Η Τεχνητή Νοημοσύνη στη Λύση Μαθηματικού Προβλήματος. Ρόλος του Μαθητή και του Εκπαιδευτικού.

Μαρία Σάββα

Πτυχιούχος Μαθηματικός Πανεπιστημίου Κύπρου και Μεταπτ. Φοιτήτρια ΜΣΜ, ΕΑΠ

Email: std160837@ac.eap.gr

Δρ. Αρετή Παναούρα

Καθηγήτρια Μαθηματικής Παιδείας στο Πανεπιστήμιο Frederick και Μέλος ΣΕΠ / ΕΑΠ

Email: panaoura.areti@ac.eap.gr

***Περίληψη* – Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά τον ρόλο της Τεχνητής Νοημοσύνης (ΤΝ) στη λύση μαθηματικών προβλημάτων καθώς και τις αντιλήψεις των μαθητών/τριών και εκπαιδευτικών σχετικά με την αξιοποίησή της στη μαθηματική εκπαίδευση. Η μελέτη βασίστηκε σε βιβλιογραφική ανασκόπηση και σε ποσοτική έρευνα με τη χρήση δομημένου ερωτηματολογίου, το οποίο χορηγήθηκε σε μαθητές/ριες και εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές/τριες αντιμετωπίζουν γενικά θετικά τη χρήση εργαλείων ΤΝ, θεωρώντας ότι μπορούν να συμβάλουν στην κατανόηση μαθηματικών εννοιών και στην επίλυση ασκήσεων. Ωστόσο, αναγνωρίζουν τον κίνδυνο εξάρτησης από έτοιμες λύσεις, ιδιαίτερα όταν η χρήση των εργαλείων αυτών υποκαθιστά την προσωπική τους προσπάθεια. Αντίστοιχα, οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν τις δυνατότητες της ΤΝ, επισημαίνοντας την ανάγκη παιδαγωγικής καθοδήγησης και κριτικής αξιολόγησης των παραγόμενων απαντήσεων. Από τα ευρήματα προκύπτει ότι η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο υποστηρικτικό εργαλείο στη μαθηματική εκπαίδευση, υπό την προϋπόθεση ότι η αξιοποίησή της ενισχύει την ενεργό συμμετοχή του παιδιού στη διαδικασία επίλυσης και δεν περιορίζει τον παιδαγωγικό ρόλο του εκπαιδευτικού.**

Λέξεις-Κλειδιά: Τεχνητή Νοημοσύνη στην εκπαίδευση, μαθηματική εκπαίδευση, ρόλος εκπαιδευτικού, ρόλος μαθητή, λύση προβλήματος.

I. Εισαγωγη

Η ραγδαία ανάπτυξη της Τεχνητής Νοημοσύνης (ΤΝ) τα τελευταία χρόνια έχει επηρεάσει σημαντικά διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, μεταξύ των οποίων και την εκπαίδευση. Στον εκπαιδευτικό χώρο, η ΤΝ δεν αποτελεί πλέον μια μελλοντική προοπτική, αλλά μια πραγματικότητα που επηρεάζει τη διδακτική πρακτική και τη μαθησιακή εμπειρία (Luckin et al., 2016).

Η ένταξη της ΤΝ στην εκπαίδευση δημιουργεί νέες δυνατότητες για εξατομικευμένη μάθηση, άμεση ανατροφοδότηση και υποστήριξη των μαθητών στην αντιμετώπιση μαθησιακών δυσκολιών (Holmes, Bialik, & Fadel, 2019). Παράλληλα, αναδεικνύονται προβληματισμοί σχετικά με την αξιοπιστία των απαντήσεων, την υπερβολική εξάρτηση από την τεχνολογία και την πιθανή επίδρασή της στην κριτική σκέψη και στη γνωστική αυτονομία των μαθητών (Zhai et al., 2024).

Ιδιαίτερα στη μαθηματική εκπαίδευση, εργαλεία ΤΝ όπως το ChatGPT, το Photomath και το Wolfram Alpha προσφέρουν τη δυνατότητα επίλυσης προβλημάτων, παρουσίασης αναλυτικών βημάτων και διερεύνησης εναλλακτικών προσεγγίσεων. Ωστόσο, η άμεση πρόσβαση σε έτοιμες λύσεις δημιουργεί ερωτήματα σχετικά με τον βαθμό ενεργού συμμετοχής των μαθητών/τριών στη διαδικασία επίλυσης και την ανάπτυξη της μαθηματικής τους σκέψης. Η αξιοποίηση των εργαλείων αυτών μεταβάλλει παράλληλα τον ρόλο του εκπαιδευτικού, ο οποίος καλείται να καθοδηγεί τους μανθάνοντες στην κριτική αξιολόγηση και στην ουσιαστική κατανόηση των μαθηματικών διαδικασιών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση του ρόλου της Τεχνητής Νοημοσύνης στη λύση μαθηματικών προβλημάτων, μέσα από την καταγραφή των πρακτικών και των αντιλήψεων μαθητών και εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Ειδικότερα, εξετάζεται ο τρόπος αξιοποίησης των εργαλείων ΤΝ από τους μαθητές, οι αντιλήψεις τους για τη συμβολή τους στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων και οι πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τη χρήση της ΤΝ στο διδακτικό τους έργο.

II. Μεθοδολογια

Η παρούσα εργασία βασίζεται σε βιβλιογραφική ανασκόπηση της ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας και σε εμπειρική έρευνα ποσοτικού χαρακτήρα. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με τη χρήση δομημένου ερωτηματολογίου το οποίο διαμορφώθηκε για τους σκοπούς της έρευνας και είχε ως στόχο να διερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές αξιοποιούν εργαλεία ΤΝ κατά τη λύση μαθηματικών προβλημάτων, καθώς και τις αντιλήψεις μαθητών και εκπαιδευτικών για τη χρήση τους.

Στην έρευνα συμμετείχαν συνολικά 97 άτομα, εκ των οποίων 66 μαθητές και μαθήτριες δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και 31 εκπαιδευτικοί μαθηματικών. Από τους μαθητές, οι 18 (27,3%) φοιτούσαν στο Γυμνάσιο και οι 48 (72,7%) στο Λύκειο. Το δείγμα των εκπαιδευτικών περιλάμβανε άτομα με διαφορετικά χρόνια διδακτικής εμπειρίας, τα οποία δίδασκαν στο Γυμνάσιο, στο Λύκειο ή και στις δύο βαθμίδες.

Η επιλογή των συμμετεχόντων πραγματοποιήθηκε με δειγματοληψία ευκολίας, με βάση τη διαθεσιμότητα και την προθυμία συμμετοχής τους. Η συγκεκριμένη μέθοδος εξυπηρέτησε τον διερευνητικό χαρακτήρα της μελέτης,

περιορίζει όμως τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων.

Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν δύο δομημένα ερωτηματολόγια, τα οποία σχεδιάστηκαν ειδικά για τις ανάγκες της έρευνας. Το ερωτηματολόγιο των μαθητών/ τριών περιλάμβανε 23 ερωτήσεις σχετικά με την τάξη φοίτησης, τη χρήση εργαλείων ΤΝ, τη συχνότητα αξιοποίησής τους πριν και μετά την προσπάθεια επίλυσης, καθώς και τη χρήση τους για τον εντοπισμό λαθών. Επιπλέον, εξετάστηκαν αντιλήψεις για την κατανόηση των μαθηματικών, τις στρατηγικές επίλυσης, την πιθανή εξάρτηση και την καθοδήγηση από τον/την εκπαιδευτικό. Το ερωτηματολόγιο των εκπαιδευτικών περιλάμβανε 20 ερωτήσεις για τη διδακτική εμπειρία, την αξιοποίηση της ΤΝ στη διδασκαλία, καθώς και τις αντιλήψεις για τις δυνατότητες, τους περιορισμούς και τις παιδαγωγικές προϋποθέσεις αξιοποίησης. Και στα δύο ερωτηματολόγια περιλαμβάνονταν ερωτήσεις κλειστού τύπου και δηλώσεις πέντε βαθμίδων σε κλίμακα Likert (1=«Διαφωνώ απόλυτα», 5=«Συμφωνώ απόλυτα»), (Likert, 1932).

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με χορήγηση ερωτηματολογίων σε έντυπη μορφή. Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για τον σκοπό της έρευνας και για τη χρήση των δεδομένων αποκλειστικά στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας. Η συμμετοχή ήταν εθελοντική και ανώνυμη, ενώ δεν συλλέχθηκαν προσωπικά στοιχεία που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ταυτοποίηση των συμμετεχόντων.

ΙΙΙ.ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Α. Χρήση εργαλείων ΤΝ από τους μαθητές

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση εργαλείων ΤΝ ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένη μεταξύ των μαθητών/ τριών που συμμετείχαν. Από τους 66 μαθητές, οι 56 (84,8%) δήλωσαν ότι έχουν χρησιμοποιήσει κάποιο εργαλείο ΤΝ για τα μαθηματικά, ενώ οι υπόλοιποι 10 (15,2%) απάντησαν αρνητικά.

Ανάμεσα στα εργαλεία που χρησιμοποιούνται, το ChatGPT παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συχνότητα, καθώς επιλέχθηκε από 53 μαθητές (80,3% του συνολικού δείγματος). Ακολουθούν το Gemini με 12 μαθητές (18,2%) και το Photomath με 10 μαθητές (15,2%). Δεν καταγράφηκε χρήση του Wolfram Alpha. Οι συμμετέχοντες μπορούσαν να επιλέξουν περισσότερα από ένα εργαλεία.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι πηγές ενημέρωσης σχετικά με την ΤΝ. Η συχνότερη πηγή ήταν οι φίλοι (81,8%), ενώ ακολούθησαν τα αδέλφια (40,9%), το TikTok (34,8%) και το YouTube (33,3%). Κανένας μαθητής/ καμία μαθήτρια δεν ανέφερε τον/την εκπαιδευτικό ως πηγή αρχικής ενημέρωσης. Η αρχική εξοικείωση των μαθητών/τριών του δείγματος φαίνεται να πραγματοποιείται κυρίως μέσα από το κοινωνικό περιβάλλον και τα ψηφιακά μέσα.

Η συχνότητα αξιοποίησης εργαλείων ΤΝ εξετάστηκε σε τέσσερεις διαστάσεις: τη γενική χρήση τους για την επίλυση μαθηματικού προβλήματος, τη χρήση πριν και μετά την προσωπική προσπάθεια επίλυσης και τη χρήση για εντοπισμό λάθους. Η γενική χρήση εργαλείων ΤΝ παρουσίασε μέση τιμή 3,17 που αντιστοιχεί σε μέτρια προς συχνή χρήση. Η χρήση πριν από την προσπάθεια επίλυσης είχε μέση τιμή 2,88, ενώ η χρήση μετά την προσπάθεια επίλυσης παρουσίασε χαμηλότερη τιμή 2,48. Ακόμη χαμηλότερη ήταν η συχνότητα χρήσης για εντοπισμό λαθών με μέση τιμή 2,36. Τα δεδομένα υποδηλώνουν ότι οι μαθητές/τριες δεν αξιοποιούν συστηματικά την ΤΝ ως μέσο ελέγχου της δικής τους λύσης, αλλά σε αρκετές περιπτώσεις καταφεύγουν σε αυτήν και πριν ολοκληρώσουν την δική τους προσωπική προσπάθειά.

Οι αντιλήψεις των μαθητών/τριών εξετάστηκαν μέσα από δεκατρείς δηλώσεις τύπου Likert. Η υψηλότερη μέση τιμή καταγράφηκε στη δήλωση που αφορούσε τη χρήση της ΤΝ για διευκόλυνση στην κατ' οίκον εργασία (Μ.Τ.=3,61). Ακολούθησε η επιθυμία να τους εξηγεί ο/η εκπαιδευτικός τη σωστή χρήση ΤΝ (Μ.Τ.=3,48). Αντίθετα, χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στη βελτίωση της κατανόησης των μαθηματικών (Μ.Τ.=2,64). Επίσης, η δήλωση για εύρεση λύσης χωρίς πλήρη κατανόηση του προβλήματος παρουσίασε Μ.Τ.=3,17. Το εύρημα αυτό δείχνει ότι ένα μέρος των μαθητών/τριών χρησιμοποιεί την ΤΝ ακόμη και σε περιπτώσεις όπου δεν έχει κατανοήσει πλήρως το πρόβλημα.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ

Δήλωση	**Μέση Τιμή**	**Τυπική Απόκλιση**
Κατ' οίκον εργασία	3,61	1,23
Εξήγηση από εκπαιδευτικό	3,48	0,98
Λύση χωρίς κατανόηση	3,17	1,39
Εντοπισμός λαθών	3,12	1,05
Κατανόηση μαθηματικών	2,64	1,13
Εξάσκηση πριν αξιολόγηση	2,45	1,20

Για τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της χρήσης ΤΝ πριν και μετά την προσωπική προσπάθεια επίλυσης πραγματοποιήθηκε ανάλυση συσχέτισης. Διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση ($r=0,348$, $p=0,004$, $N=66$). Οι μαθητές/τριες που ανέφεραν συχνότερη χρήση ΤΝ πριν από την προσπάθεια λύσης έτειναν να αναφέρουν συχνότερη χρήση και μετά από την προσπάθεια λύσης. Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι η χρήση της ΤΝ συνιστά για ορισμένους μαθητές/τριες μια σταθερή μαθησιακή πρακτική και όχι απλώς μια περιστασιακή επιλογή.

Πραγματοποιήθηκε επίσης σύγκριση μαθητών Γυμνασίου και Λυκείου ως προς τη χρήση εργαλείων ΤΝ. Δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,837$), παρότι η μέση τιμή ήταν ελαφρώς υψηλότερη στα παιδιά του Λυκείου.

Β. Χρήση εργαλείων ΤΝ από τους εκπαιδευτικούς

Στην έρευνα συμμετείχαν 31 εκπαιδευτικοί μαθηματικών με διαφορετικά χρόνια διδακτικής εμπειρίας. Από αυτούς, οι 16 (51,6%) δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν εργαλεία ΤΝ για τη διδασκαλία ή την προετοιμασία του μαθήματος, ενώ οι 15 (48,4%) απάντησαν ότι δεν χρησιμοποιούν. Το ChatGPT αναφέρθηκε από 16 εκπαιδευτικούς (51,6%), το Photomath από 10 (32,3%) και το Gemini από 7 (22,6%), ενώ δεν καταγράφηκε χρήση του Wolfram Alpha.

Σε σύγκριση με τους μαθητές, η χρήση ΤΝ εμφανίζεται λιγότερο διαδεδομένη στους εκπαιδευτικούς. Η εικόνα αυτή υποδηλώνει ότι η ενσωμάτωση των εργαλείων στη διδακτική πρακτική βρίσκεται ακόμη σε μεταβατικό στάδιο.

Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών αποτυπώθηκαν μέσα από δεκατέσσερις δηλώσεις τύπου Likert. Η υψηλότερη μέση τιμή καταγράφηκε στη δήλωση ότι ο ρόλος του εκπαιδευτικού παραμένει καθοριστικός σε περιβάλλον ΤΝ (Μ.Τ.=4,35). Πολύ υψηλή ήταν η συμφωνία με τη δήλωση ότι η ΤΝ μπορεί να οδηγήσει τα παιδιά να μη σκέφτονται επαρκώς (Μ.Τ.=4,32).

Υψηλές τιμές καταγράφηκαν επίσης στους περιορισμούς χρήσης της ΤΝ στο σχολείο (Μ.Τ.=4,13) και στην ανάγκη ενεργού καθοδήγησης των παιδιών (Μ.Τ.=4,10). Χαμηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στην ενθάρρυνση χρήσης για εξάσκηση (Μ.Τ.=1,71), στην αξιοποίηση για διδακτικό υλικό (Μ.Τ.=2,42) και στον εντοπισμό λαθών (Μ.Τ.=2,55). Τα δεδομένα δείχνουν ότι οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν τις δυνατότητες της ΤΝ, διατηρούν όμως επιφυλάξεις για την εκτεταμένη χρήση της.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ
ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ

Δήλωση	**Μέση Τιμή**	**Τυπική Απόκλιση**
Ρόλος εκπαιδευτικού	4,35	0,49
Οι μαθητές δεν σκέφτονται	4,32	0,48
Περιορισμοί χρήσης	4,13	0,56
Καθοδήγηση μαθητών	4,10	0,70
Υλικό διδασκαλίας	2,42	0,81
Εξάσκηση με ΤΝ	1,71	0,46

Α. Συνοπτική σύγκριση μαθητών και εκπαιδευτικών

Η σύγκριση των δύο ομάδων αναδεικνύει διαφορές ως προς την προσέγγιση της ΤΝ στη μαθηματική εκπαίδευση. Οι μαθητές εστιάζουν κυρίως στην πρακτική υποστήριξη για την κατοίκον εργασία και όχι απαραίτητα για βαθύτερη κατανόηση των μαθηματικών. Αντίθετα, οι εκπαιδευτικοί δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στους κινδύνους υπερβολικής εξάρτησης και στην ανάγκη διατήρησης της κριτικής σκέψης.

Παρά τις διαφορές, κοινό στοιχείο αποτελεί η αναγνώριση της σημασίας του εκπαιδευτικού στη χρήση της ΤΝ. Και οι δύο ομάδες θεωρούν ότι η τεχνολογία πρέπει να εντάσσεται σε ένα σαφές παιδαγωγικό πλαίσιο και να συνοδεύεται από καθοδήγηση, ώστε να λειτουργεί ως εργαλείο υποστήριξης της μαθηματικής σκέψης και όχι ως υποκατάστατό της. Η σύγκλιση αυτή αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ευρήματα της έρευνας.

ΙV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας ανέδειξαν ότι η χρήση εργαλείων ΤΝ αποτελεί πλέον μια ιδιαίτερα διαδεδομένη πρακτική μεταξύ των μαθητών/τριών που συμμετείχαν στην έρευνα. Η πλειονότητα δήλωσε ότι αξιοποιεί εφαρμογές κατά τη μελέτη των μαθηματικών, με κυρίαρχο εργαλείο το ChatGPT. Το εύρημα συνδέεται με τις δυνατότητες των σύγχρονων συστημάτων ΤΝ για άμεση ανατροφοδότηση και εξατομικευμένες επεξηγήσεις (Kasneci et al., 2023).

Ωστόσο, η εκτεταμένη χρήση των εργαλείων αυτών δεν συνεπάγεται απαραίτητα ουσιαστική αξιοποίησή τους για την κατανόηση μαθηματικών εννοιών. Οι απαντήσεις έδειξαν ότι η ΤΝ χρησιμοποιείται κυρίως για διευκόλυνση της κατ' οίκον εργασίας και λιγότερο για κατανόηση ή έλεγχο μιας ήδη ολοκληρωμένης λύσης. Η διαπίστωση αυτή συνδέεται με τις ανησυχίες που έχουν εκφραστεί στη βιβλιογραφία σχετικά με τον κίνδυνο επιφανειακής μάθησης ή μη ουσιαστικής δόμησης των μαθηματικών εννοιών. Σύμφωνα με την προσέγγιση του Schoenfeld (1992), η ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης απαιτεί ενεργό στη διαδικασία επίλυσης προβλήματος. Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας δεν αποδεικνύουν ότι η ΤΝ μειώνει αυτές τις δεξιότητες· αναδεικνύουν όμως την ανάγκη να εξεταστεί πότε η χρήση της λειτουργεί υποστηρικτικά και πότε περιορίζεται στην αναζήτηση έτοιμων απαντήσεων.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι πηγές από τις οποίες οι μαθητές/τριες ενημερώνονται για την ΤΝ. Οι περισσότεροι μαθητές ανέφεραν φίλους, αδέλφια και μέσα κοινωνικής δικτύωσης, ενώ κανένας δεν ανέφερε τον εκπαιδευτικό ως αρχική πηγή ενημέρωσης. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι η επαφή των παιδιών με την ΤΝ πραγματοποιείται κυρίως εκτός του σχολικού πλαισίου. Η διαπίστωση αυτή δημιουργεί προβληματισμό, καθώς οι μαθητές ενδέχεται να χρησιμοποιούν τα εργαλεία χωρίς επαρκή καθοδήγηση ή χωρίς να γνωρίζουν τους περιορισμούς τους. Την ίδια στιγμή όμως αναδεικνύει ενδεχόμενα και τη μη επαρκή γνώση και κατάρτιση των εκπαιδευτικών ως προς την επιτέλεση του συγκεκριμένου ρόλου.

Από τα σημαντικότερα ευρήματα της παρούσας έρευνας είναι η σύγκλιση των δύο ομάδων μαθητών - εκπαιδευτικών ως προς την ανάγκη παιδαγωγικής καθοδήγησης. Οι μαθητές επιθυμούν ενημέρωση για τη σωστή χρήση της ΤΝ, ενώ οι εκπαιδευτικοί τονίζουν τη διατήρηση του παιδαγωγικού τους ρόλου. Η διαπίστωση αυτή συνδέεται με το διδακτικό τετράεδρο (Rezat & Sträßer, 2012) : ο μαθητής, ο εκπαιδευτικός, η μαθηματική γνώση και το τεχνολογικό εργαλείο αλληλοεπιδρούν, και η διδακτική αξία της ΤΝ εξαρτάται από τον τρόπο οργάνωσης αυτών των σχέσεων.

Α. Συμπεράσματα

Η έρευνα διερεύνησε τη χρήση εργαλείων ΤΝ στη λύση μαθηματικών προβλημάτων, εστιάζοντας τόσο στις πρακτικές των μαθητών/ τριών όσο και στις αντιλήψεις μαθητών και εκπαιδευτικών σχετικά με τον ρόλο της ΤΝ στη μαθησιακή διαδικασία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές αξιοποιούν σε σημαντικό βαθμό τις δυνατότητές της, κυρίως για υποστήριξη της καθημερινής μελέτης. Ωστόσο, διαπιστώθηκε ότι η χρήση της ΤΝ δεν συνδέεται αποκλειστικά με θετικές επιδράσεις. Παρόλο που οι μαθητές αναγνωρίζουν τη χρησιμότητα των εργαλείων αυτών, αναδείχθηκαν και ζητήματα που σχετίζονται με την πιθανή εξάρτηση από έτοιμες λύσεις και τον περιορισμό της ενεργού εμπλοκής στη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων.

Οι εκπαιδευτικοί εμφανίζουν περισσότερο επιφυλακτική στάση απέναντι στην εκτεταμένη χρήση, εκφράζοντας ανησυχίες για εξάρτηση από έτοιμες λύσεις και περιορισμό της προσωπικής προσπάθειας. Κοινό στοιχείο παραμένει η αναγνώριση του εκπαιδευτικού ως

καθοριστικού παράγοντα. Η ΤΝ δεν αντιμετωπίζεται ως υποκατάστατο της διδασκαλίας, αλλά ως υποστηρικτικό εργαλείο όταν υπάρχει κατάλληλο παιδαγωγικό πλαίσιο.

Η βασική πρόκληση, επομένως, δεν αφορά μόνο την πρόσβαση στα εργαλεία ΤΝ, αλλά τον τρόπο ένταξής τους στη διδασκαλία, ώστε να υπηρετούν την κατανόηση, την αυτονομία και την κριτική σκέψη των μαθητών.

Β. Παιδαγωγικές προτάσεις

Τα ευρήματα αναδεικνύουν την ανάγκη πιο οργανωμένης και παιδαγωγικά τεκμηριωμένης αξιοποίησης της ΤΝ στη διδασκαλία των μαθηματικών. Ιδιαίτερη σημασία έχει η ανάπτυξη δεξιοτήτων κριτικής αξιολόγησης των απαντήσεων. Οι μαθητές χρειάζεται να εκπαιδεύονται όχι μόνο στη χρήση των εργαλείων, αλλά και στην αξιολόγηση της ορθότητας της πληρότητας και της αξιοπιστίας των πληροφοριών που λαμβάνουν.

Παράλληλα, τα ευρήματα της έρευνας ανέδειξαν τον καθοριστικό ρόλο του εκπαιδευτικού. Οι μαθητές δήλωσαν ότι επιθυμούν καθοδήγηση σχετικά με τον σωστό τρόπο αξιοποίησης της ΤΝ, ενώ και οι εκπαιδευτικοί αναγνώρισαν ότι η παρουσία τους παραμένει απαραίτητη κατά τη μαθησιακή διαδικασία. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά, κρίνεται σκόπιμο να σχεδιαστούν προγράμματα επιμόρφωσης που θα βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς να ενσωματώνουν αποτελεσματικά τα εργαλεία ΤΝ στη διδασκαλία των μαθηματικών.

Επιπρόσθετα, τα σχολεία θα μπορούσαν να αναπτύξουν κατευθυντήριες οδηγίες σχετικά με τη χρήση της ΤΝ στην εκπαιδευτική διαδικασία. Οι οδηγίες αυτές θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν παραδείγματα αποδεκτής χρήσης, τρόπους αξιοποίησης της ΤΝ για την υποστήριξη της μάθησης, καθώς και πρακτικές αποφυγής της μηχανικής αντιγραφής λύσεων χωρίς κατανόηση της διαδικασίας επίλυσης. Κατεύθυνση για τα σχολεία πρέπει να αποτελέσει η διακηρυγμένη πολιτική του επίσημου εκπαιδευτικού συστήματος ως προς αυτή την κατεύθυνση.

Ιδιαίτερη έμφαση θα πρέπει να δοθεί στην αξιοποίηση της ΤΝ ως εργαλείου υποστήριξης της μαθηματικής σκέψης και όχι ως μηχανισμού παραγωγής έτοιμων απαντήσεων. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να σχεδιάζουν δραστηριότητες στις οποίες οι μαθητές θα καλούνται να συγκρίνουν τις απαντήσεις της ΤΝ με τις δικές τους στρατηγικές επίλυσης, να εντοπίζουν πιθανά λάθη και να αιτιολογούν την ορθότητα των λύσεων. Με τον τρόπο αυτό η ΤΝ μπορεί να λειτουργήσει ως αφορμή για αναστοχασμό και ανάπτυξη της κριτικής σκέψης.

Τέλος, η αξιοποίηση της ΤΝ στη μαθηματική εκπαίδευση θα πρέπει να συνοδεύεται από την καλλιέργεια μεταγνωστικών δεξιοτήτων. Οι μαθητές χρειάζεται να αναπτύξουν την ικανότητα να ελέγχουν τη διαδικασία σκέψης τους, να αξιολογούν τις επιλογές τους και να αναγνωρίζουν πότε ένα εργαλείο ΤΝ συμβάλλει ουσιαστικά στη μάθησή τους και πότε λειτουργεί απλώς ως μέσο διευκόλυνσης χωρίς ουσιαστική γνωστική εμπλοκή.

C. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Αντίστοιχες μελλοντικές έρευνες θα ήταν χρήσιμο να πραγματοποιηθούν με μεγαλύτερο και περισσότερο αντιπροσωπευτικό δείγμα μαθητών και εκπαιδευτικών από διαφορετικές περιοχές και τύπους σχολείων. Μια τέτοια προσέγγιση θα επέτρεπε την εξαγωγή συμπερασμάτων με μεγαλύτερο βαθμό γενίκευσης και θα παρείχε πληρέστερη εικόνα για την έκταση και τις μορφές χρήσης της ΤΝ στην εκπαίδευση.

Επιπλέον, ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η διερεύνηση πιθανών διαφοροποιήσεων μεταξύ μαθητών διαφορετικών ηλικιών ή εκπαιδευτικών βαθμίδων. Η σύγκριση μεταξύ μαθητών Γυμνασίου, Λυκείου και Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης θα μπορούσε να αναδείξει πιθανές διαφορές ως προς τον τρόπο χρήσης των εργαλείων ΤΝ, τα κίνητρα αξιοποίησής τους και την επίδρασή τους στη μαθησιακή διαδικασία.

Μια ακόμη κατεύθυνση για μελλοντική έρευνα αφορά τη μελέτη της επίδρασης της ΤΝ στην πραγματική μαθηματική επίδοση των μαθητών. Η παρούσα έρευνα επικεντρώθηκε κυρίως στις αντιλήψεις και στις εμπειρίες των συμμετεχόντων. Ωστόσο, θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να εξεταστεί κατά πόσο η συστηματική χρήση εργαλείων ΤΝ επηρεάζει την ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων, την εννοιολογική κατανόηση και τη σχολική επίδοση στα μαθηματικά.

Επιπρόσθετα, θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν ποιοτικές έρευνες, μέσω συνεντεύξεων ή ομάδων εστίασης, με στόχο τη βαθύτερη κατανόηση των εμπειριών μαθητών και εκπαιδευτικών. Μέσα από τέτοιες προσεγγίσεις θα ήταν δυνατό να αναδειχθούν πτυχές που δεν μπορούν να αποτυπωθούν επαρκώς μέσω ενός ερωτηματολογίου, όπως οι δυσκολίες, οι προβληματισμοί και οι στρατηγικές που αναπτύσσονται κατά τη χρήση της ΤΝ.

Συνολικά, η συνεχής εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης δημιουργεί νέες προκλήσεις αλλά και νέες δυνατότητες για την εκπαίδευση. Για τον λόγο αυτό, η συστηματική μελέτη της αξιοποίησής της στη διδασκαλία και στη μάθηση των μαθηματικών αναμένεται να παραμείνει ένα ιδιαίτερα σημαντικό πεδίο έρευνας τα επόμενα χρόνια. Η βασική πρόκληση για το σύγχρονο σχολείο δεν είναι απλώς αν θα χρησιμοποιηθεί η Τεχνητή Νοημοσύνη, αλλά με ποιον τρόπο θα ενταχθεί παιδαγωγικά, ώστε να ενισχύει τη μαθηματική σκέψη, την αυτονομία και την κριτική ικανότητα των μαθητών, χωρίς να υποκαθιστά τη δική τους γνωστική προσπάθεια.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

A. H. Schoenfeld, *"Learning to think mathematically*," in Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning, D. Grouws, Ed. Macmillan, 1992

C. Zhai, S. Wibowo, and L. D. Li, "*The effects of over-reliance on AI dialogue systems on students' cognitive abilities: A systematic review. Smart Learning Environments,* vol. 11, Art. no. 28, 2024, doi: 10.1186/s40561-024-00316-7.

E. Kasneci et al., "ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education," Learning and Individual Differences, vol. 103, 102274, 2023.

R. Likert, "*A technique for the measurement of attitudes,*" Archives of Psychology, vol. 140, pp. 1–55, 1932.

R. Luckin, W. Holmes, M. Griffiths, and L. B. Forcier, *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. Pearson, 2016.

S. Rezat and R. Sträßer, *"From the didactical triangle to the socio-didactical tetrahedron: Artifacts as fundamental constituents of the didactical situation,"* ZDM Mathematics Education, vol. 44, pp. 641–651, 2012.

W. Holmes, M. Bialik, and C. Fadel, Artificial Intelligence in Education: *Promises and Implications for Teaching and Learning.* Center for Curriculum Redesign, 2019.