



Σχολή Θετικών Επιστημών

Μεταπτυχιακές Σπουδές στα Μαθηματικά (ΜΣΜ)

Διπλωματική Εργασία

Η Τεχνητή Νοημοσύνη στη λύση μαθηματικού προβλήματος.

Ρόλος του μαθητή και του εκπαιδευτικού

Μαρία Σάββα

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Δρ. Αρετή Παναούρα

Πάτρα, Μάιος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας Μαρίας Σάββα που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Η συγγραφέας/ δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



Η Τεχνητή Νοημοσύνη στη λύση μαθηματικού προβλήματος.

Ρόλος του μαθητή και του εκπαιδευτικού

Μαρία Σάββα

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Αρετή Παναούρα

Καθηγήτρια Μαθηματικής Παιδείας στο
Τμήμα Επιστημών της Αγωγής του
Πανεπιστημίου Frederick

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Αυγερινός Ευγένιος

Καθηγητής – Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Πάτρα, Μάιος 2026

Αφιέρωση:

*Την αφιερώνω στους ανθρώπους- ηλιοτρόπια,
Σε αυτούς που κοιτάνε πάντα το φως,
Σε αυτούς που ονειρεύονται και
Σε αυτούς που τολμούν να κάνουν τα αδύνατα δυνατά!*

Ευχαριστίες:

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου, κα Αρετή Παναούρα για την πολύτιμη καθοδήγηση της καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά τους συναδέλφους μαθηματικούς και τους μαθητές/τριες, χωρίς τους οποίους το πρακτικό κομμάτι της εργασίας δεν θα είχε πραγματοποιηθεί.

Περίληψη

Η Τεχνητή Νοημοσύνη τα τελευταία χρόνια έχει αποκτήσει ολοένα και μεγαλύτερη παρουσία στην εκπαίδευση, επηρεάζοντας τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές μελετούν και προσεγγίζουν τη λύση μαθηματικών προβλημάτων. Εργαλεία όπως το ChatGPT, το Photomath και το Wolfram Alpha χρησιμοποιούνται πλέον συχνά από τους μαθητές/τριες, προσφέροντας άμεση πρόσβαση σε πληροφορίες, επεξηγήσεις και διαδικασίες επίλυσης ασκήσεων. Η εξέλιξη αυτή δημιουργεί νέες δυνατότητες για τη μαθησιακή διαδικασία, αλλά ταυτόχρονα γεννά ερωτήματα σχετικά με τον τρόπο αξιοποίησης των εργαλείων αυτών και τις επιδράσεις τους στη μάθηση.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνήσει τον ρόλο της Τεχνητής Νοημοσύνης στη λύση μαθηματικών προβλημάτων, καθώς και τις απόψεις μαθητών/τριών και εκπαιδευτικών σχετικά με τη χρήση της στη μαθηματική εκπαίδευση. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε ποσοτική έρευνα με τη χρήση ερωτηματολογίων που απευθύνθηκαν σε μαθητές/τριες και εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι περισσότεροι μαθητές/τριες χρησιμοποιούν σε κάποιο βαθμό εργαλεία Τεχνητής Νοημοσύνης κατά τη μελέτη των μαθηματικών και θεωρούν ότι αυτά τους βοηθούν να κατανοήσουν καλύτερα τις ασκήσεις και τις μαθηματικές έννοιες. Παράλληλα, αρκετοί μαθητές αναγνώρισαν ότι η συχνή χρήση των εργαλείων αυτών μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη εξάρτηση για έτοιμες λύσεις. Αντίστοιχα, οι εκπαιδευτικοί αντιμετωπίζουν θετικά τις δυνατότητες που προσφέρει η Τεχνητή Νοημοσύνη, θεωρώντας όμως ότι η αποτελεσματική αξιοποίησή της προϋποθέτει καθοδήγηση, κριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και ενεργό συμμετοχή των μαθητών/τριών στη μαθησιακή διαδικασία.

Από τα ευρήματα της έρευνας προκύπτει ότι η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να λειτουργήσει ως ένα χρήσιμο υποστηρικτικό εργαλείο στη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθηματικών. Ωστόσο, η αξιοποίησή της φαίνεται να είναι περισσότερο αποτελεσματική όταν χρησιμοποιείται συμπληρωματικά και όχι ως υποκατάστατο της προσωπικής προσπάθειας του μαθητή ή του παιδαγωγικού ρόλου του εκπαιδευτικού.

Λέξεις – Κλειδιά : Τεχνητή Νοημοσύνη στην εκπαίδευση, Μαθηματική Εκπαίδευση, Ρόλος εκπαιδευτικού, Ρόλος μαθητή, Λύση προβλήματος

Abstract

Artificial Intelligence (AI) has become increasingly present in education, influencing the ways students study and approach mathematical problem solving. Tools such as ChatGPT, Photomath, and Wolfram Alpha are now commonly used by students, providing immediate access to explanations, solution procedures, and additional support during learning. While these tools create new opportunities for mathematics education, they also raise questions regarding their impact on students' learning and on the role of the teacher.

The purpose of this study was to explore the contribution of Artificial Intelligence to mathematical problem solving and to investigate the views of students and teachers regarding its use in mathematics education. To address this purpose, a quantitative research approach was adopted, and data were collected through questionnaires administered to secondary school students and mathematics teachers.

The findings showed that many students use Artificial Intelligence tools while studying mathematics and generally view them as helpful for understanding mathematical concepts and solving exercises. At the same time, participants expressed concerns that frequent reliance on such tools may reduce students' engagement in the problem-solving process and encourage dependence on ready-made solutions. Teachers also acknowledged the educational potential of Artificial Intelligence, while emphasizing the importance of guidance, critical thinking, and the careful evaluation of the information provided by these systems.

Overall, the results suggest that Artificial Intelligence can support the teaching and learning of mathematics when used in a thoughtful and pedagogically appropriate way. However, its value appears to be greater when it complements, rather than replaces, students' own effort and the teacher's role in the learning process.

Keywords: Artificial Intelligence in Education, Mathematics Education, the teacher's role, the student's role, Mathematical Problem Solving

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract	vii
Περιεχόμενα	viii
Κατάλογος Εικόνων	x
Κατάλογος Γραφημάτων.....	x
Κατάλογος Πινάκων	x
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xi
1. Εισαγωγή.....	1
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	4
2.1 Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Εκπαίδευση	4
2.1.1 Έννοια και βασικά χαρακτηριστικά της Τεχνητής Νοημοσύνης.....	4
2.1.2 Ιστορική εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαίδευση	4
2.1.3 Κατηγορίες συστημάτων Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαίδευση.....	6
2.1.4 Πλεονεκτήματα της χρήσης της ΤΝ στην εκπαίδευση	9
2.1.5 Προβληματισμοί, ηθικές και παιδαγωγικές διαστάσεις της ΤΝ στην εκπαίδευση	9
2.2 Η λύση μαθηματικού προβλήματος	11
2.2.1 Η έννοια του μαθηματικού προβλήματος	11
2.2.2 Στρατηγικές και στάδια επίλυσης προβλήματος.....	12
2.2.3 Θεωρητικές προσεγγίσεις της επίλυσης μαθηματικού προβλήματος	13
2.2.4 Σχέση θεωρητικών προσεγγίσεων με την Τεχνητή Νοημοσύνη.....	15
2.2.5 Ο ρόλος της τεχνολογίας στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων	15
2.3 Η Τεχνητή Νοημοσύνη στη λύση μαθηματικού προβλήματος.....	16
2.3.1 Η αξιοποίηση εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης στη λύση μαθηματικών προβλημάτων	16
2.3.2 Επίδραση της ΤΝ στις στρατηγικές επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων	17
2.3.3 Ο ρόλος του μαθητή/της μαθήτρια σε περιβάλλον υποστηριζόμενο από ΤΝ	18
2.3.4 Ο ρόλος του/της εκπαιδευτικού στη χρήση της ΤΝ.....	18
2.3.5 Η αλληλεπίδραση μαθητή – εκπαιδευτικού – Τεχνητής Νοημοσύνης	19
2.3.6 Διδακτικό τετράεδρο	20
2.3.7 Παιδαγωγικά σενάρια αξιοποίησης της Τεχνητής Νοημοσύνης στη λύση μαθηματικών προβλημάτων.....	22
2.3.8 Προοπτικές και προκλήσεις της Τεχνητής Νοημοσύνης στη μαθηματική εκπαίδευση	24
3. Μεθοδολογία της έρευνας.....	26
3.1 Ερευνητική προσέγγιση	26
3.2 Δείγμα της έρευνας	26
3.3 Ερευνητικό εργαλείο – ερωτηματολόγιο	27
3.4 Διαδικασία συλλογής δεδομένων.....	28
3.5 Μέθοδος ανάλυσης δεδομένων	28
3.6 Ηθικές αρχές και περιορισμοί της έρευνας	28
4. Αποτελέσματα της Έρευνας.....	30
4.1 Αποτελέσματα ερωτηματολογίου μαθητών	30
4.1.1 Δημογραφικά στοιχεία	30

4.1.2	Χρήση εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης από τους μαθητές.....	31
4.1.3	Εργαλεία ΤΝ που χρησιμοποιούνται	32
4.1.4	Πηγές ενημέρωσης για τα εργαλεία ΤΝ.....	33
4.1.5	Συχνότητα χρήσης εργαλείων ΤΝ.....	33
4.1.6	Αντιλήψεις μαθητών για τη χρήση της ΤΝ	34
4.1.7	Πρόσθετες στατιστικές αναλύσεις για τους μαθητές.....	36
4.2	Αποτελέσματα ερωτηματολογίου εκπαιδευτικών.....	36
4.2.1	Δημογραφικά χαρακτηριστικά εκπαιδευτικών	36
4.2.2	Χρήση εργαλείων ΤΝ από τους εκπαιδευτικούς.....	37
4.2.3	Αντιλήψεις εκπαιδευτικών για τη χρήση της ΤΝ.....	38
4.3	Σύνοψη βασικών αποτελεσμάτων	39
4.4	Συνοπτική σύγκριση μαθητών και εκπαιδευτικών.....	40
5.	Συμπεράσματα και προτάσεις	41
5.1	Συζήτηση των ευρημάτων.....	41
5.2	Συμπεράσματα	43
5.3	Παιδαγωγικές προτάσεις και εκπαιδευτικές προεκτάσεις	45
5.4	Περιορισμοί της έρευνας.....	46
5.5	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	47
	Βιβλιογραφικές αναφορές	49
	Παράρτημα Α: Ερωτηματολόγιο μαθητών/τριών Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	52
	Παράρτημα Β: Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	55

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1: Διδακτικό Τετράεδρο	21
---------------------------------------	----

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 4.1: Χρήση εργαλείων TN από μαθητές	31
Γράφημα 4.2: Εργαλεία TN που χρησιμοποιούνται από τους μαθητές.....	32
Γράφημα 4.3: Μέσοι όροι δηλώσεων μαθητών	35
Γράφημα 4.4: Μέση τιμή δηλώσεων εκπαιδευτικών	38

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 4.1: Κατανομή μαθητών ανά τάξη (Γυμνάσιο/ Λύκειο).....	31
Πίνακας 4.2: Χρήση εργαλείων TN από τους μαθητές	31
Πίνακας 4.3 Εργαλεία TN που χρησιμοποιούνται από τους μαθητές	32
Πίνακας 4.4: Πηγές ενημέρωσης μαθητών για τα εργαλεία TN.....	33
Πίνακας 4.5: Συχνότητα χρήσης εργαλείων TN από τους μαθητές.....	34
Πίνακας 4.6: Δηλώσεις Likert μαθητών	34
Πίνακας 4.7 Συσχέτιση μεταξύ χρήσης TN πριν και μετά την προσπάθεια λύσης	36
Πίνακας 4.8: Χρόνια διδακτικής εμπειρίας εκπαιδευτικών	37
Πίνακας 4.9: Βαθμίδα διδασκαλίας εκπαιδευτικών	37
Πίνακας 4.10: Χρήση εργαλείων TN από τους εκπαιδευτικούς.....	37
Πίνακας 4.11: Εργαλεία TN που χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς.....	37
Πίνακας 4.12: Δηλώσεις Likert εκπαιδευτικών	38

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΔΕ	Διπλωματική Εργασία
ΕΑΠ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
TN	Τεχνητή Νοημοσύνη
MT	Μέση Τιμή
TA	Τυπική Απόκλιση
r	Συντελεστής συσχέτισης
p	p-value
N	Δείγμα του πληθυσμού

1. Εισαγωγή

Η ραγδαία ανάπτυξη της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) τα τελευταία χρόνια έχει επηρεάσει σημαντικά την καθημερινή ζωή, την οικονομία, την επιστήμη και, κατ' επέκταση, την εκπαίδευση. Η TN θεωρείται μία από τις πλέον καθοριστικές τεχνολογίες του 21ου αιώνα, καθώς μετασχηματίζει τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι εργάζονται, επικοινωνούν και μαθαίνουν. Στον χώρο της εκπαίδευσης, η TN δεν αποτελεί πλέον μια μελλοντική προοπτική, αλλά μια πραγματικότητα που επηρεάζει ήδη τη διδακτική πρακτική και τη μαθησιακή εμπειρία (Luckin et al., 2016).

Η ένταξη της TN στην εκπαίδευση συνοδεύεται από σημαντικές προσδοκίες. Σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία, τα συστήματα TN μπορούν να υποστηρίξουν την εξατομικευμένη μάθηση, να παρέχουν άμεση ανατροφοδότηση και να συμβάλουν στον εντοπισμό μαθησιακών δυσκολιών (Holmes, Bialik, & Fadel, 2019). Παράλληλα, εφαρμογές όπως τα έξυπνα συστήματα διδασκαλίας, οι ψηφιακοί βοηθοί και τα εργαλεία γενετικής TN δημιουργούν νέες μορφές αλληλεπίδρασης μεταξύ μαθητή, γνώσης, εκπαιδευτικού και τεχνολογίας.

Ωστόσο, η χρήση της TN στην εκπαίδευση δεν συνοδεύεται μόνο από οφέλη, αλλά και από σημαντικούς προβληματισμούς. Έρευνες δείχνουν ότι η υπερβολική εξάρτηση από τέτοια συστήματα ενδέχεται να επηρεάσει αρνητικά την κριτική σκέψη, την ανεξάρτητη επίλυση προβλημάτων και τη γνωστική αυτονομία των μαθητών/τριών (Zhai et al., 2024). Παράλληλα, ζητήματα όπως η αξιοπιστία των απαντήσεων, η αλγοριθμική μεροληψία και η διαφάνεια των συστημάτων TN αποτελούν βασικές προκλήσεις για την παιδαγωγική τους αξιοποίηση. Στο ίδιο πλαίσιο, η UNESCO τονίζει ότι η ενσωμάτωση της γενετικής TN στην εκπαίδευση απαιτεί πολιτικές και πρακτικές που προστατεύουν την ανθρώπινη αυτενέργεια, την ισότητα και την ηθική χρήση της τεχνολογίας (UNESCO, 2023).

Ιδιαίτερα στη μαθηματική εκπαίδευση, η επίδραση της TN είναι έντονη. Έχουν αναπτυχθεί εργαλεία που μπορούν να επιλύουν προβλήματα, να παρέχουν αναλυτικά βήματα και να προτείνουν εναλλακτικές προσεγγίσεις. Η χρήση τέτοιων εφαρμογών δημιουργεί ένα νέο μαθησιακό περιβάλλον, στο οποίο ο μαθητής/τρια έχει άμεση πρόσβαση σε λύσεις και επεξηγήσεις, γεγονός που μεταβάλλει τη διαδικασία μάθησης και τον ρόλο του/της

εκπαιδευτικού (Drijvers et al., 2010). Η σχετική έρευνα επισημαίνει ότι η TN δεν αποτελεί απλώς μια τεχνολογική εξέλιξη του εκπαιδευτικού λογισμικού, αλλά εισάγει νέες δυνατότητες προσαρμογής, ανάλυσης μαθησιακών δεδομένων και παροχής ανατροφοδότησης (Roll & Wylie, 2016).

Η ενσωμάτωση της TN στη λύση μαθηματικών προβλημάτων δημιουργεί ένα νέο περιβάλλον, στο οποίο μεταβάλλονται ρόλοι και πρακτικές. Από τη μία πλευρά, η TN μπορεί να λειτουργήσει υποστηρικτικά, προσφέροντας ανατροφοδότηση, πολλαπλές προσεγγίσεις και ενίσχυση της κατανόησης. Από την άλλη πλευρά, αναδεικνύονται σημαντικοί προβληματισμοί, όπως ο κίνδυνος υπερβολικής εξάρτησης και η υποκατάσταση της διαδικασίας σκέψης από έτοιμες λύσεις. Η υπάρχουσα βιβλιογραφία αναδεικνύει τόσο τις προοπτικές όσο και τις δυσκολίες εφαρμογής της TN στην εκπαίδευση, δίνοντας έμφαση στην εξατομίκευση της μάθησης, στην αξιολόγηση και στη μεταβολή του ρόλου του εκπαιδευτικού (Holmes et al., 2019).

Στο πλαίσιο αυτό, παραμένει κρίσιμη η ανάγκη συστηματικής διερεύνησης της αλληλεπίδρασης μαθητή–εκπαιδευτικού–TN κατά τη λύση μαθηματικών προβλημάτων, ώστε να αποσαφηνιστεί πότε η TN ενισχύει τη μαθησιακή διαδικασία και πότε οδηγεί σε επιφανειακή μάθηση. Παρά την αυξανόμενη ερευνητική δραστηριότητα γύρω από την Τεχνητή Νοημοσύνη στην εκπαίδευση, η βιβλιογραφία επικεντρώνεται κυρίως στις τεχνολογικές δυνατότητες των συστημάτων TN και λιγότερο στον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί αντιλαμβάνονται τη χρήση τους κατά τη διαδικασία επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων. Ειδικότερα, παραμένει περιορισμένη η εμπειρική διερεύνηση της αλληλεπίδρασης μαθητή–εκπαιδευτικού–TN και των επιπτώσεών της στη μαθησιακή διαδικασία, στη στρατηγική σκέψη και στον ρόλο του εκπαιδευτικού.

Με βάση τα πιο πάνω, η παρούσα εργασία επιχειρεί να συμβάλει στην κάλυψη αυτού του ερευνητικού κενού, εξετάζοντας τις αντιλήψεις και τις πρακτικές χρήσης της TN στη λύση μαθηματικών προβλημάτων στο πλαίσιο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Σκοπός της είναι η διερεύνηση της συμβολής της Τεχνητής Νοημοσύνης στη διαδικασία επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων, τόσο από την πλευρά του μαθητή/της μαθήτριας όσο και από την πλευρά του/της εκπαιδευτικού. Η εργασία επιδιώκει να αναδείξει τον τρόπο με τον οποίο εργαλεία TN επηρεάζουν τη μαθησιακή διαδικασία, τις στρατηγικές επίλυσης

προβλημάτων και τις διδακτικές πρακτικές, καθώς και να αναλύσει την αλληλεπίδραση μεταξύ μαθητή, εκπαιδευτικού και ΤΝ στο πλαίσιο της μαθηματικής σκέψης και μάθησης.

Η μεθοδολογική προσέγγιση της εργασίας βασίζεται σε θεωρητική μελέτη και σύνθεση της σχετικής βιβλιογραφίας, σε συνδυασμό με διερευνητική εμπειρική έρευνα μέσω ερωτηματολογίου σε μαθητές/τριες και εκπαιδευτικούς μαθηματικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Στόχος της εμπειρικής έρευνας είναι να αποτυπωθούν οι τρόποι χρήσης της ΤΝ στη λύση μαθηματικών προβλημάτων και οι αντιλήψεις των συμμετεχόντων σχετικά με τη συμβολή της στη μαθησιακή διαδικασία.

Με βάση τους παραπάνω στόχους και το θεωρητικό πλαίσιο της εργασίας, διατυπώνονται τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα, τα οποία καθοδηγούν τον σχεδιασμό των ερωτηματολογίων και την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας:

- Ποια είναι η αξιοποίηση της Τεχνητής Νοημοσύνης από τους μαθητές/τις μαθήτριες κατά την επίλυση μαθηματικού προβλήματος;
- Ποιες είναι οι αντιλήψεις των μαθητών/τριών για την επίδραση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην ικανότητά τους επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων;
- Ποιες είναι οι πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τη χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων και στην αξιοποίησή της στο δικό τους διδακτικό έργο;

Η εργασία δομείται ως εξής: στο πρώτο κεφάλαιο είναι η εισαγωγή, στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση με τρία υποκεφάλαια: α) Τεχνητή Νοημοσύνη στην εκπαίδευση, β) η λύση μαθηματικού προβλήματος και γ) η Τεχνητή Νοημοσύνη στη λύση μαθηματικού προβλήματος. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία της έρευνας, στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται τα αποτελέσματα της έρευνας και στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η συζήτηση των ευρημάτων, διατυπώνονται τα συμπεράσματα της έρευνας και προτείνονται κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Εκπαίδευση

2.1.1 Έννοια και βασικά χαρακτηριστικά της Τεχνητής Νοημοσύνης

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (TN) αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τεχνολογικούς τομείς του σύγχρονου κόσμου, καθώς στοχεύει στη δημιουργία συστημάτων που μπορούν να εκτελούν λειτουργίες οι οποίες συνδέονται με την ανθρώπινη νοημοσύνη, όπως η μάθηση, η λήψη αποφάσεων και η επίλυση προβλημάτων. Η ανάπτυξή της βασίστηκε αρχικά σε συμβολικές προσεγγίσεις, ενώ στη συνέχεια ενισχύθηκε σημαντικά από την πρόοδο της μηχανικής μάθησης και της βαθιάς μάθησης, οι οποίες επιτρέπουν στα συστήματα να μαθαίνουν από δεδομένα και να προσαρμόζονται σε νέες καταστάσεις (Γεωργούλη, 2019).

Ένα βασικό χαρακτηριστικό των σύγχρονων συστημάτων TN είναι η ικανότητά τους να αναγνωρίζουν πρότυπα, να επεξεργάζονται μεγάλους όγκους δεδομένων και να βελτιώνουν την απόδοσή τους με την εμπειρία. Μέσω τεχνικών μηχανικής μάθησης, τα συστήματα αυτά μπορούν να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους με βάση την αλληλεπίδραση με τον χρήστη, προσφέροντας εξατομικευμένες απαντήσεις και υποδείξεις.

Στο πλαίσιο της εκπαίδευσης, η TN δεν αντιμετωπίζεται ως αντικατάσταση του ανθρώπινου παράγοντα, αλλά ως εργαλείο που μπορεί να υποστηρίξει και να ενισχύσει τη μαθησιακή διαδικασία. Η βιβλιογραφία επισημαίνει ότι η TN έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει περιβάλλοντα μάθησης που προσαρμόζονται στις ανάγκες των μαθητών και προσφέρουν στοχευμένη υποστήριξη, υπό την προϋπόθεση ότι εντάσσεται σε κατάλληλο παιδαγωγικό πλαίσιο (Luckin et al., 2016· Holmes et al., 2019).

2.1.2 Ιστορική εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαίδευση

Η Τεχνητή Νοημοσύνη δεν αποτελεί ένα ενιαίο και στατικό πεδίο, αλλά ένα σύνολο τεχνολογιών που εξελίχθηκαν σταδιακά τις τελευταίες δεκαετίες. Η παρουσία της στην εκπαίδευση έχει περάσει από διαφορετικά στάδια, τα οποία αντανακλούν τόσο τις τεχνολογικές εξελίξεις όσο και τις μεταβαλλόμενες παιδαγωγικές αντιλήψεις.

Οι πρώτες προσπάθειες αξιοποίησης της ΤΝ στην εκπαίδευση εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 1970 με την ανάπτυξη των λεγόμενων «έξυπνων συστημάτων διδασκαλίας» (Intelligent Tutoring Systems – ITS). Τα συστήματα αυτά σχεδιάστηκαν με στόχο να προσομοιώνουν τη διδακτική υποστήριξη που παρέχει ο εκπαιδευτικός, παρέχοντας εξατομικευμένη καθοδήγηση και ανατροφοδότηση στους μαθητές. Σύμφωνα με τον Woolf (2010), τα πρώτα αυτά συστήματα βασίζονταν σε κανόνες και συμβολικές αναπαραστάσεις της γνώσης, προσπαθώντας να μοντελοποιήσουν τόσο το γνωστικό αντικείμενο όσο και το προφίλ του μαθητή/τριας.

Κατά τις επόμενες δεκαετίες, η ανάπτυξη της υπολογιστικής ισχύος και των μεθόδων μηχανικής μάθησης οδήγησε σε νέα είδη εκπαιδευτικών εφαρμογών. Τα συστήματα άρχισαν να αξιοποιούν δεδομένα από την αλληλεπίδραση των μαθητών, προκειμένου να προσαρμόζουν το περιεχόμενο και τη δυσκολία των δραστηριοτήτων. Η προσέγγιση αυτή συνδέθηκε με την έννοια της προσαρμοσμένης μάθησης, η οποία θεωρείται βασικός στόχος των σύγχρονων εκπαιδευτικών τεχνολογιών (Holmes, Bialik, & Fadel, 2019).

Στη δεκαετία του 2010, η εμφάνιση των τεχνικών βαθιάς μάθησης (deep learning) και η ευρεία διάδοση των ψηφιακών πλατφορμών οδήγησαν σε νέα εργαλεία ανάλυσης μαθησιακών δεδομένων, γνωστά ως learning analytics. Τα συστήματα αυτά μπορούν να εντοπίζουν πρότυπα στη μαθησιακή συμπεριφορά, να προβλέπουν δυσκολίες και να προτείνουν παρεμβάσεις, συμβάλλοντας έτσι στη βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Roll & Wylie, 2016).

Η πιο πρόσφατη φάση στην εξέλιξη της ΤΝ στην εκπαίδευση συνδέεται με την εμφάνιση των γενετικών μοντέλων και των συστημάτων επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, όπως τα μεγάλα γλωσσικά μοντέλα. Τα εργαλεία αυτά μπορούν να παράγουν κείμενο, να απαντούν σε ερωτήσεις, να εξηγούν έννοιες και να επιλύουν προβλήματα, μεταβάλλοντας σημαντικά τη μαθησιακή εμπειρία. Σύμφωνα με την UNESCO (2023), η διάδοση της γενετικής ΤΝ δημιουργεί νέες ευκαιρίες για εξατομικευμένη μάθηση και άμεση ανατροφοδότηση, αλλά ταυτόχρονα εγείρει σημαντικά ηθικά και παιδαγωγικά ζητήματα.

Στο σύγχρονο εκπαιδευτικό περιβάλλον, η ΤΝ δεν αντιμετωπίζεται πλέον μόνο ως εργαλείο αυτοματοποιημένης διδασκαλίας, αλλά ως τεχνολογία που επηρεάζει συνολικά τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές αλληλεπιδρούν με τη γνώση. Η μετάβαση από τα πρώτα έξυπνα

συστήματα διδασκαλίας στα σύγχρονα εργαλεία γενετικής ΤΝ αντικατοπτρίζει μια μετατόπιση από την απλή παροχή οδηγιών προς την υποστήριξη της σκέψης, της διερεύνησης και της δημιουργικής μάθησης (Luckin et al., 2016).

Η ιστορική αυτή εξέλιξη δείχνει ότι η ΤΝ στην εκπαίδευση δεν αποτελεί απλώς τεχνολογική καινοτομία, αλλά συνδέεται άμεσα με τις παιδαγωγικές αντιλήψεις για τη μάθηση. Καθώς τα εργαλεία ΤΝ γίνονται ολοένα και πιο ισχυρά και προσβάσιμα, καθίσταται αναγκαία η διαμόρφωση παιδαγωγικών πλαισίων που θα καθοδηγούν την αξιοποίησή τους, ώστε να ενισχύεται η κατανόηση και όχι να υποκαθίσταται η μαθησιακή διαδικασία.

2.1.3 Κατηγορίες συστημάτων Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαίδευση

Η αξιοποίηση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαίδευση περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα συστημάτων και εφαρμογών, τα οποία διαφοροποιούνται ως προς τη λειτουργία, τον βαθμό αυτονομίας και τον παιδαγωγικό τους ρόλο. Η βιβλιογραφία διακρίνει διάφορες κατηγορίες συστημάτων ΤΝ, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί σταδιακά, αντανακλώντας την τεχνολογική και παιδαγωγική εξέλιξη των τελευταίων δεκαετιών (Holmes, Bialik, & Fadel, 2019).

Έξυπνα συστήματα διδασκαλίας (Intelligent Tutoring Systems)

Τα έξυπνα συστήματα διδασκαλίας αποτέλεσαν τις πρώτες συστηματικές εφαρμογές της ΤΝ στην εκπαίδευση και εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 1970. Τα συστήματα αυτά σχεδιάστηκαν ώστε να λειτουργούν με τρόπο παρόμοιο με εκείνον ενός εκπαιδευτικού, παρέχοντας καθοδήγηση και ανατροφοδότηση στους μαθητές (Woolf, 2010).

Τα συστήματα αυτά βασίζονται συνήθως σε τρία μοντέλα: το μοντέλο γνώσης, το μοντέλο μαθητή/τριας και το παιδαγωγικό μοντέλο. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να προσαρμόζουν τη διδασκαλία ανάλογα με τα λάθη και την πρόοδο του μαθητή.

Για παράδειγμα, σε ένα έξυπνο σύστημα διδασκαλίας μαθηματικών, ο μαθητής/τρια μπορεί να λύνει μια εξίσωση και, αν κάνει λάθος σε κάποιο βήμα, το σύστημα να του προτείνει μια καθοδηγητική υπόδειξη, αντί να εμφανίσει απλώς τη σωστή απάντηση. Έτσι, το σύστημα λειτουργεί παρόμοια με έναν εκπαιδευτικό που παρεμβαίνει κατά τη διαδικασία επίλυσης (Roll & Wylie, 2016).

Προσαρμοστικά μαθησιακά περιβάλλοντα

Τα προσαρμοστικά μαθησιακά περιβάλλοντα αναπτύχθηκαν κυρίως από τη δεκαετία του 1990 και μετά, ως εξέλιξη των έξυπνων συστημάτων διδασκαλίας. Η ανάπτυξή τους συνδέθηκε με τη διάδοση του διαδικτύου και την αύξηση της υπολογιστικής ισχύος, που επέτρεψε την ανάλυση μεγαλύτερου όγκου μαθησιακών δεδομένων.

Στα συστήματα αυτά, η ΤΝ χρησιμοποιείται για την ανάλυση των απαντήσεων και της συμπεριφοράς των μαθητών, ώστε να προσαρμόζεται το περιεχόμενο και η σειρά των δραστηριοτήτων στις ανάγκες του καθενός (Holmes et al., 2019).

Για παράδειγμα, σε ένα προσαρμοστικό σύστημα μαθηματικών, ένας μαθητής που δυσκολεύεται στα κλάσματα μπορεί να λαμβάνει περισσότερες σχετικές ασκήσεις, ενώ ένας άλλος μαθητής που έχει κατανοήσει το θέμα μπορεί να προχωρά σε πιο σύνθετα προβλήματα.

Συστήματα αυτοματοποιημένης αξιολόγησης

Τα συστήματα αυτοματοποιημένης αξιολόγησης εμφανίστηκαν αρχικά τη δεκαετία του 1990, κυρίως σε μορφή ηλεκτρονικών τεστ πολλαπλής επιλογής. Μετά το 2010, η χρήση τεχνικών ΤΝ επέτρεψε την αξιολόγηση πιο σύνθετων απαντήσεων και την παροχή εξατομικευμένης ανατροφοδότησης (Holmes et al., 2019).

Τα συστήματα αυτά μπορούν να διορθώνουν ασκήσεις, να εντοπίζουν λάθη και να παρέχουν άμεση ανατροφοδότηση στους μαθητές, μειώνοντας παράλληλα τον διοικητικό φόρτο των εκπαιδευτικών.

Για παράδειγμα, σε μια ηλεκτρονική πλατφόρμα μαθηματικών, ο μαθητής υποβάλλει τις απαντήσεις του σε ένα τεστ και το σύστημα εμφανίζει αμέσως το αποτέλεσμα, μαζί με σχόλια που υποδεικνύουν το σημείο του λάθους.

Συστήματα ανάλυσης μαθησιακών δεδομένων (Learning analytics)

Η κατηγορία των learning analytics αναπτύχθηκε κυρίως μετά το 2010, με τη διάδοση των διαδικτυακών μαθησιακών περιβαλλόντων και των μαζικών ανοικτών διαδικτυακών

μαθημάτων. Η αυξημένη διαθεσιμότητα δεδομένων επέτρεψε τη χρήση αλγορίθμων για την ανάλυση της μαθησιακής συμπεριφοράς (Roll & Wylie, 2016).

Τα συστήματα αυτά μπορούν να:

- παρακολουθούν την πρόοδο των μαθητών,
- εντοπίζουν γνωστικά κενά,
- και προβλέπουν μαθησιακές δυσκολίες.

Για παράδειγμα, μια εκπαιδευτική πλατφόρμα μπορεί να δείχνει στον εκπαιδευτικό ότι μεγάλο ποσοστό της τάξης δυσκολεύεται σε μια συγκεκριμένη ενότητα, επιτρέποντάς του να προσαρμόσει τη διδασκαλία του.

Ψηφιακοί βοηθοί και εκπαιδευτικά chatbots

Οι ψηφιακοί βοηθοί και τα εκπαιδευτικά chatbots αποτελούν μια πιο πρόσφατη κατηγορία εφαρμογών της ΤΝ. Τα πρώτα τέτοια συστήματα εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 2000, αλλά οι δυνατότητές τους ήταν περιορισμένες. Η ουσιαστική εξέλιξη σημειώθηκε μετά το 2020, με την ανάπτυξη των μεγάλων γλωσσικών μοντέλων και της γενετικής ΤΝ (UNESCO, 2023).

Τα συστήματα αυτά μπορούν να αλληλεπιδρούν με τους μαθητές/τις μαθήτριες μέσω φυσικής γλώσσας, να απαντούν σε ερωτήσεις, να εξηγούν έννοιες και να υποστηρίζουν τη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων.

Για παράδειγμα, ένα παιδί που δυσκολεύεται σε μια ανίσωση μπορεί να ζητήσει βοήθεια από ένα ψηφιακό εργαλείο και να λάβει αναλυτική εξήγηση των βημάτων της λύσης. Με τον τρόπο αυτό, η ΤΝ λειτουργεί ως άμεσος βοηθός μάθησης, ακόμη και εκτός της τάξης.

Ωστόσο, η χρήση των συστημάτων αυτών απαιτεί προσοχή, καθώς η υπερβολική εξάρτηση από έτοιμες απαντήσεις μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και της αυτόνομης επίλυσης προβλημάτων (Zhai et al., 2024). Το ζήτημα είναι εάν η παρουσίαση της λύσης συμβάλει στην κατανόηση του προβλήματος ή γενικότερα στον εντοπισμό του λάθους ή της παρανόησης στον τρόπο σκέψης του μαθητή.

2.1.4 Πλεονεκτήματα της χρήσης της ΤΝ στην εκπαίδευση

Η αξιοποίηση της ΤΝ στην εκπαίδευση παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα. Ένα από τα βασικότερα είναι η δυνατότητα εξατομίκευσης της μάθησης. Τα συστήματα ΤΝ μπορούν να προσαρμόζουν το περιεχόμενο και τη δυσκολία των δραστηριοτήτων με βάση τις ανάγκες και τις επιδόσεις κάθε μαθητή/τριας, δημιουργώντας πιο αποτελεσματικές μαθησιακές διαδρομές (Holmes et al., 2019).

Επιπλέον, η ΤΝ παρέχει άμεση και συνεχή ανατροφοδότηση, γεγονός που επιτρέπει στους μαθητές/τριες να εντοπίζουν και να διορθώνουν τα λάθη τους σε πραγματικό χρόνο. Η δυνατότητα αυτή ενισχύει την αυτορρύθμιση της μάθησης και συμβάλλει στην ανάπτυξη υπευθυνότητας και αυτονομίας (Luckin, 2018).

Η ΤΝ μπορεί επίσης να υποστηρίξει μαθητές/τριες με διαφορετικούς ρυθμούς μάθησης, προσφέροντας εξατομικευμένες μαθησιακές διαδρομές. Μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένα μαθησιακά περιβάλλοντα, τα εργαλεία ΤΝ μπορούν να συμβάλουν στην ενίσχυση της συμμετοχής και της εμπλοκής των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία (Holmes & Tuomi, 2022)

Από την πλευρά του εκπαιδευτικού, η ΤΝ μπορεί να λειτουργήσει ως υποστηρικτικό εργαλείο, μειώνοντας τον φόρτο επαναλαμβανόμενων εργασιών, όπως η διόρθωση ασκήσεων ή η προετοιμασία υλικού. Με τον τρόπο αυτό, ο εκπαιδευτικός μπορεί να αφιερώσει περισσότερο χρόνο στη διδακτική καθοδήγηση και στην αλληλεπίδραση με τους μαθητές.

2.1.5 Προβληματισμοί, ηθικές και παιδαγωγικές διαστάσεις της ΤΝ στην εκπαίδευση

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η Τεχνητή Νοημοσύνη στην εκπαίδευση, η χρήση της συνοδεύεται από ουσιαστικούς προβληματισμούς. Ένας βασικός κίνδυνος αφορά την υπερβολική εξάρτηση των μαθητών από τα τεχνολογικά εργαλεία. Όταν η ΤΝ χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή έτοιμων απαντήσεων, χωρίς ενεργή εμπλοκή στη διαδικασία σκέψης, υπάρχει ο κίνδυνος να περιοριστεί η ανάπτυξη της κριτικής ικανότητας και της αυτόνομης επίλυσης προβλημάτων (Schoenfeld, 1992). Σύγχρονες έρευνες επισημαίνουν ότι η συνεχής χρήση συστημάτων ΤΝ χωρίς κριτικό

έλεγχο μπορεί να επηρεάσει τη γνωστική αυτονομία των μαθητών/τριών και να οδηγήσει σε επιφανειακή κατανόηση (Zhai et al., 2024).

Επιπλέον, τίθενται ζητήματα αξιοπιστίας και διαφάνειας. Τα συστήματα ΤΝ βασίζονται σε αλγοριθμικές διαδικασίες και δεδομένα εκπαίδευσης, τα οποία ενδέχεται να εμπεριέχουν σφάλματα ή μεροληψίες. Ως αποτέλεσμα, οι απαντήσεις που παρέχονται δεν είναι πάντοτε πλήρως ακριβείς ή παιδαγωγικά κατάλληλες. Για τον λόγο αυτό, η βιβλιογραφία τονίζει την ανάγκη ανάπτυξης κριτικής στάσης απέναντι στα αποτελέσματα της ΤΝ, τόσο από τους μαθητές όσο και από τους εκπαιδευτικούς (Holmes et al., 2019).

Ένα ακόμη σημαντικό ζήτημα αφορά την προστασία προσωπικών δεδομένων και την ιδιωτικότητα. Πολλά συστήματα ΤΝ συλλέγουν και αναλύουν δεδομένα μάθησης, προκειμένου να προσαρμόζουν το περιεχόμενο στις ανάγκες του χρήστη. Αν και η πρακτική αυτή μπορεί να ενισχύσει την εξατομίκευση της μάθησης, δημιουργεί ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια και την ηθική χρήση των δεδομένων (UNESCO, 2023).

Παράλληλα, η ένταξη της ΤΝ μετασχηματίζει τον ρόλο του εκπαιδευτικού. Ο εκπαιδευτικός δεν περιορίζεται στη μετάδοση γνώσης, αλλά αναλαμβάνει καθοδηγητικό ρόλο, βοηθώντας τους μαθητές να αξιοποιούν την τεχνολογία με κριτικό και υπεύθυνο τρόπο. Η ΤΝ μπορεί να ενισχύσει τη διδακτική πράξη, υπό την προϋπόθεση ότι εντάσσεται σε σαφές παιδαγωγικό πλαίσιο και δεν υποκαθιστά τη μαθησιακή διεργασία (Luckin et al., 2016).

Τέλος, η ηθική διάσταση της ΤΝ συνδέεται με ζητήματα ισότητας και πρόσβασης. Η άνιση διαθεσιμότητα τεχνολογικών μέσων ενδέχεται να ενισχύσει τις εκπαιδευτικές ανισότητες, δημιουργώντας διαφορετικές ευκαιρίες μάθησης μεταξύ μαθητών με διαφορετικό κοινωνικοοικονομικό υπόβαθρο (UNESCO, 2023). Συνεπώς, η εισαγωγή της ΤΝ στην εκπαίδευση απαιτεί όχι μόνο τεχνολογικό σχεδιασμό, αλλά και πολιτικές που διασφαλίζουν τη δικαιοσύνη και την ισότιμη πρόσβαση.

Συνολικά, η ΤΝ προσφέρει σημαντικές δυνατότητες, αλλά η παιδαγωγική της αξία εξαρτάται από τον τρόπο ένταξής της στη διδακτική πρακτική. Η ανάπτυξη κριτικής στάσης, η διατήρηση του κεντρικού ρόλου του εκπαιδευτικού και η εφαρμογή σαφών ηθικών αρχών αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για την υπεύθυνη αξιοποίησή της (Drijvers et al., 2010).

2.2 Η λύση μαθηματικού προβλήματος

Η επιλογή να δοθεί έμφαση στη λύση μαθηματικού προβλήματος δεν είναι τυχαία. Στη σύγχρονη εκπαιδευτική πραγματικότητα, τα εργαλεία Τεχνητής Νοημοσύνης χρησιμοποιούνται κυρίως από τους μαθητές/τις μαθήτριες όταν καλούνται να επιλύσουν ασκήσεις και προβλήματα, παρέχοντας άμεσα αποτελέσματα και αναλυτικά βήματα. Επομένως, για να μελετηθεί ουσιαστικά η επίδραση της ΤΝ στη μαθηματική εκπαίδευση, είναι απαραίτητο να αποσαφηνιστεί τι ακριβώς εννοούμε με τον όρο «μαθηματικό πρόβλημα» και ποιες διεργασίες εμπλέκονται κατά τη διαδικασία επίλυσής του.

Η βιβλιογραφία για τη λύση προβλήματος, όπως το μοντέλο των τεσσάρων σταδίων του Pólya (1945) προσφέρει το θεωρητικό πλαίσιο μέσα από το οποίο μπορεί να εξεταστεί η χρήση της ΤΝ. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο μπορεί να διερευνηθεί αν τα εργαλεία ΤΝ ενισχύουν την κατανόηση και τη στρατηγική σκέψη ή αν, αντίθετα, οδηγούν σε μια πιο μηχανική και επιφανειακή αντιμετώπιση των μαθηματικών προβλημάτων.

2.2.1 Η έννοια του μαθηματικού προβλήματος

Η έννοια του μαθηματικού προβλήματος αποτελεί βασικό στοιχείο της μαθηματικής εκπαίδευσης, καθώς συνδέεται άμεσα με την ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης και της ικανότητας εφαρμογής της γνώσης σε νέες καταστάσεις. Ένα μαθηματικό πρόβλημα δεν περιορίζεται στην απλή εκτέλεση υπολογισμών, αλλά απαιτεί από τον μαθητή να αναλύσει την κατάσταση, να επιλέξει στρατηγικές και να αιτιολογήσει τα βήματά του (Schoenfeld, 1985).

Σε αντίθεση με μια απλή άσκηση, όπου η διαδικασία λύσης είναι γνωστή και τυποποιημένη, το πρόβλημα προϋποθέτει την αναζήτηση μιας πορείας προς τη λύση χωρίς να είναι άμεσα διαθέσιμη μια συγκεκριμένη μέθοδος. Ο μαθητής/η μαθήτρια καλείται να πάρει αποφάσεις, να δοκιμάσει στρατηγικές και να ελέγξει την πορεία της σκέψης του. Με τον τρόπο αυτό, η επίλυση προβλήματος ενεργοποιεί διαδικασίες που συνδέονται με τη μαθηματική σκέψη και όχι μόνο με την εκτέλεση πράξεων.

Η διεθνής βιβλιογραφία επισημαίνει ότι η επίλυση προβλήματος αποτελεί βασικό στόχο της μαθηματικής εκπαίδευσης, καθώς συμβάλλει στην κατανόηση εννοιών, στην ανάπτυξη συλλογισμού και στην ενίσχυση της δημιουργικής σκέψης (NCTM, 2000). Μέσα από τη

διαδικασία αυτή, οι μαθητές δεν μαθαίνουν απλώς μαθηματικούς τύπους, αλλά αναπτύσσουν δεξιότητες σκέψης που μπορούν να εφαρμοστούν σε ποικίλες καταστάσεις.

Στην εκπαιδευτική πράξη είναι σημαντικό να γίνεται διάκριση μεταξύ άσκησης και προβλήματος. Η άσκηση συνήθως απαιτεί την εφαρμογή μιας γνωστής διαδικασίας ή τύπου, ενώ το πρόβλημα απαιτεί επιλογή στρατηγικής και ενεργοποίηση της μαθηματικής σκέψης.

Η διάκριση αυτή είναι ουσιαστική, καθώς οι ασκήσεις συμβάλλουν κυρίως στην εξάσκηση και στην αυτοματοποίηση διαδικασιών, ενώ τα προβλήματα συμβάλλουν στην κατανόηση, στη διερεύνηση και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων συλλογισμού (Hiebert & Carpenter, 1992). Η έμφαση στην επίλυση προβλημάτων ενισχύει την ενεργό συμμετοχή των μαθητών και τους βοηθά να αντιλαμβάνονται τα μαθηματικά ως διαδικασία σκέψης και όχι απλώς ως σύνολο κανόνων.

2.2.2 Στρατηγικές και στάδια επίλυσης προβλήματος

Μία από τις πιο γνωστές προσεγγίσεις για την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων είναι αυτή του Ρόλυα όπως την κατέγραψε από το 1945, ο οποίος πρότεινε μια οργανωμένη διαδικασία τεσσάρων σταδίων:

1. Κατανόηση του προβλήματος
2. Σχεδιασμός στρατηγικής
3. Εκτέλεση της λύσης
4. Έλεγχος και ανασκόπηση της λύσης

Η προσέγγιση αυτή έχει ιδιαίτερη παιδαγωγική αξία, καθώς βοηθά τους μαθητές να οργανώνουν τη σκέψη τους και να αναπτύσσουν μεταγνωστικές δεξιότητες. Το παιδί δεν περιορίζεται στην εφαρμογή τύπων, αλλά καλείται να αναστοχαστεί πάνω στη διαδικασία επίλυσης.

Στη σύγχρονη έρευνα, η επίλυση προβλήματος θεωρείται μια σύνθετη δραστηριότητα που περιλαμβάνει γνωστικούς και μεταγνωστικούς παράγοντες. Ο Schoenfeld (1985, 1992) τονίζει ότι η επιτυχής επίλυση προβλημάτων εξαρτάται όχι μόνο από τις μαθηματικές

γνώσεις, αλλά και από τον έλεγχο της διαδικασίας, τις πεποιθήσεις του μαθητή και τη στρατηγική σκέψη.

2.2.3 Θεωρητικές προσεγγίσεις της επίλυσης μαθηματικού προβλήματος

Η επίλυση μαθηματικού προβλήματος δεν αποτελεί μόνο μια τεχνική διαδικασία εφαρμογής τύπων και κανόνων, αλλά συνδέεται με βαθύτερες θεωρητικές αντιλήψεις για τη μάθηση και τη γνώση. Στη σύγχρονη παιδαγωγική, η διαδικασία επίλυσης προβλημάτων ερμηνεύεται μέσα από διαφορετικές θεωρητικές προσεγγίσεις, οι οποίες επηρεάζουν τόσο τη διδασκαλία όσο και τον ρόλο του μαθητή στην τάξη.

Κονστρουκτιβιστική προσέγγιση

Η κονστρουκτιβιστική θεωρία της μάθησης υποστηρίζει ότι η γνώση δεν μεταδίδεται παθητικά από τον εκπαιδευτικό στο παιδί, αλλά οικοδομείται ενεργά από τον ίδιο τον μαθητή μέσα από εμπειρίες, διερεύνηση και αλληλεπίδραση με το περιβάλλον (Piaget, 1970). Στο πλαίσιο αυτό, η επίλυση μαθηματικών προβλημάτων αποτελεί βασικό μέσο οικοδόμησης της γνώσης, καθώς ο μαθητής καλείται να αναπτύξει στρατηγικές, να διατυπώσει υποθέσεις και να ελέγξει τις ιδέες του.

Σύμφωνα με τον Hiebert και τον Carpenter (1992), η κατανόηση στα μαθηματικά συνδέεται άμεσα με την ικανότητα του μαθητή να συνδέει νέες έννοιες με προϋπάρχουσες γνώσεις. Η επίλυση προβλημάτων προσφέρει το κατάλληλο πλαίσιο για τη δημιουργία αυτών των συνδέσεων, καθώς απαιτεί ενεργό σκέψη και αναστοχασμό. Για παράδειγμα, όταν ένας μαθητής καλείται να λύσει ένα πρόβλημα που δεν έχει αντιμετωπίσει ξανά, δεν μπορεί να βασιστεί απλώς σε μια απομνημονευμένη διαδικασία. Αντίθετα, χρειάζεται να αναλύσει τα δεδομένα, να επιλέξει στρατηγικές και να δοκιμάσει διαφορετικές προσεγγίσεις. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, οικοδομεί τη μαθηματική του κατανόηση.

Κοινωνικοπολιτισμική προσέγγιση και η θεωρία του Vygotsky

Η κοινωνικοπολιτισμική θεωρία της μάθησης, όπως διατυπώθηκε από τον Vygotsky, δίνει έμφαση στον ρόλο της κοινωνικής αλληλεπίδρασης και της γλώσσας στη γνωστική ανάπτυξη. Σύμφωνα με τον Vygotsky (1978), η μάθηση πραγματοποιείται μέσα από τη

συνεργασία με άλλους και τη χρήση πολιτισμικών εργαλείων, όπως η γλώσσα και τα τεχνολογικά μέσα.

Κεντρική έννοια της θεωρίας του είναι η «ζώνη επικείμενης ανάπτυξης» (Zone of Proximal Development – ZPD), η οποία αναφέρεται στη διαφορά μεταξύ αυτού που μπορεί να κάνει ένας μαθητής μόνος του και αυτού που μπορεί να πετύχει με τη βοήθεια ενός πιο έμπειρου ατόμου, όπως ο εκπαιδευτικός ή ένας συμμαθητής.

Στο πλαίσιο της επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων, η θεωρία αυτή υποστηρίζει ότι η μάθηση ενισχύεται όταν ο μαθητής λαμβάνει κατάλληλη καθοδήγηση. Η καθοδήγηση αυτή μπορεί να προέρχεται:

- από τον εκπαιδευτικό,
- από συμμαθητές,
- ή από τεχνολογικά εργαλεία, όπως συστήματα ΤΝ.

Έτσι, η χρήση εργαλείων ΤΝ μπορεί να θεωρηθεί ως ένα νέο «γνωστικό εργαλείο» που υποστηρίζει τη μαθησιακή διαδικασία, εφόσον χρησιμοποιείται με παιδαγωγικά ορθό τρόπο.

Η θεωρία της μάθησης μέσω επίλυσης προβλήματος

Σύγχρονες παιδαγωγικές προσεγγίσεις θεωρούν την επίλυση προβλήματος όχι απλώς ως στόχο της μαθηματικής εκπαίδευσης, αλλά ως βασικό μέσο μάθησης. Σύμφωνα με τον Lester (2013), η διδασκαλία μέσω προβλήματος επιτρέπει στους μαθητές να αναπτύσσουν βαθύτερη κατανόηση των μαθηματικών εννοιών, καθώς εμπλέκονται ενεργά στη διαδικασία σκέψης.

Στο πλαίσιο αυτό, το πρόβλημα δεν λειτουργεί ως απλή άσκηση αξιολόγησης, αλλά ως αφετηρία διερεύνησης. Ο μαθητής καλείται να:

- διατυπώσει υποθέσεις,
- επιλέξει στρατηγικές,
- ελέγξει τα αποτελέσματα,
- και να αιτιολογήσει τις επιλογές του.

Η προσέγγιση αυτή συνδέεται με την ανάπτυξη δεξιοτήτων όπως η κριτική σκέψη, η δημιουργικότητα και η ικανότητα μεταφοράς της γνώσης σε νέες καταστάσεις.

2.2.4 Σχέση θεωρητικών προσεγγίσεων με την Τεχνητή Νοημοσύνη

Οι παραπάνω θεωρητικές προσεγγίσεις αποκτούν ιδιαίτερη σημασία στο πλαίσιο της χρήσης της Τεχνητής Νοημοσύνης στη μαθηματική εκπαίδευση. Τα εργαλεία ΤΝ μπορούν να λειτουργήσουν ως γνωστικά μέσα που υποστηρίζουν τη σκέψη του μαθητή, παρέχοντας καθοδήγηση και ανατροφοδότηση κατά τη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από τον τρόπο ενσωμάτωσής τους στο παιδαγωγικό πλαίσιο και από τον ρόλο του εκπαιδευτικού ως καθοδηγητή της μαθησιακής διαδικασίας. Στο πλαίσιο αυτό, η ΤΝ δεν αντικαθιστά τον μαθητή ή τον εκπαιδευτικό, αλλά εντάσσεται ως ένας επιπλέον παράγοντας στη δυναμική της μάθησης

Από κονστρουκτιβιστική σκοπιά, η ΤΝ μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο διερεύνησης, βοηθώντας τον μαθητή να εξετάσει διαφορετικές στρατηγικές. Από την πλευρά της κοινωνικοπολιτισμικής θεωρίας, η ΤΝ μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μέσο υποστήριξης μέσα στη ζώνη επικείμενης ανάπτυξης, εφόσον παρέχει καθοδήγηση χωρίς να υποκαθιστά τη σκέψη του μαθητή.

Ωστόσο, όταν η ΤΝ χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την παραγωγή έτοιμων λύσεων, υπάρχει ο κίνδυνος να περιοριστεί η ενεργή εμπλοκή του μαθητή και να υπονομευθούν οι βασικές αρχές των παραπάνω θεωριών μάθησης.

2.2.5 Ο ρόλος της τεχνολογίας στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων

Η χρήση της τεχνολογίας στη μαθηματική εκπαίδευση έχει επηρεάσει σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο τα παιδιά προσεγγίζουν τα προβλήματα. Εργαλεία Τεχνητής Νοημοσύνης μπορούν να συμβάλουν στην καλύτερη κατανόηση των μαθηματικών εννοιών, παρέχοντας ανατροφοδότηση και υποστήριξη προσαρμοσμένη στις ανάγκες του κάθε μαθητή (Hwang, 2022).

Η υπολογιστική σκέψη, η οποία συνδέεται με τη χρήση τεχνολογικών εργαλείων, βοηθά τους μαθητές να διασπούν σύνθετα προβλήματα σε μικρότερα βήματα, να εντοπίζουν πρότυπα και να αναπτύσσουν στρατηγικές επίλυσης. Με τον τρόπο αυτό, η τεχνολογία μπορεί να ενισχύσει τη δημιουργικότητα και την αυτονομία των μαθητών.

Παράλληλα, η αξιοποίηση συστημάτων ΤΝ στη μαθηματική εκπαίδευση παρέχει δυνατότητες άμεσης ανατροφοδότησης και προσαρμοσμένης υποστήριξης, οι οποίες μπορούν να συμβάλουν στην καλύτερη κατανόηση των μαθηματικών εννοιών και στη βελτίωση της μαθησιακής διαδικασίας (Son, 2024).

Στη σύγχρονη μαθηματική εκπαίδευση, ο μαθητής δεν θεωρείται παθητικός δέκτης γνώσης, αλλά ενεργός συμμετέχων στη διαδικασία μάθησης. Κατά τη λύση ενός προβλήματος, ο μαθητής καλείται να:

- αναλύσει τα δεδομένα και τα ζητούμενα,
- επιλέξει κατάλληλες στρατηγικές,
- δοκιμάσει εναλλακτικές προσεγγίσεις,
- αιτιολογήσει τα βήματα της λύσης,
- και να ελέγξει την ορθότητά της.

Η έρευνα δείχνει ότι η ανάπτυξη αυτών των δεξιοτήτων δεν είναι αυτόματη, αλλά απαιτεί συστηματική καλλιέργεια μέσα από κατάλληλες μαθησιακές εμπειρίες (Lester, 2013).

Ο/Η εκπαιδευτικός, από την πλευρά του/της, έχει ρόλο καθοδηγητικό και διαμεσολαβητικό. Δημιουργεί κατάλληλες μαθησιακές συνθήκες, επιλέγει προβλήματα με νόημα και κατάλληλη δυσκολία, ενθαρρύνει τη συζήτηση και την επιχειρηματολογία μέσα στην τάξη και υποστηρίζει τα παιδιά στον αναστοχασμό πάνω στη διαδικασία λύσης.

Σύγχρονες παιδαγωγικές προσεγγίσεις υποστηρίζουν ότι η ενσωμάτωση της τεχνολογίας μετασχηματίζει το παραδοσιακό διδακτικό σχήμα, δημιουργώντας ένα νέο πλαίσιο όπου μαθητής/τρια, εκπαιδευτικός και τεχνολογία αλληλεπιδρούν δυναμικά (Μπέλλου & Μικρόπουλος, 2023). Στο πλαίσιο αυτό, η τεχνολογία λειτουργεί ως εργαλείο που μπορεί να ενισχύσει τη μαθησιακή διαδικασία, υπό την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιείται με παιδαγωγικά ορθό τρόπο.

2.3 Η Τεχνητή Νοημοσύνη στη λύση μαθηματικού προβλήματος

2.3.1 Η αξιοποίηση εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης στη λύση μαθηματικών προβλημάτων

Τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης έχει επηρεάσει σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές προσεγγίζουν τα μαθηματικά προβλήματα.

Εφαρμογές όπως το Photomath, το Wolfram Alpha και συστήματα βασισμένα σε μεγάλα γλωσσικά μοντέλα επιτρέπουν στους μαθητές να εισάγουν ένα πρόβλημα και να λαμβάνουν άμεσα τη λύση του, συχνά συνοδευόμενη από αναλυτικά βήματα. Η ευκολία πρόσβασης σε τέτοια εργαλεία μεταβάλλει ουσιαστικά τη μαθησιακή διαδικασία και τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές αντιλαμβάνονται τη λύση ενός προβλήματος (Drijvers et al., 2010).

Η χρήση των εργαλείων αυτών μπορεί να λειτουργήσει υποστηρικτικά, ιδιαίτερα όταν αξιοποιείται για την κατανόηση εννοιών ή για την επαλήθευση μιας λύσης. Τα συστήματα TN μπορούν να προσφέρουν προσαρμοσμένη καθοδήγηση, άμεση ανατροφοδότηση και υποστήριξη στη μαθησιακή διαδικασία, συμβάλλοντας στην κατανόηση των μαθηματικών εννοιών (Son, 2024).

Παράλληλα, η TN δεν περιορίζεται μόνο στην επίλυση ασκήσεων. Σύγχρονες μελέτες δείχνουν ότι συστήματα βαθιάς μάθησης μπορούν να ανακαλύπτουν μαθηματικούς κανόνες και σχέσεις μέσα από δεδομένα, γεγονός που αναδεικνύει τις δυνατότητες της TN στη μαθηματική σκέψη και στην επιστημονική ανακάλυψη (Lample & Charton, 2020). Ωστόσο, η άμεση παροχή αποτελεσμάτων ενέχει τον κίνδυνο της παράκαμψης της διαδικασίας σκέψης, η οποία αποτελεί βασικό στοιχείο της μαθηματικής μάθησης (Schoenfeld, 1985).

2.3.2 Επίδραση της TN στις στρατηγικές επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων

Η παρουσία της TN στη μαθησιακή διαδικασία επηρεάζει άμεσα τις στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων που υιοθετούν οι μαθητές. Από τη μία πλευρά, τα εργαλεία TN μπορούν να ενισχύσουν τη στρατηγική σκέψη, καθώς προσφέρουν εναλλακτικές προσεγγίσεις, επιτρέπουν τον έλεγχο της λύσης και υποστηρίζουν τη μεταγνωστική διαδικασία.

Έρευνες δείχνουν ότι η χρήση εργαλείων TN μπορεί να αυξήσει το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών και να βελτιώσει την κατανόηση των μαθηματικών εννοιών, ιδιαίτερα όταν τα εργαλεία αυτά χρησιμοποιούνται για διερεύνηση και ανατροφοδότηση (Alabdulhadi & Aljabri, 2024).

Ωστόσο, η άμεση παροχή λύσεων ενέχει τον κίνδυνο της παθητικής χρήσης της τεχνολογίας. Όταν οι μαθητές χρησιμοποιούν την TN αποκλειστικά για την παραγωγή έτοιμων απαντήσεων, χωρίς να εμπλέκονται ενεργά στη διαδικασία σκέψης, ενδέχεται να

περιοριστεί η ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων (Schoenfeld, 1992). Η επίδραση της ΤΝ στις στρατηγικές επίλυσης εξαρτάται επομένως από το πλαίσιο χρήσης της και από τον παιδαγωγικό σχεδιασμό που τη συνοδεύει.

2.3.3 Ο ρόλος του μαθητή/της μαθήτρια σε περιβάλλον υποστηριζόμενο από ΤΝ

Σε ένα περιβάλλον όπου η ΤΝ αποτελεί μέρος της μαθησιακής διαδικασίας, ο μαθητής/η μαθήτρια καλείται να αναπτύξει νέες δεξιότητες. Η χρήση εργαλείων ΤΝ δεν αρκεί από μόνη της για την κατανόηση των μαθηματικών εννοιών. Αντίθετα, απαιτείται ενεργή εμπλοκή, ώστε ο/η εκπαιδευόμενος/η να αξιολογεί τις παρεχόμενες λύσεις και να κατανοεί τα βήματα της διαδικασίας.

Η βιβλιογραφία επισημαίνει ότι η υπερβολική εξάρτηση από συστήματα ΤΝ μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την κριτική σκέψη, την ανεξάρτητη επίλυση προβλημάτων και τη γνωστική αυτονομία των μαθητών (Zhai et al., 2024). Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι μαθητές ενδέχεται να αποδέχονται τις απαντήσεις των συστημάτων χωρίς έλεγχο, γεγονός που μειώνει την αναλυτική τους σκέψη, αλλά και γενικότερα την οποιαδήποτε κριτική προσέγγιση.

Για τον λόγο αυτό, η χρήση της ΤΝ στη μαθηματική εκπαίδευση πρέπει να συνοδεύεται από ανάπτυξη κριτικής στάσης και μεταγνωστικών δεξιοτήτων. Ο μαθητής καλείται να αξιοποιεί την ΤΝ ως εργαλείο υποστήριξης της σκέψης και όχι ως μέσο αντικατάστασής της (Lester, 2013).

2.3.4 Ο ρόλος του/της εκπαιδευτικού στη χρήση της ΤΝ

Η ένταξη της ΤΝ στη μαθηματική εκπαίδευση δεν αλλάζει μόνο τον ρόλο του μαθητή, αλλά και τον ρόλο του εκπαιδευτικού. Η ΤΝ δεν αντικαθιστά τον εκπαιδευτικό, αλλά μετασχηματίζει τη διδακτική του λειτουργία. Ο/η εκπαιδευτικός παραμένει το βασικό άτομο καθοδήγησης της μαθησιακής διαδικασίας, ενώ η ΤΝ λειτουργεί ως υποστηρικτικό εργαλείο (Luckin et al., 2016).

Στο πλαίσιο αυτό, ο/η εκπαιδευτικός καλείται να:

- καθοδηγεί τους μαθητές στη σωστή χρήση των εργαλείων ΤΝ,

- ενθαρρύνει τον αναστοχασμό πάνω στις λύσεις,
- δημιουργεί δραστηριότητες που απαιτούν σκέψη και επιχειρηματολογία,
- και να θέτει σαφή όρια στη χρήση της τεχνολογίας.

Έρευνες για τη χρήση εργαλείων ΤΝ, όπως τα συστήματα γενετικής τεχνητής νοημοσύνης, δείχνουν ότι οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν τα οφέλη τους, αλλά εκφράζουν και ανησυχίες σχετικά με την υπερβολική εξάρτηση των μαθητών και την αξιοπιστία των απαντήσεων (Kasneci et al., 2023). Αυτό αναδεικνύει την ανάγκη για παιδαγωγικό σχεδιασμό και καθοδήγηση κατά τη χρήση των εργαλείων αυτών.

Ο/η εκπαιδευτικός λειτουργεί ως διαμεσολαβητής μεταξύ μαθητή και τεχνολογίας, βοηθώντας τους μαθητές να αξιοποιούν τα εργαλεία ΤΝ με κριτικό και παιδαγωγικά ορθό τρόπο. Η αποτελεσματική αξιοποίηση της ΤΝ προϋποθέτει την ενεργό συμμετοχή του εκπαιδευτικού στον σχεδιασμό των δραστηριοτήτων και στον καθορισμό σαφών ορίων χρήσης (Holmes et al., 2019).

2.3.5 Η αλληλεπίδραση μαθητή – εκπαιδευτικού – Τεχνητής Νοημοσύνης

Η χρήση της ΤΝ στη μαθηματική εκπαίδευση δημιουργεί ένα νέο σχήμα αλληλεπίδρασης μεταξύ μαθητή, εκπαιδευτικού και τεχνολογίας. Η ΤΝ δεν αποτελεί απλώς ένα εργαλείο, αλλά έναν ενδιάμεσο παράγοντα που επηρεάζει τη μαθησιακή διαδικασία.

Σύγχρονες παιδαγωγικές προσεγγίσεις υποστηρίζουν ότι η ενσωμάτωση της τεχνολογίας μετασχηματίζει το παραδοσιακό διδακτικό σχήμα σε ένα πιο σύνθετο σύστημα αλληλεπίδρασης, όπου μαθητής, εκπαιδευτικός και τεχνολογία συνεργάζονται δυναμικά (Μπέλλου & Μικρόπουλος, 2023).

Η αποτελεσματική χρήση της ΤΝ προϋποθέτει ισορροπία μεταξύ:

- τεχνολογικής υποστήριξης,
- ενεργού συμμετοχής του μαθητή,
- και παιδαγωγικής καθοδήγησης από τον εκπαιδευτικό.

Όταν επιτυγχάνεται αυτή η ισορροπία, η ΤΝ μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο ενίσχυσης της μαθηματικής σκέψης και της επιχειρηματολογίας μέσα στην τάξη (Holmes et al., 2019).

2.3.6 Διδακτικό τετράεδρο

Η αλληλεπίδραση μεταξύ μαθητή, εκπαιδευτικού, μαθηματικού περιεχομένου και Τεχνητής Νοημοσύνης στη διαδικασία επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων μπορεί να ερμηνευθεί μέσα από το μοντέλο του διδακτικού τετραέδρου. Το μοντέλο αυτό αποτελεί εξέλιξη του παραδοσιακού διδακτικού τριγώνου, το οποίο περιλαμβάνει τον μαθητή, τον εκπαιδευτικό και το μαθηματικό περιεχόμενο. Με την εισαγωγή της τεχνολογίας ως τέταρτης κορυφής, το σχήμα μετασχηματίζεται σε τετράεδρο, επιτρέποντας την ανάλυση των νέων μορφών αλληλεπίδρασης που προκύπτουν στη σύγχρονη μαθησιακή διαδικασία (Rezat & Sträßer, 2012). Τα τελευταία χρόνια, η Τεχνητή Νοημοσύνη χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στην εκπαιδευτική διαδικασία και ιδιαίτερα στη διδασκαλία των μαθηματικών, γεγονός που έχει οδηγήσει σε νέες μορφές αλληλεπίδρασης μεταξύ των συμμετεχόντων στη μαθησιακή διαδικασία (Mani & Zargeh, 2025).

Στο διδακτικό τετράεδρο, κάθε κορυφή αντιπροσωπεύει ένα βασικό στοιχείο της εκπαιδευτικής διαδικασίας: τον μαθητή, τον εκπαιδευτικό, τα μαθηματικά και την τεχνολογία ή, στη σύγχρονη μορφή της, την Τεχνητή Νοημοσύνη. Οι πλευρές του τετραέδρου εκφράζουν τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των στοιχείων αυτών, όπως η παιδαγωγική σχέση μεταξύ μαθητή και εκπαιδευτικού, η γνωστική σχέση μεταξύ μαθητή και μαθηματικού περιεχομένου, καθώς και ο διαμεσολαβητικός ρόλος της τεχνολογίας στη μαθησιακή διαδικασία (Mani & Zargeh, 2025).

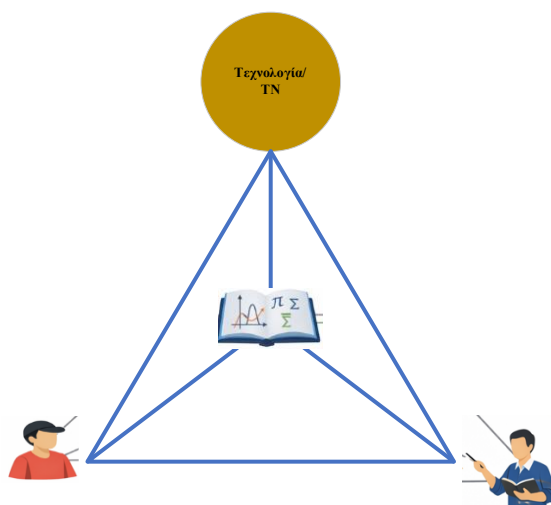
Η εισαγωγή της Τεχνητής Νοημοσύνης ως αυτόνομου παράγοντα στο διδακτικό σύστημα μεταβάλλει τη δυναμική των σχέσεων αυτών. Η ΤΝ μπορεί να παρέχει άμεση ανατροφοδότηση, εναλλακτικές στρατηγικές επίλυσης και προσαρμοσμένες επεξηγήσεις, λειτουργώντας ως ενδιάμεσος παράγοντας μεταξύ μαθητή και μαθηματικού περιεχομένου. Με τον τρόπο αυτό, η τεχνολογία δεν περιορίζεται στον ρόλο ενός υποστηρικτικού εργαλείου, αλλά διαμορφώνει ενεργά τις συνθήκες της μαθησιακής διαδικασίας (Kasneci et al., 2023).

Ωστόσο, η βιβλιογραφία επισημαίνει ότι η αποτελεσματική αξιοποίηση της ΤΝ εξαρτάται από την ισορροπία μεταξύ των τεσσάρων κορυφών του τετραέδρου. Όταν η ΤΝ χρησιμοποιείται χωρίς τη διαμεσολάβηση του εκπαιδευτικού, υπάρχει κίνδυνος οι μαθητές να περιορίζονται στην αναπαραγωγή έτοιμων λύσεων, χωρίς ουσιαστική κατανόηση των μαθηματικών εννοιών. Αντίθετα, όταν η χρήση της ΤΝ εντάσσεται σε ένα παιδαγωγικά

σχεδιασμένο πλαίσιο και συνοδεύεται από καθοδήγηση, μπορεί να ενισχύσει τη μαθησιακή διαδικασία και να υποστηρίξει την ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης (Dasari et al., 2024; Kasneci et al., 2023).

Η σημασία του εκπαιδευτικού στο πλαίσιο του διδακτικού τετραέδρου παραμένει καθοριστική (Εικόνα 2.1). Ο εκπαιδευτικός καλείται να οργανώσει τις μαθησιακές δραστηριότητες, να θέσει όρια στη χρήση της ΤΝ και να ενθαρρύνει τον αναστοχασμό των μαθητών πάνω στις λύσεις που προτείνονται από τα τεχνολογικά εργαλεία. Με τον τρόπο αυτό, η ΤΝ μπορεί να λειτουργήσει ως μέσο ενίσχυσης της μάθησης και όχι ως υποκατάστατο της μαθηματικής σκέψης.

Η αλληλεπίδραση αυτή αποτυπώνεται σχηματικά στο μοντέλο του διδακτικού τετραέδρου (Εικόνα 2.1), όπου οι τέσσερις κορυφές –μαθητής, εκπαιδευτικός, μαθηματικά και Τεχνητή Νοημοσύνη– συνδέονται μεταξύ τους και διαμορφώνουν ένα δυναμικό σύστημα μάθησης.



Εικόνα 2.1: Διδακτικό Τετράεδρο

Το διδακτικό τετράεδρο προσφέρει ένα χρήσιμο εννοιολογικό πλαίσιο για την κατανόηση της επίδρασης της Τεχνητής Νοημοσύνης στη μαθηματική εκπαίδευση. Η ισορροπία μεταξύ των τεσσάρων στοιχείων φαίνεται να αποτελεί βασική προϋπόθεση για την παιδαγωγικά ορθή αξιοποίηση της ΤΝ, καθώς η τεχνολογία μπορεί να ενισχύσει τη μάθηση μόνο όταν εντάσσεται σε ένα πλαίσιο ενεργού συμμετοχής του μαθητή και ουσιαστικής καθοδήγησης από τον εκπαιδευτικό.

Το μοντέλο του διδακτικού τετραέδρου αποτελεί το βασικό θεωρητικό πλαίσιο της παρούσας έρευνας, καθώς επιτρέπει την ανάλυση των σχέσεων μεταξύ μαθητή, εκπαιδευτικού, γνώσης και Τεχνητής Νοημοσύνης. Η ένταξη της TN στο διδακτικό περιβάλλον μεταβάλλει τις ισορροπίες μεταξύ των παραγόντων αυτών και δημιουργεί νέες μορφές αλληλεπίδρασης. Μέσα από το συγκεκριμένο μοντέλο καθίσταται δυνατή η ερμηνεία του τρόπου με τον οποίο η TN επηρεάζει τη διαδικασία επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων και τον ρόλο του εκπαιδευτικού στη μαθησιακή διαδικασία.

2.3.7 Παιδαγωγικά σενάρια αξιοποίησης της Τεχνητής Νοημοσύνης στη λύση μαθηματικών προβλημάτων

Η ένταξη της Τεχνητής Νοημοσύνης στη μαθηματική εκπαίδευση δεν περιορίζεται στη θεωρητική ανάλυση των δυνατοτήτων της, αλλά αφορά κυρίως τον τρόπο με τον οποίο αξιοποιείται στην καθημερινή διδακτική πράξη. Η αποτελεσματική χρήση της TN προϋποθέτει παιδαγωγικό σχεδιασμό και συνειδητή ενσωμάτωσή της σε δραστηριότητες που ενισχύουν τη μαθηματική σκέψη και όχι απλώς την παραγωγή έτοιμων λύσεων (Holmes et al., 2019).

Στο πλαίσιο αυτό, μπορούν να διαμορφωθούν διαφορετικά παιδαγωγικά σενάρια αξιοποίησης της TN στη λύση μαθηματικών προβλημάτων, τα οποία διαφοροποιούνται ως προς τον ρόλο που διαδραματίζει η τεχνολογία και τον βαθμό εμπλοκής του μαθητή.

Σενάριο υποστήριξης κατανόησης εννοιών

Σε αυτό το σενάριο, η TN χρησιμοποιείται ως εργαλείο επεξήγησης και υποστήριξης της κατανόησης μαθηματικών εννοιών. Ο μαθητής δεν εισάγει απλώς ένα πρόβλημα για να λάβει τη λύση, αλλά ζητά επεξηγήσεις, εναλλακτικές αναπαραστάσεις ή παραδείγματα.

Για παράδειγμα, ένας μαθητής που δυσκολεύεται στην κατανόηση της έννοιας της παραγώγου μπορεί να ζητήσει από ένα σύστημα TN να εξηγήσει τη σημασία της παραγώγου με απλά λόγια ή να δώσει γραφικές αναπαραστάσεις. Το σύστημα μπορεί να παρουσιάσει την παράγωγο ως ρυθμό μεταβολής ή ως κλίση της εφαπτομένης, συνδέοντας την έννοια με καθημερινά παραδείγματα.

Σε αυτή την περίπτωση, η TN λειτουργεί ως υποστηρικτικός μηχανισμός μάθησης, προσφέροντας άμεση ανατροφοδότηση και προσαρμοσμένες εξηγήσεις. Η χρήση αυτή

μπορεί να ενισχύσει την κατανόηση, ιδιαίτερα για μαθητές που χρειάζονται επιπλέον βοήθεια ή διαφορετικού τύπου επεξηγήσεις (Son, 2024).

Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα του σεναρίου εξαρτάται από τον τρόπο χρήσης της TN. Αν ο μαθητής περιορίζεται στην ανάγνωση της απάντησης χωρίς ενεργό επεξεργασία, η μαθησιακή αξία μειώνεται. Αντίθετα, όταν η TN χρησιμοποιείται ως αφετηρία για συζήτηση, διερεύνηση και αναστοχασμό, μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην οικοδόμηση της γνώσης.

Σενάριο ελέγχου και αναστοχασμού της λύσης

Σε αυτό το σενάριο, ο μαθητής επιχειρεί πρώτα να λύσει το πρόβλημα μόνος του και στη συνέχεια χρησιμοποιεί την TN για να ελέγξει τη λύση του ή να συγκρίνει τη στρατηγική που ακολούθησε με εναλλακτικές προσεγγίσεις.

Για παράδειγμα, σε ένα πρόβλημα εξίσωσης δευτέρου βαθμού, ο μαθητής λύνει την εξίσωση με τον τύπο της διακρίνουσας και στη συνέχεια εισάγει το πρόβλημα σε ένα σύστημα TN. Το σύστημα μπορεί να παρουσιάσει τη λύση είτε με τον ίδιο τρόπο είτε με μια εναλλακτική μέθοδο, όπως η παραγοντοποίηση ή η γραφική προσέγγιση.

Η σύγκριση των διαφορετικών λύσεων μπορεί να ενισχύσει τη μεταγνωστική διαδικασία, καθώς ο μαθητής καλείται να αναστοχαστεί πάνω στα βήματα που ακολούθησε, να εντοπίσει πιθανά λάθη και να αξιολογήσει τη στρατηγική του (Schoenfeld, 1992).

Η προσέγγιση αυτή είναι παιδαγωγικά πιο ισορροπημένη, καθώς η TN δεν αντικαθιστά την προσωπική προσπάθεια του μαθητή, αλλά λειτουργεί ως εργαλείο ανατροφοδότησης και αυτοελέγχου. Με τον τρόπο αυτό, ενισχύεται η αυτορρύθμιση της μάθησης και η ανάπτυξη στρατηγικής σκέψης.

Σενάριο καθοδηγούμενης χρήσης της TN στην τάξη

Σε αυτό το σενάριο, η χρήση της TN εντάσσεται οργανωμένα στη διδακτική διαδικασία, υπό την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού. Ο εκπαιδευτικός σχεδιάζει δραστηριότητες όπου οι μαθητές χρησιμοποιούν την TN όχι για να πάρουν έτοιμες λύσεις, αλλά για να διερευνήσουν ιδέες, να συγκρίνουν στρατηγικές και να συζητήσουν τα αποτελέσματα.

Για παράδειγμα, ο εκπαιδευτικός μπορεί να δώσει σε ομάδες μαθητών το ίδιο μαθηματικό πρόβλημα και να τους ζητήσει:

- να προσπαθήσουν να το λύσουν χωρίς τη χρήση ΤΝ,
- να ζητήσουν από ένα σύστημα ΤΝ μια λύση,
- να συγκρίνουν τις δύο προσεγγίσεις,
- και να συζητήσουν ποια είναι πιο κατανοητή ή πιο αποτελεσματική.

Η δραστηριότητα αυτή μετατρέπει την ΤΝ σε αντικείμενο κριτικής επεξεργασίας και όχι σε απλό εργαλείο παραγωγής απαντήσεων. Οι μαθητές αναπτύσσουν δεξιότητες επιχειρηματολογίας, αξιολόγησης και μεταγνωστικού ελέγχου, ενώ ο εκπαιδευτικός διατηρεί τον κεντρικό ρόλο στη διαμόρφωση της μαθησιακής διαδικασίας (Luckin et al., 2016).

Παιδαγωγικές προϋποθέσεις για την αποτελεσματική αξιοποίηση της ΤΝ

Τα παραπάνω σενάρια αναδεικνύουν ότι η παιδαγωγική αξία της ΤΝ δεν βρίσκεται στο ίδιο το εργαλείο, αλλά στον τρόπο με τον οποίο εντάσσεται στη μαθησιακή διαδικασία. Η βιβλιογραφία επισημαίνει ορισμένες βασικές προϋποθέσεις για την αποτελεσματική αξιοποίησή της:

- Η ΤΝ πρέπει να χρησιμοποιείται ως εργαλείο υποστήριξης της σκέψης και όχι ως μέσο αντικατάστασής της.
- Ο μαθητής πρέπει να εμπλέκεται ενεργά στη διαδικασία επίλυσης.
- Ο εκπαιδευτικός πρέπει να καθορίζει σαφείς κανόνες χρήσης.
- Η χρήση της ΤΝ πρέπει να συνοδεύεται από αναστοχασμό και συζήτηση.

Όταν πληρούνται οι προϋποθέσεις αυτές, η ΤΝ μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο που ενισχύει τη μαθηματική σκέψη, την κατανόηση και τη δημιουργική επίλυση προβλημάτων (Holmes et al., 2019; Kasneci et al., 2023).

2.3.8 Προοπτικές και προκλήσεις της Τεχνητής Νοημοσύνης στη μαθηματική εκπαίδευση

Η ΤΝ αναμένεται να συνεχίσει να επηρεάζει τη μαθηματική εκπαίδευση, προσφέροντας νέες δυνατότητες για εξατομικευμένη μάθηση, προσαρμοσμένη αξιολόγηση και άμεση

ανατροφοδότηση. Τα συστήματα TN μπορούν να υποστηρίξουν μαθητές με διαφορετικά μαθησιακά προφίλ και να ενισχύσουν την κατανόηση των μαθηματικών εννοιών (Hwang, 2022).

Παράλληλα, η χρήση της TN εγείρει σημαντικά ζητήματα, όπως:

- η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων,
- η διατήρηση της κριτικής σκέψης,
- η διασφάλιση της αυθεντικής μαθησιακής επίδοσης,
- και η ανάγκη ηθικής χρήσης των τεχνολογιών.

Η πρόκληση για τη μαθηματική εκπαίδευση δεν είναι η απλή ενσωμάτωση της TN, αλλά η παιδαγωγικά ορθή αξιοποίησή της, ώστε να ενισχύει τη μαθηματική σκέψη και όχι να την αντικαθιστά. Η βιβλιογραφία σχετικά με τη χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαίδευση αναδεικνύει σημαντικά πλεονεκτήματα, αλλά και ουσιαστικούς προβληματισμούς. Από τη μία πλευρά, τα συστήματα TN μπορούν να υποστηρίξουν την εξατομικευμένη μάθηση, να παρέχουν άμεση ανατροφοδότηση και να ενισχύσουν την κατανόηση μαθηματικών εννοιών μέσω πολλαπλών αναπαραστάσεων και στρατηγικών. Από την άλλη πλευρά, επισημαίνεται ο κίνδυνος υπερβολικής εξάρτησης των μαθητών από έτοιμες λύσεις, γεγονός που μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και της αυτόνομης επίλυσης προβλημάτων.

Παράλληλα, η εισαγωγή της TN μεταβάλλει τον ρόλο του εκπαιδευτικού, ο οποίος καλείται να λειτουργήσει ως καθοδηγητής και διαμεσολαβητής της μαθησιακής διαδικασίας, ενσωματώνοντας τα τεχνολογικά εργαλεία με παιδαγωγικά κριτήρια. Η αποτελεσματική αξιοποίηση της TN δεν εξαρτάται μόνο από τις τεχνολογικές της δυνατότητες, αλλά κυρίως από τον τρόπο με τον οποίο εντάσσεται στο διδακτικό πλαίσιο.

Στο πλαίσιο αυτό, αναδεικνύεται η ανάγκη εμπειρικής διερεύνησης των τρόπων χρήσης της TN από μαθητές και εκπαιδευτικούς, καθώς και των αντιλήψεών τους σχετικά με τη συμβολή της στη διαδικασία επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων. Η παρούσα εργασία επιχειρεί να συμβάλει προς αυτή την κατεύθυνση.

3. Μεθοδολογία της έρευνας

3.1 Ερευνητική προσέγγιση

Η παρούσα διπλωματική εργασία βασίζεται σε βιβλιογραφική ανασκόπηση της σχετικής διεθνούς και ελληνικής βιβλιογραφίας και περιλαμβάνει εμπειρική έρευνα ποσοτικού χαρακτήρα, η οποία πραγματοποιήθηκε μέσω δομημένων ερωτηματολογίων σε μαθητές/τριες δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και εκπαιδευτικούς. Η επιλογή αυτής της προσέγγισης επιτρέπει τη σύνδεση των θεωρητικών θέσεων που αναπτύσσονται στα προηγούμενα κεφάλαια με τις πραγματικές εμπειρίες και αντιλήψεις μαθητών και εκπαιδευτικών σχετικά με τη χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στη λύση μαθηματικών προβλημάτων.

Η εμπειρική έρευνα έχει διερευνητικό χαρακτήρα και δεν αποσκοπεί στη γενίκευση των αποτελεσμάτων, αλλά στην αποτύπωση τάσεων και στάσεων των συμμετεχόντων. Η χρήση ερωτηματολογίων αποτελεί μια συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδο για τη συλλογή δεδομένων σε εκπαιδευτικές έρευνες, καθώς επιτρέπει τη συγκέντρωση πληροφοριών από μεγαλύτερο αριθμό συμμετεχόντων σε σύντομο χρονικό διάστημα (Creswell & Creswell, 2018).

3.2 Δείγμα της έρευνας

Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από 66 μαθητές/τριες δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Γυμνασίου και Λυκείου) και 31 εκπαιδευτικούς μαθηματικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η επιλογή του δείγματος πραγματοποιήθηκε με δειγματοληψία ευκολίας, καθώς οι συμμετέχοντες επιλέχθηκαν με βάση τη διαθεσιμότητα και την προθυμία συμμετοχής. Ως εκ τούτου, τα αποτελέσματα της έρευνας δεν μπορούν να γενικευτούν στο σύνολο του μαθητικού και εκπαιδευτικού πληθυσμού, αλλά παρέχουν ενδεικτικές πληροφορίες για τις αντιλήψεις των συμμετεχόντων.

Το μέγεθος του δείγματος των μαθητών κρίνεται επαρκές για τον διερευνητικό χαρακτήρα της έρευνας, χωρίς στόχο τη στατιστική γενίκευση των αποτελεσμάτων. Αντίστοιχα, το δείγμα των εκπαιδευτικών επιτρέπει τη διερεύνηση των απόψεών τους σχετικά με τη χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης στη μαθηματική εκπαίδευση στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης.

Η συμμετοχή των μαθητών και των εκπαιδευτικών ήταν εθελοντική και ανώνυμη, ενώ δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στη διασφάλιση της εμπιστευτικότητας των απαντήσεων.

3.3 Ερευνητικό εργαλείο – ερωτηματολόγιο

Ως ερευνητικά εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν δύο δομημένα ερωτηματολόγια, ένα για μαθητές και ένα για εκπαιδευτικούς μαθηματικών, τα οποία σχεδιάστηκαν ειδικά για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας, λαμβάνοντας υπόψη τους στόχους της εργασίας και τη σχετική βιβλιογραφία. Και τα δύο ερωτηματολόγια παρουσιάζονται στα Παράρτημα Α και Β της διπλωματικής.

Το ερωτηματολόγιο των μαθητών/τριών αποτελείται από εικοσιτρείς (23) ερωτήσεις, οι οποίες καλύπτουν βασικές θεματικές ενότητες σχετικές με:

- την τάξη φοίτησης,
- την χρήση εργαλείων ΤΝ (π.χ. Photomath, ChatGPT, Wolfram Alpha),
- ερωτήσεις συχνότητας (πριν/μετά/έλεγχος),
- δηλώσεις κλίμακας Likert πέντε βαθμίδων:
 - ✓ αντιλαμβανόμενη κατανόηση,
 - ✓ στρατηγική σκέψη,
 - ✓ πιθανή εξάρτηση,
 - ✓ το ρόλο του εκπαιδευτικού

Οι ερωτήσεις είναι κλειστού τύπου, ενώ ορισμένες βασίζονται σε κλίμακα Likert πέντε βαθμίδων, προκειμένου να αποτυπωθεί ο βαθμός συμφωνίας ή διαφωνίας των μαθητών με συγκεκριμένες δηλώσεις. Η χρήση κλιμάκων Likert αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους μέτρησης στάσεων και αντιλήψεων (Likert, 1932).

Το ερωτηματολόγιο των εκπαιδευτικών περιλαμβάνει είκοσι (20) ερωτήσεις σχετικά με:

- δημογραφικά στοιχεία (εμπειρία, βαθμίδα),
- χρήση εργαλείων ΤΝ,
- λόγους χρήσης/μη χρήσης,
- δηλώσεις Likert που μετρούν:
 - ✓ τον ρόλο του εκπαιδευτικού,

- ✓ την παιδαγωγική καθοδήγηση,
- ✓ την αξιοποίηση ΤΝ στη διδασκαλία,
- ✓ την ανατροφοδότηση και αξιολόγηση.

3.4 Διαδικασία συλλογής δεδομένων

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω της συμπλήρωσης ερωτηματολογίου, το οποίο χορηγήθηκε σε έντυπη μορφή, προκειμένου να διευκολυνθεί η συμμετοχή μεγαλύτερου αριθμού μαθητών και εκπαιδευτικών. Και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε το ίδιο ερευνητικό εργαλείο. Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για τον σκοπό της έρευνας και για το γεγονός ότι τα δεδομένα θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά για ακαδημαϊκούς σκοπούς.

Η συμμετοχή ήταν εθελοντική και ανώνυμη, ενώ δεν ζητήθηκαν προσωπικά στοιχεία που θα μπορούσαν να ταυτοποιήσουν τους συμμετέχοντες. Η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων απαιτούσε σύντομο χρονικό διάστημα, γεγονός που συνέβαλε στη μεγαλύτερη συμμετοχή (Dillman, Smyth, & Christian, 2014). Τα ερωτηματολόγια διαμορφώθηκαν με βάση το θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας και τη σχετική διεθνή βιβλιογραφία.

3.5 Μέθοδος ανάλυσης δεδομένων

Οι απαντήσεις των κλειστών ερωτήσεων αναλύθηκαν με περιγραφική στατιστική, μέσω υπολογισμού συχνοτήτων και ποσοστών. Η χρήση περιγραφικής στατιστικής θεωρείται κατάλληλη για διερευνητικές έρευνες, καθώς επιτρέπει την παρουσίαση των βασικών τάσεων των δεδομένων (Field, 2018).

3.6 Ηθικές αρχές και περιορισμοί της έρευνας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με σεβασμό στις βασικές ηθικές αρχές της εκπαιδευτικής έρευνας. Η συμμετοχή ήταν εθελοντική, ενώ διασφαλίστηκε η ανωνυμία και η εμπιστευτικότητα των απαντήσεων. Τα δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά για ακαδημαϊκούς σκοπούς και δεν συλλέχθηκαν στοιχεία άμεσης ταυτοποίησης. Τα δεδομένα αποθηκεύτηκαν σε προστατευμένο χώρο με περιορισμένη πρόσβαση και προβλέφθηκε διαδικασία διαγραφής μετά την ολοκλήρωση της μελέτης.

Δεδομένου ότι το δείγμα περιλαμβάνει μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, περιγράφηκε σαφώς η διαδικασία ενημέρωσης και συγκατάθεσης, σύμφωνα με τις απαιτήσεις προστασίας προσωπικών δεδομένων. Παράλληλα, λήφθηκαν μέτρα ώστε οι μαθητές να κατανοούν τον σκοπό της συμμετοχής τους και να διασφαλιστεί ότι αυτή ήταν εθελοντική και χωρίς καμία συνέπεια, σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές για την υπεύθυνη και δεοντολογική χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση (UNESCO, 2024).

Ωστόσο, η έρευνα παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς. Το δείγμα επιλέχθηκε με δειγματοληψία ευκολίας και το μέγεθός του δεν επιτρέπει τη γενίκευση των αποτελεσμάτων στο σύνολο του μαθητικού πληθυσμού. Επιπλέον, τα δεδομένα βασίζονται στις αυτοαναφερόμενες απαντήσεις των συμμετεχόντων, γεγονός που ενδέχεται να επηρεάζει την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Παρά τους περιορισμούς αυτούς, η έρευνα προσφέρει χρήσιμες ενδείξεις για τη χρήση της ΤΝ στη μαθηματική εκπαίδευση και συμβάλλει στον σχετικό επιστημονικό προβληματισμό.

4. Αποτελέσματα της Έρευνας

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η έρευνα βασίστηκε στη συλλογή δεδομένων μέσω δύο ερωτηματολογίων: ενός που απευθυνόταν σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και ενός που απευθυνόταν σε εκπαιδευτικούς μαθηματικών.

Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν περιγραφικά στατιστικά στοιχεία, όπως συχνότητες, ποσοστά, μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις. Επιπλέον, αξιοποιήθηκαν πρόσθετες στατιστικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν για τη διερεύνηση πιθανών σχέσεων μεταξύ επιλεγμένων μεταβλητών.

Οι δηλώσεις τύπου Likert αποτυπώνονται σε πενταβάθμια κλίμακα, όπου το 1 αντιστοιχεί στο «Διαφωνώ απόλυτα» και το 5 στο «Συμφωνώ απόλυτα». Στόχος του κεφαλαίου δεν είναι η εκτεταμένη θεωρητική συζήτηση των ευρημάτων, αλλά η σαφής και τεκμηριωμένη παρουσίασή τους. Η ερμηνευτική σύνδεση των αποτελεσμάτων με τη βιβλιογραφία και τα ερευνητικά ερωτήματα αναπτύσσεται στο επόμενο κεφάλαιο.

Στόχος της ανάλυσης είναι η αποτύπωση των τρόπων χρήσης εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης (TN), καθώς και των αντιλήψεων μαθητών και εκπαιδευτικών σχετικά με τη συμβολή της TN στη λύση μαθηματικών προβλημάτων, τα πιθανά οφέλη της αλλά και τους προβληματισμούς που ανακύπτουν από τη χρήση της.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αρχικά για το δείγμα των μαθητών και στη συνέχεια για το δείγμα των εκπαιδευτικών, με χρήση περιγραφικής στατιστικής και ποιοτικής ερμηνείας όπου κρίνεται απαραίτητο.

4.1 Αποτελέσματα ερωτηματολογίου μαθητών

4.1.1 Δημογραφικά στοιχεία

Στην έρευνα συμμετείχαν μαθητές και μαθήτριες δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (πίνακας 4.1), προερχόμενοι από Γυμνάσιο και Λύκειο. Η συμμετοχή ήταν εθελοντική και ανώνυμη, γεγονός που συνέβαλε στη μεγαλύτερη ειλικρίνεια των απαντήσεων. Στην έρευνα συμμετείχαν συνολικά 66 μαθητές. Από αυτούς, 18 μαθητές φοιτούσαν στο Γυμνάσιο και 48 στο Λύκειο.

Τάξη	Συχνότητα	Ποσοστό
Γυμνάσιο	18	27,3%
Λύκειο	48	72,7%

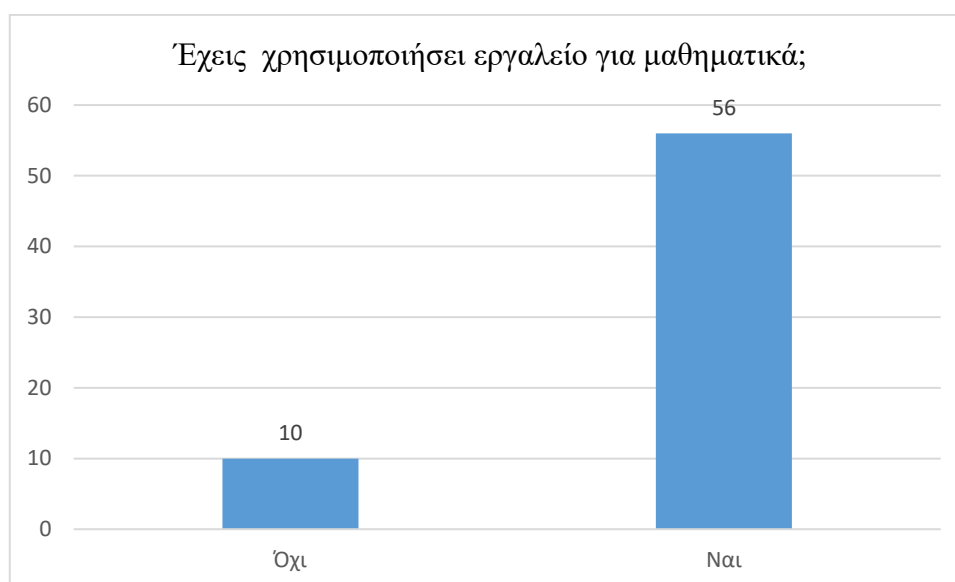
Πίνακας 4.1: Κατανομή μαθητών ανά τάξη (Γυμνάσιο/ Λύκειο)

4.1.2 Χρήση εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης από τους μαθητές

Ιδιαίτερα υψηλό ήταν το ποσοστό των μαθητών που δήλωσαν ότι έχουν χρησιμοποιήσει εργαλείο Τεχνητής Νοημοσύνης για τα μαθηματικά (πίνακας 4.2 και γράφημα 4.1). Συγκεκριμένα, 56 από τους 66 μαθητές δήλωσαν ότι έχουν χρησιμοποιήσει τέτοια εργαλεία, ενώ 10 μαθητές απάντησαν αρνητικά. Από αυτούς 4 μαθητές/τριες γιατί δεν γνωρίζουν κάποιο εργαλείο TN, 6 δεν έχουν τη δυνατότητα πρόσβασης σε κάποιο εργαλείο TN, 4 επειδή θεωρούν ότι δεν είναι σωστό, 3 δεν τους το επιτρέπει ο εκπαιδευτικός και 4 επειδή θεωρούν η TN δεν βοηθά στη μάθηση (το ερώτημα ήταν πολλαπλής επιλογής).

Χρήση TN	Συχνότητα	Ποσοστό
Ναι	56	84,8
Όχι	10	15,2

Πίνακας 4.2: Χρήση εργαλείων TN από τους μαθητές



Γράφημα 4.1: Χρήση εργαλείων TN από μαθητές

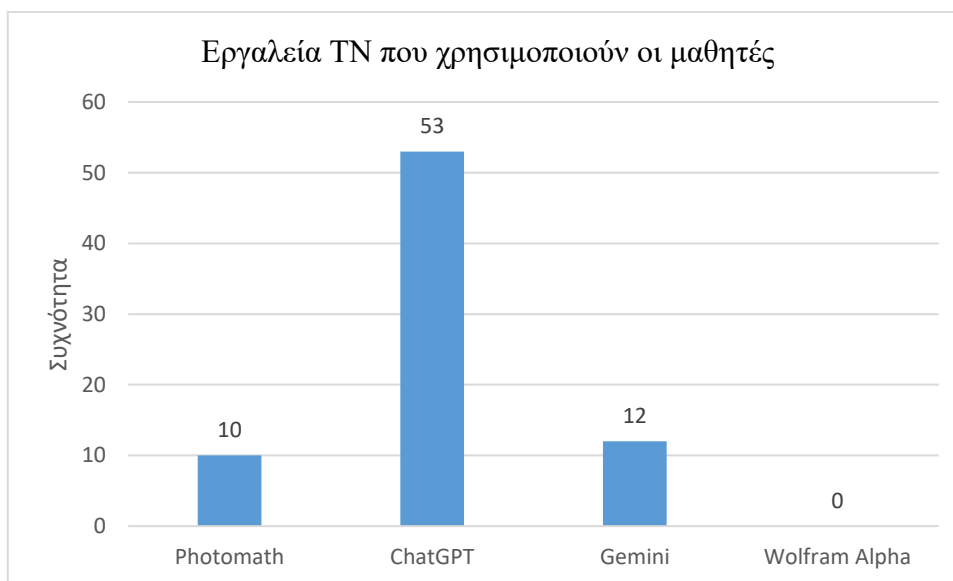
Το εύρημα αυτό δείχνει ότι η χρήση εργαλείων ΤΝ δεν αποτελεί περιθωριακή πρακτική για τους μαθητές του δείγματος. Αντίθετα, φαίνεται να έχει ήδη ενταχθεί σε σημαντικό βαθμό στον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές προσεγγίζουν τη μαθηματική εργασία.

4.1.3 Εργαλεία ΤΝ που χρησιμοποιούνται

Ανάμεσα στα εργαλεία που δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν οι μαθητές, το ChatGPT εμφανίζεται με τη μεγαλύτερη συχνότητα (πίνακας 4.3 και γράφημα 4.2). Ακολουθούν το Gemini και το Photomath, ενώ δεν καταγράφηκε χρήση του Wolfram Alpha¹.

Εργαλεία ΤΝ	Συχνότητα	Ποσοστό
Photomath	10	15,2
ChatGPT	53	80,3
Gemini	12	18,2
Wolfram Alpha	0	0

Πίνακας 4.3 Εργαλεία ΤΝ που χρησιμοποιούνται από τους μαθητές



Γράφημα 4.2: Εργαλεία ΤΝ που χρησιμοποιούνται από τους μαθητές

Από την επιμέρους ανάλυση φάνηκε ότι 56 μαθητές/τριες δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν εργαλεία ΤΝ και από αυτούς 10 χρησιμοποιούν το Photomath, 12 το Gemini και 53 το ChatGPT. Η κυριαρχία του ChatGPT είναι αξιοσημείωτη, καθώς δείχνει ότι οι μαθητές στρέφονται κυρίως σε εργαλεία διαλογικής αλληλεπίδρασης, τα οποία μπορούν να δώσουν εξηγήσεις, παραδείγματα ή βήματα λύσης. Αντίθετα, η περιορισμένη χρήση πιο

¹ Οι συμμετέχοντες μπορούσαν να επιλέξουν περισσότερες από μία απαντήσεις.

εξειδικευμένων μαθηματικών εργαλείων δείχνει ότι οι μαθητές πιθανόν επιλέγουν εργαλεία που τους είναι πιο οικεία και εύκολα στη χρήση.

4.1.4 Πηγές ενημέρωσης για τα εργαλεία TN

Σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι πηγές από τις οποίες οι μαθητές/τριές έμαθαν για τα εργαλεία TN. Η συχνότερη πηγή ήταν οι φίλοι, ενώ ακολούθησαν τα αδέλφια, το TikTok και το YouTube (πίνακας 4.4). Αντίθετα, οι εκπαιδευτικοί δεν εμφανίζονται ως πηγή ενημέρωσης στο συγκεκριμένο δείγμα².

Πηγή ενημέρωσης:	Συχνότητα	Ποσοστό
Φίλοι	54	81,8
Αδέλφια	27	40,9
TikTok	23	34,8
YouTube	22	33,3
Γονείς	2	3
Εκπαιδευτικός	0	0

Πίνακας 4.4: Πηγές ενημέρωσης μαθητών για τα εργαλεία TN

Ο πίνακας 4.4 δείχνει ότι η αρχική εξοικείωση των μαθητών με την TN φαίνεται να προέρχεται περισσότερο από το κοινωνικό τους περιβάλλον και από ψηφιακά μέσα παρά από οργανωμένη σχολική καθοδήγηση.

4.1.5 Συχνότητα χρήσης εργαλείων TN

Η συχνότητα χρήσης των εργαλείων TN εξετάστηκε σε τέσσερις διαστάσεις: τη γενική χρήση για την επίλυση προβλήματος στα μαθηματικά, τη χρήση πριν την προσπάθεια λύσης ενός μαθηματικού προβλήματος, τη χρήση μετά την προσπάθεια λύσης ενός μαθηματικού προβλήματος και τη χρήση για εντοπισμό λάθους. Οι μέσοι όροι παρουσιάζονται στον πίνακα 4.5³.

² Οι συμμετέχοντες μπορούσαν να επιλέξουν περισσότερες από μία απαντήσεις

³ Κλίμακα 1–5: 1=Ποτέ, 5=Πολύ συχνά

Διάσταση χρήσης	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Γενική χρήση εργαλείων TN	3,17	1,16
Χρήση πριν την προσπάθεια λύσης	2,88	1,27
Χρήση μετά την προσπάθεια λύσης	2,48	1,18
Χρήση για εντοπισμό λάθους	2,36	1,45

Πίνακας 4.5: Συχνότητα χρήσης εργαλείων TN από τους μαθητές

Η γενική χρήση εργαλείων TN για την επίλυση μαθηματικού προβλήματος εμφανίζει μέσο όρο 3,17, τιμή που αντιστοιχεί σε μέτρια προς συχνή χρήση. Η χρήση πριν από την προσπάθεια λύσης ενός μαθηματικού προβλήματος παρουσιάζει μέσο όρο 2,88, ενώ η χρήση μετά την προσπάθεια λύσης ενός μαθηματικού προβλήματος έχει χαμηλότερο μέσο όρο 2,48. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι οι μαθητές δεν χρησιμοποιούν πάντοτε την TN ως εργαλείο ελέγχου μετά τη δική τους προσπάθεια, αλλά σε αρκετές περιπτώσεις την αξιοποιούν και πριν ολοκληρώσουν τη δική τους προσωπική προσπάθεια επίλυσης.

4.1.6 Αντιλήψεις μαθητών για τη χρήση της TN

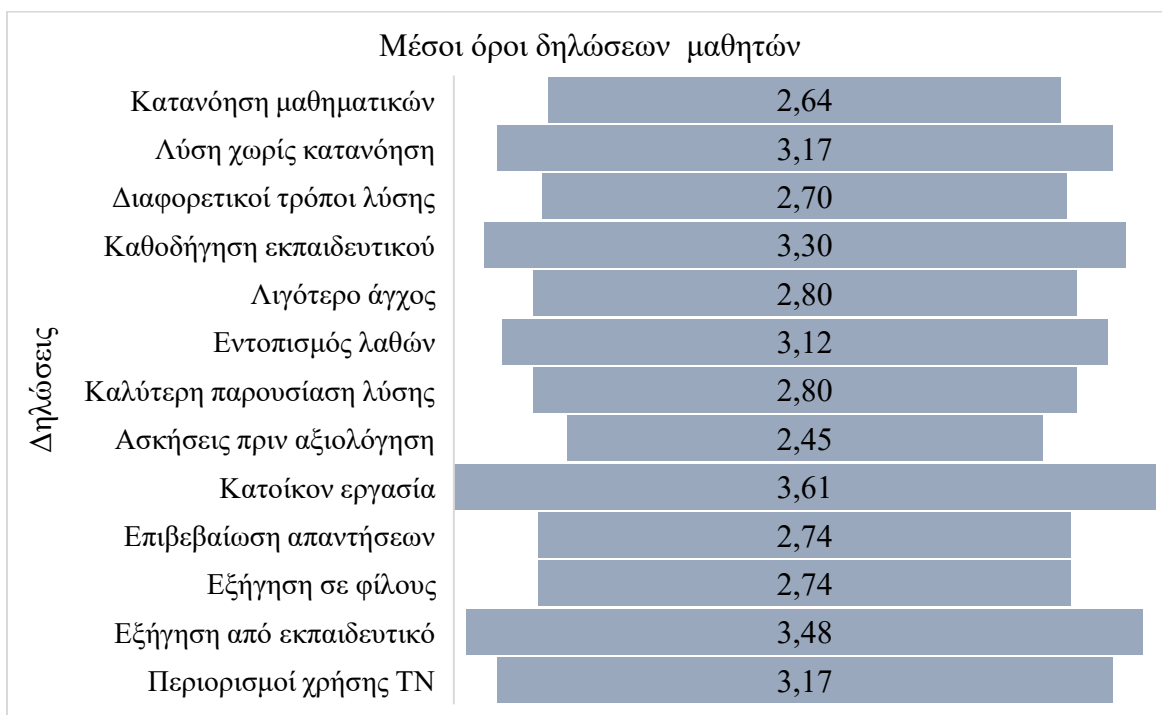
Οι αντιλήψεις των μαθητών διερευνήθηκαν μέσα από δεκατρείς δηλώσεις τύπου Likert.

Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις παρουσιάζονται στον πίνακα 4.6⁴.

Δήλωση	Μέση Τιμή (Μ.Τ)	Τυπική Απόκλιση (Τ.Α)
Κατανόηση μαθηματικών	2,64	1,13
Λύση χωρίς κατανόηση	3,17	1,39
Διαφορετικοί τρόποι λύσης	2,70	1,18
Καθοδήγηση εκπαιδευτικού	3,30	1,10
Λιγότερο άγχος	2,80	1,11
Εντοπισμός λαθών	3,12	1,05
Καλύτερη παρουσίαση λύσης	2,80	1,11
Ασκήσεις πριν αξιολόγηση	2,45	1,20
Κατοίκον εργασία	3,61	1,23
Επιβεβαίωση απαντήσεων	2,74	1,06
Εξήγηση σε φίλους	2,74	1,07
Εξήγηση από εκπαιδευτικό	3,48	0,98
Περιορισμοί χρήσης TN	3,17	1,02

Πίνακας 4.6: Δηλώσεις Likert μαθητών

⁴ Κλίμακα 1–5: 1=Ποτέ, 5=Πολύ συχνά



Γράφημα 4.3: Μέσοι όροι δηλώσεων μαθητών

Από το γράφημα 4.3, η ψηλότερη μέση τιμή καταγράφηκε στη δήλωση που αφορά τη χρήση της TN για διευκόλυνση στην κατοίκον εργασία ($M.T=3,61$). Αυτό δείχνει ότι οι μαθητές αξιοποιούν την TN κυρίως ως πρακτικό εργαλείο υποστήριξης της καθημερινής σχολικής τους εργασίας. Υψηλή τιμή καταγράφηκε επίσης στη δήλωση ότι οι μαθητές θα ήθελαν ο εκπαιδευτικός να τους εξηγεί πώς να χρησιμοποιούν σωστά την TN ($M.T=3,48$).

Αντίθετα, χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στις δηλώσεις που αφορούν τη βελτίωση της κατανόησης των μαθηματικών ($M.T=2,64$) και τη χρήση της TN για ασκήσεις εξάσκησης πριν από αξιολόγηση ($M.T=2,45$). Η εικόνα αυτή δείχνει ότι, παρόλο που οι μαθητές χρησιμοποιούν αρκετά τα εργαλεία TN, δεν τα συνδέουν απαραίτητα με ουσιαστική βελτίωση της μαθηματικής τους κατανόησης.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η δήλωση «Χρησιμοποιώ την TN για να δώσω τουλάχιστον μία λύση ακόμη κι αν δεν έχω καταλάβει το πρόβλημα» είχε μέσο όρο 3,17. Το εύρημα αυτό δείχνει ότι ένα μέρος των μαθητών χρησιμοποιεί την TN ακόμη και σε περιπτώσεις όπου δεν έχει κατανοήσει πλήρως το πρόβλημα, στοιχείο που χρειάζεται να ληφθεί υπόψη στη συζήτηση των αποτελεσμάτων.

4.1.7 Πρόσθετες στατιστικές αναλύσεις για τους μαθητές

Πέρα από την περιγραφική στατιστική, εξετάστηκε η σχέση μεταξύ της χρήσης της TN πριν από την προσπάθεια λύσης ενός μαθηματικού προβλήματος και της χρήσης της μετά την προσπάθεια λύσης. Η ανάλυση έδειξε στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση (πίνακας 4.7).

Μεταβλητές	r	P	N
Χρήση TN πριν την προσπάθεια λύσης – Χρήση TN μετά την προσπάθεια λύσης	0,348	0,004	66

Πίνακας 4.7 Συσχέτιση μεταξύ χρήσης TN πριν και μετά την προσπάθεια λύσης

Η συσχέτιση ήταν θετική και στατιστικά σημαντική ($r=0,348$, $p=0,004$). Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές που χρησιμοποιούν την TN πριν από την προσπάθεια λύσης τείνουν να τη χρησιμοποιούν και μετά την προσπάθεια λύσης. Το αποτέλεσμα υποδηλώνει ότι η χρήση της TN συνιστά για ορισμένους μαθητές μια σταθερή μαθησιακή πρακτική και όχι απλώς μία περιστασιακή επιλογή.

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε σύγκριση μεταξύ μαθητών Γυμνασίου και Λυκείου ως προς τη χρήση της TN. Δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων ($p=0,837$), παρότι η μέση τιμή χρήσης ήταν ελαφρώς ψηλότερη στους μαθητές του Λυκείου (μέση τιμή Λυκείου 0,85 και μέση τιμή Γυμνασίου 0,83). Στις υπόλοιπες μεταβλητές, στατιστικά σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν μόνο στις πηγές ενημέρωσης για τους γονείς με ψηλότερο μέσο όρο 0,61 οι μαθητές Γυμνασίου και για φίλους με μέσο όρο 0,89 οι μαθητές Λυκείου.

4.2 Αποτελέσματα ερωτηματολογίου εκπαιδευτικών

4.2.1 Δημογραφικά χαρακτηριστικά εκπαιδευτικών

Στην έρευνα συμμετείχαν 31 εκπαιδευτικοί μαθηματικών. Ως προς τη διδακτική εμπειρία, το δείγμα περιλαμβάνει εκπαιδευτικούς με διαφορετικά χρόνια υπηρεσίας, ενώ η πλειονότητα διδάσκει είτε στο Λύκειο είτε και στις δύο βαθμίδες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (πίνακες 4.8 και 4.9).

Χρόνια εμπειρίας	Συχνότητα	Ποσοστό
0–5 έτη	9	29
6–10 έτη	5	16,1
11–20 έτη	11	35,5
Πάνω από 20 έτη	6	19,4

Πίνακας 4.8: Χρόνια διδακτικής εμπειρίας εκπαιδευτικών

Βαθμίδα	Συχνότητα	Ποσοστό
Γυμνάσιο	1	3,2
Λύκειο	13	41,9
Και τα δύο	17	54,8

Πίνακας 4.9: Βαθμίδα διδασκαλίας εκπαιδευτικών

4.2.2 Χρήση εργαλείων TN από τους εκπαιδευτικούς

Σε αντίθεση με τους μαθητές, οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών παρουσιάζουν πιο ισορροπημένη κατανομή ως προς τη χρήση εργαλείων TN. Συγκεκριμένα, 16 εκπαιδευτικοί δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν εργαλεία TN για διδασκαλία ή προετοιμασία μαθήματος, ενώ 15 δήλωσαν ότι δεν τα χρησιμοποιούν (πίνακας 4.10).

Χρήση TN	Συχνότητα	Ποσοστό
Ναι	16	51,6
Όχι	15	48,4

Πίνακας 4.10: Χρήση εργαλείων TN από τους εκπαιδευτικούς

Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι, στους εκπαιδευτικούς του δείγματος, η χρήση της TN βρίσκεται σε πιο μεταβατικό στάδιο σε σχέση με τους μαθητές. Περίπου οι μισοί εκπαιδευτικοί έχουν ήδη εντάξει τέτοια εργαλεία στην προετοιμασία ή στη διδακτική τους πρακτική, ενώ οι υπόλοιποι δεν τα αξιοποιούν ακόμη (πίνακας 4.11)⁵.

Εργαλείο TN	Συχνότητα	Ποσοστό
ChatGPT	16	51,6
Photomath	10	32,3
Gemini	7	22,6
Wolfram Alpha	0	0

Πίνακας 4.11: Εργαλεία TN που χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς

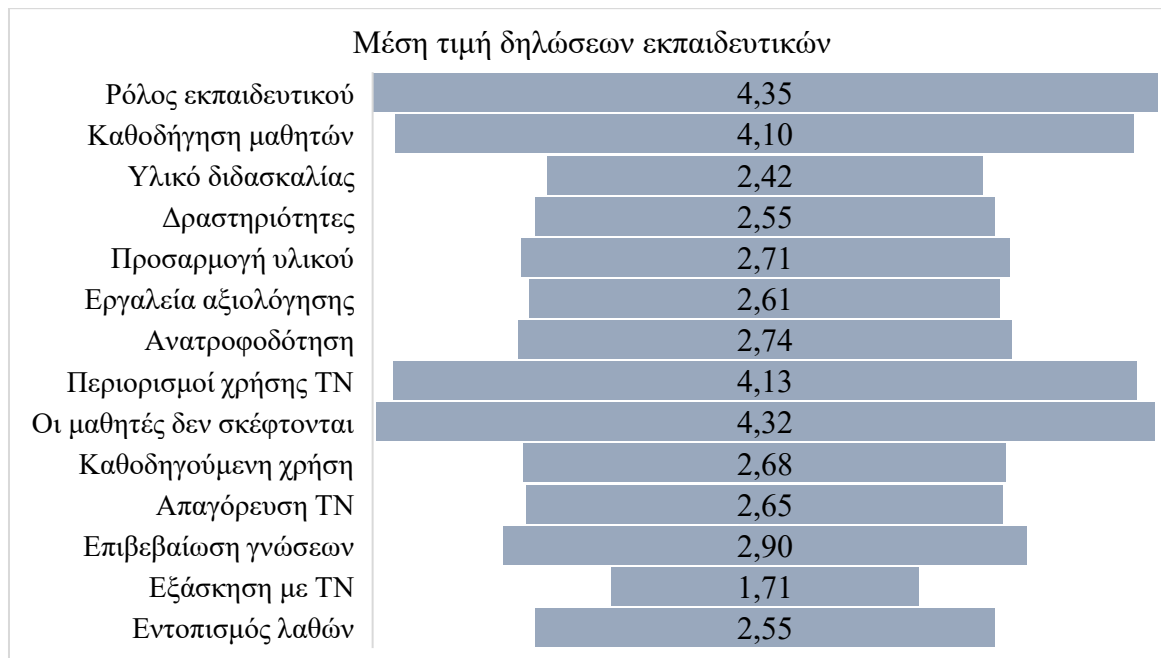
⁵ Οι συμμετέχοντες μπορούσαν να επιλέξουν περισσότερες από μία απαντήσεις

4.2.3 Αντιλήψεις εκπαιδευτικών για τη χρήση της ΤΝ

Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών αποτυπώθηκαν μέσα από δεκατέσσερις δηλώσεις τύπου Likert. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 4.12⁶.

Δήλωση	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Ρόλος εκπαιδευτικού	4,35	0,49
Καθοδήγηση μαθητών	4,10	0,70
Υλικό διδασκαλίας	2,42	0,81
Δραστηριότητες	2,55	0,77
Προσαρμογή υλικού	2,71	0,46
Εργαλεία αξιολόγησης	2,61	0,50
Ανατροφοδότηση	2,74	0,44
Περιορισμοί χρήσης ΤΝ	4,13	0,56
Οι μαθητές δεν σκέφτονται	4,32	0,48
Καθοδηγούμενη χρήση	2,68	0,48
Απαγόρευση ΤΝ	2,65	0,55
Επιβεβαίωση γνώσεων	2,90	0,83
Εξάσκηση με ΤΝ	1,71	0,46
Εντοπισμός λαθών	2,55	0,51

Πίνακας 4.12: Δηλώσεις Likert εκπαιδευτικών



Γράφημα 4.4: Μέση τιμή δηλώσεων εκπαιδευτικών

Από το γράφημα 4.4 η ψηλότερη μέση τιμή καταγράφηκε στη δήλωση ότι ο ρόλος του εκπαιδευτικού παραμένει καθοριστικός σε περιβάλλον με ΤΝ (Μ.Τ=4,35). Πολύ υψηλή

⁶ Κλίμακα 1–5: 1=Διαφωνώ απόλυτα, 5=Συμφωνώ απόλυτα

ήταν επίσης η συμφωνία με τη δήλωση ότι η ΤΝ μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές να μη σκέφτονται επαρκώς (Μ.Τ=4,32).

Υψηλές τιμές καταγράφηκαν επίσης στη δήλωση ότι θα πρέπει να υπάρχουν περιορισμοί στη χρήση της ΤΝ στο σχολείο (Μ.Τ=4,13) και στη δήλωση ότι ο εκπαιδευτικός πρέπει να καθοδηγεί ενεργά τη χρήση της ΤΝ από τους μαθητές (Μ.Τ=4,10). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι οι εκπαιδευτικοί δεν αντιμετωπίζουν την ΤΝ απλώς ως τεχνικό εργαλείο, αλλά ως ζήτημα που απαιτεί παιδαγωγική οριοθέτηση και καθοδήγηση.

Αντίθετα, χαμηλότερες μέσες τιμές παρατηρήθηκαν στις δηλώσεις που αφορούσαν την ενθάρρυνση των μαθητών από τους εκπαιδευτικούς να χρησιμοποιούν την ΤΝ για εξάσκηση (Μ.Τ=1,71), την αξιοποίηση της ΤΝ για υλικό διδασκαλίας (Μ.Τ=2,42) και τον εντοπισμό λαθών (Μ.Τ=2,55). Η εικόνα αυτή δείχνει ότι οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν μεν την παρουσία της ΤΝ, αλλά είναι πιο επιφυλακτικοί ως προς την άμεση και εκτεταμένη ένταξή της στη διδακτική πράξη.

4.3 Σύνοψη βασικών αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι η Τεχνητή Νοημοσύνη έχει ήδη ενσωματωθεί στην καθημερινή μαθησιακή πρακτική μεγάλου μέρους των μαθητών. Παράλληλα, τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν την ανάγκη καθοδήγησης από τον εκπαιδευτικό κατά τη χρήση των εργαλείων ΤΝ. Η σύγκλιση αυτή αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ευρήματα της έρευνας και αναδεικνύει τη σημασία του ανθρώπινου παράγοντα στη μαθησιακή διαδικασία.

Η χρήση εργαλείων ΤΝ είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη μεταξύ των μαθητών, με κυρίαρχο εργαλείο το ChatGPT. Η εξοικείωση αυτή των μαθητών με τα εργαλεία αυτά φαίνεται να προέρχεται κυρίως από φίλους και ψηφιακά μέσα, ενώ ο ρόλος του σχολείου ως πηγή αρχικής ενημέρωσης εμφανίζεται περιορισμένος. Οι μαθητές χρησιμοποιούν την ΤΝ κυρίως για πρακτική υποστήριξη της κατοίκον εργασίας και όχι απαραίτητα για βαθύτερη κατανόηση των μαθηματικών. Παράλληλα, εκφράζουν την ανάγκη ο εκπαιδευτικός να εξηγεί πώς μπορεί να χρησιμοποιείται σωστά η ΤΝ.

4.4 Συνοπτική σύγκριση μαθητών και εκπαιδευτικών

Η σύγκριση των απαντήσεων μαθητών και εκπαιδευτικών δείχνει ότι και οι δύο ομάδες αναγνωρίζουν τις δυνατότητες της ΤΝ στη μαθηματική εκπαίδευση, αλλά ταυτόχρονα επισημαίνουν την ανάγκη ορθής και ελεγχόμενης χρήσης της.

Οι μαθητές εστιάζουν περισσότερο στα πρακτικά οφέλη (π.χ. βήματα λύσης, έλεγχος), και στην άμεση υποστήριξη που προσφέρει η ΤΝ, ενώ οι εκπαιδευτικοί δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στους κινδύνους επιφανειακής μάθησης και στη διατήρηση της κριτικής σκέψης. Και στις δύο ομάδες, ωστόσο, αναδεικνύεται η ανάγκη καθοδήγησης και οριοθέτησης της χρήσης μέσα από τον ρόλο του εκπαιδευτικού.

Κοινό στοιχείο στις απαντήσεις τόσο των μαθητών όσο και των εκπαιδευτικών είναι η αναγνώριση του καθοριστικού ρόλου 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.

Κατά συνέπεια, τα ευρήματα της έρευνας επιβεβαιώνουν ότι η ΤΝ μπορεί να προσφέρει σημαντικές δυνατότητες υποστήριξης της μαθησιακής διαδικασίας στα μαθηματικά, υπό την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιείται με παιδαγωγικά κριτήρια και με ενεργό συμμετοχή του εκπαιδευτικού. Τα αποτελέσματα αυτά συνδέονται άμεσα με το θεωρητικό πλαίσιο της εργασίας και αποτελούν τη βάση για τη διατύπωση των συμπερασμάτων και των προτάσεων που ακολουθούν στο επόμενο κεφάλαιο.

5. Συμπεράσματα και προτάσεις

5.1 Συζήτηση των ευρημάτων

Η παρούσα έρευνα είχε ως στόχο τη διερεύνηση της χρήσης εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στη λύση μαθηματικών προβλημάτων, καθώς και την αποτύπωση των αντιλήψεων μαθητών και εκπαιδευτικών σχετικά με τον ρόλο της TN στη μαθησιακή διαδικασία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση εργαλείων TN αποτελεί πλέον μια ιδιαίτερα διαδεδομένη πρακτική μεταξύ των μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα. Η πλειονότητα των μαθητών δήλωσε ότι χρησιμοποιεί εργαλεία TN για την υποστήριξη της επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι οι τεχνολογίες αυτές έχουν ήδη ενσωματωθεί στην καθημερινή μαθησιακή πρακτική πολλών μαθητών.

Το εύρημα αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με τη διεθνή βιβλιογραφία, σύμφωνα με την οποία οι σύγχρονοι μαθητές υιοθετούν γρήγορα ψηφιακά εργαλεία που παρέχουν άμεση ανατροφοδότηση και εξατομικευμένη υποστήριξη κατά τη μαθησιακή διαδικασία. Οι Holmes et al. υποστηρίζουν ότι η TN έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει ως υποστηρικτικός μηχανισμός μάθησης, προσφέροντας προσαρμοσμένες επεξηγήσεις και ευκαιρίες εξάσκησης ανάλογα με τις ανάγκες του μαθητή (Holmes et al., 2019).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι το ChatGPT αναδείχθηκε ως το συχνότερα χρησιμοποιούμενο εργαλείο TN. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο, καθώς τα μεγάλα γλωσσικά μοντέλα προσφέρουν τη δυνατότητα διαλόγου με τον χρήστη, παροχής επεξηγήσεων και παρουσίασης εναλλακτικών τρόπων επίλυσης ενός προβλήματος. Παρόμοια ευρήματα έχουν καταγραφεί και σε πρόσφατες έρευνες που εξετάζουν τη χρήση γενετικής Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαίδευση (Kasneci et al., 2023).

Ένα από τα πιο ενδιαφέροντα ευρήματα της παρούσας έρευνας αφορά τις πηγές μέσω των οποίων οι μαθητές ενημερώθηκαν για τα εργαλεία TN. Οι περισσότεροι μαθητές ανέφεραν φίλους, αδέρφια και μέσα κοινωνικής δικτύωσης, ενώ κανένας δεν ανέφερε τον εκπαιδευτικό ως αρχική πηγή ενημέρωσης. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι η επαφή των μαθητών με την TN 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.

Παράλληλα, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν την ΤΝ κυρίως για την υποστήριξη της κατοίκον εργασίας τους και λιγότερο για την ουσιαστική κατανόηση μαθηματικών εννοιών. 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 τον Schoenfeld (1992), η ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης προϋποθέτει ενεργή εμπλοκή του μαθητή στη διαδικασία επίλυσης προβλήματος. Όταν η τεχνολογία χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την παραγωγή έτοιμων απαντήσεων, υπάρχει κίνδυνος να περιοριστεί η ανάπτυξη στρατηγικών επίλυσης και μεταγνωστικών δεξιοτήτων. Είναι σαφές ότι η ορθολογιστική αξιοποίηση μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη γνωστικών και μεταγνωστικών δεξιοτήτων, ενώ η αξιοποίηση για αντικατάσταση γνωστικών διεργασιών αναμένεται να απομακρύνει το μαθητή από τα επιδιωκόμενα μαθησιακά αποτελέσματα.

Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται και από το εύρημα ότι αρκετοί μαθητές δήλωσαν πως χρησιμοποιούν την ΤΝ ακόμη και όταν δεν έχουν κατανοήσει πλήρως το πρόβλημα. Η διαπίστωση αυτή υποδηλώνει ότι, σε ορισμένες περιπτώσεις, η ΤΝ ενδέχεται να λειτουργεί ως μηχανισμός παράκαμψης της γνωστικής προσπάθειας και όχι ως εργαλείο ενίσχυσης της μαθησιακής διαδικασίας. Παρόμοιες ανησυχίες έχουν διατυπωθεί από τους Luckin et al. (2016), οι οποίοι επισημαίνουν ότι η αποτελεσματικότητα της ΤΝ εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο με τον οποίο ενσωματώνεται στη διδασκαλία ή γενικότερα αξιοποιείται στο πλαίσιο της μαθησιακής διαδικασίας.

Ιδιαίτερη σημασία έχει επίσης το γεγονός ότι οι μαθητές εξέφρασαν την επιθυμία να λαμβάνουν καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό σχετικά με τη σωστή χρήση των εργαλείων ΤΝ. Το εύρημα αυτό συνδέεται άμεσα με μία ακόμη σημαντική διαπίστωση της έρευνας: οι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι ο ρόλος τους παραμένει καθοριστικός ακόμη και σε περιβάλλοντα όπου αξιοποιούνται εργαλεία ΤΝ. Η σύγκλιση των απόψεων μαθητών και εκπαιδευτικών αποτελεί ίσως το σημαντικότερο εύρημα της παρούσας μελέτης, καθώς

δείχνει ότι η ΤΝ δεν αντιμετωπίζεται ως υποκατάστατο του εκπαιδευτικού, αλλά ως εργαλείο που απαιτεί παιδαγωγική καθοδήγηση.

Τα αποτελέσματα των εκπαιδευτικών έδειξαν επίσης ότι υπάρχει έντονος προβληματισμός σχετικά με το ενδεχόμενο η υπερβολική χρήση της ΤΝ να περιορίσει την ανεξάρτητη σκέψη των μαθητών. Η διαπίστωση αυτή συμφωνεί με τις θέσεις πολλών ερευνητών, αλλά και σχετικών διεθνών οργανισμών, οι οποίοι υποστηρίζουν ότι η χρήση της ΤΝ στην εκπαίδευση πρέπει να συνοδεύεται από σαφείς παιδαγωγικούς στόχους και από την ανάπτυξη δεξιοτήτων κριτικής αξιολόγησης των παραγόμενων απαντήσεων (UNESCO, 2023).

Τέλος, η στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της χρήσης της ΤΝ πριν και μετά την προσπάθεια επίλυσης ενός προβλήματος δείχνει ότι η χρήση της ΤΝ δεν αποτελεί μια περιστασιακή συμπεριφορά για ορισμένους μαθητές, αλλά τείνει να ενσωματώνεται σε ολόκληρη τη διαδικασία επίλυσης προβλήματος. Το εύρημα αυτό αναδεικνύει την ανάγκη ανάπτυξης εκπαιδευτικών πρακτικών που θα βοηθήσουν τους μαθητές να αξιοποιούν την ΤΝ ως εργαλείο υποστήριξης της σκέψης τους και όχι ως υποκατάστατο της προσωπικής τους προσπάθειας.

5.2 Συμπεράσματα

Η παρούσα έρευνα διερεύνησε τη χρήση εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης 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. Είναι μία έρευνα που διεξήχθη στα πρώτα στάδια αξιοποίησης των εργαλείων ΤΝ από τους εκπαιδευόμενους χωρίς να διαφαίνεται οποιαδήποτε προσπάθεια οργανωμένης διδακτικής αξιοποίησης από πλευράς εκπαιδευτικών.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα εργαλεία Τεχνητής Νοημοσύνης έχουν ήδη ενσωματωθεί στην καθημερινή εκπαιδευτική πρακτική σημαντικού αριθμού μαθητών/τριών. Οι μαθητές/τριες αξιοποιούν κυρίως εφαρμογές γενετικής Τεχνητής Νοημοσύνης κατά τη μελέτη και την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων, αναζητώντας βοήθεια, επεξηγήσεις και υποστήριξη στην ολοκλήρωση των εργασιών τους. Δεν έχουν κάποια καθοδήγηση ως προς το πώς θα μπορούσε τα εργαλεία να συμβάλουν στη μαθησιακή διαδικασία, λειτουργούν

περισσότερο ως βοηθητικά εργαλεία στην αποπεράτωση δραστηριοτήτων και εργασιών με βραχυπρόθεσμο ρόλο παρά την ανάπτυξη στρατηγικών μάθησης ή κατανόησης εννοιών για την αντιμετώπιση δυσκολιών.

Παράλληλα, 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.

Ένα από τα σημαντικότερα ευρήματα της έρευνας είναι ότι τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν τη σημασία του εκπαιδευτικού στη σωστή αξιοποίηση της Τεχνητής Νοημοσύνης. Η ΤΝ δεν φαίνεται να αντιμετωπίζεται ως υποκατάστατο του εκπαιδευτικού, αλλά ως ένα εργαλείο το οποίο μπορεί να υποστηρίξει τη μαθησιακή διαδικασία όταν χρησιμοποιείται με κατάλληλη καθοδήγηση. Αυτός είναι ο θεωρητικός ρόλος που προσδίδεται στην ΤΝ χωρίς ακόμη να έχει τις αντίστοιχες εμπειρίες είτε το παιδί είτε ο/η εκπαιδευτικός.

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας, το πρώτο ερευνητικό ερώτημα απαντήθηκε μέσω της καταγραφής των τρόπων με τους οποίους οι μαθητές αξιοποιούν τα εργαλεία Τεχνητής Νοημοσύνης κατά τη λύση μαθηματικών προβλημάτων. Το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα απαντήθηκε μέσω της διερεύνησης των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τα οφέλη και τους περιορισμούς της χρήσης της ΤΝ. Τέλος, το τρίτο ερευνητικό ερώτημα απαντήθηκε μέσω της αποτύπωσης των πεποιθήσεων των εκπαιδευτικών σχετικά με τον ρόλο της ΤΝ στη διδασκαλία των μαθηματικών και τη θέση του εκπαιδευτικού στο σύγχρονο μαθησιακό περιβάλλον.

Επομένως, η παρούσα έρευνα οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο υποστηρικτικό εργαλείο για τη μαθηματική εκπαίδευση, υπό την προϋπόθεση ότι η αξιοποίησή της θα συνοδεύεται από παιδαγωγική καθοδήγηση, κριτική προσέγγιση και ενεργό συμμετοχή των μαθητών στη διαδικασία μάθησης. Υπάρχει θετική διάθεση από τα εμπλεκόμενα μέρη, χρήζει όμως περαιτέρω διερεύνηση πώς οι αρχικές δυσκολίες που παρουσιάστηκαν και πώς η μη ορθολογιστή χρήση θα αντικατασταθούν σταδιακά με παραγωγικές διαδικασίες ενίσχυσης της όλης μαθησιακής διαδικασίας. Η πορεία είναι αντίστοιχη ενδεχόμενα με την αρχική αξιοποίηση της

υπολογιστικής μηχανής πριν κάποιες δεκαετίες στην εκπαίδευση (πριν γίνει κατανοητό ότι μπορεί να έχει ρόλο διερευνητικού εργαλείου), την αξιοποίηση του ηλεκτρονικού υπολογιστή και των ψηφιακών εργαλείων, αλλά και την αξιοποίηση του διαδραστικού πίνακα. Κάθε καινοτομία χρειάζεται το χρόνο της για να διαφανούν τα κενά στις απαιτούμενες γνώσεις, τη διερεύνηση των κατάλληλων μορφών επιμόρφωσης και κατάρτισης και την ανάπτυξη κατάλληλων παρεμβατικών προγραμμάτων αξιοποίησης. Η ΤΝ έχει την πρόσθετη δυσκολία των ραγδαίων αλλαγών που δεν συνάδουν εύκολα με τους ρυθμούς αλλαγών που παρατηρούνται στις δομές των εκπαιδευτικών συστημάτων και των μηχανισμών τους.

5.3 Παιδαγωγικές προτάσεις και εκπαιδευτικές προεκτάσεις

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας αναδεικνύουν την ανάγκη για μια πιο οργανωμένη και παιδαγωγικά τεκμηριωμένη ενσωμάτωση των εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης στη μαθηματική εκπαίδευση. Η εκτεταμένη χρήση των εργαλείων αυτών από τους μαθητές δείχνει ότι η ΤΝ αποτελεί ήδη μέρος της εκπαιδευτικής πραγματικότητας και, ως εκ τούτου, δεν μπορεί να αντιμετωπίζεται ως ένα παροδικό ή περιφερειακό φαινόμενο.

Ένα πρώτο στοιχείο που προκύπτει από την έρευνα είναι η ανάγκη ανάπτυξης δεξιοτήτων ορθής χρήσης των εργαλείων ΤΝ από τους μαθητές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι πολλοί μαθητές χρησιμοποιούν εργαλεία ΤΝ κατά τη λύση μαθηματικών προβλημάτων, χωρίς πάντοτε να είναι βέβαιο ότι αξιοποιούν τις απαντήσεις με κριτικό τρόπο. Για τον λόγο αυτό, κρίνεται σημαντικό οι μαθητές 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.

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.

5.4 Περιορισμοί της έρευνας

Παρόλο που η παρούσα έρευνα παρείχε χρήσιμα στοιχεία σχετικά με τη χρήση εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης στη λύση μαθηματικών προβλημάτων, ορισμένοι περιορισμοί θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Αρχικά, η έρευνα βασίστηκε σε δείγμα ευκολίας, γεγονός που περιορίζει τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων στο σύνολο του μαθητικού και εκπαιδευτικού πληθυσμού. Οι συμμετέχοντες επιλέχθηκαν με βάση τη διαθεσιμότητα και την προθυμία συμμετοχής τους και συνεπώς το δείγμα ενδέχεται να μην είναι πλήρως αντιπροσωπευτικό.

Επιπλέον, το δείγμα των εκπαιδευτικών ήταν σχετικά περιορισμένο σε μέγεθος. Αν και οι απαντήσεις τους παρείχαν χρήσιμες πληροφορίες για τις αντιλήψεις τους σχετικά με τη χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης, το μικρό μέγεθος του δείγματος δεν επέτρεψε την πραγματοποίηση εκτενέστερων στατιστικών αναλύσεων ή τη διερεύνηση διαφορών μεταξύ επιμέρους ομάδων εκπαιδευτικών. Κατά συνέπεια, τα αποτελέσματα που αφορούν τους

εκπαιδευτικούς θα πρέπει να ερμηνεύονται με προσοχή και να θεωρούνται ενδεικτικά και όχι γενικευμένα.

Ένας ακόμη περιορισμός σχετίζεται με τη χρήση ερωτηματολογίων αυτοαναφοράς. Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων βασίστηκαν στις προσωπικές τους αντιλήψεις και εκτιμήσεις, γεγονός που ενδέχεται να επηρεάζεται από υποκειμενικούς παράγοντες ή από την επιθυμία παροχής κοινωνικά αποδεκτών απαντήσεων.

Επιπρόσθετα, η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο, κατά την οποία η χρήση εφαρμογών γενετικής Τεχνητής Νοημοσύνης βρίσκεται σε φάση ταχείας ανάπτυξης. Ως εκ τούτου, οι αντιλήψεις και οι πρακτικές που καταγράφηκαν ενδέχεται να διαφοροποιηθούν στο μέλλον, καθώς τα εργαλεία αυτά εξελίσσονται και ενσωματώνονται περισσότερο στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Παρά τους πιο πάνω περιορισμούς, η έρευνα προσφέρει μια χρήσιμη εικόνα για τον τρόπο με τον οποίο μαθητές και εκπαιδευτικοί αντιλαμβάνονται και αξιοποιούν τα εργαλεία Τεχνητής Νοημοσύνης στη μαθηματική εκπαίδευση και μπορεί να αποτελέσει αφετηρία για περαιτέρω διερεύνηση του θέματος.

5.5 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η παρούσα έρευνα επικεντρώθηκε στη διερεύνηση της χρήσης εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης από μαθητές και εκπαιδευτικούς στο πλαίσιο της λύσης μαθηματικών προβλημάτων. Τα αποτελέσματά της ανέδειξαν ενδιαφέρουσες πτυχές του τρόπου με τον οποίο η ΤΝ ενσωματώνεται στη μαθησιακή διαδικασία, ενώ παράλληλα δημιούργησαν νέα ερευνητικά ερωτήματα που θα μπορούσαν να αποτελέσουν αντικείμενο μελλοντικών μελετών.

Αρχικά, θα ήταν χρήσιμο να πραγματοποιηθούν αντίστοιχες έρευνες 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.

Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ Τεχνητής Νοημοσύνης, κριτικής σκέψης και μαθηματικού συλλογισμού. Καθώς τα εργαλεία ΤΝ εξελίσσονται συνεχώς και γίνονται ολοένα πιο προσιτά στους μαθητές, είναι σημαντικό να μελετηθεί κατά πόσο η χρήση τους ενισχύει ή περιορίζει την ανάπτυξη δεξιοτήτων που θεωρούνται θεμελιώδεις για τη μαθηματική εκπαίδευση.

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.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Γεωργούλη, Κ. (2019). *Τεχνητή Νοημοσύνη*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών (Κάλλιπος).

Μπέλλου, Ι., & Μικρόπουλος, Τ. Α. (2023). *Ομαδοσυνεργατικές διδακτικές τεχνικές στην τριτοβάθμια εκπαίδευση με τη χρήση ψηφιακής τεχνολογίας* [Προπτυχιακό εγχειρίδιο].

Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <https://doi.org/10.57713/kallipos-277>

Alabdulhadi, M., & Aljabri, A. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning mathematics. *Journal of Educational Technology Research*.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE.

Dasari, D., Hendriyanto, A., Sahara, S., Suryadi, D., Muhaimin, L. H., Chao, T., & Fitriana, L. (2024). ChatGPT in didactical tetrahedron, does it make an exception? A case study in mathematics teaching and learning. *Frontiers in Education*, 8, 1295413.

<https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1295413>

Dillman, D. A., Smyth, J. D., & Christian, L. M. (2014). *Internet, phone, mail, and mixed-mode surveys: The tailored design method* (4th ed.). Wiley.

Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., Reed, H., & Gravemeijer, K. (2010). The teacher and the tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 75, 213–234.

Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). SAGE.

Hiebert, J., & Carpenter, T. P. (1992). Learning and teaching with understanding. In D. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 65–97). Macmillan.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.

Holmes, W., & Tuomi, I. (2022). State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education*, 57(4), 542–570. <https://doi.org/10.1111/ejed.12533>

Hwang, S. (2022). *Examining the effects of artificial intelligence on elementary students' mathematics achievement: A meta-analysis*. Sustainability, 14(20), 13185.

<https://doi.org/10.3390/su142013185>

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeiffer, F., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274.

<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>

Lample, G., & Charton, F. (2020). *Deep learning for symbolic mathematics*. Nature. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1923-7>

Lester, F. K. (2013). Thoughts about research on mathematical problem-solving instruction. *The Mathematics Enthusiast*, 10(1–2), 245–278.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1–55.

Luckin, R. (2018). *Machine learning and human intelligence: The future of education for the 21st century*. UCL Institute of Education Press.

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

Mani, J., & Zargeh, C. (2025). AI artifacts in the mathematics didactical tetrahedron: A developed model. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(5), em2630. <https://doi.org/10.29333/ejmste/16307>

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). *Principles and standards for school mathematics*. NCTM.

Piaget, J. (1970). *Psychology and pedagogy*. Viking Press.

Pólya, G. (1945). *How to solve it*. Princeton University Press.

- Rezat, S., & Sträßer, R. (2012). From the didactical triangle to the socio-didactical tetrahedron: Artifacts as fundamental constituents of the didactical situation. *ZDM Mathematics Education*, 44(5), 641–651.
- Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 582–599. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0110-3>
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. Academic Press.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically. In D. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. Macmillan.
- Son, T. (2024). *Intelligent Tutoring Systems in Mathematics Education: A Systematic Literature Review Using the Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition Model*. *Computers*, 13(10), 270. <https://doi.org/10.3390/computers13100270>
- UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO.
- UNESCO. (2024). *Κατευθυντήριες γραμμές για την παραγωγική τεχνητή νοημοσύνη στην εκπαίδευση και την έρευνα*. UNESCO
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Woolf, B. P. (2010). *Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*. Morgan Kaufmann.
- Zhai, C., Wibowo, S., & Li, L. D. (2024). The effects of over-reliance on AI dialogue systems on students' cognitive abilities: A systematic review. *Smart Learning Environments*, 11, Article 28. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00316-7>

Παράρτημα Α: Ερωτηματολόγιο μαθητών/τριών Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης

Το ερωτηματολόγιο είναι ανώνυμο και χρησιμοποιείται αποκλειστικά για ερευνητικούς σκοπούς στο πλαίσιο μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας.

Παρακαλώ απαντήστε με ειλικρίνεια. Δεν υπάρχουν σωστές ή λανθασμένες απαντήσεις.

ΜΕΡΟΣ Α: Γενικές Πληροφορίες

1. Επίπεδο εκπαίδευσης:

- ☐ Γυμνάσιο
- ☐ Λύκειο

2. Τάξη:

- ☐ Α τάξη
- ☐ Β τάξη
- ☐ Γ τάξη

3. Έχεις χρησιμοποιήσει εργαλείο Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) για μαθηματικά;

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

4. Εάν ναι, ποια εργαλεία έχεις χρησιμοποιήσει τουλάχιστον μία φορά; (μπορείς να έχεις περισσότερες από μία επιλογές)

- ☐ Photomath
- ☐ ChatGPT
- ☐ Gemini
- ☐ Wolfram Alpha

5. Εάν όχι, γιατί; (μπορείς να έχεις περισσότερες από μία επιλογές)

- ☐ Δεν γνώριζα κάποιο εργαλείο TN
- ☐ Δεν είχα τη δυνατότητα πρόσβασης σε κάποιο εργαλείο TN
- ☐ Θεωρώ ότι δεν είναι σωστό να χρησιμοποιώ την TN
- ☐ Δεν το επιτρέπει ο/η εκπαιδευτικός
- ☐ Δεν με βοηθά να μάθω
- ☐ Όλα τα πιο πάνω

6. Πού έχεις μάθει για αυτές τις εφαρμογές; (μπορείς να έχεις περισσότερες από μία επιλογές)

- ☐ Εκπαιδευτικό
- ☐ Γονείς
- ☐ Αδέλφια

- ☐ Φίλους
☐ YouTube
☐ TikTok

ΜΕΡΟΣ Β: Συχνότητα Χρήσης

7. Πόσο συχνά χρησιμοποιείς τέτοια εργαλεία για την επίλυση προβλήματος στα μαθηματικά;

Ποτέ ☐ Σπάνια ☐ Μερικές φορές ☐ Συχνά ☐ Πολύ συχνά ☐

8. Πόσο συχνά χρησιμοποιείς κάποιο εργαλείο πριν την προσπάθεια λύσης ενός μαθηματικού προβλήματος;

Ποτέ ☐ Σπάνια ☐ Μερικές φορές ☐ Συχνά ☐ Πολύ συχνά ☐

9. Πόσο συχνά χρησιμοποιείς κάποιο εργαλείο μετά την προσπάθεια λύσης ενός μαθηματικού προβλήματος;

Ποτέ ☐ Σπάνια ☐ Μερικές φορές ☐ Συχνά ☐ Πολύ συχνά ☐

10. Πόσο συχνά χρησιμοποιείς κάποιο εργαλείο για να εντοπίσεις το λάθος σου;

Ποτέ ☐ Σπάνια ☐ Μερικές φορές ☐ Συχνά ☐ Πολύ συχνά ☐

ΜΕΡΟΣ Γ: Δηλώσεις (Κλίμακα 1–5)

1=Διαφωνώ απόλυτα 2=Διαφωνώ 3=Ουδέτερο 4=Συμφωνώ 5=Συμφωνώ απόλυτα

Δήλωση	Διαφωνώ απόλυτα	Διαφωνώ	Ουδέτερο	Συμφωνώ	Συμφωνώ απόλυτα
Η ΤΝ με βοηθά να καταλαβαίνω καλύτερα τα μαθηματικά.					
Χρησιμοποιώ την ΤΝ για να δώσω τουλάχιστον μία λύση ακόμη κι αν δεν έχω καταλάβει το πρόβλημα.					
Η ΤΝ με βοηθά να σκέφτομαι διαφορετικούς τρόπους λύσης.					
Πιστεύω ότι ο καθηγητής πρέπει να καθοδηγεί τη χρήση της ΤΝ.					
Η ΤΝ με βοηθά να έχω λιγότερο άγχος για τα μαθηματικά.					
Η ΤΝ με βοηθά να εντοπίζω τα λάθη μου					
Η ΤΝ με βοηθά να παρουσιάζω καλύτερα τη λύση μου.					
Χρησιμοποιώ την ΤΝ για να έχω ασκήσεις εξάσκησης πριν από αξιολόγηση					

Δήλωση	Διαφωνώ απόλυτα	Διαφωνώ	Ουδέτερο	Συμφωνώ	Συμφωνώ απόλυτα
Χρησιμοποιώ την ΤΝ για με διευκολύνει στην κατοίκον εργασία μου					
Χρησιμοποιώ την ΤΝ για να επιβεβαιώνω τις απαντήσεις μου στα μαθηματικά					
Εξηγώ σε φίλους/φίλες μου πώς να χρησιμοποιούν τη ΤΝ στα μαθηματικά					
Θα ήθελα ο/η εκπαιδευτικός μου να μου εξηγεί πώς να χρησιμοποιώ σωστά τη ΤΝ					
Θα πρέπει να έχουμε περιορισμούς στη χρήση της ΤΝ στο σχολείο.					

Παράρτημα Β: Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

Το ερωτηματολόγιο είναι ανώνυμο και χρησιμοποιείται αποκλειστικά για ερευνητικούς σκοπούς στο πλαίσιο μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας. Παρακαλώ απαντήστε με ειλικρίνεια. Δεν υπάρχουν σωστές ή λανθασμένες απαντήσεις.

ΜΕΡΟΣ Α: Γενικές Πληροφορίες

1. Χρόνια διδακτικής εμπειρίας:

- ☐ 0–5
- ☐ 6–10
- ☐ 11–20
- ☐ Πάνω από 20

2. Βαθμίδα εκπαίδευσης κατά τη φετινή χρονιά:

- ☐ Γυμνάσιο
- ☐ Λύκειο
- ☐ Και τα δύο

3. Έχετε χρησιμοποιήσει εργαλείο Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) για διδασκαλία ή προετοιμασία μαθήματος;

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

4. Εάν ναι, για ποιους λόγους; (μπορείς να έχεις περισσότερες από μία επιλογές)

- ☐ Βοηθητικό εργαλείο για ιδέες
- ☐ Βοηθητικό εργαλείο για οργάνωση της διδασκαλίας
- ☐ Ιδέες προσαρμοσμένες στα ενδιαφέροντα των παιδιών
- ☐ Ευκολία ετοιμασίας υλικού

5. Εάν όχι, για ποιους λόγους; (μπορείς να έχεις περισσότερες από μία επιλογές)

- ☐ Μη επαρκής γνώση
- ☐ Ηθικοί λόγοι
- ☐ Λόγοι δεοντολογίας
- ☐ Αποφυγή υλικού που δεν ταιριάζει με τα παιδιά

6. Ποια εργαλεία έχετε χρησιμοποιήσει; (μπορείς να έχεις περισσότερες από μία επιλογές)

- ☐ Photomath
- ☐ ChatGPT
- ☐ Gemini
- ☐ Wolfram Alpha

ΜΕΡΟΣ Β: Δηλώσεις (Κλίμακα 1–5)

Δηλώστε το βαθμό συμφωνίας σας με κάθε τοποθέτηση.

1=Διαφωνώ απόλυτα 2=Διαφωνώ 3=Ουδέτερο 4=Συμφωνώ 5=Συμφωνώ απόλυτα

Δήλωση	Διαφωνώ απόλυτα	Διαφωνώ	Ουδέτερο	Συμφωνώ	Συμφωνώ απόλυτα
Ο ρόλος του εκπαιδευτικού παραμένει καθοριστικός σε περιβάλλον με ΤΝ.					
Ο εκπαιδευτικός πρέπει να καθοδηγεί ενεργά τη χρήση της ΤΝ από τους μαθητές.					
Η ΤΝ με βοηθά να εντοπίσω κατάλληλο υλικό διδασκαλίας.					
Η ΤΝ με βοηθά να διαμορφώσω έργα και δραστηριότητες σε σύντομο χρόνο.					
Η ΤΝ συμβάλλει στην προσαρμογή του υλικού στις ανάγκες των μαθητών.					
Η ΤΝ βοηθά στη γρήγορη ετοιμασία εργαλείων αξιολόγησης.					
Η ΤΝ συμβάλλει στην άμεση ανατροφοδότηση των μαθητών.					
Θα πρέπει να έχουμε περιορισμούς στη χρήση της ΤΝ στο σχολείο.					
Η ΤΝ οδηγεί τους μαθητές να μην σκέφτονται.					
Ο εκπαιδευτικός μπορεί να αναθέτει εργασία όπου οι μαθητές καθοδηγούνται να χρησιμοποιήσουν την ΤΝ.					
Ως εκπαιδευτικός απαγορεύω στους μαθητές μου να χρησιμοποιούν την ΤΝ.					
Η ΤΝ βοηθά σε γνώσεις που θέλω να επιβεβαιώσω.					
Ως εκπαιδευτικός ωθώ τους μαθητές μου να χρησιμοποιούν την ΤΝ για εξάσκηση.					
Η ΤΝ μας βοηθά να εντοπίσουμε λάθη μας σε ένα πρόβλημα ή μία άσκηση.					

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.