ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2023)

11ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής της Πληροφορικής

Διδάσκοντας Μηχανική Μάθηση στο Σχολείο: Συμπεράσματα από τις Πρώτες Προσπάθειες

Χ. Μπεκιάρη, Μ. Τσιμούρτου, Γ. Ξόμαλης, Σ. Δημητριάδης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Μπεκιάρη Χ., Τσιμούρτου Μ., Ξόμαλης Γ., & Δημητριάδης Σ. (2024). Διδάσκοντας Μηχανική Μάθηση στο Σχολείο: Συμπεράσματα από τις Πρώτες Προσπάθειες. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 48–55. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/7218

Διδάσκοντας Μηχανική Μάθηση στο Σχολείο: Συμπεράσματα από τις Πρώτες Προσπάθειες

Χ. Μπεκιάρη, Μ. Τσιμούρτου, Γ. Ξόμαλης, Σ. Δημητριάδης
cmpekiari@csd.auth.gr, mtsimour@gapps.auth.gr, gxomalis@outlook.com
sdemetri@csd.auth.gr
Τμήμα Πληροφορικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Η Μηχανική Μάθηση (ΜΜ) είναι μια τεχνολογία, η οποία επιτρέπει στα ψηφιακά συστήματα να μαθαίνουν από υπάρχοντα παραδείγματα και να «εκπαιδεύουν» μοντέλα αξιοποιώντας μοτίβα στα δεδομένα. Η ΜΜ μπορεί να εισαχθεί στη διδακτική πρακτική και να συνδεθεί με τις διαστάσεις της υπολογιστικής σκέψης και την επιστημολογία του STEM. Πολλές μελέτες αναλύουν τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις, τις στρατηγικές διδασκαλίας και τους διδακτικούς πόρους της ΜΜ, προκειμένου να ενσωματωθεί η ΜΜ στην κύρια εκπαίδευση. Στο παρόν άρθρο παρουσιάζονται τα πρώτα συμπεράσματα μιας πιλοτικής διδασκαλίας της ΜΜ στο σχολείο, υλοποιώντας δραστηριότητες με προσαρμοσμένα φύλλα εργασίας σε διαδικτυακά ολοκληρωμένα περιβάλλοντα, όπου οι συμμετέχοντες μαθητές/τριες εμπλέκονται στη δημιουργία, την εκπαίδευση και τη βελτίωση συστημάτων ΜΜ προγραμματίζοντας με τεχνολογίες όπως Scratch, AppInventor και Python. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι οι μαθητές/τριες δουλεύουν αποδοτικά κατανοώντας ικανοποιητικά την επίδραση των δεδομένων εκπαίδευσης στη λειτουργία των μοντέλων ΜΜ και αναπτύσσοντας ταυτόχρονα κριτική σκέψη.

Λέξεις κλειδιά: Μηχανική Μάθηση, Τεχνητή Νοημοσύνη, Υπολογιστική Σκέψη, Αναλυτικά Προγράμματα.

Εισαγωγή

Η Μηχανική Μάθηση (ΜΜ) είναι το είδος Τεχνητής Νοημοσύνης (ΤΝ) που βασίζεται στην επεξεργασία των δεδομένων κι επιτρέπει σε αλγορίθμους να δημιουργούν ένα μοντέλο πρόβλεψης, με επεξεργασία των δεδομένων που είναι ήδη διαθέσιμα από προηγούμενη εμπειρία (Alpaydın, 2010). Τα τελευταία χρόνια καταγράφεται, παγκόσμια, μια προσπάθεια για διδασκαλία θεμάτων ΜΜ στο σχολείο, με την ανάπτυξη κατάλληλων τεχνολογικών εργαλείων που μπορούν να χειριστούν οι μαθητές/τριες και διδακτικών μοντέλων που ταιριάζουν στις ιδιαιτερότητες του αντικειμένου. Στο άρθρο αυτό εξάγουμε τα πρώτα συμπεράσματά μας από την πιλοτική διδασκαλία της ΜΜ στο σχολείο, υλοποιώντας δραστηριότητες ΜΜ, με προσαρμοσμένα φύλλα εργασίας σε μαθητές/τριες Α' Λυκείου. Ο κύριος στόχος μας ήταν να καταγράψουμε τις κατανοήσεις που αναπτύσσουν και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές/τριες, όταν υλοποιούν φύλλα εργασίας ΜΜ, χρησιμοποιώντας αντίστοιχα τεχνολογικά εκπαιδευτικά εργαλεία.

Η Μηχανική Μάθηση στην Εκπαίδευση

Από τη δεκαετία του 1970, συναντάμε την ΤΝ στα σχολεία, με μαθητές/τριες που προγραμματίζουν ρομπότ (Papert & Solomon, 1971) και μαθητές/τριες που εργάζονται με την τεχνολογία επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (Natural Language Processing, NLP) (Kahn, 1977). Στη δεκαετία του 1990, οι μαθητές/τριες μαθαίνουν τις βασικές αρχές των νευρωνικών δικτύων (Bemley, 1999) ενώ εμφανίζονται ακόμη δραστηριότητες ΤΝ με βάση τη ρομποτική στο γυμνάσιο και ανάπτυξη συστημάτων βασισμένων σε κανόνες (Sklar et al., 2004). Στη

συνέχεια, η τυποποίηση του προγράμματος σπουδών για τους υπολογιστές, από την AAAI (Association for the Advancement of Artificial Intelligence) και την CSTA (Computer Science Teachers Association) έθεσε κατευθυντήριες γραμμές για τη διδασκαλία της ΤΝ στο πρόγραμμα K-12 (CSTA, 2017; Marques et al., 2020). Η διδασκαλία θεμελιωδών εννοιών και τεχνικών της ΤΝ (συμπεριλαμβανομένης της ΜΜ), παραδοσιακά εμφανίζεται κυρίως στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (Torrey, 2012), όμως μελέτες έχουν δείξει ότι τα παιδιά είναι σε θέση να μάθουν έννοιες ΜΜ από σχετικά μικρή ηλικία (Hiltron et al., 2019). Σήμερα σε διάφορες χώρες γίνεται προσπάθεια να ενταχθεί η ΜΜ στην εκπαιδευτική διαδικασία και σε χαμηλότερες βαθμίδες. Η Κίνα από το 2018 δημοσίευσε εγχειρίδιο με τις βασικές αρχές της ΤΝ και το κρατικό της συμβούλιο ζήτησε την ένταξη μαθημάτων ΤΝ στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Jing, 2018). Στη Φιλανδία, θέματα ΜΜ διδάσκονται σε μαθητές/τριες γυμνασίου και ακόμη και σε μαθητές/τριες προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας (Williams et al., 2019; Sanusi et al., 2021). Στη βαθμίδα του Λυκείου, διάφορες μελέτες έχουν εξετάσει τη δυνατότητα διδασκαλίας των θεμελιωδών εννοιών της ΜΜ, ως μέρος της άσκησης των μαθητών σε θέματα STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics). Οι ερευνητές τονίζουν την ανάγκη για κατάλληλες στρατηγικές για τη διδασκαλία και εκμάθηση της μηχανικής μάθησης ως ιδιαίτερου γνωστικού αντικειμένου (Sanusi et al., 2021).

Ήδη, στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών (ΝΠΣ) στη χώρα μας περιλαμβάνεται η διδασκαλία θεμάτων τεχνητής νοημοσύνης στο μάθημα της Πληροφορικής του Γυμνασίου και του Λυκείου. Στο ΦΕΚ 5659/Β/3-12-2021 αναφέρεται χαρακτηριστικά: «.. *η εξάπλωση των εφαρμογών της τεχνητής νοημοσύνης, της μηχανικής μάθησης, της επιστήμης των δεδομένων και του υλικού προγραμματισμού και του διαδικτύου των πραγμάτων στην καθημερινή ζωή έχει καταστήσει αναγκαία την ανάλογη εκπαίδευση των πολιτών για να μπορούν να νοηματοδοτούν την καθημερινότητά τους και να προσεγγίζουν κριτικά τις εφαρμογές των ψηφιακών τεχνολογιών στις δημόσιες αποφάσεις*». Για την καλύτερη κατανόηση της ΤΝ προτείνεται η εκπαίδευση μοντέλων ΜΜ. Το ΝΠΣ καλεί τους εκπαιδευτικούς να διδάξουν στους μαθητές/τριες πώς να σχεδιάζουν, να εκπαιδεύουν, να δοκιμάζουν και να βελτιώνουν συστήματα ΜΜ, αναπτύσσοντας, ταυτόχρονα, δεξιότητες υπολογιστικής σκέψης (Tedre et al., 2017).

Η εισαγωγή της ΜΜ στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση κρίνεται αναγκαία καθώς η κατανόηση του αντίκτυπου της τεχνολογίας στην καθημερινή μας ζωή, περνά μέσα από την κατανόηση των θεμελιωδών εννοιών και της μηχανικής μάθησης (Royal, 2017), ενώ οι αυριανοί πολίτες πρέπει να γνωρίζουν τις αρχές λειτουργίας των «έξυπνων» τεχνολογιών, ώστε να κατανοούν τις δυνατότητες, τους περιορισμούς και τους κινδύνους της τεχνολογίας, απομυθοποιώντας τις οποιεσδήποτε υπερβολές (Hiltron et al., 2019). Η τεχνολογία της ΜΜ εμπεριέχει σημαντικά στοιχεία πληροφοριακού γραμματισμού, ο οποίος επεκτείνεται για να αγκαλιάσει νέες έννοιες και δεξιότητες (Hiltron et al., 2018). Συνεπώς, η διδακτική της ΜΜ στο σχολείο, δίνει την ευκαιρία στους μαθητές/τριες να είναι καλύτερα προετοιμασμένοι για μια κοινωνία που αλλάζει, ταχέως, λόγω των επιπτώσεων της ΤΝ (Hiltron et al., 2019). Ήδη στη διεθνή βιβλιογραφία εμφανίζονται ολοκληρωμένες σχετικές μελέτες, όπως π.χ. αυτή των Marques et al. (2020), που παρουσιάζει χαρτογράφηση της σύγχρονης κατάστασης της διδασκαλίας της ΜΜ από το δημοτικό έως το γυμνάσιο, τεχνικές ΜΜ με προσιτές διαδικασίες στη διαχείριση δεδομένων και την πολυπλοκότητα των εννοιών ΜΜ, εκμάθηση μοντέλων με κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό και εργαλεία διδασκαλίας ΜΜ. Ακόμη τονίζεται η έλλειψη κατάρτισης των εκπαιδευτικών και η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα σε αυτόν τον τομέα. Αντίστοιχα, οι Tedre et al. (2017) καταγράφουν τις αναδυόμενες κατευθύνσεις στην εκπαιδευτική πρακτική, τη θεωρία και την τεχνολογία σχετικά με τη διδασκαλία της ΜΜ στο σχολείο (K-12). Η μελέτη εστιάζει σε βασικές πτυχές της αλλαγής παραδείγματος που θα απαιτηθεί για την επιτυχή ενσωμάτωση της ΜΜ στα ευρύτερα ΠΣ

Πληροφορικής. Οι Sanusi et al. (2022) ερευνούν τις αντιλήψεις Αφρικανών εκπαιδευτικών για τη συνάφεια της διδασκαλίας της ΜΜ σε περιβάλλοντα K-12, τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις, τις στρατηγικές επαγγελματικής ανάπτυξης και τους διδακτικούς πόρους της ΜΜ, καταλήγοντας στην ανάγκη ενσωμάτωσης της ΜΜ στην κύρια εκπαίδευση καθώς και στην ανάγκη κατάρτισης των εκπαιδευτικών στη χρήση των υφιστάμενων εργαλείων, που έχουν σχεδιαστεί για τη διδασκαλία θεμάτων ΜΜ, συμβάλλοντας έτσι σε πραγματικές κοινωνικές αλλαγές. Οι Evangelista et al. (2018) διαπίστωσαν έλλειψη βιβλιογραφίας που επικεντρώνεται στον κατάλληλο τρόπο διδασκαλίας της ΜΜ.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η προσέγγιση των Hiltron et al., (2019), που εξετάζουν τους αλγορίθμους της ΜΜ ως "μαύρο κουτί", το οποίο γίνεται αντικείμενο διερεύνησης των μαθητών με σκοπό την ανάπτυξη βασικών νοητικών μοντέλων σχετικά με τη λειτουργία τους. Συμπεραίνουν πως η αλληλεπίδραση των παιδιών με το «μαύρο κουτί» της ΜΜ συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση του κόσμου γύρω τους. Διαπιστώνουν, τέλος, ότι οι δραστηριότητες εκμάθησης ΜΜ εξακολουθούν να είναι σπάνιες, σε αντίθεση με άλλες υπολογιστικές έννοιες και απαιτούν ειδικές δραστηριότητες εκμάθησης (ibid.).

Με βάση τα παραπάνω, θεωρούμε πως η διερεύνηση των δυνατοτήτων διδασκαλίας θεμάτων ΜΜ, στο σύγχρονο ελληνικό σχολείο, είναι ένα σημαντικό θέμα και προχωρήσαμε σε μια πιλοτική διδασκαλία τέτοιων θεμάτων με βασικά ερευνητικά ερωτήματα, τα ακόλουθα:

1. Πώς μπορεί να υλοποιηθεί ένα μάθημα ΜΜ στο σχολείο με κατάλληλα φύλλα εργασίας (ΦΕ) και αντίστοιχα τεχνολογικά εκπαιδευτικά εργαλεία;
2. Ποια προβλήματα, πιθανώς, αντιμετωπίζουν οι μαθητές/τριες κατά την υλοποίηση μαθημάτων ΜΜ με τα συγκεκριμένα ΦΕ και τα τεχνολογικά εργαλεία;
3. Ποια κατανόηση αναπτύσσουν οι μαθητές/τριες σχετικά με το πώς λειτουργεί το μοντέλο κατηγοριοποίησης (classification) της ΜΜ;

Μεθοδολογία Έρευνας

Η έρευνά μας διεξήχθη σε δυο φάσεις:

Α' Φάση – Μαθήματα & Ερωτηματολόγιο: Οργανώσαμε σειρά μαθημάτων, με βάση επιλεγμένα ΦΕ (μεταφράσεις από τα αρχικά διαθέσιμα στην Αγγλική στην πλατφόρμα Machine Learning for kids, ML4k), τα οποία προσαρμόσαμε ώστε να υλοποιηθούν σε μια διδακτική ώρα το καθένα, από μαθητές/τριες της Α΄ Γενικού Λυκείου (ΓΕΛ), στο μάθημα «Εφαρμογές Πληροφορικής». Με την ολοκλήρωση των μαθημάτων αποτυπώσαμε τις κατανοήσεις των μαθητών με κατάλληλο ερωτηματολόγιο (5-βαθμη κλίμακα Likert).

Β' Φάση - Ερωτήσεις: Κάθε ΦΕ περιελάμβανε επίσης στο τέλος και ερωτήσεις αναστοχασμού (ανοικτής ανάπτυξης) ώστε οι μαθητές/τριες να καταγράφουν τις κατανοήσεις τους, τις απορίες και τις δυσκολίες που τυχόν αντιμετώπισαν κατά τη δραστηριότητα. Στη συνέχεια, επεξεργαστήκαμε τα ερωτηματολόγια της Α' φάσης, καθώς και τις απαντήσεις των μαθητών/τριών της Β' φάσης, εξάγοντας σχετικά συμπεράσματα.

Αναλυτικότερα: Στην Α΄ Φάση οι μαθητές/τριες της Α΄ τάξης ΓΕΛ υλοποίησαν, στο σχολικό εργαστήριο Πληροφορικής, κατάλληλα ΦΕ στο πλαίσιο μιας σειράς πιλοτικών μαθημάτων για τη ΜΜ, κατά το σχολικό έτος 2021-2022. Πριν την εκτέλεση των ΦΕ από τους μαθητές/τριες, διατέθηκε χρόνος στην παρουσίαση και ανάλυση των μεθόδων της ΜΜ, κυρίως της κατηγοριοποίησης (classification) όπου το μοντέλο «εκπαιδεύεται» (training) από τα δεδομένα και στη συνέχεια είναι σε θέση να αναγνωρίσει νέα δεδομένα (inference). Έτσι, οι μαθητές/τριες εξοικειώνονται με μια απλοποιημένη εκδοχή της «επιβλεπόμενης» μάθησης, η οποία γίνεται λειτουργική με παιγνιώδη παραδείγματα κατηγοριοποίησης εικόνων (image classification) μέσα από την εφαρμογή του ML4k. Στόχος της διδακτικής παρέμβασης ήταν να διακριβωθεί α) αν οι μαθητές/τριες εργάζονται αποδοτικά στη διεπαφή του Machine

Learning for Kids (ML4k, n.d.), χωρίς σημαντικά προβλήματα και β) αν οικοδομούν κατανόηση για το πώς τα δεδομένα εκπαίδευσης καθορίζουν τις δυνατότητες του μοντέλου, ώστε στη συνέχεια να κάνει τη σωστή κατηγοριοποίηση. Κάθε μάθημα διαρκούσε δύο ώρες την εβδομάδα, με βάση το ωρολόγιο πρόγραμμα των μαθητών, στο μάθημα «Εφαρμογές Πληροφορικής», της Α' Λυκείου. Η πρώτη διδακτική ώρα ήταν αφιερωμένη στις έννοιες της ΜΜ που θα συναντούσαν οι μαθητές/τριες στα ΦΕ και η δεύτερη στην υλοποίηση του εκάστοτε ΦΕ, με σαφείς οδηγίες υλοποίησης, κατά βήματα. Προκειμένου να υπάρχει ανατροφοδότηση για το βαθμό κατανόησης των εννοιών από τους μαθητές/τριες, μεταξύ των βημάτων παρεμβαίνουν, κλιμακωτά, ερωτήσεις προς τους μαθητές/τριες, οι απαντήσεις των οποίων αποτέλεσαν το πρωτογενές υλικό της έρευνας, για την επίτευξη του στόχου της διδακτικής παρέμβασης, όπως τέθηκε παραπάνω. Οι δραστηριότητες ΜΜ στο περιβάλλον ML4k ήταν χωρισμένες σε ομάδες, ανάλογα με την κατηγορία των δεδομένων εκπαίδευσης (κείμενο, αριθμοί, ήχοι και πρόσωπα), ανάλογα με τη γλώσσα (αγγλική, ελληνική), το επίπεδο δυσκολίας (απλό, μεσαίας δυσκολίας, δύσκολο) και το ολοκληρωμένο περιβάλλον υλοποίησης (App Inventor, Scratch ή γλώσσα προγραμματισμού Python). Τα προσφερόμενα ΦΕ, στο περιβάλλον ML4K, είναι πολυσέλιδα (περισσότερες από 18 σελίδες για μια δραστηριότητα) και δεν διευκολύνουν τους μαθητές/τριες να τα υλοποιήσουν στη διδακτική ώρα που τους διατίθεται. Για το λόγο αυτό προσαρμόσαμε τα ΦΕ στις διδακτικές ανάγκες, προσαρμόζοντας τις οδηγίες και δημιουργώντας ένα δισέλιδο ΦΕ, για κάθε δραστηριότητα ΜΜ. Τα ΦΕ που υλοποιήθηκαν στο διαδικτυακό ολοκληρωμένο περιβάλλον ML4K είναι:

α. «*Ο Χαμαιλέων (Chameleon)*»: στο ΦΕ αυτό οι μαθητές/τριες εκπαιδεύουν τον υπολογιστή τους να αναγνωρίζει τα χρώματα. Μέσα στο περιβάλλον του Scratch ο Χαμαιλέων θα εκπαιδευτεί να αλλάζει χρώμα, ανάλογα με το χρώμα του φόντου, στο οποίο ζει. Στόχος του ΦΕ είναι να κατανοήσουν οι μαθητές/τριες πως τα χρώματα που δίνονται με ετικέτες στην είσοδο, εκπαιδεύουν το μοντέλο ΜΜ να αναγνωρίζει, στη συνέχεια, τα διάφορα χρώματα σε άλλες περιπτώσεις. Απευθύνεται σε αρχάριους και αποτελεί μια απλή εφαρμογή επιβλεπόμενης μάθησης, ειδικότερα της κατηγοριοποίησης (classification) εικόνων. Μια επιπλέον προσαρμογή, στο συγκεκριμένο ΦΕ αφορά στη χρήση εικόνων από αρχείο κι όχι web κάμερα (όπως προτείνει τα αρχικό ΦΕ), αφού η χρήση κάμερας στο περιβάλλον του σχολείου είναι αρκετά δύσκολη. Η υλοποίηση του ΦΕ επιτυγχάνεται σε τρεις χρόνους: α) συλλογή δεδομένων για την εκπαίδευση του μοντέλου ΜΜ, β) εκπαίδευση του μοντέλου βάζοντας ετικέτες (φωτογραφίες αντικειμένων σε διάφορα χρώματα) και γ) ολοκλήρωση δραστηριότητας με προγραμματισμό στο Scratch.

β. «*Εξωγήινη Γλώσσα (Alien Language)*»: στο ΦΕ αυτό οι μαθητές/τριες εκπαιδεύουν τον υπολογιστή ώστε να αναγνωρίζει μια εξωγήινη γλώσσα, που κατασκευάζουν οι μαθητές/τριες. Είναι μια δραστηριότητα, μικρού βαθμού δυσκολίας, που εφαρμόζει τεχνικές επιβλεπόμενης μάθησης εκπαιδεύοντας το μοντέλο ΜΜ να αναγνωρίζει ήχους. Η υλοποίηση του ΦΕ επιτυγχάνεται επίσης σε τρεις χρόνους: α) αρχικό παράδειγμα και δοκιμή ενός έτοιμου μοντέλου, β) νέο έργο και εκπαίδευση μοντέλου, και γ) υλοποίηση δραστηριότητας.

γ. «*Μάσκα Emoji (Emoji Mask)*»: Οι μαθητές/τριες, με χρήση ενός προ-εκπαιδευμένου μοντέλου ΜΜ για αναγνώριση προσώπων δημιουργούν ένα φίλτρο προσώπου για βίντεο και εικόνες, στο Scratch, το οποίο θα αναγνωρίζει, στη συνέχεια, τα πρόσωπά τους και θα προσθέτει μια «μάσκα» σε αυτά. Η δραστηριότητα σχεδιάστηκε για να γνωρίσουν οι μαθητές/τριες την τεχνική ΜΜ για ανίχνευση της θέσης προσώπου σε φωτογραφίες.

δ. «*Πέτρα, ψαλίδι, χαρτί (Rock, paper, scissors)*»: το ΦΕ αυτό αφορά την αναγνώριση εικόνας μέσα από φωτογραφίες χεριών που παριστάνουν το σχήμα της πέτρας, του ψαλιδιού και του χαρτιού, όπως και στο αντίστοιχο παιχνίδι, εκπαιδεύοντας, με ευχάριστο, παιγνιώδη τρόπο, ένα μοντέλο ΜΜ, μέσα από έτοιμες φωτογραφίες.

ε. *«Πηγαίνοντας στο σχολείο (Journey to school)»*: Στο ΦΕ αυτό οι μαθητές/τριες εκπαιδεύουν τον υπολογιστή να αναγνωρίζει αριθμούς και να κάνει προβλέψεις. Να ανιχνεύσει δηλαδή μοτίβα για τον τρόπο που οι συμμαθητές/τριες τους πηγαίνουν στο σχολείο. Ο στόχος είναι να κατανοήσουν οι μαθητές/τριες πως αλλάζουν οι προβλέψεις, ανάλογα με τις πληροφορίες που τροφοδοτούν τον υπολογιστή τους. Μαθαίνουν ότι η προγνωστική ανάλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εντοπιστούν πρότυπα σε δομημένα δεδομένα.
στ. *«Τουριστικές πληροφορίες (Tourist info)»:* εδώ οι μαθητές/τριες εκπαιδεύουν το μοντέλο της ΜΜ να αναγνωρίζει κείμενο και να προτείνει, μέσω εικονικής εφαρμογής για κινητά, τουριστικά αξιοθέατα με βάση τα ενδιαφέροντα των τουριστών. Η υλοποίηση σχεδιάστηκε σε 5 χρόνους: α) δημιουργία έργου στο Scratch με τυχαία πρόταση για κάποιο αξιοθέατο, β) προσθήκη παραδειγμάτων και αντίστοιχων ετικετών, γ) εκπαίδευση του μοντέλου, ώστε να επιλέγει σωστά προτάσεις που θα ταιριάζουν στα ενδιαφέροντα του κάθε επισκέπτη, δ) υλοποίηση εφαρμογής με το νέο εκπαιδευμένο μοντέλο, και ε) υλοποίηση στο περιβάλλον Scratch. Στη συγκεκριμένη δραστηριότητα στοχεύσαμε στο να διδάξουμε στους μαθητές/τριες πόσο σημαντικός είναι ο όγκος και η ποικιλομορφία των παραδειγμάτων που εισάγονται σε ένα μοντέλο ΜΜ για την καλύτερη εκπαίδευσή του.

Κατά τη Β' φάση της πιλοτικής διδασκαλίας προσθέσαμε τέσσερα ακόμα ΦΕ, ώστε να εμπλουτίσουμε τα τεχνολογικά περιβάλλοντα στα οποία θα υλοποιούσαν οι μαθητές/τριες:
α. *«Κάνε με χαρούμενο (Happy & Sad)»:* ΦΕ για υλοποίηση στην πλατφόρμα ML4k, όπου το μοντέλο εκπαιδεύεται να αναγνωρίζει κείμενο. Οι μαθητές/τριες δημιουργούν στο Scratch ένα χαρακτήρα που χαμογελάει ή κλαίει, αν του μιλάει κανείς με όμορφες ή άσχημες λέξεις. Για τους μαθητές/τριες με πρότερη γνώση της γλώσσας, η δραστηριότητα δόθηκε σε Python.
β. *«Κριτική βιβλίου - Judge a Book»*: ΦΕ επίσης στην πλατφόρμα ML4k, όπου οι μαθητές/τριες φτιάχνουν ένα παιχνίδι με το AppInventor για να κρίνει ένα βιβλίο από το εξώφυλλό του. Το μοντέλο εκπαιδεύεται να αναγνωρίζει εικόνες, είναι μέτριας δυσκολίας, προϋποθέτει την εκμάθηση του App Inventor, το οποίο ανήκει και στη διδακτέα ύλη της Α΄Λυκείου. Στόχευσή μας είναι να κατανοήσουν οι μαθητές/τριες ότι η μεγαλύτερη ακρίβεια πρόβλεψης επιτυγχάνεται από το μεγαλύτερο πλήθος των δεδομένων (βιβλίων) στην είσοδο του μοντέλου. Επιπροσθέτως, κατά τη Β΄φάση, σχεδιάσαμε δύο δικά μας ΦΕ με χρήση του τεχνολογικού περιβάλλοντος Teachable Machine (TM, n.d.). Συγκεκριμένα:
γ. *«Μαθαίνουμε στον υπολογιστή ν΄αναγνωρίζει τα Μνημεία της Θεσσαλονίκης»* και *δ. «Μαθαίνουμε στον υπολογιστή ν΄ αναγνωρίζει τα ζώα»*: στα ΦΕ αυτά οι μαθητές/τριες υλοποιούν την εκπαίδευση μοντέλου ΜΜ για την αναγνώριση εικόνων που αφορούν μνημεία της Θεσσαλονίκης και ζώα αντίστοιχα.

Αποτελέσματα

Μετά την ολοκλήρωση των ΦΕ στην τάξη, καταγράψαμε τις απόψεις των μαθητών/τριών με έντυπο ερωτηματολόγιο 33 ερωτήσεων το οποίο συμπληρώθηκε ανώνυμα. Στα ερωτήματα αποτυπώθηκε κυρίως η δυνατότητά τους να ολοκληρώσουν τα ΦΕ στη διδακτική ώρα, η κατανόηση των εννοιών της ΜΜ, και η διάθεσή τους να ασχοληθούν με νέες δραστηριότητες, προκειμένου να εμπλουτίσουν τις γνώσεις τους στη ΜΜ. Παρόλο που κατά την υλοποίηση των ΦΕ οι μαθητές/τριες εργάστηκαν κατά ομάδες δυο ή τριών παιδιών, το ερωτηματολόγιο απαντήθηκε ατομικά, μέσα στην τάξη, παρουσία του εκπαιδευτικού. Από τους 105 μαθητές/τριες των 4 τμημάτων, λάβαμε 101 συμπληρωμένα ερωτηματολόγια (ποσοστό συμμετοχής 96,19%). Απ΄ αυτά τα 41 ανήκαν σε αγόρια (39,05%) και τα 60 σε κορίτσια (57,14%). Όσον αφορά το προφίλ των μαθητών/τριών, στους μαθητές/τριες αρέσει το μάθημα της Πληροφορικής (ποσοστό 99,01%), οι 96 (95,05%) έχουν ηλεκτρονικό υπολογιστή στο σπίτι, είναι εξοικειωμένοι με το Διαδίκτυο (89,11%) και γνωρίζουν την αγγλική γλώσσα, σε επίπεδο

υψηλότερο του μετρίου (95,05%). Όσον αφορά την πρότερη γνώση στις έννοιες της ΜΜ, στην πλειοψηφία τους οι μαθητές/τριες, σε ποσοστό 81,18%, άκουσαν πρώτη φορά την έννοιά της στο σχολείο, στο πλαίσιο του μαθήματος της Πληροφορικής. Στον Πίνακα 1 δίνεται, παραστατικά, το πλήθος και το αντίστοιχο ποσοστό των μαθητών που ολοκλήρωσαν τα έξι ΦΕ της Α΄φάσης, στο διαδικτυακό περιβάλλον ML4k και, στη συνέχεια, συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο και τις ερωτήσεις αναστοχασμού.

Κάποια ΦΕ τα οποία δεν πρόλαβαν να τα ολοκληρώσουν οι μαθητές/τριες στη διάρκεια της διδακτικής ώρας, τα υλοποίησαν μόνοι στο σπίτι τους ακολουθώντας τις οδηγίες, αλλά οι απαντήσεις τους δεν εμπεριέχονται στα αποτελέσματα. Οπωσδήποτε όμως, απαιτείται περισσότερος χρόνος από τη μια διδακτική ώρα για την εξοικείωση με τις έννοιες της ΜΜ και την υλοποίηση του αντίστοιχου ΦΕ. Στην ερώτηση «*αν ήταν κατανοητά τα βήματα στα ΦΕ για την υλοποίηση του μοντέλου ΜΜ*», σε μια 5-βάθμια κλίμακα Likert, 2 μαθητές/τριες απάντησαν ότι ήταν αρκετά δύσκολα, 4 μαθητές/τριες τα χαρακτήρισαν δύσκολα, 5 μέτρια σε κατανόηση, 25 εύκολα και 65 μαθητές/τριες τα βρήκαν πολύ εύκολα. Στην Εικόνα 1. παριστάνονται, διαγραμματικά, τα ποσοστά των αντίστοιχων απαντήσεων. Στο χαρακτηρισμό του περιβάλλοντος υλοποίησης των ΦΕ, ML4k, ποσοστό 6% των μαθητών/τριών βρήκαν το περιβάλλον αρκετά δύσκολο, 12.9% το βρήκαν δύσκολο, 40.6% μέτριας δυσκολίας, 13.9% εύκολο και 26.7% πολύ εύκολο. Ακόμη, το 89,11% των μαθητών δήλωσαν ότι δεν δυσκολεύτηκαν στην υλοποίηση των ΦΕ, ενώ το 10,89% των μαθητών δήλωσε πως δυσκολεύτηκε, λόγω της πολυπλοκότητας των οδηγιών ή λόγω μη κατανόησης ορισμένων βημάτων (Εικόνα 1). Από τις απαντήσεις των μαθητών στις αντίστοιχες ερωτήσεις αναστοχασμού ανοικτής ανάπτυξης των ΦΕ, φαίνεται ότι αντιλαμβάνονται την επίδραση των δεδομένων στη συμπεριφορά του αλγορίθμου ΜΜ. Για παράδειγμα, στην ερώτηση: «*Έχετε ξεκινήσει να εκπαιδεύετε τον υπολογιστή σας, ώστε να αναγνωρίζει τα βασικά χρώματα: κόκκινο (red), πράσινο (green) και μπλε (blue), τροφοδοτώντας τον με φωτογραφίες ανάλογων χρωμάτων. Μπορεί ο υπολογιστής να αναγνωρίσει φωτογραφία με αντικείμενο καφέ χρώματος;*» Ή «*αν αφαιρέσουμε τις φωτογραφίες κόκκινου και μπλε χρώματος θα συνεχίσει να τα αναγνωρίζει*»; Η απάντηση που κυριαρχούσε: «*Ο υπολογιστής μαθαίνει τα χρώματα από τις φωτογραφίες που του δίνουμε αρχικά. Εκπαιδεύεται και μπορεί ν΄ αναγνωρίσει, με μεγάλη σιγουριά, τις νέες που έχουν ίδια χρώματα ή λίγο όσες μοιάζουν. Αν αφαιρέσουμε τις αρχικές φωτογραφίες δεν θα αναγνωρίσει τα χρώματα.*» Όμως στην ερώτηση: «*Θα είχε διαφορά αν αυτό το ρομπότ πρότεινε φάρμακα για γιατρούς αντί για αξιοθέατα διακοπών σε τουρίστες;*» η απάντησή τους: «*Ναι, πρέπει να το σκεφτεί καλύτερα*».

Πίνακας 1. Υλοποίηση Φύλλων Εργασίας στο ML4k

Α/Α	Φύλλο Εργασίας	Τεχνολογία (web based)	Πλήθος μαθητών	Ποσοστό %
α.	Χαμαιλέων	ML4k - Scratch	99	98,02
β.	Εξωγήινη γλώσσα	ML4k - Scratch	63	62,38
γ.	Μάσκα emoji	ML4k - Scratch	12	11,88
δ.	Πέτρα ψαλίδι χαρτί	ML4k - Scratch	13	12,87
ε.	Πηγαίνοντας στο σχολείο	ML4k - Scratch	2	1,98
στ.	Τουριστικές πληροφορίες	ML4k - Scratch	99	98,02
ζ.	Κάνε με χαρούμενο	ML4k – Scratch-Python	99	98,02
η.	Κριτική βιβλίου	ML4k – App Inventor	97	96,03
θ.	Αναγνώριση Μνημείων Θεσσαλονίκης	TM (Image Classification)	101	100
ι.	Αναγνώριση ζώων	TM (Image Classification)	101	100

Εικόνα 1. Κατανόηση μαθητών των βημάτων στα ΦΕ για την υλοποίηση του μοντέλου ΜΜ

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Τα πρώτα μας συμπεράσματα έδειξαν πως οι μαθητές/τριες εμπλέκονται ενεργά σε δραστηριότητες ΜΜ, ακολουθώντας, ο καθένας, το δικό του ρυθμό μάθησης. Δουλεύουν αποδοτικά και στις δυο τεχνολογίες «Machine Learning for kids» και «Teachable Machine» κατανοώντας ικανοποιητικά την επίδραση των δεδομένων εκπαίδευσης στη λειτουργία των μοντέλων. Οι μαθητές/τριες κατανοούν εύκολα τα μοντέλα κατηγοριοποίησης εικόνων (Image Classification) και ότι κάθε εικόνα αποτελείται από πολλά μέρη (π.χ για τα ζώα, κεφάλι, αυτιά, ουρά, μουστάκια, πόδια κ.α), τα οποία πρέπει να λάβει υπόψη του το μοντέλο, για να μπορέσει να την ταξινομήσει σωστά, όπως κι ο άνθρωπος. Έγινε κατανοητό επίσης από τους μαθητές/τριες, ότι το μοντέλο τους βελτιώνεται με την ποσότητα των δεδομένων με τα οποία το τροφοδοτούν. Όσο μεγαλύτερος ο όγκος των δεδομένων τόσο βελτιωμένο εμφανίζεται το μοντέλο τους. Μεταξύ εισόδου (δεδομένα) και εξόδου (πρόγνωση) για τους μαθητές/τριες υπάρχει το «μαύρο κουτί» του αλγορίθμου ΜΜ και δεν μπορούν να εξηγήσουν τις εσωτερικές διεργασίες που συμβαίνουν (Rudin & Radin, 2019). Απλά κατανοούν μόνο ότι η έξοδος εξαρτάται από την είσοδο και κυρίως από την ποσότητα των δεδομένων της εισόδου. Προσπαθούν να «ανοίξουν το μαύρο κουτί» ελέγχοντας το μοντέλο τους και τροφοδοτώντας το με δεδομένα που ίσως το «ξεγελάνε». Για παράδειγμα, στη δοκιμή για την αναγνώριση ζώων, αντί της φωτογραφίας μιας γάτας έδωσαν τη φωτογραφία ενός παιδιού με στολή γάτας, προκειμένου να ελέγξουν αν μπορεί να καταλάβει το μοντέλο ΜΜ τη διαφορά. Παρόλο που οι μαθητές/τριες αναγνωρίζουν την αποτελεσματικότητα ενός μοντέλου πρόβλεψης, αν αυτό πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για τη διάγνωση μιας αρρώστιας (π.χ. του καρκίνου) αναφέρουν επίσης θέματα ηθικής και εμπιστοσύνης στα μοντέλα ΜΜ.

Συνοψίζοντας, με τη διδακτική μας παρέμβαση οι μαθητές/τριες εργάστηκαν αποδοτικά, στο πλαίσιο της μαθησιακής εμπειρίας, στις διεπαφές ML4k και Teachable Machine, χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες, οικοδομώντας την κατανόηση της επίδρασης των δεδομένων εκπαίδευσης στις δυνατότητες του μοντέλου ΜΜ, για την ταξινόμηση και κατηγοριοποίηση. Αρκετοί, δε, από αυτούς, 87/101 κατάφεραν να εφαρμόσουν την κατανόησή τους σε ένα νέο πλαίσιο και να δημιουργήσουν παραδείγματα για νέες εφαρμογές ML, στο περιβάλλον Teachable Machine, που σχετίζονται με την καθημερινή τους ζωή. Όμως, στην ερώτηση «πώς προέκυψε η απόφαση του υπολογιστή» οι μαθητές/τριες περιορίστηκαν στην επίδραση των δεδομένων, χωρίς αναφορά σε κάποιο αλγόριθμο, είτε γιατί αδυνατούν να εξηγήσουν τις διαδικασίες καθώς δεν έχουν αρκετές γνώσεις (Hiltron et al., 2019), είτε γιατί οδηγούνται στην ανάπτυξη ανακριβών ή υπεραπλουστευμένων νοητικών μοντέλων, που είναι κι ένας σοβαρός κίνδυνος από την αλληλεπίδρασής τους με αδιαφανείς διεργασίες (ibid.).

Αναφορές

Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση (2021). Πρόγραμμα Σπουδών για το μάθημα της Πληροφορικής στις Α', Β' και Γ' τάξεις Λυκείου. https://nickpapag.sites.sch.gr/wp-content/uploads/2021/11/Pliroforiki-Lykeiou-neo-programma-spoudon.pdf

Arksey H. , & O'Malley L. (2005). *Scoping studies: Towards a methodological framework International Journal of Social Research Methodology*, 8 (1), 19-32. 10.1080/1364557032000119616

Bemley, J.L. (1999). Neural networks for precollege students. In: IJCNN'99. *International Joint Conference on Neural Networks*, 6, 4422–4427.

CSTA. (2017). CSTA K-12 Computer Science Standards. http://www.csteachers.org/standards.

Google. (2016). *Trends in the State of Computer Science in U.S. K-12 Schools*. http://services.google.

Hiltron, T., Iddo W., Hadas, E., & Zuckerman, O. (2018). Introducing children to machine learning concepts through hands-on experience. In Proceedings of the *17th ACM Conference on Interaction Design and Children*. ACM, 563–568.

Hiltron, T., Orlev, Y., Wald, I., Shamir, A., Erel, H. and Zuckerman, O. (2019). Can Children Understand Machine Learning Concepts? The Effect of Uncovering Black Boxes. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 415, 1–11. ACM.

Evangelista, I, Blesio, G., & Benatti, E. (2018). *Why Are We Not Teaching Machine Learning at High School?* A Proposal. World Engineering Education Forum - Global Engineering Deans Council, IEEE.

Jing, M. (2018). *China looks to school kids to win the global AI race*. https://www.scmp.com/tech/china-tech/article/2144396/china-looks-school-kids-win-global-ai-race.

Kahn, K. (1977). T*hree Interactions between Al and Education*. Machine Intelligence, 8.

Leahey, T. H., & R. J. Harris (1997). *Learning and Cognition*, 4th ed. New York: Prentice Hall.

Levac, D., Colquhoun, H., & O'Brien, K.K. (2010). Scoping studies: Advancing the. *Methodology Implementation Science: Iscus*, 5 (1), 69-70, 10.1186/1748-5908-5-69.

Lívia, M.S. , Christiane, G., von Wangenheim, M, J., & Hauck, C. R. (2020). Teaching Machine Learning in School: A Systematic Mapping of the State of the Art. *Informatics in Education*, *19*(2), 283-321.

McLachlan, G. J. (1992). *Discriminant Analysis and Statistical Pattern Recognition*. New York: Wiley.

Mitchell, T. M. (1997). *Machine Learning. McGraw-Hill Education*, New York.

Papert, S., & Solomon, C. (1971). Twenty things to do with a computer. *Artificial Intilligence Memo Number,* 248. Massachusetts Inst. of Tech.

Ripley, B. (2008). *Pattern Recognition and Neural Networks*, University Press, Cambridge.

Royal Society (2017). *Machine learning: the power and promise of computers hat learn by example*. Technical Report.

Rudin, C., & Radin, J. (2019). Why Are We Using Black Box Models in AI When We Don't Need To? A Lesson From An Explainable AI Competition. *Harvard Data Science Review*, *1*(2), 1-9.

Russell, S., & P. Norvig (2002). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 2nd ed. NY: Prentice Hall.

Sanusi, I., Temitayo, S., Sunday, O., & Olamide Omidiora, J. (2022). *Exploring teachers' preconceptions of teaching machine learning in high school: A preliminary insight from Africa*. *Computers and Education Open*, *3*, 100072.

Sklar, E., Parsons, S., & Stone, P. (2004). Using RoboCup in university-level computer science education, *Journal on Educational Resources in Computing*, 4(2).

Taigman, Y., Ming, Y., Ranzato, M., & Wolf, L. (2014). Deepface: Closing the gap to human-level performance in face verification. In 2014 *IEEE Conf. on Comp. Vision and Pattern Recognition*, (pp. 1701–1708).

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.

Torrey, L. (2012). Teaching Problem-Solving in Algorithms and AI. In Proceedings of the *3rd Symposium on Educational Advances in Artifcial Intelligence*, Toronto, Canada.

ML4k (n.d.). *Machine Learning for Kids*, https://machinelearningforkids.co.uk/

TM (n.d.). *Teachable Machine*, https://teachablemachine.withgoogle.com/.

Williams, R., Park, H. W., Oh, L., & Breazeal, C. (2019). Popbots: Designing an artificial intelligence curriculum for early childhood education. In Proceedings of the *AAAI Conference on Artificial Intelligence* 33(1), 9729-9736.