ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2025)

14ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Η Ενσωμάτωση των ΤΠΕ στα Σχέδια Μαθημάτων Φυσικής και Πληροφορικής Μέσω Τεχνητής Νοημοσύνης: Η Περίπτωση του MagicSchool.AI

Ελένη Άννα Τζήκα, Αναστάσιος Τζήκας, Αγγελική Δημητρακοπούλου

doi: 10.12681/cetpe.9491

Βιβλιογραφική αναφορά:

Τζήκα Ε. Ά., Τζήκας Α., & Δημητρακοπούλου Α. (2026). Η Ενσωμάτωση των ΤΠΕ στα Σχέδια Μαθημάτων Φυσικής και Πληροφορικής Μέσω Τεχνητής Νοημοσύνης: Η Περίπτωση του MagicSchool.AI. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 340–349. https://doi.org/10.12681/cetpe.9491

Η Ενσωμάτωση των ΤΠΕ στα Σχέδια Μαθημάτων Φυσικής και Πληροφορικής Μέσω Τεχνητής Νοημοσύνης: Η Περίπτωση του MagicSchool.AI

Ελένη Άννα Τζήκα, Αναστάσιος Τζήκας, Αγγελική Δημητρακοπούλου
eleannat87@gmail.com, tasostzikas4@gmail.com, adimitr@aegean.gr
Εργαστήριο Μαθησιακής Τεχνολογίας και Διδακτικής Μηχανικής, Τμήμα Επιστημών της Προσχολικής Αγωγής και του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Περίληψη

Η παρούσα έρευνα εξετάζει την ενσωμάτωση των ΤΠΕ στα σχέδια μαθημάτων Φυσικής και Πληροφορικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση που δημιουργούνται μέσω της Παραγωγικής Τεχνητής Νοημοσύνης (ΠΤΝ), εστιάζοντας στην πλατφόρμα MagicSchool.AI. Βασισμένη σε παιδαγωγικές προδιαγραφές όπως η Διερευνητική Μάθηση, η Διεπιστημονικότητα και η STEAM, η μελέτη διερευνά τη χρήση της πλατφόρμας ως προς την αξιοποίηση των ΤΠΕ στη διδακτική πρακτική από τους εκπαιδευτικούς. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει ανάλυση περιεχομένου σχεδίων μαθημάτων που δημιουργήθηκαν μέσω του MagicSchool.AI, ακολουθώντας πέντε διαφορετικά στάδια προτροπών, τα οποία ενεργοποιούν με συστηματικό τρόπο έντεκα διαφορετικά εργαλεία αυτού. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η πλατφόρμα ενσωματώνει τις ΤΠΕ σε διαφορετικό βαθμό και με διαφορετικό τρόπο στα δύο γνωστικά αντικείμενα. Παράλληλα, αναδεικνύονται προκλήσεις, όπως ανακρίβειες στο εκπαιδευτικό περιεχόμενο και περιορισμοί που σχετίζονται με τεχνικά ζητήματα. Η έρευνα καταδεικνύει ότι το MagicSchool.AI έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει τους εκπαιδευτικούς στην ενσωμάτωση των ΤΠΕ στη διδασκαλία, αναδεικνύοντας τις περιοχές που χρήζουν βελτίωσης, καθώς απαιτείται προσεκτική χρήση, κατάλληλη τεχνολογική κατάρτιση και κριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Λέξεις κλειδιά: MagicSchool.AI, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, εκπαιδευτικά GPTs, σχέδια μαθημάτων, ΤΠΕ

Εισαγωγή

Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και ιδιαίτερα της Τεχνητής Νοημοσύνης (ΤΝ) έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στην εκπαίδευση, διαμορφώνοντας νέες προοπτικές για τη διδασκαλία και τη μάθηση. Τα σύγχρονα εκπαιδευτικά συστήματα αναζητούν τρόπους αξιοποίησης των τεχνολογιών, προκειμένου να ενισχύσουν τη μαθησιακή εμπειρία και να προετοιμάσουν τους μαθητές για τις προκλήσεις του 21ου αιώνα. Στο πλαίσιο αυτό, τα συστήματα Παραγωγικής Τεχνητής Νοημοσύνης (ΠΤΝ) (Generative Artificial Intelligence - GenAI) αναδεικνύονται ως καινοτόμα εργαλεία που προσφέρουν νέες δυνατότητες ευρύτερα στο εκπαιδευτικό σύστημα (Okonkwo & Ade-Ibijola, 2021) και ιδιαίτερα στη διδασκαλία και τη μάθηση. Ένα από αυτά τα συστήματα είναι και η πλατφόρμα MagicSchool.AI. Παρά τις δυνατότητές τους, η αξιοποίηση των συστημάτων ΠΤΝ στην εκπαιδευτική διαδικασία δεν είναι απλή υπόθεση (Pons, 2023). Εκτός από τα ζητήματα ηθικής διάστασης που αναδεικνύονται (Alasadi & Baiz, 2023), απαιτούνται καλά δομημένες παιδαγωγικές προσεγγίσεις που θα διασφαλίζουν ότι η ΠΤΝ αξιοποιείται με τρόπο που προάγει την εκπαιδευτική διαδικασία και τη μάθηση (Díaz & Nussbaum, 2024) και όχι απλώς την αυτοματοποιημένη παραγωγή διδακτικού υλικού.

Η σημασία της διερεύνησης των κατάλληλων τρόπων αξιοποίησης της ΠΤΝ από εκπαιδευτικούς, στη διδακτική πρακτική έχει αναδειχθεί από πρόσφατες έρευνες. Οι Park et al. (2023) διεξήγαγαν μια μελέτη περίπτωσης σε καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που εφάρμοσαν ενότητες μαθημάτων ενσωματώνοντας την ΤΝ σε μαθητές Α' Γυμνασίου. Τα

αποτελέσματα έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν τη σημασία της ΤΝ στη διδασκαλία των επιστημών, αλλά αντιμετωπίζουν προκλήσεις στην προσαρμογή του υλικού και στην κατανόηση του περιεχομένου της ΤΝ. Επιπλέον, οι Clark et al. (2024) εξέτασαν τη χρήση του ChatGPT στη δημιουργία σχεδίων μαθημάτων και διαπίστωσαν ότι, ενώ το εργαλείο προσφέρει ποιοτικό κειμενικό υλικό και βοηθά στον εμπλουτισμό του μαθήματος, παρουσιάζει περιορισμούς στην παραγωγή οπτικών βοηθημάτων. Παρομοίως, η έρευνα του Cooper (2023) έδειξε ότι η ΠΤΝ μπορεί να συμβάλει στη δημιουργία μαθησιακών πόρων και στην αξιολόγηση των μαθητών, αλλά ενέχει κινδύνους όπως η αναπαραγωγή προκαταλήψεων και η εσφαλμένη παρουσίαση πληροφοριών.

Συμπερασματικά, η ενσωμάτωση της ΤΝ στην εκπαίδευση παρουσιάζει μεγάλες ευκαιρίες σε ό,τι αφορά την υποστήριξη των εκπαιδευτικών στη δημιουργία σχεδίων μαθημάτων. Ωστόσο, οι προκλήσεις παραμένουν, κυρίως σε θέματα αξιοπιστίας και ακρίβειας των παραγόμενων εκπαιδευτικών υλικών και της εξοικείωσης των εκπαιδευτικών με τη σωστή χρήση της ΤΝ. Συνεπώς, η αξιοποίηση της ΤΝ στην εκπαίδευση απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και κριτική αξιολόγηση των εργαλείων από τους εκπαιδευτικούς, με στόχο τη δημιουργία πιο ασφαλών, αξιόπιστων και εποικοδομητικών μαθησιακών εμπειριών. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο γίνεται σαφές το όλο και αυξανόμενο ενδιαφέρον για έρευνα σε πολλές διαστάσεις αυτού του πεδίου.

Με γνώμονα τα παραπάνω, η παρούσα μελέτη εξετάζει τους τρόπους με τους οποίους ενισχύεται η χρήση εφαρμογών ΤΠΕ στη διδασκαλία κατά τη δημιουργία σχεδίων μαθημάτων Πληροφορικής και Φυσικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, μέσω του εξειδικευμένου εργαλείου ΠΤΝ MagicSchool.AI, καθώς και τις ανακρίβειες και τους περιορισμούς που προκύπτουν από τη χρήση του.

Ερευνητικό υπόβαθρο

Παραγωγική Τεχνητή Νοημοσύνη

Η ΤΝ βασίζεται στη χρήση μεγάλου όγκου δεδομένων και αλγορίθμων, επιτρέποντας στις μηχανές να μιμούνται ανθρώπινες ικανότητες και να βελτιώνουν την απόδοσή τους (Kurni et al., 2023). Κεντρικές τεχνικές της είναι η μηχανική και η βαθιά μάθηση. Στην εκπαίδευση, η ΤΝ προσφέρει νέες δυνατότητες, όπως εξατομικευμένη καθοδήγηση και υποστήριξη μαθητών και εκπαιδευτικών, ενώ μπορεί να υπερβεί τους περιορισμούς της παραδοσιακής διδασκαλίας, όπως ο χρόνος και ο χώρος (Krstić et al., 2022). Επιπλέον, συμβάλλει στην εκπαίδευση επιστημόνων ικανών να αντιμετωπίζουν σύνθετες προκλήσεις (Alasadi & Baiz, 2023).

Η ΠΤΝ παράγει αυτόματα περιεχόμενο ως απόκριση σε προτροπές (prompts) σε φυσική γλώσσα (UNESCO, 2023) και έγινε ευρέως γνωστή με την κυκλοφορία του ChatGPT το 2022. Η ΠΤΝ μπορεί να επιταχύνει τον εκπαιδευτικό μετασχηματισμό μέσω εξατομικευμένης μάθησης και προσαρμοστικού υλικού (Pons, 2023). Μπορεί να δημιουργεί σχέδια μαθημάτων με βάση τα δεδομένα των μαθητών (Yu & Guo, 2023) και, μελλοντικά, να ενσωματώσει εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα για πιο ρεαλιστικές εμπειρίες μάθησης (Ouyang et al., 2022).

Ωστόσο, η αξιοπιστία της ΠΤΝ αποτελεί ζήτημα, καθώς τα εργαλεία αυτά μπορεί να παράγουν λογικοφανείς, αλλά εσφαλμένες απαντήσεις (UNESCO, 2023). Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να διατηρούν κριτική στάση, ενώ η χρήση της ΤΝ οφείλει να είναι ασφαλής, αξιόπιστη και ηθικά ευθυγραμμισμένη. Απαιτείται διαφάνεια, δικαιοσύνη και προστασία δεδομένων, με ανθρώπινη εποπτεία στη λήψη αποφάσεων (European Commission, 2022· Yu & Guo, 2023).

Εκπαιδευτικά GPTs

Τα εκπαιδευτικά GPTs (Generative Pre-trained Transformers) ή Παραγωγικοί Προεκπαιδευμένοι Μετασχηματιστές (ΠΠΜ) είναι εργαλεία ΤΝ που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Χρησιμοποιούνται για να υποστηρίζουν τη μάθηση, την εκπαίδευση και την ανάπτυξη δεξιοτήτων σε διάφορους τομείς. Μπορούν να παράγουν κείμενο, να μεταφράζουν γλώσσες, να δημιουργούν εκπαιδευτικό περιεχόμενο και να απαντούν σε ερωτήσεις με ενημερωμένο και κατανοητό τρόπο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εκπαιδευτικών ΠΠΜ είναι τα MagicSchool.AI, Eduaide.AI, Khanmigo, Diffit και Curipod. Οι βασικές διαφορές τους αφορούν το γλωσσικό μοντέλο που χρησιμοποιούν, τη δυνατότητα και την ποιότητα διεπιφάνειας διαλόγου (AI chatbot), τον τύπο του εκπαιδευτικού υλικού, την αλληλεπίδραση των μαθητών σε πραγματικό χρόνο, την υποστήριξη διαφορετικών τύπων αρχείων, την προσαρμογή περιεχομένου και τα εργαλεία που προσφέρουν στους εκπαιδευτικούς. Κάθε εκπαιδευτικό ΠΠΜ έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και εξυπηρετεί διαφορετικούς σκοπούς στη διδασκαλία. Η επιλογή του κατάλληλου εργαλείου εξαρτάται από τις ανάγκες και τις προτιμήσεις του κάθε εκπαιδευτικού.

MagicSchool.AI

Η MagicSchool.AI είναι μια εκπαιδευτική πλατφόρμα ΠΤΝ που χρησιμοποιεί προηγμένα γλωσσικά μοντέλα ΠΠΜ (GPT-3.5, GPT-4, Claude, Gemini), επιλέγοντας το καταλληλότερο για κάθε εργασία. Διαθέτει πάνω από 60 εύχρηστα εργαλεία για σχεδιασμό μαθημάτων, δημιουργία δραστηριοτήτων, ρουμπρικών αξιολόγησης, διαφοροποιημένης διδασκαλίας κ.ά.. Οι δημιουργοί της, έχοντας ως στόχο την υποστήριξη του έργου των εκπαιδευτικών, τονίζουν τη σημασία της επιτήρησης στο περιεχόμενο που παράγεται από την ΠΤΝ, ώστε να διασφαλίζεται η ακρίβεια και η ακαδημαϊκή ακεραιότητα (www.magicschool.ai).

Η επιστημονική κοινότητα αρχίζει να διερευνά την αποτελεσματικότητα της εν λόγω πλατφόρμας. Οι Mustafa et al. (2024) διαπίστωσαν ότι η εκπαίδευση στη χρήση της αύξησε την αυτο-αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών, μειώνοντας την πληροφοριακή υπερφόρτωση και βελτιώνοντας τη διαχείριση της διδασκαλίας. Οι Setyaningsih et al. (2024), μελετώντας την ενσωμάτωσή της στον σχεδιασμό μαθημάτων Αγγλικών, κατέληξαν ότι αυξάνει την αποδοτικότητα, αλλά απαιτεί προσαρμογή εκ μέρους των εκπαιδευτικών για καταλληλότητα και ακαδημαϊκή ποιότητα. Οι Lammert et al. (2024), εξετάζοντας σχέδια μαθήματος που παρήχθησαν με MagicSchool.AI και Diffit, κατέληξαν ότι τα εργαλεία αυτά είναι πιο χρήσιμα για νέους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι ωφελούνται από την εκμάθηση σωστής διαμόρφωσης προτροπών, ενώ οι έμπειροι εκπαιδευτικοί τα βρίσκουν λιγότερο απαραίτητα.

Προβληματική έρευνας

Η παραγωγή Σχεδίων Μαθημάτων, είναι μια τυπική λειτουργία αξιοποίησης της ΠΤΝ, από εκπαιδευτικούς (Lammert et al. 2024). Ποιες παιδαγωγικές προδιαγραφές μπορεί να απαιτήσει ένας εκπαιδευτικός, κατά την παραγωγή τους; Ποιες προτροπές να διατυπώσει; Οι εναλλακτικές είναι πολλές, αλλά μια προσέγγιση θεωρητικού πλαισίου δύναται να συντεθεί από βασικές προδιαγραφές βάσει αρχών που διατυπώνονται πλέον στα σύγχρονα Προγράμματα Σπουδών. Η Διερευνητική Μάθηση, μέσω του μοντέλου 5E, προάγει την ενεργή γνώση και συμβάλλει στην εποικοδομητική αντιμετώπιση των παρανοήσεων των μαθητών (Bybee, 2009· Prince et al., 2009). Η διεπιστημονική και η STEAM προσέγγιση ενισχύουν τη σύνδεση γνώσεων από διαφορετικά πεδία, προωθώντας τη δημιουργική σκέψη

και την πρακτική εφαρμογή (Kanmaz, 2022). Το πλαίσιο TPACK αναδεικνύει τη σημασία της παιδαγωγικά τεκμηριωμένης αξιοποίησης των ΤΠΕ, μέσω της σύνθεσης γνώσεων περιεχομένου, διδακτικής και τεχνολογίας (Mishra & Koehler, 2006).

Το θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας δομείται με βάση τη Διερευνητική Μάθηση και την συνδεόμενη ανάγκη αντιμετώπισης των συνήθων εννοιολογικών παρανοήσεων, ενώ επιπρόσθετα ενσωματώνει ως βασικούς άξονες τη Διεπιστημονικότητα και την αξιοποίηση των ΤΠΕ.

Η πλατφόρμα MagicSchool.AI συνιστά ένα εργαλείο ΠΤΝ που εμπεριέχει κατά τον σχεδιασμό της τους παραπάνω βασικούς παιδαγωγικούς άξονες (παράλληλα με άλλες εναλλακτικές), δεδομένου ότι προσφέρει εξειδικευμένα εργαλεία με προσανατολισμό στη διερευνητική και διεπιστημονική μάθηση, καθώς και στη χρήση των ΤΠΕ στη διδασκαλία.

Λαμβάνοντας υπόψη περιορισμούς και ανακρίβειες των συστημάτων ΠΤΝ, η παρούσα έρευνα επιχειρεί να συμβάλλει στην κατανόηση του ρόλου των ΠΤΝ στη διδασκαλία, εξετάζοντας τις δυνατότητες αλλά και τις αδυναμίες της εξειδικευμένης πλατφόρμας MagicSchool.AI στη δημιουργία εκπαιδευτικών σχεδίων.

Το άρθρο παρουσιάζει ένα τμήμα της έρευνας, που επικεντρώνεται στην ενσωμάτωση των εφαρμογών ΤΠΕ στα σχέδια μαθημάτων, καθώς και στις προκλήσεις που προκύπτουν από τη χρήση εργαλείων ΠΤΝ στη διδασκαλία, διαμορφώνοντας τα εξής ερευνητικά ερωτήματα (ΕΕ):

ΕΕ1: Σε ποιο βαθμό και με τι τρόπο συμβάλλει η πλατφόρμα MagicSchool.AI στην προώθηση της χρήσης των ΤΠΕ στη διδασκαλία Φυσικής και Πληροφορικής των ελληνικών Προγραμμάτων Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης;

ΕΕ2: Ποιοι περιορισμοί και ποιες ανακρίβειες προκύπτουν κατά τη δημιουργία σχεδίων μαθημάτων και δραστηριοτήτων μέσω της πλατφόρμας MagicSchool.AI;

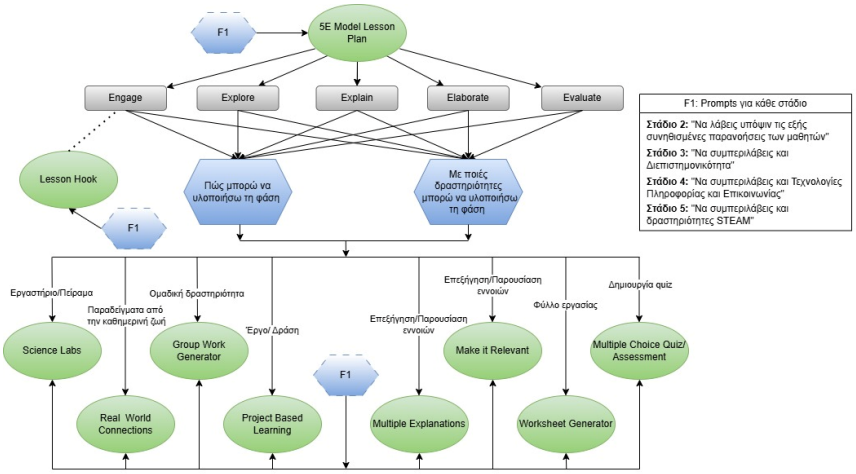
Μεθοδολογία έρευνας

Η μεθοδολογία που υιοθετήθηκε για την εκπόνηση της έρευνας είναι αυτή της ανάλυσης περιεχομένου, μέσω της οποίας διεξάγεται τόσο ποιοτική όσο και ποσοτική μελέτη των αξόνων που έχουν τεθεί μέσα από τα ερευνητικά ερωτήματα. Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από σχέδια μαθημάτων και δραστηριοτήτων που παράγονται μέσα από εργαλεία της πλατφόρμας MagicSchool.AI για τη διδασκαλία: (Ι) του θεματικού πεδίου "Δεδομένα-Ανάλυση Δεδομένων" του νέου Προγράμματος Σπουδών (ΠΣ) της Πληροφορικής Α΄ Λυκείου, και συγκεκριμένα τριών θεματικών ενοτήτων αυτού με τα αντίστοιχα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα βάσει του ΦΕΚ 2951/Β/4-5-2023, και (ΙΙ) του θεματικού πεδίου "Δυνάμεις-Κινήσεις", του νέου ΠΣ της Φυσικής Α΄ Λυκείου, για τρεις ενότητες από τη θεματική ενότητα 2 "Από τη Δύναμη στην Κίνηση" με τα αντίστοιχα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα βάσει του ΦΕΚ 2913/Β/3-5-2023. Αξίζει να σημειωθεί ότι η διαθεματικότητα, η προσέγγιση STEAM και η μάθηση μέσω διερεύνησης αποτελούν βασικούς πυλώνες του νέου ΠΣ της Πληροφορικής για το Λύκειο. Παράλληλα, το νέο ΠΣ της Φυσικής για το Λύκειο παροτρύνει την υιοθέτηση της διερευνητικής μάθησης ως μέθοδο διδασκαλίας και την ενσωμάτωση της τεχνολογίας μέσω μιας παραλλαγής STEM.

Για την έρευνα ενεργοποιήθηκαν έντεκα (11) εργαλεία της πλατφόρμας, με βασικό εργαλείο για τη δημιουργία των σχεδίων μαθημάτων το 5E Model Lesson Plan, ενώ η συλλογή δεδομένων έγινε σε πέντε (5) στάδια για κάθε ενότητα των δύο γνωστικών αντικειμένων, σε κάθε ένα από τα οποία χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένες προτροπές (prompts) για κάθε εργαλείο της πλατφόρμας MagicSchool.AI, δημιουργώντας συνολικά 15 σχέδια για κάθε γνωστικό αντικείμενο. Τα πέντε αυτά στάδια προσδιορίστηκαν λόγω της άμεσης σύνδεσης με το θεωρητικό υπόβαθρο της έρευνας και τα ερευνητικά ερωτήματα.

Στο 1ο στάδιο, στα πεδία του κάθε εργαλείου δόθηκαν ως προτροπές το θεματικό πεδίο, η θεματική ενότητα και τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα, εξετάζοντας έτσι τη συμπεριφορά της πλατφόρμας με τη βασική προτροπή, χωρίς ρητή καθοδήγηση σε συγκεκριμένες παιδαγωγικές προσεγγίσεις ή χρήση τεχνολογιών. Στο 2ο στάδιο, βάσει της βιβλιογραφικής τεκμηρίωσης που υποστηρίζει ότι η διερευνητική μάθηση είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην αντιμετώπιση των παρανοήσεων των μαθητών, προστέθηκαν ως προτροπή οι συνήθεις παρανοήσεις που παρήγαγε το εργαλείο "Common Misconceptions". Στο 3ο και στο 4ο στάδιο προστέθηκε η προτροπή για ενσωμάτωση διεπιστημονικότητας και ΤΠΕ αντίστοιχα, ώστε να εξεταστεί η συμπεριφορά της πλατφόρμας μετά από ρητή ζήτηση ενσωμάτωσης των δύο αυτών παραμέτρων. Στο 5ο στάδιο προστέθηκε η προτροπή για ενσωμάτωση δραστηριοτήτων STEAM, καθώς εξ ορισμού εμπεριέχει τον άξονα των τεχνολογιών και προάγει τη διεπιστημονικότητα και τη διερευνητική μάθηση.

Στο Σχήμα 1 απεικονίζεται ο τρόπος με τον οποίο συλλέχθηκαν τα δεδομένα. Στο 1ο στάδιο, το οποίο αποτελεί βασική αναφορά της έρευνας, δίνονταν οι προτροπές από το ΠΣ στο εργαλείο "5E Model Lesson Plan". Αυτό δημιουργούσε ένα αρχικό σχέδιο για κάθε φάση του μοντέλου 5E, για την οποία δίνοταν ως προτροπή "*πώς μπορώ να υλοποιήσω τη φάση;*" και "*με ποιες δραστηριότητες μπορώ να υλοποιήσω τη φάση;*".



Σχήμα 1. Σχηματική απεικόνιση της μεθοδολογίας συλλογής δεδομένων

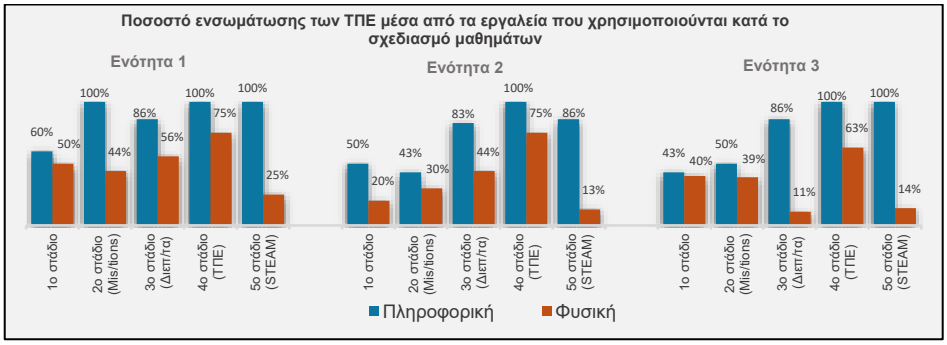
Με βάση τα αποτελέσματα για τις δραστηριότητες που προτάθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν και τα υπόλοιπα εργαλεία. Συγκεκριμένα, όπου προτάθηκε Εργαστήριο ή Πείραμα χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο "Science Labs", για τα παραδείγματα από την καθημερινή ζωή το "Real World Connections", για τις ομαδικές δραστηριότητες το "Group Work Generator", για έργο/δράση το "Project Based Learning", για παρουσίαση και επεξήγηση εννοιών τα "Multiple Explanations" και "Make it Relevant", για φύλλα εργασίας το "Worksheet Generator" και για κουίζ το "Multiple Choice Quiz Assessment". Συμπληρωματικά, χρησιμοποιήθηκε και το εργαλείο "Lesson Hook" συγκριτικά με τη φάση "Engage" ως εργαλείο σχεδιασμένο για την προσέλκυση των μαθητών. Στο 2ο στάδιο προστέθηκε το εργαλείο "Common Misconceptions", τα αποτελέσματα του οποίου δόθηκαν ως προτροπή σε όλα τα υπόλοιπα εργαλεία ζητώντας να λάβουν υπόψη τις αντίστοιχες συνήθεις παρανοήσεις των μαθητών. Με την ίδια λογική η συλλογή δεδομένων συνεχίστηκε και στα υπόλοιπα

στάδια αλλάζοντας μόνο την επιπλέον προτροπή που δόθηκε στα εργαλεία, για ενσωμάτωση διεπιστημονικότητας, ΤΠΕ και STEAM. Τα παραγόμενα σχέδια αποθηκεύονταν σε αρχεία "word", τα οποία οργανώθηκαν ανά γνωστικό αντικείμενο, ανά ενότητα και ανά στάδιο ώστε να γίνει η κωδικοποίηση και οργάνωση των δεδομένων σε πίνακες με βάση τα στάδια και τα ερευνητικά ερωτήματα.

Για να απαντηθεί το ΕΕ1 που αφορά τις ΤΠΕ εξετάστηκε η παρουσία, η ποικιλία και ο τύπος των τεχνολογιών. Τέλος, σε ό,τι αφορά το ΕΕ2 οι περιορισμοί αναλύθηκαν ως προς τα τεχνικά ζητήματα, ενώ οι ανακρίβειες ως προς ζητήματα διδακτικού και επιστημονικού περιεχομένου.

Αποτελέσματα

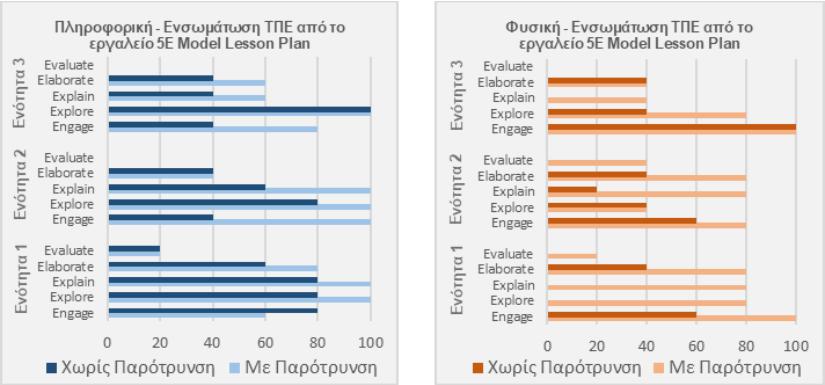
Για να απαντηθεί το ΕΕ1 αρχικά εξετάστηκε ο βαθμός ενσωμάτωσης των ΤΠΕ μέσα από τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για το σχεδιασμό μαθημάτων των τριών ενοτήτων Πληροφορικής και Φυσικής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2. Τα ποσοστά προκύπτουν βάσει του πλήθους των εργαλείων που περιλαμβάνουν τουλάχιστον μία δραστηριότητα με ρητή χρήση ΤΠΕ από το σύνολο των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε στάδιο της κάθε ενότητας. Σημειώνεται ότι η στρογγυλοποίηση του ποσοστού γίνεται στις μονάδες. Στο μάθημα της Πληροφορικής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για το σχεδιασμό μαθημάτων προάγουν τις ΤΠΕ σε μεγάλο βαθμό στα στάδια 3,4 και 5 και στις τρεις ενότητες. Στο 4ο στάδιο παρατηρείται 100% προώθηση των ΤΠΕ και στις τρεις ενότητες ενώ στα στάδια 3,5 τα ποσοστά κυμαίνονται από 83%-100%. Με εξαίρεση το 2ο στάδιο της πρώτης ενότητας (100%) τα στάδια 1 και 2 και στις τρεις ενότητες παρουσιάζουν χαμηλά ποσοστά σε ενσωμάτωση δραστηριοτήτων με χρήση ΤΠΕ (43%-60%). Στο μάθημα της Φυσικής οι ΤΠΕ προάγονται σε μεγαλύτερο βαθμό στο 4ο στάδιο και στις τρεις ενότητες (63%-75%). Στα υπόλοιπα στάδια τα ποσοστά είναι αρκετά χαμηλά (11%-56%) σε όλες τις ενότητες, με τα χαμηλότερα κατά μέσο όρο ποσοστά να παρουσιάζονται στο 5ο στάδιο, γεγονός που καταδεικνύει την αδυναμία της πλατφόρμας να κατανοήσει πλήρως το STEAM ως εκπαιδευτικό μοντέλο.



Σχήμα 2. Ποσοστό ενσωμάτωσης των ΤΠΕ μέσα από τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται κατά το σχεδιασμό μαθημάτων Πληροφορικής και Φυσικής

Στη συνέχεια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3, εξετάστηκε η προώθηση των ΤΠΕ σε κάθε φάση του μοντέλου 5Ε, συγκρίνοντας το αρχικό αποτέλεσμα του 5E Model Lesson Plan με το αποτέλεσμα μετά από τις προτροπές για κάθε φάση. Το ποσοστό συνεισφοράς υπολογίστηκε βάσει των σταδίων όπου περιλαμβανόταν τουλάχιστον μία δραστηριότητα με ρητή χρήση

ΤΠΕ. Στην Πληροφορική, οι προτροπές είτε διατήρησαν είτε αύξησαν τα ποσοστά ενσωμάτωσης των ΤΠΕ, με εξαίρεση τη φάση "Engage" της ενότητας 1, όπου σημειώθηκε μείωση. Τα χαμηλότερα ποσοστά καταγράφηκαν στη φάση "Evaluate" (0%-20%), χωρίς μεταβολή μετά τη χρήση προτροπών, ενώ τα υψηλότερα στη φάση "Explore" (80%-100%). Οι μεγαλύτερες αυξήσεις σημειώθηκαν στις φάσεις "Engage" (ενότητες 2 και 3, αύξηση 60% και 40%) και "Explain" (ενότητα 2, αύξηση 40%). Στη Φυσική, οι προτροπές διατήρησαν ή αύξησαν τα ποσοστά ενσωμάτωσης των ΤΠΕ. Η φάση "Evaluate" αρχικά δεν ενσωμάτωνε ΤΠΕ, αλλά με προτροπές αυξήθηκε στο 20% (ενότητα 1) και στο 40% (ενότητα 2). Τα υψηλότερα ποσοστά εμφανίστηκαν στη φάση "Engage" (60%-100%), ενώ οι μεγαλύτερες αυξήσεις καταγράφηκαν στις φάσεις "Explain" και "Explore" (80% στην ενότητα 1, 0%-60% στις ενότητες 2 και 3).



Σχήμα 3. Ενσωμάτωση ΤΠΕ από το εργαλείο 5E Model Lesson Plan για το μάθημα της Πληροφορικής και της Φυσικής

Ακολούθησε η καταγραφή και η κατηγοριοποίηση των εργαλείων ΤΠΕ που προτάθηκαν στα παραγόμενα σχέδια μαθημάτων, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1. Στην Πληροφορική, οι περισσότερες αναφορές αφορούσαν υπολογιστικά φύλλα και συναφή εργαλεία (64 αναφορές), ακολουθούμενες από "Hardware" (25), εργαλεία οπτικοποίησης δεδομένων (23), λογισμικό ανάλυσης δεδομένων (20) και προβολή βίντεο/διαδικτυακών μαθημάτων (19). Τα ηλεκτρονικά ερωτηματολόγια (12) και τα κοινωνικά δίκτυα (11) εμφανίζονται λιγότερο συχνά, ενώ άλλες κατηγορίες σημειώνονται 1-8 φορές. Στη Φυσική, η χρήση προσομοιώσεων φαινομένων καταγράφηκε ως η συχνότερη (43 αναφορές), ακολουθούμενη από προβολή βίντεο (27), ενώ οι υπόλοιπες κατηγορίες είχαν 1-8 αναφορές.

Για να απαντηθεί το ΕΕ2 έγινε κατηγοριοποίηση των ανακριβειών και των περιορισμών που παρατηρήθηκαν μέσα από την ποιοτική ανάλυση των παραγόμενων σχεδίων και τη συνολική χρήση της πλατφόρμας. Κατά την παραγωγή σχεδίων μαθημάτων προέκυψαν περιορισμοί, όπως η ελλιπής εξαγωγή ιστορικού αλληλεπίδρασης. Επιπλέον, υπήρχαν προβλήματα στη λειτουργικότητα αναφοράς πόρων, στην απόδοση μαθηματικών τύπων και στη διαχείριση της μετάφρασης, με λανθασμένες ή ασυνεπείς αποδόσεις. Τέλος, η περιορισμένη παραμετροποίηση εργαλείων μείωσε την ευελιξία στη ρύθμιση παραμέτρων, δυσχεραίνοντας τη δημιουργία εκπαιδευτικού περιεχομένου. Κατά την παραγωγή σχεδίων μαθημάτων προέκυψαν και ανακρίβειες, όπως η απόκλιση των παρεχόμενων σχεδίων από τα προδιαγεγραμμένα μαθησιακά αποτελέσματα και οι εσφαλμένες συστάσεις ασφαλείας σε επιστημονικά εργαστήρια, όπου προτείνονταν μέτρα χωρίς προφανείς κινδύνους.

Πίνακας 1. Κατηγορίες ΤΠΕ με το πλήθος αναφορών και τα αντίστοιχα εργαλεία που αναφέρονται στην Πληροφορική και στη Φυσική

Κατηγορίες ΤΠΕ [πλήθος αναφορών] ➪ Εργαλεία ΤΠΕ	
Πληροφορική	**Φυσική**
1. Υπολογιστικά εργαλεία /φύλλα [64] ➪ Microsoft Excel,Google sheets	**1. Προβολή Βίντεο [27]** ➪ Youtube (Channels: Crash Course Physics, Veritasium, Kahn Academy, Physics Girl, MinutePhysics, SciShow, PBS Space Time), Edpuzzle, TEDed, TeacherTube, PBS LearningMedia, Discovery Education, BBC Bitesize, National Geographis Education, Kahn Academy
2. Λογισμικό ανάλυσης δεδομένων [20] ➪ Microsoft Excel,Google sheets	**2. Δημιουργία Βίντεο [6]** ➪ Imovie, Windows Movie Maker, Adobe Spark, Canva, Powtoon, Kinemaster, Inshot, Animoto
3. Προβολή Βίντεο/διαδικτυακά μαθήματα [19] ➪ Khan Academy,Coursera,edX,TED-Ed,YouTube Channels,LinkedIn Learning, TEDx Talks,NVIDIA,IBM Think Academy,Data Science Society,BBC Click	**3. Προσομοιώσεις Φαινομένων [43]** ➪ Phet, Algodoo, Physics Classroom - Physics Interactives, My Physicslab, Wolfram demonstrations, Gizmos, LabXchange
4. Δημιουργία βίντεο [2]	**4. Δημιουργία Προσομοιώσεων [5]** ➪ App inventor, Scratch, OpenModelica, OpenSim, Simul8, CoSpacesEdu
5. Social media [11] ➪ Twitter, Instagram, Facebook	**5.Δημιουργία Παρουσιάσεων [8]** ➪ Prezi, Google Slides, PowerPoint
6. Hardware [25] ➪ Υπολογιστές, Tablet, Προτζέκτορας, Chromebooks, Διαδραστικός πίνακας, Οθόνες, Ηχεία, Αισθητήρες (IoT), smartphones	**6. Μαθηματική Μοντελοποίηση [2]** ➪ Geogebra, Desmos
7. Ψηφιακά εργαλεία οπτικοποίησης δεδομένων [23] ➪ Canva, Piktochart, Visme, Google Data Studio, Google Charts, Tableau Public, Microsoft Power BI, Matplotlib, Seaborn	**7. Μοντελοποίηση Φαινομένων [2]** ➪ NetLogo, Tinketcard, Stella Architects, Tracker Video - Analysis and Modelling
8. Γλώσσες Προγραμματισμιού [8] ➪ Python, R, Scratch	**8. Δημιουργία Γραφικών Παραστάσεων [3]** ➪ Geogebra, Desmos, Microsoft Excel, Google Sheets, Plotly, Grapher (Mac), Python (Matplotlib or Seaborn)
9. Ηλεκτρονικά ερωτηματολόγια [12] ➪ Google forms, Microsoft forms, SurveyMonkey	**9. Δημιουργία Οπτικών Παραστάσεων [2]** ➪ Canva, Google Drawings
10. Ψηφιακά εργαλεία παρουσίασης [8] ➪ PowerPoint, Google Slides	**10. Συνεργατικές Πλατφόρμες [1]** ➪ Google Drive, Microsoft Teams
11. Ψηφιακά εργαλεία για δημιουργία κουιζ/διαδραστικών παιχνιδιών/διαδραστικής ψηφοφορίας [4] ➪ Kahoot, Quizizz, Mentimeter	**11. Ημερολόγια Μάθησης [1]** ➪ Google Docs
12. Διαδικτυακές Πλατφόρμες ανοιχτών δεδομένων [2] ➪ Kaggle, UCI Machine Learning Repository	**12. Εννοιολογική Χαρτογράφηση [1]** ➪ HyperPhysics
13. Βάσεις Δεδομένων [7] ➪ Microsoft access, LibreOffice Base	**13. Υπολλογιστικά Φύλλα: Επεξεργασία και Ανάλυση Δεδομένων [2]** ➪ Excel, GoogleSheets
14. Cloud [2] ➪ Google Drive, Dropbox	**14. Συλλογή και Ανάλυση Δεδομένων [3]** ➪ Logger Pro
15. Λογισμικό Στατιστικής [3] ➪ SPSS	**15. Συλλογη και Επεξεργασία Δεδομένων Περιβάλλοντος [1]** ➪ PocketLab, Phyphox
16. Βιβλιοθήκες επεξεργασίας δεδομένων [1] ➪ Pandas, NumPy, Scikit-learn	
17. Εργαλεία επικοινωνίας και συνεργασίας [2] ➪ Microsoft Teams, Google Meet, Zoom, Google Docs	
18. Αλγόριθμοι/εφαρμογές μηχανικής μάθησης [2]	
19. Ψηφιακός πίνακας [2] ➪ Jamboard, Padlet	
20. Δημιουργία Διαδικτυακής Πλατφόρμας Ανταλλαγής Ιδεών [1] ➪ Blog, Forum	
21. Ειδικό λογισμικό για παρουσίαση μαθηματικών εκφράσεων και μοντέλων [1] ➪ LaTeX	

Συμπεράσματα-Συζήτηση

Η έρευνα ανέδειξε διαφορές και ομοιότητες στην ενσωμάτωση των ΤΠΕ στα μαθήματα Πληροφορικής και Φυσικής. Παρότι και τα δύο αναγνωρίζουν τη σημασία τους, η Πληροφορική εμφανίζει υψηλότερα ποσοστά ενσωμάτωσης, καθώς οι ΤΠΕ αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της. Αντίθετα, στη Φυσική, η χρήση τους περιορίζεται κυρίως σε προσομοιώσεις και βίντεο, εστιάζοντας κυρίως στην προσέλκυση του ενδιαφέροντος των μαθητών. Η ρητή προτροπή για χρήση ΤΠΕ ενισχύει την ενσωμάτωσή τους και στα δύο μαθήματα, με τη Φυσική να παρουσιάζει μικρότερη αύξηση. Στο μοντέλο 5Ε, η Πληροφορική

εμφανίζει υψηλότερη ενσωμάτωση στη φάση "Explore" λόγω δια δραστικότητάς, ενώ στη Φυσική η χρήση ΤΠΕ κορυφώνεται στη φάση "Engage", υπογραμμίζοντας τον ρόλο τους στην αρχική ενεργοποίηση των μαθητών. Η φάση "Evaluate" παρουσιάζει αδυναμία ενσωμάτωσης και στα δύο μαθήματα, λόγω προτίμησης παραδοσιακών μεθόδων αξιολόγησης. Η πλατφόρμα φαίνεται να περιορίζει τις ΤΠΕ στη Φυσική σε συγκεκριμένες κατηγορίες, παραβλέποντας άλλες δυνατότητες (σύνδεσης με τεχνολογικά εργαστηριακά πειράματα, ρομποτική, κ.ά.). Συνεπώς, απαιτείται σαφής καθοδήγηση κατά τον σχεδιασμό μαθημάτων με ΤΠΕ, ώστε να επιτευχθεί πιο ουσιαστική ενσωμάτωσή τους, ιδιαίτερα στη Φυσική.

Η ανάλυση της πλατφόρμας MagicSchool.AI ανέδειξε προκλήσεις που επηρεάζουν τη χρηστικότητα και την αξιοπιστία της. Η αναντιστοιχία δυνατοτήτων και προτάσεων, η μονοδιάστατη υλοποίησή τους και οι περιορισμοί στην αρχειοθέτηση δυσχεραίνουν τη δημιουργία και αναπαραγωγή διδακτικού υλικού. Επιπλέον, οι ασυνέπειες στην απόδοση μαθηματικών τύπων, τα προβλήματα μετάφρασης και οι ανακριβείς συστάσεις ασφαλείας επηρεάζουν την αξιοπιστία της. Παράλληλα, η ανάγκη διόρθωσης λαθών αυξάνει τον φόρτο εργασίας των εκπαιδευτικών, επιμηκύνοντας τον χρόνο σχεδιασμού.

Συνολικά, τα ευρήματα της παρούσας μελέτης συνάδουν με τις πρόσφατες έρευνες που αναδεικνύουν τις δυνατότητες αλλά και τις προκλήσεις της ενσωμάτωσης της ΤΝ στην εκπαίδευση. Όπως καταδεικνύουν οι Park et al. (2023), οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν τη σημασία της ΤΝ, αλλά απαιτείται επιπλέον υποστήριξη για την προσαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού. Παρομοίως, η μελέτη επιβεβαιώνει ότι η αξιοποίηση εργαλείων ΠΤΝ μπορεί να βελτιώσει την αποδοτικότητα των εκπαιδευτικών, αλλά συνοδεύεται από την ανάγκη για κατάλληλη επιμόρφωση, όπως αναδεικνύουν οι Mustafa et al. (2024) και Setyaningsih et al. (2024). Επιπλέον, η ανάλυση συμβαδίζει με τα ευρήματα των Clark et al. (2024) και Lammert et al. (2024), επισημαίνοντας ότι, παρά τις δυνατότητες των εργαλείων ΠΤΝ, η ανθρώπινη παρέμβαση είναι απαραίτητη τόσο για τη διασφάλιση της ποιότητας του παραγόμενου υλικού, όσο και για την προσαρμογή του στις ανάγκες των μαθητών.

Συνεπώς, τα αποτελέσματα της έρευνας υπογραμμίζουν την ανάγκη για βελτιώσεις στη λειτουργικότητα, την προσαρμοστικότητα και την ακρίβεια της πλατφόρμας για μεγαλύτερη αποδοτικότητα, καθώς και για στοχευμένη επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, ώστε να αξιοποιούν με τον βέλτιστο τρόπο τα εργαλεία ΠΤΝ στη διδακτική πρακτική. Τέλος, η έρευνα συμβάλει στην κατεύθυνση της μηχανικής των προτροπών (prompt engineering), προτείνοντας συγκεκριμένη μέθοδο διαδοχής προτροπών, όσο και ενεργοποίησης ειδικών εργαλείων που εμπεριέχονται σε εκπαιδευτικά ΠΤΝ όπως στο MagicSchool.AI.

Περιορισμοί και επεκτάσεις έρευνας

Η έρευνα παρουσιάζει σημαντικά ευρήματα για τη χρήση της πλατφόρμας MagicSchool.AI στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, ωστόσο υπάρχουν και ορισμένοι περιορισμοί. Η έρευνα βασίστηκε σε συγκεκριμένα σχέδια ενοτήτων μαθημάτων, δραστηριότητες και εργαλεία και επικεντρώθηκε μόνο στα μαθήματα της Πληροφορικής και της Φυσικής, ενώ παράλληλα η απόδοση της πλατφόρμας εξαρτάται πάντα από τις συγκεκριμένες προτροπές, περιορίζοντας έτσι τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων.

Για μελλοντική έρευνα, προτείνεται η μελέτη και άλλων γνωστικών αντικειμένων, η αξιολόγηση επιπρόσθετων εργαλείων της πλατφόρμας και η διερεύνηση της επίδρασης πιο εξειδικευμένων προτροπών. Επιπλέον, η σύγκριση της MagicSchool.AI με άλλες ΠΤΝ πλατφόρμες για εκπαιδευτικούς μπορεί να προσφέρει χρήσιμα συμπεράσματα.

Ευχαριστίες

Η έρευνα διεξήχθη στο πλαίσιο του ΠΜΣ "Διδακτική Θετικών Επιστημών και ΤΠΕ στην Εκπαίδευση: Διεπιστημονική Προσέγγιση".

Βιβλιογραφία

Alasadi, E. A., & Baiz, C. R. (2023). Generative AI in education and research: Opportunities, concerns, and solutions. *Journal of Chemical Education, 100*(8), 2965-2971.

Bybee, R. W. (2009). *The BSCS 5E instructional model and 21st-century skills*. BSCS.

Clark, T. M., Fhaner, M., Stoltzfus, M., & Queen, M. S. (2024). Using ChatGPT to support lesson planning for the historical experiments of Thomson, Millikan, and Rutherford. *Journal of Chemical Education, 101*(5), 1992-1999.

Cooper, G. (2023). Examining Science Education in ChatGPT: An exploratory study of Generative Artificial Intelligence. *Journal of Science Education and Technology, 32*(3), 444-452.

Díaz, B., & Nussbaum, M. (2024). Artificial intelligence for teaching and learning in schools: The need for pedagogical intelligence. *Computers & Education, 217*, 105071.

European Commission. (2022). *Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for educators*. European Union.

Kanmaz, A. (2022). A study on interdisciplinary teaching practices in primary and secondary education. *African Educational Research Journal, 10*(2), 200-210.

Krstić, L., Aleksić, V., & Krstić, M. (2022). Artificial intelligence in education: A review. *Proceedings of the 9th International scientific conference Technics and Informatics in Education - TIE*, (pp. 223-228). TIE.

Kurni, M., Mohammed, M. S., & G, S. K. (2023). *A beginner's guide to introduce artificial intelligence in teaching and learning*. Springer eBooks. https://doi.org/10.1007/978-3-031-32653-0

Lammert, C., DeJulio, S., Grote-Garcia, S., & Fraga, L. M. (2024). Better than nothing? An analysis of AI-generated lesson plans using the Universal Design for Learning & Transition frameworks. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas, 97*(5), 168-175.

MagicSchool - AI built for schools. (n.d.). *MagicSchool – AI*. https://www.magicschool.ai/

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017-1054.

Mustafa, H. M., Mahmoud, S. S., Abouelnaga, H. M., Tayfour, M., Metwally, A. B. M., & Shehata, S. M. (2024). The Effect of the training of using Magic School AI on self-efficacy in teaching and information overload among Arabic teachers. *Migration Letters, 21*(S9), 1361-1370.

Okonkwo, C. W., & Ade-Ibijola, A. (2021). Chatbots applications in education: A systematic review. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 2*, 100017.

Ouyang, F., Zheng, L., & Jiao, P. (2022). Artificial intelligence in online higher education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2020. *Education and Information Technologies, 27*, 7893-7925.

Park, J., Teo, T. W., Teo, A., Chang, J., Huang, J. S., & Koo, S. (2023). Integrating artificial intelligence into science lessons: Teachers' experiences and views. *International Journal of STEM Education, 10*(1), 61.

Pons, A. (2023). Generative AI in the classroom: From hype to reality? *Organization for Economic Co-operation and Development, 11*, 1-25. OECD.

Prince, M. J., Vigeant, M. A. S., & Nottis, K. (2009). A preliminary study on the effectiveness of inquiry-based activities for addressing misconceptions of undergraduate engineering students. *Education for Chemical Engineers, 4*(2), 29-41.

Setyaningsih, E., Asrori, M., Ngadiso, Sumardi, Zainnuri, H., & Hariyanti, Y. (2024). Exploring high school EFL teachers' experiences with Magic School AI in lesson planning: Benefits and insights. *Voices of English Language Education Society, 8*(3).

Stokel-Walker, C., and van Noorden, R. (2023). What ChatGPT and Generative AI mean for science. *Nature 614*, 214-216.

UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO.

Yu, H., & Guo, Y. (2023). Generative artificial intelligence empowers educational reform: Current status, issues, and prospects. *Frontiers in Education, 8*, 1183162.