

Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία

Τόμ. 5, Αρ. 1 (2025)

Τόμ. 5 Αρ. 1 (2025)



Η Μηχανική Μάθηση στο Γυμνάσιο: Μια Διδακτική Παρέμβαση Εκπαίδευσης Μοντέλων Εικόνων με το Machine Learning for Kids

Χρυσούλα Ξιξή, Αργυρώ Βλαχοδημητροπούλου

doi: [10.12681/riste.38622](https://doi.org/10.12681/riste.38622)

Βιβλιογραφική αναφορά:

Ξιξή Χ., & Βλαχοδημητροπούλου Α. (2025). Η Μηχανική Μάθηση στο Γυμνάσιο: Μια Διδακτική Παρέμβαση Εκπαίδευσης Μοντέλων Εικόνων με το Machine Learning for Kids. *Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*, 5(1), 55–85. <https://doi.org/10.12681/riste.38622>

Η Μηχανική Μάθηση στο Γυμνάσιο: Μια Διδακτική Παρέμβαση Εκπαίδευσης Μοντέλων Εικόνων με το Machine Learning for Kids

Χρυσούλα Ξιξή¹ και Αργυρώ Βλαχοδημητροπούλου²

¹Εκπαιδευτικός Πληροφορικής, Δημοτικό Σχολείο Λεωνιδίου

²Μαθηματικός, Γυμνάσιο με Λυκειακές Τάξεις Κέας

¹chixi@sch.gr, ²ar_gi_ro@yahoo.gr

Περίληψη

Η μάθηση είναι πυλώνας ανάπτυξης, καθορίζοντας την πρόοδο ατόμων και κοινωνιών. Στον σύγχρονο κόσμο, η Τεχνητή Νοημοσύνη (ΤΝ) διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο, φέρνοντας επανάσταση σε πλήθος εφαρμογών. Η εκπαίδευση στη Μηχανική Μάθηση (ΜΜ) καθίσταται αναγκαία, ειδικά για τους νέους, ώστε να κατανοήσουν τη λειτουργία και τη σημασία της τεχνολογίας. Στη μελέτη μας βασιστήκαμε σε έρευνες που χρησιμοποίησαν εργαλεία και πλατφόρμες ΜΜ για τη διδασκαλία των βασικών αρχών της στην τυπική, μη τυπική και άτυπη εκπαίδευση. Σχεδιάσαμε και εφαρμόσαμε ένα εργαστηριακό μάθημα με το Machine Learning for Kids για να εμπλακούν οι μαθητές/τριες στον τρόπο που μαθαίνουν οι μηχανές. Ερευνήσαμε αν μεταβάλλονται οι αντιλήψεις τους για την ΤΝ και τη ΜΜ και αν αναπτύσσουν δεξιότητες υπολογιστικής σκέψης. Υποστηρίζουμε ότι η ένταξη της ΜΜ στα προγράμματα σπουδών συμβάλλει στην κατανόηση των βασικών αρχών της, στην ανάδειξη της επιστήμης πίσω από τις σύγχρονες εφαρμογές της και στην ανάπτυξη υπολογιστικών δεξιοτήτων των μαθητών/τριών παρούσας έρευνας.

Λέξεις κλειδιά: Μηχανική Μάθηση, Τεχνητή Νοημοσύνη, Machine Learning for kids, scratch

Abstract

Learning is a fundamental aspect of human development, influencing the advancement of individuals and societies. In the contemporary era, Artificial Intelligence (AI) plays a key role, revolutionizing a wide range of applications. Training in Machine Learning (ML) is becoming a necessity, especially for young people, to understand the function and importance of technology. In our study, we built on research that used ML tools and platforms to teach its basic principles within formal, non-formal, and informal education settings. We designed and implemented a lab-based lesson using Machine Learning for Kids to engage students in the way a machine learns. We investigated whether their perceptions of AI and ML changed and whether they developed computational thinking skills. We argue that the integration of ML in curricula contributes to a deeper understanding of its fundamental

principles, highlights the scientific foundations behind modern applications, and fosters the development of students' computational skills.

Keywords: Artificial Intelligence, Machine Learning, Machine Learning for kids, scratch

Εισαγωγή

Κυβερνήσεις και ιδρύματα σε όλο τον κόσμο εργάζονται για τις προκλήσεις που θέτει η Τεχνητή Νοημοσύνη (TN) σε όλες τις πτυχές, από την οικονομία μέχρι την εκπαίδευση. Αναπτύσσουν πολιτικές, στρατηγικά σχέδια και άλλες πρωτοβουλίες που υπογραμμίζουν τις ευκαιρίες και τον αντίκτυπο της TN στην εκπαίδευση (Pedro et al., 2019). Επιπλέον, η μεγάλη επιτυχία που επιτεύχθηκε από την ανάπτυξη τεχνητών νευρωνικών δικτύων Μηχανικής Μάθησης (MM) τα τελευταία χρόνια έχει αλλάξει δραματικά την άποψη των υπεύθυνων χάραξης εκπαιδευτικής πολιτικής, των ερευνητών TN και του ευρύτερου κοινού σχετικά με την TN (Kahn & Winters, 2021), δημιουργώντας ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για την εκπαίδευση της TN (Moreno-Guerrero et al., 2020). Οι προβλέψεις που λαμβάνονται από τεχνητά νευρωνικά δίκτυα έχουν υψηλή ακρίβεια, αλλά για τους χρήστες αυτής της τεχνολογίας η εκπαίδευση των μοντέλων είναι μαύρα κουτιά. Οι πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο λήψης αποφάσεων είναι ως επί το πλείστον πολύπλοκες και δύσκολο να εμποδωθούν από τους περισσότερους χρήστες. Η κατανόηση της λήψης αποφάσεων ιδιαίτερα σε εξαιρετικά ευαίσθητους τομείς είναι υψίστης σημασίας. Η λήψη αποφάσεων πίσω από τα μαύρα κουτιά απαιτεί να είναι πιο διαφανής και κατανοητή για τους ανθρώπους (Burkart & Huber, 2021). Επίσης, η MM είναι η επαναστατική τεχνολογία που μπορεί να δώσει με σχετική ακρίβεια το αποτέλεσμα με βάση την εμπειρία (Shah et al., 2021). Η ενσωμάτωση αυτής της τεχνολογίας στον εκπαιδευτικό τομέα βοηθά τον/την μαθητή/τρια να αναπτύξει υπολογιστική σκέψη, κριτική ικανότητα και επίλυση προβλημάτων. Οι Tan et al. (2024), στην έρευνά τους στην πρωτοβάθμια και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, υποστηρίζουν ότι η υπολογιστική σκέψη είναι μια θεμελιώδης δεξιότητα και ένας τρόπος σκέψης για όλους τους μαθητές/τριες στην ψηφιακή κοινωνία. Επομένως, η εισαγωγή περιεχομένου που σχετίζεται με την TN στο σχολείο και η διερεύνηση του τρόπου διδασκαλίας της καθίσταται υποχρεωτική. Τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκαν κάποια εργαλεία που προορίζονται να διευκολύνουν τη μάθηση και τη διδασκαλία των βασικών αρχών της TN και της MM σε επίπεδα πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Rodríguez-García et al., 2019· Rodríguez-García et al., 2021). Η εκπαίδευση της MM σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες είναι ένας σχετικά νέος τομέας ερευνητικού ενδιαφέροντος που απαιτεί περισσότερη μελέτη για να διασφαλιστεί η αποτελεσματική ενσωμάτωσή της στο εκπαιδευτικό σύστημα (Sanusi et al., 2023).

Η άτυπη και μη τυπική εκπαίδευση στην TN και τη MM προσφέρουν ευέλικτους και προσιτούς τρόπους μάθησης για άτομα κάθε ηλικίας, συμβάλλοντας καθοριστικά στη διάδοση τους, ξεπερνώντας παράλληλα τα όρια του τυπικού εκπαιδευτικού συστήματος. Μέσα από διαδικτυακές πλατφόρμες όπως το Coursera, το edX και το Elements of AI, μαθητές/τριες, εκπαιδευτικοί και ενήλικες μπορούν να γνωρίσουν βασικές και προχωρημένες έννοιες της

TN, χωρίς να απαιτείται προηγούμενη εξειδίκευση. Παράλληλα, βιωματικά εργαλεία όπως το Teachable Machine της Google και τα projects του Raspberry Pi Foundation επιτρέπουν την πειραματική και δημιουργική ενασχόληση με την τεχνολογία. Η μάθηση γίνεται πιο ελκυστική και κατανοητή μέσα από διαδραστικά περιβάλλοντα, βίντεο και δραστηριότητες που ενισχύουν τη διερεύνηση και την καινοτομία. Με αυτόν τον τρόπο, η άτυπη και μη τυπική εκπαίδευση συμβάλλουν στην καλλιέργεια των ψηφιακών δεξιοτήτων που απαιτεί η σύγχρονη εποχή (Council of the European Union, 2021 ` United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2021).

Σε αυτή την εργασία πραγματοποιούμε μια επισκόπηση προηγούμενων εργασιών σχετικά με την εμπλοκή των μαθητών/τριών με τη MM και στη συνέχεια εφαρμόζουμε μια διδακτική παρέμβαση που σχεδιάσαμε με σκοπό να ερευνήσουμε τις αντιλήψεις τους για τον τομέα αυτό. Διερευνούμε κατά ποσό μαθητές/τριες 12 έως 15 ετών, χωρίς προηγούμενη γνώση σχετικά με την MM, μπορούν να μάθουν τα βασικά της στοιχεία μέσω πρακτικών δραστηριοτήτων με το Machine Learning for Kids (ML4K). Με τη βοήθεια της παραπάνω πλατφόρμας και του περιβάλλοντος οπτικού προγραμματισμού Scratch, πραγματοποιήσαμε ένα εργαστηριακό μάθημα. Τα ερευνητικά ερωτήματα που παρουσιάζουμε στη μελέτη μας είναι τα ακόλουθα:

1. Αλλάζουν οι μαθητές/τριες την αντίληψη που έχουν για την MM μετά την πραγματοποίηση πρακτικών δραστηριοτήτων με το ML4K;
2. Πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές/τριες τον τρόπο που μαθαίνει η μηχανή από τα δεδομένα μέσω της MM;
3. Πιστεύουν οι μαθητές/τριες ότι μπορούν να αναπτύξουν δεξιότητες υπολογιστικής σκέψης όταν εκτελούν πρακτικές δραστηριότητες με το ML4K;

Με αυτόν τον τρόπο, πιστεύουμε ότι η ενσωμάτωση της MM στην εκπαίδευση θα παρέχει στους μαθητές/τριες τη δυνατότητα να αναπτύξουν τις απαραίτητες δεξιότητες, όπως υπολογιστική σκέψη, επίλυση προβλήματος, αφαιρετική και αναλυτική σκέψη για να γίνουν ενεργοί ψηφιακοί πολίτες.

Εκπαίδευση και Μηχανική Μάθηση

Η TN και η MM είναι η νέα γενιά τεχνολογίας η οποία διαπερνά κάθε πτυχή της ζωής μας και θα βοηθήσει τη σύγχρονη κοινωνία και την εκπαίδευση με πολλούς τρόπους. Έχουν ήδη γίνει μέρος πολλών καθημερινών εφαρμογών καθώς αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της 4^{ης} βιομηχανικής επανάστασης. Σε καθημερινή βάση, αλληλεπιδρούμε με διάφορα συστήματα MM, όπως φίλτρα ανεπιθύμητης αλληλογραφίας, υπηρεσίες μετάφρασης, chatbot και ψηφιακούς βοηθούς, μηχανές αναζήτησης και συστήματα ανίχνευσης απάτης (Karalekas et al., 2023). Οι διαδικασίες MM ενσωματώνονται σε προϊόντα και υπηρεσίες που επηρεάζουν την καθημερινή μας ζωή, αλλάζοντας τον τρόπο που οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν με την τεχνολογία (Hitron et al., 2019). Οι αλγόριθμοι MM αποτελούν μέρος της ψηφιακής

τεχνολογίας και η εφαρμογή τους προβλέπεται να αυξηθεί εκθετικά τα επόμενα χρόνια. Η έννοια της παιδείας στους υπολογιστές είναι στενά συνυφασμένη με τις ισχυρές ιδέες και εφαρμογές της ΜΜ. Η κατανόηση των θεμελιωδών εννοιών της είναι ζωτικής σημασίας όταν πρόκειται για την ενσωμάτωση αυτής της τεχνολογίας στην καθημερινή μας ζωή (Royal Society, 2017). Οι Rodríguez-García et al. (2021) υποστηρίζουν ότι η κοινωνία στο σύνολό της, από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής έως τους χρήστες υπηρεσιών, είναι πιθανώς ακόμη απροετοίμαστη. Σήμερα, ο συνδυασμός εκπαίδευσης και τεχνολογίας έχει γίνει ουσιαστική ανάγκη ενός ανθρώπου. Στο σημερινό εκπαιδευτικό σύστημα, η ικανότητα ενός ατόμου ορίζεται από τα εκπαιδευτικά προσόντα που κατέχει, επομένως η αυθεντικότητα τέτοιων συμμετοχών είναι πολύ κρίσιμη καθώς αξιολογεί τις δεξιότητες ενός ατόμου (Shah et al., 2021). Τα αποτελέσματα των Aravantinos et al. (2024) έδειξαν ότι η χρήση της ΤΝ στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση μπορεί να ενισχύσει τη μάθηση, βελτιώνοντας την επίδοση των μαθητών/τριών και την αφομοίωση της γνώσης. Όμως, η επιτυχία της ένταξης της ΤΝ στην εκπαίδευση εξαρτάται από την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών στη χρήση της και την ενσωμάτωση της τεχνολογίας στο Πρόγραμμα Σπουδών. Οι παραπάνω ερευνητές συμφωνούν ότι η ενσωμάτωση της διδασκαλίας της ΜΜ στο Πρόγραμμα Σπουδών, όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης, εξοπλίζει τους μαθητές/τριες με τις απαραίτητες δεξιότητες, προετοιμάζοντας τους αποτελεσματικότερα για τη ζωή και την εργασία σε μια κοινωνία που μεταβάλλεται ραγδαία. Επιπρόσθετα, η άτυπη και η μη τυπική εκπαίδευση (π.χ. λέσχες ρομποτικής, θερινά σχολεία, εκπαιδευτικά εργαστήρια STEM, διαδικτυακές πλατφόρμες) δύναται να λειτουργήσουν συμπληρωματικά προς τη θεσμοθετημένη μάθηση, κυρίως επειδή βασίζονται σε ευέλικτα, βιωματικά και μαθητοκεντρικά πλαίσια μάθησης, ενισχύοντας τη δημιουργική εμπλοκή των μαθητών/τριών, ενώ παράλληλα καλλιεργείται η ικανότητά τους να αναστοχάζονται κριτικά ως προς τις ίδιες τους τις στρατηγικές μάθησης και λήψης αποφάσεων (UNESCO, 2021).

Τα σύγχρονα παιδιά και οι νέοι είναι μια γηγενής γενιά της ΤΝ και αναμενόμενα ασχολούνται με τις νέες τεχνολογίες πιο συχνά από τις παλιότερες γενιές και έτσι αποκτούν περισσότερη «πρακτική» εμπειρία τουλάχιστον όντας χρήστες τεχνολογιών. Στην ερεύνα των Mertala et al. (2024), που διεξήχθη σε μαθητές/τριες πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, τέτοια επιχειρήματα ότι οι νέες γενιές διαθέτουν έμφυτες ικανότητες και γνώσεις απλώς και μόνο επειδή έτυχε να γεννηθούν σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή καταρρίπτονται. Επιπλέον, οι καθημερινές εμπειρίες με τεχνολογίες μαύρου κουτιού όπως το ChatGPT ενδέχεται να επιφέρουν ανεπιθύμητες παρανοήσεις. Οι ανωτέρω ερευνητές διαπιστώνουν ότι οι αντιλήψεις των μαθητών/τριών για τον ορισμό της ΜΜ είναι εσφαλμένες. Υπήρξε ποικιλία διαφορετικών τρόπων με τους οποίους οι μαθητές/τριες υπέθεσαν τι είναι η ΜΜ, πολλοί από αυτούς συσχέτισαν την ΜΜ με υπάρχουσες εφαρμογές της, η πλειοψηφία όμως περιέγραψε τη διαδικασία μάθησης με έναν επιφανειακό τρόπο. Αυτή η έλλειψη λεπτομέρειας είναι κατανοητή και αναμενόμενη διαπίστωση γιατί η εκπαίδευση μοντέλων ΜΜ αναφέρεται συχνά ως «μαύρο κουτί», καθώς οι λειτουργικές της αρχές δεν είναι ορατές στο ευρύ κοινό. Με άλλα λόγια, ενώ χρησιμοποιούν εφαρμογές και υπηρεσίες που βασίζονται σε ΜΜ σε καθημερινή

βάση, παραμένουν «αδιαφανείς» καθώς συνήθως μόνο η είσοδος και η έξοδος είναι ορατές στον χρήστη, γεγονός που καθιστά δύσκολο να κατανοήσει τι συμβαίνει στο εσωτερικό της μηχανής. Τέτοιες αντιλήψεις διαφέρουν σημαντικά από την επιστημονική ιδέα, εμποδίζουν τους μαθητές/τριες να εξηγήσουν πώς θα μπορούσε κανείς να διδάξει έναν υπολογιστή και να περιγράψει πώς φαντάζεται τις μηχανές να μαθαίνουν.

Η κατανόηση των βασικών εννοιών MM καθίσταται απαραίτητη για άτομα όλων των ηλικιών, συμπεριλαμβανομένων των παιδιών. Οι νέοι σήμερα πρέπει να είναι σε θέση να κατανοούν πώς λειτουργούν τα υπολογιστικά συστήματα, την αξία τους και επίσης να αναπτύξουν τις δεξιότητες πρόσβασης, κριτικής ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων και πληροφοριών. Τέτοιες δεξιότητες και ικανότητες μπορούν να εξουσιοδοτήσουν τους νέους να υιοθετήσουν μια πιο κριτική και διερευνητική προσέγγιση απέναντι στα υπάρχοντα τεχνολογικά περιβάλλοντα και να συμμετάσχουν πιο ενεργά στο σχεδιασμό νέων τεχνολογικών συστημάτων (Voulgari et al., 2021). Τα αποτελέσματα των Kuleto et al. (2021) σε μαθητές/τριες δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης έδειξαν ότι η TN και η MM είναι τεχνολογίες που ενισχύουν τη μάθηση και τις βασικές δεξιότητες των μαθητών/τριών όπως την υπολογιστική, την αφαιρετική, την αναλυτική σκέψη καθώς και την επικοινωνία και τη συνεργασία. Η έρευνα των Aravantinos et al. (2024) για την TN στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση έδειξε ότι καλλιεργεί τη δημιουργικότητα, την κριτική σκέψη και προάγει την εξατομικευμένη μάθηση. Με βάση τα ευρήματα πολλών ερευνών έχουν σχεδιαστεί δραστηριότητες για να εισάγουν την έννοια της TN και να προωθήσουν τον γραμματισμό στην TN και στην MM από την προσχολική ηλικία μέχρι και την τριτοβάθμια εκπαίδευση, όπως των Williams et al. (2019) στην προσχολική ηλικία, των Kim et al. (2021) στην πρωτοβάθμια, των Burgsteiner et al. (2016) και Sabuncuoglu (2020) στη δευτεροβάθμια, των Voulgari et al. (2021) στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, των Lavidas et al. (2024) στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, καθώς και η έκθεση TN σε μη σχολικά περιβάλλοντα (μουσεία, κοινότητες) των Long et al. (2021). Οι ερευνητές Huang et al. (2021) και Martins & Gresse Von Wangenheim (2023) στις μελέτες τους, που πραγματοποίησαν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, υποστηρίζουν ότι οι μαθητές/τριες έχουν την ικανότητα να κατανοούν τις βασικές έννοιες της TN και της MM σε μεγαλύτερο βαθμό ακόμη κι αν είναι αρχάριοι από τους μαθητές/τριες που φοιτούν στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Ανέφεραν επίσης ότι οι συμμετέχοντες μπορούν να εξηγήσουν και να συζητήσουν πώς λειτουργεί ένα σύστημα MM. Προσθέτουν πως σε αυτή την ηλικία αρχίζουν να εμπεδώνουν την υποθετική-επαγωγική σκέψη τους. Οι δεξιότητές τους και οι γνωστικές τους ικανότητες επιταχύνονται με την επίλυση προβλημάτων σε διαφορετικά πλαίσια χρησιμοποιώντας τεχνολογίες. Η διδασκαλία εννοιών MM στο γυμνάσιο φαίνεται να παρέχει κίνητρα στους μαθητές/τριες να εμπλακούν με τη MM και αυξάνει το ενδιαφέρον τους να ασχοληθούν με την TN και την επιστήμη των δεδομένων στο μέλλον. Φαίνεται να είναι σε θέση να κατανοούν και να εφαρμόζουν τη διαδικασία MM από τη διαχείριση δεδομένων έως την αξιολόγηση της απόδοσης του μοντέλου και να δημιουργούν τα δικά τους μοντέλα MM. Ακολουθείται μια ομαλή μετάβαση από την επαναχρησιμοποίηση ενός προκαθορισμένου τεχνουργήματος στη δημιουργική κατασκευή από τον/την

μαθητή/τρια, προκειμένου να υπερβεί την κωδικοποίηση ή τη χρήση εφαρμογών MM ως καταναλωτής τεχνολογίας, με απώτερο στόχο να οδηγηθεί σε βαθύτερη κατανόηση και δημιουργικότητα (Martins & Gresse Von Wangenheim, 2023).

Οι παραπάνω μελέτες επικεντρώνονται στο πώς τα παιδιά μπορούν να κατανοήσουν τα βασικά σημεία της TN και της MM. Παρόλο που υπάρχουν πολλοί διαδικτυακοί πόροι για να αρχίσουν οι νέοι/ες να μαθαίνουν βασικές λειτουργίες της MM, η πλειονότητα τους απαιτεί από τους μαθητές/τριες να έχουν ένα ικανοποιητικό μαθηματικό ή προγραμματιστικό υπόβαθρο, συμπέρασμα στο οποίο καταλήγουν από τη μελέτη τους στην πρωτοβάθμια οι Hitron et al. (2018). Η έρευνά των Karalekas et al. (2023) σε μαθητές/τριες πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης έδειξε ότι για να κατανοήσουν οι μαθητές/τριες τον τρόπο λειτουργίας αυτών των μηχανών και της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται, αλλά και των δυνατοτήτων και των συνεπειών της, πρέπει να τους δοθεί η δυνατότητα να δημιουργήσουν εφαρμογές στην τάξη τους. Σε αντίθεση με το γεγονός ότι τα νέα Προγράμματα Σπουδών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αναφέρονται στη TN και στη MM ως καινοτόμες τεχνολογίες που πρέπει να διδάσκονται στο σχολείο, υπάρχει έλλειψη εκπαιδευτικού υλικού σχετικά με τον αποτελεσματικό τρόπο της διδασκαλίας τους (Υπ. Απόφαση 49728/Δ1/2023). Πάρα το γεγονός ότι υπάρχει έλλειψη κατάλληλων εργαλείων και μεθόδων ενσωμάτωσής τους στην εκπαίδευση, καθίσταται απαραίτητο να εισαγάγουμε τις βασικές έννοιές τους στο εκπαιδευτικό σύστημα (Karalekas et al., 2023).

Η έρευνα των Evangelista et al. (2018) διερευνά την επιθυμία των μαθητών/τριών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης να μάθουν πώς μαθαίνουν οι υπολογιστές και διεγείρει το ενδιαφέρον τους για την επαγγελματική ενασχόλησή τους με τις νέες τεχνολογίες. Επιδίωξαν μέσα από δραστηριότητες οι μαθητές/τριες να εντοπίσουν τις ομοιότητες και τις διαφορές στον τρόπο που «μαθαίνουν» οι υπολογιστές και οι άνθρωποι. Είναι αξιοσημείωτο να τονισθεί ότι οι περισσότεροι συμμετέχοντες της μελέτης σε ερώτηση για το αν γνώριζαν τις έννοιες TN και MM απάντησαν θετικά, όμως ελάχιστοι κατανοούσαν τις βασικές αρχές της MM και μπορούσαν να περιγράψουν εφαρμογές της στην καθημερινότητα. Όταν ρωτήθηκαν για λέξεις που συνδέονται με την TN το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων (90%) επέλεξε τη ρομποτική, τον προγραμματισμό και τους υπολογιστές. Περίπου οι μισοί μαθητές/τριες σημείωσαν και τα μαθηματικά. Επιπλέον, περίπου το 18% των μαθητών/τριών επέλεξε ως πιθανά πεδία εφαρμογής της MM τα αυτοκίνητα και τις επιχειρήσεις. Στόχος της έρευνάς τους ήταν να τονιστεί ότι η MM ασχολείται με την ανάπτυξη αλγορίθμων που είναι σε θέση να μάθουν από τα δεδομένα και να προβλέπουν αποτελέσματα βασισμένα σε αυτά. Δημιούργησαν κατάλληλες δραστηριότητες για ένα εισαγωγικό μάθημα MM ώστε να βοηθήσει τους μαθητές/τριες να κατανοήσουν ότι η MM είναι ένα σύμπλεγμα επιστημονικών κλάδων που εμπεριέχει την αναγνώριση προτύπων, τα μαθηματικά, τους αλγόριθμους και τη στατιστική, επιλύοντας προβλήματα των οποίων η λύση στηρίζεται στα δεδομένα εισόδου. Τέλος, καταλήγουν στο συμπέρασμα πως η MM είναι ένα εξαιρετικά δημοφιλές θέμα, και πως δεν υπάρχει λόγος να μην διδάσκεται στα σχολεία από μικρή ηλικία.

Τα ευρήματα της έρευνας των Hitron et al. (2018) δείχνουν ότι οι μαθητές/τριες πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης δεν είναι μόνο σε θέση να κατανοήσουν τις βασικές έννοιες και τις διαδικασίες της MM αλλά μπορούν ακόμη να τις εφαρμόσουν σε ένα νέο εκπαιδευτικό πλαίσιο. Με αλλά λόγια να χρησιμοποιήσουν τις γνώσεις τους σε διαφορετικά περιβάλλοντα και να δημιουργήσουν εφαρμογές που στηρίζονται στη MM. Στην έρευνα των Martins & Gresse Von Wangenheim (2023) φαίνεται ότι οι μαθητές/τριες γυμνασίου έδειξαν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα και ήταν σε θέση να κατανοήσουν και να εφαρμόσουν βασικές έννοιες, αλγορίθμους και εργασίες MM. Τα οπτικά περιβάλλοντα προγραμματισμού καθώς και εκείνα που βασίζονται σε κείμενο υποστηρίζαν τους μαθητές/τριες να δημιουργήσουν μοντέλα MM με αποτελεσματικό τρόπο. Οι Sanusi et al. (2023), προτείνουν συγκεκριμένα στους μελετητές και τους/τις εκπαιδευτικούς της TN και της MM πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, να λαμβάνουν υπόψη τα ακόλουθα σημεία κατά το σχεδιασμό δραστηριοτήτων ή μελετών με MM: (α) τη δημιουργία περισσότερων δραστηριοτήτων MM για την πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, (β) την κατάρτιση των εκπαιδευτικών και την εκπαίδευση τους σε ένα επίσημο πλαίσιο στον τομέα της TN, (γ) την ενσωμάτωση ιδεών σε θεματικά πεδία εκτός από την πληροφορική για την ένταξη της MM στα σχολεία, (δ) την ανάπτυξη τρόπων αξιολόγησής της και του βαθμού κατανόησης των βασικών αρχών της από τους μαθητές/τριες σε όλα τα περιβάλλοντα μάθησης.

Η Wing (2006) υποστηρίζει ότι η υπολογιστική σκέψη είναι μια από τις θεμελιώδεις δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα μαζί με τη γραφή, την ανάγνωση και τα μαθηματικά και πως δε συνδέεται αποκλειστικά με την επιστήμη των υπολογιστών. Σύμφωνα με τη Διεθνή Μελέτη Υπολογιστών και Πληροφοριακής Παιδείας (International Computer and Information Literacy Study [ICILS]) (European Commission: Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture, 2024), η συνεχώς αυξανόμενη δημοτικότητα της υπολογιστικής επιστήμης έχει ενισχύσει την ανάγκη ανάπτυξης δεξιοτήτων υπολογιστικής σκέψης στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Αυτές οι δεξιότητες επιτρέπουν στους μαθητές/τριες την ανάπτυξη υψηλού επιπέδου σκέψης, όχι μόνο στην επιστήμη των υπολογιστών, αλλά και σε μια πληθώρα από άλλα επιστημονικά πεδία. Στο επίκεντρο της πρότασης της Wing (2006), βρίσκεται ο ισχυρισμός ότι εγγενείς πρακτικές και έννοιες στην επιστήμη των υπολογιστών θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για την επίλυση προβλημάτων σε άλλους τομείς. Εφόσον είναι γενικά αποδεκτό ότι η επίλυση προβλημάτων είναι ίσως η πιο σημαντική μαθησιακή κατάκτηση για τη ζωή, η σύνδεση μεταξύ υπολογιστικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων οδήγησαν στην πεποίθηση ότι η υπολογιστική σκέψη πρέπει να συμπεριληφθεί ως διάσταση μάθησης στα εθνικά Προγράμματα Σπουδών και στο Πρόγραμμα Διεθνούς Αξιολόγησης μαθητών/τριών (Programme for International Student Assessment [PISA]) (Fraillon et al., 2019 · Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2018). Εκτός από την επίλυση προβλημάτων, η υπολογιστική σκέψη συνδέεται με πολλά εκπαιδευτικά και κοινωνικά οφέλη όπως η συνεργασία, η κριτική σκέψη, η αυτοδιαχείριση, η αυτοπεποίθηση, η μαθηματική σκέψη, η παιδεία στη φυσική γλώσσα, η συλλογιστική, η δημιουργικότητα, η μεταγνώση, η επικοινωνία και οι θετικές στάσεις (Ezeamuzie et al., 2024), συμπεράσματα

στα οποία καταλήγει και η ερευνά των Scherer et al. (2019) που έχει διεξαχθεί σε μαθητές/τριες και των δυο βαθμίδων εκπαίδευσης. Οι Rodríguez-García et al. (2019) υποστηρίζουν ότι η υπολογιστική σκέψη θα μπορούσε να είναι το κατάλληλο πλαίσιο για την εισαγωγή περιεχομένου TN και MM στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Επιπρόσθετα, υποστηρίζουν πως καθώς η TN σχετίζεται στενά με τον προγραμματισμό, η ανάπτυξη πρακτικών έργων TN φαίνεται να είναι ένας ισχυρός τρόπος για την ενίσχυση των δεξιοτήτων υπολογιστικής σκέψης καθώς και ένα μέσο για την εκμάθηση των βασικών αρχών της TN και της MM. Επομένως, τόσο η κωδικοποίηση όσο και οι πρακτικές δραστηριότητες MM έχουν αποδειχθεί ως αποτελεσματικά εργαλεία για την ανάπτυξη υπολογιστικής σκέψης. Επίσης, τα εργαλεία που στοχεύουν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων υπολογιστικής σκέψης, όπως το Scratch, βοηθούν να εμπλακεί ο/η μαθητής/τρια σε όλες τις διαστάσεις της υπολογιστικής σκέψης (Rodríguez-García et al., 2019). Οι πρακτικές δραστηριότητες στο Scratch εμπλέκουν τους μαθητές/τριες σε τουλάχιστον τέσσερα σύνολα υπολογιστικών πρακτικών: (1) πειραματισμός και επανάληψη, (2) δοκιμή και εντοπισμός σφαλμάτων, (3) επαναχρησιμοποίηση και επαναδημιουργία και (4) αφαίρεση και διαμόρφωση. Η ενσωμάτωση της TN και της MM στο Scratch σύμφωνα με τους Sallow et al. (2024) είχε ως αποτέλεσμα οι μαθητές/τριες πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης να ασχοληθούν με επιτυχία με υπολογιστικές πρακτικές και να καταφέρουν να δημιουργήσουν συστήματα ταξινόμησης MM. Τα αποτελέσματα της παρέμβασης των Rodríguez-García et al. (2021) έδειξαν ότι η χρήση της πλατφόρμας MM που χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με το Scratch ενίσχυσαν τις γνώσεις της TN, της MM και της υπολογιστικής σκέψης των μαθητών/τριών. Οι Aravantinos et al. (2024) από τη μελέτη τους στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση συμπέραναν ότι η TN έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει τη μάθηση και τη διδασκαλία, προσφέροντας εργαλεία που κάνουν την εκπαίδευση πιο ελκυστική και παρέχει δραστηριότητες προσαρμοσμένες στις ανάγκες των μαθητών/τριών. Όμως, για την επιτυχή ενσωμάτωσή της τονίζουν ότι απαιτούνται εκπαίδευση των δασκάλων, κατάλληλες στρατηγικές μάθησης και προσεκτική ανάλυση των επιπτώσεων από την χρήση της TN στη μαθησιακή διαδικασία. Η παραπάνω βιβλιογραφική ανασκόπηση παρουσιάζει το αυξανόμενο ενδιαφέρον και την αναγκαιότητα για την εισαγωγή περιεχομένου σχετικού με την TN στα σχολεία. Πρακτικές δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές/τριες με τις βασικές αρχές της MM και την ανάπτυξη δεξιοτήτων υπολογιστικής σκέψης έχουν πραγματοποιηθεί σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Η δημιουργία δραστηριοτήτων, η εφαρμογή και η διερεύνηση των αποτελεσμάτων τους συμβάλλουν στην εμπέδωση των βασικών αρχών MM και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, που είναι και ο κύριος στόχος της παρούσας εργασίας.

Διδάσκοντας τη Μηχανική Μάθηση—μια εμπειρική έρευνα

Η αύξηση της δημοτικότητας που παρουσιάζει η TN τα τελευταία χρόνια οφείλεται κυρίως στη MM, η οποία περιλαμβάνει μια οικογένεια αλγορίθμων και τεχνικών ικανών να δημιουργήσουν μοντέλα ταξινόμησης και πρόβλεψης από υπάρχοντα δεδομένα. Από τη μία πλευρά, η TN βρίσκεται σε συνεχή άνοδο και κυριαρχεί στον τομέα της επιστήμης των υπολογιστών αυξάνοντας το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών γι' αυτό το θέμα, από την άλλη

πλευρά, η επίλυση προβλημάτων στην TN και στη MM περιλαμβάνει την ανάπτυξη πολλών δεξιοτήτων, όπως τον λογικό συλλογισμό, την κριτική και αναλυτική σκέψη, τη λήψη αποφάσεων, τη δημιουργικότητα, δεξιότητες που περιλαμβάνονται στην υπολογιστική σκέψη. Η διδακτική προσέγγιση που παρουσιάζουμε έχει στόχο τη διερεύνηση εισαγωγής βασικών εννοιών TN και MM στην κατώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και τον βαθμό που οι μαθητές/τριες αντιλαμβάνονται τον τρόπο λειτουργίας τους. Το μάθημα αυτό στοχεύει να φέρει τους μαθητές/τριες κοντά στην τεχνολογία της MM με έναν διασκεδαστικό και δημιουργικό τρόπο. Σε κάθε στάδιο της όλης διαδικασίας ενθαρρύνεται η δημιουργικότητα, η συνεργασία και η κριτική σκέψη των μαθητών/τριών. Δημιουργήθηκε ένα σενάριο 3 διδακτικών ωρών με θέμα την ταξινόμηση εικόνων με MM. Σχεδιάστηκαν δραστηριότητες που σχετίζονται με τη MM οι οποίες υλοποιήθηκαν και δοκιμάστηκαν σε όλες τις τάξεις του γυμνασίου. Μέσω φύλλων εργασίας οι μαθητές/τριες είχαν την ευκαιρία να ασχοληθούν άμεσα με εφαρμογές MM. Αυτά τα φύλλα εργασίας παρείχαν στους/στις μαθητές/τριες εργαλεία που τους επέτρεπαν να συμμετέχουν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία. Σχεδιάστηκαν 3 φύλλα εργασίας με τέτοιο τρόπο ώστε να ολοκληρώνονται εντός μίας διδακτικής ώρας (45'), ενώ ο/η εκπαιδευτικός ανάλογα την πρόοδο των μαθητών/τριών και τον βαθμό κατανόησής τους μπορούσε στην τάξη να επεκτείνει τις δραστηριότητες, αν το θεωρούσε σκόπιμο, ώστε να έχουν μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της MM και των λειτουργιών της. Επίσης, ο/η εκπαιδευτικός μπορούσε να αλλάξει τις δραστηριότητες ανάλογα με τις ανάγκες των μαθητών/τριών, όπως και να αυξομειώσει τον χρόνο εκτέλεσης των φύλλων εργασίας.

Στη πρώτη διδακτική ώρα οι μαθητές/τριες υλοποιούν μια δραστηριότητα χωρίς ηλεκτρονικά μέσα, που στόχο έχει να κατανοήσουν πώς γίνεται η αναγνώριση προσώπου. Με καταϊγισμό ιδεών περιγράφουν το πώς αναγνωρίζουμε τα αντικείμενα και πώς λειτουργεί η ανθρώπινη όραση. Μέσα από συζήτηση εισάγονται οι μαθητές/τριες στις βασικές έννοιες της MM με εικόνες (π.χ. αναγνώριση προσώπου). Με σύγκριση εκείνων των χαρακτηριστικών που αντιπροσωπεύουν το φύλο ενός/μίας μαθητή/τριας και εκείνων των εικόνων που έχουν επισημανθεί από ένα σύνολο δεδομένων που παρουσιάζουν αυτά τα χαρακτηριστικά, γίνεται εξαγωγή των συμπερασμάτων. Ο/Η εκπαιδευτικός ζητά από τους/τις μαθητές/τριες να κατατάξουν ένα σύνολο εικόνων στην κατηγορία που ανήκει η καθεμία (αγόρι, κορίτσι) και να εξηγήσουν τους λόγους της επιλογής τους. Η εξαγωγή χαρακτηριστικών και το σύνολο δεδομένων με ετικέτα είναι οι βασικές έννοιες που επισημαίνονται σε αυτό το σημείο. Στη συνέχεια προβάλλεται ένα εκπαιδευτικό βίντεο με μια σύντομη εισαγωγή για την TN και την MM (<https://www.youtube.com/watch?v=H6I1MLfqpBI>). Ακολουθεί παρουσίαση των κύριων χαρακτηριστικών της πλατφόρμας ML4K και το πώς αναπτύσσουμε έργα αναγνώρισης εικόνων MM. Αναλύονται έννοιες όπως, συλλογή, ταξινόμηση, εκπαίδευση και κατηγορίες. Το ML4K αντιλαμβάνεται τη MM ως μια διαδικασία τριών σταδίων: εκπαίδευση, μάθηση και δημιουργία. Στο στάδιο της εκπαίδευσης συλλέγονται δείγματα που θέλουμε να αναγνωρίσει ο υπολογιστής. Στο στάδιο μάθησης αυτά τα δείγματα χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση σε κατηγορίες, την εκπαίδευση του υπολογιστή και τη δημιουργία ενός μοντέλου ικανού να αναγνωρίζει την κατηγορία που ανήκει κάθε δείγμα. Τέλος, το μοντέλο MM

μπορεί να εξαχθεί στο προγραμματιστικό περιβάλλον του Scratch επιτρέποντας την κωδικοποίηση εφαρμογών με περιεχόμενο που σχετίζεται με την ΤΝ.

Στην συνέχεια οι μαθητές/τριες πειραματίζονται με έτοιμα έργα που περιλαμβάνει ο ιστότοπος του ML4K. Αυτές οι καθοδηγούμενες δραστηριότητες εισάγουν τους/τις μαθητές/τριες στον τρόπο λειτουργίας της ΜΜ, τις οποίες μπορούν να συμβουλευτούν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Παρουσιάζονται οι νέες εντολές του ML4K (Εικόνα 1) που περιλαμβάνονται στην εφαρμογή. Μέσω πειραματισμού και καθοδήγησης όπου κρίνεται απαραίτητο, οι μαθητές/τριες κατανοούν τον τρόπο λειτουργίας αυτών των εντολών.

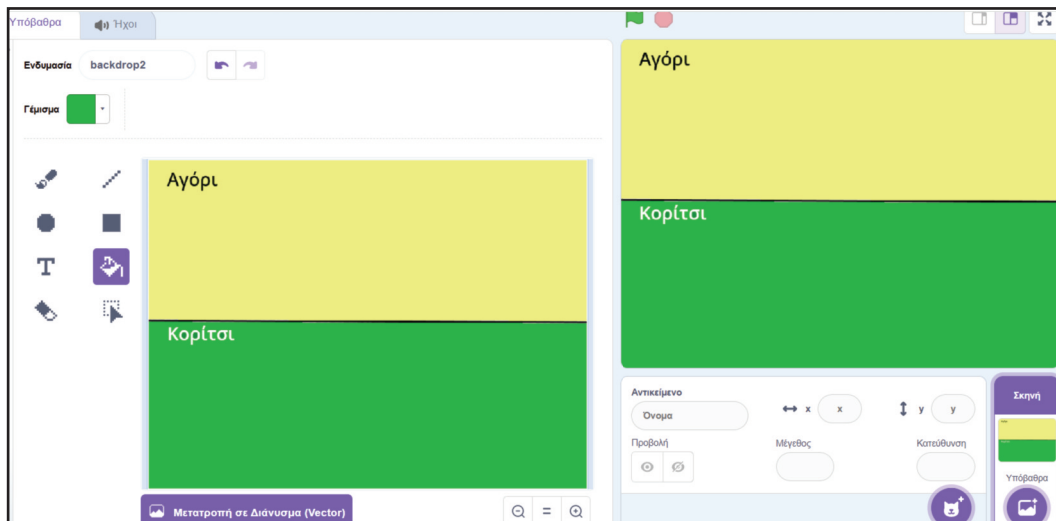
Έπειτα, οι μαθητές/τριες λαμβάνουν οδηγίες να ασχοληθούν με το ML4K και να αναπτύξουν το δικό τους έργο ΜΜ με στόχο να δημιουργήσουν ένα απλό αλλά ολοκληρωμένο εικονικό πρόγραμμα στο Scratch. Από την πλατφόρμα του ML4K συλλέγονται δείγματα με χρήση της web κάμερας του υπολογιστή (φωτογραφίες) που απαιτούνται για την εκπαίδευση του μοντέλου. Οι εικόνες μεταφορτώνονται στο ML4K, ταξινομούνται σε κατηγορίες και ακολουθεί η εκπαίδευση του μοντέλου. Τέλος, γίνεται σύνδεση του εκπαιδευμένου μοντέλου με το περιβάλλον του Scratch όπου δημιουργείται το αντίστοιχο πρόγραμμα. Αυτή η λειτουργία προσθέτει στο Scratch μερικά επιπλέον μπλοκ που υλοποιούν το εξαγόμενο μοντέλο.

Εικόνα 1. Τα μπλοκ του ML4K



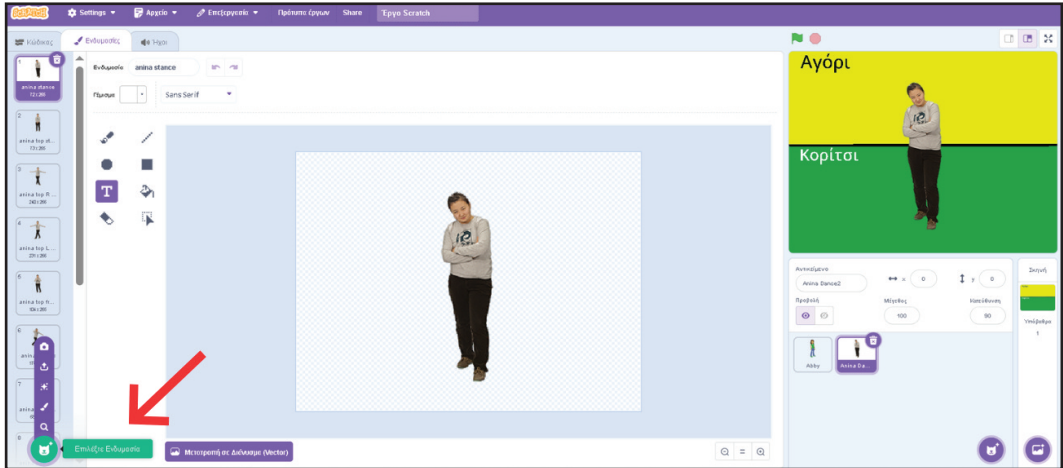
Ακολουθεί η σχεδίαση του υπόβαθρου - φόντου που θα χρειαστεί για την υλοποίηση του έργου (Εικόνα 2). Στη συνέχεια εισάγεται μια μορφή (sprite) κι ένα πλήθος «Ενδυμασιών» (Εικόνα 3).

Εικόνα 2. Το υπόβαθρο της εφαρμογής

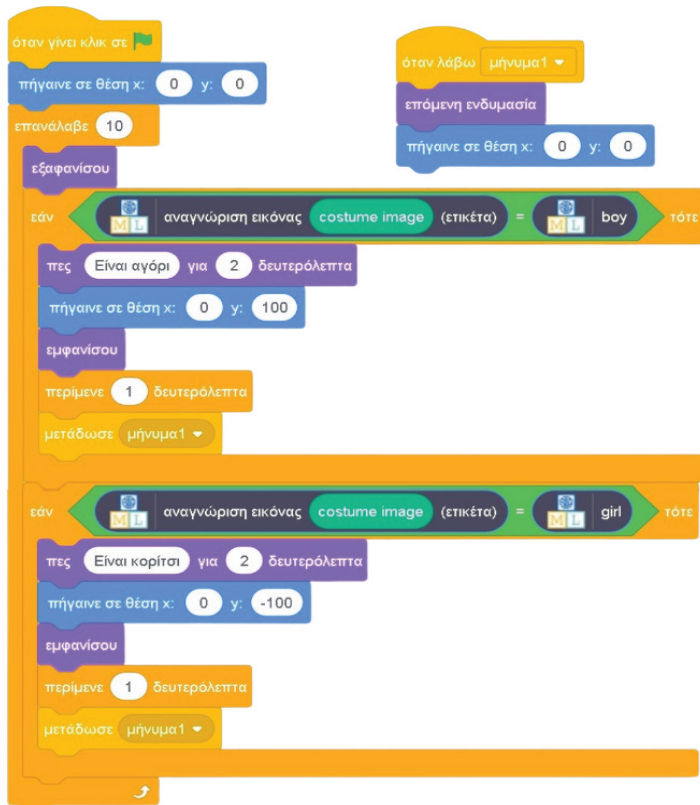


Τέλος, οι μαθητές/τριες δημιουργούν το πρόγραμμα στο οποίο έχει ενσωματωθεί το εκπαιδευμένο μοντέλο του ML4K (Εικόνα 4). Η διαδικασία δεν ενέχει ιδιαίτερη δυσκολία, γιατί εκτός από τα νέα μπλοκ του ML4K οι υπόλοιπες εντολές είναι γνωστές από τις τελευταίες τάξεις του Δημοτικού. Η δραστηριότητα ολοκληρώνεται με παρουσίαση των προγραμμάτων από τους/τις μαθητές/τριες στην ολομέλεια της τάξης, γίνεται συζήτηση για τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν, τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν και προτείνονται πιθανές βελτιώσεις που χρειάζονται για την αξιοπιστία της εκπαίδευσης - προγράμματος. Η συζήτηση επικεντρώνεται σε ζητήματα όπως διερεύνηση της μεροληψίας των δεδομένων, το μέγεθος του δείγματος των κατηγοριών και στα προβλήματα που προέκυψαν.

Εικόνα 3. Εισαγωγή «Ενδυμασιών



Εικόνα 4. Το πρόγραμμα στο Scratch



Μεθοδολογία της Έρευνας

Η ΤΝ και η ΜΜ είναι καινοτόμες τεχνολογίες και εργαλεία που έχουν κεντρίσει το ενδιαφέρον των ερευνητών τις τελευταίες δεκαετίες. Ως μελετητές μετά από ανασκόπηση της βιβλιογραφίας διαπιστώσαμε ότι η ερευνητική κοινότητα έχει στρέψει την προσοχή της ιδιαίτερα στη διδασκαλία τους σε μαθητές/τριες όλων των ηλικιών. Βασισμένοι στην τάση των ερευνητών δημιουργήσαμε μια διδακτική παρέμβαση με στόχο να διερευνήσουμε τις αντιλήψεις των μαθητών/τριών κατώτερης δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για την ΜΜ, να διαπιστώσουμε αν μπορούν οι μαθητές/τριες μέσα από την εμπλοκή τους με δραστηριότητες ΜΜ να αναπτύξουν δεξιότητες υπολογιστικής σκέψης και πώς αντιλαμβάνονται τον τρόπο που μαθαίνει η μηχανή από τα δεδομένα.

Η ποσοτική μέθοδος θεωρήθηκε η καλύτερη επιλογή με βάση το σκοπό της έρευνας και τον ερευνητικό σχεδιασμό. Δημιουργήσαμε ένα ερωτηματολόγιο που περιείχε 12 κλειστές ερωτήσεις 5βάθμιας κλίμακας τύπου Likert (1-Διαφωνώ απόλυτα, 2-Διαφωνώ, 3-Ούτε διαφωνώ, ούτε συμφωνώ, 4-Συμφωνώ, 5-Συμφωνώ απόλυτα). Αυτές οι 12 ερωτήσεις χωρίστηκαν σε τρεις κυρίες ενότητες ανά τετράδα ερωτήσεων μια για κάθε ερευνητικό ερώτημα. Το ερωτηματολόγιο αυτό διάρκειας 20 λεπτών, δόθηκε πιλοτικά σε 4 μαθητές/τριες τρεις μήνες πριν την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης και αμέσως μετά την ολοκλήρωση της. Ο δείκτης alpha της παρούσας μελέτης είναι στο pre-test $\alpha = 0,707$ και στο post-test $\alpha = 0,714$. Παρατηρήθηκε ότι με την αφαίρεση δυο ερωτήσεων αυξανόταν η αξιοπιστία του ερωτηματολογίου, με το pre-test $\alpha = 0,806$ και στο post-test $\alpha = 0,814$. Τελικά 10 ερωτήσεις, που δείχνουν μεγαλύτερη στατιστική αξιοπιστία, επιλέχθηκαν για την διερεύνηση των ερευνητικών ερωτημάτων της έρευνάς μας. Χρησιμοποιήθηκε το ίδιο ερωτηματολόγιο πριν τη διδακτική παρέμβαση και μετά το πέρας της διδασκαλίας. Ειδικά για το τρίτο ερώτημα, οι ερωτήσεις σχεδιάστηκαν ώστε να περιλαμβάνουν περισσότερες από μία διαστάσεις της κάθε υπολογιστικής πρακτικής, επιτρέποντας έτσι τη συλλογή δεδομένων για 4 σύνολα πρακτικών, με δύο όψεις το καθένα. Με αυτόν τον τρόπο, διατηρήθηκε η ισορροπία στο πλήθος των ερωτήσεων, χωρίς να περιοριστεί η ερευνητική πληροφόρηση.

Πίνακας 1. Ερωτηματολόγιο Pre/Post για την αξιολόγηση του ML4K

Ερευνητικό Ερώτημα	Ερωτήσεις
Αλλάζουν οι μαθητές/τριες την αντίληψη που έχουν για τη Μηχανική Μάθηση μετά τις δραστηριότητες με το ML4K;	Ξέρω τι σημαίνει ο όρος «Μηχανική Μάθηση».
	Πιστεύω ότι η Μηχανική Μάθηση είναι κάτι που μόνο ειδικοί μπορούν να καταλάβουν.
	Μπορώ να εξηγήσω με απλά λόγια τι κάνει ένα σύστημα Μηχανικής Μάθησης.
	Η Μηχανική Μάθηση επηρεάζει την καθημερινή μου ζωή.

Πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές/τριες τον τρόπο που μαθαίνει η μηχανή από τα δεδομένα μέσω της Μηχανικής Μάθησης;	Ένα σύστημα Μηχανικής Μάθησης χρειάζεται παραδείγματα (δεδομένα) για να μάθει.
	Αν δώσουμε λανθασμένα παραδείγματα σε ένα σύστημα Μηχανικής Μάθησης, μπορεί να μάθει λάθος.
	Η Μηχανική Μάθηση μοιάζει με τον τρόπο που μαθαίνουν οι άνθρωποι από εμπειρίες.
Πιστεύουν οι μαθητές/τριες ότι μπορούν να αναπτύξουν δεξιότητες υπολογιστικής σκέψης όταν εκτελούν πρακτικές δραστηριότητες με το ML4K;	Μπορώ να σκεφτώ τα βήματα που χρειάζεται να ακολουθήσω για να λύσω ένα πρόβλημα.
	Ξέρω πώς να οργανώσω δεδομένα για να βοηθήσω τη μηχανή να μάθει σωστά.
	Μπορώ να εντοπίζω, να τροποποιήσω και να διορθώνω λάθη που κάνουν ένα σύστημα Μηχανικής Μάθησης να αποδίδει λανθασμένα αποτελέσματα.

Μετά την συλλογή των απαντήσεων έγινε στατιστική ανάλυση των δεδομένων με την βοήθεια του στατιστικού πακέτου spss για την ανάλυση, την ερμηνεία και την παρουσίαση τους.

Για την συλλογή του δείγματος απευθυνθήκαμε σε τρία δημόσια σχολεία δυο διαφορετικών νομών της περιφέρειας Πελοποννήσου, εκ των οποίων τα δύο από την Μεσσηνία και το ένα από την Αργολίδα. Συγκεκριμένα σε τρία γυμνάσια (κατώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση) που βρίσκονταν σε μη αστικές (αγροτικές) περιοχές αρκετά μακριά από την πρωτεύουσα του νομού. Ο λόγος επιλογής των συγκεκριμένων σχολείων ήταν ότι οι μαθητές/τριες που φοιτούν σε αυτά δεν είχαν εμπλακεί με δραστηριότητες MM σε καμία από τις τρεις τάξεις κατά την διάρκεια του έτους ούτε κατά τα προηγούμενα έτη φοίτησης. Επιπρόσθετα οι περιοχές αυτές δεν προσφέρουν εξωσχολικές δραστηριότητες όπως εργαστήρια ρομποτικής, TN ή MM. Στα σχολεία φοιτούσαν 110 μαθητές/τριες. Μετά από έκδοση άδειας που δόθηκε από τους διευθυντές για υλοποίηση της μελέτης, ζητήθηκε η συναίνεση των γονέων για την συμμετοχή των μαθητών/τριών στην ερευνά. Από το σύνολο 110 μαθητών/τριών των τριών σχολείων τελικά γραπτή συναίνεση επέδωσαν 82 μαθητές/τριες. Η επιλογή των συμμετεχόντων έγινε με δειγματοληψία ευκολίας (convenience sample) κατά την οποία βασικό κριτήριο ήταν η διευκόλυνση των ερευνητών, συλλέγοντας παράλληλα αξιόλογο όγκο στοιχείων μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα (Creswell, 2014/2016). Κύρια πλεονεκτήματα αυτής της έρευνας ήταν το χαμηλό κόστος, η ταχύτητα στην διαδικασία επιλογής των συμμετεχόντων ενώ στα μειονεκτήματα αυτής της επιλογής συγκαταλέγονται ότι τα αποτελέσματα της έρευνας δεν μπορούν να γενικευθούν σε όλο τον πληθυσμό αφού το δείγμα δεν είναι αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού και η αδυναμία υπολογισμού του δειγματοληπτικού σφάλματος.

Αποτελέσματα

Στην έρευνα συμμετείχαν 82 μαθητές/τριες από τους οποίους οι 78 απάντησαν σε όλες τις ερωτήσεις των pre test και post test που τους δόθηκαν. Τελικά, το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 78 μαθητές/τριες από όλες τις τάξεις των τριών σχολικών μονάδων, εκ των οποίων οι 35 ήταν αγόρια και τα υπόλοιπα 43 κορίτσια. Οι ερωτήσεις κωδικοποιήθηκαν σε έξι μεταβλητές, τρεις που αφορούν τα ερευνητικά ερωτήματα πριν την παρέμβαση και τρεις που αφορούν τα ερευνητικά ερωτήματα μετά την παρέμβαση, που πλαισιώνουν κάθε ερευνητικό ερώτημα. Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων πρώτα διαπιστώσαμε ότι οι μεταβλητές μας ακολουθούν κανονική κατανομή (Πίνακας 2) σε επίπεδο σημαντικότητας μικρότερο του 5%. Το συμπέρασμα αυτό προέκυψε από τα τυπικά σφάλματα και στα δυο test, Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk, που ελέγχουν αν οι μεταβλητές δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Τα σφάλματα αυτά είναι μικρότερα από 0,05 και έτσι οδηγούμαστε να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση της μη κανονικότητας και να αποδεχτούμε ότι οι μεταβλητές ακολουθούν την κανονική κατανομή. Με γνώμονα την κανονικότητα των μεταβλητών επλέξαμε το Paired Samples *t*-Test αφού το δείγμα μας είναι το ίδιο πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση ώστε να απαντήσουμε στις ερευνητικές μας υποθέσεις. Επίσης, η επιλογή του *t*-Test έγινε γιατί δεν περιγράφει απλώς τα δεδομένα αλλά μας δίνει την δυνατότητα να εξαγάγουμε συμπεράσματα (συμπερασματική στατιστική).

Πίνακας 2. Έλεγχος κανονικότητας μεταβλητών

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	<i>df</i>	Sig.	Statistic	<i>df</i>	Sig.
Αντιλήψεις MM Πριν	,152	78	,000	,962	78	,022
Αρχές Λειτουργίας MM Πριν	,165	78	,000	,949	78	,004
Ανάπτυξη δεξιοτήτων ΥΣ Πριν	,180	78	,000	,944	78	,002
Αντιλήψεις MM Μετά	,173	78	,000	,934	78	,001
Αρχές Λειτουργίας MM Μετά	,181	78	,000	,927	78	,000
Ανάπτυξη δεξιοτήτων ΥΣ Μετά	,137	78	,001	,945	78	,002

a. Lilliefors Significance Correction

Αντιλήψεις Μηχανικής Μάθησης: Οι ερωτήσεις που αφορούσαν τις αντιλήψεις των μαθητών/τριών για την έννοια της ΜΜ ήταν τέσσερις από το σύνολο των δέκα ερωτήσεων. Στο εργαλείο της έρευνας παρουσιάζονται ορισμοί ΜΜ, πλατφόρμες και παραδείγματα ΜΜ από την καθημερινότητα.

Για τις αντιλήψεις των μαθητών/τριών για την ΜΜ έχουμε τις παρακάτω υποθέσεις:

H_0 : Οι αντιλήψεις των μαθητών/τριών για την ΜΜ είναι οι ίδιες πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

H_1 : Οι αντιλήψεις των μαθητών/τριών για την ΜΜ δεν είναι οι ίδιες πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Από τους Πίνακες 3 & 4 που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών/τριών για την ΜΜ εξάγουμε τα ακόλουθα συμπεράσματα. Οι μέσοι όροι διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μέσω του κριτηρίου t για εξαρτημένα δείγματα και σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ με υπόθεση δίπλευρου ελέγχου (sig 2 tailed). Επομένως απορρίπτουμε τη μηδενική και δεχόμαστε την εναλλακτική υπόθεση, ότι οι μαθητές/τριες μετά την διδακτική παρέμβαση άλλαξαν την αντίληψη τους για την ΜΜ ($t(77) = -9,08, p < ,001$).

Πίνακας 3. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις αντίληψης ΜΜ

Paired Samples Statistics				
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Αντιλήψεις ΜΜ Πριν	3,58	78	0,40	0,05
Αντιλήψεις ΜΜ Μετά	4,04	78	0,31	0,04

Πίνακας 4. Διαφορά μέσων όρων και δίπλευρος έλεγχος αντιλήψεων ΜΜ

Paired Samples Test									
	Paired Differences					t	df	Significance	
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				One-Sided p	Two-Sided p
				Lower	Upper				
Αντιλήψεις ΜΜ Πριν & Αντιλήψεις ΜΜ Μετά	-0,46	0,44	0,05	-0,55	-0,36	-9,08	77	,000	,000

Αρχές Λειτουργίας Μηχανικής Μάθησης: Το ερευνητικό ερώτημα που αφορά πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές/τριες τον τρόπο που μαθαίνει η μηχανή από τα δεδομένα μέσω της

MM περιείχε ερωτήσεις οι οποίες εστίαζαν στο είδος και στο πλήθος των δεδομένων εισόδου, στις κατηγορίες που πρέπει να δημιουργηθούν και στην ταξινόμηση και τον έλεγχο των εξαγόμενων αποτελεσμάτων. Το ερωτηματολόγιο αρχικά περιελάμβανε τέσσερις ερωτήσεις για τις αρχές λειτουργίας MM οι οποίες μειωθήκαν σε τρεις γιατί με αυτόν τον τρόπο αυξανόταν η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Οι υποθέσεις για τον έλεγχο των αντιλήψεων των μαθητών/τριών για τις αρχές λειτουργίας της MM είναι:

H_0 : Οι αντιλήψεις των μαθητών/τριών για τις αρχές λειτουργίας της MM δεν άλλαξαν πριν και μετά την διδακτική.

H_1 : Οι αντιλήψεις των μαθητών/τριών για τις αρχές λειτουργίας της MM άλλαξαν πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Στους Πίνακες 5 & 6 είναι εμφανές ότι μέσω του κριτηρίου t για εξαρτημένα δείγματα, οι μέσοι όροι διαφέρουν στατιστικά σημαντικά και σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ με υπόθεση δίπλευρου ελέγχου (sig 2 tailed). Επομένως, απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση ότι δεν άλλαξε μετά την διδακτική παρέμβαση η κατανόηση των μαθητών/τριών για τις αρχές λειτουργίας της MM και δεχόμαστε την εναλλακτική υπόθεση ότι υπήρξε θετική μεταβολή που αφορά στην κατανόηση των αρχών MM μετά την διδακτική παρέμβαση ($t(77) = -4,57, p < ,001$).

Πίνακας 5. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις αρχών λειτουργίας MM

Paired Samples Statistics				
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Αρχές Λειτουργίας MM Πριν	3,68	78	0,44	0,05
Αρχές Λειτουργίας MM Μετά	3,89	78	0,39	0,04

Πίνακας 6. Διαφορά μέσων όρων και δίπλευρος έλεγχος αρχών λειτουργίας MM

Paired Samples Test									
	Paired Differences					t	df	Significance	
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				One-Sided p	Two-Sided p
				Lower	Upper				
Αρχές Λειτουργίας MM Πριν & Αρχές Λειτουργίας MM Μετά	-0,21	0,41	0,05	-0,31	-0,12	-4,57	77	,000	,000

Ανάπτυξη δεξιοτήτων υπολογιστικής σκέψης: Το τελευταίο ερευνητικό ερώτημα εστίαζε στην υπολογιστική σκέψη και περιείχε τρεις ερωτήσεις μετά την αφαίρεση μιας με βάση τον έλεγχο του δείκτη Cronbach alpha για την αύξηση της αξιοπιστίας της μεταβλητής. Για να ελέγξουμε την ανάπτυξη δεξιοτήτων υπολογιστικής σκέψη των μαθητών/τριών δημιουργήθηκαν ερωτήσεις για τις πρακτικές δραστηριότητες στο Scratch οι οποίες αφορούσαν τα ακόλουθα τέσσερα σύνολα υπολογιστικών πρακτικών: (1) πειραματισμός και επανάληψη, (2) δοκιμή και εντοπισμός σφαλμάτων, (3) επαναχρησιμοποίηση και επαναδημιουργία και (4) αφαίρεση και διαμόρφωση.

Οι πεποιθήσεις των μαθητών/τριών για ανάπτυξη δεξιοτήτων υπολογιστικής σκέψης ερευνάται με τις παρακάτω υποθέσεις:

H_0 : Οι μαθητές/τριες πιστεύουν ότι δεν αναπτύσσουν δεξιότητες υπολογιστικής σκέψης όταν εκτελούν πρακτικές δραστηριότητες με το ML4K πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

H_1 : Οι μαθητές/τριες πιστεύουν ότι αναπτύσσουν δεξιότητες υπολογιστικής σκέψης όταν εκτελούν πρακτικές δραστηριότητες με το ML4K πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Από τους Πίνακες 7 & 8 προκύπτει ότι οι μέσοι όροι διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μέσω του κριτηρίου t για εξαρτημένα δείγματα και σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ με υπόθεση δίπλευρου ελέγχου (sig 2 tailed) που μας οδηγεί στο συμπέρασμα να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση. Δεχόμαστε την εναλλακτική υπόθεση, ότι οι μαθητές/τριες μετά την διδακτική παρέμβαση ανέπτυξαν την υπολογιστική τους ικανότητα μέσα από τις δραστηριότητες $MM (t(77) = -4,13, p < ,001)$.

Πίνακας 7. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις ανάπτυξη δεξιοτήτων ΥΣ

Paired Samples Statistics				
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Ανάπτυξη δεξιοτήτων ΥΣ Πριν	3,70	78	0,49	0,06
Ανάπτυξη δεξιοτήτων ΥΣ Μετά	3,89	78	0,49	0,06

Πίνακας 8. Διαφορά μέσων όρων και διπλευρος έλεγχος ανάπτυξη δεξιοτήτων ΥΣ

Paired Samples Test									
	Paired Differences					<i>t</i>	<i>df</i>	Significance	
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				One-Sided <i>p</i>	Two-Sided <i>p</i>
				Lower	Upper				
Ανάπτυξη δεξιοτήτων ΥΣ Πριν & Ανάπτυξη δεξιοτήτων ΥΣ Μετά	-0,19	0,41	0,05	-0,28	-0,10	-4,13	77	,000	,000

Άλλο ένα σημαντικό συμπέρασμα που μπορούμε να αντλήσουμε από τους Πίνακες ανάλυσης των δεδομένων του Paired Samples *t*-Test είναι ότι κοιτώντας τις στήλες Correlation των Πινάκων 9, 10 & 11 εμφανίζονται υψηλές συσχετίσεις 0,53, 0,51, 0,65 και στους τρεις Πίνακες αντίστοιχα που υποδηλώνουν ομοιόμορφη θετική αλλαγή στις απαντήσεις των μαθητών/τριών.

Πίνακας 9. Συσχέτιση απαντήσεων πριν και μετά για τις αντιλήψεις MM

Paired Samples Correlations				
	<i>N</i>	Correlation	Significance	
			One-Sided <i>p</i>	Two-Sided <i>p</i>
Αντιλήψεις MM Πριν & Αντιλήψεις MM Μετά	78	,53	,011	,022

Πίνακας 10. Συσχέτιση απαντήσεων πριν και μετά για τις αρχές λειτουργίας MM

Paired Samples Correlations				
	<i>N</i>	Correlation	Significance	
			One-Sided <i>p</i>	Two-Sided <i>p</i>
Αρχές Λειτουργίας MM Πριν & Αρχές Λειτουργίας MM Μετά	78	,51	,000	,000

Πίνακας 11. Συσχέτιση απαντήσεων πριν και μετά ανάπτυξης δεξιοτήτων ΥΣ

Paired Samples Correlations				
	N	Correlation	Significance	
			One-Sided <i>p</i>	Two-Sided <i>p</i>
Ανάπτυξη δεξιοτήτων ΥΣ Πριν & Ανάπτυξη δεξιοτήτων ΥΣ Μετά	78	,65	,000	,000

Πίνακας 12. Μέσοι όροι απαντήσεων ανά ερευνητικό ερώτημα και φύλο μετά τη διδακτική παρέμβαση

φύλο		1 ^ο Ερευνητικό Ερώτημα	2 ^ο Ερευνητικό Ερώτημα	3 ^ο Ερευνητικό Ερώτημα
ΑΓΟΡΙ	Mean	3,03	2,92	2,81
ΚΟΡΙΤΣΙ	Mean	4,01	3,98	3,91
Σύνολο	Mean	3,52	3,45	3,36
	Std. Dev.	0,69	0,75	0,78

Σύμφωνα με τον Πίνακα 12, τα κορίτσια έχουν σταθερά υψηλότερους μέσους όρους σε όλα τα ερευνητικά ερωτήματα. Η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρείται στο 3^ο ερευνητικό ερώτημα (Αντιλήψεις για ανάπτυξη δεξιοτήτων Υπολογιστικής Σκέψης). Οι απαντήσεις των αγοριών κυμαίνονται κυρίως στη ζώνη του «2-Διαφωνώ, 3-Ούτε διαφωνώ, ούτε συμφωνώ», ενώ των κοριτσιών στο «4-Συμφωνώ, 5-Συμφωνώ απόλυτα».

Ο έλεγχος Paired Samples *t*-Test ερευνά αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση στις αυτοαναφερόμενες αντιλήψεις των μαθητών/τριών για το επίπεδο των δεξιοτήτων τους πριν και μετά την παρέμβαση, με τις παρακάτω υποθέσεις:

H₀: Δεν υπάρχει διαφορά στις αντιλήψεις των μαθητών/τριών για τις δεξιότητές τους πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

H₁: Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις αντιλήψεις των μαθητών/τριών για τις δεξιότητές τους πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 13. Έλεγχος του pre-test και post-test στο σύνολο των ερωτήσεων

Paired Samples Test							
	Paired Differences					t	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference			
				Lower	Upper		
ΜΟ Ερωτήσεων Πριν – ΜΟ Ερωτήσεων Μετά	-2,33	0,38	0,27	-5,76	1,10	-8,63	,073

Το Paired Samples *t*-Test αποκάλυψε στατιστικά σημαντική διαφορά στην αντίληψη των μαθητών/τριών σχετικά με την ενδυνάμωση των δεξιοτήτων τους ($t(78) = -8,63, p < ,005$). Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι η εκπαιδευτική προσέγγιση με το ML4K ενίσχυσε τη μαθησιακή εμπειρία και καλλιέργησε στους/στις μαθητές/τριες την αίσθηση αυξημένης επάρκειας στα σχετικά αντικείμενα.

Πίνακας 14. Έλεγχος ανεξάρτητων μεταβλητών επίδοσης Post-test / Pre-Post μεταξύ αγοριών και κοριτσιών

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Διαφορά Post Pre	Equal variances assumed	,07	,79	-3,38	26,00	,002	-0,63	0,19	-1,01	-0,25
	Equal variances not assumed			-3,38	25,10	,002	-0,63	0,19	-1,01	-0,25

Τέλος, πραγματοποιήθηκε έλεγχος ανεξάρτητων μεταβλητών (Independent Samples t-test) για να εξεταστεί αν υπάρχει διαφοροποίηση στις αυτοαναφερόμενες αντιλήψεις των μαθητών/τριών μεταξύ των δύο φύλων, όσον αφορά στη μεταβολή της βαθμολογίας τους (Post-test / Pre-Post). Οι υποθέσεις διαμορφώθηκαν ως εξής:

H₀: Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις αντιλήψεις των μαθητών/τριών για τις δεξιότητές τους με βάση το φύλο, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

H₁: Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις αντιλήψεις των μαθητών/τριών για τις δεξιότητές τους με βάση το φύλο, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική, $t(78) = -3,38$, $p = ,002 < 0,05$, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι επιδόσεις διέφεραν σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων. Συγκεκριμένα τα κορίτσια παρουσίασαν υψηλότερο μέσο όρο σε σύγκριση με τα αγόρια, υποδεικνύοντας ότι το φύλο επηρέασε σημαντικά την απόδοση μετά την παρέμβαση με το ML4K.

Συζήτηση

Οι νέες τεχνολογίες έχουν μετασηματίσει ριζικά τον τρόπο που ζούμε, μαθαίνουμε, οργανώνομαστε, εργαζόμαστε και αποτελούν όλο και περισσότερο μέρος της ζωής μας. Η ΤΝ έρχεται να επιτείνει αυτή την τάση, γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πρέπει να ενταθούν οι προσπάθειες για την εισαγωγή περιεχομένου που σχετίζεται με την ΤΝ στην εκπαίδευση. Η ενσωμάτωση της ΤΝ στην εκπαίδευση αναδεικνύεται όλο και περισσότερο από διεθνείς οργανισμούς και κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο ως ακρογωνιαίος λίθος για την υιοθέτησή της στην κοινωνία. Σε συμφωνία με τους Rodríguez-García et al. (2021), οι οποίοι επισημαίνουν την αναγκαιότητα ενσωμάτωσης της ΤΝ στην εκπαίδευση ως μέρος του ψηφιακού αλφαριθμητισμού, τα ευρήματά μας δείχνουν ότι οι πρακτικές δραστηριότητες με εργαλεία όπως το ML4K καθιστούν τη μάθηση πιο προσιτή.

Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ότι η βελτίωση που καταγράφηκε στην παρούσα μελέτη αφορά σε αυτοαναφερόμενες αντιλήψεις των μαθητών/τριών για τις δεξιότητές τους και όχι μια αντικειμενική μέτρηση επιδόσεων. Οι απαντήσεις στο pre και post-test αποκάλυψαν μια σαφή θετική μεταβολή στον τρόπο που οι ίδιοι οι μαθητές/τριες αντιλαμβάνονται την κατανόησή τους γύρω από τις αρχές της Μηχανικής Μάθησης (MM). Οι μαθητές/τριες ένιωσαν ικανοί να περιγράψουν τις αρχές της ταξινόμησης και τη σημασία των δεδομένων, επιβεβαιώνοντας τη διδακτική δυναμική του ML4K στη διαμόρφωση μιας θετικής αυτοπεποίθησης (self-efficacy) γύρω από την ΤΝ.

Η χρήση εργαλείων MM βοηθά τους μαθητές/τριες να «απομυθοποιήσουν» την τεχνολογία. Όπως υποστηρίζουν οι Tedre et al. (2021), η ενασχόληση με τη MM σε νεαρή ηλικία μετατοπίζει το ενδιαφέρον από την απλή κατανάλωση περιεχομένου στην κατανόηση των υποκείμενων διαδικασιών λήψης αποφάσεων των αλγορίθμων. Η έρευνά μας έδειξε ότι οι μαθητές/τριες αντιλήφθηκαν την επίδραση των δεδομένων στην απόδοση ενός μοντέλου,

μια δεξιότητα που συνδέεται άμεσα με την κριτική σκέψη. Αυτό ευθυγραμμίζεται με τους Sanusi et al. (2023), οι οποίοι τονίζουν ότι τα συμμετοχικά περιβάλλοντα μάθησης ενισχύουν την ενεργό εμπλοκή. Επιπρόσθετα, η χρήση εργαλείων MM αποτελεί άλλη μια τεχνική για την ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα. Ο σχεδιασμός δραστηριοτήτων που στοχεύουν στην εισαγωγή περιεχομένου MM στο σχολείο θα πρέπει να έχει τέτοιες προδιαγραφές που θα δίνει τη δυνατότητα ακόμη και σε μικρά παιδιά με ελάχιστες προαπαιτούμενες γνώσεις να τις υλοποιούν. Απαιτείται η δημιουργία εργαλείων για την εισαγωγή της TN σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, κατάλληλων ακόμα και για αρχάριους χρήστες (UNESCO, 2023).

Επιπλέον, μέσα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας παρατηρήσαμε ότι εργαλεία και πλατφόρμες που έχουν δημιουργηθεί για να εισάγουν τα μικρά παιδιά στη MM όπως το Teachable Machine και το ML4K και χρησιμοποιούνται ευρέως από την εκπαιδευτική κοινότητα δεν έχουν αξιολογηθεί για τις γνώσεις και τις δεξιότητες που παρέχουν στους/στις μαθητές/τριες. Η έρευνά μας ανέδειξε την αξία των εργαλείων MM στην εκπαίδευση, εστιάζοντας στο ML4K, ένα εργαλείο σχεδιασμένο για την εισαγωγή μικρών ηλικιών σε βασικές έννοιες της TN. Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών στο pre και post-test αποκάλυψαν μια σαφή βελτίωση στις αυτοαναφερόμενες αντιλήψεις τους σχετικά με την κατανόηση βασικών αρχών της MM. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει τη διδακτική δυναμική τέτοιων εργαλείων στην ενίσχυση της αυτοπεποίθησης των μαθητών/τριών γύρω από την TN, ακόμη και σε περιβάλλοντα όπου δεν υπήρχε προηγούμενη επαφή με το συγκεκριμένο αντικείμενο.

Επιπλέον, η παρούσα μελέτη ενισχύει τη θέση των Ezeamuzie et al. (2024) ότι η εισαγωγή στη MM δεν πρέπει να εξαρτάται αποκλειστικά από τη συγγραφή κώδικα. Το ML4K, μέσω του οπτικού προγραμματισμού, λειτούργησε ως ένα πλαίσιο όπου οι μαθητές/τριες δήλωσαν ότι ανέπτυξαν στοιχεία της υπολογιστικής σκέψης, όπως η αναγνώριση μοτίβων και η αξιολόγηση αποτελεσμάτων, υπερπηδώντας το εμπόδιο της σύνταξης κώδικα. Κατά συνέπεια, ο αλφαριθμητισμός στην Τεχνητή Νοημοσύνη προϋποθέτει πρωτίστως την κατανόηση της «λογικής των δεδομένων» και των μηχανισμών μέσω των οποίων τα δεδομένα οργανώνονται, αναλύονται και ερμηνεύονται, πριν από τη μετάβαση στην τεχνική υλοποίηση.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διαπίστωση ότι οι μαθητές/τριες ανέφεραν μια σαφέστερη κατανόηση της επίδρασης των δεδομένων στην απόδοση ενός μοντέλου, αξιολογώντας σωστά τις επιπτώσεις των «κακών» παραδειγμάτων. Η αντιλαμβανόμενη αυτή ικανότητα συσχετίζεται με την καλλιέργεια της υπολογιστικής και κριτικής σκέψης, ενισχύοντας τις διαπιστώσεις των Sanusi et al. (2023), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι τέτοια περιβάλλοντα μάθησης προάγουν την ενεργό και συμμετοχική διδασκαλία βασικών εννοιών της TN. Τείνουμε προς την κατεύθυνση των παραπάνω ερευνητών, θεωρώντας ότι μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να διερευνήσουν περαιτέρω την εγκυρότητα αυτών των εργαλείων, συνδυάζοντας τις αντιλήψεις των μαθητών/τριών με αντικειμενικές μετρήσεις απόδοσης.

Παρά τη σαφή θετική μεταβολή στις αυτοαναφορές των μαθητών/τριών, η μελέτη μας αναδεικνύει μια ενδιαφέρουσα αντίστιξη σε σχέση με ευρήματα που εστιάζουν στην αντικειμενική αξιολόγηση των γνώσεων. Ενώ οι μαθητές/τριες στην έρευνά μας δήλωσαν υψηλά επίπεδα αυτοαποτελεσματικότητας για τις ικανότητές τους σε θέματα ΜΜ, προηγούμενες έρευνες όπως των Long και Magerko (2020) επισημαίνουν ότι η τάση των μαθητών/τριών να αισθάνονται ικανοί να «περιγράψουν τις λειτουργίες ΜΜ που γίνονται στο εσωτερικό της μηχανής» μετά από βραχυχρόνιες παρεμβάσεις με το ML4K, ενδεχομένως να υποκρύπτει μια υπερεκτίμηση των δεξιοτήτων τους, γεγονός που καθιστά επιτακτική την ανάγκη για διασταύρωση των υποκειμενικών αυτών δεδομένων με δοκιμασίες επίλυσης προβλημάτων σε μελλοντικές μελέτες.

Επιπλέον, η σύγκριση των ευρημάτων μας με τη μελέτη των Ezeamuzie et al. (2024) αποκαλύπτει μια κρίσιμη παράμετρο: την εξάρτηση της μάθησης από το συγκεκριμένο εργαλείο, δηλαδή το περιβάλλον του ML4K. Οι Ezeamuzie et al. (2024) υποστηρίζουν ότι η εισαγωγή στη ΜΜ πρέπει να απεμπλακεί από τον δύσκολο κώδικα για να είναι προσβάσιμη. Ωστόσο, η «κρίσιμη παράμετρος» εδώ είναι αν οι μαθητές/τριες μαθαίνουν τις γενικές αρχές της ΤΝ ή αν απλώς μαθαίνουν να χειρίζονται το ML4K. Στην έρευνά μας υποστηρίζουμε ότι ο οπτικός προγραμματισμός στο ML4K μειώνει το γνωστικό φορτίο και ενισχύει την κατανόηση, επιτρέποντας στους/στις μαθητές/τριες να συγκεντρωθούν στην ουσία της μάθησης. Παραμένει όμως το ερώτημα αν αυτή η «απομυθοποίηση» της ΜΜ μπορεί να μεταφερθεί σε περιβάλλοντα χωρίς καθοδήγηση. Σε αντίθεση με προσεγγίσεις που δίνουν έμφαση στη διδασκαλία της λογικής των δεδομένων χωρίς τη χρήση υπολογιστή (unplugged activities), η έρευνά μας δείχνει ότι στα παιδιά μικρής ηλικίας η άμεση οπτική επαφή με το αποτέλεσμα είναι αυτή που κάνει τη διαφορά. Η δυνατότητα δηλαδή των μαθητών/τριών να βλέπουν «ζωντανά» πώς αντιδρά το μοντέλο τους, τους βοηθά να κατανοήσουν τη λειτουργία του πολύ πιο ουσιαστικά. Αυτό υποδηλώνει ότι στις μικρές ηλικίες η πράξη και ο πειραματισμός πρέπει να προηγούνται της θεωρητικής πλαισίωσης, ανατρέποντας τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας που ξεκινά πρώτα από τους κανόνες. Το κρίσιμο ερευνητικό ζητούμενο που προκύπτει είναι αν η γνώση αυτή παραμένει «εγκλωβισμένη» στο συγκεκριμένο εργαλείο ή αν έχει κατακτηθεί τόσο βαθιά, ώστε να αποτελεί μεταφέρσιμη δεξιότητα για οποιοδήποτε τεχνολογικό πλαίσιο.

Βασίζόμενοι στα ευρήματα της έρευνάς μας και στη σχετική βιβλιογραφία, συμπεραίνουμε ότι η ενίσχυση της αντίληψης των μαθητών/τριών για τις βασικές αρχές της ΜΜ λειτουργεί ως καταλύτης για την ανάπτυξη τεχνικών και υπολογιστικών δεξιοτήτων. Είναι κρίσιμο να δίνεται έμφαση στον αλφαριθμητισμό της ΤΝ μέσα από αυθεντικά περιβάλλοντα που επιτρέπουν στους/στις μαθητές/τριες να αισθάνονται επαρκείς στο να περιγράψουν τη λειτουργία της, αποφεύγοντας επιφανειακές προσεγγίσεις. Μέσα από τη διαδικασία αυτή, διαπιστώσαμε ότι οι μαθητές/τριες διαμορφώνουν σταδιακά μια υποκειμενική αίσθηση βαθύτερης γνώσης γύρω από τις τεχνικές της ΜΜ, τη διαχείριση των δεδομένων εισόδου, την ταξινόμηση, την επανεκπαίδευση και τον έλεγχο του μοντέλου που οι ίδιοι δημιουργούν.

Τα εκπαιδευτικά ιδρύματα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης προσπαθούν να συμβαδίσουν με την αυξανόμενη τάση της ενσωμάτωσης της υπολογιστικής σκέψης στα προγράμματα σπουδών (Sallow et al., 2024). Αυτή η αυξανόμενη έμφαση που δίνεται από τους υπεύθυνους χάραξης εκπαιδευτικής πολιτικής στην ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης ως συστατικό των δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα, δε φαίνεται να ακολουθείται δυναμικά και στα σχολεία. Πολλές υπάρχουσες εμπειρικές έρευνες έχουν επικεντρωθεί στις στρατηγικές διδασκαλίας MM και στα αντίστοιχα μαθησιακά περιβάλλοντα, χωρίς να προτείνουν δραστηριότητες κατάλληλες για μικρές ηλικίες, χωρίς να δίνεται έμφαση στην κωδικοποίηση (Ezeamuzie et al., 2024). Η παρούσα μελέτη επιβεβαιώνει τη θέση των Ezeamuzie et al. (2024) ότι η διδασκαλία εννοιών της MM δεν πρέπει να επικεντρώνεται στη δημιουργία κώδικα. Παρότι η κωδικοποίηση είναι σημαντική, η εστίαση αποκλειστικά σε αυτή μπορεί να αποκλείσει τους/τις μαθητές/τριες μικρότερων ηλικιών ή χωρίς εμπειρία στον προγραμματισμό. Το ML4K, με την απλότητα και την οπτική φύση του περιβάλλοντός του, αποτέλεσε ένα προσβάσιμο μέσο για να διερευνηθούν οι αντιλήψεις των μαθητών/τριών για έννοιες όπως η δομή των δεδομένων, η ανατροφοδότηση και η βελτιστοποίηση με χρήση κώδικα σε μπλοκς. Οι περισσότερες έρευνες (Ezeamuzie et al., 2024 · Rodríguez-García et al., 2019) δείχνουν ότι η δημιουργία κώδικα είναι μια ισχυρή πηγή για την ανάπτυξη δεξιοτήτων υπολογιστικής σκέψης. Οι Rodríguez-García et al. (2019) υποστηρίζουν ότι η MM μπορεί να υποστηρίξει την ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, όπως η αλγοριθμική και αφαιρετική σκέψη και να συμβάλει σε διαθεματικές προσεγγίσεις μάθησης. Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας συμφωνούν με αυτή την άποψη. Παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές/τριες, καθώς εξερευνούσαν παραδείγματα και βελτίωναν τα μοντέλα τους, θεωρούσαν ότι ανέπτυσαν δεξιότητες όπως η συστηματική επίλυση προβλημάτων, η αναγνώριση μοτίβων και η αξιολόγηση αποτελεσμάτων. Αυτά τα στοιχεία αποτελούν δομικά στοιχεία της υπολογιστικής σκέψης, η οποία, όπως σημειώνεται και από τους Sallow et al. (2024), πρέπει να ενσωματωθεί δυναμικά στα σχολικά προγράμματα σπουδών και όχι να περιορίζεται στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Επιπλέον, η παρούσα έρευνα ενισχύει τη θέση των Sanusi et al. (2023) για την ανάγκη ανάπτυξης εργαλείων MM προσαρμοσμένων για την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Παρόλο που εργαλεία όπως το ML4K και το Teachable Machine χρησιμοποιούνται ευρέως, η αξιολόγηση της παιδαγωγικής τους αποτελεσματικότητας παραμένει περιορισμένη. Η μελέτη μας επιβεβαιώνει την παιδαγωγική χρησιμότητα του ML4K, αλλά υπογραμμίζει και την ανάγκη για πιο στοχευμένες μελέτες που θα καταλήγουν σε οδηγούς προδιαγραφών για μελλοντικά εκπαιδευτικά εργαλεία MM. Τέλος, όπως και σε άλλες έρευνες (Sanusi et al., 2023), αναδεικνύεται η σημασία της εμπλοκής των μαθητών/τριών σε αυθεντικά περιβάλλοντα μάθησης και όχι σε απλοποιημένα, επιφανειακά παραδείγματα. Η πραγματική εμπλοκή με δεδομένα, η ανάδραση από το σύστημα και η συνεχής προσπάθεια βελτίωσης του μοντέλου οδηγούν σε βαθύτερη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της MM και μπορούν να λειτουργήσουν ως βάση για τη μελλοντική τεχνολογική χειραφέτηση των μαθητών/τριών.

Θεωρούμε ότι η εκπαίδευση πρέπει να βρει και άλλους ελκυστικούς τρόπους για την ανάπτυξη αυτής της δεξιότητας των μαθητών/τριών. Προτείνουμε την ενσωμάτωση δραστηριοτήτων MM όπου οι νέοι/ες θα μπορούν να διδαχθούν ορισμένες υπολογιστικές έννοιες που διέπουν την TN και τη MM σε επίπεδο πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Στόχος της ένταξης της MM στην εκπαίδευση είναι να αποκτήσουν οι μαθητές/τριες μια βαθύτερη κατανόηση της τεχνολογίας και της επιστήμης πίσω από τις σύγχρονες εφαρμογές της. Κατ' επέκταση να αναπτύξουν την κριτική, την αλγοριθμική, την αναλυτική και την αφαιρετική σκέψη, οι οποίες αποτελούν μέρος της υπολογιστικής ικανότητας.

Ζητήματα που διαπιστώθηκαν κατά την υλοποίηση της έρευνάς μας σχετικά με τη διδασκαλία της MM ήταν το μικρό μέγεθος του δείγματος, το περιορισμένο εκπαιδευτικό υλικό που υπάρχει, ο μικρός αριθμός των υφιστάμενων εργαλείων, η διάρκεια της διδακτικής προσέγγισης και το γεγονός ότι στηριχθήκαμε σε αυτοαναφορές των μαθητών/τριών κι όχι σε άμεση μέτρηση δεξιοτήτων, περιορισμοί που είναι διαδεδομένες ανεπάρκειες στη διδασκαλία της MM. Προτείνεται η διεξαγωγή νέων εμπειρικών ερευνών που θα διερευνούν πώς η ενσωμάτωση εργαλείων MM σε άτυπα μαθησιακά περιβάλλοντα επηρεάζει τις γνωστικές και μεταγνωστικές στρατηγικές των μαθητών/τριών, πώς διαμορφώνονται οι αντιλήψεις τους αναφορικά με το πώς μαθαίνουν οι μηχανές και πώς ενισχύεται ο ψηφιακός τους γραμματισμός στο πεδίο της TN. Επιπλέον, μελλοντικές μελέτες που θα οδηγήσουν στην ανακάλυψη και όχι στην απλή έκθεση της έννοιας, είναι σκόπιμο να διεξαχθούν με μεγαλύτερα δείγματα μαθητών/τριών, σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες και για σχετικά μεγάλη χρονική διάρκεια, μετρώντας άμεσα την ανάπτυξη δεξιοτήτων. Ένα ερευνητικό ερώτημα που χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση είναι πώς η MM αναπτύσσει την υπολογιστική σκέψη των μαθητών/τριών. Ακόμη, θα μπορούσαν να ενισχύσουν την εγκυρότητα των συμπερασμάτων με τη χρήση μεθοδολογικής τριγωνοποίησης, συνδυάζοντας ποσοτικά (ερωτηματολόγια) και ποιοτικά δεδομένα (συνεντεύξεις, παρατηρήσεις), προκειμένου να αναδειχθούν πιο σύνθετες όψεις της εμπειρίας των μαθητών/τριών.

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα από τη στατιστική ανάλυση έδειξαν πως, μετά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης, οι μαθητές/τριες βελτίωσαν τις αντιλήψεις τους για τη MM, αναφέροντας μια βαθύτερη εξοικείωση με τις βασικές αρχές λειτουργίας της και τον τρόπο εκπαίδευσης ενός μοντέλου. Μέσα από τις απαντήσεις τους, διαπιστώσαμε ότι οι μαθητές/τριες δήλωσαν πως αντιλήφθηκαν τη σημασία του δείγματος, αναγνωρίζοντας ότι ένα μεγαλύτερο και ισορροπημένο σύνολο δεδομένων οδηγεί σε πιο επιτυχημένη εκπαίδευση.

Βάσει των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η αξιοποίηση εργαλείων όπως το ML4K συμβάλλει ουσιαστικά στην υποκειμενική κατανόηση βασικών εννοιών της MM από μαθητές/τριες μικρής ηλικίας, χωρίς την ανάγκη προηγούμενης τεχνικής εξοικείωσης. Οι μαθητές/τριες διαμόρφωσαν σταδιακά μια αντιλαμβανόμενη κριτική ικανότητα σχετικά με το πώς τα δεδομένα επηρεάζουν τη συμπεριφορά ενός

μοντέλου, γεγονός που επιβεβαιώνει τη δυνατότητα των πρακτικών δραστηριοτήτων να ενισχύουν την αυτοπεποίθηση των μαθητών/τριών πάνω σε βασικά στοιχεία της υπολογιστικής σκέψης.

Επίσης, μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης, είναι εμφανές ότι οι μαθητές/τριες αισθάνονται πως κατανοούν όλο και περισσότερο τον τρόπο που «μαθαίνουν» οι υπολογιστές, παρά το νεαρό της ηλικίας τους. Ένα εξαιρετικά σημαντικό εύρημα είναι ότι, ενώ πριν την παρέμβαση η διαδικασία εκπαίδευσης παρέμενε μια «αόρατη» έννοια, μετά τη διδασκαλία οι μαθητές/τριες ανέφεραν ότι είναι πλέον σε θέση να αντιληφθούν τι συμβαίνει στο «εσωτερικό της μηχανής».

Στα αποτελέσματα της έρευνάς μας συγκαταλέγεται ότι οι μαθητές/τριες θεωρούν τους εαυτούς τους ικανούς όχι μόνο να περιγράψουν τις βασικές διαδικασίες της ΜΜ, αλλά και να τις εφαρμόσουν σε νέα εκπαιδευτικά πλαίσια. Συμπερασματικά, καλλιεργούν την αίσθηση επάρκειας (self-efficacy) που απαιτείται για τη δημιουργία εφαρμογών ΜΜ, μεταβαίνοντας από τον ρόλο του απλού καταναλωτή σε αυτόν του δημιουργού ψηφιακών υπηρεσιών.

Επιπλέον, διαπιστώνεται ότι η ενσωμάτωση της ΜΜ στην εκπαίδευση είναι εφικτή και απαραίτητη για την ενίσχυση του τεχνολογικού αλφαριθμητισμού. Τα ευρήματα αυτά, βασισμένα στις αυτοαναφορές των μαθητών/τριών, ενισχύουν προηγούμενες έρευνες που υποστηρίζουν την ανάγκη ένταξης της ΤΝ και της ΜΜ στα προγράμματα σπουδών μέσω εργαλείων που προάγουν τη δημιουργική και στοχαστική εμπλοκή των μαθητών/τριών (Ezeamuzie et al., 2024 · Sanusi et al., 2023).

Βιβλιογραφία

- Creswell, J. (2016). *Η έρευνα στην εκπαίδευση: σχεδιασμός, διεξαγωγή και αξιολόγηση της ποσοτικής και ποιοτικής έρευνας* (Ν. Κουβαράκου, Μετ.: 2η εκδ.). Ίων. (Το πρωτότυπο έργο «Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research» (5η εκδ.), δημοσιεύτηκε το 2014). ISBN 9789605082017.
- Υπουργική Απόφαση 49728/Δ1/2023. (2023). *Πρόγραμμα Σπουδών για το μάθημα Πληροφορική και Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών στο Δημοτικό Σχολείο*. Εφημερίς της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ 3022/Β/8-5-2023).
- Aravantinos, S., Lavidas, K., Voulgari, I., Papadakis, S., Karalis, T., & Komis, V. (2024). Educational Approaches with AI in Primary School Settings: A Systematic Review of the Literature Available in Scopus. *Education Sciences*, 14(7), 744.
<https://doi.org/10.3390/educsci14070744>
- Burgsteiner, H., Kandlhofer, M., & Steinbauer, G. (2016). IRobot: Teaching the basics of artificial intelligence in high schools. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 30(1). <https://doi.org/10.1609/aaai.v30i1.9864>

- Burkart, N., & Huber, M. F. (2021). A survey on the explainability of supervised machine learning. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 70, 245-317.
<https://doi.org/10.1613/jair.1.12228>
- Council of the European Union. (2021). *Council resolution on a new European agenda for adult learning 2021–2030 (2021/C 504/02)*. Official Journal of the European Union. Ανακτήθηκε στις 10/7/2025 από:
[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021G1214\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021G1214(01))
- European Commission: Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture. (2024). International Computer and Information Literacy Study (ICILS) in Europe, 2023: main findings and educational policy implications. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2766/5221263>
- Evangelista, I., Blesio, G., & Benatti, E. (2018). Why are we not teaching machine learning at high school? A proposal. In *2018 world engineering education forum-global engineering deans council (WEEF-GEDC)* (pp. 1-6). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/WEEF-GEDC.2018.8629750>
- Ezeamuzie, N. O., Leung, J. S., Fung, D. C., & Ezeamuzie, M. N. (2024). Educational policy as predictor of computational thinking: A supervised machine learning approach. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(6), 2872-2885.
<https://doi.org/10.1111/jcal.13041>
- Fraillon, J., Ainley, J., Schulz, W., Duckworth, D., & Friedman, T. (2019). *IEA international computer and information literacy study 2018 assessment framework* (p. 74). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-19389-8>
- Hitron, T., Orlev, Y., Wald, I., Shamir, A., Erel, H., & Zuckerman, O. (2019). Can children understand machine learning concepts? The effect of uncovering black boxes. *CHI '19: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 415, 1-11. May 4 - 9, 2019, Glasgow, Scotland Uk. ACM. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300645>
- Hitron, T., Wald I., Erel H., and Zuckerman O. (2018). Introducing children to machine learning concepts through hands-on experience. *IDC '18: Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children*, 563-568, June 19 - 22, 2018, Trondheim Norway. ACM. <https://doi.org/10.1145/3202185.3210776>
- Huang, C. J., Wu, T., Lu, J. T., Lin, B., Chang, D., Wang, P., Wang, M.-C., Lee, P. & Wang, W. (2021). Developing a medical artificial intelligence course for high school students. *International Forum on Medical Imaging in Asia 2021*, April 20, 2021, Taipei, Taiwan. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2590769>
- Kahn, K., & Winters, N. (2021). Constructionism and AI: A history and possible futures. *British Journal of Educational Technology*, 52(3), 1130-1142.
<https://doi.org/10.1111/bjet.13088>

- Karalekas, G., Vologiannidis, S., & Kalomiros, J. (2023). *Teaching Machine Learning in K–12 Using Robotics. Education Sciences, 13*(1), 67.
<https://doi.org/10.3390/educsci13010067>
- Kim, S., Jang, Y., Kim, W., Choi, S., Jung, H., Kim, S., & Kim, H. (2021). Why and what to teach: AI curriculum for elementary school. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 35*(17), 15569–15576. <https://doi.org/10.1609/aaai.v35i17.17833>
- Kuleto, V., Ilić, M., Dumangiu, M., Ranković, M., Martins, O. M., Păun, D., & Mihoreanu, L. (2021). Exploring opportunities and challenges of artificial intelligence and machine learning in higher education institutions. *Sustainability, 13*(18), 10424.
<https://doi.org/10.3390/su131810424>
- Lavidas, K., Voulgari, I., Papadakis, S., Athanassopoulos, S., Anastasiou, A., Filippidi, A., Komis, V., & Karacapilidis, N. (2024). Determinants of Humanities and Social Sciences Students' Intentions to Use Artificial Intelligence Applications for Academic Purposes. *Information, 15*(6), 314. <https://doi.org/10.3390/info15060314>
- Long, D., Blunt, T., & Magerko, B. (2021). Co-designing AI literacy exhibits for informal learning spaces. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, 5*(CSCW2), 1–35. <https://doi.org/10.1145/3476034>
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1*–16. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>
- Martins, R. M., & Gresse Von Wangenheim, C. (2023). Findings on teaching machine learning in high school: A ten-year systematic literature review. *Informatics in Education, 22*(3), 421–440. <https://doi.org/10.15388/infedu.2023.18>
- Mertala, P., Fagerlund, J., Lehtoranta, J., Mattila, E., & Korhonen, T. (2024). Finnish primary school students' conceptions of machine learning. *arXiv preprint*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.09582>
- Moreno-Guerrero, A. J., López-Belmonte, J., Marín-Marín, J. A., & Soler-Costa, R. (2020). Scientific development of educational artificial intelligence in Web of Science. *Future Internet, 12*(8), 124. <https://doi.org/10.3390/fi12080124>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)(2018). *PISA 2021 mathematics framework (draft)*. OECD Publishing. Ανακτήθηκε στις 12/8/2024, από: [PISA 2021 Mathematics Framework Draft.pdf](https://doi.org/10.3390/fi12080124)
- Pedro, F., Subosa, M., Rivas, A., & Valverde, P. (2019). *Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development*. UNESCO. Ανακτήθηκε στις 4/8/2024, από: <https://hdl.handle.net/20.500.12799/6533>
- Rodríguez-García, J. D., Moreno-León, J., Román-González, M., & Robles, G. (2019). Developing computational thinking at school with machine learning: an exploration.

- 2019 *International symposium on computers in education (SIIE)*, November 21-23, 2019, Tomar, Portugal. IEEE. <https://doi.org/10.1109/SIIE48397.2019.8970124>
- Rodríguez-García, J. D., Moreno-León, J., Román-González, M., & Robles, G. (2021). Evaluation of an Online Intervention to Teach Artificial Intelligence with LearningML to 10-16-Year-Old Students. *SIGCSE '21: The 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, March 13 - 20, 2021, Virtual Event USA. ACM. <https://doi.org/10.1145/3408877.3432393>
- Royal Society. (2017). *Machine Learning: The Power and Promise of Computers That Learn by Example*. Royal Society. Ανακτήθηκε στις 4/8/2024, από: <https://royalsociety.org/~media/policy/projects/machine-learning/publications/machine-learning-report.pdf>
- Sabuncuoglu, A. (2020). Designing one year curriculum to teach artificial intelligence for middle school. *ITiCSE '20: Proceedings of the 2020 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 96-102. June 15 - 19, 2020, Trondheim, Norway. ACM. <https://doi.org/10.1145/3341525.3387364>
- Sallow, A. B., Asaad, R. R., Ahmad, H. B., Abdulrahman, S. M., Hani, A. A., & Zeebaree, S. R. (2024). Machine Learning Skills To K–12. *Journal of Soft Computing and Data Mining*, 5(1), 132-141. Ανακτήθηκε στις 7/8/2024, από: <https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/jscdm/article/view/17670>
- Sanusi, I. T., Oyelere, S. S., Vartiainen, H., Suhonen, J., & Tukiainen, M. (2023). A systematic review of teaching and learning machine learning in K-12 education. *Education and Information Technologies*, 28(5), 5967-5997. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11416-7>
- Scherer, R., Siddiq, F., & Sánchez Viveros, B. (2019). The cognitive benefits of learning computer programming: A meta-analysis of transfer effects. *Journal of Educational Psychology*, 111(5), 764-792. <https://doi.org/10.1037/edu0000314>
- Shah, D., Patel, D., Adesara, J., Hingu, P., & Shah, M. (2021). Exploiting the capabilities of blockchain and machine learning in education. *Augmented Human Research* (6)1, 1. <https://doi.org/10.1007/s41133-020-00039-7>
- Tan, B., Jin, H. Y., & Cutumisu, M. (2024). The applications of machine learning in computational thinking assessments: a scoping review. *Computer Science Education*, 34(2), 193-221. <https://doi.org/10.1080/08993408.2023.2245687>
- Tedre, M., Toivonen, T., Kahila, J., Vartiainen, H., Valtonen, T., Jormanainen, I., & Pears, A. (2021). Teaching machine learning in K–12 classroom: Pedagogical and technological trajectories for artificial intelligence education. *IEEE access*, 9, 110558-110572. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3097962>

- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)(2021). *AI and education: Guidance for policy-makers*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. UNESCO Publishing.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)(2023). *Guidance for generative AI in education and research*.
<https://doi.org/10.54675/EWZM9535>
- Voulgari, I., Zammit, M., Stouraitis, E., Liapis, A., & Yannakakis, G. (2021). Learn to machine learn: designing a game based approach for teaching machine learning to primary and secondary education students. *IDC '21: Proceedings of the 20th Annual ACM Interaction Design and Children*, 593-598, June 24 - 30, 2021, Athens Greece. ACM. <https://doi.org/10.1145/3459990.3465176>
- Williams, R., Park, H. W., & Breazeal, C. (2019). A is for artificial intelligence: the impact of artificial intelligence activities on young children's perceptions of robots. *CHI '19: Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 447, 1-11. May 4 - 9, 2019, Glasgow, Scotland UK. ACM.
<https://doi.org/10.1145/3290605.3300677>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
<https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>