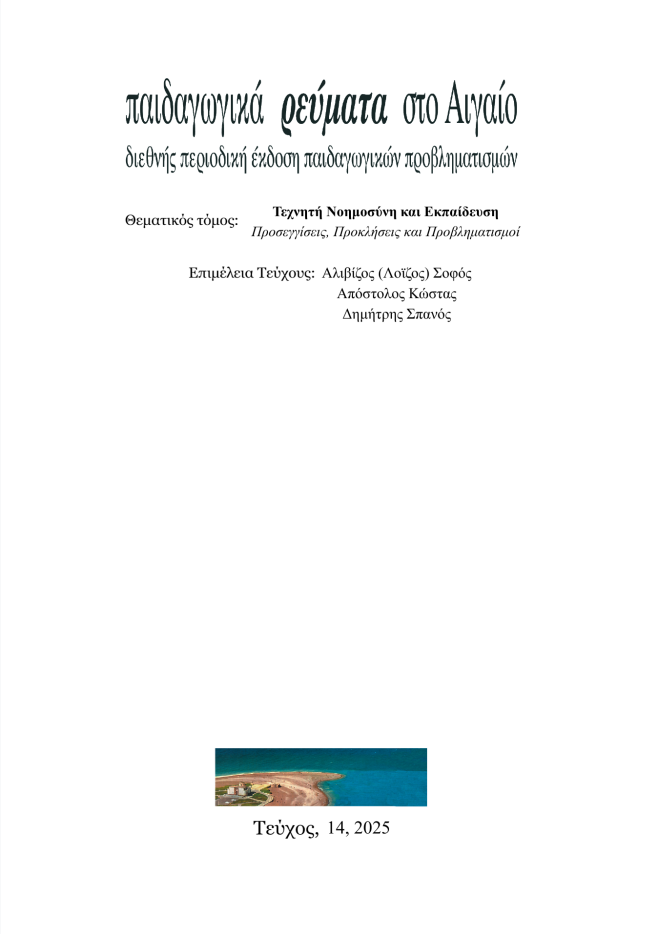
ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Παιδαγωγικά ρεύματα στο Αιγαίο

Τόμ. 14, Αρ. 1 (2025)

Τεύχος 14


παιδαγωγικά ρεύματα στο Αιγαίο
διεθνής περιοδική έκδοση παιδαγωγικών προβληματισμών

Θεματικός τόμος: **Τεχνητή Νοημοσύνη και Εκπαίδευση**
Προσεγγίσεις, Προκλήσεις και Προβληματισμοί

Επιμέλεια Τεύχους: Αλιβίζος (Λοΐζος) Σοφός
Απόστολος Κώστας
Δημήτρης Σπανός

Τεύχος, 14, 2025

Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Οφέλη, προκλήσεις και στρατηγικές ενσωμάτωσης

Μαρία-Κομιανή Κολινιώτη , Δέσποινα Παπαστεργίου

doi: 10.12681/revmata.43573

Copyright © 2025, Μαρία-Κομιανή Κολινιώτη , Δέσποινα Παπαστεργίου

Άδεια χρήσης ##plugins.generic.pdfFrontPageGenerator.front.license.cc.by-nc-sa4##.

Βιβλιογραφική αναφορά:

Κολινιώτη Μ.-Κ., & Παπαστεργίου Δ. (2025). Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Οφέλη, προκλήσεις και στρατηγικές ενσωμάτωσης. *Παιδαγωγικά ρεύματα στο Αιγαίο*, *14*(1). https://doi.org/10.12681/revmata.43573

Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Οφέλη, προκλήσεις και στρατηγικές ενσωμάτωσης

Κολινιώτη Μαρία-Κομιανή[1]
komiani@yahoo.gr

Παπαστεργίου Δέσποινα[2]
dpapaste@sch.gr

Abstract
Artificial Intelligence (AI) in recent years has made rapid progress and has affected all the areas of human lifes.The field of Education and especially primary education does not remained unaffected by this dynamic transformation. It has managed to reshape the educational landscape worldwide introducing new methods of teaching, assessment, and management of the learning process. The purpose of this article is to explore the dynamic integration of AI in primary education. To achieve this goal, the article follows the following structure. First,a theoretical framework is presented focusing on the role and functioning of AI in the context of primary school setting, as well as examples of its use worldwide. Next, it outlines the benefits that AI has introduced to the educational process, such as the facilitation of personalized learning, enhanced accessibility, and the development of digital literacy. It also highlights key risks associated with the misuse or overuse of AI. In parallel, it discusses strategic approaches to AI implementation as proposed in the relevant literature. Finally, the article concludes with policy and pedagogical recommendations aimed at achieving socially equitable, technologically effective, and pedagogically responsible integration of AI in education.

Keywords: artificial intelligence, primary education, pedagogical strategies, AI literacy.

1. Εισαγωγή

Η τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence - AI) έχει οριστεί ως «*η ικανότητα των μηχανών ή των υπολογιστών να σκέφτονται και να ενεργούν όπως οι άνθρωποι*» (Wartman & Combs, 2018). Οι μηχανές αυτές θα μπορούν να επιτελούν ενέργειες που μέχρι πρότινος απαιτούσαν ανθρώπινη νόηση (Zeide, 2019). Η τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί βασική τεχνολογία στην εποχή του ψηφιακού μετασχηματισμού (Yusuf, 2025) και έχει παρομοιαστεί από τον Ng (2017) με τον ηλεκτρισμό του 21ου αιώνα, υπογραμμίζοντας, έτσι, την αναμορφωτική της δύναμη σε πολλές πτυχές της κοινωνίας. Η επιρροή της είναι πλέον φανερή από την αναδιάρθρωση της κοινωνίας μέχρι τις διαδικασίες εκπαίδευσης και διοίκησης στις σχολικές τάξεις (Gocen & Aydemir, 2020) προσφέροντας σχεδόν απεριόριστες δυνατότητες.

Όσον αφορά την εκπαίδευση, εντοπίζεται μια βαθμιαία μετάβαση από το παραδοσιακό σχολείο, με τις στατικές τάξεις και την κυριαρχία της δασκαλοκεντρικής προσέγγισης, σε πιο δυναμικά, ευέλικτα και εξατομικευμένα μαθησιακά περιβάλλοντα (Zhao, 2024). Αυτή η μετάβαση θα είναι ενδεικτική αξιοσημείωτης προόδου στο πλαίσιο των εκπαιδευτικών πρακτικών (Aristanto et al., 2023). Στα νέα περιβάλλοντα μάθησης, η ηλικία ή το πρόγραμμα δεν λογίζονται ως εμπόδιο. Η κινητήριος δύναμη είναι η περιέργεια και η ικανότητα, καθώς αποτελούν τα στοιχεία που κατευθύνουν την πορεία της μάθησης και οι δάσκαλοι πλέον είναι συνεργάτες και εμψυχωτές των παιδιών στην προσπάθειά τους να ανακαλύψουν τη γνώση(Zhao, 2024).

Η πρωτοβάθμια εκπαίδευση, το πρώτο στάδιο από το οποίο περνά ο άνθρωπος, πλέον με την ενσωμάτωση πρωτοπόρων τεχνολογικών εφαρμογών, αποσκοπεί στην καλλιέργεια

[1]Εκπαιδευτικός ΠΕ70, Μεταπτυχιακό στην Ειδική Αγωγή, στη Διαπολιτισμική Εκπαίδευση και στην Τεχνογλωσσία
[2]Εκπαιδευτικός ΠΕ70, Διευθύντρια στο 44ο Δ.Σ. Πειραιά

δεξιοτήτων, οι οποίες είναι αναγκαίες για τον ψηφιακό μετασχηματισμό και την ανάδειξη του ψηφιακού πολίτη του μέλλοντος. Οι αλγόριθμοι της τεχνητής νοημοσύνης και τα εκπαιδευτικά ρομπότ αποτελούν πλέον αναπόσπαστο μέρος των συστημάτων διαχείρισης μάθησης και εκπαίδευσης, προσφέροντας υποστήριξη σε ευρύ φάσμα διδακτικών και μαθησιακών δραστηριοτήτων (Wang et al., 2024).Παρέχονται, έτσι, ευκαιρίες εξατομικευμένης μάθησης, αύξηση της προσβασιμότητας για όλους τους μαθητές και χρήση του μεγάλου όγκου εκπαιδευτικών δεδομένων που παράγονται κατά τη μαθησιακή διαδικασία (Ifenthaler et al., 2024; Yusuf, 2025).

Επηρεάζεται όλο το σύστημα της εκπαίδευσης και όλα τα στάδια της μαθησιακής πορείας. Αρχής γενομένης από την παιδαγωγική προσέγγιση μέχρι την εκπαιδευτική πολιτική που εφαρμόζεται. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα Kharmigo (GPT-4 tutor), Duolingo, iFlyTek. Οι προαναφερθείσες εφαρμογές, ενσωματώνοντας την τεχνητή νοημοσύνη, έχουν τη δυνατότητα να χαρίσουν διαφορετικές εμπειρίες μάθησης, αυτόματη αξιολόγηση και έναν τρόπο μάθησης που να ανταποκρίνεται στις εξατομικευμένες ανάγκες του κάθε μαθητή (Wang et al.,2024).

Στο ίδιο μήκος κύματος κινούμενοι, οι Yue et al. (2025) υπογραμμίζουν ότι η έγκαιρη εισαγωγή της τεχνητής νοημοσύνης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση μπορεί να λειτουργήσει ενισχυτικά για τους μαθητές, παρέχοντάς τους τη δυνατότητα να καλλιεργήσουν δεξιότητες, όπως η κριτική σκέψη, ο γραμματισμός στην τεχνητή νοημοσύνη η προσαρμοστικότητα και η ηθική επίγνωση σε τεχνολογικά περιβάλλοντα. Αντιστοίχως, η UNESCO (2022) είχε επισημάνει, λίγο νωρίτερα, ότι η σύγχρονη εκπαίδευση στα πλαίσια της ανάπτυξης ενός νέου τύπου γραμματισμού, είναι απαραίτητο να μην εστιάζει αποκλειστικά στην τεχνική κατανόηση της τεχνητής νοημοσύνης, αλλά να εμπεριέχει και την ικανότητα αξιολόγησης των κοινωνικών, ηθικών και πολιτισμικών επιπτώσεών της.

Το άρθρο αυτό, λοιπόν, αποσκοπεί στο να εξετάσει τον ρόλο που μπορεί να διαδραματίσει η τεχνητή νοημοσύνη με την ενσωμάτωσή της στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ώστε να διαμορφώσει το σχολείο του μέλλοντος και να προετοιμάσει κατάλληλα τους μαθητές για την κοινωνία του μέλλοντος. Το άρθρο συντάχθηκε με γνώμονα τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα:

- Ποια είναι τα βασικά οφέλη της τεχνητής νοημοσύνης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση;
- Ποιες προκλήσεις και κίνδυνοι ανακύπτουν για μαθητές, εκπαιδευτικούς και σχολικές μονάδες;
- Ποιες στρατηγικές ενσωμάτωσης προτείνονται από τη διεθνή βιβλιογραφία, ώστε η χρήση της AI να είναι παιδαγωγικά υπεύθυνη και κοινωνικά δίκαιη;

Η εργασία οργανώνεται σε έξι ενότητες. Μετά την εισαγωγή, καταγράφεται η μεθοδολογία της αφηγηματικής ανασκόπησης που ακολουθήθηκε. Ακολούθως, αναφέρονται διεθνή παραδείγματα εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Έπειτα παρατίθενται οι ενότητες που εξετάζουν τα οφέλη, τους κινδύνους, και τις στρατηγικές ενσωμάτωσης, ενώ η εργασία ολοκληρώνεται με τα συμπεράσματα.
Το παρόν άρθρο στηρίζεται στη μεθοδολογία της αφηγηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Ο λόγος επιλογής της μεθόδου είναι ότι το αντικείμενο της μελέτης —η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση— αναλύεται σε μία εκτενή βιβλιογραφία, η οποία συνδυάζει παιδαγωγικές, τεχνολογικές, κοινωνικές και ηθικές προσεγγίσεις.

Η αναζήτηση της βιβλιογραφίας έγινε στις βάσεις Scholar google και Scopus. Παράλληλα, μελετήθηκαν επίσημες εκθέσεις διεθνών οργανισμών, όπως UNESCO και OECD. Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν είναι: “Artificial Intelligence in Education (AIED)”, “AI

literacy", "primary education / elementary school","pedagogical strategies for AI". Προκειμένου να γίνει επιλογή των άρθρων χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα κριτήρια:

- επιστημονικά άρθρα δημοσιευμένα από το 2018–2025,
- μελέτες που αφορούν αποκλειστικά την πρωτοβάθμια εκπαίδευση,
- έρευνες που εξετάζουν οφέλη, κινδύνους ή στρατηγικές χρήσης της AI,
- άρθρα που παρέχουν θεωρητική, παιδαγωγική ή πολιτική προσέγγιση,
- εφαρμογές με επιβεβαιωμένη εκπαιδευτική χρήση

Η ανάλυση των πηγών έγινε με θεματική κατηγοριοποίηση, οργανωμένη γύρω από τέσσερις κύριους άξονες:

- Παραδείγματα εφαρμογών της ΤΝ στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση
- Οφέλη για μαθητές, εκπαιδευτικούς και εκπαιδευτικά συστήματα
- Κίνδυνοι και προκλήσεις
- Στρατηγικές ενσωμάτωσης και παιδαγωγικές προσεγγίσεις

2. Παραδείγματα χρήσης τεχνητής νοημοσύνης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση παγκοσμίως

Σε αρκετές χώρες σε όλον τον κόσμο έχει αρχίσει δειλά δειλά η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στα σχολεία στα πλαίσια καινοτόμων πρωτοβουλιών. Οι εφαρμογές αυτές επικεντρώνονται σε τρεις βασικούς άξονες: εξατομικευμένη μάθηση, εκπαιδευτική ρομποτική και συστήματα υποστήριξης διδασκαλίας.

Από το 2017, στην Κίνα, στα πλαίσια του κρατικού σχεδίου ανάπτυξης, που τιτλοφορείται «New Generation Artificial Intelligence Development Plan», η τεχνητή νοημοσύνη εντάχθηκε στην εκπαίδευση. Από τα πρώτα κιόλας χρόνια φοίτησης τους οι μαθητές στο σχολείο έρχονται σε επαφή με τις εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης, ώστε να αποκτήσουν βασικές δεξιότητες και να δημιουργηθεί εξελικτικά το μελλοντικό επιστημονικό ανθρώπινο δυναμικό που θα είναι σε θέση να συμβάλει με τη σειρά του στην ανάπτυξη της κοινωνίας (Yue et al., 2025). Η Κίνα, προκειμένου να γίνει ο παγκόσμιος ηγέτης στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης ως το 2030, αποσκοπεί μέχρι το 2025, να εντάξει στο εκπαιδευτικό σύστημα την τεχνητή νοημοσύνη, αρχής γενομένης από τα δημοτικά και συνεχίζοντας στα γυμνάσια έως τα πανεπιστήμια (Yue et al., 2025).

Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, αναπτύχθηκε το πλαίσιο «Five Big Ideas» πρωτοβουλία του αμερικάνικου έργου AI4K12, που υλοποιείται με την υποστήριξη του National Science Foundation. Χάρη σ' αυτό επιχειρείται η εισαγωγή της τεχνητής νοημοσύνης απ'το νηπιαγωγείο (Touretzky et al., 2019). Προχωρά μέχρι την Β δημοτικού τονίζοντας τη σπουδαιότητα της πρώιμης επαφής με την τεχνητή σημασία για αύξηση του βαθμού της κατανόησής της (Yue et al., 2025). Τα εργαλεία μάθησης που αποτέλεσαν εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης και αξιοποιήθηκαν σ' αυτήν την έρευνα είναι το Google Quick Draw και το Google Teachable Machine. Αποτέλεσμα αυτής της αξιοποίησης ήταν οι μαθητές να μην επιλύουν μόνο προβλήματα με τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης αλλά να αναπτύσσουν και λογισμούς σχετικά με τις επιπτώσεις της στην κοινωνία (Yue et al., 2025).
Σε ευρωπαϊκές χώρες, όπως είναι η Φινλανδία εφαρμόζονται από το Δημοτικό σχολείο ακόμη, πιλοτικά προγράμματα. Στη Φινλανδία, λόγου χάρη, αυτή η εισαγωγή της τεχνητής νοημοσύνης επιτυγχάνεται μέσα από μαθήματα STEM, καθώς, όπως επισημαίνουν οι μαθητές της Ε' και της ΣΤ΄ Δημοτικού, που αποτελεί μια μορφή πιο δομημένης εκπαίδευσης ενώ, παράλληλα, εκπαιδεύει τους εκπαιδευτικούς με πλατφόρμες, όπως η Elements of AI (Mertala, 2022; Walter, 2024).

3. Οφέλη της Τεχνητή Νοημοσύνης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση

Η τεχνητή νοημοσύνη στον χώρο της εκπαίδευσης αποτελεί έναν κλάδο που εξελίσσεται ταχύτατα. Περιλαμβάνει διάφορες τεχνολογίες που στοχεύουν στην ενίσχυση της αποτελεσματικότητας της μάθησης και της εκπαιδευτικής διαχείρισης (Yusuf, 2025) με χαρακτηριστικότερες τη μηχανική μάθηση, την επεξεργασία φυσικής γλώσσας, τα προσαρμοστικά μαθησιακά περιβάλλοντα και τα ευφυή εκπαιδευτικά ρομποτικά συστήματα. Οι εφαρμογές αυτές στοχεύουν στο να ενισχύσουν την ποιότητα της μάθησης, να προωθήσουν την εξατομίκευση της διδασκαλίας και στο να κάνουν πιο εύκολη και απλή τη σχολική διοίκηση (Wang et al., 2024). Η έλλογη και ορθή αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης, λοιπόν, στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση συνιστά παράγοντα βελτίωσης και αναβάθμισης της ποιότητας της μαθησιακής διαδικασίας. «*Στο μεταβαλλόμενο τοπίο της εκπαίδευσης, η ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης αποτελεί μια μετασχηματιστική αλλαγή, καθορίζοντας μια νέα εποχή στη μάθηση και τις διδακτικές μεθόδους*» (Walter, 2024*).*

Στον κλάδο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, ένα από τα βασικότερα οφέλη είναι η διαμόρφωση βιωματικών και διαδραστικών μαθησιακών περιβαλλόντων όπου οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά. Η αξιοποίηση τεχνολογιών, όπως, ενδεικτικά, η επαυξημένη και εικονική πραγματικότητα (AR/VR), τα μαθησιακά παιχνίδια και οι ψηφιακοί βοηθοί (voice assistants) εντάσσουν τους μαθητές σε μια πιο ενεργή εμπλοκή και δίνουν μία άλλη διάσταση στη διδασκαλία. Όλα τα παραπάνω επιτρέπουν στους μαθητές να εξερευνούν αφηρημένες έννοιες με απτούς και διαδραστικούς τρόπους (Pratama, 2022). Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του HelloHistory που, κατά κάποιον τρόπο, δημιουργεί έναν δίαυλο επικοινωνίας ανάμεσα στους μαθητές και διάφορες ιστορικές προσωπικότητες, με τη βοήθεια ενός εξατομικευμένου και διαδραστικού περιβάλλοντος διδασκαλίας (Walter, 2024).

Ένα επιπλέον όφελος είναι η εξατομίκευση της μάθησης, η οποία επιτυγχάνεται μέσω προσαρμοστικών συστημάτων που αναλύουν τον ρυθμό, τις ανάγκες και τις ικανότητες κάθε μαθητή και προσαρμόζουν ανάλογα το μαθησιακό υλικό (Zhao, 2024). Ενδεικτικό παράδειγμα συνιστούν πλατφόρμες, όπως το DreamBox Learning και το Century Tech που παρέχουν μαθήματα μαθηματικών διαφοροποιημένα ανάλογα με τις δυνατότητες των μαθητών (Chamunyonga et al., 2020). Επιπλέον, εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες μπορούν να δημιουργηθούν και με εφαρμογές όπως το chat GPT, προσαρμοσμένες όχι μόνο στις ακαδημαϊκές ανάγκες αλλά και στο στυλ, τον ρυθμό και τις προτιμήσεις κάθε μαθητή (Walter, 2024). Μέσω AIED επιτυγχάνεται προσαρμοστική μάθηση, η οποία έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει τα αποτελέσματα των μαθητών κατά 62%, ενώ η χρήση AI γενικά αυξάνει την απόδοση των μαθητών κατά 30% και μειώνει το άγχος κατά 20% (Wang et al., 2024). Γενικότερα, θα επιτρέψει στους μαθητές να ανακαλύψουν τα ταλέντα τους, θα ενισχύσει τη δημιουργικότητά τους (Gocen & Aydemir, 2020).

Ακόμη, συμβάλλει στη βελτίωση της εκπαιδευτικής αξιολόγησης και της διοίκησης προσφέροντας εργαλεία ανάλυσης μεγάλων δεδομένων που υποστηρίζουν την εξατομικευμένη ανατροφοδότηση και την επισκόπηση της μαθησιακής πορείας (Ifenthaler et al., 2024). Τα ευφυή συστήματα διδασκαλίας μπορούν να παρακολουθούν και να διαγιγνώσκουν την πρόοδο των μαθητών, παρέχοντας εξατομικευμένη ανατροφοδότηση και καθοδήγηση (Wang et al., 2024).

Χάρη σ' αυτά τα εργαλεία δίνεται η δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να διαμορφώσουν μια εικόνα για την πρόοδο των μαθητών που διαμορφώνεται εξελικτικά και σταδιακά, να προβλέψουν τον κίνδυνο σχολικής διαρροής και να τροποποιήσουν το διδακτικό περιεχόμενο με τέτοιο τρόπο ώστε να ανταποκρίνεται στις δυνατότητες του κάθε μαθητή (Ifenthaler et al., 2024; Yusuf, 2025). Ακόμη, οι βοηθοί που υποστηρίζονται από AI (δευτερεύοντες διδάσκοντες) θα μειώσουν τον χρόνο που ξοδεύεται σε επαναλαμβανόμενες διαδικασίες, επιτρέποντας στους δασκάλους να επικεντρωθούν στην καθοδήγηση των μαθητών και στην

προσωπική επικοινωνία (Gocen & Aydemir, 2020). Με αυτόν τον τρόπο θα μειώσει τον φόρτο εργασίας τους (Gocen & Aydemir, 2020).

Εξίσου σημαντική είναι η προώθηση της συμπερίληψης μέσω της επικουρικής λειτουργίας της τεχνητής νοημοσύνης σε μαθητές με ειδικές ανάγκες. Η αξιοποίηση εργαλείων, όπως η αναγνώριση ομιλίας, οι διερμηνείς νοηματικής γλώσσας και τα εργαλεία οπτικοακουστικής ενίσχυσης βοηθούν τους μαθητές με ειδικές ανάγκες να αποκτήσουν πρόσβαση σε εξατομικευμένο εκπαιδευτικό περιεχόμενο και γενικότερα να έχουν τη δυνατότητα να συμμετέχουν ισότιμα με τους υπόλοιπους μαθητές στην εκπαιδευτική διαδικασία (Walter, 2024) εμπλουτίζοντας, έτσι, τόσο τη μαθησιακή τους εμπειρία όσο και την καθημερινή τους ζωή (Zawacki-Richter et al., 2019).

Οι μαθητές που πιθανότατα αντιμετωπίζουν προβλήματα και δυσκολεύονται να ακολουθήσουν την ίδια πορεία με τους υπόλοιπους μαθητές σε ένα συμβατικό περιβάλλον τάξης μπορούν πλέον να ευεργετηθούν από την ικανότητα της Τεχνητής Νοημοσύνης να προσαρμόζει το περιεχόμενο στις συγκεκριμένες ανάγκες τους, υπερκεράζοντας, μ' αυτόν τον τρόπο, τα εμπόδια στη μάθηση και προωθώντας ένα πιο συμπεριληπτικό εκπαιδευτικό περιβάλλον (Rakap, 2023).

Το γεγονός ότι δίνεται η δυνατότητα, χάρη στην τεχνητή νοημοσύνη, της έγκαιρης παρέμβασης σε μαθησιακές δυσκολίες είναι ένα άλλο αξιοσημείωτο όφελος. Οι εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να συλλέξουν δεδομένα, να τα αναλύσουν και να τα αξιολογήσουν, ώστε να είναι σε θέση να εντοπίζουν αλλαγές στην επίδοση των μαθητών και να παρέχουν στους εκπαιδευτικούς τη σχετική ενημέρωση, ώστε να σχεδιάσουν την κατάλληλη παρέμβαση έγκαιρα (Gillani et al., 2023). Παράλληλα, χάρη στα κατάλληλα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, δίνεται και στους μαθητές η ανάλογη ανατροφοδότηση ώστε να είναι σε θέση να αναστοχάζονται πάνω στη μάθησή τους και να διορθώνουν ό,τι δε τους ικανοποιεί (Ifenthaler et al., 2024).

Γενικότερα, μπορεί να πει κανείς ότι οι δυνατότητες που προσφέρει η AI σε εκπαιδευτικούς οργανισμούς περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων τη διεύρυνση της πρόσβασης στην εκπαίδευση, την αύξηση της επιτυχίας των μαθητών, τη βελτίωση της διατήρησης των μαθητών, τη μείωση του κόστους και του χρόνου φοίτησης (Ifenthaler et al., 2024). Η τεχνητή νοημοσύνη στην εκπαίδευση δεν αποτελεί μόνο ένα εργαλείο, αλλά μια κινητήρια δύναμη που επιφέρει μια μετασχηματιστική αλλαγή του μαθησιακού οικοσυστήματος, όχι μόνο ως προς το περιεχόμενο αλλά και ως προς τις μεθόδους διδασκαλίας, τα συστήματα αξιολόγησης και τη σχολική επικοινωνία, εγκαινιάζοντας μια νέα εποχή για τη μάθηση και τη διδασκαλία (Chassignol et al., 2018; Owoc et al., 2021).Έτσι, η πρόκληση στην εποχή μας δεν είναι μόνο η τεχνολογική ενσωμάτωση, αλλά η ουσιαστική συνεργασία ανθρώπου και μηχανής, με στόχο την ενίσχυση της κριτικής σκέψης του μαθητή με τον κατάλληλο ηθικό προσανατολισμό (Yim & Su, 2025).

Παρότι τα οφέλη της ΤΝ παρουσιάζονται εκτενώς στη διεθνή βιβλιογραφία, η έρευνα που αφορά αποκλειστικά μαθητές δημοτικού παραμένει περιορισμένη. Οι περισσότερες μελέτες βασίζονται σε μικρές πιλοτικές εφαρμογές, χωρίς επαρκή δεδομένα για τον μακροπρόθεσμο αντίκτυπο της ΤΝ στη μάθηση, την κοινωνικοσυναισθηματική ανάπτυξη ή την ισότητα πρόσβασης. Επιπλέον, συχνά απουσιάζουν συγκριτικές μελέτες που να αποδεικνύουν την ανωτερότητα της ΤΝ έναντι παραδοσιακών μεθόδων. Επομένως, απαιτείται εκτενέστερο ερευνητικό έργο για να αξιολογηθεί η πραγματική της συμβολή στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

4. Κίνδυνοι απ' τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης

Αναμφίβολα, η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση έχει προσφέρει πολλές δυνατότητες. Όμως, υπάρχουν και αρκετές προκλήσεις που είναι υψίστης σημασίας να ληφθούν υπόψιν, πριν την εφαρμογή της, που άπτονται ζητημάτων τεχνολογικής, ηθικής, κοινωνικής και παιδαγωγικής φύσεως. Παρά την ευρεία διάδοσή της, η εκπαίδευση στον ψηφιακό γραμματισμό AI για μικρούς μαθητές βρίσκεται ακόμη σε αρχικό στάδιο και στερείται σαφούς ορισμού για την αποτελεσματική εφαρμογή της (Yim & Su, 2025) και γι' αυτό εγείρονται αρκετές ανησυχίες.

Μία από τις βασικές ανησυχίες αφορά την προστασία προσωπικών δεδομένων των μαθητών. Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης στηρίζονται στη διαρκή συλλογή και ανάλυση δεδομένων των μαθητών, γεγονός που εγείρει ανησυχία σχετικά με το αν υπάρχει κίνδυνος να διασαλευτεί η ιδιωτικότητα και η ασφάλεια των πληροφοριών αυτών (Ifenthaler et al., 2024). Η μη ύπαρξη διαφάνειας που χαρακτηρίζει πολλές φορές τους αλγόριθμους, εντείνει την ανησυχία διαταράσσοντας την εμπιστοσύνη εκπαιδευτικών και γονέων σε αυτές τις εφαρμογές. Οι μαθητές, παρόλο που έρχονται καθημερινά σ' επαφή με εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης, δεν έχουν αποκτήσει τον κατάλληλο ψηφιακό γραμματισμό ώστε να συνειδητοποιούν θέματα ιδιωτικότητας, ηθικής και ασφάλειας που ανακύπτουν. Γι' αυτό είναι κρίσιμο να οικοδομηθεί η κατάλληλη μορφή εκπαίδευσης (Mertala et al., 2022).

Ένα, επίσης, καίριο ζήτημα αποτελεί η ενίσχυση κοινωνικών ανισοτήτων, λόγω της αλγοριθμικής μεροληψίας. Η προκατάληψη των αλγορίθμων αποτελεί πρόβλημα στη χρήση της AI στην εκπαίδευση. Η προκατάληψη μπορεί να εμφανιστεί σε όλα τα στάδια της μηχανικής μάθησης, επιφέροντας άδικα αποτελέσματα (Suresh & Guttag, 2021) Εξαιτίας αυτού, τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης παράγουν, συστηματικά, αποτελέσματα που δεν προέρχονται από το σύνολο του μαθητικού πληθυσμού ούτε και το αντιπροσωπεύουν και στηρίζονται σε έναν ιδιαίτερο τρόπο σχεδίασης και εκπαίδευσης των μοντέλων για συγκεκριμένες κοινωνικές ή πολιτισμικές ομάδες, ενισχύοντας τις υπάρχουσες ανισότητες (Baker & Hawn, 2021; OECD, 2023).

Άλλη μία πρόκληση, που δυστυχώς παραμένει άλυτη, είναι η άνιση αντιμετώπιση των σχολείων, μιας και αρκετά σχολεία, ιδίως όσα στεγάζονται σε αγροτικές ή υποβαθμισμένες περιοχές, δεν έχουν τη δυνατότητα πρόσβασης σε σταθερό διαδίκτυο, αλλά επίσης δεν είναι εφοδιασμένα και με τον απαραίτητο εξοπλισμό (Yusuf, 2025). Με αυτόν τον τρόπο, κάποια σχολεία, εκ των πραγμάτων, αποκλείονται από κάποιες ευεργετικές συνέπειες που φέρνουν οι εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης, υστερώντας έτσι σε σχέση με άλλα σχολεία που έχουν τη δυνατότητα αξιοποίησης αυτών των εφαρμογών.

Παράλληλα, η έλλειψη επαρκούς επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών σχετικά με την κατάλληλη αξιοποίηση αυτών των εφαρμογών στην εκπαιδευτική διαδικασία συνιστά ένα ακόμη σημαντικό εμπόδιο. Πολλοί δάσκαλοι εκφράζουν ανασφάλεια και αμφιβολία απέναντι στη χρήση και την αποτελεσματικότητα της παιδαγωγικής αξιοποίησης των εργαλείων τεχνητής νοημοσύνης και την καταλληλότητα των μεθόδων αξιολόγησης (Ng et al., 2021). και λόγω της μη παροχής σ' αυτούς των απαραίτητων, με πλήρη σαφήνεια διατυπωμένων οδηγιών, αποφεύγουν την αξιοποίησή τους. Σε αυτό, προστίθεται και η έλλειψη σαφούς προσδιορισμένου περιεχομένου κατάλληλου για την ηλικία των μαθητών και τυποποιημένων αναλυτικών προγραμμάτων (Gong et al., 2020).

Επιπροσθέτως, εντοπίζεται ο κίνδυνος οι μαθητές να εθιστούν στην αξιοποίηση των βοηθών και διαφόρων πλατφορμών. Αυτό το ζήτημα είναι πολύ κρίσιμο, ιδιαίτερα για τις μικρές ηλικίες, καθώς έτσι περιορίζεται η δυνατότητα ανάπτυξης της δικής τους κριτικής σκέψης(Walter, 2024) αλλά και ανθρώπινη επαφή με άμεση συνέπεια την αποδυνάμωση της συναισθηματικής και κοινωνικής τους ανάπτυξης (Gocen & Aydemir, 2020) και τη μετατροπή του σχολείου σε απρόσωπο περιβάλλον. Άρα η ανάπτυξη μηχανιστικής σκέψης

στους ανθρώπους, με καταπίεση της διαισθητικής γνώσης και ενίσχυση μιας ωφελιμιστικής ή πραγματιστικής προσέγγισης είναι μια σοβαρή ανησυχία (Gocen & Aydemir, 2020).

Η πολυπλοκότητα των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης(«μαύρο κουτί») είναι μια επιπρόσθετη απειλή. Όλοι οι εμπλεκόμενοι -εκπαιδευτικοί, γονείς και ακόμα και οι ίδιοι οι σχεδιαστές-συχνά δυσκολεύονται να αντιληφθούν πώς λαμβάνονται οι αποφάσεις, γεγονός που δυσχεραίνει τη λογοδοσία και την παιδαγωγική εποπτεία (Gillani et al., 2023).

Τέλος, σημαντική πρόκληση αποτελεί η έλλειψη ρυθμιστικών και θεσμικών πλαισίων που να καθορίζουν με σαφήνεια τους όρους χρήσης της ΤΝ στην εκπαίδευση. Η απουσία νομοθετικών μηχανισμών ελέγχου και λογοδοσίας αφήνει μεγάλα περιθώρια αβεβαιότητας για την ασφάλεια των μαθητών (OECD, 2023).

Παρότι οι κίνδυνοι αναφέρονται εκτενώς, η βιβλιογραφία παρουσιάζει σημαντικές ελλείψεις. Πολλές μελέτες επικεντρώνονται σε θεωρητικές ανησυχίες χωρίς εμπειρική τεκμηρίωση. Παρατηρείται επίσης έλλειψη συντονισμένων, διεθνώς εφαρμοσμένων πλαισίων που να προσφέρουν ενιαίες οδηγίες για την ασφαλή χρήση της ΤΝ στο δημοτικό. Έτσι, παρόλο που η έρευνα αναδεικνύει τους κινδύνους, δεν προτείνει επαρκώς δοκιμασμένες λύσεις, γεγονός που καταδεικνύει την ανάγκη για πιο στοχευμένη εμπειρική μελέτη.

5. Στρατηγικές Ενσωμάτωσης της τεχνητής νοημοσύνης στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Προκειμένου να ενσωματωθεί αποτελεσματικά η τεχνητή νοημοσύνη στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, κρίνεται αναγκαία μια ολιστική προσέγγιση που συνδυάζει παιδαγωγική ευελιξία, κατάλληλη οργάνωση και τεχνολογικό εξοπλισμό.

Εκ των ων ουκ άνευ, είναι η ουσιαστική επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, ώστε να έχουν την ικανότητα να γνωρίζουν, όχι μόνο τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτών των εφαρμογών, αλλά και τις ηθικές, κοινωνικές και παιδαγωγικές τους προεκτάσεις. Τα προγράμματα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών πρέπει να ενισχυθούν ώστε οι δάσκαλοι να μπορούν να ενσωματώνουν αποτελεσματικά τα εργαλεία AI στη διδακτική τους πρακτική (Yusuf, 2025)Μέσα από την διοργάνωση σεμιναρίων, τη δημιουργία εκπαιδευτικών δικτύων, καθώς και την ανάπτυξη ουσιαστικής συνεργασίας με ειδικούς στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης (Walter, 2024) θα ήταν πιο εύκολος ο ρόλος των εκπαιδευτικών.

Επιπλέον, όσον αφορά το αναλυτικό πρόγραμμα, θα ήταν καίριας σημασίας η ένταξη πλαισίων όπως το AI4K12,το SAILD και το SEAME. Το AI4K12 περικλείει τις πέντε βασικές ιδέες της τεχνητής νοημοσύνης-αντίληψη, αναπαράσταση, μάθηση, φυσική αλληλεπίδραση και κοινωνικός αντίκτυπος-, προσαρμοσμένες στη βαθμίδα του δημοτικού (Touretzky et al., 2019). Αντίστοιχα, το SAILD παρακινεί τους μαθητές και τις μαθήτριες να δημιουργούν λύσεις για αυθεντικά προβλήματα, ενισχύοντας έτσι την εμπλοκή τους με την τεχνητή νοημοσύνη (Yue et al., 2025). Το SEAME συμβάλλει στην καλύτερη ομαδοποίηση των μαθησιακών στόχων και των πόρων που αφορούν στην τεχνητή νοημοσύνη, δίνοντας έμφαση σε κοινωνικές και ηθικές πτυχές (Wright, 2018). Η ενσωμάτωση αυτών των πλαισίων, όπως και η ανάπτυξη πολιτικών που θα υποστηρίζουν την εγγραμματοσύνη στην AI και στα δεδομένα μέσω αναμόρφωσης του αναλυτικού προγράμματος μπορεί να καταστεί πολύ βοηθητική (Ifenthaler et al., 2024).

Έναν άλλο τρόπο για να ενισχυθεί η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης αποτελεί η εφαρμογή διαφόρων μεθοδολογιών που στηρίζονται στη δράση και τη συνεργασία. Συγκεκριμένα παραδείγματα είναι η μάθηση μέσω έργου (project-based learning), η μάθηση μέσω σχεδιασμού (design-based learning) και η εκπαιδευτική ρομποτική (Πάλιουρας, 2020). Με αυτές τις μεθόδους οι μαθητές εξοικειώνονται με τις εφαρμογές της. Σε αυτό το πλαίσιο,

καλό θα ήταν να σχεδιαστούν εφαρμογές που συναρπάζουν τόσο τους γονείς όσο και τα παιδιά (ιδίως στη προσχολική και πρωτοβάθμια εκπαίδευση) (Wang et al., 2024). Μάλιστα, έχει επισημανθεί ότι η θεωρία του κονστρουκτιβισμού και το μοντέλο ARCS (Προσοχή, Σχετικότητα, Αυτοπεποίθηση, Ικανοποίηση) αποτελούν αποτελεσματικά πλαίσια σχεδιασμού προγραμμάτων ψηφιακού γραμματισμού στην τεχνητή νοημοσύνη (Yim &Su, 2025).

Εξίσου σημαντικό, θα ήταν, επίσης, να λειτουργεί ως διαθεματικό εργαλείο μάθησης. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσε να εμπλουτίσει και να ενισχύσει τα διάφορα γνωστικά αντικείμενα. Εργαλεία, όπως τα Teachable Machine, HelloHistory, Perplexity AI, Desmos προβάλλουν τον τρόπο με τον οποίο η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να ενδυναμώσει τη γνώση, καθιστώντας το μάθημα πιο κατανοητό και προσιτό για όλους (Walter, 2024).

Επιπροσθέτως, τα σχολεία και όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς έχουν χρέος να υιοθετήσουν τις αρχές ART (Λογοδοσία, Ευθύνη, Διαφάνεια) κατά την εφαρμογή συστημάτων AI, ώστε να διασφαλίζεται η υπεύθυνη, διαφανής και ερμηνεύσιμη χρήση τους (Ifenthaler et al., 2024).

Τέλος, καθοριστικός παράγοντας είναι η διεπιστημονική συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων φορέων, όπως γονείς, μαθητές, εκπαιδευτικοί, ψυχολόγοι, ειδικοί υπολογιστικών εφαρμογών (Gocen & Aydemir, 2020; Wang et al., 2024; Walter, 2024; Luckin, 2016), καθώς και η αντιμετώπιση των κενών σε υποδομές, των οικονομικών φραγμών (Yusuf, 2025). Μόνο μέσα από συλλογική προσπάθεια και μείωση οικονομικών και υποδομικών αποκλίσεων μπορεί η ΤΝ να ενσωματωθεί με βιώσιμο και ισότιμο τρόπο.

Οι περισσότερες απ'τις στρατηγικές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, παραμένουν σε θεωρητικό επίπεδο. Αξιοσημείωτο είναι ότι οι στρατηγικές που παρουσιάζονται ,προέρχονται κυρίως από χώρες με τεχνολογική ανάπτυξη, γεγονός που δημιουργεί σκέψεις για τη δυνατότητα εφαρμογής τους σε χώρες με περιορισμένους πόρους. Τέλος, κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση επισημαίνεται η ανάγκη επιμόρφωσης εκπαιδευτικών, διαθεματικότητας και ηθικών πλαισίων, αλλά δεν παρέχονται ακόμη επαρκή στοιχεία για τις συνθήκες όπου αυτές οι στρατηγικές είναι πραγματικά αποτελεσματικές.

6. Συμπεράσματα και προτάσεις

Η Τεχνητή Νοημοσύνη έχει τη δυνατότητα να μετασχηματίσει την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ενισχύοντας την εξατομίκευση της μάθησης, την ενεργό συμμετοχή και τη συμπερίληψη (Wang et al., 2024). Ωστόσο, ο μετασχηματισμός αυτός δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς την αντιμετώπιση μια σειράς κρίσιμων προκλήσεων, όπως οι ανισότητες πρόσβασης, η αδιαφάνεια των αλγορίθμων, η προστασία των δεδομένων και η ελλιπής επιμόρφωση των εκπαιδευτικών (Ifenthaler et al., 2024).

Προκειμένου να διασφαλιστεί μια ισορροπημένη και υπεύθυνη εφαρμογή της ΤΝ, είναι αναγκαίο να υιοθετηθούν ολοκληρωμένα θεσμικά πλαίσια, να ενισχυθεί η παιδαγωγική και τεχνολογική επάρκεια των εκπαιδευτικών και να καλλιεργηθούν οι δεξιότητες κριτικής αξιολόγησης της τεχνολογίας στους μαθητές (Yue et al., 2025).

Η ΤΝ δεν πρέπει να αντικαταστήσει τον εκπαιδευτικό, αλλά να λειτουργήσει συμπληρωματικά, με στόχο την ενίσχυση της μάθησης και τη δημιουργία ενός πλούσιου, ασφαλούς και δημοκρατικού μαθησιακού περιβάλλοντος. Με την κατάλληλη υποδομή, επιμόρφωση και συνεργασία όλων των φορέων, η ενσωμάτωση της ΤΝ μπορεί να αποτελέσει μοχλό ποιοτικής αναβάθμισης της εκπαίδευσης και να συμβάλει στη διαμόρφωση πολιτών ικανούς να συμμετέχουν κριτικά και υπεύθυνα σε μια κοινωνία που μεταβάλλεται διαρκώς.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Aristanto, A., Supriatna, E., Panggabean, H. M., Apriyanti, E., Hartini, H., Sari, N. I., & Kurniawati, W. (2023). The role of Artificial Intelligence (AI) at school learning. *Consilium: Education and Counseling Journal, 3*(2).

Baker, T., & Hawn, A. (2021). Algorithmic bias in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 31*, 1052–1092. https://doi.org/10.1007/s40593-021-00285-9

Chamunyonga, J., Zhao, Y., & Phiri, R. (2020). Trends, opportunities, and challenges of artificial intelligence in elementary education. *Journal of Integrated Elementary Education, 5*(1), 134–147. https://doi.org/10.21580/jieed.v5i1.25594

Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2018). Artificial intelligence trends in education: A narrative overview. *Procedia Computer Science, 136*, 16–24. https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.233

Gillani, N., Eynon, R., Chiabaut, C., & Finkel, K. (2023). Unpacking the black box of AI in education. *Educational Technology & Society, 26*(1), 99–111. https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.01602

Gocen, A., & Aydemir, F. (2020). Artificial intelligence in education and schools. *Research on Education and Media, 12*, 13–21. https://doi.org/10.2478/rem-2020-0003

Gong, X., Tang, Y., Liu, X., Jing, S., Cui, W., Liang, J., & Wang, F. Y. (2020). K-9 artificial intelligence education in Qingdao: Issues, challenges and suggestions. In *2020 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)* (pp. 1–6). IEEE.

Ifenthaler, D., Majumdar, R., Gorissen, P., Judge, M., Mishra, S., Raffaghelli, J., & Shimada, A. (2024). Artificial intelligence in education: Implications for policymakers, researchers, and practitioners. *Technology, Knowledge and Learning, 29*, 1693–1710. https://doi.org/10.1007/s10758-024-09747-0

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson.

Mertala, P., Fagerlund, J., & Calderon, O. (2022). Finnish 5th and 6th grade students' pre-instructional conceptions of artificial intelligence (AI) and their implications for AI literacy education. https://doi.org/10.35542/osf.io/38e4x

Ng, A. (2017). Artificial intelligence is the new electricity. *Coursera*.

Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 2*, 100041. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041

OECD. (2023). *Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/a6c90fa9-en

Owoc, M. L., Sawicka, A., & Weichbroth, P. (2021). Artificial intelligence technologies in education: Benefits, challenges and strategies of implementation. In *Computational Science and Applications*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85001-2_4

Παλιούρας, Α. (2020). Project Based Learning & STEM: Μια διαθεματική συνεργασία σε έργο Ρομποτικής. *Έρκυνα, 21*, 79–88. https://erkyna.gr/e_docs/periodiko/dimosieyseis/ekpaideytika/t21-06.pdf

Pratama, B. A., Sucipto, S., & Nanda Hanief, Y. (2022). Improving learning in physical education: Augmented reality mobile app-based for fundamental motor skill. *Journal Sportif: Jurnal Penelitian Pembelajaran, 8*(2), 314–326. https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v8i2.18508

Rakap, S. (2023). Chatting with GPT: Enhancing individualized education program goal development for novice special education teachers. *Journal of Special Education Technology*. https://doi.org/10.1177/01626434231211295

Suresh, H., & Guttag, J. (2021). A framework for understanding sources of harm throughout the machine learning life cycle. In *EAAMO '21: Proceedings of the 1st ACM Conference on Equity and Access in Algorithms, Mechanisms, and Optimization* (Article 17, 1–9). ACM. https://doi.org/10.1145/3465416.3483305

Touretzky, D. S., Gardner-McCune, C., Martin, F., & Seehorn, D. (2019). Envisioning AI for K-12: What should every child know about AI? *AI Magazine, 40*(4), 5–14.

UNESCO. (2022). *Artificial intelligence and education: Guidance for policymakers*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709

Walter, Y. (2024). Embracing the future of artificial intelligence in the classroom. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 21*(15). https://doi.org/10.1186/s41239-024-00448-3

Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T., & Du, Z. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications, 252*, 124167. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167

Wartman, S. A., & Combs, C. D. (2018). Medical education must move from the information age to the age of artificial intelligence. *Academic Medicine, 93*(8), 1107–1109. https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000002044

Wright, D. B. (2018). A framework for research on education with technology. *Frontiers in Education, 3*, 21. https://doi.org/10.3389/feduc.2018.00021

Yim, I. H. Y., & Su, J. (2025). Artificial intelligence literacy education in primary schools: A review. *International Journal of Technology and Design Education*. https://doi.org/10.1007/s10798-025-09979-w

Yue, M., Jong, M. S. Y., Dai, Y., & Lau, W. W. F. (2025). Students as AI literate designers: A pedagogical framework for learning and teaching AI literacy in elementary education. *Journal of Research on Technology in Education*, 1–22. https://doi.org/10.1080/15391523.2025.2449942

Yusuf, F. A. (2025). Trends, opportunities, and challenges of artificial intelligence in elementary education: A systematic literature review. *Journal of Integrated Elementary Education, 5*(1), 109–127. https://doi.org/10.21580/jieed.v5i1.25594

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16*(1), 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

Zeide, E. (2019). Artificial intelligence in higher education: Applications, promise and perils, and ethical questions. *EDUCAUSE Review, 54*(3), 21–39.

Zhao, Y. (2024). Artificial intelligence and education: End the grammar of schooling. *ECNU Review of Education, 8*(1), 3–20. https://doi.org/10.1177/20965311241265124 (Original work published 2025)