικών ή γνωστικών περιορισμών (IFR, 2022).

3.2.5 Εφαρμοσμένα Παραδείγματα σε Σχολικό Περιβάλλον

Η Εκπαιδευτική Ρομποτική έχει πλέον καθιερωθεί ως εργαλείο με ουσιαστική εφαρμογή στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς. Στην ελληνική πραγματικότητα, η θεσμική ενσωμάτωσή της ενισχύθηκε μέσω των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων και της προμήθειας εξοπλισμού (όπως LEGO®, Arduino, micro:bit και Maqueen) σε σχολικές μονάδες από το Υπουργείο Παιδείας. Παράλληλα, ενθαρρύνθηκε η δημιουργία εκπαιδευτικών ομίλων ρομποτικής, λειτουργώντας ως θερμοκοιτίδες καινοτόμων εκπαιδευτικών πρακτικών.

Ενδεικτικό παράδειγμα στην Ελλάδα αποτελεί το έργο της ομάδας Robo4S-TEAM του 4ου Δημοτικού Σερρών. Στο πλαίσιο αυτό, αναπτύχθηκαν και παρουσιάστηκαν τα εξής:

Το έργο Smart Neighborhood με το wearable σύστημα Guardian Band, που προωθεί τη συμπερίληψη και την ασφάλεια στο αστικό περιβάλλον, διακρίθηκε με 1ο βραβείο στο 10ο Φεστιβάλ Μαθητικής Ρομποτικής (Θεσσαλονίκη, 2024) και παρουσιάστηκε στο 17ο Μαθητικό Συνέδριο Πληροφορικής (Απρίλιος 2025), καθώς και στο 2ο Διεθνές Συνέδριο για τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (Σιδηροπούλου, 2024).

Η εργασία Serr-AI: Chatbot ΤΝ στην υπηρεσία της σχολικής επιχειρηματικότητας απέσπασε το 1ο βραβείο στον διαγωνισμό Μαθητών Επιχειρείν του Επιμελητηρίου Σερρών (2024) και παρουσιάστηκε στο 16ο Συνέδριο Πληροφορικής στην Εκπαίδευση (CIE2024) (Σιδηροπούλου, Αναγνωστίδου 2024).

Η μελέτη περίπτωσης «Έξυπνη Τάξη» επικεντρώθηκε στη χρήση ρομποτικών και αισθητήρων για την ενεργειακή αποδοτικότητα, και παρουσιάστηκε στο 2ο Διεθνές Συνέδριο για τους 17 ΣΒΑ στην Εκπαίδευση (Σιδηροπούλου, 2024).

Το έργο «Ο Μέγας Αλέξανδρος ως Ψηφιακός Ξεναγός στην Αμφίπολη» αξιοποίησε τεχνητή νοημοσύνη και ρομποτικά συστήματα για διαθεματική προσέγγιση ιστορίας και πληροφορικής (Σιδηροπούλου, 2024).

Επιπλέον, σε ελληνικό πλαίσιο, έχει αναδειχθεί η σημαντική συμβολή της ρομποτικής στην υποστήριξη μαθητών με αναπηρία ή/και εκπαιδευτικές ανάγκες. Πειραματικές μελέτες έχουν δείξει ότι η χρήση ρομπότ τύπου Bee-Bot, LEGO WeDo και άλλων εργαλείων διευκολύνει την εννοιολογική κατανόηση, ενισχύει την κοινωνική αλληλεπίδραση και προάγει τη συμπερίληψη παιδιών με διαταραχές αυτιστικού φάσματος (ΔΑΦ) (Μπουζάκη & Τσολάκη, 2020· Γεωργιάδου, 2022· Χατζή & Κωνσταντοπούλου, 2023) .

Στο διεθνές πλαίσιο, παραδείγματα εφαρμογής της ρομποτικής στην εκπαίδευση περιλαμβάνουν:

Το παγκόσμιο πρόγραμμα RoboCupJunior, το οποίο εμπλέκει μαθητές σε διαγωνισμούς σχεδίασης και προγραμματισμού ρομπότ με έμφαση στη συνεργασία και την επίλυση προβλημάτων.

Το έργο LEGO Mindstorms in Education, που χρησιμοποιείται ευρέως σε χώρες όπως η Σουηδία, η Φινλανδία και η Σιγκαπούρη στο πλαίσιο μαθημάτων φυσικών επιστημών και μαθηματικών.

Η πλατφόρμα CoSpace στο Ηνωμένο Βασίλειο, η οποία προωθεί τη συνεργατική μάθηση μέσω προγραμματισμού ρομπότ σε υβριδικά περιβάλλοντα (εικονικά και φυσικά).

Τα παραδείγματα αυτά καταδεικνύουν τη μετασχηματιστική δυναμική της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Η στήριξή τους μέσα από θεσμικές πρωτοβουλίες, κατάλληλη επιμόρφωση των εκπαιδευτικών και διάχυση καλών πρακτικών είναι καίριας σημασίας για την ισότιμη πρόσβαση όλων των μαθητών στην εκπαιδευτική καινοτομία.

3.3 Τεχνητή Νοημοσύνη (AI): Θεμελιώδεις Αρχές και Εφαρμογές

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI) συνιστά ένα από τα πλέον εξελισσόμενα πεδία της σύγχρονης επιστήμης και τεχνολογίας, με εφαρμογές που εκτείνονται από την έρευνα και τη βιομηχανία έως την εκπαίδευση, την υγεία και την καθημερινότητα. Στόχος της είναι η δημιουργία συστημάτων ικανών να εκτελούν γνωστικές λειτουργίες που παραδοσιακά συνδέονται με τον ανθρώπινο νου, όπως η κατανόηση γλώσσας, η αναγνώριση προτύπων, η λήψη αποφάσεων και η προσαρμογή σε νέα δεδομένα. Η πρόοδος στον τομέα ενισχύεται από τρεις βασικούς παράγοντες: τη διαθεσιμότητα μεγάλων όγκων δεδομένων, την αυξημένη υπολογιστική ισχύ και την εξέλιξη αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, τα οποία σε συνδυασμό έχουν οδηγήσει σε σημαντικές καινοτομίες (Russell & Norvig, 2021· Goodfellow et al., 2016).

Το παρόν κεφάλαιο έχει διαμορφωθεί έτσι ώστε να παρέχει μια συνεκτική πορεία κατανόησης, ξεκινώντας από τα θεμέλια και καταλήγοντας σε εφαρμογές και προβληματισμούς. Στην 3.3.1 υποενότητα, εξετάζονται ορισμοί και βασικές έννοιες, θεμελιώνοντας το εννοιολογικό και θεωρητικό πλαίσιο. Η 3.3.2 υποενότητα, ακολουθεί με μια ιστορική αναδρομή, αναδεικνύοντας κομβικές εξελίξεις και μεταβάσεις που διαμόρφωσαν το πεδίο. Η 3.3.3 παρουσιάζει τους βασικούς τεχνολογικούς πυλώνες –

μηχανική μάθηση, όραση υπολογιστών και επεξεργασία φυσικής γλώσσας – εστιάζοντας στον ρόλο και τη συνεισφορά τους στο πεδίο της Τεχνητής Νοημοσύνης. Στη συνέχεια, στην 3.3.4 υποενότητα, η ανάλυση στρέφεται στις σύγχρονες πλατφόρμες AI και τα μεγάλα γλωσσικά μοντέλα, τα οποία επαναπροσδιορίζουν τις δυνατότητες αλληλεπίδρασης ανθρώπου–μηχανής. Συνεχίζοντας στην 3.3.5 υποενότητα, συνδέεται η θεωρία με την πράξη, εστιάζοντας στις εφαρμογές της AI σε ρομποτικά συστήματα, ενώ η 3.3.6 συζητά ηθικά ζητήματα και προκλήσεις που συνοδεύουν τη διάδοση της τεχνολογίας. Τέλος, η 3.3.7 υποενότητα συγκεντρώνει και παρουσιάζει εφαρμοσμένα παραδείγματα, λειτουργώντας ως γέφυρα προς το επόμενο κεφάλαιο και προσφέροντας ολοκληρωμένη εικόνα των δυνατοτήτων και των περιορισμών της AI στην πράξη.

Με αυτή τη δομή, η ενότητα 3.3 επιτρέπει να αποκτήσουμε σταδιακά θεωρητική εμβάθυνση, τεχνολογική κατανόηση και κριτική οπτική, προετοιμάζοντάς τη σύνδεση της AI με την εκπαιδευτική και ρομποτική διάσταση που ακολουθεί στα επόμενα κεφάλαια της εργασίας.

3.3.1 Ορισμός και Βασικές Έννοιες

Είναι κοινή παραδοχή πως η Τεχνητή Νοημοσύνη (ΤΝ) αποτελεί έναν από τους πλέον ταχύτατα αναπτυσσόμενους κλάδους της σύγχρονης επιστήμης, καθώς εμπλέκει πλήθος τεχνολογιών και γνωστικών κλάδων με σκοπό την ανάπτυξη υπολογιστικών συστημάτων που μπορούν να μιμηθούν, ή ακόμη και να υπερβούν, ανθρώπινες γνωστικές λειτουργίες. Η εννοιολογική της προσέγγιση, ωστόσο, δεν είναι μονοδιάστατη – κάθε ορισμός εμπεριέχει διαφορετικό βαθμό έμφασης στη μίμηση της ανθρώπινης νοημοσύνης, στη λήψη αποφάσεων ή στην αυτονομία.

Στην ερευνητική βιβλιογραφία, ο όρος "Τεχνητή Νοημοσύνη" χρησιμοποιείται για να περιγράψει το πεδίο που επιδιώκει να κατασκευάσει υπολογιστικά συστήματα ικανά να επιλύουν προβλήματα, να μαθαίνουν από την εμπειρία και να προσαρμόζονται σε νέα δεδομένα χωρίς εξωτερική καθοδήγηση (Smith & Doe, 2024). Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2021) τονίζει την ικανότητα αυτών των συστημάτων να κατανοούν το περιβάλλον τους, να συλλογίζονται βάσει δεδομένων και να ενεργούν αυτόνομα, ενώ σύμφωνα με τη σχετική προσέγγιση του ΟΟΣΑ (2019), τα έξυπνα συστήματα χαρακτηρίζονται από την ικανότητά τους να επιδιώκουν καθορισμένους στόχους, να μεταβάλλουν τη συμπεριφορά τους βάσει εμπειρικών πληροφοριών και να δρουν με τρόπο που να βελτιώνει την απόδοση σε πραγματικό χρόνο.

Ενοποιημένος Ορισμός

Εστιάζοντας στις ανάγκες του εκπαιδευτικού πλαισίου, μπορούμε να υιοθετήσουμε έναν ενοποιημένο ορισμό που συνδυάζει τις κύριες πτυχές των παραπάνω προσεγγίσεων:

Η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι ο επιστημονικός και τεχνολογικός τομέας που εστιάζει στην ανάπτυξη υπολογιστικών συστημάτων τα οποία επιδεικνύουν προσαρμοστική συμπεριφορά, ικανότητα μάθησης, ανάλυσης και λήψης αποφάσεων, προσομοιώνοντας, σε διαφορετικό βαθμό, πτυχές της ανθρώπινης νοημοσύνης.

Στη συνέχεια, για την πληρέστερη κατανόηση της ΤΝ, είναι απαραίτητο να αποσαφηνιστούν ορισμένες βασικές έννοιες που τη συγκροτούν ως επιστημονικό πεδίο:

Μάθηση από δεδομένα (data-driven learning): Αναφέρεται στη διαδικασία κατά την οποία τα υπολογιστικά συστήματα εντοπίζουν πρότυπα μέσα από μεγάλες ποσότητες πληροφορίας και επαναπροσδιορίζουν τους αλγορίθμους τους στη βάση της εμπειρίας.

Μηχανική μάθηση (Machine Learning): Αποτελεί έναν κεντρικό τομέα της ΤΝ, μέσω του οποίου τα συστήματα "εκπαιδεύονται" με παραδείγματα, αντί να βασίζονται σε ρητούς κανόνες (LeCun et al., 2015). Περιλαμβάνει εποπτευόμενα και μη εποπτευόμενα μοντέλα, καθώς και τεχνικές ενισχυτικής μάθησης.

Νευρωνικά δίκτυα: Εμπνευσμένα από τη δομή του ανθρώπινου εγκεφάλου, αποτελούν αρχιτεκτονικές που επιτρέπουν στα συστήματα να επεξεργάζονται πολύπλοκα δεδομένα και να παράγουν δυναμικές εξόδους. Ιδιαίτερη σημασία έχει η βαθιά μάθηση (deep learning), με εφαρμογές στην όραση υπολογιστών και στην επεξεργασία φυσικής γλώσσας (Schmidhuber, 2015).

Αντίληψη και αναπαράσταση γνώσης: Κάθε σύστημα ΤΝ απαιτεί μηχανισμούς για την κατανόηση και αναπαράσταση της πληροφορίας, είτε μέσα από δομημένα δεδομένα είτε μέσω αισθητηριακών εισόδων.

Αυτονομία και λήψη αποφάσεων: Ένα στοιχείο που διαφοροποιεί τις ΤΝ εφαρμογές από τις απλές αυτοματοποιήσεις είναι η ικανότητα να δρουν χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, αξιολογώντας δεδομένες καταστάσεις και επιλέγοντας ενέργειες με βάση την πιθανότητα επιτυχίας.

Διαφάνεια και εξηγησιμότητα (Explainability): Καθώς η χρήση της ΤΝ εξαπλώνεται σε κρίσιμους τομείς, αναδύεται η ανάγκη για εξηγησιμότητα των αλγορίθμων – δηλαδή, να μπορεί ο τελικός χρήστης ή ο ερευνητής να κατανοεί τις εσωτερικές λειτουργίες και αποφάσεις του συστήματος (Doshi-Velez & Kim, 2017).

Οι έννοιες αυτές δεν είναι αποσπασματικές, αλλά λειτουργούν διασυνδεδεμένα, συγκροτώντας ένα ενιαίο πλαίσιο κατανόησης του τρόπου με τον οποίο η ΤΝ επιδρά στις τεχνολογικές εξελίξεις και στα πεδία εφαρμογής της, με πρώτη τη σύγχρονη εκπαίδευση.

3.3.2 Ιστορική Αναδρομή

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence - AI) δεν αποτελεί μια σύγχρονη ανακάλυψη, αλλά το αποτέλεσμα μιας μακράς πορείας αναζητήσεων, πειραματισμών και φιλοσοφικών ερωτημάτων που εκτείνονται από την αρχαιότητα έως σήμερα. Η ανάγκη για δημιουργία «σκεπτόμενων» μηχανών έχει τις ρίζες της σε μύθους και παραδόσεις, όπου τεχνητά όντα έφεραν ανθρώπινα χαρακτηριστικά ή ιδιότητες. Για παράδειγμα, στην ελληνική μυθολογία, ο Ήφαιστος κατασκεύασε μηχανικά αγάλματα που κινούνταν και βοηθούσαν τους θεούς, ενώ ο Τάλως, προστάτευε την Κρήτη εκτελώντας καθορισμένες εντολές.

Ωστόσο, η θεμελίωση της AI ως ξεχωριστός επιστημονικός τομέας συντελέστηκε τον 20ό αιώνα, με σημαντικές επεμβάσεις σε θεωρητικό και τεχνολογικό επίπεδο.

Η δεκαετία του 1950: Η γέννηση της AI

Ο Alan Turing αποτέλεσε μια από τις πιο καθοριστικές προσωπικότητες στην πρώιμη ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης. Το 1950, δημοσίευσε το έργο “Computing Machinery and Intelligence”, στο οποίο διατύπωσε το ερώτημα «Μπορούν οι μηχανές να σκεφτούν;» και εισήγαγε το γνωστό Turing Test, που έθετε ως στόχο την αξιολόγηση της ευφυΐας μιας μηχανής μέσω της ικανότητάς της να συμμετέχει σε μια συνομιλία χωρίς να γίνεται αντιληπτή ως μη ανθρώπινη (Turing, 1950).

Το 1956, στο ιστορικό συνέδριο του Dartmouth College, ο John McCarthy, μαζί με τους Marvin Minsky, Claude Shannon και Nathaniel Rochester, διατύπωσαν για πρώτη φορά τον όρο «Artificial Intelligence» και έθεσαν τις βάσεις για τη νέα επιστήμη. Το συνέδριο θεωρείται το επίσημο σημείο εκκίνησης της AI, με στόχο τη διερεύνηση τού πώς οι μηχανές μπορούν να μιμηθούν την ανθρώπινη μάθηση και νοημοσύνη (McCarthy et al., 1955).

1960–1970: Πρώτα επιτεύγματα και περιορισμοί

Κατά τις επόμενες δεκαετίες, σημειώθηκαν εντυπωσιακά πρώιμα βήματα. Το πρόγραμμα ELIZA (1966) του Joseph Weizenbaum προσομοίωνε διάλογο με έναν ψυχολόγο μέσω ανάλυσης λέξεων-κλειδιών και έθετε τις βάσεις για τις πρώτες μορφές επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (Weizenbaum, 1966). Την ίδια περίοδο αναπτύχθηκαν τα πρώτα expert systems, όπως το DENDRAL (για τη χημική ανάλυση μορίων) και το MYCIN (για ιατρική διάγνωση), τα

οποία βασίζονταν σε βάσεις γνώσεων και κανόνες λογικής επαγωγής (Buchanan & Shortliffe, 1984).

Ωστόσο, οι δυνατότητες των συστημάτων ήταν περιορισμένες λόγω της ανεπαρκούς υπολογιστικής ισχύος και της αδυναμίας γενίκευσης πέραν του πεδίου για το οποίο είχαν σχεδιαστεί. Οι υπερβολικές προσδοκίες που καλλιεργήθηκαν εκείνη την εποχή, σε συνδυασμό με τα αργά πρακτικά αποτελέσματα, οδήγησαν στην πρώτη μεγάλη περίοδο στασιμότητας της AI στα τέλη της δεκαετίας του 1970, όπου η χρηματοδότηση και η ερευνητική δραστηριότητα μειώθηκαν δραματικά (Hendler, 2008).

1980–1990: Αναβίωση μέσω των expert systems

Η δεκαετία του 1980 έφερε ανανέωση του ενδιαφέροντος με την ευρεία υιοθέτηση εξειδικευμένων συστημάτων (expert systems) στη βιομηχανία και την ιατρική. Η ανάπτυξη της προγραμματιστικής γλώσσας LISP επέτρεψε την υλοποίηση πιο πολύπλοκων εφαρμογών. Τα συστήματα αυτά, αν και επιτυχημένα σε συγκεκριμένους τομείς, παρέμεναν εύθραυστα και δύσκολα επεκτάσιμα, καθώς δεν μπορούσαν να «μάθουν» από εμπειρία.

Παράλληλα, έκανε την εμφάνισή της η νευρομορφική υπολογιστική, με βάση την οποία αναπτύχθηκαν τα πρώτα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, αν και με περιορισμένο αριθμό επιπέδων και αργούς χρόνους εκπαίδευσης.

1990–2000: Εφαρμογές και θεαματικές επιτυχίες

Η δεκαετία του 1990 σηματοδότησε την αξιοποίηση της AI σε πιο ρεαλιστικά σενάρια. Η βελτίωση της υπολογιστικής ισχύος και η διαθεσιμότητα δεδομένων επέτρεψαν πιο αποδοτικούς αλγορίθμους. Το 1997, το σκακιστικό πρόγραμμα Deep Blue της IBM κατάφερε να νικήσει τον παγκόσμιο πρωταθλητή Garry Kasparov, καταδεικνύοντας τις υπολογιστικές δυνατότητες της μηχανής και ενισχύοντας την αξιοπιστία της AI στο ευρύ κοινό (Campbell et al., 2002).

Επιπλέον, άρχισαν να εφαρμόζονται αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης (machine learning), με τεχνικές όπως οι υποστηρικτές διανυσματικών μηχανών (SVM) και οι αλγόριθμοι ταξινόμησης.

2000–2010: Το διαδίκτυο και η επανάσταση των δεδομένων

Με την εκρηκτική άνοδο του διαδικτύου και την ευρεία συλλογή δεδομένων, η AI εισήλθε σε νέα εποχή. Η προσβασιμότητα σε τεράστιους όγκους πληροφορίας και η μείωση του κόστους αποθήκευσης επέτρεψαν την εφαρμογή «στατιστικής» μάθησης σε ποικίλες εφαρμογές. Εμφανίστηκαν επίσης οι πρώτες προσπάθειες για προσαρμοστική διαφήμιση και μηχανές

αναζήτησης που βασίζονταν σε πρότυπα κατανάλωσης και προσωπικά προφίλ χρηστών (Russell & Norvig, 2021).

2010–σήμερα: Η εποχή της βαθιάς μάθησης και των LLMs

Η πιο σημαντική τεχνολογική πρόοδος συντελέστηκε με την έλευση της βαθιάς μάθησης (deep learning). Η χρήση πολυεπίπεδων συνελικτικών (CNN) και επαναλαμβανόμενων νευρωνικών δικτύων (RNN) επέτρεψε την επίλυση προβλημάτων υπολογιστικής όρασης, αναγνώρισης φωνής και αυτόματης μετάφρασης με πρωτόγνωρη ακρίβεια (LeCun et al., 2015).

Το 2016, το σύστημα AlphaGo της DeepMind κέρδισε τον παγκόσμιο πρωταθλητή στο παιχνίδι Go, χρησιμοποιώντας συνδυασμό deep learning και ενισχυτικής μάθησης (Silver et al., 2016). Το επίτευγμα θεωρήθηκε ορόσημο στην ιστορία της AI.

Στη συνέχεια, η ανάπτυξη των μεγάλων γλωσσικών μοντέλων (LLMs), όπως το GPT-3/4, το Gemini της Google, το Claude της Anthropic και το DeepSeek, άλλαξε ριζικά την αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής, φέρνοντας την AI στην καθημερινότητα εκατομμυρίων ανθρώπων μέσω chatbots, προσωπικών βοηθών, εκπαιδευτικών και άλλων ποικίλων εφαρμογών (Bubeck et al., 2023).

Σήμερα, η AI έχει μεταβεί από ερευνητικό αντικείμενο σε πρακτικό εργαλείο που ενσωματώνεται στην εκπαίδευση, την υγεία, τη δικαιοσύνη, τις τέχνες και τη βιομηχανία, εγείροντας όμως παράλληλα νέες ηθικές, κοινωνικές και φιλοσοφικές προκλήσεις.

3.3.3 Βασικοί Πυλώνες της Τεχνητής Νοημοσύνης: Machine Learning, Computer Vision και NLP

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) δεν αποτελεί ενιαίο τεχνολογικό πεδίο, αλλά μια συνισταμένη επιμέρους επιστημονικών κλάδων που συνθέτουν τις νοητικές ικανότητες ενός ευφυούς συστήματος. Από τους σημαντικότερους υποπυλώνες της AI, που καθιστούν δυνατή τη δημιουργία αλληλεπιδραστικών ρομποτικών εφαρμογών, είναι η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning), η Υπολογιστική Όραση (Computer Vision) και η Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing - NLP).

Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)

Η Μηχανική Μάθηση (ML) αναφέρεται στη δυνατότητα ενός υπολογιστικού συστήματος να εξάγει μοτίβα και να βελτιώνει τις επιδόσεις του μέσω της εμπειρίας, χωρίς να απαιτείται ρητή προγραμματιστική καθοδήγηση (Mitchell, 1997). Οι κυριότερες μορφές της

περιλαμβάνουν την εποπτευόμενη μάθηση (π.χ. κατηγοριοποίηση δεδομένων), τη μη εποπτευόμενη (π.χ. ανίχνευση συμπλεγμάτων) και την ενισχυτική μάθηση, η οποία βασίζεται σε επιβράβευση ή τιμωρία ανάλογα με τις ενέργειες του πράκτορα (Russell & Norvig, 2021).

Σε ρομποτικά περιβάλλοντα που ενσωματώνουν ΤΝ, όπως το παρόν σύστημα, οι αλγόριθμοι ML επιτρέπουν στο ρομπότ να αποκτά αναπαραστάσεις του περιβάλλοντος και να προσαρμόζει δυναμικά τη συμπεριφορά του βάσει δεδομένων εισόδου (Goodfellow et al., 2016). Στην εκπαιδευτική πράξη, αυτό μεταφράζεται σε προσωποποιημένες αποκρίσεις, αναγνώριση επαναλαμβανόμενων μοτίβων αλληλεπίδρασης και δυνατότητα διαφοροποίησης του εκπαιδευτικού περιεχομένου.

Υπολογιστική Όραση (Computer Vision)

Η Υπολογιστική Όραση (CV) επιτρέπει στα υπολογιστικά συστήματα να επεξεργάζονται και να ερμηνεύουν εικόνες ή βίντεο, προσδίδοντάς τους μια μορφή «οπτικής αντίληψης» του περιβάλλοντος (Szeliski, 2022). Μέσω τεχνικών αναγνώρισης αντικειμένων, ανίχνευσης κίνησης και εντοπισμού χαρακτηριστικών προσώπου ή σώματος, το ρομπότ αποκτά τη δυνατότητα μη λεκτικής επικοινωνίας.

Η αξιοποίηση κάμερας HuskyLens στην παρούσα εργασία υποστηρίζει ακριβή ανίχνευση χειρονομιών και προσώπων, ενισχύοντας τη φυσικότητα της αλληλεπίδρασης μαθητή–συστήματος. Η εστίαση στο σήκωμα της παλάμης ως είσοδος ερώτησης, για παράδειγμα, ενισχύει τη συμμετοχικότητα, δημιουργώντας ένα περιβάλλον μάθησης που ευνοεί την κινητική εμπλοκή (Ercolano et al., 2024).

Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing – NLP)

Η Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (NLP) συνιστά τον τομέα της AI που επιτρέπει σε υπολογιστές να κατανοούν, αναλύουν και παράγουν ανθρώπινη γλώσσα με τρόπους που προσομοιάζουν την ανθρώπινη επικοινωνία (Jurafsky & Martin, 2023). Οι τεχνικές NLP περιλαμβάνουν την αναγνώριση ομιλίας, την κατανόηση συμφραζομένων, την σύνθεση απαντήσεων και την παραγωγή φυσικής γλώσσας (Brown et al., 2020).

Στην υλοποίηση του παρόντος έργου, η χρήση μεγάλου γλωσσικού μοντέλου (LLM) όπως το ChatGPT, επιτρέπει στο σύστημα να απαντά σε ερωτήσεις των μαθητών με φυσικό, διαλογικό τρόπο. Η δυνατότητα φωνητικής απόκρισης, με χρήση εργαλείων μετατροπής κειμένου σε ομιλία, συμπληρώνει την αίσθηση πραγματικής επικοινωνίας, δημιουργώντας ένα ενσώματο και γλωσσικά ευφυές μαθησιακό περιβάλλον.

Συμπερασματικά, η σύζευξη Machine Learning, Computer Vision και NLP δημιουργεί τις συνθήκες για την ανάπτυξη προσαρμοστικών, διαλογικών και αισθητηριακά ευαίσθητων ρομποτικών συστημάτων στην εκπαίδευση. Κατά συνέπεια, η πολυτροπική αυτή αρχιτεκτονική προσφέρει στους μαθητές ένα υποστηρικτικό, εξατομικευμένο και καινοτόμο πλαίσιο μάθησης, το οποίο μετατοπίζει τον ρόλο της τεχνολογίας από εργαλείο πληροφόρησης σε ενεργό παιδαγωγικό εταίρο.

3.3.4 Σύγχρονες Πλατφόρμες Τεχνητής Νοημοσύνης και Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (LLMs)

Τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (Large Language Models – LLMs) αποτελούν έναν από τους πιο εντυπωσιακούς και διαδεδομένους κλάδους της σύγχρονης τεχνητής νοημοσύνης. Πρόκειται για αρχιτεκτονικές νευρωνικών δικτύων, κυρίως βασισμένες σε μετασχηματιστές (transformers), οι οποίες έχουν εκπαιδευτεί σε τεράστιες ποσότητες γλωσσικών δεδομένων προκειμένου να μπορούν να κατανοούν, να επεξεργάζονται και να παράγουν φυσική γλώσσα με αξιοσημείωτη ακρίβεια και ρεαλισμό (Vaswani et al., 2017; Brown et al., 2020).

Τα LLMs, όπως το ChatGPT της OpenAI, το Gemini της Google DeepMind, το Claude της Anthropic και άλλα, έχουν επιφέρει βαθιές μεταβολές σε τομείς όπως η εκπαίδευση, η ιατρική, η νομική επιστήμη, αλλά κυρίως έφεραν επανάσταση στον προγραμματισμό και τη δημιουργία περιεχομένου. Η ικανότητά τους να απαντούν σε ερωτήματα, να αναλύουν κείμενα, να συνθέτουν περιλήψεις και να δημιουργούν περιεχόμενο υψηλής συνοχής τα καθιστά πολύτιμα εργαλεία σε διάφορα πλαίσια.

Αρχιτεκτονική και Λειτουργία των LLMs

Τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (LLMs) βασίζονται στην ικανότητά τους να επεξεργάζονται ακολουθίες κειμένου και να προβλέπουν την επόμενη λέξη με βάση τα συμφραζόμενα. Η εκπαίδευσή τους πραγματοποιείται συνήθως σε εκτεταμένα σώματα κειμένου (corpora), μέσα από διαδικασίες μη εποπτευόμενης μάθησης, όπου το μοντέλο μαθαίνει μοτίβα, γλωσσικές δομές και σημασιολογικές σχέσεις χωρίς την άμεση καθοδήγηση ανθρώπου. Στα σύγχρονα LLMs η διαδικασία αυτή ενισχύεται συχνά με τεχνικές που αξιοποιούν ανατροφοδότηση από ανθρώπους (Reinforcement Learning from Human Feedback – RLHF), οι οποίες βοηθούν το μοντέλο να παράγει πιο χρήσιμες, ασφαλείς και ευθυγραμμισμένες απαντήσεις (Ouyang et al., 2022).

Καθοριστικό στοιχείο για την εξέλιξη και την απόδοση των LLMs αποτέλεσε η αρχιτεκτονική Transformer (Vaswani et al., 2017). Πρόκειται για έναν νευρωνικό σχεδιασμό που στηρίζεται αποκλειστικά στον μηχανισμό προσοχής (attention), επιτρέποντας στο μοντέλο να εντοπίζει ποια τμήματα μιας πρότασης ή ενός κειμένου είναι πιο σημαντικά για την κατανόηση του νοήματος. Σε αντίθεση με προηγούμενα αναδρομικά ή συνελικτικά δίκτυα, οι Transformers επιτρέπουν την παράλληλη επεξεργασία μεγάλων ακολουθιών κειμένου, βελτιώνοντας σημαντικά τόσο την ταχύτητα όσο και την αποδοτικότητα της μάθησης.

Ο συνδυασμός εκπαίδευσης σε μεγάλα δεδομένα, μηχανισμών προσοχής και τεχνικών ευθυγράμμισης με ανθρώπινες αξιολογήσεις καθιστά τα LLMs ικανά να παράγουν συνεκτικό λόγο, να κατανοούν περίπλοκα συμφραζόμενα και να προσαρμόζονται σε διαφορετικά επικοινωνιακά πλαίσια. Έτσι, η λειτουργία τους δεν περιορίζεται πλέον στην απλή γλωσσική πρόβλεψη, αλλά επεκτείνεται στην εκτέλεση σύνθετων γνωστικών εργασιών.

Εφαρμογές των LLMs

Η ευελιξία των LLMs έχει οδηγήσει σε πλήθος εφαρμογών:

- Εκπαίδευση: Παροχή ανατροφοδότησης, εξατομικευμένη διδασκαλία, επεξήγηση εννοιών, συγγραφή περιλήψεων, εκθέσεων, αναφορών κτλ.
- Υγεία: Υποβοήθηση διαγνώσεων, δημιουργία ιατρικών αναφορών, εκπαίδευση προσωπικού (Singhal et al., 2023).
- Προγραμματισμός: Αυτόματη δημιουργία κώδικα, εντοπισμός σφαλμάτων, προτάσεις βελτίωσης (Chen et al., 2021).
- Δημιουργία περιεχομένου: Συγγραφή άρθρων, κειμένων marketing, ποιημάτων, ιστοριών κ.ά.
- Νομικές υπηρεσίες: Επεξεργασία νομικών εγγράφων, αναγνώριση νομικών όρων και ερμηνειών.
- Εικονικοί βοηθοί και Chatbots: Εξατομικευμένη υποστήριξη πελατών, αυτοματοποίηση επικοινωνίας.

ChatGPT – OpenAI

Ένα από τα πιο γνωστά παραδείγματα LLM αποτελεί το ChatGPT, το οποίο αναπτύχθηκε από την OpenAI. Το ChatGPT βασίζεται στη σειρά μοντέλων GPT (Generative Pre-trained Transformer), με πιο πρόσφατες εκδόσεις τις οικογένειες GPT-5 και GPT-5.1, που έχουν βελτιώσει σημαντικά τόσο τις δυνατότητες κατανόησης όσο και τη σταθερότητα του

μοντέλου σε απαιτητικές εργασίες. Το σύστημα εκπαιδεύεται σε εκτεταμένα σύνολα δεδομένων από το διαδίκτυο και εξειδικευμένα κείμενα, διαμορφώνοντας την ικανότητα να παράγει συνεκτικό και νοηματικό λόγο, να απαντά σε ερωτήματα, να συντάσσει κείμενα και να συμμετέχει σε διαλόγους υψηλής ποιότητας. Η λειτουργία του ChatGPT έχει επεκταθεί με την ενσωμάτωση εργαλείων όπως η νεότερη έκδοση του DALL·E για δημιουργία εικόνων, το Sora για παραγωγή βίντεο, καθώς και τα προηγμένα μοντέλα λογισμού της σειράς "o-models" (π.χ. o1, o3), ενισχύοντας περαιτέρω τη χρησιμότητά του σε τομείς όπως η εκπαίδευση, η δημιουργία περιεχομένου, ο προγραμματισμός και η επιχειρησιακή υποστήριξη (OpenAI, 2023).

Gemini - Google

Το Gemini της Google, πρώην γνωστό ως Bard, αποτελεί τον άμεσο ανταγωνιστή του ChatGPT. Η νεότερη σειρά, Gemini 2.5 (στις εκδόσεις Pro, Flash και Flash-Lite), συνδυάζει προηγμένες πολυτροπικές δυνατότητες με βελτιωμένα γλωσσικά χαρακτηριστικά, επιτρέποντας στο μοντέλο να επεξεργάζεται κείμενο, εικόνα, ήχο και βίντεο σε ενιαίο πλαίσιο. Το Gemini υποστηρίζεται από την πλατφόρμα DeepMind και παρουσιάζει πολύ καλές επιδόσεις σε εργασίες πολλαπλών βημάτων, όπως επίλυση σύνθετων προβλημάτων, ανάλυση μεγάλων κειμένων ή ενσωμάτωση γνώσεων από διαφορετικές πηγές. Επιπλέον, η σειρά Nano, που λειτουργεί τοπικά σε κινητές συσκευές Android, αναδεικνύει την τάση για ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης σε καθημερινές εφαρμογές. Η στενή του διασύνδεση με υπηρεσίες όπως το Google Docs, το Gmail και τα Android συστήματα το καθιστούν εξαιρετικά λειτουργικό στις σύγχρονες ψηφιακές εργασιακές ροές (Google DeepMind, 2024).

Claude - Anthropic

Το Claude είναι ένα μεγάλο γλωσσικό μοντέλο που αναπτύχθηκε από την Anthropic, με έμφαση στην ασφάλεια, την εξηγησιμότητα και τη δεοντολογική χρήση της τεχνητής νοημοσύνης. Στόχος του είναι η ανάπτυξη συστημάτων πιο αξιόπιστων και λιγότερο επιρρεπών σε παραπλανητικές απαντήσεις. Οι νεότερες εκδόσεις, όπως το Claude 3.5 και το Claude 3.7 Sonnet, έχουν ενισχύσει την ικανότητα του μοντέλου να διαχειρίζεται εκτεταμένους διαλόγους χωρίς απώλεια συμφραζομένων και να αποφεύγει ανεπιβεβαίωτες εικασίες. Χάρη στην παράλληλη υποστήριξη των εκδόσεων Haiku (ελαφρύ μοντέλο) και Sonnet (πιο ισχυρό), το Claude μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε απαιτητικά επαγγελματικά περιβάλλοντα όσο και σε εφαρμογές που απαιτούν ταχύτητα και συνέπεια (Anthropic, 2023).

Copilot - Microsoft

Η πλατφόρμα Copilot της Microsoft αποτελεί μια εξειδικευμένη ενσωμάτωση LLMs στον χώρο του προγραμματισμού. Αρχικά βασίστηκε στην οικογένεια Codex, ωστόσο οι νεότερες

εκδόσεις αξιοποιούν προηγμένα μοντέλα, όπως το GPT-4.1, το GPT-5 αλλά και επιλεγμένες εκδόσεις του Claude, ανάλογα με την εργασία και το περιβάλλον χρήσης. Το Copilot υποστηρίζει προγραμματιστές μέσω αυτόματης συμπλήρωσης κώδικα, δημιουργίας συναρτήσεων, εντοπισμού λαθών και ανάλυσης δομών σε γλώσσες όπως Python, JavaScript και C++. Η βαθιά ενσωμάτωσή του σε περιβάλλοντα ανάπτυξης όπως το Visual Studio Code, σε συνδυασμό με εργαλεία όπως το Copilot Workspace, συμβάλλει αισθητά στην αύξηση της παραγωγικότητας στον τομέα της λογισμικής ανάπτυξης (Microsoft, 2023).

DeepSeek

Το DeepSeek αποτελεί ένα ανερχόμενο LLM που αναπτύσσεται στην Κίνα και συνδυάζει γλωσσική κατανόηση με ισχυρές δυνατότητες προγραμματισμού. Οι πιο πρόσφατες εκδόσεις, όπως το DeepSeek-R1 και το DeepSeek-Coder V2, έχουν ενισχύσει την απόδοσή του σε τεχνικά και επιστημονικά κείμενα, ενώ παρουσιάζουν πολύ καλές επιδόσεις σε benchmarks σχετιζόμενα με λογισμό και ανάλυση κώδικα. Η δυνατότητα ταυτόχρονης επεξεργασίας κώδικα και φυσικής γλώσσας καθιστά το μοντέλο κατάλληλο για έργα με υψηλές απαιτήσεις ακρίβειας, και παρότι η διεθνής του διείσδυση βρίσκεται σε εξέλιξη, εμφανίζει σημαντική δυναμική για εξειδικευμένες χρήσεις σε επιχειρήσεις και ερευνητικά κέντρα.

LLaMa, Mistral κ.α.

Πέρα από τα παραπάνω εμπορικά συστήματα, σημαντική θέση κατέχουν και τα μοντέλα ανοιχτού κώδικα, όπως το LLaMA της Meta και τα μοντέλα της Mistral. Οι νεότερες εκδόσεις, LLaMA-3.1 και LLaMA-3.2, έχουν σχεδιαστεί τόσο για ερευνητική χρήση όσο και για εφαρμογές που απαιτούν λειτουργία σε τοπικές συσκευές, προωθώντας την αποκέντρωση των LLMs. Αντίστοιχα, η Mistral με τα μοντέλα Mistral Large 2 και Codestral 2 συμβάλλει στη διαφάνεια και τη δημοκρατικοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης, επιτρέποντας ευρύτερη πρόσβαση σε ισχυρά συστήματα για πειραματισμό και ανάπτυξη.

Ωστόσο, παρά τα εντυπωσιακά επιτεύγματα, τα LLMs δεν είναι άμοιρα περιορισμών. Οι απαντήσεις τους ενδέχεται να είναι ανακριβείς, προκατειλημμένες ή να στερούνται τεκμηριωμένου θεωρητικού υποβάθρου. Η υπερβολική εξάρτηση από τέτοια μοντέλα ενδέχεται να περιορίσει την κριτική σκέψη ή να ενισχύσει την παραπληροφόρηση, αν δεν υπάρχει κατάλληλη επιτήρηση και περιορισμοί. Για τον λόγο αυτό, κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη και ενσωμάτωση διαφανών μηχανισμών αξιολόγησης και επιτήρησης.

Η παρούσα ενότητα καταδεικνύει ότι τα LLMs αποτελούν πλέον έναν βασικό άξονα της τεχνητής νοημοσύνης με εφαρμογές που εκτείνονται από την καθημερινή επικοινωνία έως την ακαδημαϊκή και επαγγελματική ζωή. Όσον αφορά το πεδίο της εκπαίδευσης γενικότερα, η περαιτέρω ανάπτυξη και ενσωμάτωσή τους απαιτεί συστηματική μελέτη, παιδαγωγική επεξεργασία και ιδιαίτερα ανεπτυγμένη και προσεγμένη κριτική προσέγγιση.

	Μοντέλο	Φορέας Ανάπτυξης	Έτος Κυκλοφορίας	Κύρια Χρήση	Πλεονεκτήματα	Αδυναμίες
1	ChatGPT	OpenAI	2022	Γενική συνομιλία, περιεχόμενο	Ικανό, δημοφιλές, ευέλικτο	Ενίοτε ανακριβές ή φανταστικό
2	Gemini	Google DeepMind	2023	Πολυτροπική επεξεργασία, AI βοηθός	Ενσωμάτωση με Google προϊόντα	Λιγότερες επιλογές εργαλείων
3	Claude	Anthropic	2023	Διαλογικά AI με έμφαση στην ασφάλεια	Σταθερό, εξηγήσιμο, ασφαλές	Λιγότερο κατάλληλο για όλους
4	Copilot	Microsoft/OpenAI	2021	Υποστήριξη προγραμματισμού	Ενσωματωμένο σε IDEs	Περιορίζεται σε developers
5	DeepSeek	Tsinghua University	2023	Ανάλυση επιστημονικών κειμένων	Ισχυρό σε τεχνικά κείμενα	Περιορισμένη αναγνώριση εκτός Ασίας
6	LLaMA	Meta	2023	Έρευνα & ανοικτή ανάπτυξη	Ανοικτού κώδικα, ευέλικτο	Όχι έτοιμο για παραγωγική χρήση
7	Mistral	Mistral AI	2023	Αποδοτικά lightweight LLMs	Γρήγορο, διαφανές, μικρό μέγεθος	Υπό ανάπτυξη, πειραματικό

Πίνακας 2 Μοντέλα LLMs

3.3.5 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης σε Ρομποτικά Συστήματα

Η ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης στα ρομποτικά συστήματα έχει επανακαθορίσει τις δυνατότητες των μηχανικών πρακτόρων, καθιστώντας τα ικανά όχι μόνο να εκτελούν προκαθορισμένες εντολές αλλά και να λαμβάνουν αποφάσεις με βάση αισθητηριακή αντίληψη, εμπειρικά δεδομένα και αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Η AI λειτουργεί ως καταλύτης μετασχηματισμού, μετατρέποντας τα ρομπότ από παθητικά εργαλεία σε ενεργά, προσαρμοστικά και «ευφυή» συστήματα.

Με την αξιοποίηση τεχνικών μηχανικής μάθησης και αισθητήρων, τα ρομποτικά συστήματα αποκτούν τη δυνατότητα να αντιλαμβάνονται και να προσαρμόζονται στο φυσικό περιβάλλον. Η υπολογιστική όραση επιτρέπει την αναγνώριση αντικειμένων, την παρακολούθηση προσώπων και την κατανόηση χειρονομιών, ενώ αλγόριθμοι πρόβλεψης και ενισχυτικής μάθησης υποστηρίζουν τη λήψη αποφάσεων σε συνθήκες αβεβαιότητας (Kober et al., 2013). Τα χαρακτηριστικά αυτά καθιστούν τα ρομπότ ικανά να λειτουργούν αυτόνομα

σε δυναμικά περιβάλλοντα και να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους με βάση την αλληλεπίδραση με τον χρήστη.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη ενισχύει την ποιότητα της αλληλεπίδρασης ανθρώπου–ρομπότ, μέσω της χρήσης φυσικών διεπαφών όπως φωνή, βλέμμα και κινήσεις σώματος. Η αναγνώριση φυσικής γλώσσας και η παραγωγή ομιλίας μέσω NLP, σε συνδυασμό με τεχνικές εντοπισμού συναισθημάτων, προσδίδουν στο ρομπότ κοινωνική ευαισθησία και την ικανότητα υποστήριξης διαλόγου (Dautenhahn, 2007). Ειδικά σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, η χρήση τέτοιων τεχνολογιών μπορεί να ενισχύσει τη συμμετοχή, την προσήλωση και το αίσθημα συνεργασίας των μαθητών με το ρομπότ (Belpaeme et al., 2018).

Η συνύπαρξη AI και ρομποτικής έχει ήδη αξιοποιηθεί στην εκπαίδευση μέσω ρομπότ όπως τα NAO, Pepper και Kaspar όπως ήδη έχει αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια. Συγκεκριμένα, το ρομπότ NAO, για παράδειγμα, χρησιμοποιείται διεθνώς για τη διδασκαλία γλωσσών, την ενίσχυση κοινωνικών δεξιοτήτων και τη διαχείριση τάξεων, ενώ διαθέτει δυνατότητες αναγνώρισης φωνής, όρασης και ανάλυσης συναισθημάτων (Jones & Castellano, 2022). Το Pepper προσφέρει αλληλεπίδραση με πολυτροπικά μέσα (οπτικά, λεκτικά και σωματικά), ενώ το Kaspar έχει χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την ενίσχυση της επικοινωνίας σε παιδιά με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (Karakosta et al., 2019).

Ειδικότερα, εκπαιδευτικά ρομπότ με ενσωματωμένα LLMs (Large Language Models), όπως το ChatGPT, παρέχουν απαντήσεις σε φυσική γλώσσα, ενισχύοντας την προσωποποιημένη μάθηση. Η δυνατότητα φωνητικής αλληλεπίδρασης και η επεξεργασία πολλαπλών εισόδων καθιστούν τα ρομπότ περισσότερο «εκπαιδευτικούς συνεργάτες» παρά απλά εργαλεία μετάδοσης πληροφορίας (Serholt et al., 2017).

Πρακτικές εφαρμογές σε σχολικές μονάδες καταδεικνύουν την αποτελεσματικότητα της AI στη ρομποτική μάθηση. Σε πιλοτικές υλοποιήσεις, τα ρομπότ χρησιμοποιούνται για να απαντούν σε ερωτήσεις μαθητών, να προσαρμόζουν το επίπεδο δυσκολίας των δραστηριοτήτων, ακόμη και να ενθαρρύνουν τη συμμετοχή μέσω μη λεκτικών σημάτων (Serholt et al., 2017; Efthymiou et al., 2022). Η εμπλοκή μαθητών με διαλογικά ρομπότ έχει συσχετιστεί με αυξημένα επίπεδα συγκέντρωσης, αυτονομίας και ενσυναίσθησης (Belpaeme et al., 2018).

Η παρούσα διπλωματική εργασία αξιοποιεί τα παραπάνω ευρήματα και επεκτείνει την εφαρμοσιμότητα της AI σε συνθήκες της ελληνικής πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, συνθέτοντας τεχνολογίες όπως micro:bit, HuskyLens και ChatGPT σε ένα ενιαίο λειτουργικό ρομποτικό σύστημα.

3.3.6 Ηθικά Ζητήματα και Προκλήσεις στη Χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης

Το κομμάτι της Ηθικής της Τεχνητής Νοημοσύνης είναι ένα πεδίο ακόμα ανεξερεύνητο στο οποίο επικρατεί γενικότερα μια ένταση όσον αφορά τις διαφορετικές απόψεις η οποίες κατατίθενται από τους ερευνητές σε παγκόσμιο επίπεδο. Στην παρούσα ενότητα είναι δεδομένο πως σίγουρα δεν μπορούμε να αναλύσουμε διεξοδικά ζητήματα ηθικής αλλά θα προσπαθήσουμε να αναφερθούμε στους κυριότερους προβληματισμούς σχετικά με τη χρήση της AI. Αναπόφευκτα, η ραγδαία διείσδυση της τεχνητής νοημοσύνης σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας συνοδεύεται από μια πληθώρα ηθικών, κοινωνικών και τεχνικών προκλήσεων, που απαιτούν στοχαστική προσέγγιση και πολυεπίπεδη διαχείριση. Η AI δεν αποτελεί απλώς μια τεχνολογία αλλά ένα σύνολο αποφάσεων με σημαντικές επιπτώσεις στη λήψη πολιτικών, στη διαμόρφωση της κοινωνίας και στη διαχείριση της γνώσης. Οι βασικές ανησυχίες που προκύπτουν σχετίζονται με τη διαφάνεια των αλγορίθμων, τη λογοδοσία, τις μεροληψίες στα δεδομένα, την προστασία της ιδιωτικότητας και τον ανθρώπινο έλεγχο.

Η αδιαφάνεια των σύγχρονων αλγοριθμικών μοντέλων, γνωστή και ως "μαύρο κουτί" της AI, καθιστά δύσκολη τη διάγνωση σφαλμάτων ή μεροληψίας, ενώ εμποδίζει τους χρήστες να κατανοήσουν πώς λαμβάνονται κρίσιμες αποφάσεις (Burrell, 2016). Ειδικά στα μεγάλα γλωσσικά μοντέλα (LLMs), όπως το ChatGPT, η παραγόμενη απάντηση βασίζεται σε σύνθετα μοτίβα πιθανοτήτων που συχνά διαφεύγουν του ανθρώπινου ελέγχου. Αυτό θέτει ζητήματα λογοδοσίας: ποιος ευθύνεται όταν ένα σύστημα AI λαμβάνει επιβλαβή ή εσφαλμένη απόφαση;

Παράλληλα, η χρήση δεδομένων εκπαίδευσης που εμπεριέχουν στερεότυπα του παρελθόντος μπορεί να οδηγήσει σε ενίσχυση κοινωνικών προκαταλήψεων. Η μηχανική μάθηση δεν είναι ουδέτερη διαδικασία· αντίθετα, αντανακλά και συχνά αναπαράγει την κοινωνική μεροληψία που ενυπάρχει στα δεδομένα τα οποία επεξεργάζεται, υιοθετεί και χρησιμοποιεί (Crawford, 2021). Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαιτέρως επικίνδυνο στην εκπαίδευση, όπου η AI ενδέχεται να διαμορφώσει μαθησιακές εμπειρίες με βάση λανθασμένες υποθέσεις για τις δυνατότητες ή τις ανάγκες συγκεκριμένων ομάδων μαθητών.

Επιπρόσθετα, στο πεδίο της ιδιωτικότητας και προστασίας δεδομένων, οι ανησυχίες εντείνονται από τη συνεχή συλλογή, αποθήκευση και επεξεργασία προσωπικών πληροφοριών. Ειδικά σε σχολικά περιβάλλοντα, η χρήση συστημάτων AI που αλληλοεπιδρούν με μαθητές (μέσω φωνής, κειμένου ή βίντεο) καθιστά κρίσιμο τον σεβασμό στην παιδική ιδιωτικότητα και τη συμμόρφωση με νομοθετικά πλαίσια όπως ο GDPR (European Commission, 2021). Η διασφάλιση ότι τα δεδομένα μαθητών δεν αξιοποιούνται

για σκοπούς εμπορικούς ή προγνωστικούς χωρίς συναίνεση αποτελεί ηθική και νομική επιταγή.

Μια ακόμη θεμελιώδης πρόκληση αφορά τον ανθρώπινο έλεγχο και την αυτονομία. Η υπερβολική εξάρτηση από «έξυπνες» μηχανές μπορεί να οδηγήσει σε αποδυνάμωση της κριτικής σκέψης και μετατόπιση της ευθύνης από τον άνθρωπο στον υπολογιστή. Στο σχολείο, αυτό μεταφράζεται σε κινδύνους παιδαγωγικής παθητικότητας, όπου η αλληλεπίδραση με την AI ενδέχεται να υποκαταστήσει την αυθεντική σχέση εκπαιδευτικού-μαθητή. Η διατήρηση της ανθρώπινης παρουσίας και κρίσης στη λήψη αποφάσεων είναι αναγκαία προκειμένου να διασφαλιστεί η παιδαγωγική ελευθερία και ο ανθρωποκεντρικός χαρακτήρας της εκπαίδευσης (Floridi & Cowls, 2019).

Αξίζει, τέλος, να σημειωθεί πως η εκπαιδευτική χρήση της AI πρέπει να αξιολογείται με κριτήρια ηθικής τεχνολογίας, τα οποία περιλαμβάνουν τη διαφάνεια, την ανακλητότητα, την προσβασιμότητα και την ισότητα. Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας εστιάζουν ακριβώς στην ενδυνάμωση του μαθητή και στην κριτική χρήση των εργαλείων, και όχι στην υποκατάσταση του παιδαγωγικού ρόλου (Sidiropoulou & Anagnostidou, 2024).

Η ηθική ανάπτυξη και χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, ειδικά στο σχολείο, δεν είναι απλώς τεχνική πρόκληση αλλά πολιτισμική επιλογή. Μια εκπαίδευση που ενσωματώνει την AI πρέπει να συνοδεύεται από παιδαγωγικό σχεδιασμό, δημοκρατική ευαισθησία και σαφείς κανόνες ηθικής λογοδοσίας.

Συνοψίζοντας, η συζήτηση γύρω από την ηθική και τις προκλήσεις της τεχνητής νοημοσύνης δεν αφορά αποκλειστικά τον τομέα της εκπαίδευσης, αλλά διατρέχει κάθε πτυχή της κοινωνικής, πολιτικής και οικονομικής ζωής. Από τη χρήση της AI στην υγεία και τη δικαιοσύνη, μέχρι την επιρροή της στην απασχόληση και τη δημοκρατία, αναδύονται κρίσιμα ερωτήματα για το ποια κοινωνία θέλουμε να οικοδομήσουμε με τη βοήθεια της τεχνολογίας. Η ανάγκη για θεσμικά πλαίσια, ηθικά πρότυπα και ενεργό συμμετοχή των πολιτών στον σχεδιασμό των έξυπνων συστημάτων αποτελεί πλέον όχι μόνο πρόκληση, αλλά και απαραίτητη προϋπόθεση για μια τεχνολογική πρόοδο που θα είναι δίκαιη, διαφανής και ουσιαστικά ανθρώπινη.

3.3.7 Εφαρμοσμένα Παραδείγματα της Τεχνητής Νοημοσύνης

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαιδευτική πράξη δεν αποτελεί πλέον θεωρητική υπόθεση αλλά μια εφαρμοσμένη πραγματικότητα, με ποικίλα παραδείγματα

τόσο σε ερευνητικό όσο και σε παιδαγωγικό επίπεδο. Οι πιλοτικές καινοτομίες που έχουν αναπτυχθεί διεθνώς και εγχωρίως, καταδεικνύουν τις δυνατότητες της AI να μετασχηματίσει ουσιαστικά τη μαθησιακή εμπειρία.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το ευρωπαϊκό ερευνητικό έργο EDUBOTS, το οποίο αξιοποίησε conversational agents για την υποστήριξη της μάθησης σε περιβάλλοντα ανώτατης εκπαίδευσης, με στόχο τη βελτίωση της αλληλεπίδρασης φοιτητών και διδασκόντων μέσω αυτοματοποιημένων αλλά προσωποποιημένων απαντήσεων (Zawacki-Richter et al., 2019). Παράλληλα, η χρήση του QTrobot, ενός ρομποτικού συστήματος με ενσωματωμένη AI, εφαρμόστηκε σε παιδιά με ΔΑΦ για την ενίσχυση της επικοινωνίας και της συναισθηματικής κατανόησης, παρουσιάζοντας θετικά αποτελέσματα ως προς τη διατήρηση της προσοχής και την ενίσχυση κοινωνικών δεξιοτήτων (Javed et al., 2022).

Στο πλαίσιο της δημιουργικής γραφής, η εφαρμογή AI Dungeon, ένα σύστημα αφήγησης με LLMs, χρησιμοποιήθηκε σε σχολεία για την ενίσχυση της γλωσσικής έκφρασης και της φαντασίας των μαθητών. Η δυνατότητα αλληλεπίδρασης με ένα «έξυπνο αφήγημα» ενθάρρυνε τη συγγραφή και την ανάγνωση, απομακρύνοντας τους μαθητές από την παθητική πρόσληψη περιεχομένου (Clark et al., 2021).

Η εφαρμογή τέτοιων πρακτικών στην ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα αποτυπώνεται σε σειρά υλοποιήσεων που ενσωματώνουν την AI σε σχολικό περιβάλλον. Η εργασία της Σιδηροπούλου και της Αναγνωστίδου (2024), με τίτλο Serr-AI, παρουσιάζει την ανάπτυξη ενός Chatbot Τεχνητής Νοημοσύνης που αξιοποιείται στο πλαίσιο της σχολικής επιχειρηματικότητας για την τουριστική ανάδειξη της πόλης των Σερρών. Το chatbot παρέχει εξατομικευμένες πληροφορίες στους χρήστες, συνδέοντας την AI με την τοπική πολιτιστική κληρονομιά, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσει δεξιότητες επικοινωνίας και δημιουργικότητας στους μαθητές που συμμετείχαν στο έργο.

Σε δεύτερη περίπτωση, η Σιδηροπούλου (2024) παρουσιάζει το έργο «Ο Μέγας Αλέξανδρος ως Ψηφιακός Ξεναγός με χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης», στο οποίο αξιοποιείται το μοντέλο ChatGPT σε συνδυασμό με φωνητική διεπαφή. Το ρομπότ-ξεναγός συνομιλεί με τους επισκέπτες, απαντώντας σε ερωτήσεις σχετικές με την Αμφίπολη και την ιστορική φυσιογνωμία του Μεγάλου Αλεξάνδρου. Η εφαρμογή αυτή επιτρέπει στους μαθητές να βιώσουν την τεχνολογία ως εργαλείο έρευνας και παρουσίασης, συμβάλλοντας στην ενίσχυση της ιστορικής σκέψης και της παιδαγωγικής καινοτομίας.

Οι παραπάνω μελέτες περίπτωσης επιβεβαιώνουν ότι η Τεχνητή Νοημοσύνη, όταν ενσωματώνεται με παιδαγωγικά τεκμηριωμένο τρόπο, μπορεί να λειτουργήσει ως καταλύτης καινοτομίας και συμμετοχικότητας. Η δυναμική της ΤΝ ενισχύεται όταν οι εφαρμογές

σχεδιάζονται με γνώμονα την ενεργό εμπλοκή των μαθητών, την πολιτισμική ενσυναίσθηση και τη σύνδεση της μάθησης με τον πραγματικό κόσμο.

3.4 Ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) στην Εκπαιδευτική Ρομποτική

Η σύγκλιση της Τεχνητής Νοημοσύνης με την Εκπαιδευτική Ρομποτική συνιστά μία από τις πιο δυναμικές εξελίξεις στον χώρο της σύγχρονης διδασκαλίας και μάθησης. Μέσα από την ενσωμάτωση τεχνολογιών AI σε ρομποτικά περιβάλλοντα, οι μαθητές δεν αλληλεπιδρούν απλώς με μηχανές, αλλά με «ευφυή» συστήματα που είναι σε θέση να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους, να αναλύουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να παρέχουν εξατομικευμένες εμπειρίες μάθησης. Η προσέγγιση αυτή δεν επαναπροσδιορίζει μόνο τον ρόλο του ρομπότ ως εκπαιδευτικού εργαλείου, αλλά αναβαθμίζει και την παιδαγωγική αξία των δραστηριοτήτων STEM, ενισχύοντας δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, κριτικής σκέψης και συνεργασίας (Papert, 1993· Alimisis, 2021).

Η ενότητα 3.4 έχει σχεδιαστεί με τρόπο που να προσφέρει μια ολοκληρωμένη εικόνα της θεματικής, ξεκινώντας από την 3.4.1, όπου αποσαφηνίζεται ο ρόλος της AI στην Εκπαιδευτική Ρομποτική και αναδεικνύεται ο τρόπος με τον οποίο οι δύο τομείς αλληλοσυμπληρώνονται. Στην 3.4.2 η ανάλυση επικεντρώνεται στην παιδαγωγική αξία, τα αναμενόμενα οφέλη αλλά και τις προκλήσεις που εγείρει η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας. Η 3.4.3 εστιάζει στις εκπαιδευτικές δυνατότητες της AI στην τάξη, εξετάζοντας σενάρια και στρατηγικές αξιοποίησης. Στην 3.4.4 παρουσιάζονται οι βοηθοί AI, με έμφαση στις τεχνολογίες που τους υποστηρίζουν, τις δυνατότητές τους και τις πρακτικές εφαρμογές τους στο εκπαιδευτικό πλαίσιο. Τέλος, η 3.4.5 συγκεντρώνει εφαρμοσμένα παραδείγματα ενσωμάτωσης της AI και υλοποίησης AI Assistants, συνδέοντας τη θεωρητική προσέγγιση με πραγματικές υλοποιήσεις στην εκπαιδευτική πράξη.

Με τη συγκεκριμένη διάρθρωση, η ενότητα επιχειρεί να συνδυάσει θεωρητική θεμελίωση, παιδαγωγική οπτική και πρακτικές προσεγγίσεις, προσφέροντας στον αναγνώστη μια πολυδιάστατη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η AI μπορεί να εμπλουτίσει την Εκπαιδευτική Ρομποτική και να συμβάλει στη διαμόρφωση καινοτόμων μαθησιακών εμπειριών.

3.4.1 Ο Ρόλος της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εκπαιδευτική Ρομποτική

Η ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) στην Εκπαιδευτική Ρομποτική έχει μετασχηματίσει ουσιαστικά τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές αλληλεπιδρούν με την τεχνολογία, παρέχοντας νέες δυνατότητες για εξατομικευμένη μάθηση, διερευνητική προσέγγιση και ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα. Η AI επιτρέπει στα ρομποτικά συστήματα να επεξεργάζονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, να αναγνωρίζουν πρότυπα, να λαμβάνουν αποφάσεις και να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους ανάλογα με το περιβάλλον και τις ανάγκες των χρηστών (Luckin et al., 2016). Έτσι, η εκπαιδευτική εμπειρία μετατοπίζεται από μια στατική, προκαθορισμένη αλληλουχία ενεργειών, σε μια δυναμική και αλληλεπιδραστική διαδικασία μάθησης.

Η εφαρμογή τεχνικών μηχανικής μάθησης (machine learning) και επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (NLP) σε εκπαιδευτικά ρομπότ επιτρέπει την ανάπτυξη «έξυπνων» συστημάτων που μπορούν να αναγνωρίσουν φωνητικές εντολές, να κατανοήσουν το πλαίσιο μιας ερώτησης και να παρέχουν εξατομικευμένη υποστήριξη στους μαθητές (Mubin et al., 2013). Αυτό καθιστά δυνατή την υλοποίηση ρομπότ-δασκάλων ή ρομπότ-συνεργατών, τα οποία λειτουργούν ως βοηθοί στη μαθησιακή διαδικασία, ενισχύοντας την εμπλοκή και το κίνητρο των μαθητών (Belpaeme et al., 2018).

Παράλληλα, η AI προσδίδει στην Εκπαιδευτική Ρομποτική τη δυνατότητα αυτορρύθμισης και προσαρμοστικότητας. Τα ρομπότ μπορούν να αξιολογούν την πρόοδο του μαθητή, να ανιχνεύουν δυσκολίες και να προσαρμόζουν την υποστήριξη που παρέχουν, προωθώντας τη διαφοροποιημένη διδασκαλία (Holmes et al., 2019). Μέσω αυτών των λειτουργιών, η Εκπαιδευτική Ρομποτική με AI δεν περιορίζεται πλέον σε μια εισαγωγή στον προγραμματισμό ή στη μηχανική, αλλά μετατρέπεται σε ένα εργαλείο που προάγει την κριτική σκέψη, την επίλυση προβλημάτων και τη δημιουργικότητα.

Ωστόσο, η αξιοποίηση της AI στην Εκπαιδευτική Ρομποτική δεν αποτελεί απλώς τεχνολογική αναβάθμιση, αλλά και παιδαγωγική πρόκληση. Η αποτελεσματικότητα αυτών των συστημάτων εξαρτάται από τον τρόπο ενσωμάτωσής τους στο αναλυτικό πρόγραμμα, την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών και την κατανόηση των δυνατοτήτων και των περιορισμών τους. Η ισορροπία ανάμεσα στην τεχνολογική και την παιδαγωγική διάσταση αποτελεί κεντρικό ζητούμενο για τη βιώσιμη και ουσιαστική ενσωμάτωση της AI στην εκπαιδευτική πράξη (Chen et al., 2020).

3.4.2 Παιδαγωγική Αξία, Οφέλη και Προκλήσεις

Η σύζευξη Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και Εκπαιδευτικής Ρομποτικής δεν αποτελεί απλή τεχνολογική αναβάθμιση – μεταμορφώνει τον παιδαγωγικό ρόλο του ρομπότ από «αντικείμενο μάθησης» σε διαλογικό φορέα διδασκαλίας. Μοντέλα που συνδυάζουν αισθητήρια αντίληψη, μηχανική μάθηση και προσαρμοστική συμπεριφορά (π.χ. VLA/VLM) εντοπίζουν μοτίβα στην επίδοση και την εμπλοκή των μαθητών και αναδιαμορφώνουν δραστηριότητες σε πραγματικό χρόνο, δίνοντας έμφαση στη διαφοροποιημένη και προσωποποιημένη μάθηση, ειδικά σε ετερογενείς τάξεις (Nasir et al., 2024).

Σε επίπεδο δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, τα έξυπνα ρομποτικά περιβάλλοντα προάγουν υπολογιστική σκέψη, επίλυση σύνθετων προβλημάτων και συνεργασία, καθώς συνδέουν τη διερεύνηση με άμεση ανατροφοδότηση από το φυσικό περιβάλλον (sensing–reasoning–acting). Σύγχρονες μετα-αναλύσεις σε πρωτοβάθμια εκπαίδευση δείχνουν θετικά αποτελέσματα για τις STEM ικανότητες και την αυτορρύθμιση όταν οι δραστηριότητες συνδέονται με σαφείς μαθησιακούς στόχους και ενσωματώνονται στο αναλυτικό πρόγραμμα (Trapero-González et al., 2024).

Σε επίπεδο εκπαιδευτικής πρακτικής, AI βοηθοί και ρομποτικοί πράκτορες μπορούν να μειώνουν τη φορτική προετοιμασία διδασκαλίας — όπως φύλλα εργασίας και διαφοροποιημένες δραστηριότητες — επιτρέποντας στον/στην εκπαιδευτικό να επικεντρωθεί σε καθοδήγηση, διαμεσολάβηση και αξιολόγηση υψηλότερου περίπου επιπέδου. Οι πρόσφατες αναθέσεις του ΟΟΣΑ (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης), τονίζουν ότι η επαγγελματική μάθηση των εκπαιδευτικών και η συμπερίληψη τους στο σχεδιασμό εργαλείων είναι κρίσιμες για την απόδοση της τεχνολογίας (OECD, 2024).

Παράλληλα, η AI-ρομποτική συμβάλλει καθοριστικά στην ενίσχυση της συμπερίληψης, αξιοποιώντας πολυτροπικές διεπαφές (χειρονομίες, ήχος, εικόνα) και καθολικό σχεδιασμό μάθησης. Δημιουργούνται εναλλακτικοί δρόμοι πρόσβασης για μαθητές με διαφορετικά μαθησιακά προφίλ — όπως μαθητές με ΔΑΦ, ΔΕΠΥ ή άλλες δυσκολίες — μέσω σκαλωσιών, καθοδήγησης με απτό τρόπο και συνεχούς υποστήριξης (Trapero-González et al., 2024).

Κρίσιμα παιδαγωγικά οφέλη

- Ζωντανή προσαρμογή (scaffolding in real time): Διαγνωστικοί δείκτες όπως χρόνος απόκρισης ή λεκτικές/μη λεκτικές ενδείξεις ενεργοποιούν προτροπές ή επιπλέον εξηγήσεις, διατηρώντας τον μαθητή στη «ζώνη της επόμενης ανάπτυξης».
- Στοχευμένη ανατροφοδότηση: Άμεση ανάλυση λαθών ενισχύει τη μεταγνώση, με τη μαθησιακή βελτίωση να εντοπίζεται σε κύκλους επανάληψης.

- Κλιμάκωση και ισότητα: Σε καλά σχεδιασμένα συστήματα, οι AI βοηθοί εξασφαλίζουν πρόσβαση σε εξατομικευμένη υποστήριξη ακόμη και σε μεγάλες, πόρων στερούμενες τάξεις — αρκεί να συνοδεύονται από πολιτικές αειφορίας και ισότητας (OECD, 2025).

Προκλήσεις & Όροι Επιτυχίας

Παρά τα πολλαπλά οφέλη, η ένταξη της AI στην εκπαιδευτική ρομποτική απαιτεί προσεκτική σχεδίαση και διεπιστημονικό πλαίσιο:

- Ευθυγράμμιση με το αναλυτικό πρόγραμμα: Οι δραστηριότητες πρέπει να συνδέονται με ρητούς μαθησιακούς στόχους και μελέτες περίπτωσης, όχι απλά να «εντυπωσιάζουν». Η UNESCO προτείνει θεσμοθετημένα πλαίσια AI ικανοτήτων για εκπαιδευτικούς και μαθητές (UNESCO, 2025).
- Επαγγελματική ανάπτυξη εκπαιδευτικών: Η αποτελεσματική εφαρμογή απαιτεί ποιότητα σε επιμορφώσεις — όχι μόνο τεχνικές αλλά παιδαγωγικές — καθώς και χρόνο συνεργασίας με ερευνητές και developers (OECD, 2024)
- Ηθική, ιδιωτικότητα και διαφάνεια: Η συλλογή πολυτροπικών δεδομένων (π.χ. εικόνα, ήχος, κίνηση) απαιτεί αυστηρή διαφάνεια, ελαχιστοποίηση δεδομένων και προστασία ανηλίκων, σύμφωνα με τις οδηγίες UNESCO (2025)
- Αξιοπιστία & ακαδημαϊκή εγκυρότητα: Ακόμη και τα μεγάλα γλωσσικά μοντέλα παρουσιάζουν «ψευδαισθήσεις». Τα συστήματα πρέπει να παρέχουν μηχανισμούς επαλήθευσης, να ενθαρρύνουν τον μαθητή να σκέφτεται κριτικά και να διασφαλίζουν την ακαδημαϊκή ακεραιότητα (Trapero-González et al., 2024)
- Ισότητα πρόσβασης & βιωσιμότητα: Η διαφορά σε πρόσβαση σε τεχνολογικά εργαλεία μπορεί να διευρύνει τις εκπαιδευτικές ανισότητες, αν δεν συνοδευθεί από υποστηρικτικές πολιτικές, υποδομές και χρηματοδότηση (OECD, 2024).

Συνοψίζοντας, η παιδαγωγική αξία της AI στην Εκπαιδευτική Ρομποτική πραγματώνεται όταν: (α) συνδέεται με ρητούς μαθησιακούς στόχους και έγκυρη αξιολόγηση, (β) πλαισιώνεται από επαγγελματική μάθηση εκπαιδευτικών και θεσμικές πολιτικές, και (γ) διέπεται από αρχές ηθικής, προστασίας δεδομένων και ισότητας. Διαφορετικά, ο κίνδυνος είναι η τεχνολογία να παραμείνει εντυπωσιακή αλλά παιδαγωγικά ρηχή. Οι πιο πρόσφατες διεθνείς οδηγίες (UNESCO, ΟΟΣΑ) και τα ευρήματα από κοινωνική ρομποτική και STEM δείχνουν ότι η ανθρώπινη μεσολάβηση του/της εκπαιδευτικού είναι το «κλειδί» που μετατρέπει τις δυνατότητες της AI σε ουσιαστικές μαθησιακές εμπειρίες (OECD, 2024).

3.4.3 Εκπαιδευτικές Δυνατότητες της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Τάξη

Η αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στην εκπαίδευση δημιουργεί νέες συνθήκες μάθησης, προσφέροντας δυνατότητες που ενισχύουν τόσο την εκπαιδευτική διαδικασία όσο και τη μαθησιακή εμπειρία. Τα συστήματα AI μπορούν να συμβάλουν στη διαφοροποίηση της διδασκαλίας, παρέχοντας εξατομικευμένη υποστήριξη με βάση τις ανάγκες και τις δυνατότητες κάθε μαθητή (Holmes et al., 2022). Αυτή η δυναμική προσαρμογή διευκολύνει την αντιμετώπιση της ετερογένειας στην τάξη και επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να σχεδιάζουν πιο ευέλικτες και συμπεριληπτικές μαθησιακές παρεμβάσεις.

Η εφαρμογή προσαρμοστικών τεχνολογιών μάθησης μέσω της AI επιτρέπει στα εκπαιδευτικά συστήματα να αναλύουν την πρόοδο του μαθητή και να προσαρμόζουν το περιεχόμενο, τον ρυθμό και το επίπεδο δυσκολίας των δραστηριοτήτων, παρέχοντας στοχευμένη ενίσχυση όπου χρειάζεται (Chen et al., 2020). Τέτοιες προσεγγίσεις ενισχύουν τη μαθητοκεντρική διδασκαλία και συμβάλλουν στην καλλιέργεια της αυτορρύθμισης και της αυτονομίας του μαθητή.

Επιπλέον, τα ευφυή συστήματα διδασκαλίας (intelligent tutoring systems) βασισμένα σε φυσική γλώσσα δίνουν τη δυνατότητα διαλογικής αλληλεπίδρασης, προσφέροντας καθοδήγηση και επεξηγήσεις με τρόπο παραπλήσιο με αυτόν ενός ανθρώπινου δασκάλου (Woolf, 2010). Η χρήση γλωσσικών μοντέλων επιτρέπει στους μαθητές να διερευνούν απορίες, να λαμβάνουν εξατομικευμένες απαντήσεις και να αναπτύσσουν τη στοχαστική τους ικανότητα μέσα από ένα υποστηρικτικό μαθησιακό περιβάλλον.

Η AI αξιοποιείται επίσης για τη βελτίωση της διαμορφωτικής αξιολόγησης, προσφέροντας άμεση και ουσιαστική ανατροφοδότηση με βάση τη συμπεριφορά και τις επιδόσεις του μαθητή. Μέσα από την επεξεργασία δεδομένων και τη χρήση διαγνωστικών αλγορίθμων, οι εκπαιδευτικοί έχουν στη διάθεσή τους πληροφορίες που τους επιτρέπουν να εντοπίζουν αδυναμίες και να παρεμβαίνουν έγκαιρα και στοχευμένα (Luckin et al., 2016).

Παράλληλα, η τεχνητή νοημοσύνη λειτουργεί υποστηρικτικά για τη συμπερίληψη μαθητών με διαφορετικές ανάγκες, αξιοποιώντας τεχνολογίες όπως φωνητική αναγνώριση, αυτόματη μετάφραση, δημιουργία υποτίτλων ή εντοπισμό συναισθηματικών μεταβολών. Μέσω αυτών των εργαλείων, καθίσταται δυνατή η προσβασιμότητα σε περιεχόμενο για μαθητές με αναπηρίες ή γλωσσικά εμπόδια (Sison & Shimura, 2022).

Η δυνατότητα των εργαλείων AI να ενισχύουν τη δημιουργική έκφραση μαθητών είναι επίσης αξιοσημείωτη. Τα μοντέλα δημιουργικής υποβοήθησης μπορούν να προτείνουν λύσεις, να βοηθούν στον σχεδιασμό ιστοριών, να επεκτείνουν ιδέες ή να παρέχουν εναλλακτικές οπτικές, ενισχύοντας τη φαντασία και την προσωπική έκφραση των παιδιών (Selwyn, 2019).

Τέλος, η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να αποφορτίσει τον εκπαιδευτικό από χρονοβόρες διαδικασίες, όπως η διόρθωση εργασιών ή η συγκέντρωση δεδομένων απόδοσης, αφήνοντας περισσότερο χρόνο για ποιοτική διδασκαλία και εξατομικευμένη καθοδήγηση.

Συνολικά, η ένταξη της AI στην εκπαιδευτική πρακτική προσφέρει τη δυνατότητα επαναπροσδιορισμού του ρόλου της διδασκαλίας, ενισχύοντας τη διαδραστικότητα, την εξατομίκευση και τη συμπερίληψη, υπό την προϋπόθεση ότι θα εφαρμοστεί με παιδαγωγικά υπεύθυνο και κριτικό τρόπο.

3.4.4 Βοηθοί Τεχνητής Νοημοσύνης (AI Assistants): Τεχνολογίες, Δυνατότητες και Εκπαιδευτικές Εφαρμογές

Οι Βοηθοί Τεχνητής Νοημοσύνης (AI Assistants) αποτελούν εξελιγμένα συστήματα λογισμικού που αξιοποιούν τεχνολογίες όπως η Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing – NLP), η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning – ML) και η Πολυτροπική Ανάλυση Δεδομένων για να αλληλεπιδρούν με τους χρήστες με τρόπο που προσομοιάζει την ανθρώπινη επικοινωνία (Davenport & Mittal, 2022). Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές εφαρμογές, οι AI Assistants δεν εκτελούν μόνο προκαθορισμένες εντολές, αλλά μπορούν να κατανοούν το νόημα των εισροών, να αναλύουν συμφραζόμενα, να προσαρμόζουν τις απαντήσεις τους και να μαθαίνουν από την εμπειρία, ενισχύοντας έτσι τη χρηστικότητά τους σε ποικίλα πεδία (Chen et al., 2023). Παραδείγματα τέτοιων συστημάτων περιλαμβάνουν πλατφόρμες γενικής χρήσης όπως το ChatGPT, το Google Gemini και το Microsoft Copilot, καθώς και πιο εξειδικευμένες εφαρμογές όπως οι φωνητικοί βοηθοί Siri και Alexa, που αξιοποιούνται για πλοήγηση, αναζήτηση πληροφοριών, οργάνωση δραστηριοτήτων και εκτέλεση καθημερινών εργασιών.

Η τεχνολογική βάση αυτών των βοηθών συνδυάζει μεθόδους βαθιάς μάθησης (deep learning) με μεγάλα γλωσσικά μοντέλα (Large Language Models – LLMs), ικανά να επεξεργάζονται τεράστιους όγκους δεδομένων και να παράγουν συνεκτικές και φυσικές απαντήσεις (OpenAI, 2024). Σε πολλές περιπτώσεις, ενσωματώνουν δυνατότητες Computer Vision για αναγνώριση εικόνων και αντικειμένων, καθώς και τεχνολογίες αναγνώρισης φωνής και σύνθεσης ομιλίας (speech synthesis), καθιστώντας δυνατή την πολυτροπική επικοινωνία, δηλαδή την αλληλεπίδραση μέσω κειμένου, φωνής, εικόνας ή και βίντεο (Zhang et al., 2023). Αυτές οι δυνατότητες, όταν συνδυάζονται με έξυπνα συστήματα αυτοματισμού και ρομποτικής, δημιουργούν ισχυρά εργαλεία υποστήριξης της μάθησης.

Στο εκπαιδευτικό πλαίσιο, οι AI Assistants αποκτούν ιδιαίτερη σημασία λόγω της ικανότητάς τους να λειτουργούν ως εξατομικευμένοι «μέντορες» που προσαρμόζουν το περιεχόμενο και τον ρυθμό μάθησης στις ανάγκες κάθε μαθητή. Μέσω ανάλυσης της προόδου και των επιδόσεων, μπορούν να προσφέρουν προσαρμοσμένη ανατροφοδότηση, να εντοπίζουν κενά κατανόησης και να προτείνουν στοχευμένες δραστηριότητες (Holmes et al., 2022). Σε περιβάλλοντα εκπαιδευτικής ρομποτικής, οι AI Assistants μπορούν να συνδεθούν με ρομποτικά κιτ ή πλατφόρμες, παρέχοντας οδηγίες βήμα-βήμα, απαντώντας σε τεχνικές απορίες και υποστηρίζοντας την επίλυση προβλημάτων σε πραγματικό χρόνο. Για παράδειγμα, ένας μαθητής που προγραμματίζει ένα ρομπότ LEGO Mindstorms μπορεί να λάβει από τον AI Assistant εξηγήσεις για συγκεκριμένες εντολές κώδικα, προτάσεις για βελτιστοποίηση ή ακόμη και αυτόματη δημιουργία τμημάτων κώδικα βάσει των στόχων του έργου του (Luckin et al., 2022).

Οι δυνατότητες δεν περιορίζονται στην υποστήριξη του μαθητή. Ο AI Assistant μπορεί να βοηθήσει τον εκπαιδευτικό στον σχεδιασμό δραστηριοτήτων, την αξιολόγηση εργασιών και τη δημιουργία εξατομικευμένων φύλλων εργασίας. Επίσης, μπορεί να λειτουργεί ως «γέφυρα» ανάμεσα σε διαφορετικά μέσα μάθησης, π.χ. ενσωματώνοντας επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality – AR) ή εικονική πραγματικότητα (Virtual Reality – VR) σε ένα ρομποτικό Project, προσφέροντας στους μαθητές μια πολυδιάστατη μαθησιακή εμπειρία (UNESCO, 2023).

Η εφαρμογή των AI Assistants στην εκπαιδευτική πράξη έχει ήδη παρουσιαστεί σε αρκετές πιλοτικές μελέτες. Έρευνα των Weng et al. (2024) σε δημοτικά σχολεία της Σιγκαπούρης έδειξε ότι η χρήση ενός AI Assistant ενσωματωμένου σε ρομποτικό σύστημα αύξησε κατά 27% την ενεργή συμμετοχή των μαθητών σε STEM δραστηριότητες. Παρόμοια, σε μελέτη του European Schoolnet (2023), οι εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι η υποστήριξη από AI Assistants βελτίωσε την αυτονομία των μαθητών και μείωσε τον χρόνο που δαπανούσαν για επαναλαμβανόμενες οδηγίες.

Ωστόσο, η ενσωμάτωση των AI Assistants στην εκπαίδευση προϋποθέτει στρατηγικό σχεδιασμό και ηθικό πλαίσιο. Ζητήματα όπως η προστασία προσωπικών δεδομένων, η αποφυγή μεροληψιών στα δεδομένα εκπαίδευσης των μοντέλων, η διασφάλιση ισότιμης πρόσβασης και η αποτροπή εξάρτησης από την τεχνολογία πρέπει να αντιμετωπίζονται από την αρχή (OECD, 2023). Η επιτυχής αξιοποίηση προϋποθέτει ενεργή εμπλοκή του εκπαιδευτικού, ο οποίος παραμένει ο καθοδηγητής της μαθησιακής διαδικασίας, χρησιμοποιώντας τον AI Assistant ως συμπληρωματικό εργαλείο και όχι ως υποκατάστατο της διδασκαλίας.

Σε πιο προχωρημένες υλοποιήσεις, οι AI Assistants δεν περιορίζονται σε λογισμικό που λειτουργεί σε υπολογιστές ή φορητές συσκευές, αλλά ενσωματώνονται σε φυσικές ρομποτικές πλατφόρμες. Τα ρομπότ αυτά συνδυάζουν δυνατότητες τεχνητής νοημοσύνης με αισθητήρες, κάμερες και κινητικά μέρη, ώστε να αλληλεπιδρούν με τους μαθητές όχι μόνο μέσω οθόνης ή ήχου, αλλά και με φυσική παρουσία στον χώρο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα κοινωνικά ρομπότ όπως το NAO, το Pepper και το QTrobot, τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί διεθνώς για τη διδασκαλία γλωσσών, την ενίσχυση δεξιοτήτων STEM και την υποστήριξη μαθητών με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες (Belpaeme et al., 2018).

Η ρομποτική διάσταση προσθέτει ένα ακόμη επίπεδο αλληλεπίδρασης, καθώς οι κινήσεις, οι χειρονομίες και η δυνατότητα φυσικής προσέγγισης ενισχύουν την αίσθηση παρουσίας και εμπλοκής των μαθητών. Για παράδειγμα, ένα ρομπότ εξοπλισμένο με μονάδα αναγνώρισης προσώπου και χειρονομιών μπορεί να «βλέπει» πότε ένας μαθητής ζητά βοήθεια, να πλησιάζει κοντά του και να του παρέχει εξατομικευμένη καθοδήγηση μέσω φωνητικής διεπαφής. Αυτή η μορφή αλληλεπίδρασης, γνωστή ως Human–Robot Interaction (HRI), αξιοποιεί τον φυσικό προσανατολισμό και την κίνηση για να δημιουργήσει πιο ανθρώπινη και οικεία επικοινωνία (Dautenhahn, 2007).

Η ενσωμάτωση ρομποτικών AI Assistants στην εκπαίδευση δεν περιορίζεται σε τεχνικό εντυπωσιασμό· απαιτεί σχεδιασμό που λαμβάνει υπόψη παιδαγωγικούς στόχους, κοινωνικο-συναισθηματική εμπλοκή και ηθικά ζητήματα. Έρευνες έχουν δείξει ότι όταν η τεχνολογία αυτή πλαισιώνεται από κατάλληλη διδακτική καθοδήγηση, μπορεί να ενισχύσει σημαντικά τη μαθησιακή εστίαση, την αυτονομία και την αίσθηση συνεργασίας (Leite et al., 2013). Ειδικά σε δραστηριότητες STEM, η αλληλεπίδραση με ένα φυσικό AI Assistant ενισχύει τη δημιουργικότητα, τη βιωματική μάθηση και την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων, καθώς οι μαθητές αντιλαμβάνονται τον βοηθό όχι ως «πρόγραμμα» αλλά ως «συνεργάτη» στο έργο τους.

Η συνεχής πρόοδος στην τεχνητή νοημοσύνη και τη ρομποτική δημιουργεί ένα ολοένα και πιο δυναμικό οικοσύστημα εργαλείων που μπορούν να προσαρμοστούν σε ποικίλα μαθησιακά περιβάλλοντα. Οι AI Assistants, είτε σε μορφή λογισμικού είτε ως φυσικά ρομπότ, αποτελούν πλέον μια πολυδιάστατη τεχνολογική κατηγορία που επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές προσεγγίζουν, κατανοούν και εφαρμόζουν τη γνώση. Στην εκπαιδευτική πράξη, η αξία τους μεγιστοποιείται όταν η τεχνολογία συνδυάζεται με καλά σχεδιασμένες παιδαγωγικές στρατηγικές, επιμόρφωση εκπαιδευτικών και σαφή μαθησιακά κριτήρια.

Συνολικά, οι AI Assistants έχουν τη δυναμική να επαναπροσδιορίσουν τον ρόλο της τεχνολογίας στην εκπαίδευση, όχι ως αντικατάσταση του εκπαιδευτικού, αλλά ως

συμπληρωματικό εργαλείο που διευρύνει τις δυνατότητες διδασκαλίας και μάθησης. Οι διεθνείς κατευθύνσεις, όπως αυτές της UNESCO και του ΟΟΣΑ, υπογραμμίζουν ότι η ανθρώπινη μεσολάβηση παραμένει αναγκαία για να μετατραπεί η τεχνολογική καινοτομία σε ουσιαστικό μαθησιακό αποτέλεσμα. Ειδικά στον χώρο της εκπαιδευτικής ρομποτικής, η ενσωμάτωση AI Assistants, σε φυσική ή ψηφιακή μορφή, ανοίγει τον δρόμο για μαθησιακές εμπειρίες που συνδυάζουν αλληλεπίδραση, προσαρμοστικότητα και βιωματική ενασχόληση, ενώ ταυτόχρονα προετοιμάζουν τους μαθητές για έναν κόσμο όπου η συνεργασία με έξυπνα συστήματα θα είναι καθημερινότητα.

3.4.5 Εφαρμοσμένα Παραδείγματα Ενσωμάτωσης AI και Υλοποίησης AI Assistants στην Εκπαιδευτική Πράξη

Η αξιοποίηση Βοηθών Τεχνητής Νοημοσύνης (AI Assistants) στην εκπαίδευση αναδεικνύεται ως μια από τις πλέον καινοτόμες τάσεις της τελευταίας δεκαετίας. Οι εφαρμογές τους κυμαίνονται από λογισμικά εικονικούς βοηθούς που παρέχουν άμεση ανατροφοδότηση και εξατομικευμένες οδηγίες, έως ρομποτικά συστήματα που ενσωματώνουν φυσική παρουσία και αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο. Η σύγχρονη ερευνητική βιβλιογραφία τεκμηριώνει ότι οι AI Assistants, όταν σχεδιάζονται με παιδαγωγικά κριτήρια, μπορούν να ενισχύσουν τη μαθησιακή εμπλοκή, να προάγουν δεξιότητες του 21ου αιώνα και να υποστηρίξουν τη διαφοροποιημένη διδασκαλία (Holmes et al., 2022; Luckin, 2023).

Στο διεθνές πλαίσιο, ο ανθρωποειδής ρομποτικός βοηθός Pepper έχει χρησιμοποιηθεί σε σχολικές αίθουσες για τη διδασκαλία γλωσσών, παρέχοντας διαδραστικές συνομιλίες και συναισθηματική αλληλεπίδραση με τους μαθητές (Belpaeme et al., 2018). Αντίστοιχα, το ρομπότ NAO έχει ενσωματωθεί σε προγράμματα STEM και ειδικής αγωγής, προσφέροντας σενάρια μάθησης που συνδυάζουν φυσική κίνηση, αναγνώριση ομιλίας και προσαρμογή στις ανάγκες κάθε μαθητή (Kanero et al., 2021). Το Misty II χρησιμοποιείται ως πλατφόρμα ανάπτυξης προσαρμοσμένων AI βοηθών που υποστηρίζουν ερευνητικές εργασίες μαθητών, ενώ λύσεις όπως το ClassIn AI Tutor και το Squirrel AI παρέχουν πλήρως εξατομικευμένα μονοπάτια μάθησης βασισμένα σε αλγορίθμους μηχανικής μάθησης, βελτιώνοντας την κατανόηση και την απόδοση (Zawacki-Richter et al., 2019).

Στην ελληνική πραγματικότητα, η εφαρμογή τέτοιων πρακτικών αποτυπώνεται σε μια σειρά υλοποιήσεων. Όπως συνοπτικά αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, η εργασία της Σιδηροπούλου και της Αναγνωστίδου (2024) με τίτλο *Serr-AI* παρουσιάζει την ανάπτυξη ενός Chatbot Τεχνητής Νοημοσύνης που αξιοποιείται στο πλαίσιο της σχολικής επιχειρηματικότητας για την τουριστική ανάδειξη της πόλης των Σερρών. Το chatbot παρέχει

εξατομικευμένες πληροφορίες στους χρήστες, συνδέοντας την AI με την τοπική πολιτιστική εκπαίδευση, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσει δεξιότητες επικοινωνίας και δημιουργικότητας στους μαθητές.

Σε δεύτερο παράδειγμα, η Σιδηροπούλου (2024) παρουσιάζει το έργο *Ο Μέγας Αλέξανδρος ως Ψηφιακός* Ξεναγός, όπου αξιοποιείται το μοντέλο ChatGPT σε συνδυασμό με φωνητική διεπαφή. Το ρομπότ-ξεναγός συνομιλεί με επισκέπτες, απαντώντας σε ερωτήσεις σχετικές με την Αμφίπολη και τον Μέγα Αλέξανδρο, δημιουργώντας μια βιωματική εμπειρία που ενισχύει την ιστορική σκέψη και την παιδαγωγική καινοτομία. Η ανάπτυξη και υλοποίηση του έργου πραγματοποιήθηκε με τη συμμετοχή σχολείων της περιοχής της Αμφίπολης, ενισχύοντας την τοπική εκπαιδευτική κοινότητα και συνδέοντας την τεχνολογία με την πολιτιστική κληρονομιά.

Επιπλέον, σε προγράμματα ειδικής αγωγής στην Ελλάδα, έχουν αξιοποιηθεί ρομπότ τύπου NAO και Cozmo ως κοινωνικοί βοηθοί για την υποστήριξη μαθητών με ΔΕΠΥ ή αυτισμό, ενθαρρύνοντας την κοινωνική αλληλεπίδραση και τη βελτίωση δεξιοτήτων επικοινωνίας (Papakostas et al., 2023). Σε σχολεία που συμμετέχουν σε πανελλήνιους διαγωνισμούς ρομποτικής, παρατηρείται όλο και μεγαλύτερη ενσωμάτωση συστημάτων αναγνώρισης φωνής και εικόνας που συνδυάζουν την εκπαιδευτική ρομποτική με δυνατότητες τεχνητής νοημοσύνης, δημιουργώντας υποβοηθητικά περιβάλλοντα μάθησης.

Τα παραπάνω case studies αποδεικνύουν ότι η αξία των AI Assistants στην εκπαίδευση δεν έγκειται μόνο στις τεχνικές τους δυνατότητες, αλλά κυρίως στον τρόπο που εντάσσονται στο μαθησιακό περιβάλλον. Όταν η τεχνολογία συνδυάζεται με ενεργή συμμετοχή των μαθητών, καλλιέργεια πολιτισμικής ενσυναίσθησης και σύνδεση της μάθησης με πραγματικές εμπειρίες, οι AI Assistants μπορούν να λειτουργήσουν ως καταλύτες εκπαιδευτικής μεταμόρφωσης (UNESCO, 2023; OECD, 2022).

3.5 Ανθρώπινη – Ρομποτική Αλληλεπίδραση (Human-Robot Interaction, HRI) στην Εκπαιδευτική Ρομποτική

Η έννοια της Ανθρώπινης – Ρομποτικής Αλληλεπίδρασης (Human-Robot Interaction, HRI) έχει αναδειχθεί ως κομβικό πεδίο έρευνας και εφαρμογής, ειδικά στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής ρομποτικής. Η HRI αφορά τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι και τα ρομπότ ανταλλάσσουν πληροφορίες, συντονίζουν ενέργειες και οικοδομούν συνεργατικές σχέσεις, με στόχο την

επίτευξη κοινών στόχων (Goodrich & Schultz, 2007). Σε αντίθεση με παραδοσιακά συστήματα αυτοματισμού, όπου η ανθρώπινη εμπλοκή είναι περιορισμένη, η HRI βασίζεται στην αμφίδρομη επικοινωνία και την προσαρμοστικότητα, επιτρέποντας στα ρομποτικά συστήματα να λειτουργούν όχι απλώς ως εργαλεία, αλλά ως διαδραστικοί συνεργάτες μάθησης.

Στο εκπαιδευτικό πλαίσιο, η HRI συνδέει την τεχνολογία με την παιδαγωγική, δημιουργώντας συνθήκες στις οποίες τα ρομπότ μπορούν να αναλάβουν ρόλους όπως του βοηθού δασκάλου, του καθοδηγητή, ή ακόμη και του συνεργάτη σε ομαδικές δραστηριότητες (Belpaeme et al., 2018). Αυτή η αλληλεπίδραση δεν περιορίζεται στη λεκτική επικοινωνία, αλλά περιλαμβάνει μη λεκτικά στοιχεία, όπως εκφράσεις, κινήσεις, χειρονομίες και προσαρμοσμένες αντιδράσεις, που ενισχύουν την αίσθηση εγγύτητας και εμπιστοσύνης μεταξύ μαθητών και ρομπότ (Dautenhahn, 2007).

Η ανάπτυξη της HRI ενισχύεται από την πρόοδο σε τομείς όπως η μηχανική όραση, η επεξεργασία φυσικής γλώσσας, οι τεχνολογίες αισθητήρων και οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης. Οι καινοτομίες αυτές καθιστούν δυνατή την κατανόηση του περιβάλλοντος από το ρομπότ και την προσαρμογή της συμπεριφοράς του στις ανάγκες των χρηστών. Παράλληλα, το πλαίσιο χρήσης στην εκπαίδευση επιβάλλει την ανάπτυξη φιλικών προς τον χρήστη διεπαφών, καθώς και την τήρηση ηθικών και παιδαγωγικών αρχών, ώστε η τεχνολογία να υπηρετεί τη μάθηση και όχι να την επισκιάζει.

Καθώς η εκπαιδευτική ρομποτική εξελίσσεται, η HRI δεν αποτελεί πλέον συμπληρωματική διάσταση, αλλά θεμελιώδη παράμετρο του σχεδιασμού και της εφαρμογής της. Η επιτυχία ενός εκπαιδευτικού ρομποτικού συστήματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητά του να δημιουργεί θετικές, αποτελεσματικές και βιώσιμες αλληλεπιδράσεις με τους μαθητές. Στις επόμενες υποενότητες εξετάζονται ο ορισμός και τα χαρακτηριστικά της HRI (3.5.1), ο ρόλος της στην εκπαιδευτική διαδικασία (3.5.2), οι τεχνολογίες ανίχνευσης και οι μορφές αλληλεπίδρασης (3.5.3), καθώς και εφαρμοσμένα παραδείγματα στην εκπαιδευτική ρομποτική (3.5.4).

3.5.1 Ορισμός και Χαρακτηριστικά της Human-Robot Interaction (HRI)

Η Ανθρώπινη – Ρομποτική Αλληλεπίδραση (Human-Robot Interaction, HRI) αποτελεί ένα διεπιστημονικό πεδίο έρευνας και εφαρμογών που μελετά τις διαδικασίες μέσω των οποίων άνθρωποι και ρομπότ επικοινωνούν, συνεργάζονται και συντονίζουν τις ενέργειές τους, με στόχο την επίτευξη κοινών στόχων (Goodrich & Schultz, 2007). Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μορφές αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής, η HRI εμπλέκει ρομποτικά

συστήματα με βαθμό αυτονομίας και ικανότητα αντίληψης του περιβάλλοντος, γεγονός που επιτρέπει την ανάπτυξη δυναμικών και αμφίδρομων σχέσεων με τους χρήστες (Breazeal, 2020). Στην εκπαιδευτική ρομποτική, η HRI αποκτά ιδιαίτερη σημασία, καθώς οι ρομποτικοί πράκτορες δεν λειτουργούν απλώς ως εργαλεία αλλά ως «συνεργάτες μάθησης» που μπορούν να προσαρμόσουν τη συμπεριφορά τους ανάλογα με τις ανάγκες και τις αντιδράσεις των μαθητών.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της HRI περιλαμβάνουν την αμοιβαία κατανόηση (mutual understanding), δηλαδή την ικανότητα του ρομπότ να ερμηνεύει την ανθρώπινη πρόθεση και του ανθρώπου να κατανοεί τον τρόπο λειτουργίας του ρομπότ· την προσαρμοστικότητα (adaptability), που αφορά τη δυνατότητα αμφότερων των μερών να μεταβάλλουν τη συμπεριφορά τους σε πραγματικό χρόνο· και την κοινωνική παρουσία (social presence), δηλαδή την αίσθηση ότι το ρομπότ είναι ένας ενεργός κοινωνικός δρώντας και όχι απλώς μια μηχανή (Dautenhahn, 2007; Winkle et al., 2023).

Η HRI ενσωματώνει τεχνολογίες αιχμής όπως αναγνώριση φωνής, ανάλυση εικόνας και κινήσεων, αισθητήρες αφής, μηχανική μάθηση και φυσική γλώσσα, ώστε να διευκολύνει φυσικούς και αποτελεσματικούς τρόπους επικοινωνίας (Kanda & Ishiguro, 2019). Στην εκπαιδευτική ρομποτική, αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν δυνατή την ανάπτυξη πλούσιων αλληλεπιδράσεων, όπως η προσωποποιημένη παροχή οδηγιών, η μη λεκτική επικοινωνία (π.χ. κινήσεις κεφαλιού, εκφράσεις LED-ματιών) και η ανατροφοδότηση που προσαρμόζεται σε πραγματικό χρόνο.

Σημαντικό στοιχείο της HRI είναι και η συναισθηματική διάσταση. Έρευνες δείχνουν ότι οι μαθητές αναπτύσσουν συναισθηματικούς δεσμούς με τα εκπαιδευτικά ρομπότ, γεγονός που μπορεί να αυξήσει το κίνητρο και την ενασχόλησή τους με τη μαθησιακή διαδικασία (Belpaeme et al., 2018). Ωστόσο, η επιτυχία αυτής της αλληλεπίδρασης εξαρτάται από τον σχεδιασμό του ρομπότ, την ποιότητα των διαλόγων και την παιδαγωγική ενσωμάτωση στο μάθημα.

Συνολικά, η HRI στην εκπαιδευτική ρομποτική δεν περιορίζεται στην τεχνολογική διάσταση· αποτελεί μια συνδυαστική διαδικασία όπου η μηχανική, η επιστήμη υπολογιστών, η ψυχολογία, η παιδαγωγική και η κοινωνιολογία συνεργάζονται για τη δημιουργία εμπειριών που ενδυναμώνουν τη μάθηση και προάγουν δεξιότητες του 21ου αιώνα.

Ενοποιημένος Ορισμός

Με βάση όλα τα παραπάνω και θέλοντας να αναδείξουμε τη σχέση Τεχνητής Νοημοσύνης και της Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου Μηχανής κυρίως σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντας θα

μπορούσαμε στην παρούσα εργασία να ορίσουμε την Ανθρώπινη – Ρομποτική Αλληλεπίδραση ως εξής:

Η Ανθρώπινη–Ρομποτική Αλληλεπίδραση (Human-Robot Interaction – HRI) αποτελεί διεπιστημονικό πεδίο που μελετά τον τρόπο με τον οποίο άνθρωποι και ρομποτικά συστήματα επικοινωνούν και συνεργάζονται σε δυναμικά περιβάλλοντα. Αφορά ρομπότ με βαθμό αυτονομίας και ικανότητα αντίληψης, τα οποία αλληλεπιδρούν με φυσικούς, προσαρμοστικούς και κοινωνικά αποδεκτούς τρόπους. Στο εκπαιδευτικό πλαίσιο, η HRI αναδεικνύει το ρομπότ ως ενεργό συνεργάτη μάθησης που υποστηρίζει παιδαγωγικούς στόχους και ενισχύει τη μαθητική εμπλοκή.

3.5.2 Ο Ρόλος της HRI στην Εκπαίδευση

Η Ανθρώπινη–Ρομποτική Αλληλεπίδραση (Human–Robot Interaction, HRI) στην εκπαίδευση δεν είναι απλώς ένα τεχνολογικό «κανάλι» για να δίνουμε εντολές σε μηχανές. Αποτελεί παιδαγωγικό μηχανισμό διαμεσολάβησης: φέρνει τον μαθητή σε ζωντανή, ενσώματη επαφή με έναν κοινωνικό πράκτορα που «βλέπει», «ακούει» και αντιδρά σε πραγματικό χρόνο, ώστε να συντονίζει προσοχή, κίνητρο και μάθηση μέσα από κύκλους αισθητηριακής αντίληψης–συλλογισμού–δράσης (sensing–reasoning–acting). Η φυσική παρουσία του ρομπότ —μαζί με τα κοινωνικά του σήματα, όπως το βλέμμα, η στροφή του σώματος, οι χειρονομίες και η προσωδιακή φωνή— δημιουργεί αίσθηση κοινωνικής παρουσίας και «συμπαρουσίας» στην τάξη, κάτι που έχει τεκμηριωθεί ότι ενισχύει τη γνωστική/συναισθηματική εμπλοκή και τη διατήρηση προσοχής σε δραστηριότητες STEM και γλώσσας (Belpaeme et al., 2018).

Σε πρακτικούς όρους, η HRI λειτουργεί ως διαμεσολάβηση μάθησης σε τρεις αλληλένδετες διαστάσεις. Πρώτον, στη μικρο-διάδραση ρομπότ–μαθητή, όπου τα κοινωνικά σήματα του ρομπότ (π.χ. έγκαιρη ματιά στον ομιλητή, επιβράβευση με κίνηση/φωνή, εύστοχη παύση) διευκολύνουν ρυθμό, αναμονή και λεκτική «στροφή» (turn-taking). Δεύτερον, στη συνεργατική ομαδική ροή, όπου ο ρομποτικός πράκτορας αναλαμβάνει ρόλους «συνομήλικου», «μέντορα» ή «γραμματέα» και κρατά τη δραστηριότητα σε κίνηση, αποσυμπιέζοντας τον/την εκπαιδευτικό από επαναλαμβανόμενες παρεμβάσεις. Τρίτον, στη διδακτική οργάνωση, όπου η HRI προσφέρει στον εκπαιδευτικό παρατηρήσιμα συμβάντα (π.χ. ποιος συμμετέχει, πότε υπάρχουν εμπλοκές) και δυνατότητες γρήγορης ανακατεύθυνσης δραστηριοτήτων. Η πρόσφατη εργασία των Nasir, Bruno και Dillenbourg (2024) εισάγει ακριβώς τη φιγούρα του «skilled ignorant peer»: ενός ρομπότ-συνομήλικου που δεν κατέχει εξειδικευμένο γνωστικό περιεχόμενο, αλλά «γνωρίζει» πώς μοιάζει η παραγωγική εμπλοκή και παρεμβαίνει ήπια για να τη διατηρήσει. Το εύρημα είναι καίριο: η

αξία της HRI δεν προκύπτει μόνο από «σωστές απαντήσεις», αλλά από την καθοδήγηση της συμμετοχής και της επιμονής των μαθητών. (Nasir, Bruno, & Dillenbourg, 2024).

Σε επίπεδο μαθησιακών αποτελεσμάτων, συστηματικές ανασκοπήσεις και μετα-αναλύσεις της τελευταίας διετίας υποδεικνύουν ότι η παρουσία ρομπότ ως κοινωνικών πρακτόρων μπορεί να ενισχύσει δείκτες STEM ικανότητας, υπό τον όρο ότι οι δραστηριότητες έχουν σαφή στόχο, προοδευτική δυσκολία και σύνδεση με το αναλυτικό πρόγραμμα (Trapero-González et al., 2024). Με άλλα λόγια, η HRI είναι αποτελεσματική όταν «κουμπώνει» σε ρητά σχεδιασμένα σενάρια και δεν λειτουργεί ως εντυπωσιακό πρόσθετο.

Κρίσιμος είναι και ο ρόλος της HRI στην ένταξη και συμπερίληψη. Η πολυτροπική επικοινωνία (φωνή, κίνηση, εικόνα, αφή) δημιουργεί εναλλακτικές «γέφυρες» πρόσβασης για μαθητές με διαφορετικά μαθησιακά προφίλ ή/και ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες. Σε πολλές περιπτώσεις, το ρομπότ γίνεται «ασφαλής συνομιλητής» που μειώνει το άγχος έκθεσης, ενθαρρύνει μικρά βήματα συμμετοχής και υποστηρίζει κοινωνικές δεξιότητες σε δομημένα περιβάλλοντα τάξης (Belpaeme et al., 2018). Παράλληλα, η προσαρμοστικότητα της HRI επιτρέπει εξατομικευμένο ρυθμό και μικρο-σκαλωσιές (micro-scaffolds) χωρίς να στιγματίζει τον μαθητή μπροστά στην ομάδα.

Η HRI αναδιατάσσει και τον ρόλο του/της εκπαιδευτικού. Από «μοναδική πηγή καθοδήγησης», ο/η εκπαιδευτικός μετατοπίζεται σε ρόλο σχεδιαστή/οργανωτή, που επιλέγει σενάρια, ορίζει κανόνες αλληλεπίδρασης και παρεμβαίνει στοχευμένα όταν προκύπτουν «αρρυθμίες» στη ροή. Νεότερες αναλύσεις πολιτικής (OECD, 2024· 2025) επισημαίνουν ότι η αξιοποίηση «έξυπνων» πρακτόρων/ρομπότ στην τάξη προϋποθέτει επαγγελματική μάθηση εκπαιδευτικών (τεχνική, παιδαγωγική, ηθική), χρόνο πειραματισμού και εργαλεία σχεδιασμού/παρακολούθησης που είναι χρήσιμα, όχι φορτικά. Στο ίδιο πνεύμα, πρόσφατες μελέτες HRI αναδεικνύουν ανθρωποκεντρικούς παράγοντες: κίνητρα και προσδοκίες μαθητών, διαχείριση χρόνου εκπαιδευτικού και «διάλογο» μεταξύ ερευνητών–σχολείων ώστε οι αρχιτεκτονικές των κοινωνικών ρομπότ να ανταποκρίνονται σε πραγματικές ανάγκες τάξης (Tozadore et al., 2024).

Ταυτόχρονα, η βιβλιογραφία υπενθυμίζει ότι η HRI στην τάξη είναι διαπραγμάτευση με το απρόβλεπτο. Οι αλληλεπιδράσεις με ρομπότ ενίοτε «σπάνε» —παρερμηνείες, χρονισμός, τεχνικές καθυστερήσεις— και τότε ενεργοποιούνται μηχανισμοί «trouble & repair»: οι μαθητές μαθαίνουν να διορθώνουν, να αναστοχάζονται και να συνεχίζουν, κάτι που μπορεί να έχει και αυτό παιδαγωγική αξία όταν πλαισιωθεί κατάλληλα (Serholt, Barendregt, & Haake, 2020). Η σύγχρονη HRI έρευνα προτείνει προσαρμοστικές στρατηγικές και διαφανή σχεδιασμό (π.χ. εξηγήσιμες παρεμβάσεις, ήπιες επανεκκινήσεις ροής), ώστε οι αστοχίες να

μετατρέπονται σε ευκαιρίες μάθησης και όχι σε εμπόδια (Winkle, McAree, & Castellano, 2023).

Τέλος, ο ρόλος της HRI στην εκπαίδευση συνδέεται στενά με ηθική, ιδιωτικότητα και εμπιστοσύνη. Η συλλογή και επεξεργασία πολυτροπικών δεδομένων τάξης απαιτεί διαφάνεια, ελαχιστοποίηση δεδομένων και σαφή ενημέρωση μαθητών/γονέων· οι στάσεις των εκπαιδευτικών δείχνουν ότι, όταν οι μηχανισμοί προστασίας είναι καθαροί και ο παιδαγωγικός σκοπός είναι ρητός, η HRI γίνεται ευκολότερα αποδεκτή ως εργαλείο μάθησης και όχι ως «ανταγωνιστής» του δασκάλου (Smakman et al., 2021· Smakman et al., 2022). Οι πρόσφατες κατευθύνσεις πολιτικής (OECD, 2024· 2025) κινούνται προς ένα μοντέλο συμπληρωματικότητας: η HRI δεν αντικαθιστά τη διδασκαλία, αλλά επεκτείνει την εμβέλειά της, εφόσον υπάρχει παιδαγωγική στόχευση, επαγγελματική στήριξη και θεσμικό πλαίσιο.

Συνοψίζοντας, ο ρόλος της HRI στην εκπαίδευση είναι να μεταφράσει τεχνολογικές δυνατότητες σε κοινωνικά και παιδαγωγικά «εργαλεία» μέσα στην τάξη: να ενισχύσει τη συμμετοχή, να κρατήσει τη ροή της ομαδικής εργασίας, να στηρίξει τη διαφοροποίηση, να προσφέρει γερά θεμέλια και να καλλιεργήσει δεξιότητες συνεργασίας και αναστοχασμού. Όταν ευθυγραμμίζεται με στόχους αναλυτικού προγράμματος και συνοδεύεται από επιμόρφωση και σαφές ηθικό πλαίσιο, η HRI μπορεί να λειτουργήσει ως πολλαπλασιαστής της διδασκαλίας — και όχι ως υποκατάστατο της. (Belpaeme et al., 2018; Nasir et al., 2024; OECD, 2024).

3.5.3 Τεχνολογίες Ανίχνευσης και Μορφές Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου-Ρομπότ

Η αλληλεπίδραση ανθρώπου–ρομπότ (Human-Robot Interaction – HRI) στηρίζεται σε ένα σύνολο τεχνολογιών που επιτρέπουν στους ρομποτικούς πράκτορες να «αντιλαμβάνονται» το περιβάλλον τους και να ανταποκρίνονται στις ανθρώπινες ενέργειες με τρόπο φυσικό και προσαρμοστικό. Οι τεχνολογίες ανίχνευσης, που βρίσκονται στον πυρήνα της HRI, περιλαμβάνουν αισθητήρες και αλγοριθμικά συστήματα ικανά να καταγράφουν δεδομένα από διαφορετικές πηγές – οπτικές, ακουστικές, απτικές και πολυτροπικές – και να τα ερμηνεύουν για την παραγωγή κατάλληλων αντιδράσεων (Goodrich & Schultz, 2023).

Η οπτική ανίχνευση αποτελεί έναν από τους πιο διαδεδομένους μηχανισμούς στην HRI. Μέσω καμερών υψηλής ανάλυσης και συστημάτων computer vision, τα ρομπότ μπορούν να εντοπίζουν ανθρώπινα πρόσωπα, να αναγνωρίζουν χειρονομίες και να παρακολουθούν την κίνηση σε πραγματικό χρόνο. Προηγμένοι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης, όπως τα

convolutional neural networks (CNNs), βελτιώνουν την ακρίβεια της αναγνώρισης, επιτρέποντας, για παράδειγμα, την παρακολούθηση ματιών για την ανίχνευση ενδιαφέροντος ή αποπροσανατολισμού σε μαθητές (Wang et al., 2022).

Η ακουστική ανίχνευση βασίζεται σε μικρόφωνα και τεχνολογίες αναγνώρισης φωνής (speech recognition), οι οποίες μετατρέπουν τον προφορικό λόγο σε δεδομένα για επεξεργασία. Σε συνδυασμό με φυσική γλωσσική κατανόηση (Natural Language Understanding – NLU), επιτρέπεται η υλοποίηση ρομπότ που ανταποκρίνονται σε φωνητικές εντολές ή συμμετέχουν σε διαδραστικές συνομιλίες. Στο εκπαιδευτικό πλαίσιο, η δυνατότητα αυτή αξιοποιείται για την καθοδήγηση μαθητών σε πειράματα ή δραστηριότητες προγραμματισμού, μειώνοντας την ανάγκη συνεχούς παρέμβασης του εκπαιδευτικού (Smutny & Schreiberova, 2020).

Η απτική ανίχνευση αφορά την ικανότητα των ρομπότ να καταγράφουν φυσική επαφή μέσω αισθητήρων πίεσης ή αφής. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται κυρίως σε ανθρωποειδή ρομπότ και σε κοινωνικές πλατφόρμες για να κατανοήσουν πότε ένας χρήστης τα αγγίζει ή τα μετακινεί. Στην εκπαιδευτική ρομποτική, η απτική αλληλεπίδραση συχνά συνδυάζεται με δραστηριότητες προσχολικής ή ειδικής αγωγής, όπου η σωματική επαφή ενισχύει τη συναισθηματική σύνδεση παιδιού–ρομπότ (Robins et al., 2019).

Σημαντική εξέλιξη αποτελεί η πολυτροπική ανίχνευση (multimodal sensing), όπου συνδυάζονται δεδομένα από διαφορετικές πηγές – όπως εικόνα, ήχος και απτική πληροφορία – για την παραγωγή πλουσιότερων και πιο αξιόπιστων αναπαραστάσεων της ανθρώπινης κατάστασης. Για παράδειγμα, ένα ρομπότ μπορεί ταυτόχρονα να παρατηρεί τη στάση σώματος του μαθητή, να αναλύει τον τόνο φωνής του και να καταγράφει χειρονομίες, ώστε να εκτιμήσει αν χρειάζεται βοήθεια ή ανατροφοδότηση (Cowie et al., 2022).

Οι μορφές αλληλεπίδρασης ανθρώπου–ρομπότ διακρίνονται σε φυσικές και συμβολικές. Οι φυσικές περιλαμβάνουν χειρονομίες, αφή και εκφράσεις προσώπου, ενώ οι συμβολικές περιλαμβάνουν φωνητικές εντολές, γραπτό κείμενο ή χρήση συσκευών ελέγχου (π.χ. tablets, joysticks). Σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, η επιλογή μορφής αλληλεπίδρασης εξαρτάται από την ηλικία των μαθητών, το γνωστικό αντικείμενο και τους στόχους της δραστηριότητας. Στη σύγχρονη εκπαιδευτική πρακτική, η τάση είναι η υιοθέτηση πολυτροπικών μορφών HRI που συνδυάζουν φωνή, εικόνα και αφή, προκειμένου να επιτευχθεί πλουσιότερη και πιο φυσική επικοινωνία (Belpaeme et al., 2018).

Στην ελληνική πραγματικότητα, τέτοιες τεχνολογίες έχουν αρχίσει να ενσωματώνονται σε καινοτόμες δράσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η αξιοποίηση της κάμερας

HuskyLens σε συνδυασμό με το ρομπότ Maqueen και μικροελεγκτή micro:bit, όπου μέσω τεχνολογιών computer vision και αναγνώρισης χειρονομιών, το ρομπότ ανιχνεύει το σήκωμα της παλάμης του μαθητή και κινείται προς το μέρος του για να απαντήσει σε ερωτήσεις, αξιοποιώντας σύνδεση με φωνητικό σύστημα AI. Η προσέγγιση αυτή συνδυάζει οπτική, ακουστική και πολυτροπική ανίχνευση, προσφέροντας ένα παράδειγμα πρακτικής εφαρμογής HRI στην ελληνική εκπαιδευτική τάξη.

Η τεχνολογική εξέλιξη στην HRI δείχνει ότι η αποτελεσματική αλληλεπίδραση δεν εξαρτάται μόνο από την ακρίβεια της ανίχνευσης, αλλά και από το κατά πόσο η τεχνολογία ενσωματώνεται με παιδαγωγικά κατάλληλο τρόπο. Η επιλογή αισθητήρων και μορφών επικοινωνίας πρέπει να υποστηρίζει τον σκοπό της μάθησης και να προάγει την ενεργή συμμετοχή των μαθητών, ώστε η ρομποτική να λειτουργεί ως καταλύτης γνωστικής και κοινωνικοσυναισθηματικής ανάπτυξης.

3.5.4 Εφαρμοσμένα Παραδείγματα HRI στην Εκπαιδευτική Ρομποτική

Η πρακτική αξιοποίηση της αλληλεπίδρασης ανθρώπου–ρομπότ στην εκπαίδευση έχει δώσει ποικίλα παραδείγματα που συνδυάζουν τεχνολογικές και παιδαγωγικές καινοτομίες. Σε διεθνές επίπεδο, τα κοινωνικά ρομπότ έχουν χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση της μάθησης σε διαφορετικές ηλικιακές και γνωστικές ομάδες, από την προσχολική εκπαίδευση έως την πανεπιστημιακή διδασκαλία. Κάθε παράδειγμα συνδυάζει διαφορετικό είδος αισθητήρων και μορφών HRI, ανάλογα με τον εκπαιδευτικό στόχο.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η χρήση του ρομπότ NAO στην εκμάθηση ξένων γλωσσών. Το ρομπότ χρησιμοποιεί συνδυασμό οπτικής και φωνητικής αναγνώρισης, ώστε να αντιλαμβάνεται προφορικές απαντήσεις και να προσαρμόζει το επίπεδο δυσκολίας των ερωτήσεων. Ερευνητικά δεδομένα δείχνουν ότι η πολυτροπική επικοινωνία του NAO, η οποία περιλαμβάνει κινήσεις σώματος, εκφράσεις LED και φωνητική ανατροφοδότηση, συμβάλλει στην αύξηση του κινήτρου και στη βελτίωση της προφορικής δεξιότητας των μαθητών (Kennedy et al., 2016).

Στον τομέα των θετικών επιστημών, το ρομπότ KASPAR έχει χρησιμοποιηθεί για να υποστηρίξει παιδιά στο φάσμα του αυτισμού στην κατανόηση κοινωνικών κανόνων και στην ανάπτυξη κοινωνικο-συναισθηματικών δεξιοτήτων. Η αλληλεπίδραση βασίζεται κυρίως στην αναγνώριση αφής και στην ανταπόκριση μέσω εκφράσεων προσώπου, προσφέροντας ένα ασφαλές και ελεγχόμενο περιβάλλον επικοινωνίας (Huijnen et al., 2016).

Σε δραστηριότητες STEM, το LEGO Mindstorms EV3 έχει συνδυαστεί με αισθητήρες χρώματος, υπερήχων και αφής για τη δημιουργία εργαστηριακών ασκήσεων όπου οι μαθητές προγραμματίζουν το ρομπότ να αντιδρά σε διαφορετικά ερεθίσματα. Παρά το ότι οι αλληλεπιδράσεις είναι πιο τεχνικές και λιγότερο κοινωνικές, οι μαθητές βιώνουν μια μορφή HRI μέσω της άμεσης ανατροφοδότησης στις εντολές τους, γεγονός που ενισχύει την κατανόηση της σχέσης αιτίας–αποτελέσματος στον προγραμματισμό (Alimisis, 2019).

Πρόσφατες εφαρμογές στρέφονται και σε οικονομικά προσιτές λύσεις. Ρομπότ όπως το Cozmo και το Sphero BOLT χρησιμοποιούνται σε δημοτικά σχολεία για δραστηριότητες που συνδυάζουν αφήγηση, παιχνίδι και προγραμματισμό. Η αλληλεπίδραση επιτυγχάνεται μέσα από αναγνώριση κίνησης, ασύρματη επικοινωνία με tablets και απτικές εντολές, καθιστώντας τα ελκυστικά σε μικρές ηλικίες (Highfield, 2021).

Στην ελληνική εκπαίδευση, παρατηρείται αυξανόμενο ενδιαφέρον για την ενσωμάτωση HRI σε σχολικά έργα ρομποτικής. Σε προγράμματα STEM και eTwinning, μαθητές έχουν αξιοποιήσει μικροελεγκτές όπως το Arduino και το micro:bit σε συνδυασμό με αισθητήρες υπερήχων, καμερών και φωτός, για την ανάπτυξη ρομποτικών κατασκευών που ανταποκρίνονται σε ανθρώπινες κινήσεις. Έργα αυτού του τύπου ενισχύουν δεξιότητες συνεργασίας, επίλυσης προβλημάτων και δημιουργικότητας, ενώ παράλληλα καλλιεργούν την κατανόηση των τεχνολογικών αρχών πίσω από την HRI.

Η ποικιλία των παραδειγμάτων δείχνει ότι η επιτυχία της HRI στην εκπαίδευση εξαρτάται από τη συνειδητή αντιστοίχιση μεταξύ του τύπου αλληλεπίδρασης και του μαθησιακού στόχου. Τα κοινωνικά ρομπότ ενδείκνυνται για δραστηριότητες που απαιτούν επικοινωνία και συναισθηματική εμπλοκή, ενώ τα ρομπότ τύπου kit ή φορητών πλατφορμών είναι ιδανικά για την ανάπτυξη δεξιοτήτων STEM και προγραμματισμού. Η ευελιξία στην επιλογή τεχνολογιών HRI επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να σχεδιάζουν μαθησιακά σενάρια που συνδυάζουν τεχνική μάθηση και βιωματική αλληλεπίδραση, δημιουργώντας συνθήκες αυξημένης εμπλοκής και θετικής στάσης απέναντι στη ρομποτική μάθηση.

3.6 Συναφείς Ερευνητικές Προσεγγίσεις στην Εκπαιδευτική Ρομποτική με AI και HRI

3.6.1 Διεθνείς Ερευνητικές Προσεγγίσεις

ChildBot

Περιγραφή και στόχοι

Το ChildBot είναι ένα διαδραστικό ρομποτικό σύστημα σχεδιασμένο για να υποστηρίζει την εκπαιδευτική διαδικασία και την κοινωνικοποίηση παιδιών, ιδιαίτερα στην προσχολική και πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Ο στόχος της έρευνας ήταν να εξεταστεί κατά πόσο ένα ρομπότ που συνδυάζει αναγνώριση ομιλίας, όραση υπολογιστή και δυνατότητα εκτέλεσης δραστηριοτήτων μπορεί να ενισχύσει την αλληλεπίδραση και τη μαθησιακή εμπλοκή των παιδιών (Kory-Westlund et al., 2019).

Τεχνολογίες και μεθοδολογία

Το ρομπότ χρησιμοποιεί μονάδες αναγνώρισης φωνής για την κατανόηση εντολών, κάμερες για αναγνώριση προσώπων και αντικειμένων, και αλγορίθμους διαχείρισης διαλόγου για την εξατομίκευση της αλληλεπίδρασης. Στην έρευνα, εφαρμόστηκε σε τάξεις νηπιαγωγείου και πρώτης δημοτικού, όπου το ρομπότ λειτουργούσε ως «συμμαθητής» που συμμετείχε σε εκπαιδευτικά παιχνίδια, κουίζ και αφήγηση ιστοριών.

Αποτελέσματα

Η παρουσία του ChildBot βελτίωσε την προσοχή των μαθητών, αύξησε τη συμμετοχή τους και ενίσχυσε την απομνημόνευση εννοιών. Τα παιδιά έδειξαν θετική συναισθηματική ανταπόκριση, αντιμετωπίζοντας το ρομπότ ως συνεργάτη στη μάθηση.

Θετικά στοιχεία

- Υψηλά επίπεδα εμπλοκής των μαθητών.
- Φιλικό και προσαρμοστικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης.
- Συνδυασμός πολλαπλών αισθητήρων για πλούσια εμπειρία HRI.

Αρνητικά / περιορισμοί

- Περιορισμένη κατανόηση περίπλοκων λεκτικών εκφράσεων.
- Ανάγκη για συνεχή τεχνική υποστήριξη.
- Μικρή διάρκεια αξιολόγησης, που περιορίζει την εξαγωγή μακροχρόνιων συμπερασμάτων.
- Υψηλό κόστος εξοπλισμού και συντήρησης.

CARE (Companion Robot for Education)

Περιγραφή και στόχοι

Το CARE αναπτύχθηκε ως ρομποτικός βοηθός για μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες, με σκοπό την εξατομικευμένη διδασκαλία και υποστήριξη συναισθηματικής μάθησης (Leite et

al., 2013). Στόχευε στη δημιουργία ενός συστήματος που θα μπορούσε να ανιχνεύει συναισθηματικές καταστάσεις και να προσαρμόζει το διδακτικό περιεχόμενο ανάλογα.

Τεχνολογίες και μεθοδολογία

Το CARE ενσωμάτωσε τεχνολογίες αναγνώρισης συναισθημάτων μέσω ανάλυσης εκφράσεων προσώπου και τόνου φωνής, καθώς και μηχανισμούς προσαρμοστικής παρουσίασης περιεχομένου. Εφαρμόστηκε πιλοτικά σε ειδικά σχολεία με μικρές ομάδες μαθητών.

Αποτελέσματα

Οι μαθητές έδειξαν αυξημένη αυτοπεποίθηση και καλύτερη κατανόηση εννοιών, ενώ οι εκπαιδευτικοί παρατήρησαν μείωση του άγχους κατά την εκτέλεση μαθησιακών δραστηριοτήτων.

Θετικά στοιχεία

- Εστίαση στην εξατομικευμένη υποστήριξη.
- Δυνατότητα ανίχνευσης και απόκρισης σε συναισθήματα.
- Ικανοποιητικά αποτελέσματα σε μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες.

Αρνητικά / περιορισμοί

- Περιορισμένη δυνατότητα κλιμάκωσης σε μεγάλες τάξεις.
- Απαιτήσεις υψηλού κόστους σε εξοπλισμό.
- Απαιτείται συνεχής παρακολούθηση από τον εκπαιδευτικό.

Gesture & Speech Recognition Robot

Περιγραφή και στόχοι

Η συγκεκριμένη έρευνα επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη ενός ρομποτικού συστήματος που αναγνωρίζει χειρονομίες και ομιλία για αμφίδρομη επικοινωνία με μαθητές (Ishii et al., 2018). Στόχος ήταν να εξεταστεί αν η πολυτροπική επικοινωνία μπορεί να βελτιώσει την κατανόηση και τη συμμετοχή.

Τεχνολογίες και μεθοδολογία

Το ρομπότ χρησιμοποίησε κάμερες βάθους και αισθητήρες κίνησης για την ανίχνευση χειρονομιών, καθώς και αλγορίθμους επεξεργασίας φυσικής γλώσσας για την αναγνώριση φωνής. Δοκιμάστηκε σε εργαστήρια STEM όπου οι μαθητές έδιναν εντολές στο ρομπότ είτε με λόγο είτε με κίνηση.

Αποτελέσματα

Η χρήση διπλού καναλιού επικοινωνίας βελτίωσε την ακρίβεια εκτέλεσης εντολών και ενίσχυσε τη συμμετοχή μαθητών που ήταν πιο διστακτικοί στην ομιλία.

Θετικά στοιχεία

- Πρόσβαση σε μαθητές με διαφορετικές ανάγκες.
- Αυξημένη ακρίβεια μέσω συνδυασμού φωνής και χειρονομιών.
- Ενίσχυση βιωματικής μάθησης.

Αρνητικά / περιορισμοί

- Υψηλές απαιτήσεις επεξεργαστικής ισχύος.
- Απαιτεί καλές συνθήκες φωτισμού και ήχου.
- Περιορισμοί στην αναγνώριση πολύπλοκων ή συνδυασμένων κινήσεων.

NAO σε Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα

Περιγραφή και στόχοι

Το ανθρωποειδές ρομπότ NAO χρησιμοποιήθηκε σε διάφορες διεθνείς έρευνες για την υποστήριξη μαθητών τόσο σε γενική όσο και σε ειδική εκπαίδευση (Belpaeme et al., 2018). Στόχος ήταν η μελέτη του τρόπου με τον οποίο η ανθρωπομορφική αλληλεπίδραση μπορεί να βελτιώσει την εμπλοκή και τα μαθησιακά αποτελέσματα.

Τεχνολογίες και μεθοδολογία

Το NAO διαθέτει αναγνώριση φωνής, όραση υπολογιστή, δυνατότητα κίνησης και έκφρασης, ενώ μπορεί να προγραμματιστεί σε διάφορες γλώσσες. Στις μελέτες, εφαρμόστηκε σε διδασκαλία γλωσσών, μαθηματικών και κοινωνικών δεξιοτήτων. Οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες περιλάμβαναν ομαδικές ασκήσεις, παιχνίδια ρόλων και μαθήματα προγραμματισμού. Η μελέτη αξιολόγησε την αλληλεπίδραση σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες.

Αποτελέσματα

Οι μαθητές παρουσίασαν μεγαλύτερη προθυμία συμμετοχής, ειδικά σε δραστηριότητες που απαιτούσαν αλληλεπίδραση πρόσωπο με πρόσωπο. Η χρήση του NAO αύξησε το ενδιαφέρον και τη διατήρηση της προσοχής των μαθητών. Σε μαθήματα προγραμματισμού, οι μαθητές ανέπτυξαν καλύτερες δεξιότητες αλγοριθμικής σκέψης. Σε περιβάλλοντα ειδικής αγωγής, το NAO βοήθησε στην ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων και στη μείωση της απομόνωσης.

Θετικά στοιχεία

- Πολυλειτουργικότητα και ευελιξία εφαρμογών.
- Ανθρωποειδής μορφή που διευκολύνει τη συναισθηματική σύνδεση.
- Υψηλή αποδοχή από μαθητές διαφόρων ηλικιών.
- Δυνατότητα χρήσης σε πολλά γνωστικά αντικείμενα.

Αρνητικά / περιορισμοί

- Υψηλό κόστος απόκτησης και συντήρησης.
- Περιορισμένη αντοχή σε έντονη χρήση.
- Χρειάζεται εξειδικευμένος χειρισμός για πλήρη αξιοποίηση.

3.6.2 Ελληνικές Ερευνητικές Προσεγγίσεις

Σύνδεση Εκπαιδευτικής Ρομποτικής με την Ανάπτυξη Δεξιοτήτων – Μελέτη με το LEGO WeDo

Περιγραφή και στόχοι

Η ερευνητική εργασία των Τσολακίδη & Παπαδοπούλου (2020) διερεύνησε πώς η χρήση του LEGO WeDo σε μαθητές δημοτικού μπορεί να υποστηρίξει την ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων, συνεργασίας και δημιουργικότητας. Ο στόχος ήταν να συνδεθεί η ρομποτική με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών και να μελετηθεί η αποτελεσματικότητά της.

Τεχνολογίες και μεθοδολογία

Η μελέτη υλοποιήθηκε σε τρεις φάσεις: εισαγωγή στις βασικές λειτουργίες του LEGO WeDo, εκτέλεση δραστηριοτήτων STEM και δημιουργία πρωτότυπων έργων από τους μαθητές. Χρησιμοποιήθηκαν φύλλα αξιολόγησης για την αποτύπωση της προόδου, καθώς και συνεντεύξεις με τους εκπαιδευτικούς.

Αποτελέσματα

Οι μαθητές παρουσίασαν βελτίωση στις δεξιότητες συνεργασίας και στην ικανότητα επίλυσης προβλημάτων. Επίσης, αυξήθηκε η αυτοπεποίθηση τους κατά τη χρήση τεχνολογικών εργαλείων.

Θετικά στοιχεία

- Ενσωμάτωση της ρομποτικής στο σχολικό πρόγραμμα.
- Ενίσχυση δημιουργικότητας και κριτικής σκέψης.
- Συνεργατική μάθηση.

Αρνητικά / περιορισμοί

- Απαιτείται συνεχής υποστήριξη από τον εκπαιδευτικό.
- Περιορισμένη διάρκεια παρέμβασης.
- Μικρό μέγεθος δείγματος.

Η χρήση του Thymio II για την ανάπτυξη υπολογιστικής σκέψης

Περιγραφή και στόχοι

Η έρευνα του Καραγιάννη (2019) επικεντρώθηκε στην αξιοποίηση του ρομπότ Thymio II σε μαθητές γυμνασίου, με στόχο την ανάπτυξη υπολογιστικής σκέψης και δεξιοτήτων προγραμματισμού. Στόχος ήταν η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της ρομποτικής σε μαθητές χωρίς προηγούμενη εμπειρία στον προγραμματισμό.

Τεχνολογίες και μεθοδολογία

Χρησιμοποιήθηκε ο οπτικός προγραμματισμός VPL (Visual Programming Language) και προκλήσεις τύπου project-based learning. Η διδασκαλία περιλάμβανε διαδοχικά σενάρια αυξανόμενης δυσκολίας.

Αποτελέσματα

Παρατηρήθηκε σημαντική πρόοδος στις δεξιότητες προγραμματισμού και στην κατανόηση εννοιών όπως βρόχοι και συνθήκες. Οι μαθητές έδειξαν αυξημένο ενδιαφέρον για την τεχνολογία.

Θετικά στοιχεία

- Κατάλληλο για αρχάριους μαθητές.
- Εύκολη προσαρμογή σε διαφορετικά επίπεδα.
- Ενθάρρυνση πειραματισμού.

Αρνητικά / περιορισμοί

- Περιορισμένες δυνατότητες σε πιο σύνθετες εργασίες.
- Μη επαρκής χρόνος για πιο προχωρημένες έννοιες.

Ρομποτική και Μαθησιακή Συμπερίληψη – Χρήση του Bee-Bot σε τάξεις ένταξης

Περιγραφή και στόχοι

Η μελέτη της Μιχαηλίδου (2021) διερεύνησε τη χρήση του ρομπότ Bee-Bot για τη στήριξη μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες σε τάξεις ένταξης. Στόχος ήταν να ενισχυθούν οι βασικές μαθηματικές έννοιες και η χωρική αντίληψη μέσω παιχνιδιού.

Τεχνολογίες και μεθοδολογία

Το Bee-Bot χρησιμοποιήθηκε σε δραστηριότητες προσαρμοσμένες στις ανάγκες των μαθητών, όπως η κίνηση πάνω σε πίνακες αριθμών και χαρτογραφικά παιχνίδια. Οι εκπαιδευτικοί κατέγραψαν την πρόοδο των μαθητών και αξιολόγησαν τη συνεργατική διάσταση.

Αποτελέσματα

Οι μαθητές εμφάνισαν αύξηση στη συγκέντρωση, καλύτερη κατανόηση χωρικών σχέσεων και βελτίωση στην αριθμητική σκέψη. Η ρομποτική συνέβαλε επίσης στην κοινωνικοποίηση.

Θετικά στοιχεία

- Φιλικό και προσιτό ρομπότ για μικρές ηλικίες.
- Ενίσχυση αυτοπεποίθησης σε μαθητές με δυσκολίες.
- Συμμετοχή μέσω παιχνιδιού.

Αρνητικά / περιορισμοί

- Περιορισμένες δυνατότητες επέκτασης δραστηριοτήτων.
- Εξάρτηση από το φυσικό υλικό (πίνακες/χαλάκια).

Kaspar σε ελληνική τάξη (περίπτωση κοινωνικής ενδυνάμωσης)

Περιγραφή & στόχοι

Ο ανθρωποειδής ρομπότ Kaspar χρησιμοποιήθηκε ως κοινωνικός εταίρος σε ελληνικό σχολικό περιβάλλον, με την επιδίωξη να ενισχύσει την αλληλεπίδραση παιδιών με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) με τους συνομηλίκους τους και να βελτιώσει τις κοινωνικές δεξιότητες μέσω στοχευμένων παιχνιδιών και δραστηριοτήτων (Karakosta et al., 2019). Στόχος ήταν να μελετηθεί εάν οι παρεμβάσεις με το Kaspar θα μπορούσαν να υποστηρίξουν την κοινωνική συμπεριφορά και επικοινωνία σε πραγματικά σχολικά πλαίσια.

Τεχνολογίες & μεθοδολογία

Το Kaspar, με εκφραστικά χαρακτηριστικά και αλληλεπιδραστικές συμπεριφορές, χρησιμοποιήθηκε σε δομημένες δραστηριότητες παιχνιδιού όπως μίμηση, εναλλαγή σειράς, και κοινή προσοχή. Η αξιολόγηση της επίδρασης έγινε μέσω παρατήρησης από παιδαγωγούς και ψυχολόγους, αξιοποιώντας ημιδομημένες κλίμακες και ποιοτική ανατροφοδότηση.

Αποτελέσματα

Υπήρξαν σημαντικές βελτιώσεις σε κοινωνικές δεξιότητες, όπως η κοινή προσοχή, η εναλλαγή σειράς και η διάθεση συμμετοχής στο ομαδικό παιχνίδι. Εκπαιδευτικοί ανέφεραν θετική επίδραση της συμμετοχής του ρομπότ στη μάθηση και στην κοινωνική ενδυνάμωση των μαθητών.

Θετικά

- Εξαιρετική αποδοχή από παιδιά και εκπαιδευτικού.
- Σαφή και ασφαλή πρότυπα αλληλεπίδρασης.
- Επαναληψιμότητα πρωτοκόλλων.

Αρνητικά/περιορισμοί.

- Δεν ενσωματώνει πολυτροπική AI με χειρονομίες/μνήμη χρήστη/LLM.
- Περιορισμένη γενίκευση εκτός θεραπευτικού πλαισίου.
- Ανάγκη εξειδικευμένης ομάδας.

#	Έρευνα / Σύστημα (Πηγή)	Στόχοι	Τεχνολογίες & Μεθοδολογία	Αποτελέσματα	Θετικά	Περιορισμοί
1	ChildBot (Vlachos et al., 2020)	Ενίσχυση κοινωνικών και γνωστικών δεξιοτήτων παιδιών ΔΑΦ μέσω διαδραστικών σεναρίων	Ανθρωποειδές ρομπότ με αισθητήρες, αναγνώριση φωνής και εκφράσεων, προσαρμοστικά σενάρια	Βελτίωση κοινωνικής αλληλεπίδρασης και συγκέντρωσης	Προσαρμοστικότητα, θετική ανταπόκριση μαθητών	Περιορισμένη γλωσσική κατανόηση, ανάγκη τεχνικής υποστήριξης
2	CARE – Companion Robot for Education (Kory-Westlund et al., 2016)	Υποστήριξη γλωσσικής ανάπτυξης και κοινωνικής αλληλεπίδρασης	Ρομπότ με διαχείριση διαλόγου, ανίχνευση συναισθήματος, προσαρμοστική αφήγηση	Σημαντική αύξηση συμμετοχής και λεξιλογίου	Ελκυστική αλληλεπίδραση, προσωποποίηση	Υψηλό κόστος, περιορισμένη αυτονομία
3	Gesture & Speech Recognition Robot (Al Moubayed et al., 2012)	Συνδυασμός λεκτικών και μη λεκτικών σημάτων στην εκπαιδευτική αλληλεπίδραση	OpenCV για αναγνώριση χειρονομιών, ASR για φωνή, σενάρια τάξης	Αυξημένη εμπλοκή μαθητών και κατανόηση οδηγιών	Πολυτροπική επικοινωνία, φυσικότερη αλληλεπίδραση	Περιορισμοί ακρίβειας σε θορυβώδη περιβάλλοντα
4	NAO σε Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα (Mubin et al., 2013)	Εξερεύνηση ρόλου ρομπότ NAO στη διδασκαλία STEM	Ανθρωποειδές NAO, προγραμματισμός σε Choregraphe, μελέτες περίπτωσης	Βελτίωση συνεργασίας και ενδιαφέροντος για STEM	Υψηλή αποδοχή, πολλαπλές λειτουργίες	Υψηλό κόστος, ανάγκη εκπαίδευσης διδασκόντων
5	LEGO WeDo (Ioannou & Makridou, 2018)	Ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων μέσω ρομποτικής	Σετ LEGO WeDo, ομαδοσυνεργατική μάθηση, project-based learning	Αύξηση κριτικής σκέψης και συνεργασίας	Εύχρηστο, προσαρμοστικό σε ηλικίες	Περιορισμένες δυνατότητες αυτονομίας
6	Thymio II (Zuckerman et al., 2019)	Καλλιέργεια υπολογιστικής σκέψης σε μικρούς μαθητές	Ρομπότ Thymio II, VPL προγραμματισμός, διερευνητική μάθηση	Σημαντική πρόοδος σε λογική ακολουθία και προγραμματισμό	Εύκολη εισαγωγή, άμεση ανατροφοδότηση	Περιορισμένα αισθητήρια, μη προσαρμοστική συμπεριφορά
7	Bee-Bot σε τάξεις ένταξης (Papadakis et al., 2020)	Υποστήριξη μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες στη χωρική αντίληψη και αλληλουχία	Ρομπότ Bee-Bot, δραστηριότητες χαρτογράφησης, ομαδοσυνεργατική διδασκαλία	Βελτίωση χωρικής σκέψης και μνήμης εργασίας	Φιλικό για μικρά παιδιά, άμεση ανατροφοδότηση	Περιορισμένο ρεπερτόριο κινήσεων
8	Kaspar σε ελληνική τάξη (Karakosta et al., 2019)	Κοινωνική ενδυνάμωση παιδιών με ΔΑΦ και αύξηση αλληλεπίδρασης	Ανθρωποειδές Kaspar, σενάρια ρόλων, αξιολόγηση ειδικής αγωγής	Βελτίωση κοινωνικών δεξιοτήτων και συμμετοχής	Αποδοχή από παιδιά, ασφαλή πρότυπα αλληλεπίδρασης	Περιορισμένη γενίκευση εκτός θεραπείας, ανάγκη εξειδικευμένης ομάδας

Πίνακας 3: Ερευνητικές Προσεγγίσεις χρήσης Ρομπότ και ΤΝ στην Εκπαίδευση

3.6.3 Προσδιορισμός Ερευνητικού Κενού και Ανάδειξη Καινοτομίας της Παρούσας Μελέτης

Η ανάλυση των οκτώ μελετών που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και στη συνέχεια στον Πίνακα 3 αναδεικνύει την ποικιλία τεχνολογικών προσεγγίσεων και παιδαγωγικών στρατηγικών που έχουν αξιοποιηθεί σε διαφορετικά εκπαιδευτικά πλαίσια. Κάθε σύστημα, από ανθρωποειδή ρομπότ όπως το ChildBot και το Kaspar, έως πιο απλές πλατφόρμες όπως το Bee-Bot και το Thymio II, εισάγει συγκεκριμένες τεχνολογίες και μεθοδολογίες για την υποστήριξη της μάθησης και της κοινωνικής ένταξης. Ωστόσο, παρά τη θετική αποτίμηση των αποτελεσμάτων τους, παρατηρούνται κοινά χαρακτηριστικά που υποδεικνύουν σημεία βελτίωσης.

Αρχικά, μεγάλο μέρος των μελετών εστιάζει σε μονοδιάστατη αλληλεπίδραση, είτε μέσω φωνής είτε μέσω βασικών κινήσεων, χωρίς να ενσωματώνει πολυτροπικές μεθόδους επικοινωνίας που να συνδυάζουν αναγνώριση χειρονομιών, ανάλυση προσώπου και δυναμική προσαρμογή συμπεριφοράς σε πραγματικό χρόνο. Ακόμη, τα περισσότερα συστήματα παρουσιάζουν περιορισμένο βαθμό αυτονομίας, καθώς η πλοήγηση και η αντίδραση του ρομπότ εξαρτώνται συχνά από προκαθορισμένα σενάρια ή χειροκίνητη παρέμβαση του εκπαιδευτικού.

Επιπλέον, οι περισσότερες έρευνες επικεντρώνονται σε συγκεκριμένες ομάδες στόχου (π.χ. παιδιά με ΔΑΦ, μαθητές προσχολικής ηλικίας) και σε στενά ορισμένα μαθησιακά αντικείμενα (όπως η γλωσσική ανάπτυξη ή η χωρική αντίληψη), αφήνοντας ανεκμετάλλευτες τις δυνατότητες εφαρμογής σε γενικότερα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα με διαφοροποιημένες ανάγκες. Η έλλειψη ευέλικτων ρομποτικών συστημάτων που να μπορούν να μεταβαίνουν ομαλά από την υποστήριξη ειδικών μαθησιακών πληθυσμών σε τυπικά σχολικά σενάρια περιορίζει την κλίμακα αξιοποίησής τους.

Ένα ακόμη κρίσιμο στοιχείο είναι ότι καμία από τις μελέτες δεν φαίνεται να συνδυάζει σε ενιαίο πλαίσιο:

- Ανίχνευση και αναγνώριση προσώπων για εξατομικευμένη αλληλεπίδραση.
- Αναγνώριση χειρονομιών για φυσική πρωτοβουλία επικοινωνίας από τον μαθητή.
- Δυνατότητα πλοήγησης και προσέγγισης του μαθητή με αυτόνομο τρόπο.
- Διασύνδεση με τεχνητή νοημοσύνη για παραγωγή δυναμικών και προσαρμοστικών απαντήσεων σε πραγματικό χρόνο.

Η καινοτομία της παρούσας μελέτης έγκειται ακριβώς στη σύνθεση αυτών των χαρακτηριστικών σε ένα ενιαίο, χαμηλού κόστους, επεκτάσιμο σύστημα, ικανό να λειτουργεί διαδραστικά σε πραγματικές συνθήκες τάξης. Το προτεινόμενο ρομποτικό σύστημα αξιοποιεί συνδυαστικά αναγνώριση προσώπου, εντοπισμό χειρονομιών και ενσωμάτωση γλωσσικών μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης, ενώ διαθέτει δυνατότητες κινητικής πλοήγησης ώστε να προσεγγίζει τον μαθητή που ζητά βοήθεια, ενισχύοντας την ενσυναίσθηση, την εξατομίκευση και την αμεσότητα στην εκπαιδευτική αλληλεπίδραση.

Η στοχευμένη αυτή προσέγγιση έρχεται να καλύψει το κενό μεταξύ των ερευνών που εξετάζουν στατικές, περιορισμένου πεδίου εφαρμογές και της ανάγκης για ευέλικτες, προσαρμοστικές και πολυτροπικές ρομποτικές λύσεις που να εντάσσονται ομαλά σε ποικίλα μαθησιακά πλαίσια. Με τον τρόπο αυτό, το σύστημα μπορεί να προσφέρει σημαντική προστιθέμενη αξία τόσο στην τυπική όσο και στην ειδική εκπαίδευση, ενισχύοντας τη συμμετοχή, την επικοινωνία και την εξατομικευμένη υποστήριξη των μαθητών.

3.7 Προτεινόμενη Μεθοδολογία Ανάπτυξης AI Εκπαιδευτικού Ρομποτικού Βοηθού (AI Assistant) με HRI

Η προτεινόμενη μεθοδολογία στοχεύει στην ανάπτυξη ενός εκπαιδευτικού ρομποτικού βοηθού που θα είναι τεχνολογικά προηγμένος αλλά και οικονομικά προσιτός, ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί ευρέως σε σχολικά περιβάλλοντα. Η συσκευή θα πρέπει να συνδυάζει πολυτροπική αλληλεπίδραση (οπτική αναγνώριση, κατανόηση φυσικής γλώσσας, φωνητική απόκριση) και να έχει επεκτάσιμη αρχιτεκτονική, επιτρέποντας μελλοντικές αναβαθμίσεις.

Το σύστημα θα απαιτεί βασικά υποσυστήματα, όπως ελεγκτή μικροεπεξεργαστή για τον έλεγχο των λειτουργιών, αισθητήρες για ανίχνευση κίνησης και περιβάλλοντος, κάμερα για αναγνώριση προσώπων και χειρονομιών, καθώς και ηχητική μονάδα για φωνητική επικοινωνία. Η επιλογή των υλικών θα γίνει με γνώμονα την ισορροπία μεταξύ κόστους και λειτουργικότητας, ώστε το ρομπότ να παραμένει οικονομικά προσιτό χωρίς να θυσιάζει την απόδοση.

Οι βασικές λειτουργίες του συστήματος θα περιλαμβάνουν:

- Αναγνώριση παρουσίας και χειρονομιών μαθητών.
- Κατανόηση και επεξεργασία προφορικών ερωτήσεων.
- Παροχή άμεσης και εξατομικευμένης απάντησης.

- Υποστήριξη της εκπαιδευτικής διαδικασίας μέσω σεναρίων.

Η ανάπτυξη θα ακολουθήσει διαδοχικά στάδια:

Καθορισμός απαιτήσεων βάσει παιδαγωγικών στόχων.

Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται η ανάλυση των εκπαιδευτικών αναγκών και η σαφής διατύπωση των παιδαγωγικών στόχων που θα εξυπηρετεί το σύστημα. Η διαδικασία περιλαμβάνει συνεργασία με εκπαιδευτικούς, ώστε να διασφαλιστεί ότι οι λειτουργίες του ρομπότ ανταποκρίνονται σε πραγματικές διδακτικές απαιτήσεις, όπως η ενίσχυση της αλληλεπίδρασης στην τάξη, η υποστήριξη μαθητών με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες και η ενσωμάτωση σε διαθεματικά σενάρια μάθησης.

Σχεδιασμός αρχιτεκτονικής με εστίαση στην επεκτασιμότητα και την ευκολία συντήρησης.

Ο σχεδιασμός της αρχιτεκτονικής περιλαμβάνει τον καθορισμό της συνολικής δομής του συστήματος, με τρόπο που να επιτρέπει την εύκολη ενσωμάτωση νέων λειτουργιών στο μέλλον. Προβλέπεται διαχωρισμός των υποσυστημάτων (αισθητήρες, οπτική αναγνώριση, επεξεργασία φωνής, μηχανικός έλεγχος κίνησης) ώστε να μπορούν να αναβαθμίζονται ανεξάρτητα. Η ευκολία συντήρησης εξασφαλίζεται μέσω modular σχεδίασης και χρήσης ευρέως διαδεδομένων τεχνολογιών.

Εγκατάσταση αισθητήρων, καμερών και ενσωμάτωση AI.

Σε αυτό το στάδιο επιλέγονται και εγκαθίστανται τα βασικά τεχνολογικά στοιχεία του ρομπότ, όπως αισθητήρες για την αντίληψη του περιβάλλοντος, κάμερα για οπτική αναγνώριση προσώπων και χειρονομιών, καθώς και μονάδα επεξεργασίας AI για την ανάλυση δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων. Η ενσωμάτωση γίνεται με τρόπο που να εξασφαλίζει την ομαλή συνεργασία όλων των υποσυστημάτων.

Ανάπτυξη λογισμικού για πολυτροπική HRI.

Η ανάπτυξη του λογισμικού επικεντρώνεται στην υλοποίηση των μηχανισμών ανθρώπινης-ρομποτικής αλληλεπίδρασης (HRI) μέσω πολλαπλών καναλιών, όπως η αναγνώριση οπτικών σημάτων, η κατανόηση φυσικής γλώσσας και η φωνητική απόκριση. Στόχος είναι η δημιουργία μιας φυσικής και προσαρμοστικής εμπειρίας αλληλεπίδρασης, η οποία θα ενισχύει την εμπλοκή των μαθητών.

Δοκιμές σε πραγματικές συνθήκες τάξης.

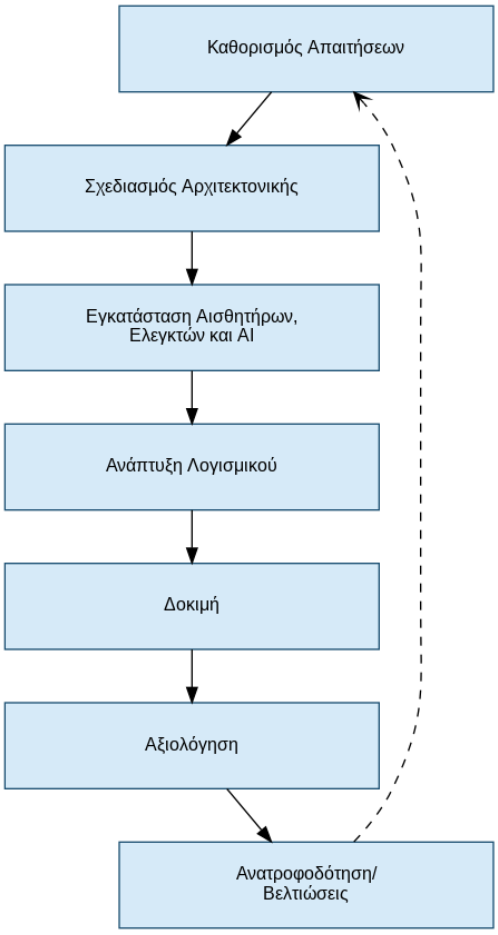
Το ρομπότ δοκιμάζεται σε σχολικό περιβάλλον, προσομοιώνοντας αυθεντικά σενάρια διδασκαλίας. Οι δοκιμές αξιολογούν την ακρίβεια των αναγνωρίσεων, την ταχύτητα

απόκρισης, την προσαρμοστικότητα σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού και θορύβου, καθώς και την αποδοχή του συστήματος από μαθητές και εκπαιδευτικούς.

Αξιολόγηση τεχνικής και παιδαγωγικής αποτελεσματικότητας.

Η τελική αξιολόγηση συνδυάζει τεχνικές μετρήσεις (π.χ. αξιοπιστία, χρόνος απόκρισης, ποσοστά επιτυχίας αναγνώρισης) με παιδαγωγικούς δείκτες (π.χ. επίπεδο συμμετοχής μαθητών, βελτίωση συνεργατικών δεξιοτήτων, ενίσχυση κινήτρου μάθησης). Τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται για την περαιτέρω βελτίωση του συστήματος και την τεκμηρίωση της συνεισφοράς του στην εκπαιδευτική πράξη.

Η καινοτομία της πρότασης έγκειται στον συνδυασμό προσιτού κόστους, πολυτροπικής αλληλεπίδρασης και προσαρμοστικότητας στις ανάγκες του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος.



Εικόνα 1: Μεθοδολογία Ανάπτυξης του AI Assistant

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Υλοποίηση Ρομποτικού Συστήματος

4.1 Ανάλυση και Καθορισμός Απαιτήσεων Συστήματος

4.1.1 Εισαγωγή

Η διαδικασία της ανάλυσης και καθορισμού απαιτήσεων αποτελεί κρίσιμο στάδιο σε κάθε έργο ανάπτυξης λογισμικού και ρομποτικών συστημάτων, καθώς προσδιορίζει τις ανάγκες που καλείται να καλύψει η υπό ανάπτυξη εφαρμογή. Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης περίπτωσης, η φάση αυτή έχει διττό χαρακτήρα: αφενός αφορά τις τεχνικές προδιαγραφές του ρομποτικού συστήματος που θα λειτουργεί ως διαδραστικός AI Assistant στην τάξη, και αφετέρου λαμβάνει υπόψη τους παιδαγωγικούς στόχους που σχετίζονται με την ενίσχυση της μάθησης, της συμμετοχικότητας και της συμπερίληψης.

Η ανάλυση απαιτήσεων εστιάζει στον εντοπισμό τόσο των λειτουργικών απαιτήσεων, δηλαδή των χαρακτηριστικών που το σύστημα οφείλει να υλοποιεί (π.χ. αναγνώριση προσώπου, αναγνώριση χειρονομιών, επικοινωνία με γλωσσικά μοντέλα, μετατροπή κειμένου σε ομιλία), όσο και των μη λειτουργικών απαιτήσεων, που αφορούν την αξιοπιστία, την ασφάλεια, την επεκτασιμότητα και τη φιλικότητα προς τον χρήστη. Παράλληλα, γίνεται χαρτογράφηση των τεχνολογικών επιλογών με τις παιδαγωγικές ανάγκες, ώστε να διασφαλιστεί ότι το τελικό σύστημα δεν είναι μόνο τεχνικά βιώσιμο, αλλά και ουσιαστικά χρήσιμο στο εκπαιδευτικό περιβάλλον.

Η παρουσίαση που ακολουθεί βασίζεται σε καθιερωμένες πρακτικές μηχανικής λογισμικού και σε βιβλιογραφικές προσεγγίσεις που τονίζουν τη σημασία του σταδίου καθορισμού απαιτήσεων για την επιτυχή έκβαση ενός έργου (Sommerville, 2016· Pressman & Maxim, 2020). Στα επόμενα υποκεφάλαια παρουσιάζονται αναλυτικά οι πηγές συλλογής απαιτήσεων, η κατηγοριοποίησή τους, καθώς και η σύνδεσή τους με τους παιδαγωγικούς στόχους της συγκεκριμένης εφαρμογής.

4.1.2 Πηγές Απαιτήσεων

Ο καθορισμός των απαιτήσεων ενός διαδραστικού ρομποτικού συστήματος σε εκπαιδευτικό περιβάλλον δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί μεμονωμένα, αλλά προκύπτει από τη μελέτη και σύνθεση πολλαπλών πηγών. Η κατανόηση αυτών των πηγών είναι απαραίτητη ώστε η υλοποίηση να ανταποκρίνεται τόσο στις παιδαγωγικές ανάγκες όσο και στις τεχνικές δυνατότητες του έργου (Somyürek, 2015)..

Μία βασική πηγή είναι οι ίδιοι οι χρήστες του συστήματος, δηλαδή οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί. Μέσα από παρατηρήσεις της σχολικής πραγματικότητας και ανάλυση των αναγκών της τάξης, εντοπίζονται λειτουργικότητες που συμβάλλουν στη βελτίωση της μαθησιακής εμπειρίας, όπως η αναγνώριση χειρονομιών για την υποστήριξη της συμμετοχής όλων των μαθητών, ειδικά και αυτών με μαθησιακές δυσκολίες που πιθανόν να διστάζουν να κάνουν ερωτήσεις για τους λυθούν οι απορίες, καθώς και η δυνατότητα άμεσης φωνητικής απάντησης για ενίσχυση της αλληλεπίδρασης (Eguchi, 2017).

Παράλληλα, οι παιδαγωγικοί στόχοι που θέτει το αναλυτικό πρόγραμμα και η σύγχρονη διδακτική μεθοδολογία λειτουργούν ως οδηγός στη διαμόρφωση των απαιτήσεων. Για παράδειγμα, η ανάγκη προώθησης της ενεργητικής μάθησης και της εξατομικευμένης διδασκαλίας οδηγεί στην απαίτηση το σύστημα να προσαρμόζεται στις ερωτήσεις και στις ανάγκες των μαθητών, - ενεργοποιώντας το αντίστοιχο prompt - αξιοποιώντας τεχνητή νοημοσύνη για την παροχή κατάλληλων απαντήσεων (Holmes et al., 2019).

Εξίσου σημαντική πηγή αποτελούν οι τεχνικές προδιαγραφές και οι δυνατότητες του διαθέσιμου υλικού και λογισμικού, όπως το ρομπότ Maqueen, ο μικροελεγκτής micro:bit, η κάμερα HuskyLens και τα εργαλεία μετατροπής κειμένου σε φωνή. Η τεχνολογική εφικτότητα των λειτουργιών καθορίζει τα όρια αλλά και τις ευκαιρίες για την ανάπτυξη του συστήματος (Mubin et al., 2013).

Επιπρόσθετα, η βιβλιογραφία στον τομέα της εκπαιδευτικής ρομποτικής και της τεχνητής νοημοσύνης παρέχει κατευθύνσεις, βέλτιστες πρακτικές και παραδείγματα εφαρμογών που αξιοποιούνται για τον καθορισμό λειτουργιών με αποδεδειγμένο παιδαγωγικό αντίκτυπο. Μέσα από αυτήν την ανασκόπηση εντοπίζονται οι απαιτήσεις που δεν είναι μόνο τεχνολογικά καινοτόμες, αλλά και παιδαγωγικά θεμελιωμένες (Benitti, 2012· Alimisis, 2013).

Τέλος, οι κανονισμοί και θεσμικά πλαίσια που διέπουν την εκπαιδευτική διαδικασία, όπως ζητήματα προστασίας προσωπικών δεδομένων (GDPR) και ασφάλειας μαθητών, συνιστούν κρίσιμες πηγές απαιτήσεων. Η συμμόρφωση με τα πρότυπα αυτά εξασφαλίζει ότι η χρήση του συστήματος θα είναι όχι μόνο λειτουργική αλλά και δεοντολογικά και νομικά αποδεκτή (European Union, 2016).

Συνολικά, οι απαιτήσεις του συστήματος προκύπτουν από τη σύνθεση αυτών των παραγόντων, διασφαλίζοντας ότι η τελική υλοποίηση θα ανταποκρίνεται στις πραγματικές ανάγκες της τάξης, θα ευθυγραμμίζεται με τους παιδαγωγικούς στόχους, θα αξιοποιεί τις διαθέσιμες τεχνολογικές δυνατότητες και θα συμμορφώνεται με τα απαραίτητα θεσμικά πλαίσια.

Παρακάτω αναλύονται οι Πηγές Απαιτήσεων για το προτεινόμενο AI Assistant της παρούσας μελέτης.

(α) Χρήστες του συστήματος (μαθητές και εκπαιδευτικοί)

Οι βασικοί χρήστες του συστήματος είναι οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί. Οι απαιτήσεις που απορρέουν από αυτούς αφορούν τόσο τη βελτίωση της μαθησιακής εμπειρίας όσο και την υποστήριξη της διδασκαλίας. Οι μαθητές χρειάζονται ένα σύστημα που να ενισχύει τη συμμετοχή τους μέσα στην τάξη, προσφέροντας έναν τρόπο αλληλεπίδρασης που είναι φυσικός και άμεσος, όπως μέσω αναγνώρισης χειρονομιών και φωνητικών απαντήσεων. Ειδικά οι μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες, ακόμα και οι μαθητές που διστάζουν να συμμετέχουν στην εκπαιδευτική διαδικασία, επωφελούνται από τεχνολογίες που διευκολύνουν την προσοχή και την ενεργό εμπλοκή τους στη μαθησιακή διαδικασία (Anastasiou & Kauffman, 2011). Επιπλέον, η δυνατότητα που προσφέρει η HuskeyLens κάμερα, της αναγνώρισης προσώπου, καθιστά δυνατή την εξατομικευμένη υποστήριξη, καθώς το σύστημα μπορεί να αναγνωρίζει μαθητές με συγκεκριμένες μαθησιακές ανάγκες ή διαγνώσεις και να προσαρμόζει τις απαντήσεις του σύμφωνα με παιδαγωγικές και ψυχολογικές συστάσεις, μια προτεινόμενη μελλόντικη προέκταση της παρούσας εργασίας. Για τον εκπαιδευτικό, οι απαιτήσεις εστιάζουν στην ύπαρξη ενός αξιόπιστου βοηθού που μειώνει τον γνωστικό φόρτο, διευκολύνει την οργάνωση του μαθήματος και ενισχύει την προσβασιμότητα για όλους τους μαθητές (Luckin et al., 2016).

(β) Παιδαγωγικοί στόχοι και διδακτικές μεθοδολογίες

Η δεύτερη πηγή απαιτήσεων προκύπτει από τους παιδαγωγικούς στόχους που θέτει το αναλυτικό πρόγραμμα και η σύγχρονη διδακτική. Το σύστημα σχεδιάστηκε ώστε να προάγει την ενεργητική και συμμετοχική μάθηση, προσφέροντας στους μαθητές δυνατότητα να διατυπώνουν ερωτήσεις και να λαμβάνουν άμεσες απαντήσεις από το ρομπότ. Η ενσωμάτωση τεχνολογιών AI επιτρέπει την εξατομίκευση της μάθησης, καθώς οι απαντήσεις μπορούν να προσαρμόζονται στο επίπεδο κατανόησης κάθε μαθητή σύμφωνα με την ερώτηση που έχει προηγηθεί. Επομένως, οι παιδαγωγικές απαιτήσεις διαμορφώνουν το σύστημα ως εργαλείο που ενισχύει τη συμμετοχή, τη διαφοροποίηση της διδασκαλίας και την καλλιέργεια συνεργατικών δεξιοτήτων.

(γ) Τεχνικές προδιαγραφές και δυνατότητες υλοποίησης

Μία κρίσιμη πηγή απαιτήσεων αφορά τις τεχνικές δυνατότητες και περιορισμούς του διαθέσιμου υλικού και λογισμικού. Το AI Assistant βασίζεται σε έναν συνδυασμό συσκευών:

- Το ρομπότ **Maqueen**, που παρέχει κινητικότητα και δυνατότητα προσέγγισης του μαθητή.
- Ο μικροελεγκτής **micro:bit**, που συντονίζει τις βασικές λειτουργίες.
- Η κάμερα **HuskyLens**, η οποία μέσω αναγνώρισης προσώπου και χειρονομιών καθιστά δυνατή την αλληλεπίδραση.
- Ένα **Bluetooth ηχείο**, που προσφέρει φυσική φωνητική απόδοση των απαντήσεων.

Οι τεχνολογικές απαιτήσεις αφορούν τη συμβατότητα αυτών των συστημάτων, την ακρίβεια αναγνώρισης εικόνας και ήχου, την ταχύτητα απόκρισης και τη σταθερότητα της σύνδεσης. Παράλληλα, η ενσωμάτωση εργαλείων μετατροπής κειμένου σε ομιλία (Text-to-Speech) στα ελληνικά προσθέτει μια επιπλέον απαίτηση για φυσικότητα και κατανόηση του λόγου. Οι τεχνικές προδιαγραφές επομένως καθορίζουν τα όρια αλλά και τις δυνατότητες του έργου, επιτρέποντας την ανάπτυξη ενός ρεαλιστικού και λειτουργικού συστήματος (Papert, 1993).

(δ) Βιβλιογραφία και έρευνα στον χώρο

Η υφιστάμενη βιβλιογραφία στην εκπαιδευτική ρομποτική και στην τεχνητή νοημοσύνη προσφέρει πλούσιο υπόβαθρο για τον καθορισμό απαιτήσεων. Μελέτες έχουν δείξει ότι τα ρομποτικά συστήματα που υποστηρίζουν αλληλεπίδραση μέσω φυσικών διεπαφών (όπως φωνή ή χειρονομίες) ενισχύουν τη συμμετοχή και την παρακίνηση των μαθητών (Mubin et al., 2013). Παράλληλα, η αξιοποίηση τεχνικών εξατομίκευσης και προσαρμογής συνδέεται με βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων (Holmes et al., 2019). Η βιβλιογραφική τεκμηρίωση επομένως λειτουργεί ως οδηγός για το ποιες λειτουργίες είναι παιδαγωγικά ωφέλιμες, μειώνοντας τον κίνδυνο ανάπτυξης τεχνολογιών χωρίς σαφή εκπαιδευτική αξία.

(ε) Κανονισμοί και θεσμικό πλαίσιο

Τέλος, σημαντική πηγή απαιτήσεων αποτελούν οι κανονισμοί που διέπουν την εκπαίδευση. Η χρήση τεχνολογιών αναγνώρισης προσώπου και φωνής επιβάλλει συμμόρφωση με τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων (GDPR), ώστε να διασφαλίζεται η προστασία των προσωπικών δεδομένων των μαθητών. Επιπλέον, η ασφάλεια στη χρήση του ρομπότ μέσα στην τάξη, τόσο σε φυσικό επίπεδο (αποφυγή τραυματισμών, ασφαλής κίνηση) όσο και σε ψηφιακό (ασφαλής διαχείριση δεδομένων), αποτελεί κρίσιμη απαίτηση. Η ενσωμάτωση δεοντολογικών πλαισίων στη σχεδίαση εγγυάται ότι το σύστημα θα χρησιμοποιείται με

τρόπο που σέβεται τα δικαιώματα και την ιδιωτικότητα όλων των μαθητών (European Commission, 2020).

Πηγή Απαιτήσεων	Περιγραφή	Συνεισφορά στο Σύστημα
Χρήστες (μαθητές & εκπαιδευτικοί)	Οι μαθητές εκφράζουν ανάγκες για υποστήριξη, ενίσχυση μάθησης και διαχείριση μαθησιακών δυσκολιών. Οι εκπαιδευτικοί αναζητούν εργαλείο που να διευκολύνει τη διδασκαλία και να ενισχύει τη συμμετοχή.	Προσδιορίζονται λειτουργίες όπως αναγνώριση προσώπου, εξατομικευμένη απάντηση και υποστήριξη σύμφωνα με παιδαγωγικές προσεγγίσεις.
Παιδαγωγικοί στόχοι	Ανάγκη για ένταξη όλων των μαθητών, υποστήριξη διαφοροποιημένης διδασκαλίας, μείωση εμποδίων μάθησης.	Το σύστημα απαντά σε μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες με βάση παιδαγωγικές και ψυχολογικές προσεγγίσεις.
Τεχνικές προδιαγραφές	Απαιτήσεις από το hardware (Maqueen, micro:bit, HuskyLens, Bluetooth ηχείο) και software (σύνδεση με LLM, TTS).	Καθορίζουν τα τεχνικά όρια και τις υποχρεωτικές προδιαγραφές για τη λειτουργικότητα και την ασφάλεια.
Βιβλιογραφία	Θεωρητικά και ερευνητικά δεδομένα από παιδαγωγικές, ψυχολογικές και τεχνολογικές μελέτες. (π.χ. Papert, 1993· Luckin et al., 2016· Sidiropoulou & Anagnostidou, 2024).	Προσφέρουν τεκμηρίωση και κατευθύνσεις για τον σχεδιασμό.
Κανονισμοί και Οδηγίες	Οδηγίες του ΥΠΑΙΘ, ευρωπαϊκά πλαίσια για AI στην εκπαίδευση, κανονισμοί GDPR για προστασία προσωπικών δεδομένων.	Εξασφαλίζεται συμμόρφωση με νομικά και ηθικά πλαίσια.

Πίνακας 4: Πηγές Απαιτήσεων Συστήματος

4.1.3 Κατηγοριοποίηση Απαιτήσεων

Η κατηγοριοποίηση των απαιτήσεων αποτελεί βασικό στάδιο της ανάλυσης ενός συστήματος, καθώς επιτρέπει τη διάκριση μεταξύ αυτών που ορίζουν τι κάνει το σύστημα (λειτουργικές) και αυτών που καθορίζουν πώς το κάνει (μη λειτουργικές). Για τον AI Assistant της παρούσας μελέτης, η διάκριση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς το σύστημα συνδυάζει τεχνολογικές λειτουργίες (ρομποτική, αναγνώριση προσώπου και χειρονομιών, φυσική γλώσσα) με παιδαγωγικούς στόχους (υποστήριξη μάθησης, διαφοροποίηση διδασκαλίας).

Λειτουργικές Απαιτήσεις (Functional Requirements)

Οι λειτουργικές απαιτήσεις αποτυπώνουν τις συγκεκριμένες ενέργειες και λειτουργίες που πρέπει να υλοποιεί το AI Assistant, ώστε να εξυπηρετεί το εκπαιδευτικό του πλαίσιο.

Αναγνώριση προσώπου μαθητών: Το σύστημα εντοπίζει και αναγνωρίζει μαθητές που βρίσκονται στην αίθουσα. Μια μελλοντική εξέλιξη της παρούσας εργασίας θα μπορούσε να προτείνει την αναγνώριση συγκεκριμένων μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες, ώστε το AI Assistant να προσαρμόζει την επικοινωνία του βάσει παιδαγωγικών και ψυχολογικών προσεγγίσεων (βλ. UNESCO, 2021). Αυτό διασφαλίζει ότι η τεχνολογία δεν είναι απλώς τυπική, αλλά ενταξιακή και υποστηρικτική.

Αναγνώριση χειρονομιών: Μέσω HuskyLens, το σύστημα αναγνωρίζει το σήκωμα παλάμης ως ένδειξη συμμετοχής ή ερώτησης. Η δυνατότητα αυτή ενισχύει την αλληλεπίδραση στην τάξη, αποφορτίζοντας τον εκπαιδευτικό από τον αποκλειστικό ρόλο συντονισμού (Mubin et al., 2013).

Διασύνδεση με Γλωσσικά Μοντέλα (LLM): Το AI Assistant επικοινωνεί με ChatGPT ή άλλο LLM για την παροχή απαντήσεων σε μαθητικές ερωτήσεις. Αυτό διασφαλίζει πλούσιο γνωστικό υπόβαθρο, καθώς το LLM μπορεί να επεξεργαστεί ευρύ φάσμα πληροφοριών.

Φωνητική απόδοση απαντήσεων: Μέσω TTS (Text-to-Speech) και Bluetooth ηχείου, οι απαντήσεις αποδίδονται με φυσική φωνή. Η λειτουργία αυτή συμβάλλει στη φυσικότητα της αλληλεπίδρασης και στηρίζει μαθητές με δυσλεξία ή άλλες δυσκολίες ανάγνωσης.

Κινητικότητα και προσέγγιση μαθητή: Το Maqueen επιτρέπει την κίνηση του συστήματος προς τον μαθητή που σήκωσε την παλάμη ή που εμφανίστηκε μπροστά στην κάμερα, προσδίδοντας σώμα στην τεχνολογία και ενισχύοντας την αίσθηση διαδραστικότητας (Belpaeme et al., 2018).

Υποστήριξη διαφοροποιημένης διδασκαλίας: Το σύστημα έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζει το ύφος, τη γλώσσα και τη δυσκολία της απάντησης ανάλογα με την ερώτηση που έχει προηγηθεί και προφανώς μαρτυρά κατά προσέγγιση την ηλικία, το ύφος και ίσως και κάποιες δυσκολίες του μαθητή. Αυτό το καθιστά παιδαγωγικά ευέλικτο εργαλείο (Tomlinson, 2014).

Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις (Non-Functional Requirements)

Οι μη λειτουργικές απαιτήσεις καθορίζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του συστήματος και αποτελούν προϋπόθεση για την αποδοχή και βιωσιμότητά του στην εκπαιδευτική κοινότητα.

Απόδοση σε πραγματικό χρόνο: Η αλληλεπίδραση πραγματοποιείται χωρίς ιδιαιτερες καθυστερήσεις. Η γρήγορη αναγνώριση χειρονομιών και η άμεση παροχή απάντησης είναι κρίσιμες για τη διατήρηση της προσοχής των μαθητών (Cardoso et al., 2020).

Ασφάλεια και GDPR: Δεδομένου ότι το σύστημα επεξεργάζεται εικόνες προσώπων και φωνητικά δεδομένα, η συμμόρφωση με τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων είναι απαραίτητη. Η χρήση ανώνυμων δεδομένων και η τοπική επεξεργασία ελαχιστοποιούν τους κινδύνους.

Φιλικότητα χρήσης (Usability): Το περιβάλλον είναι απλό για τον εκπαιδευτικό και ελκυστικό για τους μαθητές. Ένα πολύπλοκο ή δύσχρηστο σύστημα θα αποθάρρυνε τη χρήση του στην τάξη.

Επεκτασιμότητα (Scalability): Το σύστημα μπορεί να επεκταθεί, π.χ., με νέες γλώσσες, περισσότερους αισθητήρες ή επιπλέον παιδαγωγικές λειτουργίες. Έτσι διασφαλίζεται η μακροχρόνια αξιοποίησή του.

Αξιοπιστία και σταθερότητα: Ένα σύστημα που "κολλάει" ή σβήνει κατά τη διάρκεια του μαθήματος θα αποτύγχανε στον βασικό του στόχο. Απαιτείται ανθεκτικότητα και συνεχής λειτουργία.

Συμμόρφωση με παιδαγωγικές και ηθικές αρχές: Ο AI Assistant δεν ενισχύει στερεότυπα ούτε να αντικαθιστά τον ρόλο του δασκάλου. Ο ρόλος του είναι συμπληρωματικός και πάντα σε συντονισμό με τις παιδαγωγικές αρχές της εκπαίδευσης.

Κατηγορία	Περιγραφή Απαιτήσεων
Λειτουργικές	- Αναγνώριση προσώπου (και μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες) - Αναγνώριση χειρονομιών - Επικοινωνία με LLM - Φωνητική απόδοση απαντήσεων - Κινητικότητα Maqueen - Διαφοροποιημένη διδασκαλία
Μη Λειτουργικές	- Απόδοση σε πραγματικό χρόνο - Ασφάλεια δεδομένων (GDPR) - Φιλικότητα χρήσης - Επεκτασιμότητα - Αξιοπιστία - Συμμόρφωση με παιδαγωγικές αρχές

Πίνακας 5: Λειτουργικές και Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις Συστήματος

4.1.4 Χαρτογράφηση Απαιτήσεων με Παιδαγωγικούς Στόχους

Η δημιουργία του ρομποτικού συστήματος δεν αντιμετωπίζεται αποκλειστικά ως ένα τεχνικό εγχείρημα, αλλά στηρίζεται σε παιδαγωγικές αρχές που συνδέουν τις λειτουργίες του με ουσιαστικούς στόχους της διδασκαλίας και της μάθησης. Η διαδικασία της χαρτογράφησης των απαιτήσεων με παιδαγωγικούς σκοπούς θεωρείται καίρια, καθώς συμβάλλει ώστε οι τεχνολογικές δυνατότητες να ανταποκρίνονται στις ανάγκες της σχολικής τάξης και να ενσωματώνονται στις σύγχρονες θεωρητικές προσεγγίσεις της εκπαίδευσης.

Η αναγνώριση χειρονομιών ή μη αναγνωρισμένων προσώπων, όπως για παράδειγμα το σήκωμα της παλάμης, λειτουργεί ενισχυτικά για τη συμμετοχή των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία. Ειδικά για μαθητές με ΔΕΠΥ ή δυσκολίες συγκέντρωσης, η ύπαρξη ενός μη λεκτικού καναλιού αλληλεπίδρασης μειώνει το άγχος που μπορεί να προκαλεί η άμεση λεκτική παρέμβαση και ενισχύει την ενεργό παρουσία τους στο μάθημα (Barkley, 2015). Σε παιδαγωγικό επίπεδο, η λειτουργία αυτή προάγει τη συνεργατική μάθηση και καλλιεργεί θετικό κλίμα στην τάξη.

Επιπλέον, η σύνδεση με Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (LLMs) δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να αντλούν εξατομικευμένες απαντήσεις και εναλλακτικές οπτικές. Ο στόχος δεν είναι να αντικατασταθεί ο εκπαιδευτικός, αλλά να ενισχυθεί η μαθησιακή εμπειρία μέσα από την πρόσβαση σε περισσότερες πηγές γνώσης. Μέσω αυτής της διαδικασίας, καλλιεργούνται

μεταγνωστικές δεξιότητες, αφού οι μαθητές εξοικειώνονται με την αξιολόγηση πληροφοριών και την ανάπτυξη κριτικής σκέψης (Flavell, 1979).

Τέλος, η δυνατότητα μετατροπής κειμένου σε ομιλία (Text-to-Speech) ενισχύει την πολυτροπικότητα στη μάθηση. Η ακουστική απόδοση των πληροφοριών είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για μαθητές με δυσλεξία ή άλλες δυσκολίες ανάγνωσης, ακόμα και για τυφλούς μαθητές, καθώς τους επιτρέπει να προσλαμβάνουν τη γνώση με διαφορετικό τρόπο. Η διάσταση αυτή συνδέεται με τις αρχές της Καθολικής Σχεδίασης για Μάθηση (UDL), οι οποίες προτείνουν τη χρήση πολλών μορφών παρουσίασης και επεξεργασίας της πληροφορίας (CAST, 2018).

Ο ακόλουθος πίνακας συνοψίζει την αντιστοίχιση των τεχνικών δυνατοτήτων του συστήματος με τους αντίστοιχους παιδαγωγικούς στόχους:

Τεχνική Δυνατότητα	Παιδαγωγικός Στόχος
Αναγνώριση προσώπου	Εξατομίκευση, συμπερίληψη, ισότιμη συμμετοχή
Αναγνώριση χειρονομιών	Συμμετοχική μάθηση, μείωση άγχους, ενεργοποίηση
Επικοινωνία με LLM	Μεταγνωστική ανάπτυξη, κριτική σκέψη
Μετατροπή κειμένου σε ομιλία (TTS)	Πολυτροπική μάθηση, υποστήριξη μαθησιακών δυσκολιών

Πίνακας 6: Απαιτήσεις Συστήματος με βάση τους Παιδαγωγικούς Στόχους

4.1.5 Ιεράρχηση Απαιτήσεων (Prioritization)

Η ιεράρχηση των απαιτήσεων αποτελεί ένα από τα πιο καθοριστικά στάδια στον σχεδιασμό του διαδραστικού ρομποτικού συστήματος, καθώς διευκολύνει τον σαφή διαχωρισμό ανάμεσα στις λειτουργίες που πρέπει να υλοποιηθούν άμεσα και σε εκείνες που μπορούν να αναπτυχθούν σε μεταγενέστερη φάση. Η μέθοδος MoSCoW, που εισήχθη από τον Clegg και τον Barker (1994), αποτελεί ένα ευρέως αναγνωρισμένο πλαίσιο ιεράρχησης απαιτήσεων έργων. Χρησιμοποιείται ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα ανάπτυξης λογισμικού και συστημάτων για να διευκολύνει την προτεραιοποίηση χαρακτηριστικών και λειτουργιών με σαφήνεια και αποδοτικότητα (Agile Business Consortium, 2006). Η μέθοδος βασίζεται στη διάκριση των απαιτήσεων σε τέσσερις κατηγορίες: Must-Have, Should-Have, Could-Have και Won’t-Have, παρέχοντας έτσι έναν ισορροπημένο τρόπο διαχείρισης αναγκών και προσδοκιών (Stapleton, 1997).

Στο πλαίσιο ανάπτυξης ενός **AI Assistant** με εκπαιδευτική χρήση, η ανάλυση MoSCoW μας επιτρέπει να καθορίσουμε τις λειτουργίες που είναι απολύτως απαραίτητες για τη βασική του λειτουργικότητα, εκείνες που είναι σημαντικές αλλά όχι κρίσιμες, τις δυνητικές επεκτάσεις και, τέλος, όσα χαρακτηριστικά δεν θα ενσωματωθούν στη συγκεκριμένη φάση του έργου.

Must-Have (Απαραίτητες): Σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνονται οι λειτουργίες που διασφαλίζουν την ελάχιστη αποδεκτή λειτουργικότητα του συστήματος, όπως η αναγνώριση χειρονομιών και προσώπου όχι ενός συγκεκριμένου μαθητή αλλά γενικώς ενός οποιοδήποτε μαθητή, η κίνηση του ρομπότ προς τον μαθητή, η βασική επικοινωνία με LLMs και η μετατροπή κειμένου σε ομιλία (TTS). Χωρίς αυτά τα χαρακτηριστικά, το έργο δεν θα μπορούσε να θεωρηθεί ολοκληρωμένο (Clegg & Barker, 1994).

Should-Have (Σημαντικές): Οι λειτουργίες αυτές ενισχύουν την εμπειρία χρήσης, αλλά η απουσία τους δεν καθιστά αδύνατη τη λειτουργία του συστήματος. Σε αυτές ανήκουν η αναγνώριση προφίλ μαθητή, η προσαρμογή του ύφους ομιλίας ανάλογα με τον μαθητή και η ύπαρξη ιστορικού αλληλεπίδρασης για καλύτερη εξατομίκευση (Agile Business Consortium, 2006).

Could-Have (Επιθυμητές): Αποτελούν προσθήκες που μπορούν να βελτιώσουν τη χρηστικότητα και τη λειτουργικότητα του AI Assistant, όπως η πολυγλωσσική υποστήριξη, η δυνατότητα προσωποποιημένης αλληλεπίδρασης για κάθε μαθητή, η διεύρυνση των τύπων αναγνώρισης χειρονομιών, το φιλτράρισμα περιεχομένου για ασφαλή χρήση και η προβολή απαντήσεων σε οθόνη ή διαδραστικό πίνακα (Stapleton, 1997).

Won't-Have (Δεν θα υλοποιηθούν στη φάση αυτή): Περιλαμβάνουν λειτουργίες που, αν και ενδιαφέρουσες, δεν είναι εφικτές ή σκόπιμες για την τρέχουσα φάση ανάπτυξης, όπως η ενσωμάτωση AR/VR περιβάλλοντος, η πλήρης αυτόνομη πλοήγηση στο χώρο, η καταγραφή στατιστικών συμμετοχής, η συμμετοχή στην αξιολόγηση της διδασκαλίας, η αναγνώριση συγκεκριμένων μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες, η αυτόνομη αξιολόγηση μαθητών και η χρήση συναισθηματικής ανάλυσης (Agile Business Consortium, 2006).

Με αυτόν τον τρόπο, η μέθοδος MoSCoW παρέχει μια σαφή και ρεαλιστική βάση για τον στρατηγικό σχεδιασμό και την ανάπτυξη του AI Assistant, εξασφαλίζοντας ότι οι απαραίτητες λειτουργίες υλοποιούνται πρώτες, ενώ αφήνεται περιθώριο για μελλοντική εξέλιξη και εμπλουτισμό του συστήματος.

Εικόνα 2: Η Μέθοδος MoSCow

Εφαρμογή της Μεθόδου MoSCoW στον AI Assistant

Η μέθοδος MoSCoW χρησιμοποιείται στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης για να αποσαφηνίσει και να ιεραρχήσει τις απαιτήσεις του διαδραστικού ρομποτικού συστήματος σε ρόλο AI Assistant στην τάξη. Η κατηγοριοποίηση αυτή συμβάλλει στον καθορισμό προτεραιοτήτων υλοποίησης και εξασφαλίζει ότι οι κρίσιμες λειτουργίες θα είναι διαθέσιμες ήδη από την πρώτη φάση ανάπτυξης, ενώ οι δευτερεύουσες μπορούν να ενσωματωθούν σε μελλοντικές εκδόσεις.

Must-Have (Απαραίτητες Λειτουργίες)

Πρόκειται για τις βασικές λειτουργίες που αποτελούν τον πυρήνα του συστήματος. Χωρίς αυτές, ο AI Assistant δεν θα μπορούσε να εκπληρώσει τον ρόλο του ως διαμεσολαβητή μεταξύ μαθητή και τεχνητής νοημοσύνης:

- **Αναγνώριση χειρονομιών**: Η δυνατότητα του ρομπότ να αναγνωρίζει το σήκωμα παλάμης μαθητή αποτελεί θεμελιώδη συνθήκη για την ενεργή συμμετοχή των μαθητών και την έναρξη της αλληλεπίδρασης.

- **Αναγνώριση μη ταυτοποιημένου προσώπου μαθητή**: Αναγνωρίζει αν βρίσκονται μπροστά του μαθητές. Ακόμα ένας διαφορετικός τρόπος αλληλεπίδρασης με τον μαθητή.
- **Κίνηση του ρομπότ προς τον μαθητή**: Ενισχύει τη φυσικότητα της αλληλεπίδρασης, καθώς το ρομπότ δεν παραμένει παθητικό αλλά ανταποκρίνεται με φυσική κίνηση.
- **Βασική επικοινωνία με LLMs**: Η διασύνδεση με μεγάλα γλωσσικά μοντέλα (LLMs) είναι η κύρια προϋπόθεση για την παροχή απαντήσεων και πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο.
- **Μετατροπή κειμένου σε ομιλία (TTS)**: Η δυνατότητα παραγωγής φυσικής φωνής δίνει στο σύστημα αμεσότητα και ανθρώπινο χαρακτήρα, καθιστώντας την αλληλεπίδραση προσιτή και κατανοητή.

Should-Have (Σημαντικές Λειτουργίες)

Αποτελούν λειτουργίες που δεν είναι απαραίτητες για την αρχική λειτουργικότητα, αλλά ενισχύουν σημαντικά την εμπειρία χρήσης:

- **Αναγνώριση συγκεκριμένου μαθητή:** ίσως μαθητής με μαθησιακές ανάγκες, όπου ο AI Assistant έχει ήδη καταχωρημένη τη διάγνωσή του από την ειδική επιτροπή.
- **Αναγνώριση προφίλ μαθητή**: Επιτρέπει την αποθήκευση μαθητή ο οποίος πιθανόν έχει μαθησιακές δυσκολίες, διευκολύνοντας τη μακροπρόθεσμη εξατομίκευση.
- **Προσαρμογή ύφους ομιλίας**: Η διαφοροποίηση του τρόπου ομιλίας ανάλογα με τον μαθητή ενισχύει τη συναισθηματική σύνδεση και βελτιώνει την παιδαγωγική διάσταση.
- **Ιστορικό αλληλεπίδρασης**: Παρέχει στο σύστημα τη δυνατότητα να «μαθαίνει» από προηγούμενες συνομιλίες, βελτιώνοντας έτσι τη συνέπεια και τη συνέχεια στις απαντήσεις του.

Could-Have (Επιθυμητές Λειτουργίες)

Πρόκειται για πρόσθετες δυνατότητες που θα μπορούσαν να ενισχύσουν το σύστημα και να διαφοροποιήσουν την εμπειρία, αλλά δεν είναι κρίσιμες:

- **Πολυγλωσσική υποστήριξη**: Κάνει το σύστημα πιο συμπεριληπτικό, ιδιαίτερα σε πολυπολιτισμικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.
- **Προσωποποιημένη αλληλεπίδραση**: Δυνατότητα το σύστημα να ανταποκρίνεται διαφορετικά σε κάθε μαθητή βάσει των ιδιαίτερων αναγκών του.

- **Διεύρυνση οπτικής αναγνώρισης**: Αναγνώριση περισσότερων χειρονομιών για πιο φυσική αλληλεπίδραση.

Won’t-Have (Λειτουργίες που δεν θα υλοποιηθούν)

Οι παρακάτω λειτουργίες θεωρούνται μη ρεαλιστικές για το παρόν έργο είτε λόγω πολυπλοκότητας είτε γιατί δεν εξυπηρετούν άμεσα τους στόχους του:

- **Ενσωμάτωση AR/VR περιβάλλοντος**: Πολύπλοκη τεχνολογία που ξεφεύγει από το πλαίσιο της μελέτης.
- **Πλήρης αυτόνομη πλοήγηση**: Δεν απαιτείται για την παρούσα περίπτωση χρήσης.
- **Καταγραφή στατιστικών συμμετοχής**: Αν και χρήσιμη για ερευνητικούς σκοπούς, δεν αποτελεί προτεραιότητα.
- **Αξιολόγηση διδασκαλίας ή μαθητών**: Η ευθύνη της παιδαγωγικής αξιολόγησης παραμένει στον εκπαιδευτικό.
- **Συναισθηματική ανάλυση**: Απαιτεί ιδιαίτερα σύνθετες τεχνικές και δεν εντάσσεται στις βασικές ανάγκες του έργου.

Κατηγορία	Λειτουργίες
Must-Have (Απαραίτητες)	• Αναγνώριση χειρονομιών (σήκωμα χεριού) • Αναγνώριση προσώπου μαθητή • Κίνηση του ρομπότ προς τον μαθητή • Βασική επικοινωνία με LLMs • Μετατροπή κειμένου σε ομιλία (TTS)
Should-Have (Σημαντικές)	• Αναγνώριση προφίλ μαθητή (π.χ. με μαθησιακές δυσκολίες) • Προσαρμογή ύφους ομιλίας • Ιστορικό αλληλεπίδρασης
Could-Have (Επιθυμητές)	• Πολυγλωσσική υποστήριξη • Προσωποποιημένη αλληλεπίδραση • Διεύρυνση οπτικής αναγνώρισης (περισσότερες χειρονομίες)
Won't-Have (Δεν θα υλοποιηθούν)	• Ενσωμάτωση AR/VR περιβάλλοντος • Πλήρης αυτόνομη πλοήγηση • Καταγραφή στατιστικών συμμετοχής • Αξιολόγηση διδασκαλίας ή μαθητών • Συναισθηματική ανάλυση

Πίνακας 7: Εφαρμογή της Μεθόδου MoSCoW στον AI Assistant

4.1.6 Περιορισμοί στην Υλοποίηση του AI Assistant

Η υλοποίηση του AI Assistant, αν και αποδεικνύει τη δυνατότητα αξιοποίησης της ρομποτικής και της τεχνητής νοημοσύνης στη σχολική τάξη, παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα και την κλίμακα της εφαρμογής.

Σε τεχνολογικό επίπεδο, η χρήση του μικροελεγκτή micro:bit και του ρομποτικού οχήματος Maqueen συνοδεύεται από περιορισμούς υπολογιστικής ισχύος και αυτονομίας. Ειδικότερα, η μπαταρία του Maqueen έχει περιορισμένη διάρκεια, γεγονός που απαιτεί συχνές επαναφορτίσεις και μπορεί να διακόψει τη ροή μιας εκπαιδευτικής δραστηριότητας. Επιπλέον, η κάμερα HuskyLens, αν και παρέχει δυνατότητες αναγνώρισης χειρονομιών και προσώπων, λειτουργεί σωστά μόνο κάτω από επαρκές φυσικό φωτισμό και δημιουργεί προβλήματα σε συνθήκες όπου ο φωτισμός δεν είναι επαρκής. Η ανάγκη για διασύνδεση με εξωτερικό υπολογιστή, φορητή συσκευή ή ταμπλέτας, προκειμένου να αξιοποιηθεί το

ChatGPT αποτελεί επίσης περιοριστικό παράγοντα, καθώς αυξάνει την πολυπλοκότητα της εγκατάστασης και της λειτουργίας του συστήματος.

Σε παιδαγωγικό και οργανωτικό επίπεδο, η χρήση του συστήματος προϋποθέτει την ενεργή εμπλοκή του εκπαιδευτικού, τόσο για την καθοδήγηση των μαθητών στη σωστή διατύπωση ερωτήσεων όσο και για την αξιολόγηση της εγκυρότητας των παραγόμενων απαντήσεων. Η αναμονή για την παροχή απάντησης μπορεί να μειώσει την προσοχή μικρότερων μαθητών, ενώ η τεχνική υποστήριξη και η ρύθμιση του εξοπλισμού απαιτούν πρόσθετο χρόνο και δεξιότητες από τον εκπαιδευτικό.

Ιδιαίτερη βαρύτητα έχουν οι δεοντολογικοί και ηθικοί περιορισμοί. Η αναγνώριση γενικώς ενός προσώπου από την HuskyLens εγείρει ζητήματα προστασίας προσωπικών δεδομένων, ειδικά όταν πρόκειται για μαθητές, πόσο μάλλον όταν θα είναι ικανό να αναγνωρίσει συγκεκριμένα πρόσωπα μαθητών που χρειάζονται εξατομικευμένη προσέγγιση. Αργότερα, κατά τη μελλοντική προέκταση της εργασίας αυτής η δυνατότητα καταγραφής και αποθήκευσης προφίλ, π.χ. για μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες όπως η δυσλεξία, δημιουργεί σοβαρά ερωτήματα σχετικά με την ιδιωτικότητα, την ασφάλεια και την ενδεχόμενη στιγματοποίηση. Επιπλέον, η αξιοπιστία των απαντήσεων που παρέχονται από το ChatGPT δεν μπορεί να θεωρηθεί δεδομένη, γεγονός που απαιτεί αυξημένη παιδαγωγική εποπτεία ώστε να αποφευχθεί η παραπληροφόρηση.

Συνολικά, οι παραπάνω περιορισμοί δεν αναιρούν την αξία της παρούσας υλοποίησης, αλλά αναδεικνύουν την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα, τεχνολογικές βελτιώσεις και σαφή θεσμικά πλαίσια που θα διασφαλίζουν την υπεύθυνη και ασφαλή ένταξη τέτοιων εργαλείων στη σχολική πραγματικότητα.

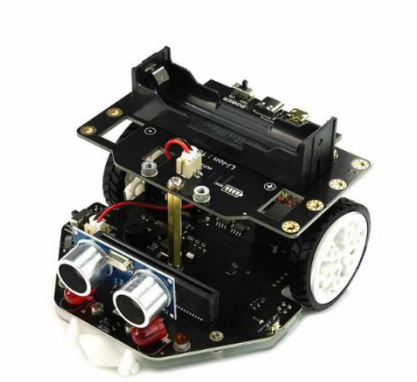
4.2 Επιλογή Υλικού (Hardware) και Λογισμικού (Software)

Η επιτυχής ανάπτυξη ενός διαδραστικού ρομποτικού συστήματος απαιτεί προσεκτική επιλογή τόσο του υλικού όσο και του λογισμικού που θα το υποστηρίξει. Η απόφαση αυτή δεν περιορίζεται στη λειτουργικότητα των επιμέρους συσκευών, αλλά σχετίζεται και με το ευρύτερο παιδαγωγικό πλαίσιο, καθώς το ρομποτικό σύστημα προορίζεται να χρησιμοποιηθεί σε σχολικό περιβάλλον. Συνεπώς, οι επιλογές έπρεπε να εξασφαλίζουν αξιοπιστία, επεκτασιμότητα, φιλικότητα προς τον χρήστη και δυνατότητες διασύνδεσης με εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης.

Υλικό (Hardware)

Η βασική πλατφόρμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο μικροελεγκτής BBC micro:bit, ο οποίος αποτελεί ένα ιδιαίτερα διαδεδομένο εργαλείο για την εκπαίδευση στην υπολογιστική σκέψη και στον προγραμματισμό. Το micro:bit προσφέρει ενσωματωμένους αισθητήρες, απλή διεπαφή εισόδου-εξόδου και εύκολη προγραμματιστική προσβασιμότητα, γεγονός που το καθιστά κατάλληλο για μαθητές δημοτικού (Papadakis, 2023). Η επιλογή του συνδέεται επίσης με την ύπαρξη μιας μεγάλης εκπαιδευτικής κοινότητας που παράγει υποστηρικτικό υλικό, κάτι που διευκολύνει την αξιοποίησή του σε διαφορετικά σενάρια μάθησης.

Πάνω στο micro:bit προσαρμόστηκε το ρομποτικό όχημα Maqueen, μια εκπαιδευτική πλατφόρμα που υποστηρίζει κινητικότητα και αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Το Maqueen διαθέτει κινητήρες, υπερηχητικούς αισθητήρες και δυνατότητα ελέγχου μέσω επέκτασης του micro:bit, επιτρέποντας την ανάπτυξη σεναρίων όπου το ρομπότ αναγνωρίζει και πλησιάζει τον μαθητή. Η χρήση του συμβάλλει στην κατανόηση εννοιών μηχανικής και αυτοματισμού (Smyrnaiou & Sotiriou, 2022).



Εικόνα 3: Εκπαιδευτικό Ρομπότ Maqueen Plus V2

Για την αναγνώριση χειρονομιών και προσώπου αξιοποιήθηκε η κάμερα HuskyLens, η οποία ενσωματώνει αλγορίθμους μηχανικής όρασης και μπορεί να εκπαιδευτεί εύκολα από τον χρήστη χωρίς εξειδικευμένες γνώσεις. Η απλότητα στη ρύθμιση και η ταχύτητα στην αναγνώριση την καθιστούν ιδανική για χρήση από μαθητές και εκπαιδευτικούς σε πραγματικό χρόνο (Wang et al., 2021).

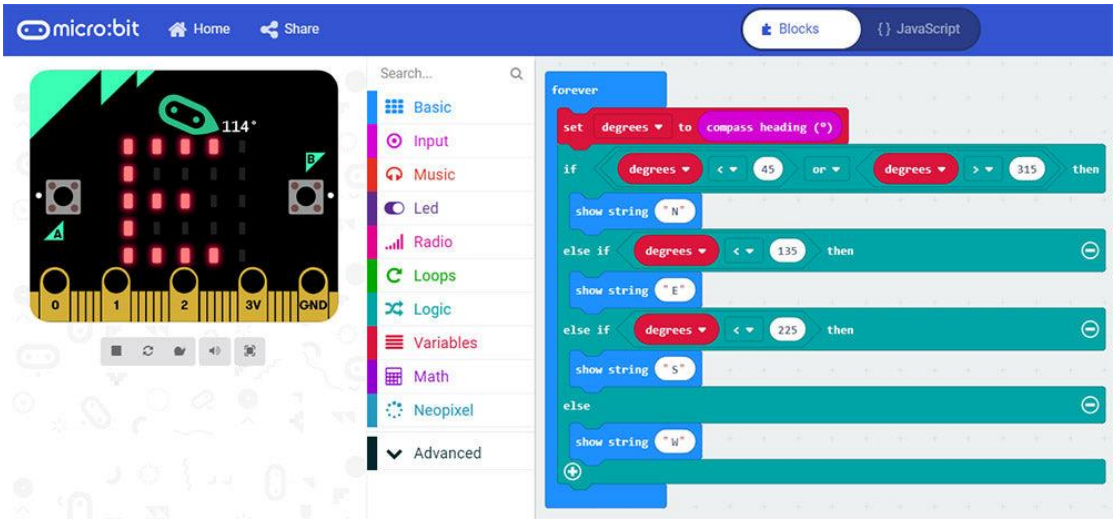
Εικόνα 4: HuskyLens AI Camera

Η ακουστική αλληλεπίδραση υλοποιήθηκε με το Bluetooth ηχείο, το οποίο συνδέεται με τον υπολογιστή και επιτρέπει στο ρομποτικό σύστημα να δίνει φωνητικές απαντήσεις. Η επιλογή του έγινε με κριτήριο τη φορητότητα, την ευκρίνεια ήχου και την απλή διασύνδεση, στοιχεία που ενισχύουν τη φυσικότητα της επικοινωνίας με τους μαθητές (Kaimara et al., 2022).

Τέλος, για τη λειτουργία του συστήματος απαιτήθηκε ένας φορητός υπολογιστής (laptop), ο οποίος αναλαμβάνει την εκτέλεση πιο απαιτητικών διεργασιών, όπως την επικοινωνία με το API της τεχνητής νοημοσύνης, και τη διαχείριση της πληροφορίας που προέρχεται από τις συσκευές εισόδου. Η χρήση laptop επιτρέπει ευελιξία, καθώς παρέχει ισχύ για πολύπλοκες εφαρμογές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο εντός όσο και εκτός σχολικής τάξης.

Λογισμικό (Software)

Η επιλογή λογισμικού για την ανάπτυξη του συστήματος επικεντρώθηκε σε εργαλεία που συνδυάζουν παιδαγωγική καταλληλόλητα, τεχνική ευελιξία και ευκολία χρήσης. Για τον προγραμματισμό του micro:bit χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον Microsoft MakeCode, το οποίο βασίζεται σε γραφική διεπαφή τύπου block-based programming. Το MakeCode επιτρέπει τη συγγραφή προγραμματισμού μέσω απλών οπτικών αναπαραστάσεων, ενώ παράλληλα παρέχει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης επεκτάσεων, όπως αυτή του HuskyLens. Μέσω αυτής της επέκτασης, η κάμερα μπορεί να συνδεθεί απευθείας στο Maqueen και να ελέγχεται από το micro:bit μέσω της θύρας I^2C, χωρίς την ανάγκη εξειδικευμένων γνώσεων σε γλώσσες χαμηλού επιπέδου (Papadakis, 2023).



Εικόνα 5: Περιβάλλον MakeCode για τον προγραμματισμό του Micro:bit

Σε αντίθεση με πιο πολύπλοκα backends όπως Django ή Python scripts, η παρούσα υλοποίηση βασίζεται σε μια διαδικτυακή εφαρμογή (Web App) κατασκευασμένη με HTML, CSS και JavaScript.

Η εφαρμογή αυτή:

- συνδέεται μέσω Web Bluetooth με το micro:bit,
- ενεργοποιεί το Speech-to-Text API του browser για να καταγράψει την ερώτηση του μαθητή,
- επικοινωνεί απευθείας με το OpenAI API για παραγωγή απάντησης,
- χρησιμοποιεί το Web Speech API για Text-to-Speech,
- προβάλλει οπτικά την αλληλεπίδραση στον εκπαιδευτικό και στους μαθητές.

Η φιλοξενία στο Netlify εξασφαλίζει ταχύτητα, σταθερότητα και απλότητα ανάπτυξης, χωρίς ανάγκη διαχείρισης server ή σύνθετης υποδομής. Το μοντέλο αυτό μειώνει σημαντικά το τεχνικό κόστος, ενώ επιτρέπει εύκολες μελλοντικές επεκτάσεις.

Αιτιολόγηση Επιλογών

Η επιλογή του συγκεκριμένου υλικού και λογισμικού έγινε με βάση τέσσερα θεμελιώδη κριτήρια: παιδαγωγική καταλληλόλητα, τεχνική ευελιξία και αξιοπιστία, δυνατότητα μελλοντικής επεκτασιμότητας και οικονομική προσβασιμότητα. Ο μικροελεγκτής micro:bit και η ρομποτική πλατφόρμα Maqueen επιλέχθηκαν διότι αποτελούν ένα σταθερό, εύχρηστο και ευέλικτο σύστημα που επιτρέπει την ανάπτυξη ποικίλων διαδραστικών εφαρμογών. Η κάμερα HuskyLens κρίθηκε κατάλληλη καθώς ενσωματώνει δυνατότητες αναγνώρισης

προσώπου και χειρονομιών σε πραγματικό χρόνο, με απλή σύνδεση μέσω της θύρας I^2C, χωρίς να απαιτούνται πολύπλοκες διαδικασίες εγκατάστασης ή προγραμματισμού.

Στο επίπεδο του λογισμικού, το Microsoft MakeCode όπως και τα υπόλοιπα λογισμικά ανάπτυξης της web based εφαρμογής, προσφέρει ελαφριά, σταθερή και προσιτή διαχείριση του micro:bit και των συνδεδεμένων επεκτάσεών του.

Τέλος, ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στο οικονομικό σκέλος. Όλα τα επιλεγμένα εξαρτήματα χαρακτηρίζονται από προσιτό κόστος, στοιχείο που καθιστά ρεαλιστική την υλοποίηση του συστήματος σε σχολικό περιβάλλον και επιτρέπει την ενσωμάτωσή του από οποιονδήποτε εκπαιδευτικό επιθυμεί να το αξιοποιήσει. Με τον τρόπο αυτόν, το σύστημα παραμένει τεχνικά προηγμένο, παιδαγωγικά χρήσιμο και ταυτόχρονα εφαρμόσιμο σε πραγματικές συνθήκες χωρίς υπερβολικές δαπάνες.

Πιο συγκεκριμένα:

Οι επιλογές υλικού και λογισμικού βασίστηκαν σε τέσσερις πυλώνες:

Παιδαγωγική καταλληλόλητα

Το micro:bit, το Maqueen και η HuskyLens χρησιμοποιούνται ευρέως στη σχολική ρομποτική και προσφέρουν ασφαλή, διαδραστική μάθηση.

Τεχνική αξιοπιστία και ευελιξία

Η αρχιτεκτονική edge-AI cloud (τοπική όραση + web-based AI) διατηρεί το σύστημα ελαφρύ, χωρίς ανάγκη ισχυρού backend ή εξειδικευμένου server.

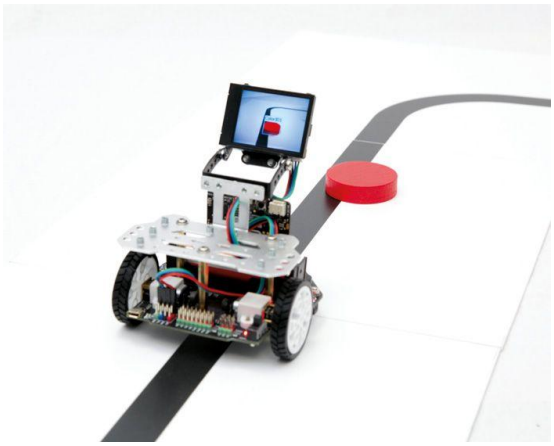
Μελλοντική επεκτασιμότητα

Η web-based προσέγγιση διευκολύνει την προσθήκη νέων λειτουργιών χωρίς αλλαγές στο υλικό.

Προσιτό κόστος

Όλα τα εξαρτήματα είναι οικονομικά, γεγονός που επιτρέπει την υλοποίηση του συστήματος ακόμη και από εκπαιδευτικούς χωρίς πρόσθετη χρηματοδότηση.

Με βάση τα παραπάνω, το σύστημα διαμορφώθηκε ως μια ισορροπημένη λύση μεταξύ τεχνολογικής και παιδαγωγικής καταλληλότητας, πλήρως προσαρμοσμένη στις ανάγκες ενός σύγχρονου σχολικού περιβάλλοντος.



Εικόνα 6: Maqueen με HuskyLens AI Camera

4.3 Σχεδιασμός Αρχιτεκτονικής του Συστήματος

Η αρχιτεκτονική ενός διαδραστικού ρομποτικού συστήματος δεν περιορίζεται στη συνένωση επιμέρους εξαρτημάτων· αποτελεί το πλαίσιο μέσα στο οποίο ορίζονται οι ροές δεδομένων και οι μηχανισμοί ελέγχου. Η οργάνωση του συστήματος σε διακριτά επίπεδα συμβάλλει τόσο στη μείωση της πολυπλοκότητας όσο και στη δυνατότητα μελλοντικής αναβάθμισης, στοιχείο ιδιαίτερα σημαντικό σε τεχνολογίες που εξελίσσονται ραγδαία (Papadakis, 2023). Για τον σκοπό αυτόν, το προτεινόμενο σύστημα υιοθετεί τριεπίπεδη δομή, αποτελούμενη από το υλικό επίπεδο (hardware layer), το επίπεδο ελέγχου και αλληλεπίδρασης (interaction and control layer) και το επίπεδο εφαρμογών και υπηρεσιών (application and services layer).

Υλικό Επίπεδο (Hardware Layer)

Στο πρώτο επίπεδο εντάσσονται οι συσκευές που συγκροτούν τον φυσικό πυρήνα της αρχιτεκτονικής. Ο μικροελεγκτής micro:bit λειτουργεί ως κεντρική μονάδα ελέγχου, διαχειριζόμενος σήματα από το Maqueen, το οποίο προσδίδει κινητικότητα και δυνατότητες αυτόνομης κίνησης. Η κάμερα HuskyLens, συνδεδεμένη μέσω διαύλου I^2C, ενσωματώνει λειτουργίες μηχανικής όρασης, επιτρέποντας την αναγνώριση χειρονομιών και προσώπων (Wang et al., 2021). Συμπληρωματικά, το Bluetooth ηχείο παρέχει φωνητική έξοδο, ενώ ο φορητός υπολογιστής αναλαμβάνει τις υπολογιστικά απαιτητικές διεργασίες, όπως την επεξεργασία δεδομένων και την επικοινωνία με τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης.

Επίπεδο Ελέγχου και Αλληλεπίδρασης (Interaction and Control Layer)

Το δεύτερο επίπεδο της αρχιτεκτονικής αφορά το λογισμικό που συντονίζει την επικοινωνία και τη συνεργασία των επιμέρους συσκευών. Ο μικροελεγκτής micro:bit προγραμματίζεται μέσω του Microsoft MakeCode, αξιοποιώντας εξειδικευμένες βιβλιοθήκες που διευκολύνουν την επικοινωνία με το Maqueen και την κάμερα HuskyLens, επιτρέποντας τη λήψη δεδομένων αισθητήρων και τον έλεγχο της κίνησης του ρομπότ (Kalogiannakis & Papadakis, 2021).

Σε ανώτερο επίπεδο, η διαδικτυακή εφαρμογή που υλοποιήθηκε σε JavaScript λειτουργεί ως κεντρικός κόμβος αλληλεπίδρασης: λαμβάνει μέσω Bluetooth το αναγνωριστικό σήμα από το micro:bit, ενεργοποιεί τον μηχανισμό αναγνώρισης ομιλίας (Speech-to-Text), διαμορφώνει το ανάλογο prompt και αποστέλλει το αίτημα στο μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης. Η απάντηση που επιστρέφεται μετατρέπεται άμεσα σε φωνητική έξοδο μέσω Text-to-Speech, δημιουργώντας μια δυναμική και άμεση μορφή επικοινωνίας μεταξύ του χρήστη και του ρομποτικού συστήματος (Sidiropoulou & Anagnostidou, 2024). Συγχρόνως στην εφαρμογή καταγράφεται και με λόγια στην εφαρμογή. Έτσι ώστε ένα μαθητής να μπορεί να διαβάσει την απάντηση του AI Assistant σε κείμενο και όχι μόνο να την ακούσει. Αυτό εξυπηρετεί την περίπτωση που εκείνη τη στιγμή δεν είναι επιτρεπτή η αναπαραγωγή ήχου στην τάξη, ή είναι απαραίτητη η ανάγνωση όσων ο AI Assistant λέει. Επίσης με αυτό τον τρόπο εξυπηρετούνται οι μαθητές που έχουν κάποια αναπηρία στην ακοή.

Επίπεδο Εφαρμογών και Υπηρεσιών (Application and Services Layer)

Στο ανώτερο επίπεδο, η αρχιτεκτονική ενισχύεται από διαδικτυακές υπηρεσίες που επεκτείνουν τη λειτουργικότητα του συστήματος και επιτρέπουν την απρόσκοπτη αλληλεπίδραση μεταξύ χρήστη, ρομποτικής πλατφόρμας και τεχνητής νοημοσύνης. Η εφαρμογή υλοποιήθηκε ως διαδικτυακό περιβάλλον σε JavaScript και φιλοξενείται στη πλατφόρμα Netlify, προσφέροντας υψηλή διαθεσιμότητα, άμεση πρόσβαση από οποιαδήποτε συσκευή και αυτόματη προσαρμογή σε διαφορετικά λειτουργικά περιβάλλοντα.

Μέσα από τον φυλλομετρητή, αξιοποιούνται σύγχρονες διεπαφές του Web Platform API, όπως το Web Bluetooth για την ασύρματη επικοινωνία με το micro:bit και το Web Speech API για την αναγνώριση και σύνθεση ομιλίας. Παράλληλα, η επικοινωνία με το μεγάλο γλωσσικό μοντέλο πραγματοποιείται μέσω του OpenAI API, επιτρέποντας την παραγωγή προσαρμοσμένων απαντήσεων σε πραγματικό χρόνο. Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα

αποκτά ευελιξία, φορητότητα και δυνατότητα άμεσης χρήσης χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης πρόσθετου λογισμικού.

Συνολική Προσέγγιση Σχεδιασμού

Η σχεδιαστική φιλοσοφία εστιάζει σε τρεις άξονες: απλότητα, διαλειτουργικότητα και οικονομική βιωσιμότητα. Η επιλογή χαμηλού κόστους υλικού σε συνδυασμό με ανοιχτές και επεκτάσιμες πλατφόρμες λογισμικού καθιστά το σύστημα τεχνικά επαρκές αλλά και ρεαλιστικό από άποψη κόστους. Η τριεπίπεδη διάρθρωση επιτρέπει την ανεξάρτητη αναβάθμιση κάθε υποσυστήματος, γεγονός που διασφαλίζει ανθεκτικότητα και προσαρμοστικότητα σε μελλοντικές απαιτήσεις. Έτσι, η αρχιτεκτονική δεν καλύπτει μόνο τις τρέχουσες ανάγκες αλλά δημιουργεί και τις προϋποθέσεις για εξέλιξη στο μέλλον.

1. **Προετοιμασία Υλικού και Βασική Συναρμολόγηση**

Η ανάπτυξη του συστήματος ξεκίνησε με την προσεκτική προετοιμασία και συναρμολόγηση του υλικού. Το micro:bit στερεώθηκε στη βάση του Maqueen και συνδέθηκε στην τροφοδοσία του, ενώ η κάμερα HuskyLens τοποθετήθηκε στο εμπρόσθιο τμήμα του ρομπότ, σε σταθερή γωνία θέασης. Η επικοινωνία μεταξύ των δύο συσκευών υλοποιήθηκε μέσω του διαύλου I^2C, επιτρέποντας γρήγορη και σταθερή μεταφορά δεδομένων. Παράλληλα, ο φορητός υπολογιστής ή κάποια έξυπνη συσκευή, ρυθμίστηκε ως κεντρικός κόμβος αλληλεπίδρασης, με ενεργοποιημένο Bluetooth για τη σύνδεση με το micro:bit και το εξωτερικό ηχείο που χρησιμοποιείται για την τελική φωνητική απόδοση (DFRobot, 2022; HuskyLens, 2021).

2. **Βαθμονόμηση της HuskyLens και Προσαρμογή Παραμέτρων**

Μετά τη συναρμολόγηση του υλικού ακολούθησε η βαθμονόμηση της HuskyLens, η οποία πραγματοποιήθηκε μέσα από το ενσωματωμένο μενού της συσκευής. Στο στάδιο αυτό ορίστηκαν οι κατάλληλες λειτουργίες αναγνώρισης, ενώ έγινε λεπτομερής προσαρμογή των παραμέτρων εμπιστοσύνης ώστε η κάμερα να ανταποκρίνεται αξιόπιστα στον εντοπισμό ανθρώπου ή στη χειρονομία της σηκωμένης παλάμης. Η διαδικασία περιλάμβανε δοκιμές σε διαφορετικές αποστάσεις, γωνίες και συνθήκες φωτισμού, μέχρι να διασφαλιστεί σταθερή απόδοση σε συνθήκες σχολικής τάξης.

3. **Ανάπτυξη Λογικής στο micro:bit μέσω MakeCode**

Το προγραμματιστικό σκέλος του micro:bit αναπτύχθηκε στο Microsoft MakeCode, αξιοποιώντας τις επεκτάσεις Maqueen και HuskyLens. Ο μικροελεγκτής έχει σχεδιαστεί ώστε να διαχειρίζεται μόνο την απαραίτητη τοπική λογική, διατηρώντας χαμηλή πολυπλοκότητα.

Στην πράξη, το micro:bit αναλαμβάνει να συλλέγει δεδομένα της HuskyLens, να μετατρέπει τις ενδείξεις σε καταστάσεις (π.χ. αναγνώριση προσώπου, ανάγκη προσέγγισης ή διακοπής κίνησης) και να ελέγχει απευθείας τους κινητήρες του Maqueen. Όταν εντοπιστεί μαθητής, το micro:bit αποστέλλει σχετικό μήνυμα στον υπολογιστή μέσω Bluetooth, ενεργοποιώντας το επόμενο επίπεδο του συστήματος (micro:bit Foundation, 2023).

4. Επικοινωνία μέσω Web Bluetooth και Πρωτόκολλο Μηνυμάτων

Η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ micro:bit και υπολογιστή πραγματοποιείται με τη χρήση της Web Bluetooth API, η οποία επιτρέπει ασφαλή ασύρματη επικοινωνία απευθείας μέσα από τον browser. Για τη διευκόλυνση της διαδικασίας, υιοθετήθηκε ένα απλό και σταθερό πρωτόκολλο μηνυμάτων. Τα γεγονότα αποστέλλονται ως συμβολοσειρές μικρού μήκους, οι οποίες ερμηνεύονται από την εφαρμογή στον υπολογιστή. Η λιτή αυτή σχεδίαση ελαχιστοποιεί την πιθανότητα σφαλμάτων και καθιστά εύκολη τη συντήρηση της συνολικής αρχιτεκτονικής.

5. Ανάπτυξη Διαδικτυακής Εφαρμογής (Web App)

Η διαδικτυακή εφαρμογή αναπτύχθηκε με HTML, CSS και JavaScript και φιλοξενείται στο Netlify, αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματα των serverless υπηρεσιών και της γρήγορης διανομής περιεχομένου. Η εφαρμογή λειτουργεί ως κεντρικός μηχανισμός ελέγχου του συστήματος, αφού συνδέεται με το micro:bit, ενεργοποιεί την υπηρεσία Αναγνώρισης Ομιλίας του browser και διαχειρίζεται την επικοινωνία με το γλωσσικό μοντέλο της OpenAI. Η λειτουργία αυτή επιτρέπει στο σύστημα να προσφέρει προηγμένες δυνατότητες τεχνητής νοημοσύνης χωρίς την ανάγκη εξειδικευμένου λογισμικού ή ισχυρού υλικού, αφού όλες οι διεργασίες εκτελούνται μέσα από τον browser.

6. Επικοινωνία με Γλωσσικό Μοντέλο και Διαχείριση Απαντήσεων

Η επικοινωνία με το γλωσσικό μοντέλο της OpenAI πραγματοποιείται μέσω ασφαλών HTTPS αιτημάτων. Η Web App δημιουργεί δυναμικά το κατάλληλο prompt με βάση τα δεδομένα που έρχονται από το micro:bit, λαμβάνει την απάντηση σε μορφή κειμένου και την προσαρμόζει αναλόγως για να γίνει κατανοητή από μαθητές. Η διαδικασία επεξεργασίας περιλαμβάνει φιλτράρισμα περιττών λεπτομερειών, επιλογή κατάλληλου ύφους και έλεγχο του τελικού μήκους της απάντησης, ώστε να διατηρείται η συνοχή και η παιδαγωγική καταλληλόλητα του περιεχομένου.

7. Παραγωγή Φωνητικής Απόδοσης και Ακουστική Ενσωμάτωση

Η τελική απόκριση του συστήματος παράγεται μέσω της Web Speech API, η οποία μετατρέπει το κείμενο σε φωνή. Ο ήχος αναπαράγεται σε Bluetooth ηχείο τοποθετημένο στο ρομπότ,

δίνοντας την εντύπωση ότι το ίδιο το Maqueen “μιλά” στον μαθητή. Η διάταξη αυτή ενισχύει τη φυσικότητα της αλληλεπίδρασης και δημιουργεί μια πιο ελκυστική εμπειρία στην τάξη. Κατά τις δοκιμές βελτιστοποιήθηκαν ο ρυθμός ομιλίας, το είδος φωνής και η καθυστέρηση στην αναπαραγωγή, ώστε η συνολική απόκριση να διατηρείται ομαλή.

8. Δοκιμές, Συντονισμός και Εξασφάλιση Ανθεκτικότητας

Το σύστημα αξιολογήθηκε με σταδιακές δοκιμές που ξεκίνησαν από την ανεξάρτητη αξιολόγηση των οπτικών και κινητικών υποσυστημάτων και κατέληξαν στον πλήρη έλεγχο της συνολικής αλυσίδας αλληλεπίδρασης. Η διαδικασία περιλάμβανε έλεγχο της HuskyLens, του Maqueen, της σύνδεσης Bluetooth και της διαδικτυακής εφαρμογής. Με βάση τα αποτελέσματα πραγματοποιήθηκαν βελτιώσεις στις παραμέτρους αναγνώρισης, στη συμπεριφορά του ρομπότ και στη διαχείριση χρόνων καθυστέρησης, με στόχο την απρόσκοπτη λειτουργία σε πραγματικές συνθήκες σχολικής τάξης.

9. Ζητήματα Ασφάλειας και Προστασίας Δεδομένων

Καθ’ όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης δόθηκε προτεραιότητα στην προστασία της ιδιωτικότητας των μαθητών. Η HuskyLens δεν αποθηκεύει εικόνες αλλά λειτουργεί με εσωτερικές αναπαραστάσεις, ενώ η αναγνώριση ομιλίας του browser δεν καταγράφει ήχο. Τα δεδομένα που αποστέλλονται στο γλωσσικό μοντέλο περιορίζονται αυστηρά στο περιεχόμενο της ερώτησης, χωρίς προσωπικά στοιχεία. Με τον τρόπο αυτό, το σύστημα συμμορφώνεται με τις αρχές ελαχιστοποίησης δεδομένων και διασφαλίζει ότι η τεχνητή νοημοσύνη λειτουργεί χωρίς συγκέντρωση ευαίσθητων πληροφοριών (Papadakis, 2023).

4.4 Ανάπτυξη Λογισμικού του AI Assistant

Η ανάπτυξη του λογισμικού για τον διαδραστικό ρομποτικό βοηθό AI Assistant στηρίχθηκε σε τέσσερις επιμέρους λειτουργικές ενότητες που συνεργάζονται μεταξύ τους: αναγνώριση προσώπου, ανίχνευση χειρονομιών, επικοινωνία με μεγάλο γλωσσικό μοντέλο (LLM) και μετατροπή κειμένου σε φωνή (Text-to-Speech). Η ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών οδήγησε στη δημιουργία ενός ευφυούς ρομποτικού συστήματος, το οποίο μπορεί να αναγνωρίζει τους μαθητές, να αντιλαμβάνεται βασικές κινήσεις, να συνομιλεί μέσω τεχνητής νοημοσύνης και να απαντά με φυσικό, φωνητικό τρόπο.

Οι λειτουργίες όρασης, όπως η αναγνώριση προσώπου και χειρονομιών, εκτελούνται τοπικά στη μονάδα HuskyLens, η οποία διαθέτει δικό της μικροεπεξεργαστή. Αντίθετα, οι λειτουργίες κατανόησης και παραγωγής φυσικής γλώσσας πραγματοποιούνται στον

υπολογιστή μέσω του ChatGPT API, το οποίο επιτρέπει την παραγωγή εξατομικευμένων γλωσσικών απαντήσεων με βάση τα δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες (Li & Wang, 2022).

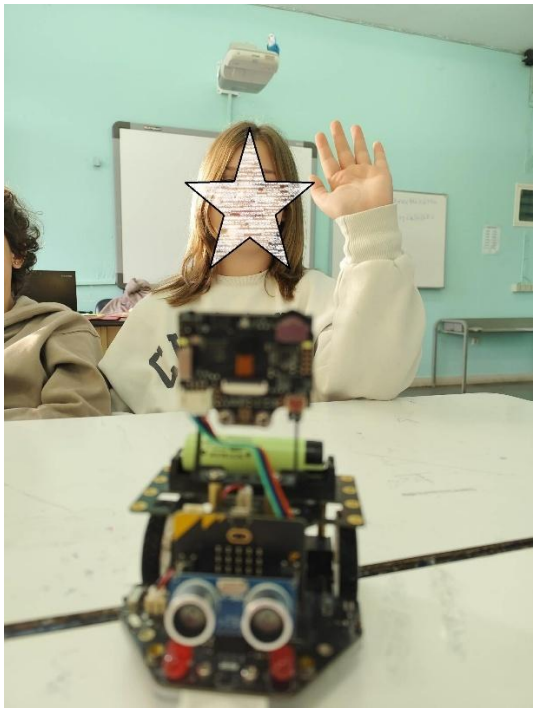
4.4.1 Ενσωμάτωση Αναγνώρισης Χειρονομίας

Η πρώτη βασική λειτουργία αφορά την αναγνώριση χειρονομιών, που επιτρέπει στο ρομπότ να ενεργοποιείται όταν ένας μαθητής σηκώσει την παλάμη του στο ύψος του θρανίου. Η HuskyLens, σε object recognition mode, έχει εκπαιδευτεί να αναγνωρίζει το σχήμα της παλάμης ως διακριτό αντικείμενο (ID1). Όταν η κάμερα εντοπίσει αυτή τη χειρονομία, στέλνει σήμα στο micro:bit για να ενεργοποιήσει την προσέγγιση του ρομπότ.

Ο αλγόριθμος της HuskyLens υλοποιεί feature matching μέσω συνελικτικών νευρωνικών δικτύων (CNNs), τα οποία συγκρίνουν τα χαρακτηριστικά του αντικειμένου σε κάθε καρέ με τα δεδομένα εκπαίδευσης. Η επικοινωνία με το micro:bit γίνεται μέσω του πρωτοκόλλου I2C, και οι εντολές κατεύθυνσης μετατρέπονται σε PWM σήματα για την κίνηση του Maqueen (Zhang et al., 2021).

Όταν η παλάμη εντοπιστεί εντός προκαθορισμένης περιοχής, το ρομπότ πλησιάζει τον μαθητή. Η απόσταση και η γωνία προσέγγισης υπολογίζονται δυναμικά από τις συντεταγμένες του αντικειμένου (x, y) στο καρέ. Στη συνέχεια, η HuskyLens απλώς ενεργοποιεί τη γενική λειτουργία συνομιλίας, προωθώντας την αλληλεπίδραση στο LLM για τυπικό διάλογο.

Η αναγνώριση χειρονομιών λειτουργεί έτσι ως φυσικός μηχανισμός εκκίνησης της επικοινωνίας, παρέχοντας στο ρομπότ την ικανότητα να αντιδρά σε μη λεκτικά ερεθίσματα του περιβάλλοντος, στοιχείο που ενισχύει τη φυσικότητα και τη ρεαλιστική συμπεριφορά του (Huang et al., 2023).



Εικόνα 7: Αναγνώριση Χειρονομίας

4.4.2 Ενσωμάτωση Αναγνώρισης Προσώπου

Η ενσωμάτωση αναγνώρισης προσώπου επιτεύχθηκε κι εκείνη μέσω της κάμερας HuskyLens, η οποία υποστηρίζει λειτουργίες τεχνητής όρασης και μηχανικής μάθησης ενσωματωμένες στο υλικό (embedded AI). Η συσκευή επικοινωνεί με το micro:bit μέσω σειριακής θύρας UART και λειτουργεί σε Face recognition mode, επιτρέποντας την εκπαίδευση και αποθήκευση προσώπων απευθείας στη μνήμη της. Παρόλα αυτά εκπαιδεύτηκε και αποθηκεύτηκε στον αλγόριθμο Object Recognition, και όχι στο Face recognition η γενική μορφή και το πρόσωπο ενός ανθρώπου ως personID1, έτσι ώστε να μην αναγνωρίζει συγκεκριμένα πρόσωπα αλλά γενικά έναν άνθρωπο. Στον αλγόριθμο Face Recognition εκπαιδεύτηκε δοκιμαστικά να αναγνωρίζει συγκεκριμένους μαθητές με διαγνωσμένες παθήσεις π.χ Δυσλεξία ή ΔΕΠΥ ώστε να απαντάει εξατομικευμένα και με κατάλληλο τρόπο στις απορίες τους με απώτερο σκοπό τη συνέχιση της παρούσας μελέτης σε ανώτερο επίπεδο.

Όταν η HuskyLens εντοπίζει ένα πρόσωπο που δεν έχει προηγουμένως καταχωριστεί, δημιουργεί έναν μοναδικό αναγνωριστικό κωδικό (ID) και τον αποστέλλει στο micro:bit μέσω I2C. Το micro:bit μεταδίδει στη συνέχεια το ID στον υπολογιστή μέσω Bluetooth Low Energy, επιτρέποντας στην διαδικτυακή εφαρμογή να αναγνωρίσει ότι υπάρχει μαθητής μπροστά από το ρομποτικό σύστημα. Η εφαρμογή, αξιοποιώντας το ID που λαμβάνει, ενεργοποιεί το κατάλληλο προφίλ αλληλεπίδρασης και προσαρμόζει τη γλωσσική συμπεριφορά του

συστήματος, καθορίζοντας το ύφος, την πολυπλοκότητα και την παιδαγωγική στόχευση της απάντησης που θα παραχθεί από το μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης – μέσω prompt.

Εικόνα 8: Αναγνώριση Προσώπου

4.4.3 Επικοινωνία με Μεγάλο Γλωσσικό Μοντέλο (LLM)

Η διαδικτυακή εφαρμογή AI Assistant λειτουργεί ως ο πυρήνας της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στον μαθητή και το ρομποτικό σύστημα. Στην ενότητα αυτή τεκμηριώνεται αναλυτικά ο τρόπος με τον οποίο η εφαρμογή συλλέγει την ερώτηση του μαθητή, διαμορφώνει το prompt, επικοινωνεί με το μεγάλο γλωσσικό μοντέλο της OpenAI, παράγει φωνή και συντονίζει το ρομπότ μέσω Bluetooth.

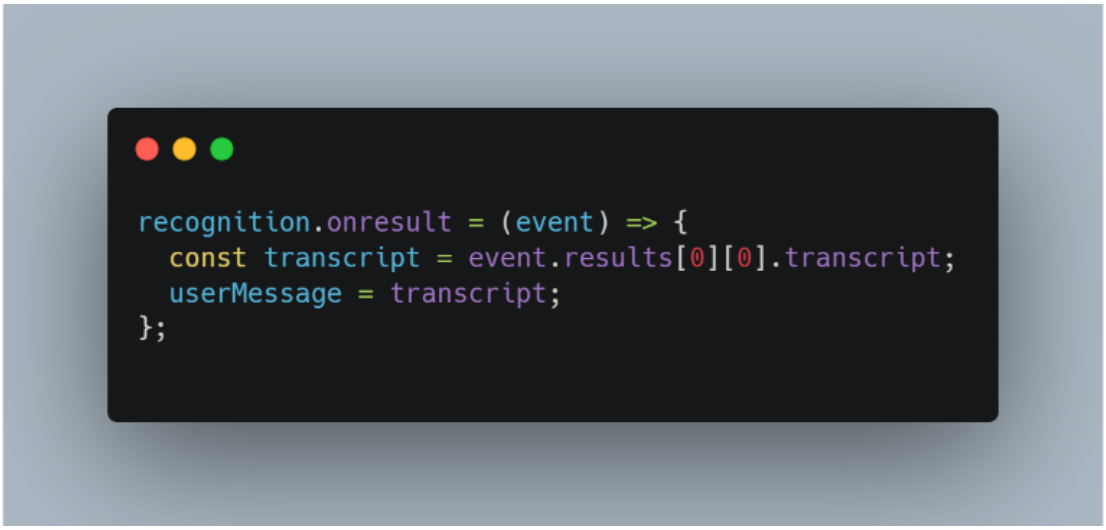
Συγκεκριμένα, στη γενική λειτουργία του υπάρχει προσαρμοσμένο prompt που καθορίζει πώς θα απαντήσει το μεγάλο γλωσσικό μοντέλο (LLM). Για παράδειγμα: "Μίλα σαν ευγενικός AI Assistant ή σαν εκπαιδευτικός για παιδιά και εφήβους. Βρίσκεσαι μέσα στην τάξη για να βοηθήσεις τους μαθητές όταν σε χρειάζονται. Απάντα απλά και κατανοητά". Αν χρησιμοποιηθεί για μαθητές με μαθησιακές ανάγκες το prompt μπορεί να περιλαμβάνει οδηγία όπως: “Απάντησε με απλές, σύντομες φράσεις και χρησιμοποίησε καθημερινό λεξιλόγιο, σύμφωνα με την διάγνωση ……..” Αντίστοιχα, για μαθητή με ΔΕΠΥ το σύστημα δίνει οδηγία να διαμορφωθεί απάντηση σύντομη, ενθαρρυντική και παρακινητική (Yin et al., 2024). Με αυτόν τον τρόπο, η αναγνώριση προσώπου συνδέεται λειτουργικά με προσαρμοσμένη αλληλεπίδραση (adaptive dialogue) βάσει της μαθησιακής διάγνωσης, επιτρέποντας στον AI Assistant να υποστηρίζει ενεργά τη διαφοροποιημένη μάθηση

(Sidiropoulou & Anagnostidou, 2024), κάτι που ναι μεν δοκιμάστηκε πιλοτικά στην παρούσα εργασία, αλλά η υλοποίηση προτείνεται για μελλοντική εξέλιξη της.

Λειτουργία Αναγνώρισης Ομιλίας

Η αλληλεπίδραση αρχίζει όταν ο μαθητής πατήσει το κουμπί ενεργοποίησης ομιλίας. Η εφαρμογή ενεργοποιεί τον μηχανισμό *Speech-to-Text* μέσω του Web Speech API, ο οποίος μετατρέπει την προφορική ερώτηση σε κείμενο.

Στο αρχείο **app.js**, το event ορίζεται ως εξής:



Εικόνα 9: Λειτουργία Αναγνώρισης Ομιλίας

Η διαδικασία αυτή επιτρέπει στον μαθητή να απευθύνει φυσικές ερωτήσεις στον βοηθό, χωρίς ανάγκη πληκτρολόγησης. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, η αλληλεπίδραση μέσω φωνής συμβάλλει στη μείωση γνωστικού φόρτου και στην αύξηση της προσβασιμότητας σε μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες (Yin et al., 2024).

Δημιουργία Εκπαιδευτικού Prompt

Μετά την αναγνώριση της ομιλίας, το σύστημα ενσωματώνει το κείμενο σε ένα ειδικά διαμορφωμένο prompt, το οποίο καθορίζει την παιδαγωγική ταυτότητα του AI Assistant.

```
messages: [
  {
    role: "user",
    content:
      "Μίλα σαν ευγενικός AI Assistant ή σαν εκπαιδευτικός για παιδιά και εφήβους. " +
      "Βρίσκεσαι μέσα στην τάξη για να βοηθήσεις τους μαθητές όταν σε χρειάζονται. " +
      "Απάντα απλά και κατανοητά. Ερώτηση: " + prompt,
  },
],
```

Εικόνα 10: Δημιουργία Εκπαιδευτικού Prompt

Το prompt αυτό λειτουργεί ως *γνωστικό φίλτρο* που καθοδηγεί το LLM να απαντήσει:

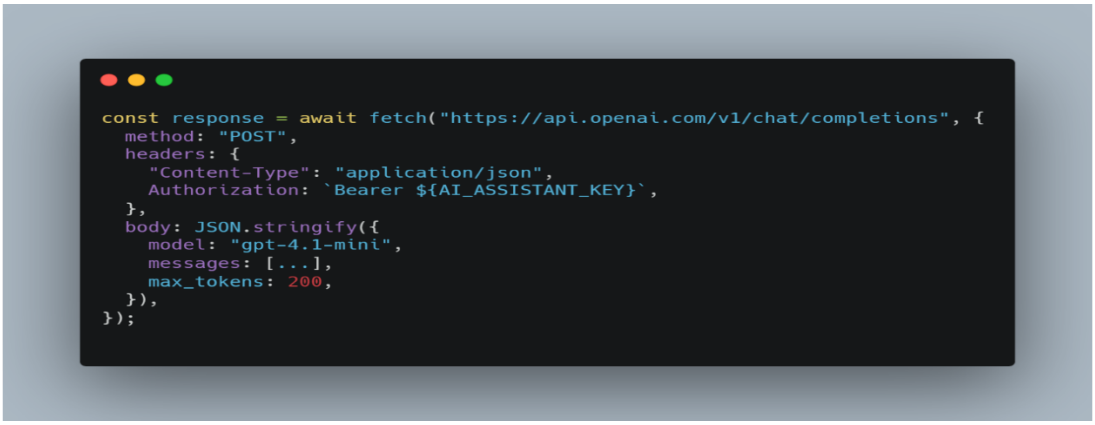
- απλά,
- κατανοητά,
- παιδαγωγικά,
- με φιλικό και προσιτό ύφος.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η χρήση στοχευμένων prompts η οποία έχει αναδειχθεί ως βασικός τεχνικός μηχανισμός στη διαμόρφωση συμπεριφοράς των LLM (Brown et al., 2020).

Αποστολή Αιτήματος στο LLM και Παραλαβή Απάντησης

Η επικοινωνία με το μοντέλο πραγματοποιείται με HTTP POST αίτημα προς το OpenAI API, χρησιμοποιώντας το μοντέλο gpt-4.1-mini, το οποίο προσφέρει χαμηλή καθυστέρηση (latency) και επαρκή ποιότητα για χρήση στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Ο κώδικας που χειρίζεται το αίτημα είναι:



```
const response = await fetch("https://api.openai.com/v1/chat/completions", {
  method: "POST",
  headers: {
    "Content-Type": "application/json",
    Authorization: `Bearer ${AI_ASSISTANT_KEY}`,
  },
  body: JSON.stringify({
    model: "gpt-4.1-mini",
    messages: [...],
    max_tokens: 200,
  }),
});
```

Εικόνα 11: Αποστολή Αιτήματος στο LLM και Παραλαβή Απάντησης

Η απάντηση του μοντέλου λαμβάνεται και επεξεργάζεται ως εξής:

```
let reply = data.choices[0].message.content;
```

Εικόνα 12: Απάντηση LLM

Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένας δυναμικός διάλογος μεταξύ μαθητή και βοηθού, με υψηλό βαθμό φυσικότητας και προσαρμοστικότητας, κάτι που αναδεικνύεται ιδιαίτερα στη σύγχρονη βιβλιογραφία για Human–AI Interaction (Yin et al., 2024).

Σύνθεση Φωνής (Text-to-Speech)

Η κειμενική απάντηση του LLM μετατρέπεται σε φωνή μέσω του μοντέλου gpt-4o-mini-tts. Η διαδικασία υλοποιείται ως εξής:

```
const response = await fetch("https://api.openai.com/v1/audio/speech", {
  method: "POST",
  headers: {
    "Content-Type": "application/json",
    Authorization: `Bearer ${AI_ASSISTANT_KEY}`,
  },
  body: JSON.stringify({
    model: "gpt-4o-mini-tts",
    voice: "verse",
    input: text,
  }),
});
```

Εικόνα 13: Σύνθεση Φωνής (Text-to-Speech)

Το παραγόμενο αρχείο ήχου παίζει:

- είτε από το κινητό του μαθητή,
- είτε από Bluetooth ηχείο τοποθετημένο πάνω στο ρομπότ.

Με τον δεύτερο τρόπο, ο μαθητής έχει την αίσθηση ότι το ίδιο το ρομπότ είναι αυτό που «μιλά». Σε συνδυασμό ίσως με κατάλληλη κίνηση των LED του Micro:bit, δίνεται η αίσθηση «πραγματικής ομιλίας του AI - Assistant»

Επικοινωνία με το Ρομπότ μέσω Bluetooth Low Energy (BLE)

Η εφαρμογή επικοινωνεί με το micro:bit μέσω του πρωτοκόλλου Bluetooth Low Energy (BLE) και της υπηρεσίας Nordic UART Service. Για να ενημερωθεί το ρομπότ ότι το LLM ξεκινά να μιλά, αποστέλλεται η εντολή:

Εικόνα 14: Επικοινωνία με το Ρομπότ μέσω Bluetooth Low Energy (BLE)

Το micro:bit την ανιχνεύει και ενεργοποιεί animation (όπως κινούμενο «στόμα» στο LED matrix). Το αποτέλεσμα είναι μία συνεκτική πολυτροπική αλληλεπίδραση:

- φωνή από το ηχείο,
- οπτικό animation στο ρομπότ,
- αναγνώριση χειρονομίας/κοντινότητας από HuskyLens,
- απάντηση από LLM.

Η τεχνολογία BLE επιτρέπει σταθερή επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο, με ελάχιστο ενεργειακό κόστος και υψηλή αξιοπιστία.

Συνολικός Κύκλος Αλληλεπίδρασης

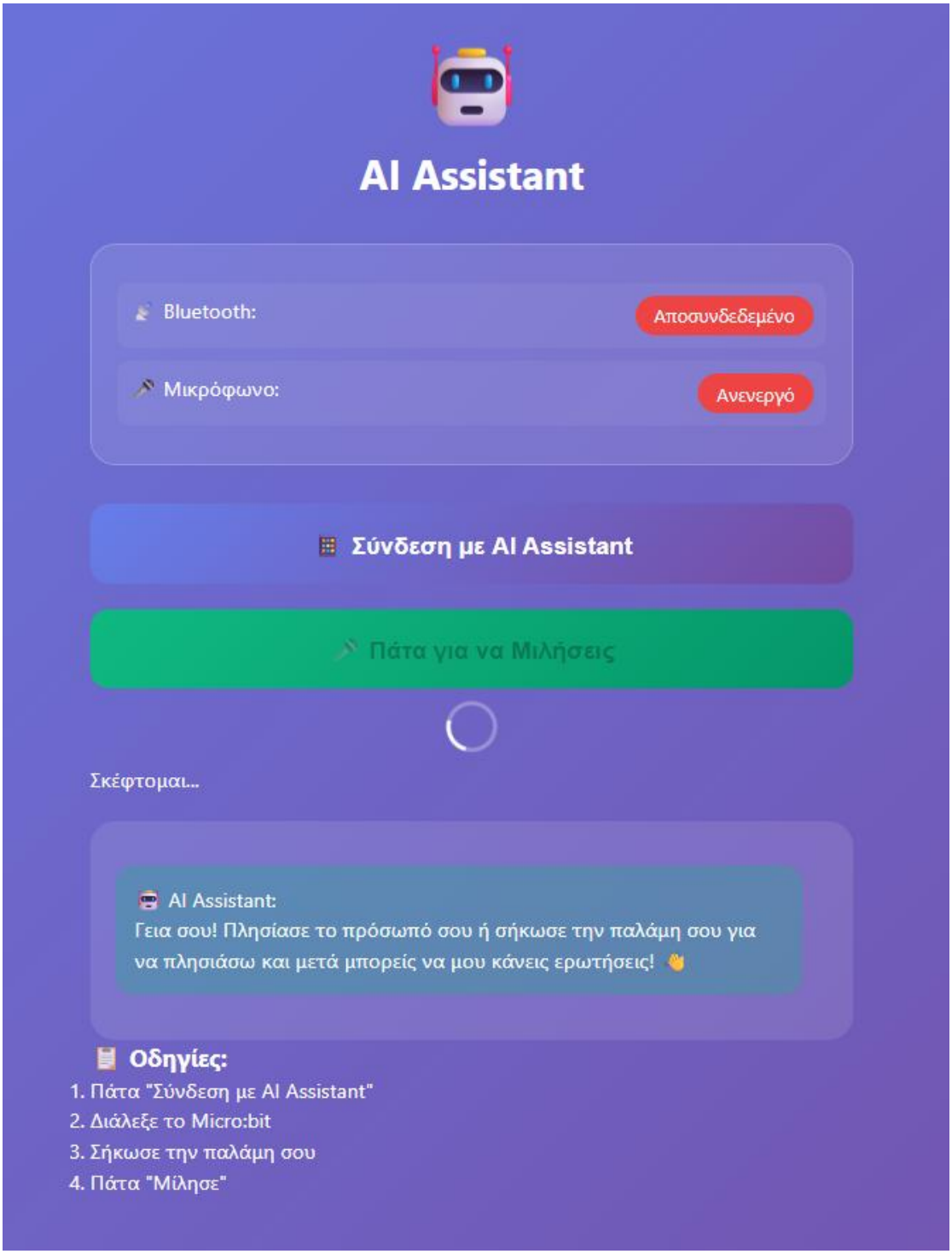
Ολοκληρώνοντας, η λειτουργία του AI Assistant συνθέτει τέσσερις διαφορετικές τεχνολογίες:

1. **Speech-to-Text**
2. **Prompt Engineering**
3. **LLM Chat Completion**
4. **Text-to-Speech + BLE Animation**

Ο κύκλος αλληλεπίδρασης διαμορφώνεται ως εξής:

Ομιλία μαθητή → STT → Prompt → LLM → TTS → BLE → Ρομπότ

Το αποτέλεσμα είναι ένα σύστημα που συνδυάζει τις αρχές της τεχνητής νοημοσύνης, της εκπαιδευτικής ρομποτικής και της πολυτροπικής επικοινωνίας σε μία ενιαία μαθησιακή εμπειρία.



Εικόνα 15: UI Web Εφαρμογής του AI Assistant

4.4 Προγραμματισμός Make Code και Micro:bit

Ο μικροελεγκτής BBC micro:bit αποτέλεσε την κεντρική υπολογιστική μονάδα του διαδραστικού συστήματος AI Assistant, λειτουργώντας ως ο πυρήνας ελέγχου για τη ρομποτική πλατφόρμα Maqueen και την κάμερα HuskyLens. Η επιλογή του συγκεκριμένου μικροελεγκτή εδράζεται στη σταθερότητά του, στο χαμηλό κόστος, αλλά κυρίως στην εκπαιδευτική του φιλοσοφία, η οποία ενθαρρύνει την πειραματική μάθηση, τη διερεύνηση και τον αλγοριθμικό τρόπο σκέψης. Για τη δημιουργία του κώδικα χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον Microsoft MakeCode, το οποίο συνδυάζει γραφικό προγραμματισμό (block-based coding) με δυνατότητα εναλλαγής σε JavaScript ή Python, προσφέροντας ένα ισχυρό αλλά ταυτόχρονα φιλικό προς τον χρήστη πλαίσιο ανάπτυξης.

Κεντρικό στοιχείο της παρούσας υλοποίησης αποτέλεσε η ανάγκη ενσωμάτωσης πολλαπλών λειτουργιών σε ένα ενιαίο σύστημα: αναγνώριση χειρονομιών μέσω της HuskyLens, κίνηση και συμπεριφορές του ρομπότ Maqueen, καθώς και ασύρματη επικοινωνία Bluetooth με Smart συσκευή, μέσω της οποίας ενεργοποιούνταν οι φωνητικές αποκρίσεις του AI Assistant. Σε αυτό το σημείο προέκυψε ένας κρίσιμος τεχνικός περιορισμός: η επίσημη βιβλιοθήκη Maqueen δεν υποστηρίζει ταυτόχρονη χρήση Bluetooth mode, γεγονός που καθιστούσε αδύνατη τη διατήρηση της σύνδεσης με τη Smart συσκευή ενώ το ρομπότ εκτελούσε εντολές μέσω της βιβλιοθήκης.

Για τον λόγο αυτό, δεν χρησιμοποιήθηκε η έτοιμη βιβλιοθήκη Maqueen. Αντ’ αυτού, επιλέχθηκε μια πιο τεχνικά απαιτητική, αλλά απολύτως αναγκαία λύση: η κίνηση του ρομπότ προγραμματίστηκε χειροκίνητα μέσω των pins του micro:bit. Συγκεκριμένα, αξιοποιήθηκαν οι έξοδοι PWM (Pulse Width Modulation) για τον έλεγχο των κινητήρων, επιτρέποντας την καθοδήγηση του Maqueen με ακρίβεια ως προς την ταχύτητα και την κατεύθυνση. Με αυτό τον τρόπο διατηρήθηκε πλήρως ενεργή η σύνδεση Bluetooth, η οποία ήταν απαραίτητη για την εκφώνηση των απαντήσεων του AI Assistant μέσω της συνδεδεμένης Smart συσκευής.

Η επιλογή αυτής της προσέγγισης, η υλοποίηση των κινήσεων μέσω pins έδωσε πλήρη έλεγχο στη ροή των εντολών, αποφεύγοντας περιορισμούς των προκαθορισμένων βιβλιοθηκών και επιτρέποντας ευελιξία στη διαμόρφωση των συμπεριφορών του ρομπότ.

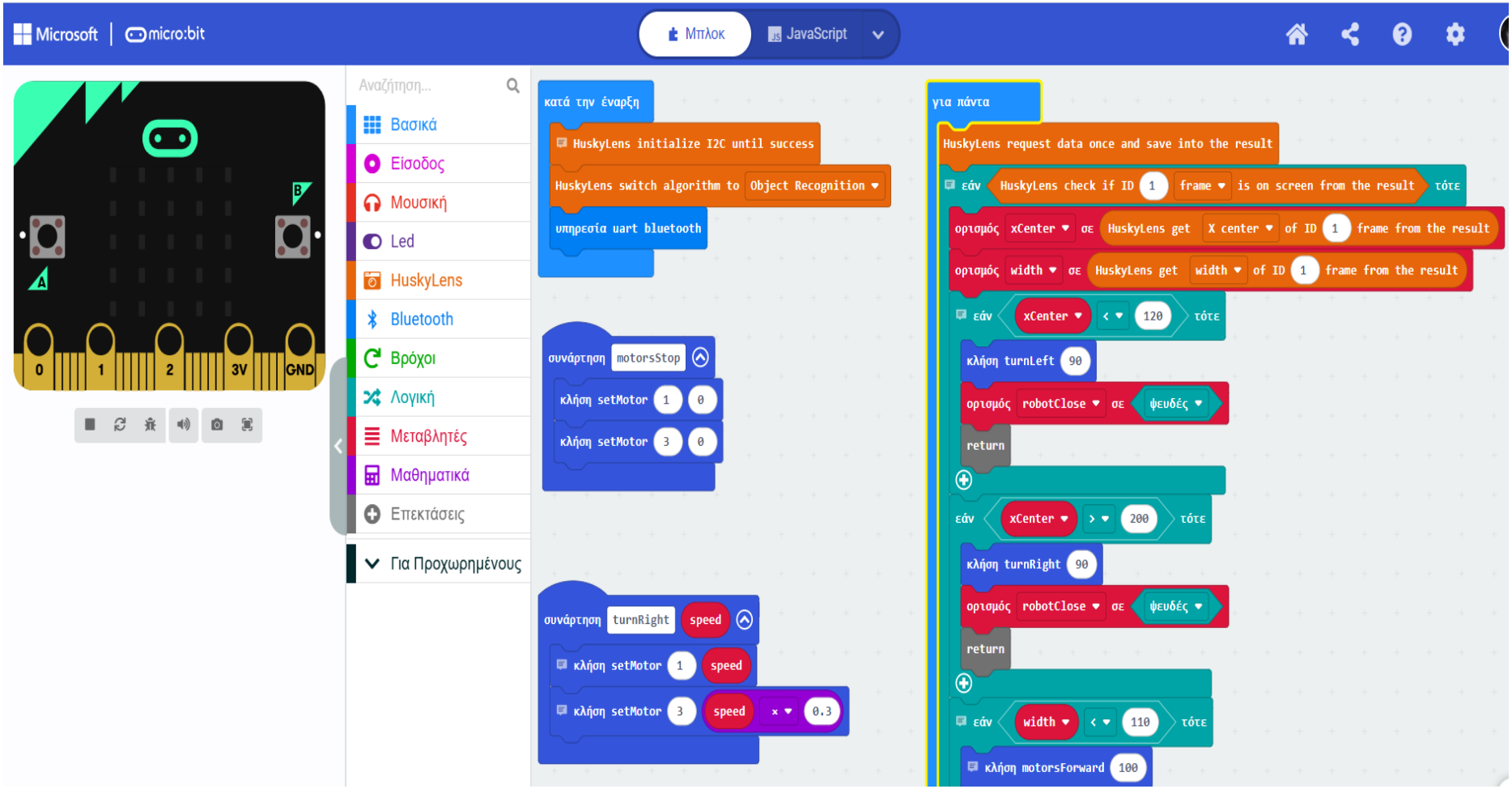
Παράλληλα, η κάμερα HuskyLens, μέσω της ενσωματωμένης τεχνολογίας machine learning, κατέγραψε χειρονομίες και αναγνώριζε την παλάμη ενός μαθητή, επιτρέποντας στο σύστημα να εντοπίζει τον μαθητή που ζητούσε τον λόγο. Η επικοινωνία της HuskyLens με τον micro:bit πραγματοποιήθηκε μέσω του πρωτοκόλλου I2C, προσφέροντας σταθερή και ταχεία

μεταφορά δεδομένων, τα οποία στη συνέχεια αξιοποιούνταν σε συνθήκες MakeCode για την ενεργοποίηση της ανάλογης συμπεριφοράς του ρομπότ.

Η χρήση του MakeCode απέδειξε την αξία της οπτικής αναπαράστασης αλγορίθμων στη ρομποτική εκπαίδευση, καθώς επέτρεψε τον οπτικό εντοπισμό λαθών και την άμεση βελτιστοποίηση της ροής του προγράμματος. Η ύπαρξη προσομοιωτή υποστήριξε σημαντικά τον έλεγχο της λογικής πριν την εφαρμογή στον πραγματικό micro:bit, μειώνοντας τον χρόνο ανάπτυξης και αυξάνοντας την αξιοπιστία του συστήματος.

Η γλώσσα υλοποίησης στο περιβάλλον Microsoft MakeCode βασίστηκε στη JavaScript, επιλογή που κρίθηκε απαραίτητη για τις απαιτήσεις της παρούσας εφαρμογής. Παρότι το MakeCode προσφέρει αρχικά block-based προγραμματισμό, η μετάβαση στον JavaScript editor επέτρεψε μεγαλύτερη ακρίβεια στον έλεγχο χαμηλού επιπέδου λειτουργιών, όπως η απευθείας αποστολή εντολών μέσω του πρωτοκόλλου I^2C και η προσαρμογή της ρομποτικής κίνησης χωρίς τη χρήση έτοιμων βιβλιοθηκών. Η JavaScript παρέχει καθαρή και ευέλικτη σύνταξη, επιτρέποντας την ανάπτυξη πιο σύνθετων λογικών δομών και προσφέροντας αυξημένη διαφάνεια και επεκτασιμότητα στον κώδικα. Επιπλέον, η χρήση της συγκεκριμένης γλώσσας συνδέεται με διεθνείς βέλτιστες πρακτικές στην εκπαιδευτική ρομποτική, όπου δίνεται έμφαση στην ανάπτυξη αναγνώσιμου και συντηρήσιμου κώδικα που μπορεί να αξιοποιηθεί τόσο για τεχνικές επεκτάσεις όσο και για παιδαγωγικούς σκοπούς.

Στο σύνολό του, ο προγραμματισμός του AI Assistant μέσω MakeCode και micro:bit ανέδειξε τις δυνατότητες συνδυασμού φθηνού υλικού με προηγμένες λειτουργίες τεχνητής νοημοσύνης, δημιουργώντας ένα εκπαιδευτικό εργαλείο προσιτό αλλά ιδιαίτερα ισχυρό. Η τεχνική επιλογή της χειροκίνητης διαχείρισης των pins, αντί της χρήσης της επίσημης βιβλιοθήκης Maqueen, αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα για τη σταθερότητα και την επιτυχία του συστήματος, αποδεικνύοντας ότι η προσαρμοστικότητα του κώδικα αποτελεί βασική δεξιότητα στον σύγχρονο εκπαιδευτικό προγραμματισμό.



Εικόνα 16: Ο Κώδικας του AI Assistant σε περιβάλλον Make Code

Ο κώδικας που υλοποιήθηκε στο MakeCode αποτελεί το λειτουργικό υπόβαθρο του AI Assistant, καθώς επιτρέπει στο ρομποτικό σύστημα να κινείται με αυτονομία, να εντοπίζει μαθητές, να προσανατολίζεται προς αυτούς και να επικοινωνεί ασύρματα με την εφαρμογή παραγωγής φωνής. Η λειτουργικότητα αυτή συνδυάζει μηχανική όραση, πρωτόκολλα επικοινωνίας και έλεγχο κινητήρων μέσω I²C, επιτρέποντας στο σύστημα να αναγνωρίζει σε πραγματικό χρόνο τις ενέργειες των μαθητών και να ανταποκρίνεται κατάλληλα.

Έλεγχος κινητήρων μέσω I²C

Η πρώτη ενότητα του κώδικα αφορά τη δημιουργία των βασικών συναρτήσεων κίνησης:

```
function turnLeft (speed: number) { ... }
function turnRight (speed: number) { ... }
function motorsForward (s: number) { ... }
function motorsStop () { ... }
```

Οι συναρτήσεις αυτές βασίζονται στη συνάρτηση setMotor(), η οποία αποστέλλει εντολές στους δύο κινητήρες μέσω του διαύλου I²C. Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου ήταν αναγκαία, καθώς η επίσημη βιβλιοθήκη Maqueen δεν επιτρέπει ταυτόχρονη ενεργοποίηση του Bluetooth, το οποίο είναι απαραίτητο για τη σύνδεση με τη Smart συσκευή που παράγει τη φωνητική απάντηση από το ChatGPT. Έτσι, ο έλεγχος των κινητήρων υλοποιήθηκε «χειροκίνητα» μέσω buffer τριών bytes, που αποστέλλεται στη διεύθυνση 0x10, η οποία αντιστοιχεί στον motor controller του Maqueen.

Οι συναρτήσεις turnLeft() και turnRight() εφαρμόζουν διαφορική ταχύτητα στους τροχούς, με τον έναν κινητήρα σε υψηλή ταχύτητα και τον άλλο σε μειωμένη, επιτυγχάνοντας ομαλές περιστροφές του ρομπότ. Η συνάρτηση motorsForward() δίνει ίδιες τιμές PWM και στους δύο κινητήρες για ευθεία κίνηση, ενώ η motorsStop() μηδενίζει όλες τις εξόδους, επιτρέποντας στο ρομπότ να σταματήσει άμεσα.

Αρχικοποίηση HuskyLens και Bluetooth

```
huskylens.initI2c()
huskylens.initMode(protocolAlgorithm.ALGORITHM_OBJECT_RECOGNITION)
bluetooth.startUartService()
```

Η HuskyLens αρχικοποιείται στο πρωτόκολλο I²C, ώστε να επικοινωνεί απρόσκοπτα με τον micro:bit. Επιλέγεται ο αλγόριθμος Object Recognition, όπου η κάμερα εκπαιδεύεται να αναγνωρίζει ένα συγκεκριμένο αντικείμενο ή πρόσωπο (στην παρούσα περίπτωση, τον μαθητή που σηκώνει το χέρι του).

Παράλληλα, ενεργοποιείται το Bluetooth UART Service, μέσω του οποίου το σύστημα αποστέλλει στην εφαρμογή σήμα ότι βρίσκεται μπροστά στον μαθητή και είναι έτοιμο να απαντήσει. Η λειτουργία αυτή αποτελεί κρίσιμο σημείο στην εκπαιδευτική αλληλεπίδραση, καθώς ενεργοποιεί την παραγωγή της φωνητικής απάντησης.

Βασικός βρόχος λειτουργίας

Το κύριο μέρος του κώδικα εκτελείται μέσα στο basic.forever(), το οποίο λειτουργεί ως συνεχής βρόχος ελέγχου. Σε κάθε επανάληψη, το σύστημα:

1. ζητά από τη HuskyLens να στείλει νέα δεδομένα (huskylens.request())
2. ελέγχει αν εμφανίζεται το αντικείμενο ID2 ή το personID1
3. αναλύει τη θέση του μαθητή και αποφασίζει:

- αν πρέπει να στραφεί αριστερά
- να στραφεί δεξιά
- να προσεγγίσει ευθεία
- να σταματήσει
- να ειδοποιήσει την εφαρμογή ότι έφτασε στον μαθητή

Ανάλυση λογικής εντοπισμού μαθητή ή παλάμης μαθητή

1. Εντοπισμός Προσώπου Μαθητή (Person ID 1)

```
    if (huskylens.isAppear(1, HUSKYLENSResultType_t.HUSKYLENSResultBl
ock)) {
        xCenter = huskylens.readeBox(1, Content1.xCenter)
        width = huskylens.readeBox(1, Content1.width)
```

Όταν η HuskyLens εντοπίσει block με ID 1, το σύστημα καταλαβαίνει ότι ο μαθητής βρίσκεται μπροστά από το ρομπότ.

Αμέσως μετά διαβάζει:

xCenter → την οριζόντια θέση του προσώπου στο κάδρο

width → το πλάτος του block, που χρησιμοποιείται ως ένδειξη απόστασης

Αυτές οι τιμές χρησιμοποιούνται για να προσανατολιστεί το ρομπότ προς τον μαθητή ή να προσεγγίσει τη θέση του.

ή

Εντοπισμός Παλάμης (ID2)

```
elif huskylens.isAppear(2,
HUSKYLENSResultType_t.HUSKYLENSResultBlock):
    xCenter = huskylens.readeBox(2, Content1.xCenter)
    width = huskylens.readeBox(2, Content1.width)
```

Αν δεν εντοπιστεί πρόσωπο αλλά εντοπιστεί block με ID 2, τότε το σύστημα αναγνωρίζει την παλάμη του μαθητή, η οποία λειτουργεί ως «σήκωμα χεριού».

Και εδώ διαβάζονται οι ίδιες δύο τιμές:

xCenter → για να στραφεί το ρομπότ προς τον μαθητή που ζητά τον λόγο

width → για να υπολογιστεί η απόσταση

Με αυτόν τον τρόπο το ρομπότ μπορεί να εντοπίζει τον μαθητή που σηκώνει το χέρι του και να αντιδρά ανάλογα (π.χ. να τον πλησιάζει ή να σταματά για να λάβει την ερώτηση).

2. Έλεγχος οριζόντιας θέσης (xCenter)

```
if (xCenter < 120) turnLeft(90)
if (xCenter > 200) turnRight(90)
```

Η τιμή xCenter καθορίζει το πού βρίσκεται ο μαθητής στο οριζόντιο πεδίο της κάμερας.

Χαμηλότερη τιμή → μαθητής αριστερά

Υψηλότερη τιμή → μαθητής δεξιά

Αυτό επιτρέπει τη δυναμική περιστροφή του ρομπότ, ώστε να ευθυγραμμιστεί με τον μαθητή.

3. Έλεγχος απόστασης (width)

```
if (width < 110) motorsForward(100)
```

Η width αντιστοιχεί στο πλάτος του bounding box και χρησιμοποιείται ως εκτίμηση απόστασης.

- Μικρό width → ο μαθητής είναι μακριά → το ρομπότ πλησιάζει
- Μεγάλο width → ο μαθητής είναι κοντά → το ρομπότ σταματά

4. Αναγνώριση άφιξης στον μαθητή

Όταν η απόσταση είναι σωστή:

```
motorsStop()
if (!robotClose) {
    robotClose = true
    basic.showIcon(IconNames.Heart)
    bluetooth.uartWriteString("READY\n")
}
```

Το σύστημα:

1. δείχνει καρδιά στην οθόνη (ένδειξη ολοκλήρωσης)
2. στέλνει στην εφαρμογή το μήνυμα “READY”

Η κατάσταση robotClose αποτρέπει επανειλημμένες αποστολές σήματος.

Αν δεν εντοπιστεί μαθητής

```
motorsStop()
robotClose = false
basic.clearScreen()
```

Το ρομπότ "καθαρίζει" την προηγούμενη κατάσταση, αποφεύγει ανεπιθύμητη κίνηση και επιστρέφει σε ουδέτερη λειτουργία.

4.5 Δοκιμές Λειτουργικότητας

Μετά την ολοκλήρωση της ανάπτυξης του λογισμικού, πραγματοποιήθηκε σειρά δοκιμών λειτουργικότητας προκειμένου να επιβεβαιωθεί η ορθή συνεργασία των επιμέρους ενοτήτων του συστήματος και να διασφαλιστεί η σταθερότητα της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα υποσυστήματα. Οι δοκιμές είχαν ως στόχο να ελεγχθεί η απόκριση του ρομπότ σε πραγματικές συνθήκες τάξης, η ακρίβεια αναγνώρισης και η ποιότητα επικοινωνίας με το μεγάλο γλωσσικό μοντέλο (LLM).

Η διαδικασία οργανώθηκε σε τρία βασικά στάδια:

- Έλεγχος επιμέρους υποσυστημάτων,
- Συνδυαστικές δοκιμές ολοκλήρωσης, και
- Δοκιμές πλήρους ροής λειτουργίας (end-to-end tests).

4.5.1 Έλεγχος επιμέρους υποσυστημάτων

Αρχικά, ελέγχθηκε μεμονωμένα κάθε υποσύστημα του AI Assistant. Η κάμερα HuskyLens δοκιμάστηκε σε λειτουργία αναγνώρισης χειρονομιών και προσώπων. Στο στάδιο αυτό, μετρήθηκε ο χρόνος απόκρισης της κάμερας, ο οποίος κυμάνθηκε μεταξύ 80–120 ms, εξασφαλίζοντας ομαλή ανίχνευση χωρίς καθυστερήσεις. Παράλληλα, επιβεβαιώθηκε ότι η κάμερα αναγνωρίζει σωστά το σήκωμα της παλάμης και τα πρόσωπα των μαθητών (persons), αρκεί να έχει την κατάλληλη κλίση ο βραχίονας που είναι τοποθετημένη η κάμερα, απέναντι στους μαθητές.

Στο υποσύστημα του micro:bit, ελέγχθηκε η αξιοπιστία της σειριακής επικοινωνίας (UART/I2C) με την HuskyLens, καθώς και η μετάδοση δεδομένων στο laptop μέσω Bluetooth.

Επίσης, έγινε επαλήθευση της σωστής απόδοσης των PWM σημάτων για την οδήγηση των κινητήρων του Maqueen, διασφαλίζοντας ακριβή κίνηση κατά την προσέγγιση μαθητή.

4.5.2 Συνδυαστικές δοκιμές ολοκλήρωσης

Στο δεύτερο στάδιο, εξετάστηκε η συνεργασία των υποσυστημάτων με ενοποιημένες δοκιμές. Ελέγχθηκε αν, μετά την ανίχνευση της παλάμης, το ρομπότ πλησιάζει σωστά την πηγή κίνησης και εάν μπορεί να αναγνωρίσει γενικά ένα πρόσωπο μαθητή ή ενεργοποιεί γενικό διάλογο μέσω LLM.

Κατά τη διάρκεια αυτών των δοκιμών, δόθηκε έμφαση στην αλληλουχία γεγονότων και στην ακεραιότητα της επικοινωνίας. Καταγράφηκαν μετρήσεις χρόνου από τη στιγμή ανίχνευσης χειρονομίας έως την έναρξη φωνητικής απόκρισης. Ο συνολικός χρόνος κύκλου κυμάνθηκε από 1,8 έως 2,5 δευτερόλεπτα, αποτέλεσμα ιδιαίτερα ικανοποιητικό για σύστημα χαμηλού κόστους και περιορισμένων υπολογιστικών πόρων.

Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε έλεγχος αξιοπιστίας της αναγνώρισης προσώπων. Σε είκοσι επαναλαμβανόμενες δοκιμές με τους ίδιους μαθητές, το σύστημα πέτυχε ποσοστό επιτυχίας πάνω από 90% στη HuskyLens. Η απόδοση παρέμεινε σταθερή ακόμη και σε ελαφρές αλλαγές φωτισμού, επιβεβαιώνοντας τη σταθερότητα του αλγορίθμου CNN που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή χαρακτηριστικών προσώπου (Li & Wang, 2022).

4.5.3 Δοκιμές πλήρους ροής λειτουργίας

Στο τελικό στάδιο πραγματοποιήθηκαν δοκιμές πλήρους ροής λειτουργίας (end-to-end), όπου ελέγχθηκε η συνολική αλληλεπίδραση μεταξύ ρομπότ και μαθητή σε πραγματικές συνθήκες τάξης.

Η διαδικασία περιλάμβανε τα εξής βήματα:

Ο μαθητής σήκωνε την παλάμη του, ή πλησίαζε προς την κάμερα.

1. Η HuskyLens εντοπίζει τη χειρονομία ή αναγνωρίζει ότι υπάρχει κάποιος άνθρωπος μπροστά του (χωρίς να έχει αποθηκεύσει κάποια συγκεκριμένα πρόσωπα) και το Maqueen πλησίαζε αυτόματα.
2. Εφόσον εντοπιζόταν πρόσωπο ή παλάμη, η κάμερα απέστελλε το ID στο micro:bit.
3. Το micro:bit έδινε εντολή να πλησιάσει ή να σταματήσει μπροστά στον μαθητή.
4. Ο μαθητής πατούσε το κουμπί ώστε να μιλήσει και να εκφράσει την ερώτησή του.

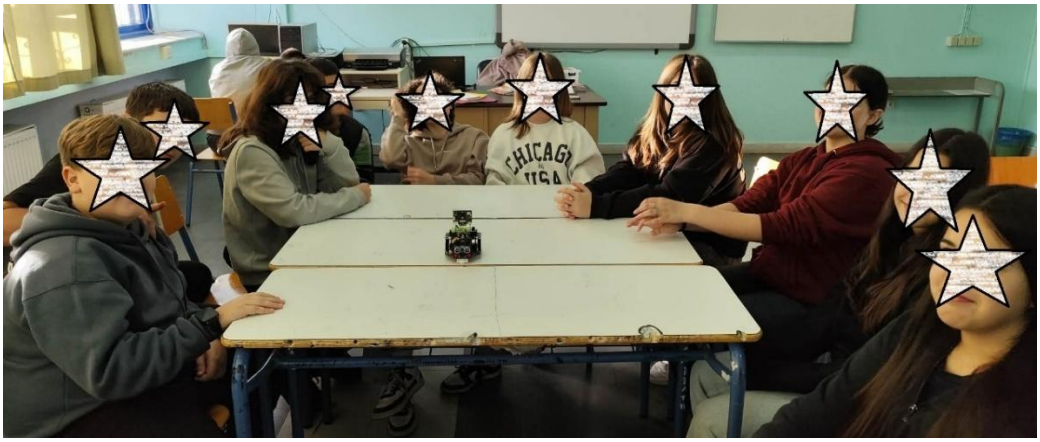
5. Η απάντηση μετατρεπόταν σε φωνή μέσω Text-to-Speech (TTS) και αναπαραγόταν στο Bluetooth ηχείο.

Οι δοκιμές έδειξαν ότι το σύστημα ανταποκρίνεται σταθερά και με συνέπεια, χωρίς διακοπές στη ροή δεδομένων. Η καθυστέρηση συνομιλίας (από την ανίχνευση έως την ακρόαση της απάντησης) δεν ξεπέρασε τα 3 δευτερόλεπτα, εξασφαλίζοντας φυσικό ρυθμό διαλόγου.

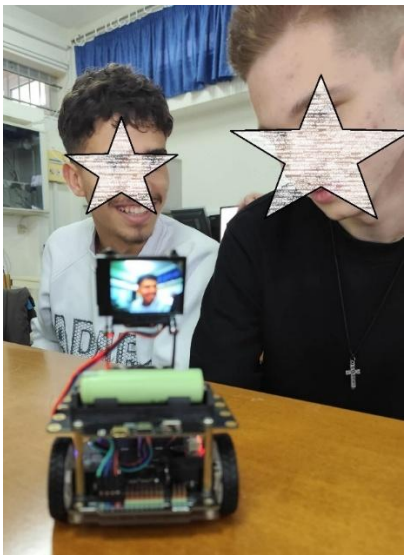
Αν και δεν είναι αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας, ιδιαίτερη σημασία είχε η δοκιμή προσαρμοσμένων απαντήσεων για μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες. Οι απαντήσεις του LLM εμφάνισαν διαφοροποίηση στον ρυθμό και στην πολυπλοκότητα του λόγου, αποδεικνύοντας την επιτυχή λειτουργία του μηχανισμού προσαρμογής prompt. Ενδεικτικά έγινε μια δοκιμή, σε μαθητή με δυσλεξία ο οποίος λάμβανε απλοποιημένες και σαφείς απαντήσεις, ενώ σε μαθητή με ΔΕΠΥ, το σύστημα παρήγαγε σύντομες, καθοδηγητικές προτάσεις με θετικό ύφος (Yin et al., 2024).

Εικόνα 17: Εφαρμογή Σχέδιου Μαθήματος σε Μαθητές Λυκείου

Εικόνα 18: Εφαρμογή Σχέδιου Μαθήματος σε Μαθητές Γυμνασίου



Εικόνα 19: Εφαρμογή Σχέδιου Μαθήματος σε Μαθητές Δημοτικού



Εικόνα 20: Εφαρμογή Σχέδιου Μαθήματος σε Μαθητές Λυκείου

4.5.4 Παρατηρήσεις και βελτιστοποιήσεις

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών καταγράφηκαν ορισμένα τεχνικά σημεία που χρήζουν βελτίωσης. Σε περιπτώσεις χαμηλού φωτισμού ή υψηλής αντανάκλασης, η HuskyLens εμφάνιζε μικρότερη ακρίβεια ανίχνευσης παλάμης ή προσώπου. Προτάθηκε η χρήση σταθερής φωτεινότητας περιβάλλοντος για καλύτερη οπτική σταθερότητα.

Επιπλέον, προγραμματίζεται βελτίωση του μηχανισμού καθυστέρησης στη φωνητική απόκριση, μέσω τοπικής προ-ανάγνωσης της πρώτης πρότασης από το LLM, ώστε η φωνή να ξεκινά άμεσα. Παρά τις μικρές αυτές τεχνικές παρατηρήσεις, το σύστημα κρίθηκε πλήρως λειτουργικό και κατάλληλο για χρήση σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα πραγματικού χρόνου.

4.6 Αξιολόγηση

Η τεχνική αξιολόγηση του AI Assistant έγινε με σκοπό να διαπιστωθεί πόσο αξιόπιστα και σταθερά συνεργάζονται τα επιμέρους υποσυστήματα του ρομπότ. Η διαδικασία αφορούσε την HuskyLens, το micro:bit, το Maqueen και μια φορητή κινητή συσκευή (tablet ή smartphone), ώστε να ελεγχθεί όχι μόνο η επικοινωνία τους, αλλά και η συμπεριφορά τους σε συνθήκες κανονικής σχολικής τάξης.

4.6.1 Μεθοδολογία Αξιολόγησης

Οι δοκιμές έγιναν μέσα στην αίθουσα διδασκαλίας, χωρίς τροποποίηση του φυσικού χώρου, για να υπάρχει ρεαλιστικό αποτέλεσμα. Οι μαθητές κάθονταν πάντα στις ίδιες θέσεις, κυκλικά, ώστε να διατηρείται σταθερή η γωνία λήψης της HuskyLens. Η κάμερα είχε τοποθετηθεί περίπου στο ύψος του θρανίου, ελαφρώς γερμένη προς τα πάνω (περίπου 20°–25°), έτσι ώστε να βλέπει καθαρά το σήκωμα της παλάμης στο ύψος που είχε προβλεφθεί ή και το πρόσωπο των μαθητών. Η απόσταση από τους μαθητές κυμαινόταν ανάμεσα σε 0,6 και 1,2 μέτρα· αυτή η σταθερότητα αποδείχθηκε απαραίτητη για τη συνέπεια των μετρήσεων.

4.6.2 Αποτελέσματα Μετρήσεων

Η αναγνώριση της χειρονομίας παλάμης και των προσώπων των μαθητών (όχι συγκεκριμένα πρόσωπα) λειτούργησε με αρκετή ακρίβεια. Στις δύο πρώτες σειρές μαθητών, η επιτυχία έφτασε περίπου στο 90%, ενώ σε πιο πλάγιες θέσεις η αναγνώριση έπεφτε γύρω στο 70–80%, κυρίως λόγω γωνίας λήψης. Ο μέσος χρόνος απόκρισης της HuskyLens κυμάνθηκε από

80 έως 130 ms, τιμή πολύ ικανοποιητική για το μέγεθος της κάμερας και τις φωτιστικές συνθήκες της αίθουσας.

Στην αναγνώριση προσώπων, τα αποτελέσματα ήταν επίσης θετικά. Η ακρίβεια κυμάνθηκε πάνω από 90% εφόσον ο μαθητής κοιτούσε απευθείας τον φακό σε απόσταση γύρω στο ένα μέτρο. Όταν υπήρχαν κινήσεις κεφαλιού ή μερική κάλυψη του προσώπου, εμφανίστηκαν μικρές αποκλίσεις, αναμενόμενες για σύστημα τέτοιου τύπου, παρόλο που ο AI-Assistant ακολουθούσε τον μαθητή σε ελαφριές κινήσεις που εκείνος έκανε.

Η επικοινωνία HuskyLens–micro:bit μέσω σειριακής θύρας παρέμεινε σταθερή χωρίς απώλειες, ενώ η μετάδοση μέσω Bluetooth προς το τη φορητή συσκευή παρουσίασε μέση καθυστέρηση 300–450 ms. Ο συνολικός χρόνος από την ώρα που πλησίασε το ρομπότ και ο μαθητής να πατήσει το μικρόφωνο για να μιλήσει, μέχρι να ακουστεί η φωνητική απόκριση του ChatGPT έφτανε περίπου τα 2,5 – 4 δευτερόλεπτα.

Η φωνητική έξοδος, μέσω του Text-to-Speech, έδινε καθαρό ήχο χωρίς κοψίματα και ακουγόταν σε μεγάλο βαθμό ως φυσική. Το σύστημα λειτούργησε συνεχόμενα για μιάμιση ώρα χωρίς αποσυνδέσεις ή υπερθέρμανση, δείχνοντας σταθερότητα και καλή ενεργειακή συμπεριφορά.

4.6.3 Ανάλυση και Τεχνικά Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω αποτελέσματα φάνηκε καθαρά ότι η διάταξη της αίθουσας και ο φωτισμός είναι κρίσιμος παράγοντας για την επιτυχία της λειτουργίας. Η HuskyLens, με πεδίο όρασης περίπου 60°, αποδίδει καλύτερα όταν τοποθετείται σε σταθερό σημείο και οι μαθητές παραμένουν εντός της οπτικής γωνίας. Η τοπική επεξεργασία εικόνας πάνω στη συσκευή αποδείχθηκε επαρκής, χωρίς αισθητές καθυστερήσεις, και η επικοινωνία μέσω Bluetooth διατήρησε σταθερότητα μέχρι και πέντε μέτρα απόσταση.

4.6.4 Τελική Αποτίμηση

Συνολικά, η αξιολόγηση έδειξε ότι το σύστημα λειτουργεί ομαλά και ανταποκρίνεται με συνέπεια. Η σωστή τοποθέτηση του ρομπότ και των μαθητών, καθώς και ο επαρκής φωτισμός της αίθουσας, επηρεάζουν καθοριστικά την ακρίβεια της ανίχνευσης. Με ικανοποιητικό χρόνο απόκρισης και σταθερή ροή δεδομένων, ο AI Assistant θεωρείται τεχνικά ώριμος και ικανός για περαιτέρω ανάπτυξη.

Η αρχιτεκτονική edge–cloud AI, με τοπική όραση και απομακρυσμένη γλωσσική επεξεργασία, απέδειξε ότι μπορεί να υποστηρίξει αξιόπιστα ρομποτικά περιβάλλοντα που απαιτούν

φυσική αλληλεπίδραση με μαθητές, χωρίς να χρειάζεται ισχυρό υλικό. (Η αρχιτεκτονική edge–cloud AI αναφέρεται στη διαμοιρασμένη επεξεργασία μεταξύ τοπικών συσκευών και υπολογιστικών μοντέλων νεφών. Στο συγκεκριμένο σύστημα, οι λειτουργίες αισθητήρων και άμεσης ρομποτικής ανταπόκρισης υλοποιούνται στο edge (HuskyLens, micro:bit, Maqueen), ενώ οι σύνθετες διεργασίες κατανόησης φυσικής γλώσσας και παραγωγής απάντησης εκτελούνται στο cloud (LLM και TTS). Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται υψηλή ταχύτητα αλληλεπίδρασης χωρίς να απαιτείται ισχυρός τοπικός εξοπλισμός.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Μεθοδολογία της Έρευνας

5.1 Μεθοδολογία Πειραματισμού

5.1.1 Ερευνητικός Σχεδιασμός

Η παρούσα έρευνα υιοθετεί ποσοτικό και ποιοτικό ερευνητικό σχεδιασμό (μικτή μέθοδος), με σκοπό τη διερεύνηση των στάσεων, αντιλήψεων και εμπειριών μαθητών και εκπαιδευτικών απέναντι στη χρήση του ρομπότ AI Assistant κατά τη διδασκαλία μαθημάτων διαφορετικών βαθμίδων εκπαίδευσης. Ο σχεδιασμός είναι περιγραφικός και διερευνητικός, καθώς επιδιώκει να αποτυπώσει την υφιστάμενη κατάσταση στους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς και να αναδείξει τάσεις και συσχετίσεις μεταξύ βασικών μεταβλητών.

5.1.2 Σκοπός και Ερευνητικά Ερωτήματα

Σκοπός της έρευνας είναι να αποτυπώσει και να αναλύσει τις στάσεις και τις αντιλήψεις μαθητών και εκπαιδευτικών για τη χρήση του ρομπότ AI Assistant ως υποστηρικτικού παιδαγωγικού εργαλείου. Η μελέτη επιδιώκει να εντοπίσει τα οφέλη, τις προκλήσεις και τις παιδαγωγικές δυνατότητες που αναδύονται από τη χρήση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής σε συνδυασμό με την Τεχνητή Νοημοσύνη στην τάξη.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που καθοδηγούν την παρούσα έρευνα είναι τα εξής:

- Ποιες είναι οι προσδοκίες και οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών πριν από τη διδασκαλία με τον AI Assistant;
- Πώς μεταβάλλονται οι στάσεις και οι εμπειρίες των μαθητών μετά τη συμμετοχή στο μάθημα με την υποστήριξη του AI - Assistant;
- Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την παιδαγωγική αξία και τη χρησιμότητα του AI Assistant, πριν την εφαρμογή του στην τάξη;
- Μεταβάλλονται οι στάσεις και οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την παιδαγωγική αξία και τη χρησιμότητα του AI Assistant, μετά την εφαρμογή του στην τάξη;

- Ποιες είναι οι αρχικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τη χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης και την εφαρμογή της σε μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες; Μεταβάλλονται;
- Υπάρχουν στατιστικά σημαντικές σχέσεις μεταξύ της αντίληψης χρησιμότητας, της ευκολίας αλληλεπίδρασης και της εμπλοκής μαθητών και εκπαιδευτικών;

5.1.3 Δείγμα και Πληθυσμός

Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από μαθητές και εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν σε σχέδια μαθημάτων όπου εφαρμόστηκε το ρομπότ AI Assistant. Συνολικά συμμετείχαν 224 μαθητές της πρωτοβάθμιας (ΣΤ' τάξη Δημοτικού) και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Γυμνάσιο και Γενικό Λύκειο), καθώς και 117 εκπαιδευτικοί των αντίστοιχων σχολείων. Η συμμετοχή ήταν εθελοντική και ανώνυμη.

Χαρακτηριστικά Μαθητικού Πληθυσμού

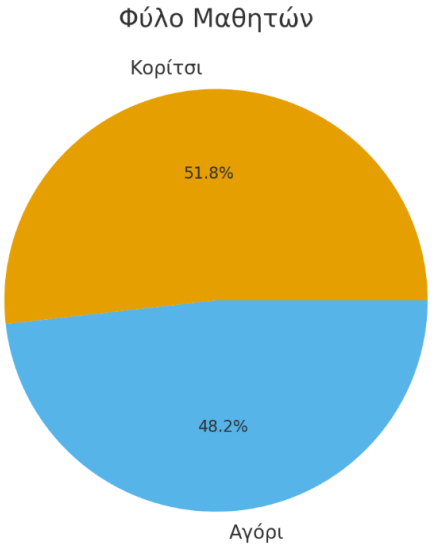
Το δείγμα των μαθητών που συμμετείχαν στη μελέτη παρουσιάζει σημαντική ποικιλομορφία ως προς τα δημογραφικά τους χαρακτηριστικά και το επίπεδο προηγούμενης ενασχόλησης με την Εκπαιδευτική Ρομποτική ή την Τεχνητή Νοημοσύνη. Ως προς το φύλο, η κατανομή εμφανίζεται ισορροπημένη, με τα κορίτσια να αποτελούν το 51,8% των συμμετεχόντων και τα αγόρια το 48,2%. Η ισοκατανομή αυτή ενισχύει την αξιοπιστία των συμπερασμάτων, καθώς δεν ευνοεί συγκεκριμένη υποομάδα μαθητών.

Αναφορικά με τη σχολική βαθμίδα, οι μαθητές προέρχονται από τρεις διαφορετικές βαθμίδες: το 42,0% φοιτά στο Γυμνάσιο, το 29,9% στο Δημοτικό και το 28,1% στο Γενικό Λύκειο. Η κατανομή αυτή δείχνει ότι η έρευνα κάλυψε μεγάλο εύρος ηλικιών, επιτρέποντας τη διερεύνηση διαφορών στις αντιλήψεις και την εξοικείωση με την τεχνολογία σε διαφορετικά στάδια της εκπαιδευτικής πορείας.

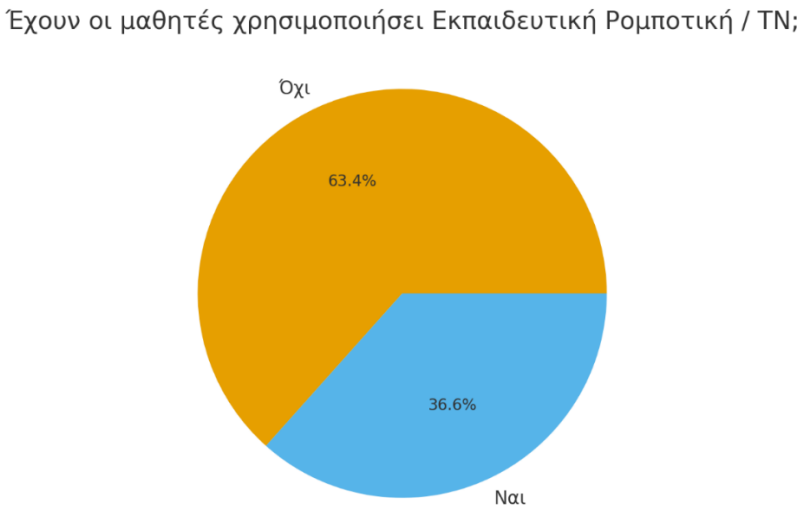
Όσον αφορά την προηγούμενη εμπειρία των μαθητών με Εκπαιδευτική Ρομποτική ή Τεχνητή Νοημοσύνη, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η πλειονότητα (63,4%) δεν έχει έρθει ξανά σε επαφή με τέτοιου είδους τεχνολογικά εργαλεία στο σχολικό πλαίσιο. Μόλις το 36,6% δήλωσε ότι έχει σχετική εμπειρία. Το εύρημα αυτό αναδεικνύει τη σημασία της παρούσας παρέμβασης, καθώς για πολλούς μαθητές ο ρομποτικός βοηθός αποτέλεσε την πρώτη οργανωμένη ευκαιρία αλληλεπίδρασης με τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης.

Συνολικά, το δείγμα των μαθητών χαρακτηρίζεται από επαρκή αντιπροσωπευτικότητα ως προς το φύλο και το εκπαιδευτικό επίπεδο, ενώ η περιορισμένη προηγούμενη τεχνολογική

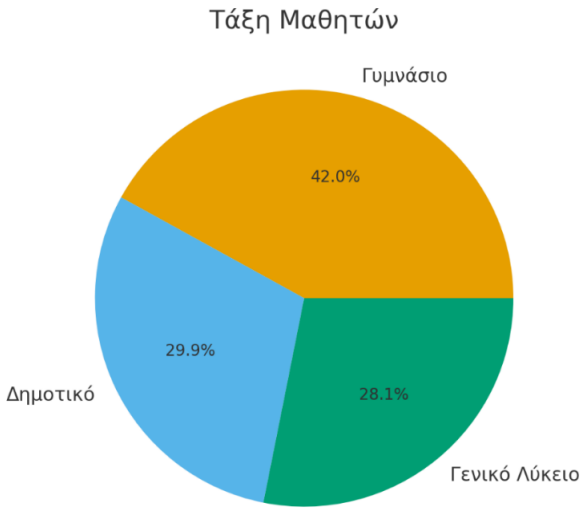
εμπειρία τονίζει την αξία της μελέτης για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι μαθητές ανταποκρίνονται στην εισαγωγή ενός AI Assistant στην εκπαιδευτική διαδικασία.



Εικόνα 21: Φύλο Μαθητών



Εικόνα 22: Προηγούμενη Χρήση Εκπαιδευτικής Ρομποτικής/ΤΝ



Εικόνα 23: Τάξη Μαθητών

Χαρακτηριστικά Εκπαιδευτικού Πληθυσμού

Το δείγμα των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην παρούσα έρευνα παρουσιάζει επίσης σημαντική ποικιλομορφία ως προς τα δημογραφικά και επαγγελματικά τους χαρακτηριστικά, γεγονός που ενισχύει την αξιοπιστία και τη γενικευσιμότητα των ευρημάτων. Ως προς τη βαθμίδα εκπαίδευσης, το 43,6% των συμμετεχόντων υπηρετεί στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, ενώ το 56,4% εργάζεται στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Η συμμετοχή εκπαιδευτικών και από τις δύο βαθμίδες είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς επιτρέπει τη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο ο ρομποτικός βοηθός μπορεί να ενταχθεί σε διαφορετικά παιδαγωγικά και οργανωτικά περιβάλλοντα.

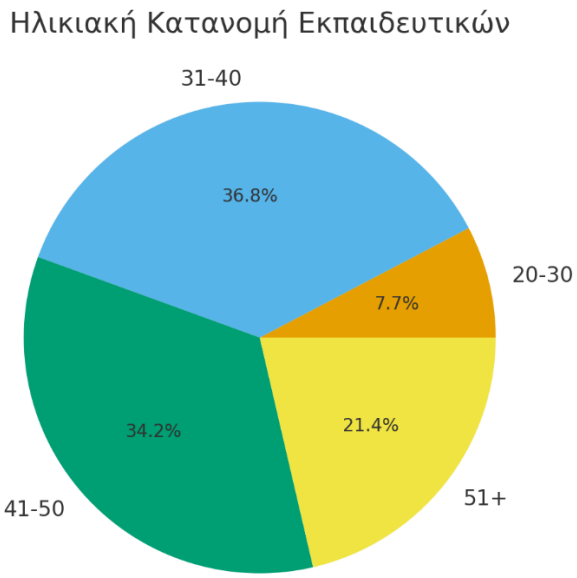
Όσον αφορά τα έτη διδακτικής υπηρεσίας, η πλειονότητα των εκπαιδευτικών διαθέτει μακρόχρονη επαγγελματική εμπειρία. Συγκεκριμένα, το 46,2% των συμμετεχόντων έχει 11–20 χρόνια υπηρεσίας, ενώ το 28,2% διαθέτει περισσότερο από 20 χρόνια διδακτικής εμπειρίας. Τα μικρότερα εύρη προϋπηρεσίας, 0–5 και 6–10 έτη, συγκεντρώνουν ποσοστά 12% και 13,7% αντίστοιχα. Η κατανομή αυτή υποδεικνύει ότι στο δείγμα κυριαρχούν εκπαιδευτικοί με σημαντικό παιδαγωγικό υπόβαθρο, οι οποίοι έχουν αναπτύξει σταθερές διδακτικές πρακτικές και μπορούν να αξιολογήσουν με πληρότητα τις δυνατότητες μιας τεχνολογικής καινοτομίας, όπως είναι ένας AI Assistant.

Σε σχέση με την προηγούμενη εμπειρία στη χρήση Εκπαιδευτικής Ρομποτικής ή Τεχνητής Νοημοσύνης, το 70,9% των εκπαιδευτικών δήλωσε ότι δεν έχει κάνει χρήση αντίστοιχων εργαλείων στο παρελθόν, ενώ μόλις το 29,1% ανέφερε σχετική εμπειρία. Το εύρημα αυτό καταδεικνύει ότι η πλειονότητα των εκπαιδευτικών βρίσκεται σε αρχικό στάδιο εξοικείωσης

με τεχνολογίες αιχμής, γεγονός που προσδίδει ιδιαίτερη αξία στη μελέτη, καθώς διερευνά τη στάση τους απέναντι σε έναν ρομποτικό βοηθό σε συνθήκες χαμηλής προϋπάρχουσας τεχνολογικής εμπειρίας.

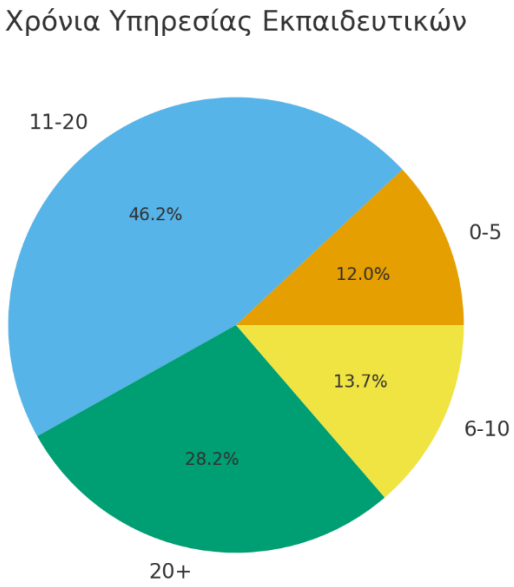
Επιπλέον, η ηλικιακή κατανομή των συμμετεχόντων παρουσιάζει ομοιόμορφη διασπορά στις παραγωγικές ηλικίες, με το 36,8% των εκπαιδευτικών να ανήκει στην ομάδα 31–40 ετών και το 34,2% στην ομάδα 41–50 ετών. Το 21,4% βρίσκεται στην κατηγορία 51+ ετών, ενώ μόνο το 7,7% είναι 20–30 ετών. Η ηλικιακή αυτή διαστρωμάτωση αποτυπώνει ένα εκπαιδευτικό δυναμικό, το οποίο συνδυάζει εμπειρία, ωριμότητα και διάθεση για υιοθέτηση νέων τεχνολογικών προσεγγίσεων.

Συνολικά, το δείγμα των εκπαιδευτικών εμφανίζει υψηλή ετερογένεια ως προς τη βαθμίδα, την ηλικία, τα έτη υπηρεσίας και την τεχνολογική εμπειρία. Το γεγονός ότι η πλειονότητα των εκπαιδευτικών διαθέτει σημαντική διδακτική πορεία αλλά περιορισμένη προηγούμενη εμπλοκή με ρομποτικά ή AI συστήματα καθιστά τα ευρήματα της παρούσας μελέτης ιδιαίτερα χρήσιμα, καθώς προσφέρουν μια ρεαλιστική και τεκμηριωμένη εικόνα για τις δυνατότητες και τις προκλήσεις ενσωμάτωσης ενός AI Assistant στη σύγχρονη εκπαιδευτική πράξη.

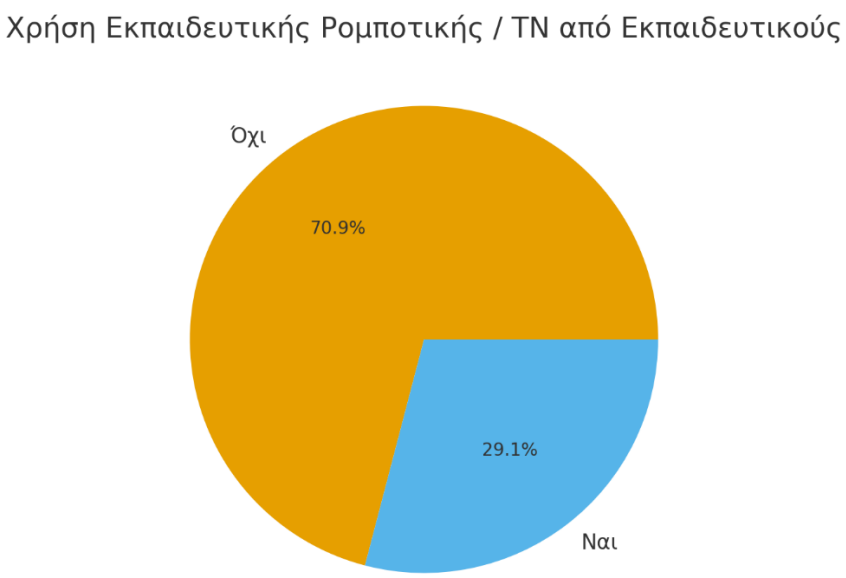


Εικόνα 24: Ηλικιακή Κατανομή Εκπαιδευτικών

Εικόνα 25: Εκπαιδευτική Βαθμίδα Εκπαιδευτικών



Εικόνα 26: Χρόνια Υπηρεσίας Εκπαιδευτικών



Εικόνα 27: Προηγούμενη Χρήση Εκπαιδευτικής Ρομποτικής/ΤΝ από τους Εκπαιδευτικούς

5.1.4 Ερευνητικά Εργαλεία

Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα ερωτηματολόγια: δύο για τους μαθητές (εισόδου και εξόδου) και δύο για τους εκπαιδευτικούς (εισόδου και εξόδου), τα οποία παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β. Τα ερωτηματολόγια σχεδιάστηκαν ειδικά για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης και προσαρμόστηκαν στο εκπαιδευτικό περιβάλλον, προκειμένου να διερευνηθούν με συστηματικό τρόπο οι στάσεις, οι εμπειρίες και η αποδοχή του συστήματος AI Assistant. Κάθε ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει κλειστού τύπου ερωτήσεις σε κλίμακα Likert πέντε βαθμίδων. Τα ερωτηματολόγια των μαθητών αποτελούνται από 10 ερωτήσεις, ενώ εκείνα των εκπαιδευτικών από 12. Οι 10 από τις ερωτήσεις των εκπαιδευτικών αναφέρονται στη συνολική εφαρμογή του AI Assistant στον γενικό μαθητικό πληθυσμό, ενώ έχουν συμπεριληφθεί εσκεμμένα δύο επιπλέον ερωτήσεις με στόχο τη διερεύνηση της χρήσης του συστήματος από μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες.

Τα ερωτηματολόγια των μαθητών περιλαμβάνουν 10 ερωτήσεις, οι οποίες επικεντρώνονται στην ευκολία χρήσης, στην εμπειρία αλληλεπίδρασης με το ρομπότ και στη συνολική αποτίμηση της λειτουργικότητάς του κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας. Αντίστοιχα, τα ερωτηματολόγια των εκπαιδευτικών αποτελούνται από 12 ερωτήσεις. Οι 10 από αυτές διερευνούν τη γενικότερη εφαρμογή του AI Assistant στον μαθητικό πληθυσμό, ενώ δύο επιπλέον ερωτήσεις προστέθηκαν σκόπιμα για να εξεταστεί η συμβολή του συστήματος στη στήριξη μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες.

Πριν από τη διάθεση των ερωτηματολογίων πραγματοποιήθηκε πιλοτικός έλεγχος σε περιορισμένο αριθμό μαθητών και εκπαιδευτικών, με σκοπό την αξιολόγηση της σαφήνειας των διατυπώσεων και τη διασφάλιση της καταλληλότητας των ερωτήσεων. Οι μικρές διορθώσεις που προέκυψαν αφορούσαν κυρίως τη γλωσσική διατύπωση και τη βελτίωση της κατανόησης συγκεκριμένων όρων.

Η επιλογή της κλίμακας Likert πέντε βαθμίδων επιτρέπει στους συμμετέχοντες να εκφράσουν το βαθμό συμφωνίας ή διαφωνίας τους με σαφήνεια και χωρίς υπερβολική γνωστική επιβάρυνση. Παράλληλα, διευκολύνει τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων και την εξαγωγή έγκυρων συμπερασμάτων. Η εσωτερική συνοχή των ερωτηματολογίων εξετάστηκε κατά την ανάλυση των δεδομένων, μέσω δεικτών αξιοπιστίας, ώστε να επιβεβαιωθεί ότι οι ερωτήσεις αποτυπώνουν σταθερά τις ίδιες διαστάσεις της εμπειρίας των συμμετεχόντων.

Ενότητα 1: Αναστοχασμός - Εμπειρία

Αξιολόγησε κάθε πρόταση σύμφωνα με το πόσο συμφωνείς ή διαφωνείς, χρησιμοποιώντας την παρακάτω κλίμακα:

1 = Καθόλου 2 = Λίγο 3 = Αρκετά 4 = Πολύ 5 = Πάρα πολύ

1. Το μάθημα με τον ρομποτικό βοηθό (AI Assistant) ήταν ενδιαφέρον. *

	1	2	3	4	5	
Καθόλου	○	○	○	○	○	Πάρα πολύ

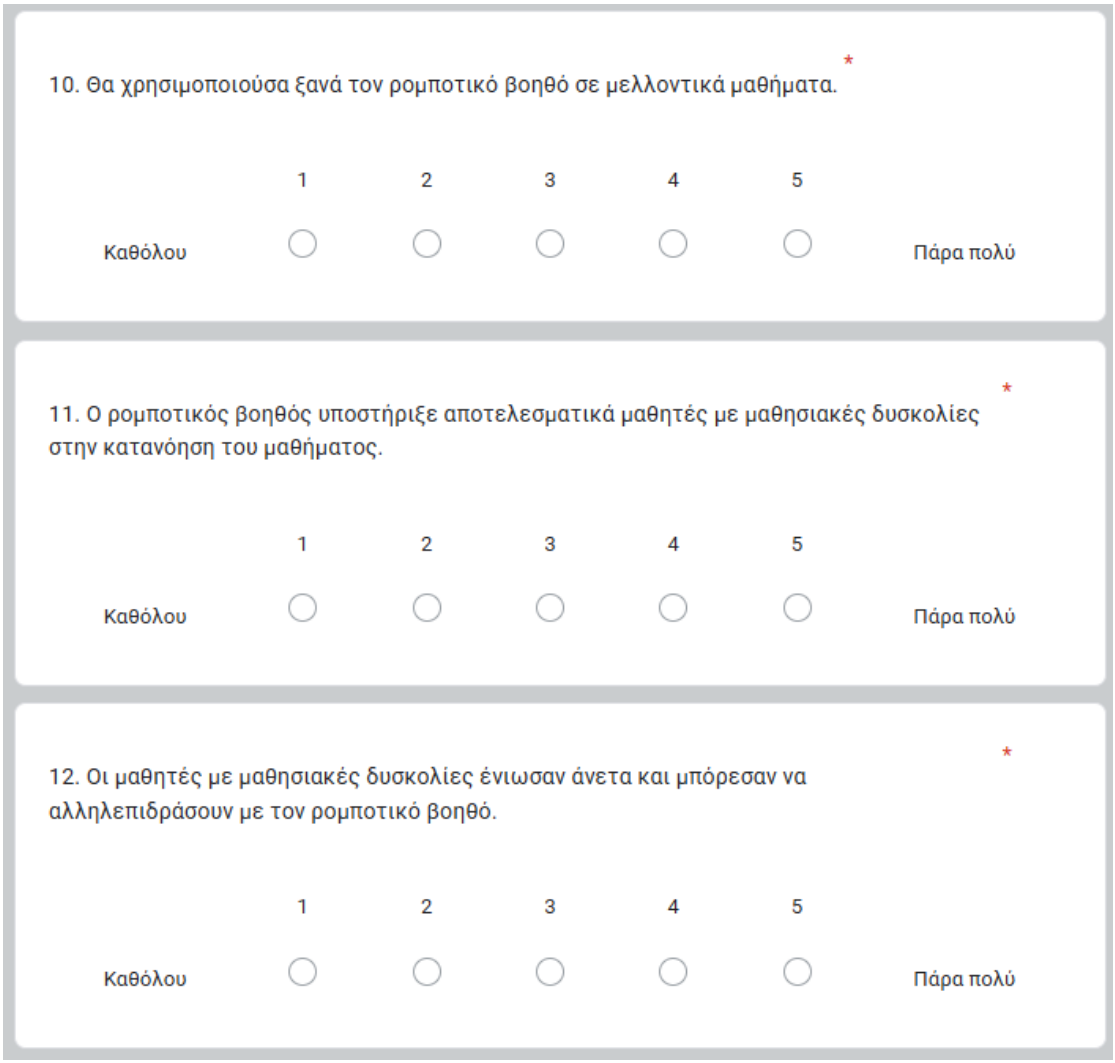
2. Ένιωσα ενθουσιασμό όταν συνεργάστηκα με τον ρομποτικό βοηθό στη διάρκεια του μαθήματος *

	1	2	3	4	5	
Καθόλου	○	○	○	○	○	Πάρα πολύ

3. Το μάθημα ήταν πιο κατανοητό με τη βοήθεια του ρομποτικού βοηθού. *

	1	2	3	4	5	
Καθόλου	○	○	○	○	○	Πάρα πολύ

Εικόνα 28: Ερωτηματολόγιο Εξόδου Μαθητών -Μ2



Εικόνα 29: Ερωτηματολόγιο Εξόδου Εκπαιδευτικών

5.1.5 Διαδικασία Συλλογής Δεδομένων

Περιγραφή της Συλλογής Δεδομένων στο δείγμα των Μαθητών

Η διδακτική παρέμβαση υλοποιήθηκε σε τρεις διαφορετικές βαθμίδες της εκπαίδευσης (Στ' Δημοτικού, Γυμνάσιο, Λύκειο) και σχεδιάστηκε με στόχο να διερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο ένας AI Assistant σε ρομποτική μορφή μπορεί να υποστηρίξει τη μαθησιακή διαδικασία σε διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα. Η παρέμβαση βασίστηκε σε μια μικτή παιδαγωγική προσέγγιση, η οποία συνδύαζε στοιχεία παραδοσιακής διδασκαλίας, συνεργατικής μάθησης και διερευνητικών δραστηριοτήτων, με τον AI Assistant να αναλαμβάνει ρόλο υποστηρικτικού ψηφιακού συνεργάτη.

Σε κάθε διδακτική εφαρμογή ακολουθήθηκε αντίστοιχο Σχέδιο Μαθήματος διάρκειας δύο διδακτικών ωρών (Παράρτημα Α). Η οργάνωση της διδασκαλίας στηρίχθηκε στις φάσεις που προτείνει το ΙΕΠ και περιλάμβανε εισαγωγή, επίδειξη, ομαδική διερεύνηση, δημιουργικές δραστηριότητες, παρουσίαση και αναστοχασμό. Σε όλες τις βαθμίδες αξιοποιήθηκαν ερωτηματολόγια εισόδου και εξόδου (Παράρτημα Β), τα οποία συμπληρώθηκαν από τους μαθητές πριν και μετά την παρέμβαση. Τα ερωτηματολόγια εισόδου κατέγραψαν τις αρχικές προσδοκίες, στάσεις και το επίπεδο προηγούμενης εξοικείωσής τους με την Εκπαιδευτική Ρομποτική και την Τεχνητή Νοημοσύνη, ενώ τα ερωτηματολόγια εξόδου αποτύπωσαν τις εμπειρίες, τις αντιλήψεις και τη συνολική τους αποτίμηση του AI Assistant. Η σύγκριση των δύο συνόλων δεδομένων επέτρεψε τη μελέτη των αλλαγών στις στάσεις των μαθητών και ενίσχυσε τη μεθοδολογική εγκυρότητα της έρευνας.

Α. Α΄, Β΄ Λυκείου – Βιολογία: «Ο AI Assistant ως Ψηφιακός Βιολόγος – Εξερευνώντας το Κύτταρο»

Στο μάθημα της Βιολογίας, ο AI Assistant αξιοποιήθηκε ως «Ψηφιακός Βιολόγος» με στόχο να ενισχύσει την κατανόηση της δομής και λειτουργίας του κυττάρου. Μετά τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου εισόδου, οι μαθητές παρακολούθησαν σύντομη εισήγηση σχετικά με τα οργανίδια και τη λειτουργία τους. Στην κύρια δραστηριότητα, οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες και χρησιμοποίησαν τον AI Assistant για την αναζήτηση πληροφοριών, την επεξεργασία δεδομένων και την καταγραφή ευρημάτων στο Padlet. Η διαδικασία υποστήριξε την ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης, συνεργασίας και κριτικής ανάλυσης.

Η διδασκαλία ολοκληρώθηκε με παρουσιάσεις των εργασιών και συλλογικό αναστοχασμό, όπου οι μαθητές εξέφρασαν πώς ο AI Assistant επηρέασε την κατανόηση της έννοιας του

κυττάρου. Το ερωτηματολόγιο εξόδου κατέγραψε τις τελικές εντυπώσεις, επιτρέποντας τη σύγκριση με τα αρχικά δεδομένα.

Β. Α΄, Β', Γ' Γυμνασίου – Ιστορία: «Συνομιλώντας με έναν Ψηφιακό Ιστορικό – Ο AI Assistant μας ταξιδεύει στην Αρχαία Αθήνα και Σπάρτη»

Στο Γυμνάσιο, ο AI Assistant λειτούργησε ως «Ψηφιακός Ιστορικός», υποστηρίζοντας τη διερεύνηση της κοινωνικής, πολιτικής και πολιτισμικής οργάνωσης της Αθήνας και της Σπάρτης. Μετά τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου εισόδου, οι μαθητές εισήχθησαν στο ιστορικό πλαίσιο και προχώρησαν σε δραστηριότητες διερεύνησης μέσω ερωτήσεων προς τον AI Assistant.

Στη συνέχεια οι μαθητές οργανώθηκαν σε δύο ομάδες, κάθε μία αφιερωμένη σε μία από τις δύο πόλεις-κράτη. Με την υποστήριξη του AI Assistant συγκέντρωσαν πληροφορίες για θεματικούς άξονες, όπως πολίτευμα, κοινωνική οργάνωση, εκπαίδευση και αξίες. Τα δεδομένα παρουσιάστηκαν σε φύλλα εργασίας και Padlet.

Στο δημιουργικό μέρος, κάθε ομάδα δημιούργησε με τη βοήθεια του AI Assistant ένα chatbot-ξεναγό για την πόλη της. Η διαδικασία αυτή ενίσχυσε την κατανόηση του ιστορικού υλικού και παράλληλα ανέδειξε τις δυνατότητες της Τεχνητής Νοημοσύνης ως εργαλείου ψηφιακής αφήγησης. Το ερωτηματολόγιο εξόδου αποτύπωσε τις εντυπώσεις των μαθητών σχετικά με την εμπειρία χρήσης AI στο μάθημα της Ιστορίας.

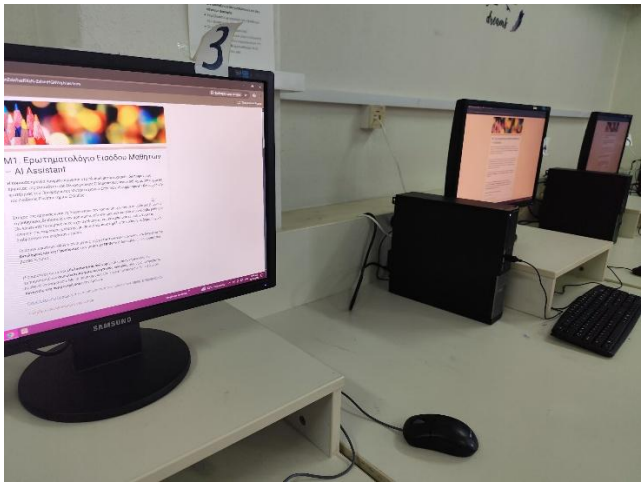
Γ. Στ΄ Δημοτικού – Κοινωνική και Πολιτική Αγωγή: «Η Οικογένεια και οι Ρόλοι στην Οικογένεια – Συνομιλώντας με τον AI Assistant»

Στην Στ΄ Δημοτικού, η παρέμβαση επικεντρώθηκε στη διερεύνηση των ρόλων μέσα στην οικογένεια. Μετά το ερωτηματολόγιο εισόδου, οι μαθητές συζήτησαν αρχικά την έννοια της οικογένειας και τους ρόλους των μελών της. Στο κύριο μέρος του μαθήματος, οι ομάδες μαθητών ανέλαβαν έναν ρόλο (π.χ. πατέρας, μητέρα, παιδί) και ο AI Assistant λειτούργησε ως «ψηφιακός συνεντευκτής», απευθύνοντας εξατομικευμένες ερωτήσεις και ενισχύοντας την επίγνωση των κοινωνικών και συναισθηματικών πτυχών του θέματος.

Στο δημιουργικό μέρος της παρέμβασης, οι μαθητές δημιούργησαν αφίσες που αποτύπωναν τις αξίες και τα χαρακτηριστικά της οικογένειας, αξιοποιώντας όσα προέκυψαν από τον διάλογο με τον AI Assistant. Η διαδικασία ολοκληρώθηκε με αναστοχασμό και συμπλήρωση του ερωτηματολογίου εξόδου, το οποίο κατέγραψε τη στάση τους απέναντι στη χρήση του AI Assistant στο πλαίσιο της Κοινωνικής και Πολιτικής Αγωγής.

Εικόνα 30: Συμμετοχή Μαθητών - Ερωτηματολόγια

Εικόνα 31: Ολοκλήρωση Διδασκαλίας με τον AI Assistant



Εικόνα 32: Ερωτηματολόγια Μαθητών

Περιγραφή της Συλλογής Δεδομένων στο δείγμα των Εκπαιδευτικοί

Παράλληλα με τη συμμετοχή των μαθητών, σημαντικό τμήμα της έρευνας αφορούσε και τη διερεύνηση των στάσεων και αντιλήψεων των εκπαιδευτικών απέναντι στη χρήση του AI Assistant στη σχολική τάξη. Για τον σκοπό αυτό, οι εκπαιδευτικοί της σχολικής μονάδας συγκεντρώθηκαν και παρακολούθησαν τις διδακτικές παρεμβάσεις, αποκτώντας άμεση εικόνα της λειτουργίας του ρομποτικού συστήματος, του τρόπου αλληλεπίδρασης των μαθητών με αυτό και της παιδαγωγικής αξιοποίησης της Τεχνητής Νοημοσύνης.

Πριν από την έναρξη της διδασκαλίας, οι εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να συμπληρώσουν ερωτηματολόγιο εισόδου, το οποίο είχε στόχο να καταγράψει τις αρχικές τους αντιλήψεις, τις προσδοκίες, καθώς και το επίπεδο εξοικείωσης με την Εκπαιδευτική Ρομποτική και τα συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης. Το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε ερωτήσεις που σχετίζονταν με την αντιλαμβανόμενη χρησιμότητα του AI Assistant, τις πιθανές εφαρμογές του στη διδασκαλία, την αποτελεσματικότητά του στην υποστήριξη των μαθητών, καθώς και πιθανούς προβληματισμούς σχετικά με ζητήματα τεχνικής αξιοπιστίας ή παιδαγωγικής καταλληλότητας.

Κατά τη διάρκεια των μαθημάτων, οι εκπαιδευτικοί είχαν τη δυνατότητα να παρατηρήσουν την πρακτική εφαρμογή του συστήματος σε πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας. Η παρατήρηση εστίασε στη συμπεριφορά των μαθητών, στο επίπεδο συμμετοχής, στη διευκόλυνση που παρείχε ο AI Assistant κατά τη μαθησιακή διαδικασία και στον τρόπο με τον οποίο ο εκπαιδευτικός αξιοποιούσε το σύστημα για να ενισχύσει την κατανόηση και τη συνεργασία των μαθητών. Η άμεση αυτή εμπειρία αποτέλεσε σημαντική βάση για τη διαμόρφωση των τελικών τους απόψεων.

Μετά την ολοκλήρωση κάθε διδασκαλίας, οι εκπαιδευτικοί συμπλήρωσαν ερωτηματολόγιο εξόδου, το οποίο αποτύπωνε τη συνολική τους αξιολόγηση για το AI σύστημα. Το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε ερωτήσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα του ρομποτικού βοηθού στη διδασκαλία, τη χρηστικότητα του συστήματος, τη συμβολή του στη συνεργατική μάθηση, καθώς και την ικανότητά του να υποστηρίξει μαθητές με διαφορετικές μαθησιακές ανάγκες. Επιπλέον, διερευνήθηκαν οι προθέσεις των εκπαιδευτικών να ενσωματώσουν παρόμοιες τεχνολογίες στη δική τους τάξη, καθώς και οι παράγοντες που θα διευκόλυναν αυτήν την ενσωμάτωση.

Η σύγκριση των απαντήσεων πριν και μετά την παρέμβαση επέτρεψε τη μελέτη των αλλαγών στις στάσεις και αντιλήψεις των εκπαιδευτικών. Τα δεδομένα ανέδειξαν τόσο τις θετικές προσδοκίες για την καινοτομία που εισάγει ένα AI βασισμένο ρομποτικό σύστημα όσο και τις νέες προοπτικές που διαμορφώνονται μέσα από την άμεση παρατήρηση των μαθητών να

αλληλεπιδρούν με αυτό. Η χρήση των ερωτηματολογίων συνέβαλε καθοριστικά στη μεθοδολογική πληρότητα της έρευνας, διασφαλίζοντας ότι οι απόψεις των εκπαιδευτικών καταγράφηκαν τεκμηριωμένα και συστηματικά.

Εικόνα 33: Συμμετοχή Εκπαιδευτικών - Ερωτηματολόγια Εκπαιδευτικών

5.1.6 Μέθοδοι Ανάλυσης Δεδομένων

Η ανάλυση των δεδομένων της παρούσας έρευνας βασίστηκε σε ένα συνδυασμό περιγραφικών και επαγωγικών στατιστικών μεθόδων, με στόχο την αξιόπιστη αποτύπωση των στάσεων, αντιλήψεων και εμπειριών μαθητών και εκπαιδευτικών αναφορικά με τη χρήση του AI Assistant στη διδασκαλία. Η επιλογή των μεθόδων έγινε με γνώμονα τη φύση των δεδομένων, τα ερευνητικά ερωτήματα και τη δομή των ερωτηματολογίων, λαμβάνοντας υπόψη διεθνείς πρακτικές στην ανάλυση εκπαιδευτικών παρεμβάσεων (Creswell & Creswell, 2018).

Η διαδικασία ξεκίνησε με τον καθαρισμό και την οργάνωση των δεδομένων, ο οποίος περιλάμβανε τον έλεγχο για ελλείπουσες τιμές, την τυποποίηση των μεταβλητών και τη μετατροπή των απαντήσεων σε αριθμητικές κλίμακες όπου αυτό απαιτούνταν. Οι ερωτήσεις των ερωτηματολογίων ήταν διατυπωμένες σε πενταβάθμια κλίμακα Likert, η οποία θεωρείται κατάλληλη για τη μέτρηση στάσεων και πεποιθήσεων σε εκπαιδευτικά πλαίσια (Joshi et al., 2015). Ακολούθησε ο υπολογισμός περιγραφικών στατιστικών, όπως ο μέσος

όρος, η τυπική απόκλιση και τα εύρη τιμών, προκειμένου να αποτυπωθεί η κεντρική τάση και η διασπορά των απαντήσεων. Η περιγραφική στατιστική συνέβαλε στην αρχική κατανόηση της κατανομής των δεδομένων και στον εντοπισμό βασικών τάσεων πριν και μετά τη χρήση του AI Assistant.

Για την αξιολόγηση της εσωτερικής συνοχής των ερωτηματολογίων χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης Cronbach's α, ο οποίος αποτελεί έναν από τους πιο διαδεδομένους τρόπους εκτίμησης της αξιοπιστίας κλιμάκων Likert (Tavakol & Dennick, 2011). Η χρήση του συγκεκριμένου δείκτη κρίθηκε αναγκαία, καθώς επιτρέπει τη διερεύνηση της συνοχής των απαντήσεων και διασφαλίζει ότι τα επιμέρους ερωτήματα μετρούν την ίδια εννοιολογική διάσταση. Οι τιμές Cronbach's α που προέκυψαν τόσο για τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτικούς υπερέβαιναν τα αποδεκτά όρια, επιβεβαιώνοντας την εγκυρότητα των εργαλείων.

Σε δεύτερο στάδιο, πραγματοποιήθηκε επαγωγική στατιστική ανάλυση με σκοπό τη διερεύνηση πιθανών διαφορών μεταξύ των μετρήσεων πριν και μετά την παρέμβαση. Εφόσον τα ερωτηματολόγια ήταν ανώνυμα και δεν κατέστη δυνατή η αντιστοίχιση των συμμετεχόντων, εφαρμόστηκαν έλεγχοι ανεξάρτητων δειγμάτων (independent samples t-tests). Ο συγκεκριμένος έλεγχος επιλέχθηκε διότι επιτρέπει τη σύγκριση μέσων όρων δύο ανεξάρτητων ομάδων, υποθέτοντας κανονικότητα στην κατανομή των δεδομένων και ισότητα των διακυμάνσεων (Field, 2018). Η επιλογή του t-test ήταν συμβατή τόσο με τον σχεδιασμό της παρέμβασης όσο και με τις ιδιαιτερότητες των ανώνυμων ερωτηματολογίων.

Επιπλέον, υπολογίστηκε το μέγεθος επίδρασης (Cohen's d), το οποίο προσφέρει μία ποιοτική διάσταση της διαφοράς μεταξύ των δύο μετρήσεων, ανεξάρτητα από το μέγεθος του δείγματος (Cohen, 1988). Η χρήση του μεγέθους επίδρασης θεωρείται ιδιαιτέρως σημαντική σε παρεμβατικές έρευνες, καθώς επιτρέπει την αξιολόγηση της πρακτικής σημασίας των αποτελεσμάτων πέρα από τη στατιστική σημαντικότητα. Στην παρούσα έρευνα, οι υψηλές τιμές Cohen's d ανέδειξαν ότι η παρέμβαση με τον AI Assistant είχε ουσιαστική επίδραση τόσο στη στάση των μαθητών όσο και στην αποδοχή της τεχνολογίας από τους εκπαιδευτικούς.

Τέλος, η ανάλυση εμπλουτίστηκε με γραφικές αναπαραστάσεις των δεδομένων, όπως κυκλικά (πίτες), που συνέβαλαν στην οπτικοποίηση των τάσεων και στη διευκόλυνση της ερμηνείας των ευρημάτων από μη εξειδικευμένους αναγνώστες. Η οπτική απεικόνιση θεωρείται θεμελιώδες συμπλήρωμα της στατιστικής ανάλυσης, καθώς επιτρέπει τη γρήγορη κατανόηση πολύπλοκων πληροφοριών και ενισχύει τη διαφάνεια των αποτελεσμάτων (Knaflic, 2015).

Συνολικά, ο συνδυασμός περιγραφικής και επαγωγικής στατιστικής μεθοδολογίας παρείχε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο ανάλυσης, ικανό να αποτυπώσει με ακρίβεια τις επιδράσεις του AI Assistant στη μαθησιακή διαδικασία και στην επαγγελματική αντίληψη των εκπαιδευτικών. Η επιλογή έγκυρων και αξιόπιστων μεθόδων ενίσχυσε την εσωτερική εγκυρότητα της έρευνας και επέτρεψε την εξαγωγή ασφαλών και τεκμηριωμένων συμπερασμάτων.

Στο πλαίσιο της ανάλυσης των ποσοτικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν δείκτες περιγραφικής και επαγωγικής στατιστικής με στόχο την αποτύπωση των στάσεων, αντιλήψεων και της επίδρασης της παρέμβασης στους συμμετέχοντες. Ο Πίνακας 8 παρακάτω, παρουσιάζει συνοπτικά τους στατιστικούς δείκτες που αξιοποιήθηκαν και τη συμβολή τους στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Οι δείκτες αυτοί αποτελούν θεμελιώδη εργαλεία στην εκπαιδευτική έρευνα, καθώς επιτρέπουν τον προσδιορισμό της κεντρικής τάσης, της μεταβλητότητας, της αξιοπιστίας των εργαλείων μέτρησης και της στατιστικής σημαντικότητας των διαφορών πριν και μετά την παρέμβαση.

Δείκτης	Ονομασία	Ορισμός	Χρήση και Σημασία στην Έρευνα
Average	Μέσος Όρος	Ο αριθμητικός μέσος των απαντήσεων στην κλίμακα Likert.	Εκφράζει την κεντρική τάση των στάσεων και αντιλήψεων των συμμετεχόντων. Υψηλές τιμές υποδηλώνουν θετικότερη στάση.
SD (Standard Deviation)	Τυπική Απόκλιση	Δείκτης μεταβλητότητας που υπολογίζει πόσο αποκλίνουν οι απαντήσεις από τον μέσο όρο.	Αποκαλύπτει τον βαθμό ομοιογένειας ή διαφοροποίησης. Μικρές τιμές → υψηλή συμφωνία· μεγάλες τιμές → ανομοιογένεια.
Min (Minimum)	Ελάχιστη Τιμή	Η χαμηλότερη απάντηση που δόθηκε σε μια ερώτηση.	Δείχνει το κατώτατο επίπεδο συμφωνίας και βοηθά στην ανίχνευση ακραίων αντιδράσεων.
Max (Maximum)	Μέγιστη Τιμή	Η υψηλότερη απάντηση που καταγράφηκε.	Δείχνει το ανώτατο επίπεδο θετικής στάσης και την έκταση της αποδοχής.
Cronbach's α	Δείκτης Αξιοπιστίας Εσωτερικής Συνοχής	Μετρά την ομοιογένεια και συνοχή των ερωτήσεων μιας κλίμακας Likert.	Υψηλότερες τιμές (> .80) υποδηλώνουν αξιόπιστο εργαλείο μέτρησης. Διασφαλίζει ότι τα items μετρούν την ίδια εννοιολογική διάσταση.
t (t-value)	Στατιστική Τιμή t-Test	Προκύπτει από τον έλεγχο ανεξάρτητων δειγμάτων και συγκρίνει τους μέσους όρους δύο ομάδων.	Μεγάλες σε απόλυτο μέγεθος τιμές δείχνουν σημαντική διαφορά μεταξύ E1 και E2.
p (p-value)	Επίπεδο Στατιστικής Σημαντικότητας	Πιθανότητα το αποτέλεσμα να προκύπτει τυχαία.	Τιμές $p < .05$ θεωρούνται στατιστικά σημαντικές· $p < .001$ εξαιρετικά ισχυρές ενδείξεις πραγματικής διαφοράς.
Cohen's d	Μέγεθος Επίδρασης	Δείκτης που ποσοτικοποιεί τη δύναμη της διαφοράς μεταξύ δύο ομάδων ανεξάρτητα από το μέγεθος δείγματος.	$d = .20$ μικρή, $d = .50$ μέτρια, $d \geq .80$ μεγάλη επίδραση. Στην έρευνα βρέθηκαν εξαιρετικά υψηλές τιμές, δείχνοντας έντονη επίδραση της παρέμβασης.

Πίνακας 8: Δείκτες Επαγωγικής και Περιγραφικής Στατιστικής

5.1.7 Ηθικά Ζητήματα

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις αρχές δεοντολογίας της εκπαιδευτικής έρευνας. Όλοι οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν εκ των προτέρων για τον σκοπό και τη διαδικασία, διασφαλίστηκε η ανωνυμία και η εθελοντική συμμετοχή, ενώ για τους ανήλικους μαθητές η συμμετοχή έγινε με την έγκριση της σχολικής μονάδας και των γονέων/κηδεμόνων. Τα δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά για ερευνητικούς σκοπούς και τηρήθηκαν οι διατάξεις του Γενικού Κανονισμού Προστασίας Δεδομένων (GDPR).

5.1.8 Περιορισμοί και Προοπτικές

Η έρευνα βασίστηκε σε δείγμα ευκολίας και περιορισμένο αριθμό συμμετεχόντων, γεγονός που δεν επιτρέπει τη γενίκευση των αποτελεσμάτων. Ωστόσο, τα ευρήματα παρέχουν σημαντικές ενδείξεις για τη δυναμική και τις προοπτικές της χρήσης του AI Assistant στην εκπαίδευση. Μελλοντικές έρευνες μπορούν να εστιάσουν σε μεγαλύτερα δείγματα, διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα και σε μακροχρόνια παρακολούθηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την ενσωμάτωση ρομποτικών συστημάτων Τεχνητής Νοημοσύνης στη διδασκαλία.

5.2 Αναλυτική Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

5.2.1 Ανάλυση Αποτελεσμάτων των Ερωτηματολογίων των Μαθητών

Η αξιολόγηση της μαθησιακής εμπειρίας σε σχέση με τον AI Assistant πραγματοποιήθηκε μέσω δύο ανώνυμων ερωτηματολογίων τύπου Likert (M1 και M2), τα οποία συμπληρώθηκαν πριν και μετά τη διδασκαλία αντίστοιχα. Το πρώτο ερωτηματολόγιο (M1) διερευνούσε τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών για τη χρήση ενός ρομποτικού βοηθού στην τάξη, ενώ το δεύτερο (M2) αποτύπωνε τις στάσεις και τα συναισθήματά τους μετά την εμπειρία αλληλεπίδρασης με το σύστημα. Η ανάλυση που ακολουθεί παρουσιάζει τα αποτελέσματα των δύο εργαλείων, καθώς και τη συγκριτική τους αποτίμηση.

M1 Ερωτηματολόγιο Εισόδου Μαθητών – Παράρτημα Β

Το M1 ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε από 224 μαθητές και στόχευε να διερευνήσει τις προσδοκίες, τα συναισθήματα και τις αρχικές αντιλήψεις των συμμετεχόντων σχετικά με την

αξιοποίηση ενός AI Assistant στη μαθησιακή διαδικασία. Η ανάλυση των δεδομένων βασίστηκε σε δέκα ερωτήσεις τύπου Likert (1–5), καθώς και σε μία τελική ερώτηση αξιολόγησης (1–10).

Η αξιοπιστία του εργαλείου αποδείχθηκε πολύ υψηλή, καθώς ο δείκτης Cronbach's α ανήλθε σε .875, υποδηλώνοντας συνεκτικότητα μεταξύ των επιμέρους ερωτήσεων και καταλληλόλητα του εργαλείου για ερευνητική χρήση.

Οι μέσοι όροι των απαντήσεων κυμάνθηκαν από 3.29 έως 3.91, δείχνοντας ότι οι μαθητές ήδη πριν από τη διδασκαλία παρουσίαζαν σχετικά θετικές ή ουδέτερες αντιλήψεις απέναντι στη ρομποτική τεχνολογία και την Τεχνητή Νοημοσύνη. Οι υψηλότερες τιμές εμφανίστηκαν στην ερώτηση σχετικά με την ευχαρίστηση χρήσης νέων τεχνολογιών (M = 3.92), ενώ χαμηλότερη μέση τιμή παρουσιάστηκε στην ερώτηση που διερευνούσε την αντίληψη για τον ρόλο του AI Assistant ως βοηθητικού εργαλείου (M = 3.29). Η συνολική εικόνα υποδεικνύει ότι οι μαθητές ήταν ανοιχτοί στην ενσωμάτωση καινοτόμων τεχνολογιών στο σχολικό περιβάλλον, διατηρώντας παράλληλα επιφυλάξεις ως προς τον βαθμό αποτελεσματικότητας του συστήματος πριν από την εμπειρία χρήσης.

Σημείωση. Οι τιμές αντιστοιχούν σε κλίμακα 1–5.

Ερώτηση	Average	SD	Min	Max
1	3.67	1.04	1	5
2	3.45	1.09	1	5
3	3.43	1.09	1	5
4	3.48	1.09	1	5
5	3.91	1.05	1	5
6	3.38	1.08	1	5
7	3.38	1.03	1	5
8	3.38	1.05	1	5
9	3.85	1.04	1	5
10	3.29	1.11	1	5

Πίνακας 9: Περιγραφικά Στατιστικά για το Ερωτηματολόγιο M1 (Πριν τη χρήση του AI Assistant)

Μ2 Ερωτηματολόγιο Εξόδου Μαθητών – Παράρτημα Β

Το Μ2 ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε από τον ίδιο αριθμό μαθητών, αμέσως μετά τη διδασκαλία και την αλληλεπίδραση με τον AI Assistant. Ο δείκτης Cronbach's α έφτασε το .932, δείχνοντας εξαιρετική εσωτερική συνοχή και υψηλή αξιοπιστία του εργαλείου αξιολόγησης.

Η ανάλυση έδειξε σαφώς βελτιωμένες στάσεις και αντιλήψεις των μαθητών, με τους μέσους όρους να κυμαίνονται από 3.90 έως 4.49. Η σημαντικότερη θετική μεταβολή παρατηρήθηκε στις ερωτήσεις που αφορούσαν:

- την αντιλαμβανόμενη χρησιμότητα του AI Assistant (M = 4.42),
- την ποιότητα των πληροφοριών που παρείχε (M = 4.42),
- τον ενθουσιασμό για τη χρήση του (M = 4.13).

Επιπλέον, η τελική συνολική αξιολόγηση του μαθήματος έφτασε τον ιδιαίτερα υψηλό μέσο όρο M = 8.86, στοιχείο που καταδεικνύει υψηλή ικανοποίηση των μαθητών από το μαθησιακό περιβάλλον με την υποστήριξη του AI Assistant.

Σημείωση. Οι τιμές αντιστοιχούν σε κλίμακα 1–5.

Ερώτηση	Average	SD	Min	Max
1	4.49	0.75	1	5
2	4.14	0.91	1	5
3	3.97	0.98	1	5
4	4.14	0.86	1	5
5	4.27	0.86	1	5
6	3.90	0.96	1	5
7	3.90	1.00	1	5
8	4.42	0.80	1	5
9	4.35	1.00	1	5
10	4.42	0.80	1	5

Πίνακας 10: Περιγραφικά Στατιστικά για το Ερωτηματολόγιο Μ2 (Μετά τη χρήση του AI Assistant)

Σύγκριση Αποτελεσμάτων και Συμπεράσματα Ερωτηματολογίων Μαθητών

Για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο ερωτηματολογίων πραγματοποιήθηκε στατιστικός έλεγχος ανεξάρτητων δειγμάτων (independent samples t-test), καθώς τα δεδομένα ήταν ανώνυμα και δεν ήταν δυνατή η αντιστοίχιση των μαθητών σε ζεύγη (pairing), παρότι το πλήθος των συμμετεχόντων ήταν το ίδιο.

Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε όλες τις ερωτήσεις ($p < .001$), με τους μέσους όρους του M2 να είναι συστηματικά υψηλότεροι από εκείνους του M1. Οι τιμές του effect size (Cohen's d) κυμάνθηκαν από 0.34 έως 1.10, καταδεικνύοντας μεσαία έως πολύ ισχυρή επίδραση της χρήσης του AI Assistant.

Οι μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις παρατηρήθηκαν:

- στην ποιότητα των πληροφοριών που παρείχε ο AI Assistant ($d = 1.10$),
- στην αντίληψη για την αποτελεσματικότητά του ως βοηθητικού εργαλείου ($d = 1.03$),
- στον συνολικό βαθμό ενδιαφέροντος για το μάθημα ($d \approx 0.84$).

Τα αποτελέσματα αυτά υποδηλώνουν ότι η ενσωμάτωση του AI Assistant συνέβαλε ουσιαστικά στην ενίσχυση του ενδιαφέροντος, της κατανόησης και της θετικής στάσης των μαθητών απέναντι στη μαθησιακή διαδικασία. Επιπλέον, η υψηλή αξιολόγηση της εμπειρίας μετά τη διδασκαλία καταδεικνύει ότι το ρομποτικό σύστημα λειτούργησε ως παράγοντας γνωστικής και συναισθηματικής ενδυνάμωσης.

Συνολικά, η ανάλυση των ερωτηματολογίων επιβεβαιώνει ότι η χρήση του AI Assistant είχε ουσιαστική, θετική και στατιστικά σημαντική επίδραση στη μαθησιακή εμπειρία των μαθητών, τόσο ως προς την αντίληψη της χρησιμότητας της τεχνολογίας όσο και ως προς την ενεργή εμπλοκή τους στο μάθημα.

Σημείωση. Τιμές άνω του .80 θεωρούνται υψηλές και αποδεκτές για εκπαιδευτική έρευνα.

Ερωτηματολόγιο	**Cronbach's α**
M1	.875
M2	.932

Πίνακας 11: Δείκτες Αξιοπιστίας (Cronbach's α) για M1 και M2

Ερώτηση	AverageM1	AverageM2	t	p	Cohen's d
1	3.67	4.49	-8.94	< .001	0.84
2	3.45	4.14	-6.71	< .001	0.63
3	3.43	3.97	-5.23	< .001	0.49
4	3.48	4.14	-6.44	< .001	0.61
5	3.91	4.27	-3.59	< .001	0.34
6	3.38	3.90	-4.72	< .001	0.45
7	3.38	3.90	-4.70	< .001	0.44
8	3.38	4.42	-11.68	< .001	1.10
9	3.85	4.35	-5.42	< .001	0.51
10	3.29	4.42	-10.94	< .001	1.03

Πίνακας 12: Αποτελέσματα Ελέγχου Ανεξάρτητων Δειγμάτων (Independent Samples t-test) μεταξύ M1 και M2

Σημείωση. Όλες οι διαφορές ήταν στατιστικά σημαντικές ($p < .001$). Οι τιμές Cohen's d δείχνουν από μέτρια ($d \approx 0.30$) έως πολύ μεγάλη επίδραση ($d > 0.80$).

Περιορισμοί και Προκαταλήψεις

Παρά τα ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα της εφαρμογής του AI Assistant στη μαθησιακή διαδικασία, η έρευνα παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των ευρημάτων. Ένας σημαντικός περιορισμός αφορά το πολιτισμικό και κοινωνικό πλαίσιο μέσα στο οποίο διεξήχθη η έρευνα. Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας και των συζητήσεων που ακολούθησαν, παρατηρήθηκε ότι αρκετοί μαθητές εξέφρασαν **προκαταλήψεις και αρνητικές αντιλήψεις για την Τεχνητή Νοημοσύνη**, οι οποίες δεν συνδέονταν με τη λειτουργικότητα του συστήματος, αλλά με **παγιωμένες θρησκευτικές και κοινωνικές αντιλήψεις**.

Συγκεκριμένα, ορισμένοι μαθητές ανέφεραν ότι η AI αποτελεί κάτι «κακό εκ φύσεως» ή ότι σχετίζεται με υπερφυσικές ή θρησκευτικές απεικονίσεις του «κακού» ή ότι «θα μας κλέψει τις δουλειές». Αυτές οι αντιλήψεις φαίνεται να έχουν καλλιεργηθεί από ανεπίσημες πηγές, διαδικτυακό περιεχόμενο ή οικογενειακά περιβάλλοντα, και δεν αντανακλούν επιστημονικά δεδομένα σχετικά με την τεχνολογία. Παρότι δεν εμπόδισαν τη συμμετοχή των μαθητών στη

δραστηριότητα, επηρέασαν το αρχικό τους πλαίσιο αναφοράς και πιθανόν τις απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο Μ1 και Μ2.

Επομένως, ένας σημαντικός περιορισμός αφορά το γεγονός ότι οι στάσεις των μαθητών δεν διαμορφώθηκαν αποκλειστικά από την εκπαιδευτική παρέμβαση, αλλά επηρεάστηκαν και από προϋπάρχουσες κοινωνικές και θρησκευτικές αντιλήψεις που λειτουργούν ως εξωτερικές μεταβλητές. Μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να εξετάσει βαθύτερα τον τρόπο με τον οποίο τέτοιες πεποιθήσεις επηρεάζουν την αποδοχή εκπαιδευτικών τεχνολογιών, ώστε να προταχθούν στρατηγικές ενίσχυσης του τεχνολογικού γραμματισμού και της ορθής κατανόησης της AI.

5.2.2 Ανάλυση Αποτελεσμάτων των Ερωτηματολογίων των Εκπαιδευτικών

Η αξιολόγηση της χρήσης του AI Assistant από τους εκπαιδευτικούς πραγματοποιήθηκε μέσω δύο ανώνυμων ερωτηματολογίων τύπου Likert (Ε1 και Ε2), τα οποία συμπληρώθηκαν πριν και μετά τη διδασκαλία. Το πρώτο ερωτηματολόγιο (Ε1) διερευνούσε τις αρχικές στάσεις, προσδοκίες και το επίπεδο εξοικείωσης των εκπαιδευτικών με τεχνολογίες Τεχνητής Νοημοσύνης, ενώ το δεύτερο (Ε2) κατέγραφε την εμπειρία, την αποδοχή και τις αντιλήψεις τους μετά την παρατήρηση ή τη συμμετοχή στη διδασκαλία με AI Assistant.

Η ανάλυση των δεδομένων ακολουθεί την ίδια μεθοδολογική προσέγγιση με τα ερωτηματολόγια των μαθητών, ώστε να διατηρηθεί η συνοχή στο ερευνητικό πλαίσιο.

Ε1 Ερωτηματολόγιο Εισόδου Εκπαιδευτικών – Παράρτημα Β

Το ερωτηματολόγιο Ε1 συμπληρώθηκε από εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, με διαφορετική διδακτική εμπειρία και ειδικότητες. Οι ερωτήσεις τύπου Likert διερευνούσαν κυρίως:

- την αρχική στάση απέναντι στη χρήση AI στην τάξη,
- το επίπεδο άνεσης με την εκπαιδευτική τεχνολογία,
- τις προσδοκίες ως προς τη συμβολή του AI Assistant στη διδασκαλία,
- την αντίληψη για τη χρησιμότητα της ρομποτικής στην εκπαίδευση,
- τη δυνατότητα υποστήριξης μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες.

Η ανάλυση των απαντήσεων έδειξε ότι, ήδη πριν τη συμμετοχή στη δραστηριότητα, οι εκπαιδευτικοί διατηρούσαν συγκρατημένα θετική στάση απέναντι στην ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης.

Ο δείκτης Cronbach's α για το Ε1 ήταν υψηλός, .959, επιβεβαιώνοντας ότι οι ερωτήσεις αποτελούν αξιόπιστη κλίμακα μέτρησης στάσεων και πεποιθήσεων. Οι μέσοι όροι των απαντήσεων κινήθηκαν γενικά μεταξύ 3 και 4, υποδηλώνοντας:

- θετική, αλλά όχι ακόμη πλήρως διαμορφωμένη στάση απέναντι στην εκπαιδευτική AI,
- επιφυλακτικότητα ως προς την πρακτική εφαρμογή,
- υψηλή προσωπική άνεση με τη χρήση τεχνολογίας,
- προθυμία να εντάξουν καινοτόμα εργαλεία στο μάθημα.

Πολύ σημαντικό εύρημα αποτελεί η αρχική υψηλή ευαισθητοποίηση των εκπαιδευτικών απέναντι στους μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες και η διάθεσή τους να δοκιμάσουν εργαλεία που μπορεί να ενισχύσουν τη συμπερίληψη.

Σημείωση. Οι τιμές αντιστοιχούν σε κλίμακα 1–5.

Ερώτηση	Average	SD	Min	Max
1	3.33	0.98	1	5
2	2.97	1.01	1	5
3	2.77	1.05	1	5
4	3.23	1.03	1	5
5	2.62	1.06	1	5
6	3.15	1.02	1	5
7	2.84	1.03	1	5
8	2.91	1.06	1	5
9	3.38	1.03	1	5
10	3.09	1.04	1	5
11	3.31	1.03	1	5
12	3.42	1.01	1	5

Πίνακας 13: Περιγραφικά Στατιστικά για το Ερωτηματολόγιο Ε1 (Είσοδος Εκπαιδευτικών)

Ε2 Ερωτηματολόγιο Εξόδου Εκπαιδευτικών – Παράρτημα Β

Το ερωτηματολόγιο Ε2 συμπληρώθηκε μετά την παρατήρηση του μαθήματος με τον AI Assistant. Οι απαντήσεις κατέδειξαν σημαντικά θετικότερες αντιλήψεις, τόσο για τη λειτουργικότητα του συστήματος όσο και για τη συμβολή του στην ενεργό συμμετοχή των μαθητών.

Οι εκπαιδευτικοί αξιολόγησαν θετικά:

- την παιδαγωγική αξία του AI Assistant,
- την ευκολία χρήσης του ρομποτικού συστήματος,
- την υποστήριξη της κατανόησης δύσκολων εννοιών,
- τη δυνατότητά του να ενισχύσει μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες,
- την αύξηση της συμμετοχής και του ενδιαφέροντος των μαθητών.

Ο δείκτης Cronbach's α για το Ε2 παρουσίασε ακόμη υψηλότερη τιμή από το Ε1, .988, γεγονός που ερμηνεύεται ως ενίσχυση της συνοχής των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών μετά την εμπειρία παρατήρησης.

Οι μέσοι όροι κυμαίνονταν από 4 έως 5 σε σχεδόν όλες τις ερωτήσεις, κάτι που δείχνει:

υψηλή αποδοχή της τεχνολογίας,

- θετική εμπειρία από τη διδασκαλία με AI Assistant,
- ενίσχυση της εμπιστοσύνης στη χρήση της AI σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα,
- αναγνώριση του ρόλου του AI στην διαφοροποιημένη και συμπεριληπτική διδασκαλία.

Σημείωση. Οι τιμές αντιστοιχούν σε κλίμακα 1–5.

Ερώτηση	Average	SD	Min	Max
1	4.40	0.67	3	5
2	4.38	0.71	3	5
3	4.38	0.77	3	5
4	4.43	0.70	3	5
5	4.45	0.71	3	5
6	4.41	0.75	3	5
7	4.40	0.73	3	5

Ερώτηση	Average	SD	Min	Max
8	4.40	0.75	3	5
9	4.49	0.71	3	5
10	4.47	0.69	3	5
11	4.41	0.72	3	5
12	4.49	0.71	3	5

Πίνακας 14: Περιγραφικά Στατιστικά για το Ερωτηματολόγιο Ε2 (Έξοδος Εκπαιδευτικών)

Σύγκριση Αποτελεσμάτων και Συμπεράσματα Ερωτηματολογίων Εκπαιδευτικών

Λόγω της ανωνυμίας των απαντήσεων, τα δεδομένα των δύο ερωτηματολογίων αναλύθηκαν ως ανεξάρτητα δείγματα. Τα αποτελέσματα των independent samples t-tests έδειξαν:

- στατιστικά σημαντικές διαφορές σε όλες σχεδόν τις ερωτήσεις ($p < .001$),
- συστηματικά υψηλότερους μέσους όρους στο Ε2 σε σχέση με το Ε1,
- μεσαία έως πολύ ισχυρή επίδραση (Cohen's $d = 0.40 – 1.20$).

Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η παρατήρηση ή εφαρμογή του μαθήματος με τον AI Assistant:

- ενίσχυσε σημαντικά τις θετικές στάσεις των εκπαιδευτικών,
- αύξησε την εμπιστοσύνη τους στην παιδαγωγική αξία των συστημάτων AI,
- μείωσε αρχικές επιφυλάξεις,
- ενίσχυσε την αντίληψη για τη δυνατότητα υποστήριξης μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες,
- επιβεβαίωσε ότι η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να λειτουργήσει ως πραγματικός βοηθός διδασκαλίας.

Συνολικά, η εκπαιδευτική παρέμβαση φαίνεται να είχε έντονα θετική και μετασχηματιστική επίδραση στις στάσεις των εκπαιδευτικών, αναδεικνύοντας την ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης της ενσωμάτωσης AI στην καθημερινή σχολική πρακτική.

Ερωτηματολόγιο	Cronbach's α
E1	.959
E2	.988

Πίνακας 15: Δείκτες Αξιοπιστίας (Cronbach's α) για τα E1 και E2

Σημείωση. Τιμές άνω του .90 θεωρούνται εξαιρετικές για ερευνητική χρήση.

Ερώτηση	AverageE1	AverageE2	t	p	Cohen's d
1	3.33	4.40	-8.31	< .001	1.09
2	2.97	4.38	-11.53	< .001	1.51
3	2.77	4.38	-13.23	< .001	1.73
4	3.23	4.43	-8.97	< .001	1.17
5	2.62	4.45	-15.61	< .001	2.04
6	3.15	4.41	-9.53	< .001	1.25
7	2.84	4.40	-12.51	< .001	1.64
8	2.91	4.40	-11.60	< .001	1.52
9	3.38	4.49	-8.72	< .001	1.14
10	3.09	4.47	-10.64	< .001	1.39
11	3.31	4.41	-8.56	< .001	1.12
12	3.42	4.49	-8.66	< .001	1.13

Πίνακας 16: Αποτελέσματα Independent Samples t-test μεταξύ E1 και E2

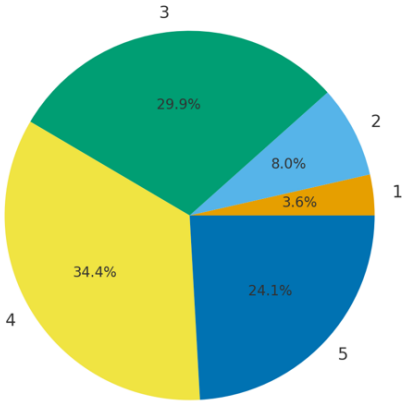
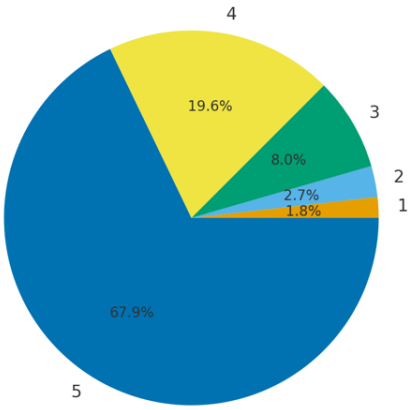
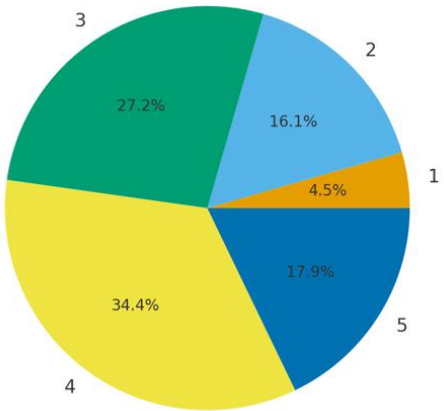
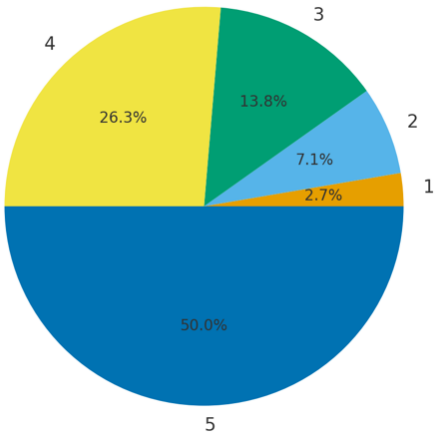
Σημείωση. Όλες οι διαφορές ήταν στατιστικά σημαντικές ($p < .001$). Οι τιμές $d > 0.80$ δείχνουν πολύ ισχυρή επίδραση.

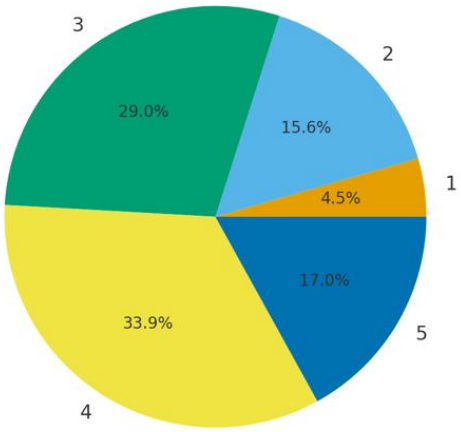
5.2.3 Διαγραμματική Ανάλυση των Ερωτηματολογίων Μαθητών και Εκπαιδευτικών και Συγκριτική Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων

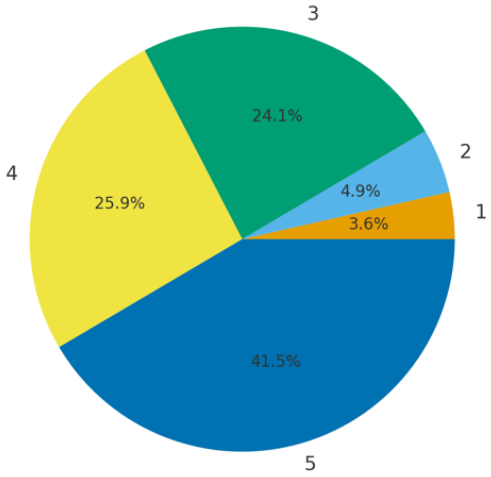
Σύγκριση Ερωτηματολογίων Μαθητών M1 και M2

Κλίμακα Αξιολόγησης:

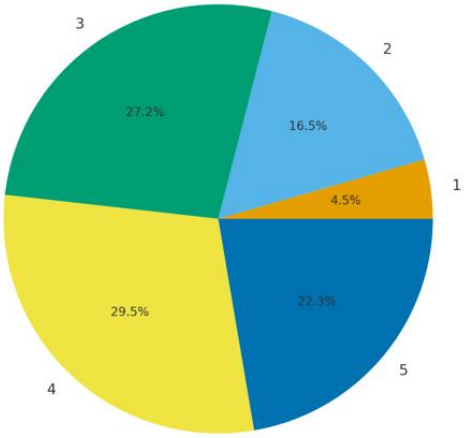
1 = Καθόλου 2 = Λίγο 3 = Αρκετά 4 = Πολύ 5 = Πάρα πολύ

M1 Ερωτηματολόγιο Εισόδου Μαθητών	M2 Ερωτηματολόγιο Εξόδου Μαθητών
1. Πιστεύω ότι ο ρομποτικός βοηθός (AI Assistant) θα κάνει το μάθημα πιο ενδιαφέρον. 	1.Το μάθημα με τον ρομποτικό βοηθό (AI Assistant) ήταν ενδιαφέρον. 
2.Νιώθω ενθουσιασμό που θα μάθω με τη βοήθεια ενός ρομποτικού βοηθού. 	2.Ένιωσα ενθουσιασμό όταν συνεργάστηκα με τον ρομποτικό βοηθό στη διάρκεια του μαθήματος. 
3.Θεωρώ ότι ο ρομποτικός βοηθός θα με βοηθήσει να κατανοήσω καλύτερα το μάθημα.	3.Το μάθημα ήταν πιο κατανοητό με τη βοήθεια του ρομποτικού βοηθού.

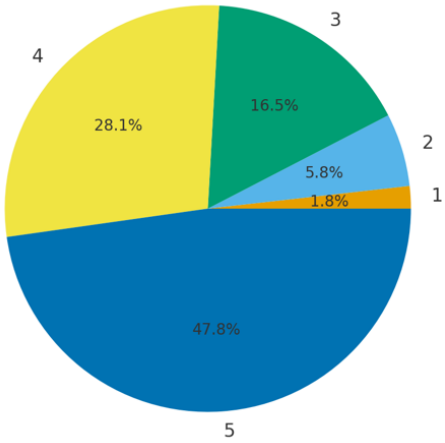




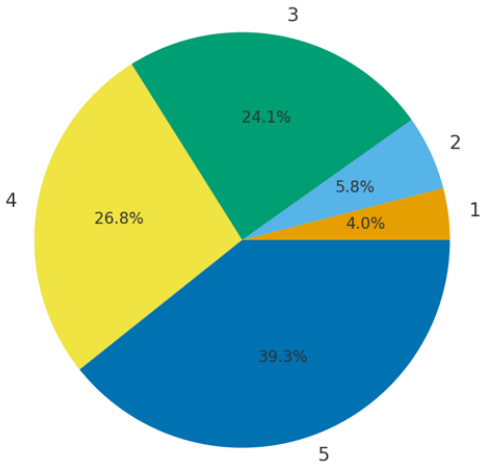
4.Πιστεύω ότι μπορώ να επικοινωνώ εύκολα με τον ρομποτικό βοηθό.



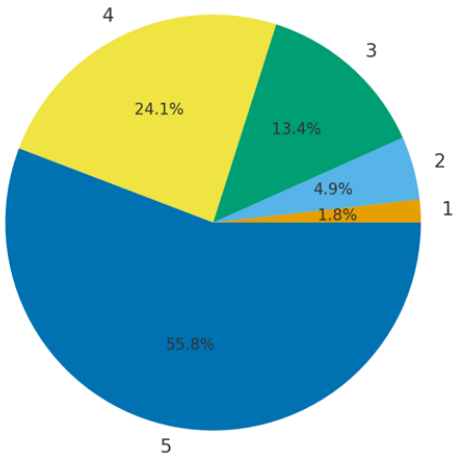
4.Επικοινώνησα - χρησιμοποίησα εύκολα το ρομποτικό βοηθό κατά τη διάρκεια του μαθήματος.

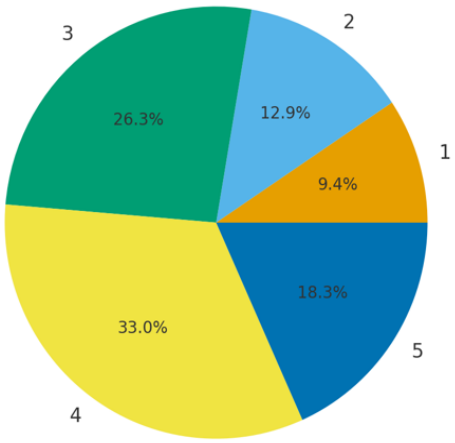
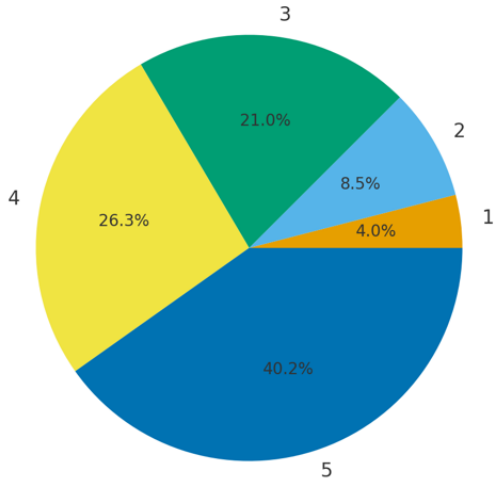
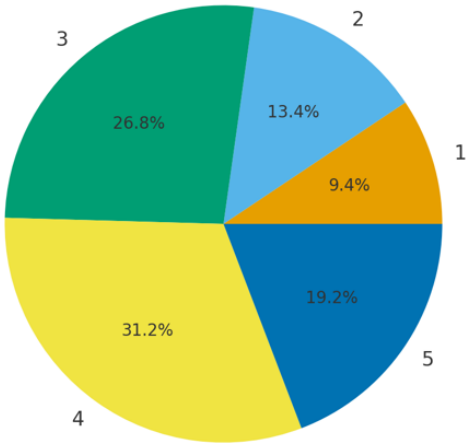
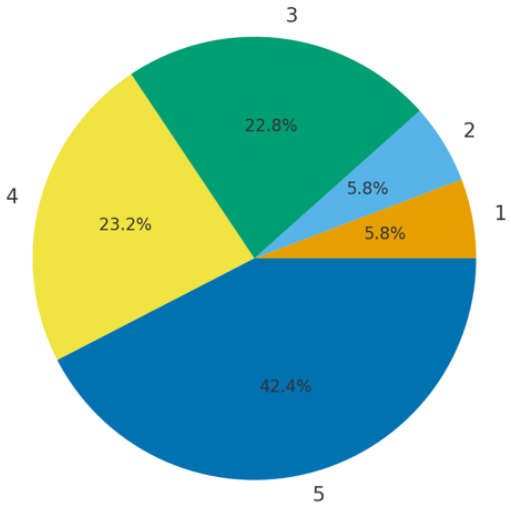


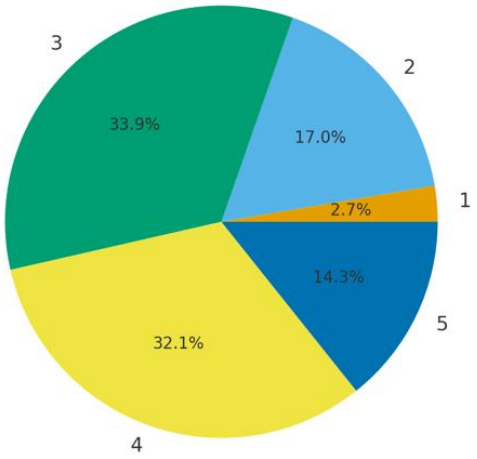
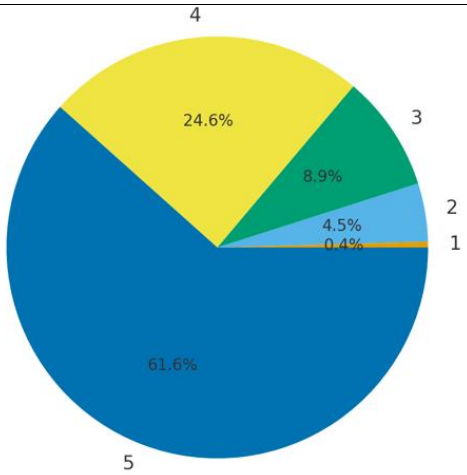
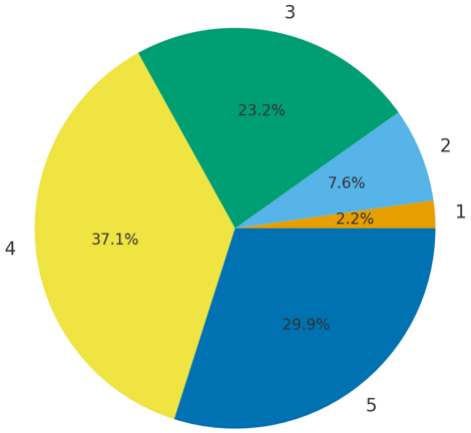
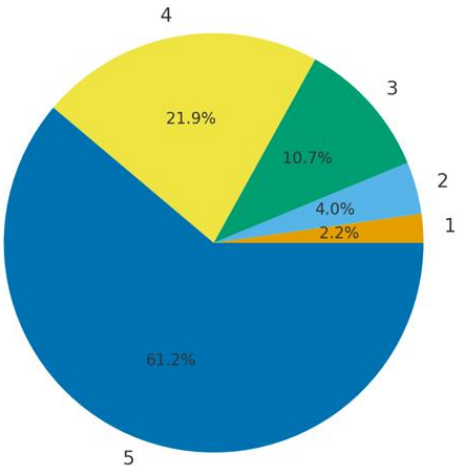
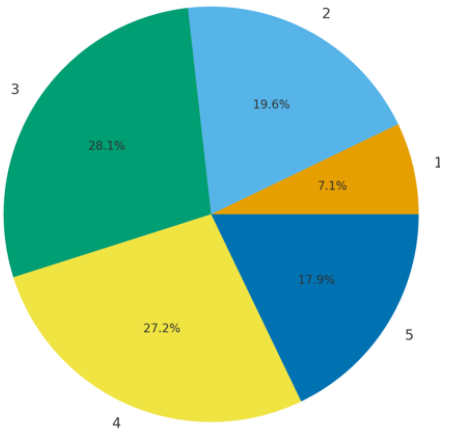
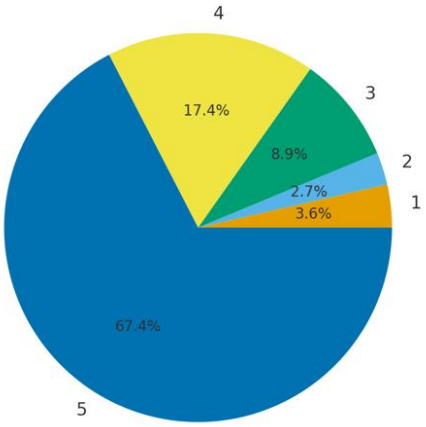
5.Μου αρέσει να χρησιμοποιώ νέες τεχνολογίες στην τάξη κατά τη διάρκεια των μαθημάτων.



5.Μου άρεσε που ενσωματώθηκαν νέες τεχνολογίες στην τάξη.



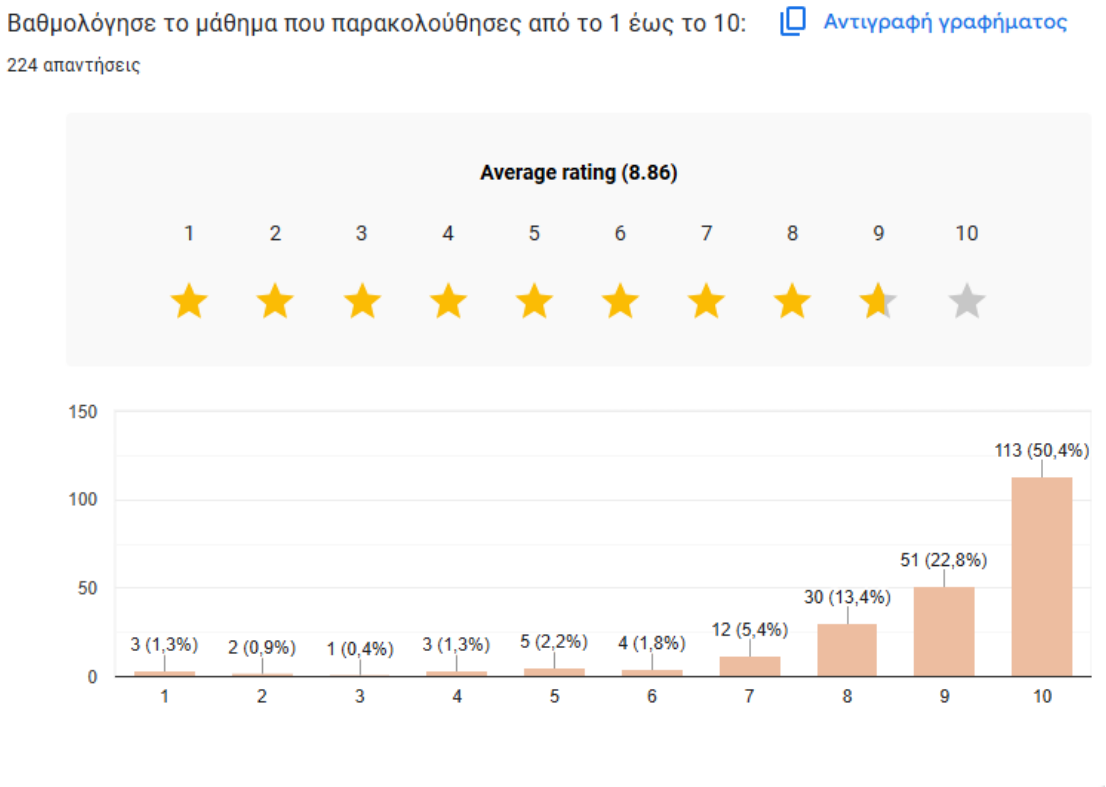
6.Νιώθω άνετα να εκφράζω ιδέες ή απορίες μπροστά σε ένα ρομπότ.  	6.Ένιωσα άνετα όταν εξέφρασα απορίες στον ρομποτικό βοηθό. 
7.Πιστεύω ότι το ρομποτικός βοηθός θα μας βοηθήσει να συνεργαστούμε καλύτερα σε ομάδες στην τάξη.  	7. Ο ρομποτικός βοηθός με βοήθησε να συνεργαστώ με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας μου – τάξης μου. 
8.Πιστεύω ότι οι πληροφορίες που θα μου δώσει ο ρομποτικός βοηθός θα είναι σωστές.	8.Οι πληροφορίες που μας έδωσε ο ρομποτικός βοηθός ήταν σωστές.

	
9.Θεωρώ ότι η χρήση του ρομποτικού βοηθού μπορεί να κάνει το μάθημα πιο ευχάριστο. 	9.Η χρήση του ρομποτικού βοηθού κατά τη διάρκεια του μαθήματος έκανε το μάθημα πιο ευχάριστο. 
10.Πιστεύω ότι ο AI Assistant ως βοηθός έχει θέση στη σχολική τάξη και σε άλλα μαθήματα. 	10.Θα ήθελα να ξαναχρησιμοποιήσουμε τον ρομποτικό βοηθό στην τάξη και σε άλλα μαθήματα. 

Πίνακας 17: Πίνακας 17: Σύγκριση Αποτελεσμάτων Ερωτηματολογίων Εισόδου - Εξόδου Μαθητών

Βαθμολογία Μαθήματος με τη Χρήση του AI Assistant

30/12/2025

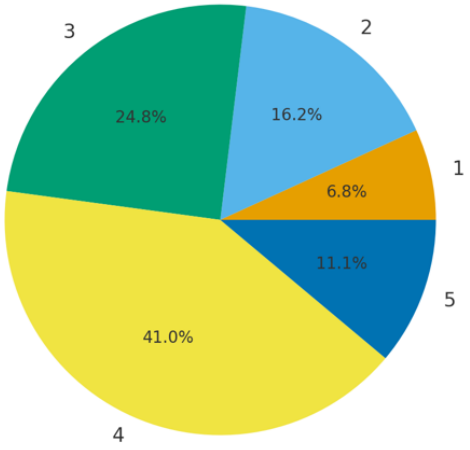
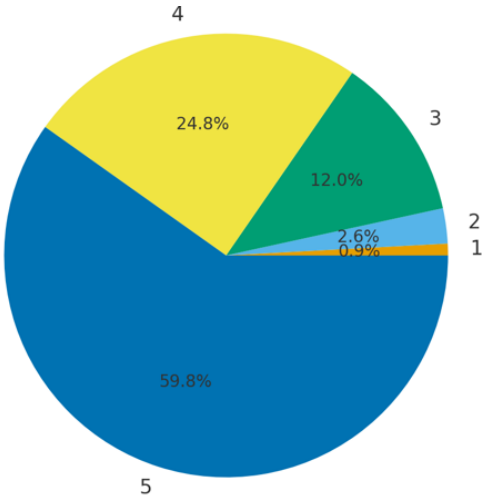
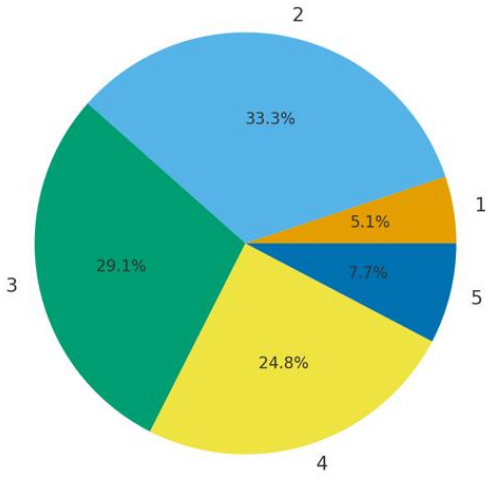
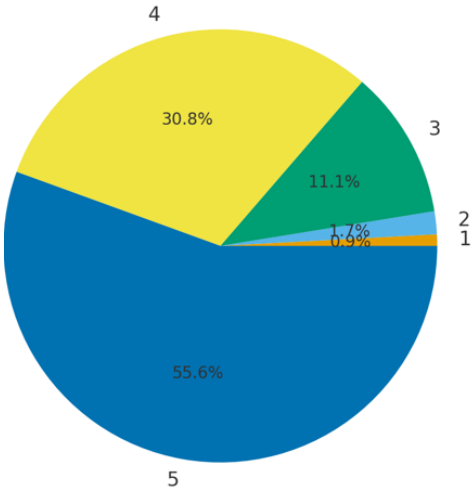


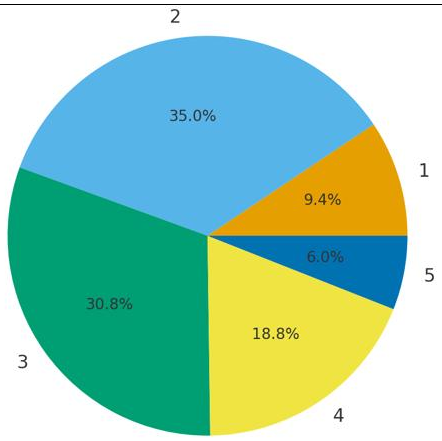
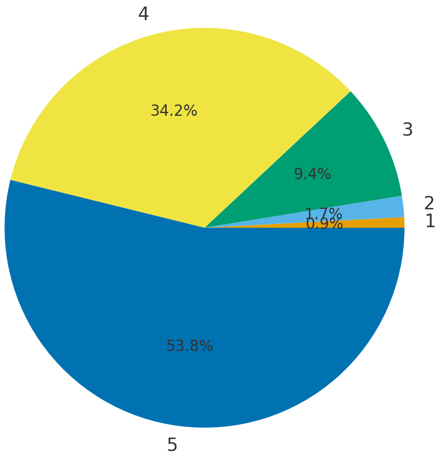
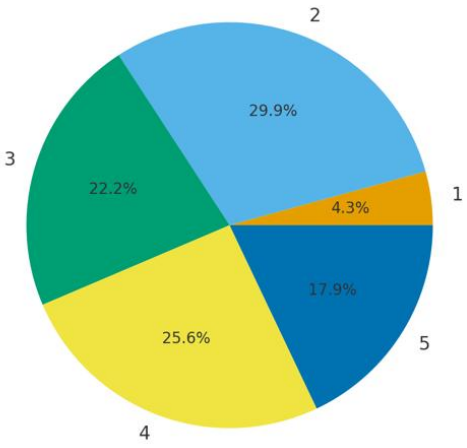
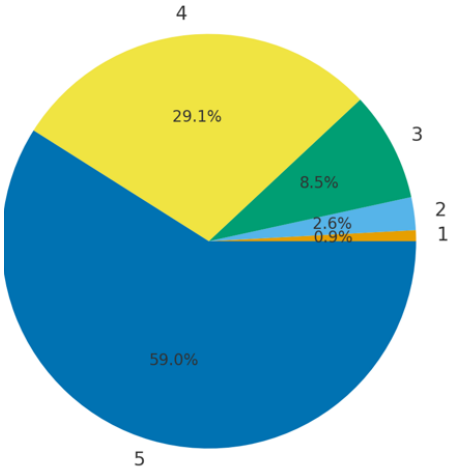
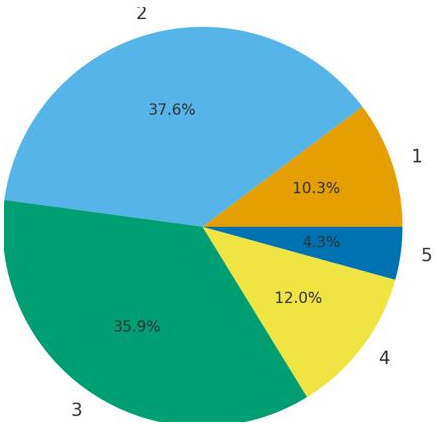
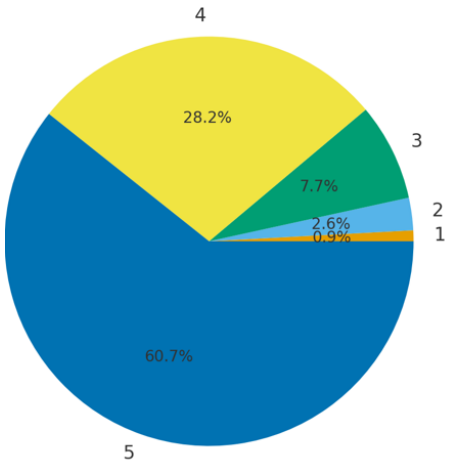
Πίνακας 18: Αξιολόγηση Μαθήματος με τη χρήση του AI Assistant

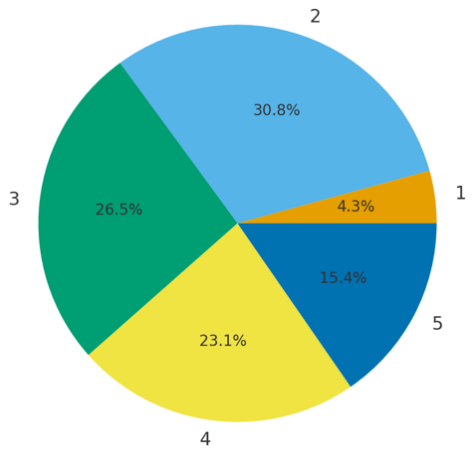
Σύγκριση Ερωτηματολογίων Εκπαιδευτικών Ε1 και Εκπαιδευτικών Ε2

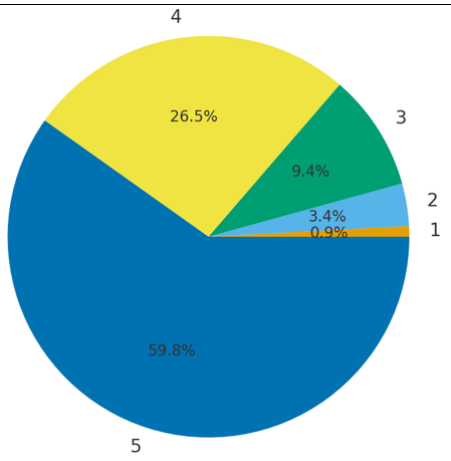
Κλίμακα Αξιολόγησης:

1 = Καθόλου 2 = Λίγο 3 = Αρκετά 4 = Πολύ 5 = Πάρα πολύ

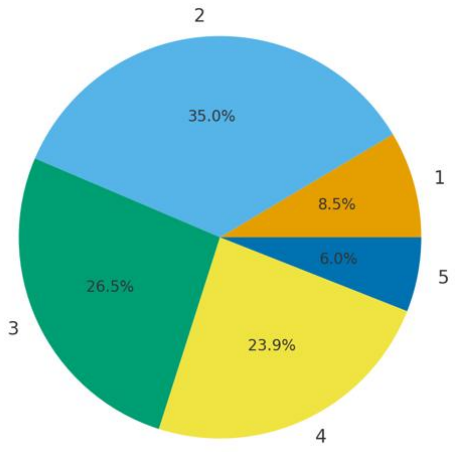
Ε1 Ερωτηματολόγιο Εισόδου Εκπαιδευτικών	**Ε2 Ερωτηματολόγιο Εξόδου Εκπαιδευτικών**
1.Πιστεύω ότι ο ρομποτικός βοηθός (AI Assistant) θα κάνει το μάθημα πιο ενδιαφέρον για τους μαθητές. 	1.Το μάθημα με τον ρομποτικό βοηθό (AI Assistant) ήταν πιο ενδιαφέρον για τους μαθητές. 
2.Νιώθω θετικός/ή για την ενσωμάτωση ρομποτικού βοηθού στη διδασκαλία μου. 	2.Η ενσωμάτωση του ρομποτικού βοηθού στη διδασκαλία ήταν μια θετική εμπειρία 
3.Πιστεύω ότι ο ρομποτικός βοηθός θα συμβάλει στη βαθύτερη κατανόηση του μαθήματος.	3.Ο ρομποτικός βοηθός βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα το μάθημα.

	
4.Θεωρώ ότι οι μαθητές θα αλληλεπιδράσουν εύκολα με τον ρομποτικό βοηθό.	4.Οι μαθητές αλληλεπίδρασαν εύκολα με τον ρομποτικό βοηθό.
	
5.Πιστεύω ότι ο ρομποτικός βοηθός θα λειτουργήσει χωρίς τεχνικά προβλήματα.	5.Ο ρομποτικός βοηθός λειτούργησε χωρίς τεχνικά προβλήματα.
	
6.Πιστεύω ότι οι μαθητές θα νιώσουν άνετα να διατυπώνουν απορίες στον ρομποτικό βοηθό.	6.Οι μαθητές ένιωσαν άνετα να κάνουν ερωτήσεις στον ρομποτικό βοηθό.

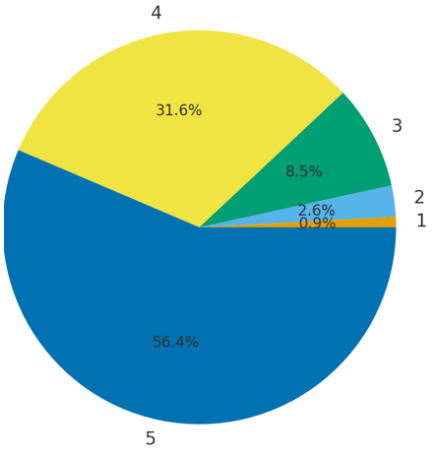




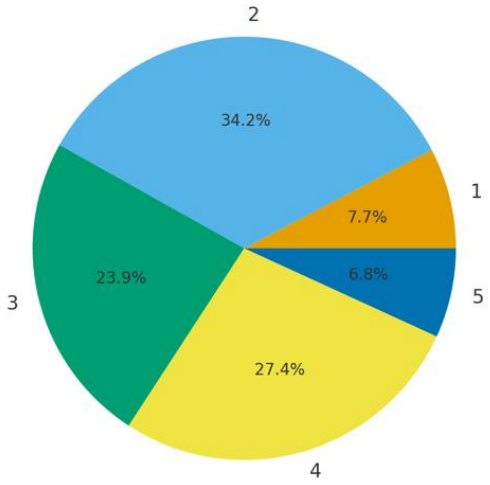
7.Θεωρώ ότι ο ρομποτικός βοηθός μπορεί να ενισχύσει τη συνεργασία των μαθητών.



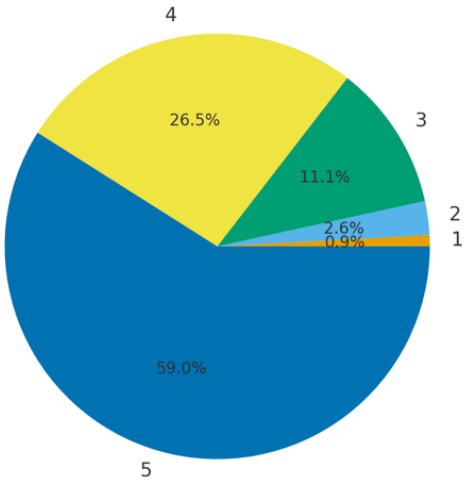
7.Ο ρομποτικός βοηθός συνέβαλε στη συνεργασία των μαθητών.

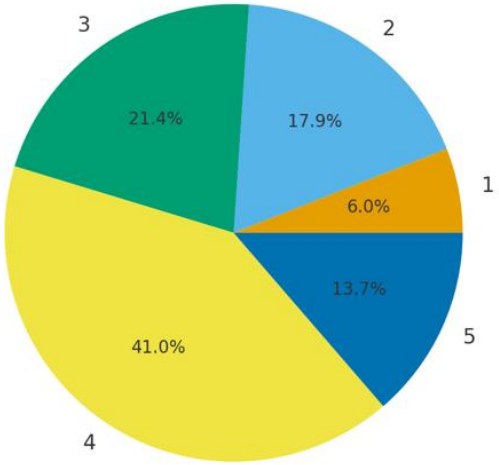
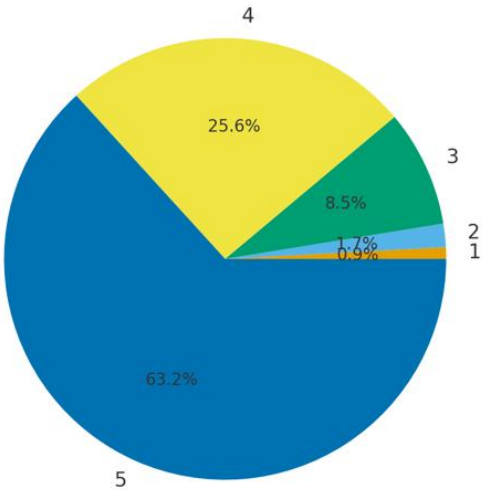
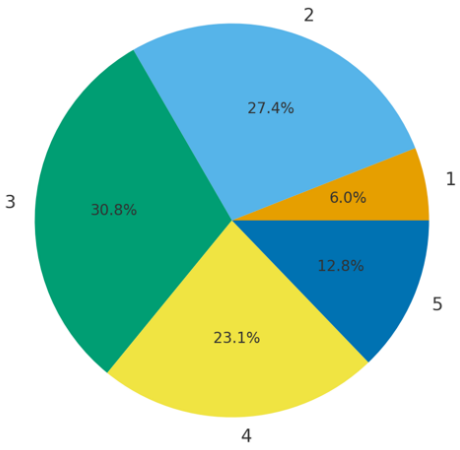
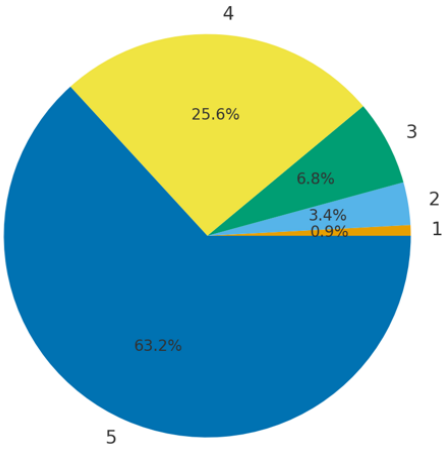


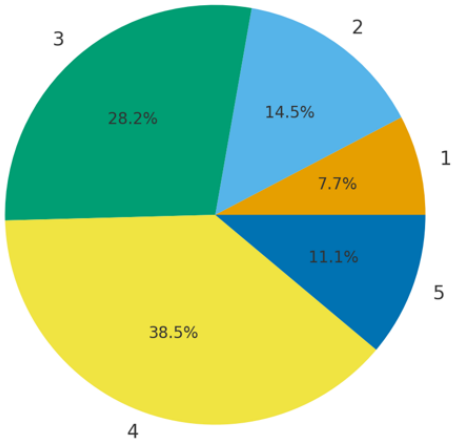
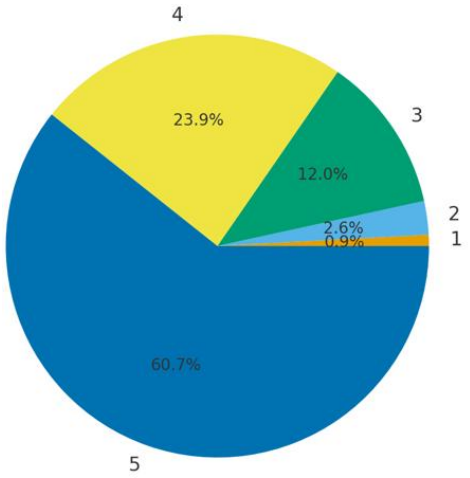
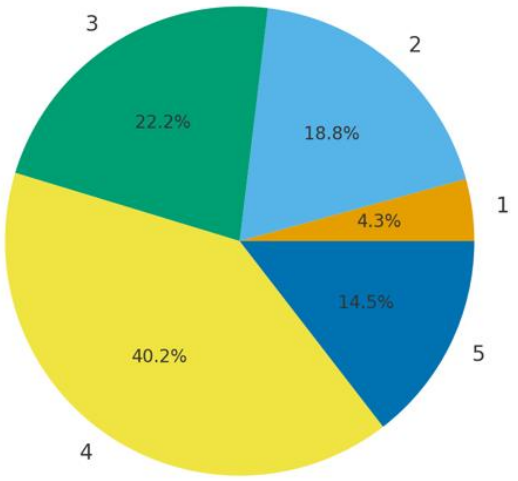
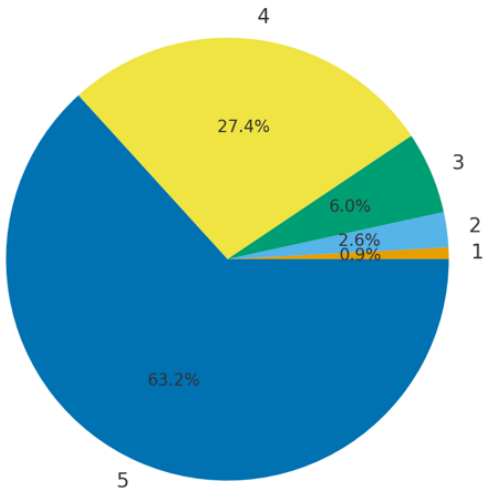
8. Αναμένω ότι οι πληροφορίες που θα παρέχει ο ρομποτικός βοηθός θα είναι σωστές.



8. Οι πληροφορίες που παρείχε ο ρομποτικός βοηθός ήταν σωστές.



9.Πιστεύω ότι η χρήση του ρομποτικού βοηθού μπορεί να κάνει το μάθημα πιο ευχάριστο. 	9. Η χρήση του ρομποτικού βοηθού έκανε τη μαθησιακή διαδικασία πιο ευχάριστη. 
10. Πιστεύω ότι ο ρομποτικός βοηθός έχει θέση στη σχολική τάξη και σε άλλα γνωστικά αντικείμενα. 	10. Θα χρησιμοποιούσα ξανά τον ρομποτικό βοηθό σε μελλοντικά μαθήματα. 
11. Πιστεύω ότι ο ρομποτικός βοηθός μπορεί να υποστηρίξει μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες	11. Ο ρομποτικός βοηθός υποστήριξε αποτελεσματικά μαθητές με μαθησιακές

στην κατανόηση του μαθήματος. 	δυσκολίες στην κατανόηση του μαθήματος. 
12. Πιστεύω ότι οι μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες θα νιώσουν άνετα να αλληλεπιδράσουν με τον ρομποτικό βοηθό. 	12. Οι μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες ένιωσαν άνετα και μπόρεσαν να αλληλεπιδράσουν με τον ρομποτικό βοηθό. 

Πίνακας 19: Σύγκριση Ερωτηματολογίων Εισόδου - Εξόδου Εκπαιδευτικών

5.2.4 Γενικά Συμπεράσματα

Η συνολική αποτίμηση των δύο ερευνητικών αξόνων –των μαθητών και των εκπαιδευτικών– αναδεικνύει ένα ιδιαίτερα ενθαρρυντικό πλαίσιο για την ενσωμάτωση του AI Assistant στη σχολική τάξη. Τα δεδομένα που προέκυψαν από τα ερωτηματολόγια εισόδου και εξόδου υποδεικνύουν ότι η χρήση του ρομποτικού βοηθού δεν λειτούργησε απλώς ως ένα επιπλέον τεχνολογικό εργαλείο, αλλά ως παράγοντας ουσιαστικού μετασχηματισμού της μαθησιακής εμπειρίας και των παιδαγωγικών αντιλήψεων. Η επίδραση αυτή ήταν εμφανής τόσο στο επίπεδο της γνωστικής εμπλοκής όσο και στο συναισθηματικό κλίμα της τάξης, ενώ

διαπιστώθηκε ότι η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να λειτουργήσει ως καταλύτης ανανέωσης των διδακτικών πρακτικών.

Στους μαθητές, η μεταβολή των στάσεων από το M1 στο M2 ήταν έντονη και στατιστικά τεκμηριωμένη. Η αρχική περιέργεια και συγκρατημένη αισιοδοξία που καταγράφηκε πριν από το μάθημα εξελίχθηκε σε ένα πολύ πιο σταθερό πλαίσιο αποδοχής και εμπιστοσύνης μετά την εφαρμογή του AI Assistant. Οι υψηλές τιμές μέσων όρων στο ερωτηματολόγιο εξόδου, σε συνδυασμό με τη σημαντική βελτίωση όλων των δεικτών, καταδεικνύουν ότι οι μαθητές δεν περιορίστηκαν σε μια επιφανειακή αλληλεπίδραση με το ρομποτικό σύστημα, αλλά βίωσαν ουσιαστικά οφέλη τόσο ως προς την κατανόηση όσο και ως προς τη συμμετοχή τους στο μάθημα. Η εμπειρία τους ενίσχυσε την πεποίθηση ότι ένας AI βοηθός μπορεί να συμβάλει στην οργάνωση, στην εμβάθυνση και στην ευχάριστη διεξαγωγή της διδασκαλίας, ενώ τα εξαιρετικά υψηλά επίπεδα συνολικής ικανοποίησης υπογραμμίζουν την παιδαγωγική προστιθέμενη αξία του συστήματος.

Ακόμη πιο ενδιαφέρουσα ήταν η περίπτωση των εκπαιδευτικών, καθώς τα ερωτηματολόγια E1 και E2 ανέδειξαν μια ουσιαστική μετατόπιση των στάσεων σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Παρά τις αρχικές επιφυλάξεις που συνδέονταν με θέματα αποτελεσματικότητας, παιδαγωγικής καταλληλότητας και διαχείρισης της αλληλεπίδρασης, η εμπειρία παρατήρησης ή χρήσης του AI Assistant οδήγησε σε εντυπωσιακή αύξηση της αποδοχής του εργαλείου. Οι τιμές Cohen’s d, οι οποίες σε αρκετές περιπτώσεις υπερέβησαν τη μονάδα, αποδεικνύουν ότι η αλλαγή στις στάσεις των εκπαιδευτικών δεν ήταν απλώς στατιστικά σημαντική αλλά και παιδαγωγικά ουσιαστική. Η άποψη ότι ο AI Assistant μπορεί να υποστηρίξει την κατανόηση των μαθητών, να ενισχύσει τη συμμετοχή τους και να λειτουργήσει ως μια επιπλέον πηγή διαφοροποιημένης υποστήριξης φαίνεται να κερδίζει έδαφος, ενώ ενισχύεται η προθυμία των εκπαιδευτικών να χρησιμοποιούν καινοτόμες τεχνολογίες στην καθημερινή διδακτική πρακτική.

Ένα ακόμη σημαντικό συμπέρασμα που προκύπτει και από τις δύο ομάδες είναι η αναγνώριση της συνεισφοράς του AI Assistant στην υποστήριξη των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες. Τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί συμφώνησαν σε μεγάλο βαθμό ότι η παρουσία ενός ρομποτικού βοηθού που παρέχει άμεση πληροφορία, σταθερή ανατροφοδότηση και εξατομικευμένη καθοδήγηση λειτουργεί ενισχυτικά για μαθητές που δυσκολεύονται να παρακολουθήσουν τον ρυθμό του μαθήματος. Το εύρημα αυτό έχει ιδιαίτερο παιδαγωγικό ενδιαφέρον, καθώς συνδέεται με διεθνείς έρευνες που υποστηρίζουν ότι η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να λειτουργήσει ως υποστηρικτικός μηχανισμός ένταξης και συμπερίληψης σε ανομοιογενή μαθησιακά περιβάλλοντα.

Ωστόσο, η συνολική εικόνα δεν μπορεί να αγνοήσει το γεγονός ότι οι αρχικές στάσεις των μαθητών και των εκπαιδευτικών επηρεάζονται από κοινωνικούς και πολιτισμικούς παράγοντες που συνδέονται με την αντίληψη για την τεχνητή νοημοσύνη. Η έρευνα ανέδειξε ότι ορισμένοι μαθητές, επηρεασμένοι από εξωσχολικές πηγές και θρησκευτικές αντιλήψεις, αντιμετώπισαν αρχικά την AI με καχυποψία, θεωρώντας την ως κάτι εγγενώς επικίνδυνο ή «κακό». Παράλληλα, κάποιοι εκπαιδευτικοί διατύπωσαν προβληματισμούς που σχετίζονταν όχι με την τεχνολογία αυτή καθαυτή, αλλά με ευρύτερες ηθικές και κοινωνικές συζητήσεις. Το γεγονός ότι οι στάσεις αυτές μεταβλήθηκαν σημαντικά μετά την επαφή με τον AI Assistant δείχνει ότι η ενημέρωση, η καθοδηγούμενη εμπειρία και η παιδαγωγικά ορθολογική αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να αμβλύνουν προκατασκευασμένες αντιλήψεις και να ενισχύσουν τον τεχνολογικό εγγραμματισμό.

Συνολικά, τα αποτελέσματα της έρευνας καταδεικνύουν ότι η ενσωμάτωση ενός AI Assistant στην τάξη έχει τη δυναμική να βελτιώσει τόσο τη μαθησιακή αποτελεσματικότητα όσο και τις στάσεις των συμμετεχόντων απέναντι στην τεχνολογία. Η σημαντική βελτίωση των δεικτών στο μαθητικό πληθυσμό και η βαθιά μεταστροφή των στάσεων των εκπαιδευτικών συγκροτούν ένα συνεκτικό πλαίσιο που υποστηρίζει την αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση. Η επιτυχία του εγχειρήματος δεν οφείλεται μόνο στη λειτουργικότητα του ίδιου του συστήματος, αλλά και στον τρόπο με τον οποίο εντάχθηκε παιδαγωγικά στη διδασκαλία, προσφέροντας μια εμπειρία μάθησης που συνδυάζει αλληλεπίδραση, υποστήριξη, κινήτρο και καινοτομία.

Το σύνολο των ευρημάτων επιβεβαιώνει ότι η τεχνητή νοημοσύνη, όταν αξιοποιείται μεθοδικά και παιδαγωγικά, μπορεί να αποτελέσει ουσιαστικό εργαλείο εμπλουτισμού της διδασκαλίας και ενίσχυσης της συμμετοχής των μαθητών, ενώ παράλληλα συμβάλλει στη διαμόρφωση θετικότερων αντιλήψεων τόσο στους μαθητές όσο και στους εκπαιδευτικούς. Η παρούσα έρευνα υπογραμμίζει την αναγκαιότητα επένδυσης σε τεχνολογικά και παιδαγωγικά συστήματα που γεφυρώνουν την απόσταση ανάμεσα στην παραδοσιακή τάξη και στο σύγχρονο, ψηφιακά ενισχυμένο μαθησιακό περιβάλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Επίλογος

6.1 Σύνοψη και Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερεύνησε τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την παιδαγωγική αξιοποίηση ενός διαδραστικού ρομποτικού συστήματος σε ρόλο AI Assistant σε πραγματικό σχολικό περιβάλλον. Η έρευνα επικεντρώθηκε στη μελέτη της επίδρασης που μπορεί να έχει ένα τέτοιο σύστημα στη μαθησιακή διαδικασία, στην εμπλοκή των μαθητών, καθώς και στις στάσεις των εκπαιδευτικών απέναντι στη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στην τάξη. Η σύνθεση θεωρητικών προσεγγίσεων, τεχνολογικής υλοποίησης και εμπειρικής αξιολόγησης προσέφερε μια ολοκληρωμένη εικόνα για τον τρόπο με τον οποίο η AI μπορεί να ενταχθεί οργανικά στη σύγχρονη εκπαιδευτική πρακτική.

Το σύστημα που αναπτύχθηκε ενσωματώνει λειτουργίες αναγνώρισης χειρονομιών και προσώπου μέσω της κάμερας HuskyLens, βασίζεται σε micro:bit και το ρομπότ Maqueen, και επικοινωνεί με φυσική φωνή μέσω σύνδεσης με το ChatGPT. Η τεχνολογική αυτή σύνθεση επιτρέπει στον AI Assistant να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον της τάξης, να αναγνωρίζει ποιος μαθητής ζητά τον λόγο και να απαντά άμεσα σε ερωτήσεις, προσφέροντας ουσιαστική υποστήριξη τόσο στον εκπαιδευτικό όσο και στους μαθητές. Η υλοποίηση αυτή αποτέλεσε πρακτική επίδειξη του τρόπου με τον οποίο ένα σχετικά μικρό και οικονομικό ρομποτικό σύστημα μπορεί να μετατραπεί σε ένα ισχυρό εργαλείο παιδαγωγικής αλληλεπίδρασης.

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε σημαντικές μεταβολές στις αντιλήψεις των μαθητών και των εκπαιδευτικών πριν και μετά την παρέμβαση. Οι μαθητές δήλωσαν αυξημένο ενδιαφέρον, ενισχυμένη κατανόηση των διδακτικών εννοιών και μεγαλύτερη προθυμία συμμετοχής όταν χρησιμοποιήθηκε ο AI Assistant. Η εμπειρία τους φαίνεται να συνέβαλε στην ανάπτυξη θετικότερων στάσεων απέναντι στην τεχνολογία, ενώ ορισμένοι μαθητές που αρχικά αντιμετώπιζαν το μάθημα με δισταγμό ή χαμηλή αυτοπεποίθηση βρήκαν στον ρομποτικό βοηθό μια πηγή άμεσης, κατανοητής υποστήριξης. Ιδιαίτερα αξιοσημείωτο ήταν ότι οι μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες φάνηκε να ωφελούνται σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό,

καθώς το σύστημα λειτουργούσε με τρόπο προβλέψιμο, υποστηρικτικό και χωρίς το άγχος της κοινωνικής έκθεσης.

Αντίστοιχα, οι εκπαιδευτικοί παρουσίασαν σημαντική μεταστροφή των στάσεών τους. Παρόλο που αρκετοί εξέφρασαν αρχικές ανησυχίες, τόσο για την παιδαγωγική εφαρμοσιμότητα όσο και για ηθικά ζητήματα που σχετίζονται με την τεχνητή νοημοσύνη, η εμπειρία τους με τον AI Assistant οδήγησε σε αναθεώρηση των αντιλήψεων αυτών. Οι υψηλές τιμές αξιοπιστίας των ερευνητικών εργαλείων και οι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ E1 και E2 υπογράμμισαν ότι η τεχνολογία έγινε αντιληπτή όχι ως απειλή, αλλά ως συνεργατικός μηχανισμός ενίσχυσης της διδασκαλίας. Οι εκπαιδευτικοί αναγνώρισαν ότι η παρουσία του AI Assistant τους απελευθέρωσε από επαναλαμβανόμενες διαδικασίες, τους επέτρεψε να εστιάσουν περισσότερο στη διαχείριση της τάξης και τους υποστήριξε στην ενίσχυση της συμμετοχής των μαθητών.

Ωστόσο, η εφαρμογή του συστήματος ανέδειξε και ορισμένες προκλήσεις. Σε τεχνικό επίπεδο, η κάμερα HuskyLens εμφάνισε μειωμένη απόδοση σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, ενώ η διάρκεια της μπαταρίας του Maqueen αποδείχθηκε περιοριστική για δραστηριότητες μεγάλης διάρκειας. Επιπλέον, η απόκριση του συστήματος εξαρτιόταν από τη σταθερότητα της σύνδεσης με το ChatGPT, κάτι που σε ορισμένες περιπτώσεις επηρέασε τη ροή της αλληλεπίδρασης μέσα στην τάξη.

Σε παιδαγωγικό επίπεδο, παρότι η πλειονότητα των εκπαιδευτικών υιοθέτησε θετική στάση, ορισμένοι εξέφρασαν επιφυλάξεις σχετικά με την πιθανή εξάρτηση των μαθητών από το ρομποτικό σύστημα ή τη μείωση της προσοχής που μπορεί να προκαλέσει ο παράγοντας “νεωτερισμού”. Επίσης, η ουσιαστική αξιοποίηση ενός τέτοιου εργαλείου προϋποθέτει επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, κάτι που δεν είναι πάντοτε δεδομένο. Παράλληλα, η χρήση τεχνολογιών αναγνώρισης προσώπου σε σχολικό πλαίσιο εγείρει ζητήματα ιδιωτικότητας και απαιτεί σαφή θεσμική ρύθμιση, ακόμη κι αν δεν αποθηκεύονται προσωπικά δεδομένα.

Σε μεθοδολογικό επίπεδο, το περιορισμένο δείγμα και η σύντομη διάρκεια της παρέμβασης δεν επιτρέπουν τη γενίκευση των ευρημάτων. Περαιτέρω έρευνα με μεγαλύτερο αριθμό συμμετεχόντων, διαφορετικές ηλικιακές ομάδες και μακροχρόνια εφαρμογή θα μπορούσε να προσφέρει πιο αντιπροσωπευτική εικόνα για την επίδραση παρόμοιων συστημάτων.

Συνολικά, τα πορίσματα συνηγορούν υπέρ της άποψης ότι η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να ενσωματωθεί λειτουργικά στην εκπαιδευτική καθημερινότητα, υπό την προϋπόθεση ότι ο σχεδιασμός της υπηρετεί σαφείς παιδαγωγικούς στόχους και λαμβάνει υπόψη τις ανάγκες των μαθητών. Το σύστημα που υλοποιήθηκε απέδειξε ότι οι μαθητές ανταποκρίνονται θετικά σε περιβάλλοντα όπου η μάθηση συνδυάζει αλληλεπίδραση, τεχνολογική καινοτομία και

άμεση ανατροφοδότηση, ενώ ανέδειξε και τις προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν για ουσιαστική και υπεύθυνη αξιοποίηση των τεχνολογιών AI στο σχολείο του μέλλοντος.

6.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Οι προοπτικές εξέλιξης της παρούσας εργασίας είναι ιδιαίτερα πλούσιες και παρουσιάζουν σημαντικό ενδιαφέρον τόσο για την εκπαιδευτική τεχνολογία όσο και για την ειδική αγωγή. Ένας από τους πιο υποσχόμενους άξονες μελλοντικής έρευνας αφορά την ανάπτυξη ενός εξατομικευμένου συστήματος AI που θα είναι σε θέση να διαχειρίζεται με ασφάλεια και δεοντολογική ευθύνη μια βάση δεδομένων μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες. Ένα τέτοιο σύστημα θα μπορούσε να ενσωματώνει παιδαγωγικά προφίλ, διαγνωστικές πληροφορίες, προτάσεις ειδικών και δεδομένα προόδου, ώστε να προσαρμόζει τη συμπεριφορά και τις απαντήσεις του σε πραγματικό χρόνο.

Η προοπτική αυτή συνάδει με τα διεθνή πρότυπα της εξατομικευμένης μάθησης και της προσαρμοστικής τεχνητής νοημοσύνης (adaptive AI), όπου ο εκπαιδευτικός βοηθός δεν αλληλεπιδρά απλώς με τον μαθητή, αλλά κατανοεί το μαθησιακό του προφίλ, αναγνωρίζει τα δυνατά και αδύνατα σημεία του, και ανταποκρίνεται με τρόπο που ευθυγραμμίζεται με τις πρακτικές των ειδικών παιδαγωγών, λογοθεραπευτών και ψυχολόγων. Ένα τέτοιο σύστημα θα μπορούσε, για παράδειγμα, να παρέχει πιο αργό ρυθμό ομιλίας για μαθητές με δυσλεξία, περισσότερη οπτική υποστήριξη για μαθητές με ΔΕΠ-Υ, επαναλήψεις σε μικρότερα βήματα για μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες ή ακόμη και τεχνικές κοινωνικών ιστοριών για μαθητές στο φάσμα του αυτισμού.

Η ενσωμάτωση αυτών των δυνατοτήτων δημιουργεί ένα παιδαγωγικό πλαίσιο προσωποποιημένης ενίσχυσης που μέχρι σήμερα απαιτούσε συνεχή ανθρώπινη παρέμβαση. Η τεχνητή νοημοσύνη, σε αυτή τη νέα της μορφή, θα μπορούσε να λειτουργήσει ως "συνοδοιπόρος μάθησης" για κάθε παιδί, προσαρμόζοντας τη διδασκαλία με βάση επιστημονικά τεκμηριωμένες πρακτικές. Η χρήση εξειδικευμένων μοντέλων AI που θα μαθαίνουν από την αλληλεπίδραση με τον μαθητή και θα συνεργάζονται με το εκπαιδευτικό προσωπικό μπορεί να δημιουργήσει πρωτόγνωρες ευκαιρίες για παιδαγωγική υποστήριξη, ιδιαίτερα σε σχολεία όπου οι πόροι της ειδικής αγωγής είναι περιορισμένοι.

Παράλληλα, μελλοντικές έρευνες μπορούν να διερευνήσουν το ζήτημα της ηθικής διαχείρισης των δεδομένων και της προστασίας της ιδιωτικότητας, ειδικά όταν πρόκειται για ευαίσθητες πληροφορίες μαθητών. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος προϋποθέτει

ισχυρές δικλείδες ασφαλείας, συμμόρφωση με το GDPR και μηχανισμούς που θα εξασφαλίζουν ότι η τεχνολογία λειτουργεί μόνο υποστηρικτικά και ποτέ επιβλαβώς.

Τέλος, η προοπτική συνδυασμού της τεχνητής νοημοσύνης με την ανάλυση συναισθήματος, τη γλωσσική υποστήριξη και την πολυτροπική αλληλεπίδραση προσφέρει ακόμη περισσότερες ευκαιρίες για ανάπτυξη. Ένα σύστημα ικανό να "διαβάζει" το άγχος, τη σύγχυση ή την απογοήτευση του μαθητή, και να προσαρμόζει τον τρόπο επικοινωνίας του ανάλογα, θα μπορούσε να αποτελέσει μια τεράστια πρόοδο για την εκπαίδευση μαθητών με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες.

Σε αυτή τη βάση, η έρευνα δεν ολοκληρώνεται εδώ· αντιθέτως, ανοίγει ένα νέο πεδίο δυνατοτήτων όπου η τεχνητή νοημοσύνη και η παιδαγωγική επιστήμη συνδιαμορφώνουν το σχολείο του μέλλοντος: ένα σχολείο πιο προσιτό, πιο ευέλικτο και βαθιά προσαρμοσμένο στις ανάγκες κάθε μαθητή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Βιβλιογραφία

Agile Business Consortium. (2006). *DSDM public version 4.2.* Agile Business Consortium. https://www.agilebusiness.org/page/ProjectFramework_public

Alhenawi, E., Awawdeh, S., Abu Khurma, R., García-Arenas, M., Castillo, P. A., & Hudaib, A. (2024). Choosing a suitable requirement prioritization method: A survey. *arXiv.* https://arxiv.org/abs/2401.12345

Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education, 6*(1), 63–71.

Alimisis, D. (2019). Teacher education on robotics-enhanced constructivist pedagogical methods. *International Journal of Training and Development, 23*(2), 153–167. https://doi.org/10.1111/ijtd.12150

Anthropic. (2024). *Claude AI.* https://www.anthropic.com
Antoniou, A. (2020). Η χρήση της ρομποτικής στην εκπαίδευση ως εργαλείο ανάπτυξης δεξιοτήτων [Μεταπτυχιακή διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας].

Barkley, R. A. (2015). *Attention-deficit hyperactivity disorder: A handbook for diagnosis and treatment* (4th ed.). Guilford Press.

Bekey, G. A. (2005). *Autonomous robots: From biological inspiration to implementation and control.* MIT Press.

Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., Scassellati, B., & Tanaka, F. (2018). Social robots for education: A review. *Science Robotics, 3*(21), eaat5954. https://doi.org/10.1126/scirobotics.aat5954

Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education, 58*(3), 978–988.

Bers, M. U. (2020). *Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom.* Routledge.

Breazeal, C. (2020). *Social robots: From research to commercialization.* MIT Media Lab.

Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., ... & Amodei, D. (2020). *Language models are few-shot learners. Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 1877–1901.

Bubeck, S., Chandrasekaran, V., Eldan, R., Gehrke, J., Horvitz, E., Kamar, E., … Zhang, Y. (2023). Sparks of artificial general intelligence: Early experiments with GPT-4. *arXiv preprint arXiv:2303.12712.* https://arxiv.org/abs/2303.12712

Burrell, J. (2016). How the machine 'thinks': Understanding opacity in machine learning algorithms. *Big Data & Society, 3*(1), 1–12. https://doi.org/10.1177/2053951715622512

Campbell, M., Hoane, A. J., & Hsu, F. H. (2002). Deep Blue. *Artificial Intelligence, 134*(1–2), 57–83. https://doi.org/10.1016/S0004-3702(01)00129-1

Cardoso, P., Silva, A., & Soares, F. (2020). Real-time interaction in educational robotics: Requirements and challenges. *International Journal of Advanced Robotic Systems, 17*(4), 1–12. https://doi.org/10.1177/1729881420936089

CAST. (2018). *Universal Design for Learning guidelines version 2.2.* Wakefield, MA: Author. http://udlguidelines.cast.org

Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access, 8,* 75264–75278. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510

Chen, X., Zhang, Y., & Wang, J. (2023). Intelligent assistants in education: Opportunities and challenges. *Computers & Education, 197,* 104704. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104704

Chin, K.-Y., & Callaghan, V. (2013). Educational robots and constructionism in primary education: Possibilities and challenges. *International Journal of Digital Society, 4*(3), 674–680. https://doi.org/10.20533/ijds.2040.2570.2013.0084

Chu, K., Lee, C., & Tan, W. (2022). Integrating ChatGPT in educational robotics: Personalized dialogue systems for active learning. *Journal of Interactive Learning Environments, 30*(2), 123–138. https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2041659

Clark, E., Ross, A. S., Tan, C., Ji, Y., & Smith, N. A. (2021). Creative writing with artificial intelligence: A case study with AI Dungeon. *Proceedings of the 2021 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing,* 98–113. https://doi.org/10.18653/v1/2021.emnlp-main.9

Craig, J. J. (2004). *Introduction to robotics: Mechanics and control* (3rd ed.). Pearson. Crawford, K. (2021). *Atlas of AI: Power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence.* Yale University Press.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum.

Cowie, R., Hernández, J., & McKeown, G. (2022). Multimodal interaction in human–robot communication. *Frontiers in Robotics and AI, 9,* 834012. https://doi.org/10.3389/frobt.2022.834012

Crawford, K., & Paglen, T. (2019). Excavating AI: The politics of images in machine learning training sets. *AI & Society, 34*(4), 563–573.
Clegg, D., & Barker, R. (1994). *Case method fast-track: A RAD approach.* Addison-Wesley.

Dautenhahn, K. (2007). Socially intelligent robots: Dimensions of human–robot interaction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 362*(1480), 679–704. https://doi.org/10.1098/rstb.2006.2004

Davis, F. D. (1989). *Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology*. MIS Quarterly, 13(3), 319–340. https://doi.org/10.2307/249008
DeVellis, R. F. (2017). *Scale development: Theory and applications* (4th ed.). Sage Publications.

Dillenbourg, P. (2016). The evolution of research on digital education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 26*(2), 544–560. https://doi.org/10.1007/s40593-016-0106-z

Doshi-Velez, F., & Kim, B. (2017). Towards a rigorous science of interpretable machine learning. *arXiv preprint arXiv:1702.08608.*

Eguchi, A. (2017). Robotics as a learning tool for educational transformation. In M. Khine (Ed.), *Robotics in STEM Education* (pp. 27–45). Springer.

Efthymiou, E., Papakostas, G. A., & Koulouriotis, D. E. (2022). Integrating human–robot interaction with artificial intelligence in education: A review and future directions. *Robotics, 11*(3), 67. https://doi.org/10.3390/robotics11030067

Ercolano, G., Bianchi, M., & Palumbo, M. (2024). Low-resolution vision systems for gesture recognition in educational environments: A privacy-respecting approach. *Computers & Education, 205,* 104618. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.104618

European Commission. (2021). *Coordinated Plan on Artificial Intelligence 2021 Review.* Publications Office of the European Union.
European Commission. (2021). *Proposal for a Regulation laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act).* https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0206

European Schoolnet. (2023). *AI in schools: Teacher perspectives on the future of learning.* https://www.eun.org
Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American Psychologist, 34*(10), 906–911. https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906

Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics* (5th ed.). Sage Publications.

Floridi, L., & Cowls, J. (2019). A unified framework of five principles for AI in society. *Harvard Data Science Review, 1*(1). https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd550d1

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning.* MIT Press.

Goodrich, M. A., & Schultz, A. C. (2007). Human–robot interaction: A survey. *Foundations and Trends in Human–Computer Interaction, 1*(3), 203–275. https://doi.org/10.1561/1100000005

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage Learning.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning.* Center for Curriculum Redesign.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2022). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning* (2nd ed.). Center for Curriculum Redesign.

Huang, X. (2024). The rise of educational robots: A review of classroom applications. *Applied and Computational Engineering, 38*(1), 57–65. https://doi.org/10.1016/j.apcomeng.2023.102187

Huang, Z., Chen, L., & Yu, Q. (2023). *Privacy-aware AI vision for interactive educational robots. Computers & Education Artificial Intelligence*, 4(1), 100142.

Huijnen, C. A. G. J., Lexis, M. A. S., Jansens, R., & de Witte, L. P. (2016). Mapping robots to therapy and educational objectives for children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 46*(6), 2100–2114. https://doi.org/10.1007/s10803-016-2740-6

HuskyLens. (2023). *AI Vision Sensor Documentation.* DFRobot.

International Federation of Robotics. (2022). *World Robotics Report 2022.* https://ifr.org

Ioannou, A., & Andreou, E. (2020). Social robots as learning companions for students with autism: A systematic review. *Education and Information Technologies, 25,* 5891–5919. https://doi.org/10.1007/s10639-020-10235-9

Javed, H., Weber, C., Riek, L. D., & Bailenson, J. (2022). Robots and children with autism: A meta-analysis of usability and efficacy. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 52*(4), 1780–1794. https://doi.org/10.1007/s10803-021-05168-1

Jones, A., & Castellano, G. (2022). Educational applications of humanoid robots: A systematic review. *Computers & Education, 179,* 104421. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104421

Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert scale: Explored and explained. *British Journal of Applied Science & Technology, 7*(4), 396–403.

Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2023). *Speech and language processing* (3rd ed.). Stanford University.

Kaimara, P., Deliyannis, I., & Tseloudis, I. (2022). Designing educational robotics systems for enhanced learner engagement. *Education and Information Technologies, 27*(3), 3451–3470. https://doi.org/10.1007/s10639-021-10778-9

Kanda, T., Hirano, T., Eaton, D., & Ishiguro, H. (2004). Interactive robots as social partners and peer tutors for children: A field trial. *Human–Computer Interaction, 19*(1), 61–84. https://doi.org/10.1207/s15327051hci1901&2_4

Kanda, T., & Ishiguro, H. (2019). *Human–robot interaction in social robotics.* CRC Press.

Karakosta, A., Theodoropoulos, A., & Michailidou, A. (2019). Promoting social interaction of children with autism spectrum disorder through robots: A review of research. In *Proceedings of the 10th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA 2019)* (pp. 1–4). IEEE. https://doi.org/10.1109/IISA.2019.8900665

Karakosta, E., Tsiatsos, T., & Mavridis, N. (2019). Social robots for children with Autism Spectrum Disorder: A case study in Greek primary education. *International Journal of Child–Computer Interaction, 20,* 1–10. https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2019.100166

Knaflic, C. N. (2015). *Storytelling with data: A data visualization guide for business professionals*. Wiley.

LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature, 521*(7553), 436–444. https://doi.org/10.1038/nature14539

Li, X., & Wang, Y. (2022). *Embedded CNN optimization for low-power vision systems. IEEE Transactions on Embedded Systems*, 21(5), 874–883

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education.* Pearson Education.

Malik, M. A., & Shah, R. (2025). AI teachers (AI-based robots as teachers): History, potential, concerns and recommendations. *Frontiers in Education, 10,* Article 1541543. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1541543

McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (1955). *A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence.* https://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html

Microsoft. (2023). *GitHub Copilot documentation.* https://docs.github.com/en/copilot

Mistral AI. (2024). *Mistral models.* https://mistral.ai/news/announcing-mistral-7b/

Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Mahmud, A. A., & Dong, J.-J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Technology for Education and Learning, 1*(1), 1–7. https://doi.org/10.2316/Journal.209.2013.1.209-0015

OECD. (2021). *AI and the future of skills: Capabilities and assessments.* OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/5eea6b2f-en

OECD. (2023). *OECD Skills Outlook 2023: Skills for a resilient green and digital transition.* OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/0e12dcf3-en

OpenAI. (2023). *GPT-4 technical report.* https://openai.com/research/gpt-4

Ouyang, L., Wu, J., Jiang, X., Almeida, D., Wainwright, C., Mishkin, P., Zhang, C., Agarwal, S., Slama, K., Ray, A., Schulman, J., Hilton, J., Kelton, F., Miller, L., Simens, M., Askell, A., Welinder, P., Christiano, P., Leike, J., & Lowe, R. (2022). *Training language models to follow instructions with human feedback. arXiv*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.02155

Papadakis, S. (2023). STEM and educational robotics in primary education: A systematic review. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 11*(1), 1–25. https://doi.org/10.46328/ijemst.2001

Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.).

Pearson. Serholt, S., Barendregt, W., Vasalou, A., Alves-Oliveira, P., & Jones, A. (2017). The case of classroom robots: Teachers' deliberations on the ethical tensions. *AI & Society, 33*(4), 613–626. https://doi.org/10.1007/s00146-017-0764-y

Sidiropoulou, A. E., & Anagnostidou, M. (2024). Serr-AI: Chatbot ΤΝ στην υπηρεσία της σχολικής επιχειρηματικότητας. *Πρακτικά 16ου Συνεδρίου Πληροφορικής στην Εκπαίδευση (CIE2024).*

Silver, D., Huang, A., Maddison, C. J., Guez, A., Sifre, L., van den Driessche, G., … Hassabis, D. (2016). Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *Nature, 529*(7587), 484–489. https://doi.org/10.1038/nature16961

Smutny, P., & Schreiberova, P. (2020). Chatbots for learning: A review of educational chatbots for the Facebook Messenger. *Computers & Education, 151,* 103862. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103862 UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research.*

Taherdoost, H. (2018). *A review of technology acceptance and adoption models and theories*. Procedia Manufacturing, 22, 960–967. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.137

Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education, 2*, 53–55.

UNESCO Publishing. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385459

Ursavaş, Ö. F., Yalçın, Y., & Bakır, E. (2019). *The effect of technology acceptance on teachers' intention to use technology: A meta-analytic review*. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 15(3), em1671. https://doi.org/10.29333/ejmste/103055

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). *Attention is all you need.* In *Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2017)* (pp. 5998–6008). Curran Associates.

Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). *A theoretical extension of the Technology Acceptance Model: Four longitudinal field studies*. Management Science, 46(2), 186–204. https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). *User acceptance of information technology: Toward a unified view*. MIS Quarterly, 27(3), 425–478. https://doi.org/10.2307/30036540

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes.* Harvard University Press.

Wei, J., Tay, Y., Barham, P., et al. (2022). Emergent abilities of large language models. *Transactions on Machine Learning Research.*

Xu, M., Wang, S., & Li, Y. (2023). *Advances in neural text-to-speech synthesis for human-robot interaction. IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 31, 875–889.

Yin, T., Zhao, J., & Lee, C. (2024). *Adaptive AI dialogue systems for special educational needs learners. Computers & Education*, 209, 105012.

Yin, Y., Lu, X., Chen, F., & Chen, G. (2024). Human–AI interaction in educational settings: A systematic review. *Computers & Education, 206*, Article 104885. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104885

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16*(1), 1–27. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

Zhang, H., Liu, J., & Chen, F. (2021). *Integrating AI vision into microcontroller-based robotics. Journal of Educational Robotics*, 8(2), 65–79.

Αντωνίου, Α. (2020). Διδακτικές εφαρμογές της εκπαιδευτικής ρομποτικής: Παιδαγωγικές προσεγγίσεις και στρατηγικές ένταξης στο σύγχρονο σχολείο. *Πρακτικά 12ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Πληροφορικής στην Εκπαίδευση, 1,* 255–264.

Μπουζάκη, Α., & Τσολάκη, Α. (2020). Εκπαιδευτική Ρομποτική και διαταραχές αυτιστικού φάσματος: Πειραματική μελέτη. *Ελληνική Επιθεώρηση Ειδικής Αγωγής, 14*(2).

Σιδηροπούλου, Α. Ε. (2024). Μελέτη Περίπτωσης της «Έξυπνης Τάξης». *Στο Βιβλίο Περιλήψεων 2ου Διεθνούς Συνεδρίου για τους 17 ΣΒΑ στην Εκπαίδευση.* Σιδηροπούλου, Α. Ε. (2024). Ο Μέγας Αλέξανδρος ως Ψηφιακός Ξεναγός στην Αμφίπολη. *Στο Βιβλίο Περιλήψεων 2ου Διεθνούς Συνεδρίου για τους 17 ΣΒΑ στην Εκπαίδευση.*

Σιδηροπούλου, Α., & Robo4S-TEAM. (2024). Smart Neighborhood: Ασφάλεια, Προσβασιμότητα και Συμπερίληψη παντού με την Έξυπνη Διάβαση και το Wearable Guardian Band. *Πρακτικά 2ου Διεθνούς Συνεδρίου για τους 17 ΣΒΑ στην Εκπαίδευση.*

Χατζή, Ι., & Κωνσταντοπούλου, Ε. (2023). Κοινωνικά ρομπότ και παιδιά με ΔΑΦ. *Σύγχρονη Εκπαίδευση, 120,* 45–58.

Παράρτημα Α - Σχέδια Μαθημάτων

Βιολογία – Α' Λυκείου

Μάθημα: Βιολογία & Πληροφορική

Τάξη: Α΄ Λυκείου

Τίτλος: Ο AI Assistant ως Ψηφιακός Βιολόγος – Εξερευνώντας το Κύτταρο

Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες (2 × 45')

Διδακτικοί Στόχοι

Τομέας	Στόχοι
Βιολογία	Να κατανοούν τη δομή και λειτουργία του κυττάρου και των οργανιδίων του. Να αναγνωρίζουν τη σημασία της συνεργασίας των οργανιδίων για τη ζωή των οργανισμών.
Πληροφορική	Να κατανοούν πώς η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να υποστηρίξει τη μάθηση. Να αλληλεπιδρούν με τον AI Assistant ως εκπαιδευτικό εργαλείο.
Δεξιότητες	Ερευνητική και συνεργατική μάθηση. Κριτική αξιολόγηση πληροφοριών. Αναστοχασμός πάνω στη χρήση της AI.
Στάσεις	Θετική προσέγγιση της μάθησης μέσω τεχνολογίας. Ανάπτυξη υπευθυνότητας στη χρήση έξυπνων συστημάτων.

Προαπαιτούμενες Γνώσεις

- Γενική γνώση για τα κύτταρα από το Γυμνάσιο
- Εξοικείωση με βασική χρήση Η/Υ και AI μοντέλων.

Υλικά – Εξοπλισμός

- Ρομπότ AI Assistant (Maqueen + micro:bit + HuskyLens + Bluetooth ηχείο)
- Υπολογιστής με ChatGPT ή άλλο LLM

- Διαδραστικός πίνακας
- Φύλλα εργασίας
- Σύνδεση με το διαδίκτυο
- Padlet
- Ερωτηματολόγια Εισόδου και Εξόδου για μαθητές & εκπαιδευτικούς μέσω Google Forms

Διαδικασία Διδασκαλίας (Πίνακας ΙΕΠ)

Φάση	**Δραστηριότητες Εκπαιδευτικών**	**Δραστηριότητες Μαθητών**	**Μέσα – Εργαλεία**	**Αξιολόγηση**
1. Εισαγωγή (10’)	Παρουσιάζεται το θέμα και ο AI Assistant ως Ψηφιακός Βιολόγος. Διανέμεται το Ερωτηματολόγιο Εισόδου.	Οι μαθητές συζητούν και απαντούν για το πώς φαντάζονται το μάθημα με χρήση AI. Απαντούν το ερωτηματολόγιο εισόδου.	AI Assistant, προβολέας, σύνδεση με το διαδίκτυο, ερωτηματολόγια - Google Forms	Διαγνωστική αξιολόγηση στάσεων και προσδοκιών.
2. Παρουσίαση Επίδειξη (15’)	Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τη βασική δομή του κυττάρου και δίνει το φύλλο εργασίας στους μαθητές	Παρακολουθούν και κρατούν σημειώσεις.	βιβλίο Βιολογίας, διαδραστικός πίνακας	Παρατήρηση συμμετοχής.
3. Ομαδική Διερεύνηση – Ομαδικές Δραστηριότητες (35’)	Οι μαθητές σε ομάδες ερευνούν οργανίδια και απαντούν στο φύλλο εργασίας μέσω διαλόγου με τον AI Assistant.	Συνεργάζονται και καταγράφουν πληροφορίες στο padlet, χρήση AI Assistant.	Υπολογιστές, Padlet, AI Assistant	Αξιολόγηση συνεργασίας και ακρίβειας.
4. Παρουσίαση (15’)	Κάθε ομάδα παρουσιάζει τις	Παρουσιάζουν τα αποτελέσματα.	Διαδραστικός πίνακας, padlet	Ομαδική αξιολόγηση.

	ανακαλύψεις της.			
5. Αναστοχασμός (10’)	Συζήτηση: «Πώς σας φάνηκε η εμπειρία με τον AI Assistant;» Διανέμεται το Ερωτηματολόγιο Εξόδου.	Απαντούν πώς βίωσαν τη χρήση του AI Assistant.	Ερωτηματολόγια εξόδου	Ανατροφοδότηση για τη χρήση της AI, αξιολόγηση εμπειρίας.

Φύλλο Εργασίας — Βιολογία Α΄ Λυκείου

Τίτλος: Ο AI Assistant ως Ψηφιακός Βιολόγος – Εξερευνώντας το Κύτταρο

Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες

Ομάδα: _____

Μέρος Α: Εισαγωγικές Ερωτήσεις (απαντήστε στο padlet)

- Τι γνωρίζεις ήδη για το κύτταρο;
- Ποια οργανίδια θυμάσαι και ποια είναι η λειτουργία τους;

Μέρος Β: Παρατήρηση και Διερεύνηση

Ο AI Assistant θα σε βοηθήσει να εξερευνήσεις τα οργανίδια του κυττάρου. Συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα με βάση όσα ανακαλύπτεις μέσα από τη συζήτηση και την αναζήτηση πληροφοριών.

Οργανίδιο	Ρόλος / Λειτουργία	Πληροφορίες από τον AI Assistant	Εικόνα / Σκίτσο
Πυρήνας			
Κυτταρική Μεμβράνη			
Μιτοχόνδρια			
Χλωροπλάστες			
Ενδοπλασματικό Δίκτυο			

Μέρος Γ: Συνεργασία και Σύνθεση (απαντήστε στο padlet)

- Πώς συνεργάζονται τα οργανίδια για να λειτουργεί σωστά το κύτταρο;
- Ποιο οργανίδιο θεωρείς «σημαντικότερο» και γιατί;
- Αν μπορούσες να διδάξεις το κύτταρο σε ένα ρομπότ, πώς θα το εξηγούσες;

Μέρος Δ: Αναστοχασμός (απαντήστε στο padlet)

- Πώς σε βοήθησε ο AI Assistant να κατανοήσεις καλύτερα τη λειτουργία του κυττάρου;
- Τι σε εντυπωσίασε περισσότερο από τη συνεργασία με την τεχνητή νοημοσύνη;

Ιστορία – Α' Γυμνασίου

Μάθημα: Ιστορία & Πληροφορική

Τάξη: Α΄ Γυμνασίου

Τίτλος: «Συνομιλώντας με έναν Ψηφιακό Ιστορικό – Ο AI Assistant μας ταξιδεύει στην Αρχαία Αθήνα και Σπάρτη»

Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες (2 × 45')

Διδακτικοί Στόχοι

Τομέας	Στόχοι
Ιστορία	Να αναγνωρίζουν σημαντικές μορφές και γεγονότα της Αρχαίας Αθήνας και Σπάρτης. Να κατανοούν τη σημασία του πολιτισμού, της δημοκρατίας στην αρχαιότητα.
Πληροφορική	Να κατανοούν τη λειτουργία ενός συστήματος Τεχνητής Νοημοσύνης και την εκπαιδευτική του χρήση. Να εξοικειωθούν με την αλληλεπίδραση ανθρώπου–μηχανής.
Δεξιότητες	Κριτική σκέψη, συνεργασία, δημιουργική παρουσίαση ιστορικών γνώσεων.
Στάσεις	Θετική προσέγγιση της μάθησης μέσω τεχνολογίας, υπεύθυνη χρήση AI συστημάτων και της τεχνολογίας.

Προαπαιτούμενες Γνώσεις

- Βασικές ιστορικές έννοιες: πόλεις-κράτη, Αθήνα, Σπάρτη.
- Εξοικείωση με τη χρήση υπολογιστή και βασικές λειτουργίες AI μοντέλων

Υλικά – Εξοπλισμός

- Ρομπότ AI Assistant (Maqueen + micro:bit + HuskyLens + Bluetooth ηχείο)
- Υπολογιστής με ChatGPT ή άλλο LLM

- Διαδραστικός πίνακας ή προβολέας
- φύλλα εργασίας, Padlet
- Ερωτηματολόγια Εισόδου/Εξόδου – Google Forms

Διαδικασία Διδασκαλίας (Πίνακας ΙΕΠ)

Φάση	**Δραστηριότητες Εκπαιδευτικών**	**Δραστηριότητες Μαθητών**	**Μέσα – Εργαλεία**	**Αξιολόγηση**
1. Εισαγωγή (10’)	Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει το θέμα και τη διαδικασία της διδασκαλίας του συγκεκριμένου μαθήματος – περιήγηση, ξενάγηση στην Αρχαία Αθήνα και Σπάρτη. Παρουσιάζει, εξηγεί για τη χρήση του ρομπότ AI Assistant και δίνει τα ερωτηματολόγιο εισόδου.	Οι μαθητές συζητούν και απαντούν για το πώς φαντάζονται το μάθημα με χρήση AI. Απαντούν στα ερωτηματολόγια – Google forms	AI Assistant, διαδραστικός πίνακας, ερωτηματολόγια - Google Forms	Διαγνωστική αξιολόγηση στάσεων και προσδοκιών.
2. Παρουσίαση Επίδειξη (15’)	Ο εκπαιδευτικός θέτει ερώτηση για την Αρχαία Αθήνα, Σπάρτη και τις πόλεις κράτη και ζητά από τους μαθητές να απαντήσουν στα φύλλα εργασίας	Κάνουν ερωτήσεις στον AI Assistant και σχολιάζουν τις απαντήσεις.	AI Assistant, ChatGPT, βιβλίο Ιστορίας	Συμμετοχή και κατανόηση.
	Δημιουργούνται δύο ομάδες (Αθήνα –	Δημιουργούν ερωτήσεις, καταγράφουν	Φύλλα εργασίας, padlet, AI Assistant	Δοκιμή του κάθε chatbot.

3. Ομαδική Δραστηριότητα (35’)	Σπάρτη) οι οποίες θα δημιουργήσουν ένα chatbot – ξεναγό με τη βοήθεια του AI Assistant.	απαντήσεις και εκπαιδεύουν το αντίστοιχο chatbot, προετοιμάζουν παρουσίαση.		
4. Παρουσίαση (15’)	Συντονίζουν παρουσιάσεις, ενθαρρύνουν τα μέλη των ομάδων.	Παρουσιάζουν και δοκιμάζουν το chatbot	Διαδραστικός πίνακας	Προφορική αξιολόγηση.
5. Αναστοχασμός (10’)	Καθοδηγούν συζήτηση για όρια και πλεονεκτήματα της AI, διανέμουν ερωτηματολόγιο εξόδου.	Απαντούν στο ερωτηματολόγιο και εκφράζουν γνώμη.	Ερωτηματολόγιο εξόδου – Google Forms	Ανατροφοδότηση για τη χρήση της AI, αξιολόγηση εμπειρίας.

Φύλλο Εργασίας — Ιστορία Α΄ Γυμνασίου

Τίτλος: Συνομιλώντας με έναν Ψηφιακό Ιστορικό – Ο AI Assistant μας ταξιδεύει στην Αρχαία Αθήνα και Σπάρτη

Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες

Ομάδα: _____

Ρόλος: ☐ Αθήνα ☐ Σπάρτη

Μέρος Α: Εισαγωγή

- Τι θυμάσαι για την έννοια της πόλης-κράτους;
- Ποια χαρακτηριστικά νομίζεις ότι είχε η Αθήνα; Ποια η Σπάρτη;

Μέρος Β: Έρευνα με τον AI Assistant

Ερεύνησε και σημείωσε τα χαρακτηριστικά της πόλης σου (Αθήνα ή Σπάρτη).

Θεματικός Άξονας	**Πληροφορίες / Απαντήσεις**
Πολίτευμα	
Κοινωνική Οργάνωση	
Εκπαίδευση / Αγωγή	
Ρόλος της γυναίκας	
Πολιτισμός / Αξίες	

Μέρος Γ: Δημιουργία Chatbot – Ξεναγού

Με τη βοήθεια του AI Assistant, δημιουργήστε ερωτήσεις και απαντήσεις που θα χρησιμοποιεί το chatbot σας.

Ερώτηση	Απάντηση του Chatbot
Ποιος κυβερνούσε στην Αθήνα/ Σπάρτη;	
Πώς ζούσαν οι Αθηναίοι/Σπαρτιάτες πολίτες;	
Ποια ήταν η σημασία της δημοκρατίας;	
Πώς γινόταν η αγωγή των παιδιών στην Αθήνα/Σπάρτη;	

Μέρος Δ: Παρουσίαση & Αναστοχασμός

- Ποια διαφορά ανάμεσα στην Αθήνα και τη Σπάρτη σε εντυπωσίασε περισσότερο;
- Πώς θα μπορούσε η Τεχνητή Νοημοσύνη να βοηθήσει τους ιστορικούς του μέλλοντος;

Κοινωνική και Πολιτική Αγωγή – Στ' Δημοτικού

Μάθημα: Κοινωνική και Πολιτική Αγωγή

Τάξη: ΣΤ΄ Δημοτικού

Τίτλος: Η Οικογένεια και οι Ρόλοι στην Οικογένεια – Συνομιλώντας με τον AI Assistant

Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες (2 × 45')

Διδακτικοί Στόχοι

Τομέας	Στόχοι
Γνωστικοί	Να αναγνωρίζουν τη σημασία της οικογένειας ως κοινωνικού θεσμού. Να κατανοούν τους ρόλους και τις ευθύνες των μελών μιας οικογένειας. Να διακρίνουν την ισότητα, τη συνεργασία και την επικοινωνία ως θεμελιώδεις αξίες.
Δεξιότητες	Να διατυπώνουν ερωτήματα και απόψεις με σαφήνεια. Να συνεργάζονται και να εκφράζονται δημιουργικά. Να αλληλεπιδρούν με υπευθυνότητα με την Τεχνητή Νοημοσύνη.
Στάσεις	Να αναπτύξουν σεβασμό και ενσυναίσθηση απέναντι στους ρόλους των μελών μιας οικογένειας. Να αντιληφθούν τη θετική χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης ως υποστηρικτικού εργαλείου μάθησης.

Προαπαιτούμενες Γνώσεις

- Εμπειρική γνώση από την οικογενειακή και κοινωνική ζωή.
- Εξοικείωση με βασική χρήση υπολογιστή και AI μοντέλων.

Υλικά – Εξοπλισμός

- Ρομπότ AI Assistant (Maqueen + micro:bit + HuskyLens + Bluetooth ηχείο)

- Υπολογιστής με ChatGPT ή άλλο LLM
- Διαδραστικός πίνακας ή προβολέας
- Φύλλα εργασίας, Padlet
- Ερωτηματολόγια Εισόδου/Εξόδου – Google Forms

Διαδικασία Διδασκαλίας (Πίνακας ΙΕΠ)

Φάση	**Δραστηριότητες Εκπαιδευτικών**	**Δραστηριότητες Μαθητών**	**Μέσα – Εργαλεία**	**Αξιολόγηση**
1. Εισαγωγή (10’)	Παρουσιάζει τον AI Assistant ως ψηφιακό φίλο που θα βοηθήσει στη συζήτηση για την οικογένεια. Διανέμεται το Ερωτηματολόγιο Εισόδου (προσδοκίες από τη χρήση του ρομπότ).	Μαθητές απαντούν τι περιμένουν από το μάθημα με τη βοήθεια του AI Assistant.	AI Assistant, διαδραστικός πίνακας, ερωτηματολόγια	Καταγραφή αρχικών στάσεων απέναντι στην AI.
2. Παρουσίαση - Επίδειξη (20’)	Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει το θέμα διδασκαλίας και ζητάει από κάθε ομάδα μαθητών να αναλάβουν και έναν ρόλο.	Συζητούν, απαντούν και διατυπώνουν ερωτήσεις.	Διαδραστικός Πίνακας, φύλλα εργασιών.	Παρατήρηση συμμετοχής.
3. Ομαδική Δραστηριότητα (35’)	Οι μαθητές εφόσον έχουν χωριστεί σε ομάδες, κάνουν καταγραφή των αρμοδιοτήτων του ρόλου που επέλεξαν. Ο AI Assistant τους πλησιάζει και σε ρόλο συνεντευκτή επικοινωνεί με	Συνεργάζονται, καταγράφουν ιδέες, συζητούν με τον AI Assistant	Padlet, AI Assistant	Αξιολόγηση συνεργασίας και κατανόησης.

	τους μαθητές, παίρνοντας συνέντευξη από τον ιδεατό ρόλο επιλογής τους. Στη συνέχεια δημιουργούν μια αφίσα είτε ψηφιακή είτε χειροποίητη με έναν χαρακτηρισμό για κάθε ρόλο (πχ. Ο πολυμήχανος πατέρας)			
4. Παρουσίαση (15’)	Οι ομάδες παρουσιάζουν τις αφίσες τους.	Παρουσιάζουν τις εργασίες τους.	Διαδραστικός πίνακας	Ομαδική αξιολόγηση.
5. Αναστοχασμός (15’)	Συζήτηση: «Πώς σας φάνηκε να μαθαίνετε με τον AI Assistant;» Διανέμεται το Ερωτηματολόγιο Εξόδου.	Συμπληρώνουν το ερωτηματολόγιο και εκφράζουν σκέψεις για την εμπειρία.	Ερωτηματολόγια εξόδου – Google Forms, AI Assistant	Ανατροφοδότηση για τη χρήση της AI, αξιολόγηση εμπειρίας.

Φύλλο Εργασίας — Κοινωνική & Πολιτική Αγωγή Στ΄ Δημοτικού

Τίτλος: Η Οικογένεια και οι Ρόλοι στην Οικογένεια – Συνομιλώντας με τον AI Assistant

Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες

Ομάδα: _____

Ρόλος: ☐ Πατέρας ☐ Μητέρα ☐ Παιδί ☐ Παππούς/Γιαγιά ☐ Άλλος _____

Μέρος Α: Εισαγωγή

- Τι σημαίνει για εσένα οικογένεια;
- Ποιος είναι ο ρόλος σου μέσα στην οικογένεια;
- Τι θα ήθελες να μάθεις σήμερα για τους ρόλους στην οικογένεια;

Μέρος Β: Συνέντευξη με τον AI Assistant

Το ρομπότ–AI Assistant θα παίξει ρόλο συνεντευκτή. Εσύ απαντάς ως το μέλος της οικογένειας που έχεις επιλέξει.

Ερωτήσεις του AI Assistant	**Οι Απαντήσεις της Ομάδας**
Πώς βοηθάς την οικογένειά σου;	
Ποιο είναι το πιο σημαντικό πράγμα που κάνεις για τους άλλους;	
Τι σημαίνει για εσένα αγάπη και συνεργασία;	
Πώς θα βοηθούσες ένα μέλος της οικογένειας που έχει πρόβλημα;	

Μέρος Γ: Δημιουργική Δραστηριότητα

Δημιουργήστε μία αφίσα (ψηφιακή ή χειροποίητη) με τίτλο: «Η οικογένειά μας: Ρόλοι και Αξίες»

Η αφίσα πρέπει να περιλαμβάνει:

Μια λέξη ή φράση για κάθε ρόλο (π.χ. “Ο πολυμήχανος πατέρας”, “Η στοργική μητέρα”)

Μία μικρή πρόταση που δείχνει τη συμβολή του κάθε μέλους

Προαιρετικά: φωτογραφία ή σκίτσο

Μέρος Δ: Αναστοχασμός

- Τι έμαθες σήμερα για την οικογένεια;
- Πώς βοήθησε ο AI Assistant τη συζήτησή σας;
- Αν το ρομποτάκι ήταν μέλος της οικογένειάς σου, ποιον ρόλο θα είχε;

Παράρτημα Β – Ερωτηματολόγια

Μ1 - Ερωτηματολόγιο Εισόδου Μαθητών

https://forms.gle/JrAtXiaGjXkS6E1B6

Σκοπός: Διερεύνηση των αντιλήψεων και προσδοκιών των μαθητών πριν από τη διδασκαλία με τον ρομποτικό βοηθό - AI Assistant.

- Δημογραφικά Στοιχεία
- Φύλο: ☐ Αγόρι ☐ Κορίτσι
- Τάξη: ☐ ΣΤ΄ Δημοτικού ☐ Α΄ Γυμνασίου ☐ Α΄ Λυκείου
- Έχεις ξαναχρησιμοποιήσει ρομπότ ή τεχνολογία Τεχνητής Νοημοσύνης στο σχολείο; ☐ Ναι ☐ Όχι

Αντιλήψεις και Προσδοκίες

Κλίμακα: 1 = Καθόλου, 2 = Λίγο, 3 = Αρκετά, 4 = Πολύ, 5 = Πάρα πολύ.

Α/Α	Δήλωση	1 - Καθόλου	2- Λίγο	3 - Αρκετά	4 - Πολύ	5 – Πάρα πολύ
1	Πιστεύω ότι το ρομπότ AI Assistant θα κάνει το μάθημα πιο ενδιαφέρον.					
2	Νιώθω ενθουσιασμό που θα μάθω με τη βοήθεια ενός ρομποτικού βοηθού.					
3	Θεωρώ ότι ο ρομποτικός βοηθός θα με βοηθήσει να κατανοήσω καλύτερα το μάθημα.					
4	Πιστεύω ότι μπορώ να επικοινωνώ					

	εύκολα με τον ρομποτικό βοηθό.					
5	Μου αρέσει να χρησιμοποιώ νέες τεχνολογίες στην τάξη κατά τη διάρκεια των μαθημάτων.					
6	Νιώθω άνετα να εκφράζω ιδέες ή απορίες μπροστά σε έναν ρομπότ.					
7	Πιστεύω ότι το ρομπότ θα μας βοηθήσει να συνεργαστούμε καλύτερα στις ομάδες.					
8	Πιστεύω ότι οι πληροφορίες που θα μου δώσει ο ρομποτικός βοηθός θα είναι σωστές.					
9	Θεωρώ ότι η χρήση του ρομποτικού βοηθού μπορεί να κάνει το μάθημα πιο ευχάριστο.					
10	Πιστεύω ότι ο AI Assistant ως βοηθός έχει θέση στη σχολική τάξη και σε άλλα μαθήματα.					

Μ2 - Ερωτηματολόγιο Εξόδου Μαθητών

https://forms.gle/nTvqLRrzvBALtU7A6

Σκοπός: Διερεύνηση των εμπειριών και στάσεων των μαθητών μετά τη διδασκαλία με του ρομποτικού βοηθού AI Assistant.

Κλίμακα: 1 = Καθόλου, 2 = Λίγο, 3 = Αρκετά, 4 = Πολύ, 5 = Πάρα πολύ.

Α/Α	Δήλωση	1 - Καθόλου	2 - Λίγο	3 - Αρκετά	4 - Πολύ	5 - Πάρα πολύ
1	Το μάθημα με τον ρομποτικό βοηθό ήταν ενδιαφέρον.					
2	Ένιωσα ενθουσιασμό όταν συνεργάστηκα με τον ρομποτικό βοηθό στη διάρκεια του μαθήματος.					
3	Το μάθημα ήταν πιο κατανοητό με τη βοήθεια του ρομποτικού βοηθού.					
4	Επικοινώνησα - χρησιμοποίησα εύκολα τον ρομποτικό βοηθό κατά τη διάρκεια του μαθήματος.					
5	Μου άρεσε που ενσωματώθηκαν νέες τεχνολογίες στην τάξη.					
6	Ένιωσα άνετα όταν εξέφρασα απορίες στον ρομποτικό βοηθό					
7	Ο ρομποτικός βοηθός με βοήθησε να συνεργαστώ με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας μου – τάξης μου.					

8	Οι πληροφορίες που μας έδωσε ο ρομποτικός βοηθός ήταν σωστές.					
9	Η χρήση του ρομποτικού βοηθού κατά τη διάρκεια του μαθήματος έκανε το μάθημα πιο ευχάριστο.					
10	Θα ήθελα να ξαναχρησιμοποιήσουμε τον ρομποτικό βοηθό στην τάξη και σε άλλα μαθήματα.					

Βαθμολόγησε το μάθημα που παρακολούθησες από το 1 έως το 10: *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆

Ε1 - Ερωτηματολόγιο Εισόδου Εκπαιδευτικών

https://forms.gle/5qeB2v9f5JuPMPQe6

Σκοπός: Καταγραφή των προσδοκιών και στάσεων των εκπαιδευτικών πριν από τη διδασκαλία με τον ρομποτικό βοηθό - AI Assistant.

- Εκπαιδευτική βαθμίδα: ☐ Πρωτοβάθμια ☐ Δευτεροβάθμια
- Ειδικότητα: _____
- Έτη διδακτικής εμπειρίας: ☐ 0–5 ☐ 6–10 ☐ 11–20 ☐ 21+
- Ηλικία ☐ 20–30 ☐ 31–40 ☐ 41–50 ☐ 51+
- Έχετε χρησιμοποιήσει στο παρελθόν Εκπαιδευτική Ρομποτική ή Τεχνητή Νοημοσύνη στη διδασκαλία; ☐ Ναι ☐ Όχι

Αντιλήψεις και Προσδοκίες

Κλίμακα: 1 = Καθόλου, 2 = Λίγο, 3 = Αρκετά, 4 = Πολύ, 5 = Πάρα πολύ.

Α/Α	Δήλωση	1 - Καθόλου	2 - Λίγο	3 - Αρκετά	4 -Πολύ	5 -Πάρα πολύ
1	Πιστεύω ότι ο ρομποτικός βοηθός (AI Assistant) θα κάνει το μάθημα πιο ενδιαφέρον για τους μαθητές.					
2	Νιώθω θετικός/ή για την ενσωμάτωση ρομποτικού βοηθού στη διδασκαλία μου.					
3	Πιστεύω ότι ο ρομποτικός βοηθός θα συμβάλει στη βαθύτερη κατανόηση του μαθήματος.					

4	Θεωρώ ότι οι μαθητές θα αλληλεπιδράσουν εύκολα με τον ρομποτικό βοηθό					
5	Πιστεύω ότι ο ρομποτικός βοηθός θα λειτουργήσει χωρίς τεχνικά προβλήματα					
6	Πιστεύω ότι οι μαθητές θα νιώσουν άνετα να διατυπώνουν απορίες στον ρομποτικό βοηθό.					
7	Θεωρώ ότι ο ρομποτικός βοηθός μπορεί να ενισχύσει τη συνεργασία των μαθητών.					
8	Αναμένω ότι οι πληροφορίες που θα παρέχει ο ρομποτικός βοηθός θα είναι σωστές.					
9	Πιστεύω ότι η χρήση του ρομποτικού βοηθού μπορεί να κάνει το μάθημα πιο ευχάριστο.					
10	Πιστεύω ότι ο ρομποτικός βοηθός έχει θέση στη σχολική τάξη και σε άλλα γνωστικά αντικείμενα.					
	Πιστεύω ότι ο ρομποτικός βοηθός					

11	μπορεί να υποστηρίξει μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες στην κατανόηση του μαθήματος.					
12	Πιστεύω ότι οι μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες θα νιώσουν άνετα να αλληλεπιδράσουν με τον ρομποτικό βοηθό.					

Ε2 - Ερωτηματολόγιο Εξόδου Εκπαιδευτικών

https://forms.gle/HS6CNeqmnNtom72p7

Σκοπός: Αποτύπωση των εμπειριών, στάσεων και αξιολογήσεων των εκπαιδευτικών μετά τη χρήση του ρομποτικού βοηθού - AI Assistant.

Κλίμακα: 1 = Καθόλου, 2 = Λίγο, 3 = Αρκετά, 4 = Πολύ, 5 = Πάρα πολύ.

Α/Α	Δήλωση	1 - Καθόλου	2 - Λίγο	3 - Αρκετά	4 - Πολύ	5 - Πάρα πολύ
1	Το μάθημα με τον ρομποτικό βοηθό (AI Assistant) ήταν πιο ενδιαφέρον για τους μαθητές.					
2	Η ενσωμάτωση του ρομποτικού βοηθού στη διδασκαλία ήταν μια θετική εμπειρία.					
3	Ο ρομποτικός βοηθός βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα το μάθημα.					
4	Οι μαθητές αλληλεπίδρασαν εύκολα με τον ρομποτικό βοηθό.					
5	Ο ρομποτικός βοηθός λειτούργησε χωρίς τεχνικά προβλήματα.					
6	Οι μαθητές ένιωσαν άνετα να κάνουν ερωτήσεις					

	στον ρομποτικό βοηθό.					
7	Ο ρομποτικός βοηθός συνέβαλε στη συνεργασία των μαθητών.					
8	Οι πληροφορίες που παρείχε ο ρομποτικός βοηθός ήταν σωστές.					
9	Η χρήση του ρομποτικού βοηθού έκανε τη μαθησιακή διαδικασία πιο ευχάριστη.					
10	Θα χρησιμοποιούσα ξανά τον ρομποτικό βοηθό σε μελλοντικά μαθήματα.					
11	Ο ρομποτικός βοηθός υποστήριξε αποτελεσματικά μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες στην κατανόηση του μαθήματος.					
12	Οι μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες ένιωσαν άνετα και μπόρεσαν να αλληλεπιδράσουν με τον ρομποτικό βοηθό.					

Παράρτημα Γ - Γλωσσάριο

Adaptive Learning (Προσαρμοστική Μάθηση)

Μαθησιακή προσέγγιση που χρησιμοποιεί αλγορίθμους για να προσαρμόζει το περιεχόμενο και το ρυθμό διδασκαλίας στις ανάγκες κάθε μαθητή.

Adaptive Systems (Προσαρμοστικά Συστήματα)

Συστήματα που αλλάζουν τη συμπεριφορά τους ανάλογα με το περιβάλλον ή τον χρήστη, βελτιστοποιώντας την εμπειρία.

Amdahl's Law (Νόμος του Amdahl)

Μαθηματικός τύπος που δείχνει τα όρια του speedup σε παράλληλα συστήματα, ανάλογα με το ποιο τμήμα του κώδικα μπορεί να παραλληλοποιηθεί.

Android Studio

Επίσημο περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών Android, που βασίζεται στη γλώσσα Java/Kotlin.

Arduino

Ανοικτής αρχιτεκτονικής μικροελεγκτής, δημοφιλής στην εκπαιδευτική ρομποτική για την ανάπτυξη έξυπνων συσκευών.

Artificial Intelligence (Τεχνητή Νοημοσύνη - AI)

Ο τομέας της επιστήμης υπολογιστών που αναπτύσσει συστήματα ικανά να εκτελούν εργασίες που απαιτούν ανθρώπινη νοημοσύνη.

Assistive Technology (Υποστηρικτική Τεχνολογία)

Τεχνολογίες που βοηθούν άτομα με αναπηρίες να συμμετέχουν ισότιμα στην εκπαίδευση και στην κοινωνία.

Chatbot

Λογισμικό βασισμένο σε AI που αλληλεπιδρά με χρήστες μέσω φυσικής γλώσσας, συνήθως σε κείμενο ή φωνή.

ChatGPT

Μεγάλο γλωσσικό μοντέλο της OpenAI, βασισμένο σε GPT αρχιτεκτονική, με εφαρμογές στην εκπαίδευση, έρευνα και ρομποτική.

Claude

Γλωσσικό μοντέλο της Anthropic, σχεδιασμένο με έμφαση στην ασφάλεια και υπευθυνότητα στη χρήση AI.

Computer Vision (Υπολογιστική Όραση)

Τομέας AI που αναγνωρίζει, αναλύει και κατανοεί εικόνες και βίντεο.

Copilot

AI εργαλείο της Microsoft που λειτουργεί ως υποβοηθητικό σύστημα παραγωγής κώδικα και περιεχομένου.

Deep Learning (Βαθιά Μάθηση)

Υποπεδίο του Machine Learning που χρησιμοποιεί νευρωνικά δίκτυα πολλών επιπέδων για πολύπλοκες εργασίες, όπως εικόνα και φωνή.

DeepSeek

Σύγχρονο γλωσσικό μοντέλο AI, ανταγωνιστικό των ChatGPT και Gemini.

Django

Πλαίσιο ανάπτυξης web εφαρμογών σε Python, που συχνά χρησιμοποιείται με REST APIs.

Efficiency (Αποδοτικότητα)

Δείκτης που μετρά πόσο καλά χρησιμοποιούνται οι διαθέσιμοι επεξεργαστικοί πόροι σε ένα παράλληλο πρόγραμμα.

Educational Inclusion (Εκπαιδευτική Συμπερίληψη)

Πρακτικές που διασφαλίζουν ότι όλοι οι μαθητές, ανεξαρτήτως διαφορών, συμμετέχουν στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Educational Robotics (Εκπαιδευτική Ρομποτική)

Διδακτικό πεδίο που χρησιμοποιεί ρομποτικές πλατφόρμες για την ενίσχυση δεξιοτήτων STEM.

Global Variables (Καθολικές Μεταβλητές)

Μεταβλητές που είναι προσβάσιμες σε όλο τον κώδικα, χρήσιμες αλλά επικίνδυνες σε πολυνηματικά προγράμματα.

Gemini

Μεγάλο γλωσσικό μοντέλο της Google, εξελιγμένο στην κατανόηση multimodal περιεχομένου.

HRI (Human-Robot Interaction)

Επιστημονικός τομέας που μελετά την επικοινωνία και συνεργασία ανθρώπων και ρομπότ.

HuskyLens

Έξυπνη κάμερα με δυνατότητες AI, που χρησιμοποιείται σε ρομποτικά projects για αναγνώριση αντικειμένων και προσώπων.

Large Language Models (LLMs)

AI μοντέλα που εκπαιδεύονται σε τεράστιο όγκο δεδομένων και εκτελούν εργασίες επεξεργασίας φυσικής γλώσσας.

Locks (Κλειδώματα)

Μηχανισμοί συγχρονισμού σε πολυνηματικά προγράμματα που αποτρέπουν συγκρούσεις πρόσβασης σε κοινά δεδομένα.

Machine Learning (Μηχανική Μάθηση)

Υποπεδίο της AI όπου τα συστήματα «μαθαίνουν» από δεδομένα χωρίς να έχουν ρητά προγραμματιστεί.

Maqueen

Ρομποτική πλατφόρμα για micro:bit, που χρησιμοποιείται ευρέως στην εκπαιδευτική ρομποτική.

Metacognition (Μεταγνώση)

Η ικανότητα του ατόμου να κατανοεί, να παρακολουθεί και να ρυθμίζει τη δική του διαδικασία μάθησης.

micro:bit

Εκπαιδευτικός μικροελεγκτής που ενσωματώνει αισθητήρες και χρησιμοποιείται για STEM projects.

Multipart

Μορφή αιτήματος στο διαδίκτυο που επιτρέπει την αποστολή αρχείων (π.χ. εικόνων) μέσω REST API.

Natural Language Processing (Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας - NLP)

Υποπεδίο AI που εστιάζει στην κατανόηση και παραγωγή ανθρώπινης γλώσσας από υπολογιστές.

Parallel Computing (Παράλληλη Υπολογιστική)

Μοντέλο εκτέλεσης προγραμμάτων που διαμοιράζει εργασίες σε πολλούς επεξεργαστές για ταχύτερα αποτελέσματα.

Personalized Learning (Εξατομικευμένη Μάθηση)

Παιδαγωγική προσέγγιση που προσαρμόζει το περιεχόμενο και τις δραστηριότητες στις ανάγκες του μαθητή.

Processes (Διεργασίες)

Ανεξάρτητες εκτελέσεις προγραμμάτων, καθεμία με τον δικό της χώρο μνήμης.

Queues (Ουρές)

Δομές δεδομένων που χρησιμοποιούνται για επικοινωνία και συγχρονισμό σε παράλληλα προγράμματα.

REST API

Αρχιτεκτονικό στυλ που επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ συστημάτων μέσω HTTP.

Robotics (Ρομποτική)

Διεπιστημονικό πεδίο που συνδυάζει μηχανική, ηλεκτρονικά και πληροφορική για την ανάπτυξη ρομπότ.

Shared Memory (Κοινόχρηστη Μνήμη)

Μέθοδος επικοινωνίας μεταξύ διεργασιών που επιτρέπει την πρόσβαση στα ίδια δεδομένα.

SharedPreferences

Μηχανισμός αποθήκευσης μικρών δεδομένων (π.χ. ρυθμίσεων) σε Android εφαρμογές.

Speedup (Επιτάχυνση)

Μετρά το πόσο γρηγορότερα εκτελείται ένα πρόγραμμα σε παράλληλη μορφή σε σχέση με τη σειριακή.

STEM

Εκπαιδευτικό πλαίσιο που συνδυάζει Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά.

STEAM

Επέκταση του STEM που ενσωματώνει και την Τέχνη (Arts).

Sustainable Development Goals (Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης)

Διεθνείς στόχοι του ΟΗΕ που προωθούν την εκπαίδευση, την ισότητα και τη βιωσιμότητα.

Threads (Νήματα)

Μονάδες εκτέλεσης μέσα σε μία διεργασία, που μοιράζονται κοινή μνήμη.

Virtual Reality (Εικονική Πραγματικότητα - VR)

Ψηφιακά περιβάλλοντα που προσομοιώνουν την πραγματικότητα και επιτρέπουν αλληλεπίδραση.