ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ (ΝΕΥΡΟΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ) ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Αντιλήψεις και Υιοθέτηση Νευρομύθων από Εκπαιδευτικούς Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

The Role of Educational Neuroscience (Neuroeducation) in Mathematics Teaching

Perceptions and Adoption of Neuromyths among Secondary School Teachers



Ρεμούνδου Ελένη

Α.Μ.: 160836

Επιβλέπων Α': Αυγερινός Ευγένιος

Επιβλέπουσα Β': Παναούρα Αρετή

Θεσσαλονίκη 2026

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Αυγερινό Ευγένιο, για την καθοδήγηση, τις συμβουλές και τη υποστήριξή του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της επιτροπής για τον χρόνο και τις παρατηρήσεις τους.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου και τους φίλους μου που στάθηκαν δίπλα μου με υπομονή και ενθάρρυνση σε κάθε βήμα αυτής της πορείας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εξετάζει τον ρόλο της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης (Νευροεκπαίδευσης) στη διδακτική των μαθηματικών, καθώς και τον βαθμό στον οποίο οι νευρομύθοι επηρεάζουν τις αντιλήψεις και τις διδακτικές πρακτικές των καθηγητών μαθηματικών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Παρά τη ραγδαία ανάπτυξη της νευροεπιστήμης, η μεταφορά της γνώσης στην τάξη συχνά παρερμηνεύεται, οδηγώντας στην υιοθέτηση επιστημονικά ανακριβών θεωριών.

Για τις ανάγκες της έρευνας ακολούθηθηκε ποσοτική μεθοδολογία, με τη χρήση δομημένου ερωτηματολογίου σε δείγμα 47 καθηγητών μαθηματικών που υπηρετούν σε σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Τα ερευνητικά ερωτήματα εστίασαν στο επίπεδο γνώσης των εκπαιδευτικών γύρω από τη λειτουργία του εγκεφάλου, στη συχνότητα αποδοχής συγκεκριμένων νευρομύθων και στο αν τα δημογραφικά τους στοιχεία επηρεάζουν τις στάσεις τους.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι ο Γενικός Δείκτης Υιοθέτησης Νευρομύθων διαμορφώθηκε στο ιδιαίτερα υψηλό 2.70 (με άριστα το 4), υποδηλώνοντας μια σαφή τάση των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών να συγκλίνουν προς την αποδοχή επιστημονικών παρανοήσεων. Η υιοθέτηση αυτή αποδείχθηκε οριζόντια, καθώς οι στατιστικοί έλεγχοι κατέδειξαν ότι δεν διαφοροποιείται σημαντικά από δημογραφικούς παράγοντες όπως τα έτη προϋπηρεσίας, το επίπεδο σπουδών ή ο τύπος του σχολείου. Επιπλέον, εντοπίστηκε μια έντονη γνωστική ασυμβατότητα (νοητική διαμερισματοποίηση), καθώς οι εκπαιδευτικοί εμφανίζονται να πιστεύουν ταυτόχρονα στον Μύθο του 10% και να αποδέχονται τις αρχές της νευροπλαστικότητας. Τέλος, αναδείχθηκε σαφής διάσταση μεταξύ θεωρητικής αντίληψης και πρακτικής εφαρμογής, καθώς η συντριπτική πλειονότητα (89.3%) αναγνωρίζει τη σημασία των γεωμετρικών μοτίβων, αλλά στο πρακτικό σκέλος επίλυσης ενός προβλήματος μόλις το 48.9% εντόπισε τη σωστή απάντηση λόγω σφαλμάτων βιασύνης και παρορμητικότητας.

Η εργασία υπογραμμίζει την επιτακτική ανάγκη για τη θεσμοθέτηση στοχευμένων επιμορφωτικών προγραμμάτων Νευροεκπαίδευσης και την αναθεώρηση των πανεπιστημιακών προγραμμάτων σπουδών. Με τον τρόπο αυτό, οι καθηγητές μαθηματικών θα θωρακιστούν απέναντι στους νευρομύθους (όπως το μοντέλο VAK) και θα υιοθετήσουν

έγκυρες, επιστημονικά τεκμηριωμένες στρατηγικές που μειώνουν το μαθηματικό άγχος και ενισχύουν τη μάθηση.

Λέξεις-κλειδιά: Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη, Νευρομύθοι, Διδακτική Μαθηματικών, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, Γνωστική Λειτουργία.

ABSTRACT

This thesis examines the role of Educational Neuroscience (Neuroeducation) in mathematics education, specifically focusing on the extent to which neuromyths influence the perceptions and instructional practices of secondary school mathematics teachers. Despite the rapid growth of neuroscience, the translation of brain-based research into the classroom is often misinterpreted, leading to the widespread adoption of scientifically inaccurate theories.

To address the research objectives, a quantitative methodological approach was employed, using a structured questionnaire administered to a sample of 47 mathematics teachers serving in secondary education. The research questions focused on the teachers' level of knowledge regarding brain function, the prevalence of specific neuromyths among them, and whether their demographic and professional profiles influenced their beliefs.

The findings of the study indicated that the General Neuromyths Adoption Index reached a particularly high value of 2.70 (on a 1-to-4 scale), demonstrating a clear tendency among participating educators to accept scientific misconceptions. This adoption was found to be horizontal, as statistical analyses revealed no significant variations based on demographic factors such as years of teaching experience, level of education, or school type. Furthermore, a strong cognitive incompatibility (mental compartmentalization) was identified, with teachers simultaneously endorsing the 10% brain myth while accepting the principles of neuroplasticity. Finally, a distinct discrepancy emerged between theoretical understanding and practical application; while the vast majority (89.3%) acknowledged the pedagogical value of geometric patterns, only 48.9% identified the correct answer during a practical problem-solving task due to errors driven by response haste and impulsivity.

The thesis highlights the imperative need for establishing targeted professional development programs in Neuroeducation and revising university curricula. This will empower mathematics educators to debunk widespread neuromyths (such as the VAK learning styles model) and implement valid, evidence-based instructional strategies that reduce math anxiety and enhance student learning.

Keywords: Educational Neuroscience, Neuromyths, Mathematics Education, Secondary Education, Cognitive Function.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ 4

ABSTRACT 6

ΟΡΟΛΟΓΙΑ 10

Glossary-Γλωσσάρι 12

Κατάλογος Σχημάτων - Εικόνων 13

Κατάλογος Πινάκων 14

Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή 18

1.1 Υπόβαθρο και Πλαίσιο της Έρευνας 18

1.2 Διατύπωση του Προβλήματος 18

1.3 Σκοπός και Ερευνητικά Ερωτήματα 19

1.4 Σημαντικότητα της Έρευνας 19

1.5 Δομή της Εργασίας 20

Κεφάλαιο 2ο: Βιολογικό Υπόβαθρο του Εγκεφάλου και Σύγχρονη Νευροεπιστήμη 21

2.1 Η βιολογική φύση του εγκεφάλου 21

2.2 Νευροεπιστήμη 23

2.3 Τεχνικές Μελέτης Νευροεπιστήμης 24

2.4 Εκπαιδευτική νευροεπιστήμη 27

Κεφάλαιο 3ο: Γνωστικές Λειτουργίες, Νευροεκπαίδευση και η Διδακτική των Μαθηματικών 29

3.1 Νευροεπιστήμη και Γλώσσα 29

3.2 Νευροεπιστήμη και Μαθηματικά 31

3.3 Μνήμη 34

3.4 Μαθηματικό Άγχος 36

3.5 Νευρομύθοι 37

Κεφάλαιο 4ο: Σχεδιασμός και Μεθοδολογία της Ερευνητικής Διαδικασίας 43

4.1 Σκοπός και στόχοι της διπλωματικής εργασίας 43

4.2 Μεθοδολογία 43

Κεφάλαιο 5ο: Αποτελέσματα 46

5.1 Γενικός Δείκτης Υιοθέτησης Νευρομύθων και Δημογραφικοί Παράγοντες 46

5.2 Πηγές Ενημέρωσης και Διάχυση των Παρανοήσεων 50

5.3 Θεωρητική Αντίληψη έναντι Διδακτικής Πρακτικής 52

Α. Η Περίπτωση των Γεωμετρικών Μοτίβων και των Εκτελεστικών Λειτουργιών 52

Β. Η Μετάφραση των Μύθων σε Διδακτικές Πρακτικές (Μοντέλο VAK) 52

5.4 Φυσιολογία του Εγκεφάλου, Νευροπλαστικότητα και Διαχείριση της Τάξης 53

Α. Η Σημασία της Βιολογικής Φυσιολογίας (Ενυδάτωση και Γλυκόζη) 53

Β. Το Παράδοξο της Γνωστικής Ασυμβατότητας (Μύθος 10% και Νευροπλαστικότητα) 54

Γ. Πρακτικά Εμπόδια: Πίεση Ύλης και Φόρτος Εργασίας 54

Κεφάλαιο 6ο: Συζήτηση 56

6.1 Γενικός Δείκτης Υιοθέτησης Νευρομύθων και Δημογραφικοί Παράγοντες 56

6.2 Πηγές Ενημέρωσης και Διάχυση των Παρανοήσεων 57

6.3 Θεωρητική Αντίληψη έναντι Διδακτικής Πρακτικής 57

Α. Η Περίπτωση των Γεωμετρικών Μοτίβων και των Εκτελεστικών Λειτουργιών 58

Β. Η Μετάφραση των Μύθων σε Διδακτικές Πρακτικές (Μοντέλο VAK) 58

6.4 Φυσιολογία του Εγκεφάλου, Νευροπλαστικότητα και Διαχείριση της Τάξης..... 59

Α. Η Σημασία της Βιολογικής Φυσιολογίας (Ενυδάτωση και Γλυκόζη) 59

Β. Το Παράδοξο της Γνωστικής Ασυμβατότητας (Μύθος 10% και Νευροπλαστικότητα) 60

Γ. Πρακτικά Εμπόδια: Πίεση Ύλης και Φόρτος Εργασίας..... 61

Κεφάλαιο 7ο: Σύνοψη, περιορισμοί & προτάσεις 62

7.1 Σύνοψη Έρευνας..... 62

7.2 Περιορισμοί Έρευνας 63

7.3 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα 63

7.4 Εκπαιδευτικές και Πρακτικές Συνεπαγωγές..... 64

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ 64

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 72

ΟΡΟΛΟΓΙΑ

1. **Βρεγματικός λοβός:** Ένας από τους τέσσερις λοβούς του εγκεφαλικού ημισφαιρίου. Ο φλοιός του εξυπηρετεί την επεξεργασία των αισθητηριακών πληροφοριών και κατέχει σημαντικό ρόλο στην γλώσσα. [Cantillo-Rudas, Rodríguez-Nieto, Font Moll & Rodríguez-Vásquez, 2024]
2. **Θάλαμος:** Μόρφωμα μεγέθους περίπου καρυδιού στο βάθος του εγκεφάλου. Αποτελεί κύριο σταθμό για την μεταβίβαση των πληροφοριών Επιτρέπει την δίοδο προς τον φλοιό μόνο των πληροφοριών που έχουν ιδιαίτερη σημασία. [Μαλεγιαννάκη, 2015]
3. **Ιππόκαμπος:** Ένα μόρφωμα, με σχήμα ιππόκαμπου, που βρίσκεται στο εγκεφαλικό ημισφαίριο και θεωρείται σημαντικό τμήμα του στεφανιαίου συστήματος. Συμμετέχει στην λειτουργία της μάθησης, της μνήμης και της συγκίνησης. [συνδέεται με την έκκριση ντοπαμίνης, δημιουργώντας αισθήματα ικανοποίησης [Τριάρχου, 2018]
4. **Κροταφικός λοβός:** Ένας από τους τέσσερις λοβούς του εγκεφαλικού ημισφαιρίου. Ο φλοιός του εξυπηρετεί την ακουστική αντίληψη, την ομιλία και τις σύνθετες οπτικές αντιλήψεις. [Cantillo-Rudas, Rodríguez-Nieto, Font Moll & Rodríguez-Vásquez, 2024]
5. **Μετωπιαίος λοβός:** Ένας από τους τέσσερις λοβούς του εγκεφαλικού ημισφαιρίου. Ο φλοιός του παίζει ρόλο στον έλεγχο των κινήσεων και στην σύνδεση των άλλων λοβών του ημισφαιρίου. [Τριάρχου, 2018]
6. **Νευροδιαβίβαση:** Η διαδικασία κατά την οποία η χημική ουσία που απελευθερώνεται από τους νευρώνες με σκοπό να μεταβιβάσει την πληροφορία μέσω των υποδοχέων του. [Τοτονίδου, 2021]
7. **Νευροεπιστήμη:** Ένας κλάδος της Νευροψυχολογίας συνονθύλευμά κλάδων όπως η ανατομία, την φυσιολογία, τη βιοχημεία ή την μοριακή βιολογία του νευρικού συστήματος, ιδίως σε σχέση με την συμπεριφορά και την μάθηση. [Merriam-Webster Medical Dictionary]
8. **Νευρώνας:** Το νευρικό κύτταρο με τις αποφύσεις του. [Landinez, 2024]
9. **Intraparietal sulcus (IPS):** Βρίσκεται στην πλευρική επιφάνεια του βρεγματικού λοβού και αποτελείται από ένα πλάγιο και ένα οριζόντιο τμήμα. [Campos, 2018]
10. **Γνωστική λειτουργία:** Ο μηχανισμός ή οι μηχανισμοί με τους οποίους ένας οργανισμός αντιλαμβάνεται ή συνειδητοποιεί γεγονότα ή αντικείμενα στο [8]

περιβάλλον του και χρησιμοποιεί την γνώση αυτή για την λύση προβλημάτων. [Τριάρχου, 2018]

11. **Αριθμητική ικανότητα:** Η αριθμητική ικανότητα είναι η ικανότητα της απαρίθμησης, είναι μια από τις εφτά βασικές-συστατικές ικανότητες όπως αυτές ορίστηκαν από τον Thurstone. [Αντονοπούλου, Χαλκιόπουλος, 2023]
12. **Λεκτική ικανότητα:** Εκφραστική ικανότητα κατανόησης και επαρκής αντιστοίχισης λέξεων. Κάποιες φορές, υπάρχει μια διαφοροποίηση μεταξύ των δεκτικών και παραγωγικών δεξιοτήτων. Οι περιοχές του εγκεφάλου που απαιτούνται για την τυπική ομιλία φαίνεται να διασκορπίζονται σε μια ευρεία περιοχή του εγκεφαλικού φλοιού και μπορούν να χαρτογραφηθούν μέσω ηλεκτρικής διέγερσης. Για τους δεξιόχειρες, η ομιλία συγκεντρώνεται κυρίως στο αριστερό ημισφαίριο. [Cantillo-Rudas, Rodríguez-Nieto, Font Moll, & Rodríguez-Vásquez, 2024]
13. **Χωρική αντίληψη :** Αποτελεί ένα εποικοδομικό αμάγλαμα τριών στοιχείων: (α) των εννοιών στον χώρο, (β) των εργαλείων αναπαράστασης και (γ) των διαδικασιών συλλογισμού [Cantillo-Rudas, Rodríguez-Nieto, Font Moll & Rodríguez-Vásquez, 2024].
14. **Νευρομύθος:** Εσφαλμένη αντίληψη που δημιουργείται από παρανόηση, από λανθασμένη ανάγνωση ή λανθασμένη αναφορά σε επιστημονικά δεδομένα από τις έρευνες του εγκεφάλου. [Howard-Jones, 2014]

GLOSSARY-ΓΛΩΣΣΑΡΙ

1. Neuroscience = Νευροεπιστήμες
2. Numerical Cognition = Κατανόηση της έννοιας του αριθμού
3. Neuromyth = Νευρομύθος
4. fMRI (functional magnetic resonance imaging) = λειτουργική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού
5. MRI (magnetic resonance imaging) = μαγνητική τομογραφία
6. MEG (magnetoencephalogram)= μαγνητοεγκεφαλογράφημα
7. PET (positron emission tomography) = τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων
8. Cerebellum = παρεγκεφαλίδα
9. EEG activation = ο γρήγορος, χαμηλής τάσης, τρόπος λειτουργίας της αγρυπνίας κατά την οποία η προσοχή είναι σε εγρήγορση

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ - ΕΙΚΟΝΩΝ

1. **Εικόνα 1:** Σχηματική τομή του ανθρώπινου εγκεφάλου. Συνδυασμός της εξωτερικής επιφάνειας του φλοιού με τα εσωτερικά υποφλοιώδη συστήματα.
2. **Εικόνα 2:** Ιστόγραμμα συχνοτήτων της κατανομής του Σύνθετου Δείκτη Νευρομύθων για το δείγμα των εκπαιδευτικών. Ο οριζόντιος άξονας αποτυπώνει το συνολικό σκορ υιοθέτησης των παρανοήσεων.
3. **Εικόνα 3.** Κατανομή των απαντήσεων 47 εκπαιδευτικών σχετικά με το βαθμό συμφωνίας τους με το «Μύθο του 10%.
4. **Εικόνα 4.** Κατανομή των απαντήσεων 47 εκπαιδευτικών σχετικά με το βαθμό συμφωνίας τους με το «Νευρομύθο της Κυριαρχίας Ημισφαιρίου (Άλγεβρα vs Γεωμετρία).
5. **Εικόνα 5.** Κατανομή των απαντήσεων 47 εκπαιδευτικών αναφορικά με το βαθμό συμφωνίας τους με το «Νευρομύθο του Διαχωρισμού των Μαθητών σε Οπτικούς/Ακουστικούς (Μαθησιακοί Τύποι).
6. **Εικόνα 6.** Κατανομή συχνοτήτων των πηγών ενημέρωσης για τη λειτουργία του εγκεφάλου.
7. **Εικόνα 7.** Κατανομή των απαντήσεων 47 εκπαιδευτικών αναφορικά με το βαθμό συμφωνίας τους σχετικά με την «Πίεση της Ύλης ως Εμπόδιο για Νευροεπιστημονικές Πρακτικές.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

1. **Πίνακας 1:** Σύγκριση βασικών νευροαπεικονιστικών τεχνικών (EEG, MEG, fMRI, PET) ως προς το είδος του σήματος που καταγράφουν, τη χρονική και χωρική ανάλυση, καθώς και τον βαθμό επεμβατικότητας.
   (Logothetis, 2008· Cohen, 2017· University of Minnesota Pressbooks).
2. **Πίνακας 2:** Οι βασικοί δημογραφικοί παράγοντες του δείγματος διαφοροποιούν τον βαθμό αποδοχής των νευρομύθων.

ΜΕΡΟΣ Ι

Θεωρητικό Υπόβαθρο – Ιστορική Αναδρομή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^{Ο}: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Υπόβαθρο και Πλαίσιο της Έρευνας

Στο σύγχρονο εκπαιδευτικό τοπίο, η ανάγκη για τη βελτίωση των διδακτικών μεθοδολογιών έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη διεπιστημονικών προσεγγίσεων, με σημαντικότερη ίσως την Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη (ή Νευροεκπαίδευση). Η Νευροεκπαίδευση επιχειρεί να γεφυρώσει το χάσμα ανάμεσα στα ευρήματα της έρευνας για τον εγκέφαλο και την καθημερινή σχολική πρακτική. Η εφαρμογή της κρίνεται ιδιαίτερα κρίσιμη στη διδακτική των Μαθηματικών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, ένα αντικείμενο που συχνά συνδέεται με υψηλά επίπεδα σχολικού άγχους και απαιτεί σύνθετες γνωστικές λειτουργίες (όπως η αφηρημένη σκέψη, η χωρική αντίληψη και η επίλυση προβλημάτων). Η κατανόηση του πώς ο εγκέφαλος επεξεργάζεται τις μαθηματικές έννοιες μπορεί να προσφέρει στους εκπαιδευτικούς τα εργαλεία για μια πιο αποτελεσματική και συμπεριληπτική διδασκαλία.

1.2 Διατύπωση του Προβλήματος

Η παρούσα μελέτη κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική, καθώς λειτουργεί ως μια διερευνητική-πιλοτική έρευνα που θέτει τις βάσεις για τη συστηματικότερη εξέταση του πεδίου στην ελληνική δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Παρά το περιορισμένο μέγεθος του δείγματος ($N = 47$), η αξία της έρευνας έγκειται στο γεγονός ότι εστιάζει στοχευμένα σε έναν πληθυσμό με ιδιαίτερα γνωστικά και διδακτικά χαρακτηριστικά —τους καθηγητές μαθηματικών— η σχέση των οποίων με τη νευροεκπαίδευση παραμένει υποφωτισμένη στη βιβλιογραφία.

Σε θεωρητικό και ερευνητικό επίπεδο, η εργασία προσφέρει πολύτιμα αρχικά (πιλοτικά) δεδομένα και αναδεικνύει τάσεις σχετικά με τις γνώσεις, τις στάσεις και τους επικρατέστερους νευρομύθους μεταξύ των μαθηματικών. Τα ευρήματα αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν ως σημείο αναφοράς (*baseline data*) για το σχεδιασμό και την εγκυροποίηση ερευνητικών εργαλείων σε μελλοντικές μελέτες μεγαλύτερης κλίμακας. Σε πρακτικό επίπεδο, η χαρτογράφηση αυτών των αντιλήψεων συνιστά ένα απαραίτητο πρώτο βήμα για τον εντοπισμό των εκπαιδευτικών αναγκών των καθηγητών μαθηματικών. Με τον τρόπο αυτό,

αναδεικνύεται η ανάγκη για σχεδιασμό στοχευμένων επιμορφωτικών παρεμβάσεων που θα ενισχύσουν τον νευροεπιστημονικό αλφαβητισμό των εκπαιδευτικών, προστατεύοντάς τους από μη αποτελεσματικές διδακτικές πρακτικές και προάγοντας την επιστημονικά τεκμηριωμένη μάθηση.

1.3 Σκοπός και Ερευνητικά Ερωτήματα

Ανταποκρινόμενη στο παραπάνω ερευνητικό κενό, η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία έχει ως πρωταρχικό σκοπό να διερευνήσει τον ρόλο της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης στη διδακτική των Μαθηματικών και να αναδείξει τη συμβολή των νευροεπιστημονικών δεδομένων στην κατανόηση των μαθησιακών διεργασιών που εμπλέκονται στη μαθηματική σκέψη. Παράλληλα, επιδιώκει να καταγράψει τον βαθμό στον οποίο οι νευρομύθοι είναι διαδεδομένοι ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς μαθηματικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα, εξετάζοντας πώς αυτοί επηρεάζουν το έργο τους.

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, η έρευνα επικεντρώνεται στην απάντηση των εξής βασικών ερευνητικών ερωτημάτων (ΕΕ):

- **ΕΕ1:** Ποιες είναι οι γνώσεις και οι στάσεις των καθηγητών μαθηματικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τις εφαρμογές της νευροεκπαίδευσης στη διδασκαλία τους;
- **ΕΕ2:** Ποιοι είναι οι πιο συχνοί νευρομύθοι που πιστεύουν οι καθηγητές μαθηματικών και σε ποιο βαθμό θεωρούν ότι αυτοί καθορίζουν τις διδακτικές τους πρακτικές;
- **ΕΕ3:** Υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην αποδοχή των νευρομύθων και των αρχών της νευροεκπαίδευσης με βάση τα δημογραφικά και επαγγελματικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών (π.χ. έτη προϋπηρεσίας, επίπεδο σπουδών);

1.4 Σημαντικότητα της Έρευνας

Η παρούσα μελέτη θεωρείται σημαντική τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο. Σε θεωρητικό επίπεδο, εμπλουτίζει την ελληνική βιβλιογραφία σε ένα πεδίο αιχμής, συνδέοντας

άμεσα τη νευροεπιστήμη με μια συγκεκριμένη επιστήμη (τη διδακτική των μαθηματικών). Σε πρακτικό επίπεδο, τα ευρήματα της έρευνας μπορούν να αξιοποιηθούν από φορείς σχεδιασμού εκπαιδευτικής πολιτικής και πανεπιστημιακά τμήματα για τη δημιουργία στοχευμένων προγραμμάτων επιμόρφωσης. Καταρρίπτοντας τους νευρομύθους και προωθώντας έγκυρες νευροεκπαιδευτικές στρατηγικές, οι εκπαιδευτικοί θα μπορούν να σχεδιάζουν μαθήματα που μειώνουν το μαθηματικό άγχος και ενισχύουν τη μαθησιακή ικανότητα των εφήβων.

1.5 Δομή της Εργασίας

Για την ολοκληρωμένη παρουσίαση του θέματος, η εργασία διαρθρώνεται σε επτά κεφάλαια. Μετά το παρόν εισαγωγικό κεφάλαιο, το **Κεφάλαιο 2** εισάγει τον αναγνώστη στη βιολογική φύση του εγκεφάλου, τις τεχνικές μελέτης (fMRI, EEG κ.λπ.) και τις βασικές αρχές της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης. Το **Κεφάλαιο 3** εμβαθύνει στη σχέση της νευροεπιστήμης με τη γλώσσα και τα μαθηματικά, αναλύοντας παράλληλα τη λειτουργία της μνήμης και το φαινόμενο του μαθηματικού άγχους. Στο **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογία της ποσοτικής έρευνας, οι στόχοι και οι δεοντολογικές αρχές που ακολουθήθηκαν. Το **Κεφάλαιο 5** παραθέτει τα αποτελέσματα και τους στατιστικούς ελέγχους της εμπειρικής έρευνας. Στο **Κεφάλαιο 6** πραγματοποιείται η ακαδημαϊκή συζήτηση και ο σχολιασμός των ευρημάτων σε σύγκριση με τη διεθνή βιβλιογραφία. Τέλος, η εργασία ολοκληρώνεται με το **Κεφάλαιο 7**, όπου παρουσιάζονται η γενική σύνοψη, οι περιορισμοί της μελέτης και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^{Ο}: ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΗ

2.1 Η βιολογική φύση του εγκεφάλου

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος αποτελεί κεντρικό όργανο του νευρικού συστήματος, βάρους 1,3-1,4 κιλών. Είναι το όργανο βάσει του οποίου ελέγχονται οι περισσότερες από τις δραστηριότητες του ανθρώπινου σώματος, καθώς επεξεργάζεται, ενσωματώνει και συντονίζει τις πληροφορίες που λαμβάνει από το αισθητήριο νευρικό σύστημα, αλλά και διαμορφώνει οδηγίες που στέλνονται στο υπόλοιπο σώμα. Ορισμένες από τις ανώτατες νοητικές λειτουργίες του εγκεφάλου είναι η νοημοσύνη, το συναίσθημα, η δημιουργικότητα και η μνήμη.

Ανατομικά, το μεγαλύτερο μέρος του εγκεφάλου χωρίζεται σε δύο μέρη: το δεξί και το αριστερό ημισφαίριο. Αυτά τα δύο ημισφαίρια συνδέονται από μια δέσμη ινών που ονομάζεται μεσολόβιο, η οποία αποτελείται από περίπου 100 εκατομμύρια νευρικούς άξονες. Με τη βοήθεια του μεσολόβιου μεταδίδονται μηνύματα από τη μια πλευρά του εγκεφάλου στην άλλη (Landinez, 2024). Βάσει της θεωρίας της Λειτουργικής Εγκεφαλικής Ασυμμετρίας (Λ.Ε.Α.), υποστηρίζεται ότι τα δύο ημισφαίρια επεξεργάζονται τις πληροφορίες με διαφορετικό τρόπο (Λουκοβίτης, 2019). Για παράδειγμα, στο αριστερό ημισφαίριο θεωρείται κυρίαρχο για τη γλώσσα, μέσω των περιοχών Broca και Wernicke, καθώς σε αυτό πραγματοποιείται ως επί των πλείστων και η επίλυση προβλημάτων (Νικολόπουλος, 2023). Επίσης, λειτουργίες όπως η νοημοσύνη, οι λογικές ερμηνείες, η αντίληψη, η παραγωγή και την επεξεργασία του περιεχομένου της ομιλίας, αλλά και η ανάγνωση, η κριτική και η μαθηματική σκέψη εκτελούνται κατά βάση στο αριστερό ημισφαίριο του εγκεφάλου (Λουκοβίτης, 2019). Αντίθετα, στο δεξί ημισφαίριο ελέγχεται η δημιουργικότητα, οι χωρικές ικανότητες, η καλλιτεχνική έκφραση και η συγκίνηση (Νικολόπουλος, 2023). Επιπλέον, διαθέτει ένα «σύστημα ανίχνευσης» για τον έλεγχο του περιβάλλοντος.

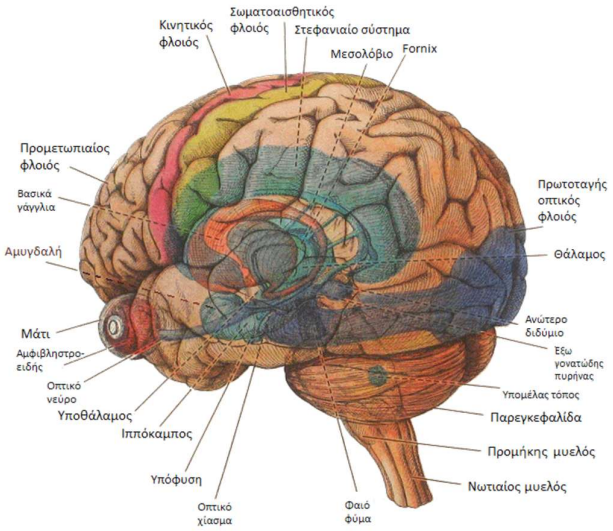
Πιο συγκεκριμένα, τα εγκεφαλικά ημισφαίρια χωρίζονται μεταξύ τους από την επιμήκη σχισμή, η οποία διαιρεί τον εγκέφαλο σε λοβούς. Κάθε ημισφαίριο έχει 4 λοβούς: τον μετωπιαίο, τον κροταφικό, τον βρεγματικό και τον ινιακό λοβό. Ο πρώτος είναι υπεύθυνος για τα συναισθήματα του ανθρώπου, τη κρίση, το σχεδιασμό και την επίλυση προβλημάτων,

την νοημοσύνη, τη συγκέντρωση και την αυτογνωσία (Τριάρχου, 2018). Ο δεύτερος, ο βρεγματικός λοβός, ερμηνεύει τη γλώσσα, τις λέξεις, τη χωρική και οπτική αντίληψη, αλλά και στην προσοχή (Cantillo-Rudas, Rodríguez-Nieto, Font Moll & Rodríguez-Vásquez, 2024). Ο τρίτος, ο κροταφικός λοβός είναι εκείνος στον οποίο γίνεται η επεξεργασία για την κατανόηση της γλώσσας, καθώς είναι υπεύθυνος και για τη μνήμη και την οργάνωση των πληροφοριών, καθώς και την ακουστική αντίληψη (Τοτονίδου, 2021). Τέλος, ο ινιακός λοβός, που εντοπίζονται στο πίσω τμήμα του εγκεφάλου, είναι το κέντρο της οπτικής αίσθησης και αντίληψης (Τοτονίδου, 2021).

Το μέρος του εγκεφάλου που καλύπτει τα ημισφαίρια αυτά, ονομάζεται φλοιός. Ο φλοιός αποτελείται από πολλές αναδιπλώσεις, τις έλικες και τις αύλακες, χάρη στις οποίες αυξάνεται κατά πολύ η επιφάνειά του, η οποία έχει πάχος περίπου 4 χιλιοστά (Τριάρχου, 2018). Αυτό το μέρος του εγκεφάλου θεωρείται το βιολογικό όργανο των ανώτερων νοητικών και γνωστικών λειτουργιών (Τριάρχου, 2018). Δομικά χωρίζεται σε έξι οριζόντιες στιβάδες νευρωνικών κυττάρων, οι οποίες ονομάζονται ισόφλοιος ή νευροφλοιός (Τριάρχου, 2018). Οι λειτουργείες του φλοιού χωρίζονται σε κινητικές, αισθητικές και συνειρμικές. Συγκεκριμένα, οι τελευταίες σχετίζονται με όλες τις ανώτερες πνευματικές λειτουργίες. Ορισμένες από αυτές είναι η μνήμη, η κρίση, τα συναισθήματα, η αιτιολόγηση και η έκφραση μέσω λόγου.

Ωστόσο, υπάρχουν και άλλα τμήματα του εγκεφάλου, τα οποία επηρεάζουν τις προαναφερθείσες λειτουργίες. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο αδένας της υπόφυσης, ο οποίος βρίσκεται σε μια μικρή θήκη οστού στη βάση του κρανίου, που ονομάζεται τουρκικό εφίππιο (Μαργέλη, 2009). Ο ρόλος της είναι να ελέγχει άλλους ενδοκρινείς αδένες στο σώμα, ενώ η ίδια εκκρίνει ορμόνες που ελέγχουν την ανταπόκριση του οργανισμού στο στρες (Σκούρτη, 2025). Η υπόφυση συνδέεται με τον υποθάλαμο του εγκεφάλου, μια περιοχή του διαμέσου εγκεφάλου που τον χωρίζει από τον θάλαμο (Μαργέλη, 2009). Ο θάλαμος είναι μία ακόμα δομή του εγκεφάλου, η οποία εντοπίζεται στο βάθος του. Ο θάλαμος είναι υπεύθυνος για την αναμετάδοση σχεδόν όλων των πληροφοριών που προέρχονται και καταλήγουν στο φλοιό. Καθορίζει σημαντικά την συντηρούμενη προσοχή, την εγρήγορση και τη μνήμη (Μαλεγιαννάκη, 2015). Επίσης, θεωρείται μία από τις περιοχές που είναι υπεύθυνες για την επαλήθευση και την ενσωμάτωση των πληροφοριών κατά την επίλυση ενός προβλήματος (Cantillo-Rudas, Rodríguez-Nieto, Font Moll & Rodríguez-Vásquez, 2024). Οι παραπάνω δομές, μαζί με ορισμένες άλλες, αποτελούν το μεταιχμιακό σύστημα, το οποίο είναι το κέντρο των συναισθημάτων του ανθρώπου, της μάθησης και της μνήμης (Θεοδωρίδου, 2011).

Άλλες αλληλοσυνδεόμενες δομές του συστήματος αυτού είναι η έλικα του προσαγωγίου, η αμυγδαλή, ο ιππόκαμπος, το κύκλωμα του Papez. Όλα αυτά είναι σημαντικά αλλά ιδιαίτερης σημασίας είναι η συμβολή του ιππόκαμπου. Η δομή αυτή είναι καθοριστική για τη μάθηση και τη μεταφορά πληροφοριών από τη βραχύχρονη στη μακρόχρονη μνήμη. Επίσης, συνδέεται με την έκκριση ντοπαμίνης, δημιουργώντας αισθήματα ικανοποίησης (Τριάρχου, 2018). Τέλος, η στενή σύνδεση μνήμης και συναισθήματος στο μεταιχμιακό σύστημα εξηγεί γιατί τα γεγονότα με έντονη συναισθηματική χροιά αποθηκεύονται πιο ισχυρά (Amran, Surat, & Rahman, 2019).



Εικόνα 1. Σχηματική τομή του ανθρώπινου εγκεφάλου. Συνδυασμός της εξωτερικής επιφάνειας του φλοιού με τα εσωτερικά υποφλοιώδη συστήματα.

2.2 Νευροεπιστήμη

Η νευροεπιστήμη είναι η επιστημονική μελέτη του νευρικού συστήματος, στο οποίο περιλαμβάνεται ο εγκέφαλος, ο νωτιαίος μυελός και το περιφερειακό νευρικό σύστημα (Landinez, 2024). Ο επιστημονικός κλάδος της νευροεπιστήμης εστιάζει κατά κύριο λόγο στον εγκέφαλο και τις λειτουργίες των νευρωνικών δικτύων.

Αρχικά, η νευροεπιστήμη αναπτύχθηκε ως ένας κλάδος της βιολογίας. Ωστόσο, ο κλάδος αυτός έχει διατηρήσει ένα διεπιστημονικό χαρακτήρα. Πρόκειται για ένα επιστημονικό πεδίο που συνδυάζει τη φυσιολογία, την ανατομία, τη μοριακή βιολογία, τη ψυχολογία, την πληροφορική και τη φαρμακολογία (Νικολόπουλος, 2023). Οι επιστήμονες από τους κλάδους αυτούς έχουν ως στόχο την καλύτερη και βαθύτερη κατανόηση των ιδιοτήτων των νευρώνων και των νευρικών κυκλωμάτων. Το παραπάνω καθίσταται σημαντικό, καθώς οι νευρώνες και τα νευρικά κυκλώματα του εγκεφάλου συνδέονται άμεσα με τον τρόπο μάθησης του ανθρώπου, της μνήμης του, αλλά και τη συμπεριφορά και τη συνείδησή του (Landinez, 2024).

Η διεύρυνση του ερευνητικού πεδίου της νευροεπιστήμης έχει ως αποτέλεσμα τη συγκέντρωση διαφορετικών προσεγγίσεων αναφορικά με το νευρικό σύστημα. Επιπλέον, οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται από νευροεπιστήμονες έχουν επεκταθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό, από τις μοριακές και κυτταρικές μελέτες μεμονωμένων νευρικών κυττάρων έως τις απεικονιστικές μελέτες αισθητηριακών και κινητικών διεργασιών του εγκεφάλου. Στις βασικότερες μεθόδους μελέτης περιλαμβάνονται η λειτουργική τομογραφία μαγνητικού συντονισμού (fMRI), η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET) και το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG) (Δημητρακόπουλος, 2018). Τα παραπάνω εργαλεία έχουν βοηθήσει στην ταυτοποίηση των περιοχών που «ενεργοποιούνται» κατά τη διάρκεια γνωστικών εργών, όπως είναι οι μαθηματικοί υπολογισμοί (Antonopoulou, Hera & Halkiopoulos, Constantinos & Gkintoni, Evgenia, 2023). Επιπλέον, πρόσφατες θεωρητικές εξελίξεις στην νευροεπιστήμη έχουν βοηθηθεί από τη μελέτη των νευρωνικών δικτύων.

Στο πλαίσιο της διεπιστημονικότητας που διέπει τον κλάδο της νευροεπιστήμης, έχουν ιδρυθεί διάφοροι οργανισμοί που επικεντρώνονται στην έρευνα αυτή. Τρεις εξ αυτών είναι πολύ διαδεδομένοι στο ερευνητικό κοινό. Από αυτούς, πρώτα ιδρύθηκε ο Διεθνής Οργανισμός Έρευνας Εγκεφάλου (International Brain Research Organization, IBRO), ο οποίος ιδρύθηκε το 1961. Επτά χρόνια μετά, το 1968, ιδρύθηκε η Ευρωπαϊκή Εταιρεία Εγκεφάλου και Συμπεριφοράς (European Brain and Behaviour Society, EBBS) και έναν χρόνο μετά, το 1969, η Κοινότητα για τις Νευροεπιστήμες (Society of Neuroscience, SfN).

2.3 Τεχνικές Μελέτης Νευροεπιστήμης

Η κατανόηση των μηχανισμών που διέπουν τη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου αποτελεί κεντρικό στόχο της σύγχρονης γνωστικής και νευροεπιστημονικής έρευνας. Ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες, η ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη έχει καταστήσει δυνατή τη συστηματική μελέτη της εγκεφαλικής δραστηριότητας με τρόπους που υπερβαίνουν τις παραδοσιακές συμπεριφορικές προσεγγίσεις. Στο πλαίσιο αυτό, οι νευροαπεικονιστικές μέθοδοι διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο, καθώς επιτρέπουν τη διερεύνηση της δομής και της λειτουργίας του εγκεφάλου τόσο σε υγιείς πληθυσμούς όσο και σε κλινικές ομάδες, συμβάλλοντας ουσιαστικά στη μελέτη της σχέσης μεταξύ εγκεφαλικών διεργασιών και γνωστικών λειτουργιών (Αντονοπούλου, Χαλκιόπουλος, 2023).

Οι νευροαπεικονιστικές μέθοδοι αποτελούν βασικό εργαλείο των σύγχρονων νευροεπιστημών, καθώς επιτρέπουν την in vivo διερεύνηση των σύνθετων αλληλεπιδράσεων μεταξύ δομής και λειτουργίας του εγκεφάλου (Landinez, 2024). Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, οι τεχνικές αυτές έχουν επιφέρει μια ποιοτική αλλαγή στη μελέτη της σχέσης νου–εγκεφάλου από τη δεκαετία του 1970 και έπειτα, αντικαθιστώντας σε μεγάλο βαθμό έμμεσες ή μεταθανάτιες μεθόδους έρευνας (Landinez, 2024).

Οι τεχνικές μελέτης του εγκεφάλου διακρίνονται γενικά σε μη επεμβατικές και επεμβατικές μεθόδους. Οι μη επεμβατικές μέθοδοι είναι ανώδυνες, δεν προκαλούν τραυματισμό και επιτρέπουν την παρατήρηση της εγκεφαλικής δραστηριότητας σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που τις καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμες σε γνωστικές και αναπτυξιακές μελέτες. Αντίθετα, οι επεμβατικές μέθοδοι περιλαμβάνουν πρακτικές όπως η χειρουργική επέμβαση, η αυτοψία ή η εμφύτευση ηλεκτροδίων, οι οποίες επιτρέπουν την καταγραφή δραστηριότητας μεμονωμένων νευρώνων (Single Unit Activity – SUA) ή τοπικών πεδιακών δυναμικών (Local Field Potentials – LFP), κυρίως σε κλινικά ή πειραματικά πλαίσια (Kandel et al., 2021).

Οι μη επεμβατικές τεχνικές διακρίνονται ανάλογα με το είδος του σήματος που ανιχνεύουν. Οι ηλεκτροφυσιολογικές μέθοδοι καταγράφουν άμεσα τη νευρωνική δραστηριότητα. Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG) αποτυπώνει τη συνεχή ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφαλικού φλοιού μέσω ηλεκτροδίων στο τριχωτό της κεφαλής και χαρακτηρίζεται από εξαιρετικά υψηλή χρονική ανάλυση, γεγονός που το καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμο για τη μελέτη ταχέων γνωστικών διεργασιών (Δημητρακόπουλος, 2018). Το μαγνητοεγκεφαλογράφημα (MEG) βασίζεται στην καταγραφή των μαγνητικών πεδίων που παράγονται από τη νευρωνική δραστηριότητα και προσφέρει βελτιωμένη χωρική ακρίβεια σε σύγκριση με το EEG (Hämäläinen et al., 1993). Επιπλέον, τεχνικές εντοπισμού πηγών, όπως η ESI και η

eLORETA, χρησιμοποιούνται για την ακριβέστερη χωρική ανακατασκευή των ηλεκτρικών πηγών εντός του εγκεφάλου, αντιμετωπίζοντας περιορισμούς όπως η αγωγιμότητα όγκου (Δημητρακόπουλος, 2018).

Οι αιμοδυναμικές και μεταβολικές μέθοδοι βασίζονται στη μελέτη της εγκεφαλικής αιματικής ροής και της οξυγόνωσης ως έμμεσων δεικτών νευρωνικής δραστηριότητας. Η λειτουργική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (fMRI) ανιχνεύει μεταβολές στις μαγνητικές ιδιότητες της αιμοσφαιρίνης, επιτρέποντας τη μελέτη λειτουργικών δικτύων και προτύπων συνδεσιμότητας του εγκεφάλου (Λουκοβίτη, 2019). Η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET) χρησιμοποιεί ραδιενεργά ισότοπα για τη διερεύνηση του μεταβολισμού και της λειτουργικής ανατομίας σε μοριακό επίπεδο (Ντακάκης, 2019). Συναφείς τεχνικές αποτελούν η φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρου (NIRS) και η τομογραφία μονοφωτονικής εκπομπής (SPECT) (Τοτονίδου, 2021).

Οι νευροαπεικονιστικές μέθοδοι προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς παρέχουν μια ολιστική εικόνα της εγκεφαλικής λειτουργίας και διευκολύνουν τη σύνδεση της νευροβιολογικής γνώσης με εφαρμοσμένα πεδία, όπως η εκπαίδευση και η νευροεκπαίδευση (Νικολόπουλος, 2023). Μέσω αυτών καθίσταται δυνατός ο εντοπισμός εγκεφαλικών περιοχών που σχετίζονται με γνωστικές λειτουργίες όπως η μνήμη εργασίας, η γλώσσα και οι μαθηματικοί υπολογισμοί. Ωστόσο, υφίστανται περιορισμοί, καθώς οι αιμοδυναμικές μέθοδοι δεν απεικονίζουν άμεσα τη συναπτική δραστηριότητα ή τη νευροδιαβίβαση και, επιπλέον, η χρήση τους σε παιδικούς πληθυσμούς εγείρει ηθικά ζητήματα, όπως η ανάγκη γονικής συναίνεσης (Τοτονίδου, 2021). Τέλος, οι νευροαπεικονιστικές τεχνικές συχνά συνδυάζονται με συμπληρωματικές μεθόδους, όπως η παρακολούθηση της κίνησης των ματιών (eye-tracking), προκειμένου να διερευνηθούν παράμετροι όπως το γνωστικό φορτίο και η προσοχή, ενισχύοντας την ερμηνευτική εγκυρότητα των ερευνητικών δεδομένων (Holmqvist et al., 2011).

Για τη συστηματικότερη κατανόηση των διαφορών μεταξύ των κυριότερων νευροαπεικονιστικών τεχνικών, στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται μια συγκριτική επισκόπηση των μεθόδων EEG, MEG, fMRI και PET. Η σύγκριση βασίζεται σε θεμελιώδη χαρακτηριστικά κάθε τεχνικής, όπως το είδος του φυσιολογικού σήματος που καταγράφεται, η χρονική και η χωρική ανάλυση, καθώς και ο βαθμός επεμβατικότητας. Όπως φαίνεται στον πίνακα, οι ηλεκτροφυσιολογικές μέθοδοι (EEG και MEG) διακρίνονται για την εξαιρετικά υψηλή χρονική ανάλυση, γεγονός που τις καθιστά ιδιαίτερα κατάλληλες για τη μελέτη

ταχέων γνωστικών διεργασιών, αν και παρουσιάζουν περιορισμούς ως προς την ακριβή χωρική εντόπιση των πηγών. Αντίθετα, οι αιμοδυναμικές και μεταβολικές μέθοδοι (fMRI και PET) προσφέρουν ανώτερη χωρική ανάλυση, επιτρέποντας την ακριβέστερη χαρτογράφηση λειτουργικών περιοχών του εγκεφάλου, ωστόσο υστερούν σε χρονική ακρίβεια λόγω της έμμεσης φύσης των μετρήσεων. Η συγκριτική αυτή παρουσίαση αναδεικνύει τη συμπληρωματικότητα των τεχνικών και δικαιολογεί τη συνδυαστική χρήση τους σε σύγχρονες ερευνητικές προσεγγίσεις.

Τεχνική	**Τύπος σήματος**	**Χρονική ανάλυση**	**Χωρική ανάλυση**	**Σχόλια**
EEG	Ηλεκτρική δραστηριότητα	Πολύ υψηλή (ms)	Χαμηλή (cm)	Άμεση μέτρηση δυναμικών, δύσκολη ακριβής τοπικοποίηση
MEG	Μαγνητικά πεδία νευρωνικής δραστηριότητας	Πολύ υψηλή (ms)	Καλύτερη από EEG (mm-cm)	Καλύτερη χωρική ακρίβεια από EEG, μείωση παραμόρφωσης από κρανίο
fMRI	Αιμοδυναμική (BOLD)	Χαμηλή (sec)	Υψηλή (mm)	Έμμεση μέτρηση μέσω αιμοδυναμικής ανταπόκρισης
PET	Μεταβολισμός (ραδιοϊχνηθέτης)	Χαμηλή (sec-min)	Μέτρια-καλή (mm)	Χρησιμοποιεί ραδιενεργό ιχνηθέτη, πιο γενική μέτρηση μεταβολικής δραστηριότητας

Πίνακας 1. Σύγκριση βασικών νευροαπεικονιστικών τεχνικών (EEG, MEG, fMRI, PET) ως προς το είδος του σήματος που καταγράφουν, τη χρονική και χωρική ανάλυση, καθώς και τον βαθμό επεμβατικότητας.
(Logothetis, 2008· Cohen, 2017· University of Minnesota Pressbooks).

2.4 Εκπαιδευτική νευροεπιστήμη

Η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη είναι ένας αναδυόμενος κλάδος, ο οποίος συνδυάζει τη νευροεπιστήμη, τη ψυχολογία και την παιδαγωγική (Caballero & Llorent, 2022). Συνεπώς, διεπιστημονικός χαρακτήρας της νευροεπιστήμης συνοδεύει και τον τομέα της νευροεκπαίδευσης, στον οποίο ερευνητές από μια ποικιλία επιστημονικών πεδίων

συνεργάζονται με εκπαιδευτικούς όλων των ειδικοτήτων και επιπέδων για να εντοπίσουν μεθόδους και τεχνικές για την ενίσχυση και την προώθηση της μαθησιακής διαδικασίας (Antonopoulou, Halkiopoulos & Gkintoni, 2023).

Πρωτοπόροι στη σύνδεση των νευροβιολογικών αποτελεσμάτων με την εκπαίδευση ήταν ο νευρολόγος Henry Herbert Donaldson (1857-1938) και ο παιδαγωγός Reuben Post Halleck (1859-1936). Ωστόσο, τον όρο «νευροεκπαίδευση» τον καθιέρωσαν αργότερα, το 1996, οι Antonio M. Battro και Daniel P. Cardinali, παρ' όλο που κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1920, σε παιδαγωγική σχολή, ο Christofredo Jakob δίδαξε επίσημα νευροβιολογία (Θεοδωρίδου, 2011). Άλλοι όροι που συναντώνται στη βιβλιογραφία αντί του όρου «νευροεκπαίδευση» είναι ο όρος «νευροδιδακτική», «νευροπαιδαγωγική» και «mind, brain and education» (MBE) (Τριάρχου, 2018).

Στον τομέα της νευροεκπαίδευσης, ο εγκέφαλος του ανθρώπου αντιμετωπίζεται ως όργανο μάθησης. Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία της εκπαίδευσης θεωρείται πως είναι η διαδικασία κατά την οποία τροποποιείται το κεντρικό νευρικό σύστημα του ανθρώπου (Caballero, Llorent, 2022). Η διαδικασία αυτή καθίσταται δυνατή λόγω της φύσης του αθρώπινου εγκεφάλου. Ο εγκέφαλος είναι ένα όργανο μη στατικό. Δηλαδή, έχει την ικανότητα της δομικής και λειτουργικής αναδιοργάνωσης καθ΄ όλη τη διάρκεια ζωής του ανθρώπου, γεγονός που οφείλεται στις προσλαμβάνουσές του, μέσω των διάφορων εμπειριών και της μάθησης. Η ικανότητα αυτή του εγκεφάλου ορίζεται ως «νευροπλαστικότητα» (Caballero, Llorent, 2022).

Παρά την ικανότητα της αναδιοργάνωσης που χαρακτηρίζει τον ανθρώπινο εγκέφαλο, διαφοροποιήσεις παρατηρούνται και ανάλογα με τις ατομικές διαφορές του καθ' ενός. Για παράδειγμα, έχει παρατηρηθεί πως οι βιολογικοί παράγοντες, οι οποίοι διαφέρουν από άνθρωπο σε άνθρωπο, παίζουν καθοριστικό ρόλο στις μαθησιακές ικανότητές του (Antonopoulou, Halkiopoulos & Gkintoni, 2023). Επιπροσθέτως, η σωματική υγεία, τα κίνητρα, ο ύπνος και τα συναισθήματα είναι παράγοντες, οι οποίοι με τη σειρά τους επηρεάζουν τη μάθηση (Νικολόπουλος, 2023).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3Ο: ΓΝΩΣΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ, ΝΕΥΡΟΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ Η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

3.1 Νευροεπιστήμη και Γλώσσα

Η γλώσσα αποτελεί ένα από τα πιο σύνθετα γνωστικά συστήματα του ανθρώπου. Οι επιστήμες που έχουν ως βασικό αντικείμενό τους τη γλώσσα είναι η Γλωσσολογία και η Νευροεπιστήμη της Γλώσσας. Η πρώτη μελετάει τη δομή των κανόνων, όπως είναι η γραμματική και το συντακτικό. Η δεύτερη εστιάζει στο κεντρικό νευρικό σύστημα του ανθρώπου και τον τρόπο με τον οποίο συμβάλει αυτό στη μάθηση και τη χρήση της γλώσσας από τον άνθρωπο. Πιο συγκεκριμένα, μέσω της νευροεπιστήμης, αναδεικνύονται οι εγκεφαλικές δομές που εμπλέκονται στη μάθηση της γλώσσας. Επιπλέον, γίνεται και διάκριση μεταξύ των διαφορετικών τύπων γνώσεων που χαρακτηρίζουν κάθε άνθρωπο, αλλά και τη σημασία των εκτελεστικών λειτουργειών, οι οποίες συμβάλουν στην κατανόηση και την παραγωγή τόσο του γραπτού όσο και του προφορικού λόγου.

Για την πλειονότητα των ανθρώπων, η επεξεργασία της γλώσσας βασίζεται στο αριστερό ημισφαίριο (Cantillo-Rudas, Rodríguez-Nieto, Font Moll, & Rodríguez-Vásquez, 2024). Μάλιστα, για δεκαετίες, το κυρίαρχο μοντέλο για τη λειτουργική ανατομία του εγκεφάλου αναφορικά με τη γλώσσα, ήταν το μοντέλο Wernicke-Lichtheim-Geschwind. Το μοντέλο αυτό βασιζόταν σε συγκεκριμένα δίκτυα, που εντοπίζονται στον αριστερό φλοιό. Ειδικότερα, τα δίκτυα αυτά αφορούν τρείς περιοχές του εγκεφάλου: την περιοχή Broca, την περιοχή Wernicke και την Τοξοειδή Δέσμη. Η περιοχή Broca βρίσκεται στον μετωπιαίο λοβό και είναι υπεύθυνη για την παραγωγή λόγου, τη φωνητική έκφραση και τη χρήση γραμματικών και συντακτικών κανόνων. Η δεύτερη περιοχή, η περιοχή Wernicke, εντοπίζεται στον οπίσθιο άνω κροταφικό λοβό και ευθύνεται για την κατανόηση της γλώσσας, αλλά και την επεξεργασία των νοημάτων. Τέλος, η Τοξοειδής Δέσμη, είναι το σύνολο των νευρικών ινών μέσω των οποίων συνδέονται οι δύο προηγούμενες περιοχές. Ο ρόλος τους είναι να συντονίζουν την κατανόηση της γλώσσας και την παραγωγή αυτής (Cantillo-Rudas, Rodríguez-Nieto, Font Moll, & Rodríguez-Vásquez, 2024).

Ωστόσο, πιο σύγχρονες θεωρίες, εμπλουτίζουν την εικόνα του παραπάνω μοντέλου, προσδίδοντάς του έναν όχι τόσο «απομονωμένο» χαρακτήρα. Δηλαδή, μέσω της σύγχρονης νευροεπιστήμης, αναγνωρίζεται η σημασία της πολύπλευρης ανάγνωσης ενός γλωσσικού μηνύματος. Αυτή επιτυγχάνεται με τη βοήθεια δύο βασικών δικτύων. Το πρώτο ονομάζεται Ραχιαία Ροή και αποτελεί τη σύνδεση μεταξύ της ακουστικής πληροφορίας με την κινητική αναπαράσταση που τη συνοδεύει. Το δεύτερο δίκτυο λέγεται Κοιλιακή ροή και είναι το δίκτυο στο οποίο γίνεται η επεξεργασία του νοήματος των λέξεων και της σημασιολογίας τους (Fridriksson, Yourganov, Bonilha, Basilakos, Den Ouden, 2016). Επιπροσθέτως, παρά το γεγονός πως το αριστερό ημισφαίριο είναι το βασικό μέρος του εγκεφάλου στο οποίο γίνεται η επεξεργασία και η παραγωγή της γλώσσας, δεν παύει και το δεξιό μέρος να συμβάλει σε αυτή τη διαδικασία. Καθώς, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, το δεξιό ημισφαίριο είναι υπεύθυνο για τη δημιουργικότητα, το χιούμορ, τα συναισθήματα και την κατανόηση των αφηρημένων εννοιών, συμβάλει σημαντικά και στον τομέα της γλώσσας, όπως στην προσωδία, δηλαδή τη μελωδικότητα και το συναίσθημα του λόγου, αλλά και την κατανόηση των μεταφορών (Τριάρχου, 2018).

Πέρα από τους βιολογικούς παράγοντες που επηρεάζουν τις γλωσσικές δεξιότητες του ανθρώπου, εξίσου σημαντικό ρόλο κατέχουν και οι εκτελεστικές λειτουργίες του. Οι εκτελεστικές λειτουργίες είναι το σύνολο ανώτερων γνωστικών διεργασιών που επιτρέπουν στον άνθρωπο να ελέγχει τη σκέψη, τα συναισθήματα και τις πράξεις του. Εδράζονται κυρίως στον προμετωπιαίο φλοιό και παίζουν καθοριστικό ρόλο στη γλωσσική επεξεργασία, πέρα από την απλή ανάκληση λέξεων. Αρχικά, η αναγνωστική ικανότητα ενός ανθρώπου είναι καθοριστική για την επίδοσή του στο μάθημα της γλώσσας, η οποία σχετίζεται σημαντικά με τρεις επιμέρους λειτουργίες. Η πρώτη είναι η εργαζόμενη μνήμη, βάσει της οποίας ο άνθρωπος είναι ικανός να συγκρατεί και να επεξεργάζεται πληροφορίες. Η δεύτερη βασική λειτουργία είναι η αναστολή. Πιο συγκεκριμένα, ο άνθρωπος έχει την ικανότητα να αντιστέκεται σε παρορμήσεις ή πειρασμούς και να σταματάει αυτόματες αντιδράσεις. Η τρίτη γνωστική λειτουργία ονομάζεται γνωστική ευελιξία και αποτελεί την ικανότητα του ανθρώπου να προσαρμόζεται σε νέα δεδομένα, να αλλάζει στρατηγική και να αντιμετωπίζει ένα πρόβλημα από διαφορετικές οπτικές γωνίες (Μιχαλακούδη, 2022). Τα δύο πρώτα, αποτελούν ισχυρούς προβλεπτικούς παράγοντες για την ικανότητα του ανθρώπου στην παραγωγή γραπτού λόγου (Μιχαλακούδη, 2022).

Ακόμη μία εκτελεστική λειτουργία του ανθρώπου, που έχει άμεση επιρροή στις γλωσσικές του ικανότητες, είναι η μεταγνώση. Η μεταγνώση είναι η λειτουργία που καθιστά τον

άνθρωπο ικανό να παρακολουθεί και να ελέγχει τις γνωστικές του ενέργειες κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης των κειμένων (Μιχαλακούδη, 2022). Όσο περισσότερη εμπειρία έχει κάποιος στη διαδικασία της ανάγνωσης, τόσο πιο εύκολα αναπτύσσει και χρησιμοποιεί μεταγνωστικές στρατηγικές. Αυτό του δίνει την δυνατότητα να προβλέπει το περιεχόμενο και να τηρεί τις σημειώσεις (Μιχαλακούδη, 2022).

3.2 Νευροεπιστήμη και Μαθηματικά

Για μεγάλο μέρος της ιστορίας των Μαθηματικών, η ικανότητα του ανθρώπου για κατανόηση και επίλυση μαθηματικών προβλημάτων αντιμετωπιζόταν ως ένα χαρακτηριστικό ανεξάρτητο από βιολογικούς παράγοντες. Ωστόσο, τις τελευταίες δεκαετίες με την άνθιση του κλάδου της νευροεπιστήμης, η άποψη αυτή αμφισβητήθηκε, αποκαλύπτοντας ότι η μαθηματική νόηση είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη δομή και τη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου. Μέσω νευροαπεικονίσεων, νευροψυχολογικών και αναπτυξιακών μελετών καταδεικνύεται ότι η μαθηματική σκέψη προκύπτει από κατανεμημένα νευρωνικά δίκτυα που υποστηρίζουν την αριθμητική διαίσθηση, τη συμβολική επεξεργασία, την εργαζόμενη μνήμη και τον εκτελεστικό έλεγχο.

Η σύνδεση της νευροεπιστήμης με τα μαθηματικά παρέχει πληροφορίες για τον τρόπο που ο άνθρωπος κατανοεί αριθμητικές έννοιες, τους λόγους που τα άτομα διαφέρουν ως προς τις μαθηματικές ικανότητες, αλλά και τις διαδικασίες βάσει των οποίων μπορούν να βελτιστοποιηθούν οι εκπαιδευτικές προσεγγίσεις. Επιπλέον, η νευρολογική προσέγγιση στον τομέα των μαθηματικών παρέχει μια διαφορετική οπτική ως προς τις μαθησιακές διαταραχές που εμφανίζονται σε ορισμένους ανθρώπους, όπως η αναπτυξιακή δυσαριθμησία. Επιπλέον, συναισθηματικά φαινόμενα, όπως το άγχος των μαθηματικών, αναδεικνύονται ολοένα και περισσότερο μέσα από την έρευνα στην νευροεκπαίδευση. Επίσης, δίνεται χώρος στην ανάδειξη ευρύτερων ερωτημάτων σχετικά με τη φύση της αφηρημένης συλλογιστικής.

Η μαθηματική νόηση δεν βασίζεται σε μία μόνο περιοχή του εγκεφάλου. Αντίθετα, αποτελεί απόρροια αλληλεπιδράσεων μεταξύ πολλαπλών περιοχών του εγκεφάλου. Οι περιοχές με τον πιο καθοριστικό ρόλο είναι ο βρεγματικός και ο μετωπιαίος λοβός. Η πρώτη θεωρείται η κύρια περιοχή για τον προσδιορισμό της αριθμητικής ικανότητας και την επεξεργασία των αριθμών (Αντονοπούλου, Χαλκιόπουλος, 2023). Μία από τις περιοχές που εμπλέκονται

περισσότερο είναι η ενδοβρεγματική αύλακα (IPS), η οποία παίζει κεντρικό ρόλο στην αναπαράσταση του αριθμητικού μεγέθους και της ποσότητας (Campos, 2018). Η ενεργοποίηση της IPS έχει παρατηρηθεί σε εργασίες που περιλαμβάνουν σύγκριση αριθμών, εκτίμηση και αριθμητική, γεγονός που υποδηλώνει ότι υποστηρίζει μια αφηρημένη αναπαράσταση του αριθμού, η οποία είναι ανεξάρτητη από την αισθητηριακή μορφή ή τη συμβολική μορφή. Ο μετωπιαίος λοβός συμβάλλει σε μαθηματικές διεργασίες υψηλότερου επιπέδου, όπως οι σύνθετοι αριθμητικοί υπολογισμοί, ο στρατηγικός σχεδιασμός, η επίλυση προβλημάτων και η αλγοριθμική επεξεργασία (Cantillo-Rudas, Rodríguez-Nieto, Font Moll, & Rodríguez-Vásquez, 2024). Η επίλυση αριθμητικών προβλημάτων, ιδιαίτερα όταν περιλαμβάνει νέες ή σύνθετες λειτουργίες, στρατολογεί τις ραχιοπλευρικές προμετωπιαίες περιοχές που σχετίζονται με τον εκτελεστικό έλεγχο (Menon, 2015). Επιπλέον, η γωνιώδης έλικα εμπλέκεται στην ανάκτηση αριθμητικών δεδομένων, όπως οι πίνακες πολλαπλασιασμού, υποδεικνύοντας έναν ρόλο στη λεκτική ικανότητα και βασισμένη στη μνήμη αριθμητική επεξεργασία (Cantillo-Rudas, Rodríguez-Nieto, Font Moll, & Rodríguez-Vásquez, 2024). Την ευθύνη για την μεταφορά των πληροφοριών από τη βραχύχρονη στη μακρόχρονη μνήμη, αλλά και τη χωρική πλοήγηση στα μαθηματικά, την έχε ο Ιππόκαμπος (Αντονοπούλου, Χαλκιόπουλος, 2023). Όλες αυτές οι περιοχές σχηματίζουν ένα κατανεμημένο δίκτυο, στο οποίο οι βρεγματικές περιοχές κωδικοποιούν την αριθμητική σημασία, ενώ οι μετωπιαίες περιοχές ρυθμίζουν την προσοχή, τον έλεγχο και τη συλλογιστική. Αυτή η αλληλεπίδραση μεταξύ των περιοχών αυτών βοηθά στην επεξήγηση του λόγου που η μαθηματική ικανότητα συνδέεται στενά με ευρύτερες γνωστικές λειτουργίες, όπως η εργαζόμενη μνήμη και ο έλεγχος της προσοχής.

Μια θεμελιώδης έννοια στη νευροεπιστήμη των μαθηματικών είναι η ύπαρξη ενός βασικού συστήματος αριθμών, που συχνά αναφέρεται ως «αίσθηση των αριθμών». Η έρευνα δείχνει ότι οι άνθρωποι διαθέτουν ένα σύστημα προσεγγιστικών αριθμών (ANS) που επιτρέπει την εκτίμηση και τη σύγκριση ποσοτήτων χωρίς να βασίζονται στη γλώσσα ή τα σύμβολα (Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004). Αυτό το σύστημα υπάρχει από τη βρεφική ηλικία και είναι περισσότερο ανεπτυγμένο στους ανθρώπους, γεγονός που υποδηλώνει μια εξελικτική βάση για την αριθμητική γνώση.

Έχει διαπιστωθεί ότι οι ατομικές διαφορές στην οξύτητα του συστήματος προσεγγιστικών αριθμών σχετίζονται με τις μεταγενέστερες μαθηματικές επιδόσεις, αν και η ισχύς και η ακριβής φύση της σχέσης αυτής εξακολουθούν να αποτελούν αντικείμενο επιστημονικής διερεύνησης. Η μετάβαση από τις κατά προσέγγιση αριθμητικές αναπαραστάσεις στα ακριβή

συμβολικά μαθηματικά περιλαμβάνει την εκμάθηση πολιτισμικά καθορισμένων συμβόλων, όπως οι αραβικοί αριθμοί και οι αριθμητικές λέξεις. Νευροεπιστημονικά στοιχεία υποδηλώνουν ότι οι συμβολικοί αριθμοί αρχικά στρατολογούν τις ίδιες βρεγματικές περιοχές με τις μη συμβολικές ποσότητες, αλλά με την αυξανόμενη εμπειρία, η επεξεργασία γίνεται πιο αποτελεσματική και εξειδικευμένη (Graß, Edtstadler, 2022).

Η μαθηματική νόηση αναπτύσσεται μέσω μιας δυναμικής αλληλεπίδρασης μεταξύ βιολογικών περιορισμών και περιβαλλοντικών ερεθισμάτων. Κατά την παιδική ηλικία, τα νευρωνικά δίκτυα που αποτελούν τη βάση της αριθμητικής επεξεργασίας υφίστανται σημαντική αναδιοργάνωση (Campos, 2018). Μελέτες δομικής και λειτουργικής απεικόνισης δείχνουν ότι τα παιδιά βασίζονται περισσότερο στις μετωπιαίες περιοχές κατά τη διάρκεια αριθμητικών εργασιών, γεγονός που αντανακλά μεγαλύτερη γνωστική προσπάθεια και εξάρτηση από τον εκτελεστικό έλεγχο (Campos, 2018). Με την ανάπτυξη και την εξάσκηση, υπάρχει μια στροφή προς αυξημένη ενεργοποίηση στις βρεγματικές περιοχές, η οποία συνάδει με πιο αυτόματη και αποτελεσματική επεξεργασία.

Η εκπαίδευση παίζει κρίσιμο ρόλο στη διαμόρφωση αυτών των νευρωνικών κυκλωμάτων. Η εκμάθηση αριθμητικών στοιχείων, για παράδειγμα, οδηγεί σε αυξημένη εμπλοκή περιοχών που σχετίζονται με τη μνήμη, όπως η γωνιακή έλικα, ενώ οι στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων εμπλέκουν τα προμετωπιαία δίκτυα. Μελέτες υποδηλώνουν ότι η επιτυχημένη μάθηση των μαθηματικών σχετίζεται με αυξημένη λειτουργική συνδεσιμότητα μεταξύ των μετωπιαίων και βρεγματικών περιοχών (Campos, 2018). Αυτά τα ευρήματα τονίζουν το γεγονός ότι η ικανότητα του ανθρώπου στον τομέα των μαθηματικών δεν είναι σταθερή αλλά εξαιρετικά εύπλαστη, ιδιαίτερα κατά την παιδική ηλικία και την εφηβεία. Έτσι, ενισχύονται οι εκπαιδευτικές προσεγγίσεις που δίνουν έμφαση στην εννοιολογική κατανόηση, την πρακτική και τη σταδιακή εξέλιξη από συγκεκριμένες αναπαραστάσεις σε αφηρημένα σύμβολα.

Διαφορετικοί μαθηματικοί τομείς εμπλέκουν επικαλυπτόμενα αλλά διακριτά νευρωνικά συστήματα. Η αριθμητική περιλαμβάνει τόσο την επεξεργασία μεγέθους στο IPS όσο και την ανάκτηση μνήμης στη γωνιακή έλικα. Η αλγεβρική συλλογιστική θέτει μεγαλύτερες απαιτήσεις στη μνήμη εργασίας και τον συμβολικό χειρισμό, οδηγώντας σε ισχυρότερη στρατολόγηση των προμετωπιαίων περιοχών (Ashcraft, 2002). Η γεωμετρική συλλογιστική, αντίθετα, εμπλέκει οπτικο-χωρικά δίκτυα στον βρεγματικό και ινιακό φλοιό, αντανακλώντας τη σημασία των χωρικών αναπαραστάσεων. Η επίλυση προβλημάτων στα μαθηματικά συχνά

απαιτεί την ενσωμάτωση πολλαπλών γνωστικών διεργασιών, συμπεριλαμβανομένης της προσοχής, της αναστολής άσχετων πληροφοριών και της εναλλαγής στρατηγικής. Αυτές οι εκτελεστικές λειτουργίες είναι κρίσιμες για την επιτυχία σε σύνθετα μαθηματικά καθήκοντα. Κατά συνέπεια, οι δυσκολίες στην εκτελεστική λειτουργία μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη μαθηματική απόδοση, ακόμη και όταν οι βασικές αριθμητικές δεξιότητες είναι άθικτες.

Επιπροσθέτως, η νευροεπιστήμη έχει συμβάλει σημαντικά στην κατανόηση της αναπτυξιακής δυσαριθμησίας, μιας μαθησιακής διαταραχής που χαρακτηρίζεται από επίμονες δυσκολίες στην απόκτηση αριθμητικών και μαθηματικών δεξιοτήτων. Τα άτομα με δυσαριθμησία εμφανίζουν άτυπα πρότυπα ενεργοποίησης στις βρεγματικές περιοχές, ιδιαίτερα στο IPS, γεγονός που υποδηλώνει βλάβες στις βασικές αριθμητικές αναπαραστάσεις (Butterworth, Varma, & Laurillard, 2011). Έχουν επίσης αναφερθεί δομικές διαφορές στη συνδεσιμότητα της λευκής ουσίας, που υποδηλώνουν διαταραγμένη επικοινωνία εντός αριθμητικών δικτύων (Τριάρχου, 2018).

Τα παραπάνω ευρήματα οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι μαθηματικές δυσκολίες δεν είναι αποκλειστικά γνωστικές, αλλά μπορούν να περιλαμβάνουν συναισθηματικά και παρακινητικά στοιχεία, τονίζοντας την ανάγκη για υποστηρικτικά μαθησιακά περιβάλλοντα.

3.3 Μνήμη

Η μνήμη είναι μια σύνθετη διαδικασία, η οποία περιλαμβάνει τρεις φάσεις. Αυτές είναι η κωδικοποίηση, η αποθήκευση και η ανάκληση πληροφοριών, οι οποίες επηρεάζουν τη συμπεριφορά ενός οργανισμού (Σταϊκόπουλος, 2021). Η μάθηση, κατ’ επέκταση, είναι στενά συνδεδεμένη με τη μνήμη, καθώς αποτελεί διαδικασία απόκτησης και αποθήκευσης αυτών των πληροφοριών ώστε να είναι διαθέσιμες για μελλοντική χρήση (Τοτονίδου, 2021).

Ο εγκέφαλος επεξεργάζεται και αποθηκεύει τις προσλαμβάνουσες πληροφορίες μέσω διαφορετικών συστημάτων. Τα πιο γνωστά από αυτά τα συστήματα είναι η βραχύχρονη και η μακρόχρονη μνήμη. Η βραχύχρονη ή επεισοδιακή μνήμη διαρκεί από λεπτά έως και χρόνια. Πρόκειται για μια συνειδητή διαδικασία, η οποία περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τον χρόνο και τον χώρο (Στρίτσου, 2020). Η μακρόχρονη ή απώτερη μνήμη μπορεί να διαρκέσει

από μέρες έως και ολόκληρη τη ζωή του ανθρώπου. Βάσει αυτής αποθηκεύονται προσωπικές εμπειρίες και γνώσεις που έχουν κατακτηθεί από τον άνθρωπο (Στρίτσου, 2020).

Εκτός των παραπάνω, υπάρχει και περαιτέρω διάκριση της μνήμης του ανθρώπου, οι οποίες αφορούν πιο σύντομα χρονικά διαστήματα αποθήκευσης πληροφοριών, τα οποία όμως μπορούν να αποβούν καθοριστικά για την εισχώρηση των πληροφοριών αυτών βαθύτερα στη μνήμη του. Για παράδειγμα, η άμεση μνήμη διαρκεί κλάσματα του δευτερολέπτου, αλλά έχει μεγάλη χωρητική ικανότητα (Στρίτσου, 2020). Μέσω αυτής της διαδικασίας, αποθηκεύονται πληροφορίες από κάθε είδους αίσθηση. Ακόμα ένα σύστημα αποθήκευσης προσωρινών πληροφοριών πληροφοριών είναι η μνήμη εργασίας ή ενεργός μνήμη. Οι πληροφορίες αυτές είναι συνειδητές και αποθηκεύονται για δευτερόλεπτα ή λεπτά έτσι, ώστε να υποστούν κάποιου τύπου επεξεργασία ή να χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση μίας ενέργειας (Στρίτσου, 2020).

Συστήματα μνήμης που αφορούν τη συνειδητή ή μη συγκράτηση πληροφοριών είναι και η έκδηλη ή άδηλη, αντίστοιχα, μνήμη. Η πρώτη αφορά πληροφορίες που είναι διαθέσιμες στη συνείδηση και έχουν τη δυνατότητα να εκφραστούν μέσω του λόγου, όπως είναι ονόματα ή κωδικοί (Τοτονίδου, 2021). Η παραπάνω περιλαμβάνει και την επεισοδιακή και σημασιολογική μνήμη. Η δεύτερη είναι μη συνειδητή. Δηλαδή, η άδηλη μνήμη δεν εκφράζεται με λόγια, αλλά μέσω διάφορων συμπεριφορών ή δεξιοτήτων, όπως αυτή της οδήγησης ποδηλάτου (Τοτονίδου, 2021). Σε αυτήν υπάγεται και η διαδικαστική μνήμη.

Νευροβιολογικά, η μνήμη δεν εντοπίζεται σε ένα μόνο σημείο του εγκεφάλου. Αντιθέτως, υποστηρίζεται από ένα διανεμημένο δίκτυο (Τοτονίδου, 2021). Αρχικά, ο ιππόκαμπος είναι καθοριστικός για τη μεταφορά πληροφοριών από τη βραχύχρονη στη μακρόχρονη μνήμη, αλλά και για τη χωρική πλοήγηση (Αντονοπούλου, Χαλκιόπουλος, 2023). Κατά δεύτερον, ο μετωπιαίος και ο βρεγματικός λοβός είναι υπεύθυνοι για την μνήμη εργασίας (Αντονοπούλου, Χαλκιόπουλος, 2023). Τρίτον, η αμυγδαλή εμπλέκεται στη συναισθηματική μνήμη (Τοτονίδου, 2021). Τέλος, η συναπτική πλαστικότητα (LTP) είναι η βιολογική βάση της μακρόχρονης ενδυνάμωσης, δηλαδή αποτελεί τη σταδιακή ενίσχυση των συναπτικών συνδέσεων μεταξύ των νευρώνων μέσω της επαναλαμβανόμενης ενεργοποίησης (Νικολόπουλος, 2023).

3.4 Μαθηματικό Άγχος

Το φαινόμενο του μαθηματικού άγχους ορίζεται ως ένα συναίσθημα έντασης, ανησυχίας και φόβου, το οποίο παρεμβαίνει στον χειρισμό αριθμών και την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων, τόσο στην καθημερινή, όσο και στην ακαδημαϊκή ζωή του ανθρώπου (Wang, Lukowski, Hart, Lyons, Thompson, Kovas, Mazzocco, Plomin, & Petrill, 2015). Δεν πρόκειται απλώς για έλλειψη ικανότητας, αλλά για μια αρνητική συναισθηματική αντίδραση, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε αποφυγή των μαθηματικών και μειωμένη επίδοση του μαθητή (Maloney & Beilock, 2012).

Η επίδραση του άγχους αυτού εντοπίζεται πρωτίστως στο επίπεδο των γνωστικών λειτουργιών και συγκεκριμένα στη λειτουργική μνήμη (Ashcraft, 2002). Οι αγχώδεις παρεμβαλλόμενες σκέψεις δεσμεύουν πολύτιμους γνωστικούς πόρους, περιορίζοντας τη χωρητικότητα της μνήμης εργασίας που απαιτείται για την επεξεργασία δεδομένων (Young, Wu, & Menon, 2012). Ως αποτέλεσμα, μαθητές με υψηλά επίπεδα άγχους συχνά εμφανίζουν μνημονικά ελλείμματα κατά τη διάρκεια απαιτητικών υπολογισμών (Wu, Barth, Amin, Malcarne and Menon, 2012). Ωστόσο, η σχέση άγχους και επίδοσης φαίνεται να είναι καμπυλόγραμμη, καθώς ένα μέτριο επίπεδο διέγερσης μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να ενισχύσει την εγρήγορση, ενώ το υπερβολικό άγχος επιφέρει πλήρη νοητική παράλυση (Wang, Lukowski, Hart, Lyons, Thompson, Kovas, Mazzocco, Plomin, & Petrill, (2015).

Σε νευροβιολογικό επίπεδο, η σύγχρονη έρευνα καταδεικνύει μια σαφή διαφοροποίηση στη δραστηριότητα του εγκεφάλου (Young, Wu, & Menon, 2012). Άτομα με μαθηματικό άγχος εμφανίζουν υπερδραστηριότητα στη δεξιά αμυγδαλή, η οποία αποτελεί το κέντρο επεξεργασίας αρνητικών συναισθημάτων (Young, Wu, & Menon, 2012). Ταυτόχρονα παρατηρείται υπολειτουργία σε περιοχές όπως ο ραχιαίος προμετωπιαίος φλοιός και ο οπίσθιος βρεγματικός λοβός, που υποστηρίζουν την αριθμητική επεξεργασία (Young, Wu, & Menon, 2012). Παράλληλα, η ορμονική απόκριση μέσω της έκκρισης κορτιζόλης ενδέχεται να επηρεάσει αρνητικά τη νευρωνική πλαστικότητα, δυσχεραίνοντας περαιτέρω τη μαθησιακή διαδικασία (Amran, Surat, & Rahman, 2019).

Η αιτιολογία του φαινομένου είναι σύνθετη, καθώς το άγχος προκύπτει από την αλληλεπίδραση εγγενών και επίκτητων παραγόντων (Finlayson, 2014). Το εκπαιδευτικό περιβάλλον διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο, καθώς η έμφαση στην ταχύτητα, την αποστήθιση αλγορίθμων και τον φόβο της δημόσιας αποτυχίας εντείνει την ανασφάλεια των

μαθητών (Finlayson, 2014). Επιπλέον, παρατηρείται το φαινόμενο της κοινωνικής μετάδοσης, όπου οι στάσεις γονέων και εκπαιδευτικών —ιδίως όταν οι ίδιοι βιώνουν μαθηματικό άγχος— υιοθετούνται από τους μαθητές, ενισχύοντας τα σχετικά στερεότυπα (Νικολόπουλος, 2023).

Τέλος, είναι πλέον σαφές ότι το μαθηματικό άγχος μπορεί να εκδηλωθεί ήδη από τις πρώτες τάξεις της στοιχειώδους εκπαίδευσης (Maloney, Erin & Beilock, Sian, 2012). Η αποτελεσματική αντιμετώπισή του απαιτεί μια ολιστική προσέγγιση, με αυτήν να περιλαμβάνει τη γνωστική αναδόμηση, την εκφραστική γραφή για την εκτόνωση των ανησυχιών πριν από τις εξετάσεις και την υιοθέτηση συνεργατικών μεθόδων μάθησης (Finlayson, 2014). Η κατανόηση του νευροβιολογικού υποβάθρου από τους ίδιους τους μαθητές μπορεί, επίσης, να λειτουργήσει ενδυναμωτικά, ενισχύοντας την αυτοεκτίμησή τους και αποκαθιστώντας τη σχέση τους με το μαθηματικό αντικείμενο (Bakar, Ghani, & Abdullah, 2024).

3.5 Νευρομύθοι

Ο όρος «νευρομύθος» (*neuromyth*) εισήχθη αρχικά στον επιστημονικό διάλογο από τον νευροχειρουργό Alan Crockard τη δεκαετία του 1980 για να περιγράψει μη επιστημονικά τεκμηριωμένες ιδέες σχετικά με τη λειτουργία του εγκεφάλου στην ιατρική (Howard-Jones, 2014). Ωστόσο, ο όρος αποσαφηνίστηκε και καθιερώθηκε στη σύγχρονη εκπαιδευτική βιβλιογραφία από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (OECD, 2002). Σύμφωνα με τον OECD (2002), ως νευρομύθος ορίζεται κάθε παρανόηση, παρερμηνεία ή εσφαλμένη ανάγνωση επιστημονικά τεκμηριωμένων δεδομένων της νευροεπιστήμης, η οποία χρησιμοποιείται καταχρηστικά για τη δικαιολόγηση εκπαιδευτικών πρακτικών, διδακτικών στρατηγικών ή θεωριών μάθησης.

Οι νευρομύθοι δημιουργούνται συχνά λόγω του «χάσματος επικοινωνίας» μεταξύ των νευροεπιστημόνων που παράγουν τη βασική έρευνα και των εκπαιδευτικών που αναζητούν πρακτικές εφαρμογές για την τάξη (Dekker et al., 2012). Η υπεραπλούστευση σύνθετων νευρολογικών ευρημάτων, η εμπορευματοποίηση μη πιστοποιημένων εκπαιδευτικών προγραμμάτων και η επιθυμία των εκπαιδευτικών να βασίσουν τη διδασκαλία τους σε επιστημονικά δεδομένα αποτελούν τους κύριους παράγοντες διατήρησης και εξάπλωσης

αυτών των εσφαλμένων πεποιθήσεων (Dekker et al., 2012; Howard-Jones, 2014). Δημοφιλή παραδείγματα νευρομύθων περιλαμβάνουν την αντίληψη ότι οι άνθρωποι χρησιμοποιούν μόνο το 10% του εγκεφάλου τους, τη διάκριση των μαθητών σε «αριστερημισφαιρικούς» ή «δεξιημισφαιρικούς», καθώς και την θεωρία των «μαθησιακών τύπων» (*learning styles*) (Geake, 2008).

Η διεθνής βιβλιογραφία έχει εστιάσει εκτενώς στην καταγραφή της εξάπλωσης των νευρομύθων στην εκπαιδευτική κοινότητα, καθώς και στον εντοπισμό των παραγόντων που σχετίζονται με την υιοθέτησή τους. Παρακάτω παρουσιάζονται τρία κεντρικά ερευνητικά ερωτήματα από δημοσιευμένες μελέτες, συνοδευόμενα από τη σύνοψη των ευρημάτων τους.

Ερευνητικό Ερώτημα 1: Σε ποιο βαθμό οι εκπαιδευτικοί υιοθετούν δημοφιλείς νευρομύθους και πώς σχετίζεται η γνώση τους για τον εγκέφαλο με την επικράτηση αυτών των μύθων;

Το ερώτημα αυτό διερευνήθηκε πρωτογενώς στη θεμελιώδη μελέτη των Dekker et al. (2012). Οι ερευνητές εξέτασαν ένα δείγμα 242 εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο Ηνωμένο Βασίλειο και την Ολλανδία. Τα ευρήματα έδειξαν υψηλά ποσοστά επικράτησης των νευρομύθων, καθώς πάνω από το 90% των εκπαιδευτικών πίστευε ότι οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα όταν λαμβάνουν πληροφορίες στον προτιμώμενο «μαθησιακό τους τύπο» (οπτικό, ακουστικό, κιναισθητικό). Παράλληλα, σχεδόν το 50% υιοθετούσε τον μύθο του 10% της εγκεφαλικής χρήσης. Το πλέον παράδοξο εύρημα της μελέτης ήταν ότι οι εκπαιδευτικοί που διατηρούσαν υψηλότερα επίπεδα γενικών γνώσεων για τον εγκέφαλο παρουσίαζαν επίσης υψηλότερα ποσοστά υιοθέτησης νευρομύθων, γεγονός που υποδηλώνει ότι ο ενθουσιασμός και το ενδιαφέρον για τη νευροεπιστήμη, χωρίς την κατάλληλη κριτική κατάρτιση, αυξάνουν την ευαλωτότητα σε παρανοήσεις.

Ερευνητικό Ερώτημα 2: Αποτελούν οι νευρομύθοι παγκόσμιο φαινόμενο ή διαφοροποιείται η επικράτησή τους ανάλογα με το πολιτισμικό και εκπαιδευτικό πλαίσιο;

Το ερώτημα αυτό τέθηκε από τον Howard-Jones (2014) σε μια διαπολιτισμική επισκόπηση που συνέκρινε δεδομένα από την Ευρώπη, την Ασία και τη Νότια Αμερική

(συμπεριλαμβανομένων μελετών σε Ηνωμένο Βασίλειο, Ολλανδία, Τουρκία, Κίνα και Ελλάδα). Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν ότι οι νευρομύθοι συνιστούν ένα παγκόσμιο φαινόμενο με αξιοσημείωτη πολιτισμική διαχρονικότητα. Ο μύθος των «μαθησιακών τύπων» επανεμφανίστηκε ως ο πιο ευρέως διαδεδομένος σε όλες τις χώρες (με ποσοστά αποδοχής 93%-97%). Ωστόσο, παρατηρήθηκαν ορισμένες πολιτισμικές διαφοροποιήσεις. Για παράδειγμα, ο μύθος σχετικά με την ευεργετική επίδραση της κατανάλωσης νερού στον εγκέφαλο ήταν σημαντικά πιο επικρατής στις δυτικές χώρες σε σύγκριση με την Ασία, γεγονός που αποδόθηκε στη διαφορετική εμπορική προώθηση σχετικών εκπαιδευτικών προϊόντων (*Brain Gym*) στις δυτικές αγορές.

Ερευνητικό Ερώτημα 3: Ποια είναι η αποτελεσματικότητα στοχευμένων εκπαιδευτικών παρεμβάσεων στην κατάρριψη των νευρομύθων σε φοιτητές παιδαγωγικών τμημάτων;

Το ερώτημα αυτό εξετάστηκε από τους Ferrero et al. (2016), οι οποίοι μελέτησαν κατά πόσο η ακαδημαϊκή εκπαίδευση και οι εξειδικευμένες παρεμβάσεις μπορούν να μειώσουν την αποδοχή εσφαλμένων αντιλήψεων σε μελλοντικούς εκπαιδευτικούς στην Ισπανία. Η έρευνα έδειξε ότι η απλή παρακολούθηση γενικών μαθημάτων ψυχολογίας ή παιδαγωγικής δεν αρκεί για την εξάλειψη των νευρομύθων. Οι φοιτητές παιδαγωγικών τμημάτων συνέχισαν να επιδεικνύουν υψηλά ποσοστά αποδοχής νευρομύθων παρόμοια με αυτά των εν ενεργεία εκπαιδευτικών. Ωστόσο, διαπιστώθηκε ότι μόνο οι παρεμβάσεις που περιλάμβαναν ρητή και αμφισβητησιακή διδασκαλία (*explicit refutation instruction*) - δηλαδή την άμεση αντιπαραβολή του μύθου με τα επιστημονικά δεδομένα - πέτυχαν στατιστικά σημαντική μείωση των εσφαλμένων πεποιθήσεων.

Η ανασκόπηση της υφιστάμενης βιβλιογραφίας αναδεικνύει σαφώς ότι οι νευρομύθοι συνιστούν ένα εκτεταμένο και διαπολιτισμικό φαινόμενο, το οποίο επηρεάζει σημαντικά την εκπαιδευτική κοινότητα. Ωστόσο, η πλειονότητα των διαθέσιμων ερευνών εστιάζει κυρίως στο γενικό πληθυσμό των εκπαιδευτικών ή σε εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, αφήνοντας ένα σημαντικό ερευνητικό κενό όσον αφορά ειδικότητες με εξειδικευμένο γνωστικό αντικείμενο, όπως οι μαθηματικοί της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η διδασκαλία των Μαθηματικών απαιτεί ιδιαίτερες γνωστικές λειτουργίες (π.χ. αφηρημένη σκέψη,

αναλυτική συλλογιστική) και συχνά συνοδεύεται από συγκεκριμένες αντιλήψεις ή στερεότυπα σχετικά με τις «μαθηματικές ικανότητες» του εγκεφάλου, γεγονός που καθιστά τη διερεύνηση αυτού του πληθυσμού ιδιαίτερα κρίσιμη.

Λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική απουσία εξειδικευμένων δεδομένων για το συγκεκριμένο κλάδο στο ελληνικό εκπαιδευτικό πλαίσιο, η παρούσα εργασία επιδιώκει να καλύψει αυτό το κενό, εξετάζοντας τις γνώσεις, τις στάσεις και τις πεποιθήσεις των καθηγητών μαθηματικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

ΜΕΡΟΣ ΙΙ

Μεθοδολογία Έρευνας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^{Ο}: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

4.1 Σκοπός και στόχοι της διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση του ρόλου της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης στη διδακτική των Μαθηματικών και η ανάδειξη της συμβολής των νευροεπιστημονικών δεδομένων στην κατανόηση των μαθησιακών διεργασιών που εμπλέκονται στη μαθηματική σκέψη. Η εργασία επιδιώκει να συνδέσει τη λειτουργία του εγκεφάλου με τη μαθησιακή διαδικασία, εστιάζοντας στις γνωστικές, συναισθηματικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους που επηρεάζουν τη μάθηση των Μαθηματικών.

Στο πλαίσιο αυτό, επιδιώκεται η θεωρητική αποσαφήνιση βασικών εννοιών της Νευροεπιστήμης και της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης, καθώς και η ανάλυση των εγκεφαλικών δομών και λειτουργιών που σχετίζονται με τη μαθηματική κατανόηση, τη μνήμη, τις εκτελεστικές λειτουργίες και το μαθηματικό άγχος. Παράλληλα, στόχος της εργασίας είναι η διερεύνηση των απόψεων και στάσεων μαθητών και εκπαιδευτικών σχετικά με την εφαρμογή των αρχών της Νευροεκπαίδευσης στη διδασκαλία των Μαθηματικών, μέσω ποσοτικής ερευνητικής προσέγγισης. Τέλος, η εργασία αποσκοπεί στη διατύπωση παιδαγωγικών συμπερασμάτων και προτάσεων που δύνανται να συμβάλουν στη βελτίωση της εκπαιδευτικής πρακτικής.

4.2 Μεθοδολογία

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης υιοθετήθηκε η ποσοτική ερευνητική προσέγγιση, η οποία κρίθηκε ως η πλέον κατάλληλη για τη διερεύνηση των στάσεων, των γνώσεων και των πεποιθήσεων των συμμετεχόντων, καθώς και για τον εντοπισμό πιθανών συσχετίσεων με τα δημογραφικά τους χαρακτηριστικά. Αρχικά, είχε εξεταστεί ο σχεδιασμός μιας μεικτής μεθόδου έρευνας (*mixed-methods*), συνδυάζοντας ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα (όπως

προέκυψε από αρχικές διερευνητικές συζητήσεις με ορισμένους εκπαιδευτικούς). Ωστόσο, λόγω των αυστηρών χρονικών περιορισμών της διπλωματικής εργασίας, αποφασίστηκε η εστίαση αποκλειστικά στην ποσοτική προσέγγιση, προκειμένου να διασφαλιστεί η μεθοδολογική συνέπεια και η εμβάθυνση στην ανάλυση των δεδομένων.

Πριν από την κύρια συλλογή των δεδομένων, πραγματοποιήθηκε πιλοτική εφαρμογή του ερωτηματολογίου σε μικρό αριθμό εκπαιδευτικών. Ο σκοπός της πιλοτικής έρευνας ήταν η αξιολόγηση της σαφήνειας των ερωτήσεων, ο υπολογισμός του απαιτούμενου χρόνου συμπλήρωσης και η έγκαιρη επισήμανση αστοχιών στη διατύπωση. Η διανομή του ερωτηματολογίου έγινε ηλεκτρονικά (διαδικτυακά). Για τη συγκέντρωση του δείγματος αξιοποιήθηκε η τεχνική της δειγματοληψίας χιονοστιβάδας (*snowball sampling*), όπου το ερωτηματολόγιο προωθήθηκε αρχικά σε προσωπικές και επαγγελματικές επαφές καθηγητών μαθηματικών, οι οποίοι με τη σειρά τους το κοινοποίησαν σε συναδέλφους τους («από στόμα σε στόμα»).

Το βασικό εργαλείο συλλογής δεδομένων ήταν ένα δομημένο ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο. Για τη μέτρηση των στάσεων και του βαθμού αποδοχής των νευρομύθων χρησιμοποιήθηκε τετραβάθμια κλίμακα τύπου Likert (π.χ. 1 = Διαφωνώ απόλυτα έως 4 = Συμφωνώ απόλυτα).

Επιλέχθηκε σκόπιμα η αφαίρεση της ενδιάμεσης/ουδέτερης επιλογής (π.χ. «Ούτε συμφωνώ / Ούτε διαφωνώ»), μετατρέποντας την κλίμακα σε εξαναγκασμένης επιλογής (*forced-choice Likert scale*). Η απόφαση αυτή ελήφθη αφενός λόγω του αναμενόμενου μικρού μεγέθους του δείγματος, όπου η υψηλή συσσώρευση ουδέτερων απαντήσεων θα μπορούσε να αποδυναμώσει τη στατιστική ισχύ των αναλύσεων, και αφετέρου για να ενθαρρυνθούν οι συμμετέχοντες να λάβουν σαφή θέση απέναντι στους εξεταζόμενους ισχυρισμούς.

Η στατιστική επεξεργασία και η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του στατιστικού περιβάλλοντος και της γλώσσας προγραμματισμού R (R Core Team). Η επιλογή της R βασίστηκε στο γεγονός ότι αποτελεί ένα ισχυρό, ανοικτού κώδικα (δωρεάν) και διεθνώς αναγνωρισμένο λογισμικό για τη στατιστική ανάλυση δεδομένων. Επιπλέον, η ερευνητήρια/ο ερευνητής διέθετε ήδη εξοικείωση και πρότερη ακαδημαϊκή κατάρτιση στη χρήση της R από προηγούμενο τίτλο σπουδών, διασφαλίζοντας την ορθότητα και την αξιοπιστία των στατιστικών υπολογισμών.

Η παρούσα έρευνα διεξήχθη σύμφωνα με τις αρχές της ερευνητικής δεοντολογίας, όπως αυτές περιγράφονται στις κατευθυντήριες οδηγίες της Αμερικανικής Ψυχολογικής Εταιρείας (American Psychological Association [APA], 2020). Βασικός άξονας της έρευνας αποτέλεσε

ο σεβασμός της αξιοπρέπειας, των δικαιωμάτων και της ευημερίας των συμμετεχόντων, καθώς και η διασφάλιση της επιστημονικής ακεραιότητας σε όλα τα στάδια της ερευνητικής διαδικασίας.

Η συμμετοχή των καθηγητών ήταν αμιγώς εθελοντική και βασίστηκε στην αρχή της ενημερωμένης συγκατάθεσης (*informed consent*). Όλοι οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν γραπτώς στην εισαγωγή του ηλεκτρονικού ερωτηματολογίου για τον σκοπό της έρευνας, τη διαδικασία συλλογής των δεδομένων και τη αποκλειστική χρήση τους για ακαδημαϊκούς σκοπούς.

Η ανωνυμία και η εμπιστευτικότητα των δεδομένων διασφαλίστηκαν πλήρως, καθώς δεν συλλέχθηκαν προσωπικά στοιχεία (π.χ. ονόματα, διευθύνσεις ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή διευθύνσεις IP) που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην άμεση ή έμμεση ταυτοποίηση των εκπαιδευτικών. Τα δεδομένα αποθηκεύτηκαν σε ασφαλές ψηφιακό περιβάλλον, αναλύθηκαν αποκλειστικά σε συγκεντρωτική μορφή και χρησιμοποιούνται μόνο στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Οι συμμετέχοντες διατηρούσαν το δικαίωμα να διακόψουν τη συμπλήρωση και να αποχωρήσουν από την έρευνα σε οποιοδήποτε στάδιο, χωρίς καμία απολύτως συνέπεια.

Επιπλέον, η διατύπωση των θεμάτων του ερωτηματολογίου έγινε με τρόπο σαφή, ουδέτερο και μη κατευθυντικό, αποφεύγοντας ερωτήσεις που ενδέχεται να προκαλέσουν αίσθημα αξιολόγησης ή συναισθηματική δυσφορία. Τέλος, τα αποτελέσματα της έρευνας παρουσιάζονται με ακρίβεια, αντικειμενικότητα και διαφάνεια, αποφεύγοντας την παραποίηση ή την επιλεκτική αναφορά δεδομένων, τηρώντας πιστά τις αρχές της ακαδημαϊκής ακεραιότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5Ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Γενικός Δείκτης Υιοθέτησης Νευρομύθων και Δημογραφικοί Παράγοντες

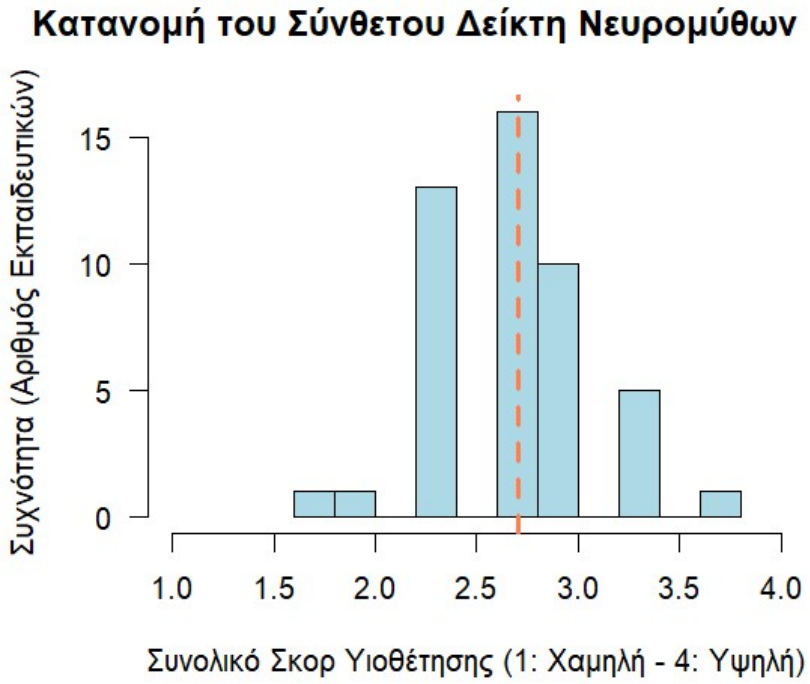
Για τη διερεύνηση του βαθμού στον οποίο οι εκπαιδευτικοί υιοθετούν επιστημονικές παρανοήσεις γύρω από τη λειτουργία του εγκεφάλου, υπολογίστηκε ο Γενικός Δείκτης Υιοθέτησης Νευρομύθων. Ο δείκτης αυτός διαμορφώθηκε στο 2.70 (σε κλίμακα από 1 έως 4). Η τιμή αυτή κρίνεται ως ιδιαίτερα υψηλή, καθώς τοποθετείται πάνω από τον θεωρητικό μέσο όρο (2.50) της χρησιμοποιούμενης κλίμακας.

Το εύρημα αυτό υποδηλώνει μια σαφή γενική τάση των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών να συγκλίνουν περισσότερο προς τη συμφωνία με τους νευρομύθους παρά προς την απόρριψή τους. Πρόκειται για ένα κλασικό και συχνά επαναλαμβανόμενο εύρημα στη διεθνή βιβλιογραφία, το οποίο αναδεικνύει ότι οι εκπαιδευτικοί, παρά τις θετικές τους προθέσεις, πέφτουν συχνά θύματα τέτοιων παρανοήσεων.

Προκειμένου να εξεταστεί αν οι βασικοί δημογραφικοί παράγοντες του δείγματος διαφοροποιούν τον βαθμό αποδοχής των νευρομύθων, εφαρμόστηκε μια σειρά μη παραμετρικών στατιστικών ελέγχων Kruskal-Wallis. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Δημογραφικός Παράγοντας	**Στατιστικό Κριτήριο**	**Βαθμοί Ελευθερίας (df)**	**Επίπεδο Σημαντικότητας (p)**	**Στατιστική Σημαντικότητα**
Έτη Προϋπηρεσίας	$\chi^2 = 5.8133$	3	0.1211	Μη Σημαντικό (p > 0.05)
Επίπεδο Σπουδών	$\chi^2 = 2.0859$	2	0.3524	Μη Σημαντικό (p > 0.05)
Τύπος Σχολείου	$\chi^2 = 2.4434$	3	0.4856	Μη Σημαντικό (p > 0.05)

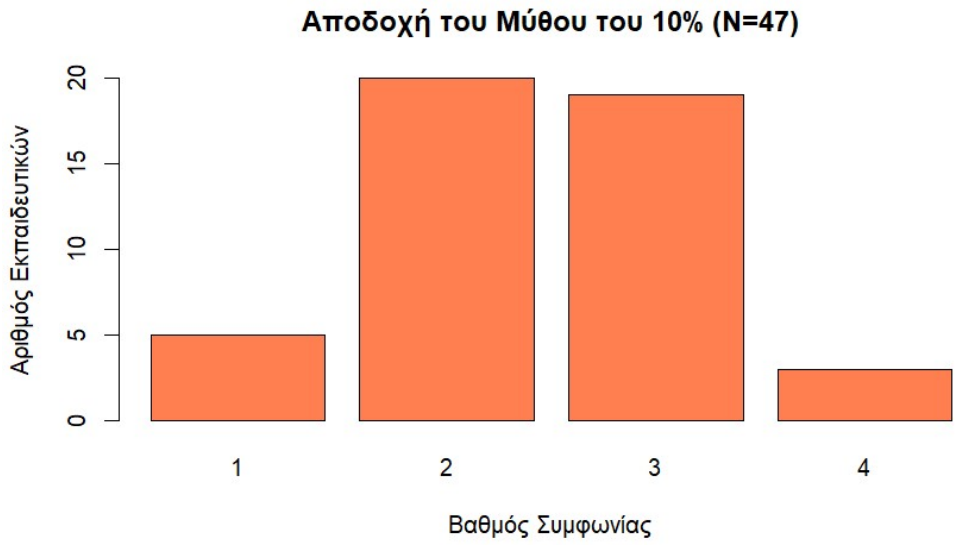
Πίνακας 2. Οι βασικοί δημογραφικοί παράγοντες του δείγματος διαφοροποιούν τον βαθμό αποδοχής των νευρομύθων.



Εικόνα 2. Ιστόγραμμα συχνοτήτων της κατανομής του Σύνθετου Δείκτη Νευρομύθων για το δείγμα των εκπαιδευτικών. Ο οριζόντιος άξονας αποτυπώνει το συνολικό σκορ υιοθέτησης των παρανοήσεων (κλίμακα 1: Χαμηλή έως 4: Υψηλή υιοθέτηση) και ο κατακόρυφος άξονας τη συχνότητα εμφανίσεων (αριθμός εκπαιδευτικών). Η διακεκομμένη κάθετη γραμμή προσδιορίζει τη μέση τιμή (ή τη διάμεσο) της κατανομής του δείγματος.

Πιο συγκεκριμένα, το παρακάτω ραβδόγραμμα (Εικόνα 2) παρουσιάζει το βαθμό στον οποίο μια ομάδα εκπαιδευτικών αποδέχεται τον διαδεδομένο μύθο ότι οι άνθρωποι χρησιμοποιούν μόνο το 10% του εγκεφάλου τους. Παρατηρείται μια σαφή τάση προς τη μέση της κλίμακας, με την πλειοψηφία των ερωτηθέντων να καταγράφεται στις κατηγορίες 2 και 3. Συγκεκριμένα, η κατηγορία 2 συγκέντρωσε τον μεγαλύτερο αριθμό απαντήσεων (20 εκπαιδευτικοί), ακολουθούμενη στενά από την κατηγορία 3 (19 εκπαιδευτικοί). Αντίθετα, οι ακραίες κατηγορίες 1 και 4 σημείωσαν σημαντικά χαμηλότερη συχνότητα, με 5 και 3 απαντήσεις αντίστοιχα. Η κατανομή αυτή υποδηλώνει ότι, αν και λίγοι εκπαιδευτικοί

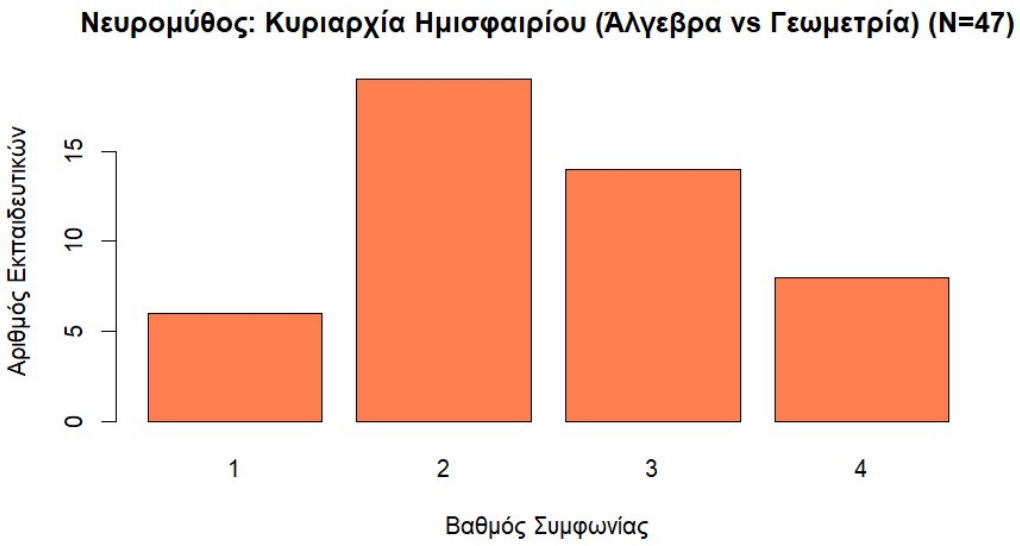
συμφωνούν απόλυτα (κατηγορία 4), ένας πολύ σημαντικός αριθμός (39 στους 47) εμφανίζει μια μέτρια έως ισχυρή τάση συμφωνίας με το μύθο.



Εικόνα 3. Κατανομή των απαντήσεων 47 εκπαιδευτικών σχετικά με το βαθμό συμφωνίας τους με το «Μύθο του 10%». Ο οριζόντιος άξονας δείχνει το βαθμό συμφωνίας (1 έως 4) και ο κατακόρυφος τον αριθμό των εκπαιδευτικών σε κάθε κατηγορία.

Στο ραβδόγραμμα της Εικόνας 3 παρουσιάζει το βαθμό στον οποίο οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί αποδέχονται το νευρομύθο που συνδέει τη διδασκαλία της Άλγεβρας και της Γεωμετρίας με την κυριαρχία του αριστερού και του δεξιού ημισφαιρίου του εγκεφάλου, αντίστοιχα. Υπάρχει μια ξεκάθαρη τάση προς τη μέση της κλίμακας, με την πλειοψηφία των ερωτηθέντων να καταγράφεται στην κατηγορία 2 (21 εκπαιδευτικοί), η οποία αποτελεί την κυρίαρχη κατηγορία. Ακολουθεί η κατηγορία 3 με 14 απαντήσεις, ενώ οι ακραίες κατηγορίες 1 (6 εκπαιδευτικοί) και 4 (8 εκπαιδευτικοί) συγκέντρωσαν σημαντικά λιγότερες απαντήσεις. Η κατανομή αυτή υποδηλώνει ότι, αν και λίγοι εκπαιδευτικοί συμφωνούν απόλυτα

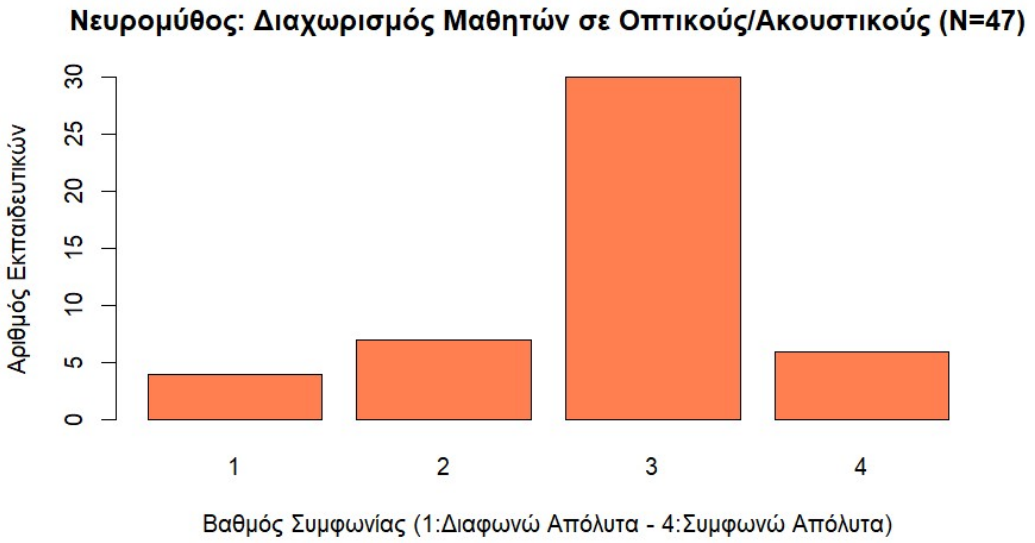
(κατηγορία 4), ένας πολύ σημαντικός αριθμός (35 στους 47) εμφανίζει μια μέτρια έως ισχυρή τάση συμφωνίας με το μύθο.



Εικόνα 4. Κατανομή των απαντήσεων 47 εκπαιδευτικών σχετικά με το βαθμό συμφωνίας τους με το «Νευρομύθο της Κυριαρχίας Ημισφαιρίου (Άλγεβρα vs Γεωμετρία)». Ο οριζόντιος άξονας δείχνει το βαθμό συμφωνίας (1 έως 4) και ο κατακόρυφος τον αριθμό των εκπαιδευτικών σε κάθε κατηγορία.

Το ραβδόγραμμα της Εικόνας 4 αποτυπώνει τις στάσεις των συμμετεχόντων απέναντι σε έναν από τους πιο βαθιά ριζωμένους νευρομύθους παγκοσμίως: τη θεωρία των «μαθησιακών τύπων» και τον αυστηρό διαχωρισμό των μαθητών σε οπτικούς ή ακουστικούς τύπους.

Από την ανάλυση των δεδομένων προκύπτει μια εξαιρετικά έντονη συγκέντρωση των απαντήσεων στην κατηγορία 3, όπου 30 από τους 47 εκπαιδευτικούς δήλωσαν ότι συμφωνούν με τη συγκεκριμένη παρανόηση. Η κατηγορία αυτή αποτελεί με διαφορά την κυρίαρχη τάση του δείγματος. Αντίθετα, οι υπόλοιπες επιλογές παρουσιάζουν σαφώς χαμηλότερη συχνότητα. Συγκεκριμένα, η κατηγορία 2 επιλέχθηκε από 7 εκπαιδευτικούς, η κατηγορία 4 (απόλυτη συμφωνία) από 6, ενώ η κατηγορία 1 (απόλυτη διαφωνία/απόρριψη του μύθου) συγκέντρωσε μόλις 4 απαντήσεις.



Εικόνα 5. Κατανομή των απαντήσεων 47 εκπαιδευτικών αναφορικά με το βαθμό συμφωνίας τους με το «Νευρομύθο του Διαχωρισμού των Μαθητών σε Οπτικούς/Ακουστικούς (Μαθησιακοί Τύποι)». Ο οριζόντιος άξονας αποτυπώνει την κλίμακα συμφωνίας (1: Διαφωνώ Απόλυτα έως 4: Συμφωνώ Απόλυτα) και ο κατακόρυφος τον αριθμό των εκπαιδευτικών (συχνότητα).

Τα παραπάνω ευρήματα αποδεικνύουν ότι η συντριπτική πλειοψηφία του δείγματος (36 στους 47 εκπαιδευτικούς, αν συνυπολογιστούν οι κατηγορίες 3 και 4) υιοθετεί πλήρως ή εν μέρει αυτή τη γνωστική παρανόηση, επιβεβαιώνοντας πόσο ισχυρά ενσωματωμένος παραμένει ο συγκεκριμένος μύθος στην καθημερινή εκπαιδευτική αντίληψη και πρακτική.

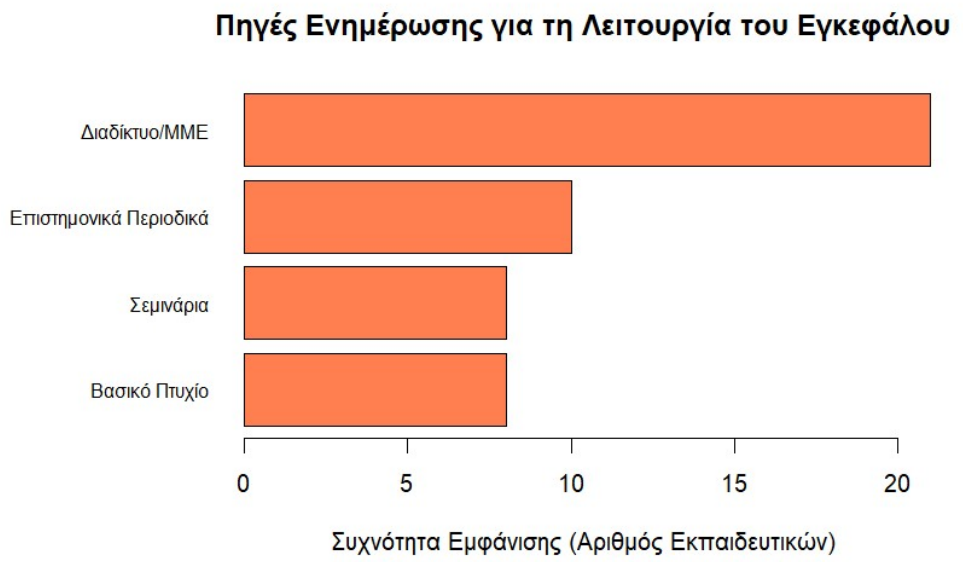
5.2 Πηγές Ενημέρωσης και Διάχυση των Παρανοήσεων

Για να εξεταστεί αν η χρήση του διαδικτύου ως πηγής ενημέρωσης σχετίζεται με υψηλότερα ποσοστά παραπληροφόρησης, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon rank-sum test. Η σύγκριση ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς που χρησιμοποιούν κατά κύριο λόγο το

διαδίκτυο και σε όσους αντλούν ενημέρωση από άλλες πηγές δεν απέδωσε στατιστικά σημαντική διαφορά ($W = 311.5, p = 0.4028$).

Το ραβδόγραμμα της Εικόνας 6 παρουσιάζει μια ποσοτική ανάλυση των κύριων πηγών από τις οποίες οι εκπαιδευτικοί αντλούν πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία του εγκεφάλου, αναδεικνύοντας τις προτιμήσεις τους για τους διαφορετικούς διαύλους ενημέρωσης.

Από την ανάλυση των δεδομένων προκύπτει μια σαφής υπεροχή της κατηγορίας «Διαδίκτυο/ΜΜΕ», η οποία καταγράφει 21 αναφορές, αποτελώντας με διαφορά τον πρωταρχικό δίαυλο πληροφόρησης για σχεδόν τους μισούς εκπαιδευτικούς του δείγματος. Στη δεύτερη θέση ακολουθούν τα «Επιστημονικά Περιοδικά» με 10 αναφορές, ενώ οι πηγές «Σεμινάρια» και «Βασικό Πτυχίο» συγκέντρωσαν χαμηλότερα και ισοδύναμα επίπεδα προτίμησης, με 8 αναφορές η καθεμία.



Εικόνα 6. Κατανομή συχνοτήτων των πηγών ενημέρωσης για τη λειτουργία του εγκεφάλου, όπως δηλώθηκαν από τους συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς. Ο οριζόντιος άξονας αποτυπώνει τον αριθμό των εκπαιδευτικών που ανέφεραν κάθε πηγή, και ο κατακόρυφος άξονας τις τέσσερις κατηγορίες πηγών: Διαδίκτυο/ΜΜΕ, Επιστημονικά Περιοδικά, Σεμινάρια, και Βασικό Πτυχίο.

Τα ευρήματα αυτά καταδεικνύουν ότι οι εκπαιδευτικοί στρέφονται κυρίως σε εύκολα προσβάσιμες, ψηφιακές πηγές και μέσα μαζικής ενημέρωσης, έναντι των εξειδικευμένων επιστημονικών περιοδικών ή της τυπικής πανεπιστημιακής εκπαίδευσης. Η υπεροχή αυτή

καθιστά το ψηφιακό περιβάλλον κεντρικό πεδίο διαμόρφωσης αντιλήψεων, αναδεικνύοντας ταυτόχρονα την ανάγκη για ενίσχυση του επιστημονικού γραμματισμού και των δεξιοτήτων κριτικής αξιολόγησης των πληροφοριών που διακινούνται ελεύθερα στο διαδίκτυο.

5.3 Θεωρητική Αντίληψη έναντι Διδακτικής Πρακτικής

Α. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΟΤΙΒΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΚΤΕΛΕΣΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ

Κατά την εξέταση της θεματικής των γεωμετρικών μοτίβων, εντοπίστηκε μια έντονη ασυμφωνία μεταξύ της θεωρητικής παραδοχής και της πρακτικής εφαρμογής. Η συντριπτική πλειονότητα των εκπαιδευτικών (42 από τους 47, ποσοστό 89.3%) δήλωσε ότι η ενασχόληση με τα μοτίβα βοηθά «Αρκετά» έως «Πολύ» την ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης. Ωστόσο, στο πρακτικό σκέλος της επίλυσης ενός σχετικού προβλήματος, μόλις το 48.9% (23 άτομα) κατάφερε να εντοπίσει τη σωστή απάντηση (Επιλογή Γ). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ποιοτική κατανομή των λανθασμένων απαντήσεων. Η Επιλογή Β συγκέντρωσε ένα εξαιρετικά υψηλό ποσοστό της τάξης του 42.6% (20 εκπαιδευτικοί). Η συγκεκριμένη επιλογή αντιστοιχούσε στο αμέσως επόμενο στοιχείο της ακολουθίας και όχι στο 10ο στοιχείο που ζητούσε ρητά η εκφώνηση του προβλήματος. Ο έλεγχος Fisher’s Exact Test έδειξε ότι η συμπεριφορά αυτή δεν διαφοροποιείται στατιστικά με βάση τα έτη προϋπηρεσίας ($p = 0.3593$).

Β. Η ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ ΤΩΝ ΜΥΘΩΝ ΣΕ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ (ΜΟΝΤΕΛΟ VAK)

Διερευνήθηκε η σχέση ανάμεσα στη θεωρητική πίστη στην αναγκαιότητα διαχωρισμού των μαθητών με βάση τους μαθησιακούς τύπους και στην πρόθεση ενσωμάτωσης πολυαισθητηριακών δραστηριοτήτων στο μάθημα. Η ανάλυση Spearman’s rho ανέδειξε μια θετική συσχέτιση ασθενούς έως μέτριας έντασης ($r_s = 0.25$), η οποία ωστόσο δεν

πέτυχε το συμβατικό επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ($p = 0.0952$), λειτουργώντας αυστηρά ως μια αρχική στατιστική τάση. Αντίστοιχα, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική σύνδεση ανάμεσα στην αποδοχή του μύθου και σε επιλογές που αφορούν τη διακόσμηση του χώρου της τάξης με αφίσες και διαγράμματα ($r_s = 0.20, p = 0.1708$).

5.4 Φυσιολογία του Εγκεφάλου, Νευροπλαστικότητα και Διαχείριση της Τάξης

Α. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ (ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΓΛΥΚΟΖΗ)

Ιδιαίτερα ισχυρά και στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα προέκυψαν από τη συσχέτιση των πεποιθήσεων των εκπαιδευτικών γύρω από τις βιολογικές παραμέτρους (όπως η ενυδάτωση) με τη γενικότερη δεκτικότητά τους απέναντι στις εφαρμογές της έρευνας για τον εγκέφαλο. Χρησιμοποιώντας τον μη παραμετρικό συντελεστή συσχέτισης Spearman's rho, διαπιστώθηκαν τα εξής:

- **Ενυδάτωση και Βελτίωση της Διδασκαλίας:** Η πεποίθηση ότι η επαρκής ενυδάτωση επηρεάζει άμεσα τη γνωστική απόδοση και τη μνήμη στην τάξη συσχετίζεται θετικά και σε εξαιρετικά σημαντικό βαθμό με την άποψη ότι τα ευρήματα των νευροεπιστημών μπορούν να οδηγήσουν σε καλύτερη εκπαίδευση των μαθητών ($r_s = 0.44, p = 0.00198$).
- **Ενυδάτωση και Κατανόηση της Μαθησιακής Διαδικασίας:** Αντίστοιχα, η θετική στάση απέναντι στον ρόλο της ενυδάτωσης συνδέεται ισχυρά με την πεποίθηση ότι η γνώση της εγκεφαλικής λειτουργίας αποτελεί κρίσιμο εφόδιο για την κατανόηση της μαθησιακής διαδικασίας από τους καθηγητές ($r_s = 0.42, p = 0.00315$).
- **Η Επίδραση των Επιπέδων Γλυκόζης:** Αντίθετα με την περίπτωση της ενυδάτωσης, η συσχέτιση των απόψεων για τις διακυμάνσεις της γλυκόζης με την ανάγκη μετάφρασης των ευρημάτων σε πρακτικές στρατηγικές κατέγραψε μόνο μια ασθενή στατιστική τάση ($r_s = 0.25, p = 0.0952$).

Β. ΤΟ ΠΑΡΑΔΟΞΟ ΤΗΣ ΓΝΩΣΤΙΚΗΣ ΑΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑΣ (ΜΥΘΟΣ 10% ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ)

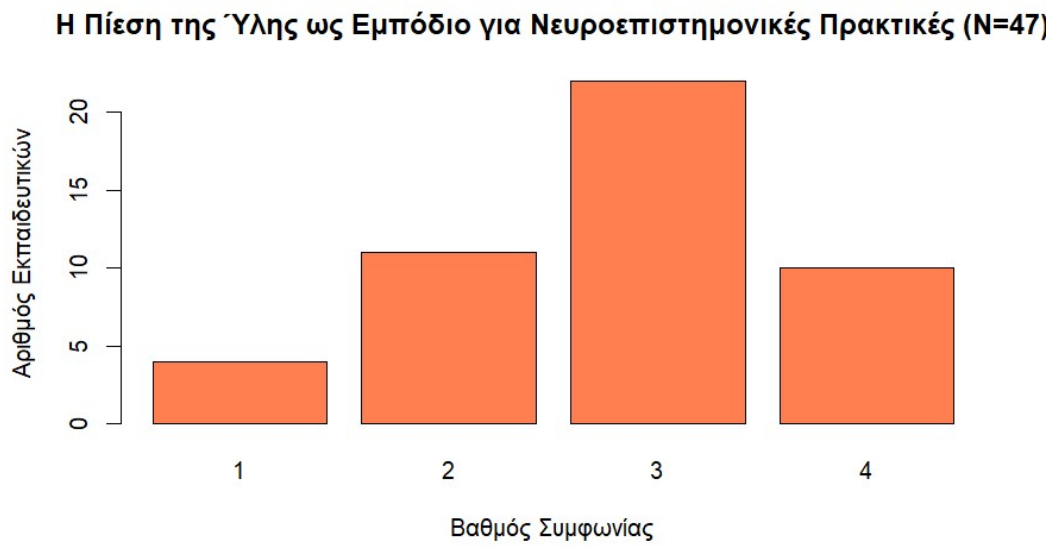
Κατά τον έλεγχο της σχέσης ανάμεσα στον δημοφιλή Μύθο του 10% και τις επιστημονικές αλήθειες της Νευροπλαστικότητας, δεν εντοπίστηκε καμία στατιστικά σημαντική συσχέτιση (οι τιμές p κυμάνθηκαν από 0.229 έως 0.923).

Επιπλέον, η πίστη στον Μύθο του 10% βρέθηκε να είναι εντελώς ανεξάρτητη από την πρόθεση των εκπαιδευτικών για μελλοντική επιμόρφωση (p = 0.7562) ή για την ενσωμάτωση νέων επιστημονικών μεθόδων στη διδασκαλία τους (p = 0.4932).

Γ. ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΕΜΠΟΔΙΑ: ΠΙΕΣΗ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΦΟΡΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τέλος, διερευνήθηκαν οι πρακτικοί παράγοντες που επηρεάζουν το εκπαιδευτικό πλαίσιο. Η υποκειμενική αίσθηση πίεσης για την κάλυψη της διδακτέας ύλης κατέδειξε μια οριακή στατιστική τάση διαφοροποίησης ανάλογα με τον τύπο σχολείου ($p = 0.0895$), η οποία ωστόσο δεν πληροί τα κριτήρια στατιστικής σημαντικότητας. Σε περιγραφικό επίπεδο, οι καθηγητές των Γενικών Λυκείων εμφάνισαν μια ελαφρώς συχνότερη συγκέντρωση στις απαντήσεις «Συμφωνώ» και «Συμφωνώ απόλυτα» σε σχέση με τους συναδέλφους τους στα Γυμνάσια, αποτυπώνοντας σε επίπεδο ενδείξεων το βάρος προετοιμασίας για τις Πανελλαδικές Εξετάσεις και την Τράπεζα Θεμάτων.

Παράλληλα, η πίεση της ύλης αποδείχθηκε πλήρως ανεξάρτητη από τον βαθμό υιοθέτησης των νευρομύθων ($r_s = -0.09, p = 0.567$), ενώ και η θεωρητική παραδοχή της αξίας της Νευροεκπαίδευσης δεν συνδέθηκε στατιστικά με την έμπρακτη επιθυμία συμμετοχής σε μελλοντικά σεμινάρια ($r_s = 0.16, p = 0.2849$).



Εικόνα 7. Κατανομή των απαντήσεων 47 εκπαιδευτικών αναφορικά με το βαθμό συμφωνίας τους σχετικά με την «Πίεση της Ύλης ως Εμπόδιο για Νευροεπιστημονικές Πρακτικές». Ο οριζόντιος άξονας αποτυπώνει την κλίμακα συμφωνίας (1 έως 4) και ο κατακόρυφος άξονας τη συχνότητα εμφανίσεων (αριθμός εκπαιδευτικών).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^{Ο}: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1 Γενικός Δείκτης Υιοθέτησης Νευρομύθων και Δημογραφικοί Παράγοντες

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας αναδεικνύουν μια οριζόντια και καθολική διασπορά των νευρομύθων στην εκπαιδευτική κοινότητα, καθώς η υιοθέτηση αυτών των γνωστικών παρανοήσεων φαίνεται να μην επηρεάζεται από τη δημογραφική και επαγγελματική ταυτότητα των εκπαιδευτικών. Αρχικά, καταρρίπτεται η υπόθεση ότι οι νεότεροι εκπαιδευτικοί, με προϋπηρεσία από μηδέν έως πέντε έτη, θα εμφάνιζαν αυξημένη ετοιμότητα στην αναγνώριση και κατάρριψη των μύθων λόγω της πρόσφατης αποφοίτησής τους από τα πανεπιστημιακά ιδρύματα. Η διαπιστωθείσα ομοιογένεια στις επιδόσεις μεταξύ των ηλικιακών και εργασιακών ομάδων υποδηλώνει είτε ότι οι νευρομύθοι συνεχίζουν να αναπαράγονται μέσα στα σύγχρονα προγράμματα σπουδών, είτε ότι η βασική πανεπιστημιακή κατάρτιση στερείται επαρκούς ενημέρωσης γύρω από το πεδίο της Γνωστικής Νευροεπιστήμης. Το συγκεκριμένο εύρημα τελεί σε απόλυτη βιβλιογραφική συμφωνία με τη διεθνή αρθρογραφία (π.χ. Dekker et al., 2012), η οποία τεκμηριώνει τελεσίδικα ότι η εργασιακή εμπειρία δεν λειτουργεί ως προστατευτικός παράγοντας απέναντι στις εσφαλμένες αντιλήψεις για τη λειτουργία του εγκεφάλου.

Στην ίδια κατεύθυνση, η κατοχή προχωρημένων τίτλων σπουδών, όπως μεταπτυχιακών ή διδακτορικών διπλωμάτων, δεν φάνηκε να εξασφαλίζει χαμηλότερα ποσοστά υιοθέτησης των εν λόγω παρανοήσεων. Η σταθερότητα αυτή αποδεικνύει ότι οι γενικές ακαδημαϊκές σπουδές, ακόμη και στο ανώτερο επίπεδο εξειδίκευσης, δεν ενσωματώνουν απαραίτητα θεματικές ενότητες που άπτονται της Γνωστικής Νευροεπιστήμης και της Νευροεκπαίδευσης.

Τέλος, η διατήρηση των ίδιων αποτελεσμάτων ανεξάρτητα από τον τύπο του σχολικού πλαισίου (π.χ. Γενικά Λύκεια έναντι Επαγγελματικών Λυκείων) ενισχύει το επιχείρημα της οριζόντιας διάχυσης των μύθων, οι οποίοι εμφανίζονται τόσο βαθιά ριζωμένοι στην ευρύτερη εκπαιδευτική κουλτούρα, ώστε να επηρεάζουν ισότιμα το σύνολο του εκπαιδευτικού πληθυσμού. Συμπερασματικά, τα δεδομένα αυτά υπογραμμίζουν την επιτακτική ανάγκη για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση στοχευμένων επιμορφωτικών

προγραμμάτων πάνω στη Νευροεκπαίδευση, τα οποία θα απευθύνονται καθολικά στους εν ενεργεία καθηγητές Μαθηματικών στην Ελλάδα, προκειμένου να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ της εργαστηριακής έρευνας και της σχολικής πρακτικής.

6.2 Πηγές Ενημέρωσης και Διάχυση των Παρανοήσεων

Η κυριαρχία του «Διαδικτύου/ΜΜΕ» ως κύριας πηγής ενημέρωσης (21 αναφορές) σε συνδυασμό με την έλλειψη στατιστικά σημαντικής διαφοράς στον δείκτη υιοθέτησης ($p = 0.4028$) προσφέρει πρόσφορο έδαφος για ουσιαστική ερευνητική ερμηνεία.

Αρχικά, η υπεροχή των ψηφιακών μέσων αντανακλά τη γενικότερη στροφή της σύγχρονης κοινωνίας στην άμεση, γρήγορη και ανοικτή πληροφόρηση. Ωστόσο, η ποιότητα της διάχυσης της νευροεπιστημονικής γνώσης στο διαδίκτυο είναι συχνά ανομοιογενής, βρίθοντας από εντυπωσιοθηρικούς τίτλους, υπεραπλουστεύσεις και εμπορικά προωθούμενες «εγκεφαλικές μεθόδους», στοιχείο που εξηγεί τη διατήρηση των παρανοήσεων.

Παράλληλα, το γεγονός ότι ο δείκτης αποδοχής των νευρομύθων παρέμεινε εξίσου υψηλός (2.70) τόσο στους εκπαιδευτικούς που βασίζονται στο διαδίκτυο όσο και σε εκείνους που επέλεξαν παραδοσιακές ή επιστημονικές πηγές (π.χ. περιοδικά, βασικό πτυχίο, σεμινάρια), υποδηλώνει μια καθολική και οριζόντια έκθεση στην παραπληροφόρηση. Αυτό καταδεικνύει ότι οι νευρομύθοι δεν αποτελούν αποκλειστικό παράγωγο «πρόχειρης ψηφιακής περιήγησης», αλλά έχουν πλέον ενσωματωθεί οργανικά στην ευρύτερη εκπαιδευτική κουλτούρα. Μεταφέρονται μέσα από επιμορφωτικά σεμινάρια παλαιότερης κοπής, παιδαγωγικά εγχειρίδια ή διαπροσωπικές συζητήσεις συναδέλφων («από στόμα σε στόμα»), καθιστώντας σαφές ότι η απλή αποφυγή των ψηφιακών μέσων δεν αρκεί για να προστατεύσει τον εκπαιδευτικό από την υιοθέτησή τους.

6.3 Θεωρητική Αντίληψη έναντι Διδακτικής Πρακτικής

Α. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΟΤΙΒΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΚΤΕΛΕΣΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ

Η έρευνα αυτή αναδεικνύει ότι οι εκπαιδευτικοί κατέχουν τη θεωρητική γνώση σχετικά με τη χρησιμότητα των μοτίβων ως διδακτικού εργαλείου (στοιχείο που προωθείται έντονα στα αναλυτικά προγράμματα), αλλά ενδεχομένως υστερούν σε επίπεδο προσωπικής εξοικείωσης ή πρακτικής κατάρτισης. Επιπλέον, η συσσώρευση των λαθών στην Επιλογή Β (αμέσως επόμενο στοιχείο) υποδηλώνει ότι οι εκπαιδευτικοί δεν αντιμετώπισαν δομική δυσκολία στην κατανόηση της μαθηματικής λογικής του μοτίβου. Αντίθετα, υπέπεσαν σε σφάλμα βιασύνης και παρανάγνωσης της εκφώνησης (response haste). Το εύρημα αυτό υπογραμμίζει τη σημασία των εκτελεστικών λειτουργιών (όπως η αναστολή της παρορμητικότητας και η εστίαση της προσοχής), οι οποίες φαίνεται να παρακάμπτονται ή να κάμπτονται υπό καθεστώς πίεσης, ακόμη και όταν πρόκειται για ενήλικες εκπαιδευτικούς. Η τάση αυτή προσφέρει μια πολύ ουσιαστική ερμηνεία για τη Συζήτηση της εργασίας. Αποδεικνύει ότι οι νευρομύθοι δεν παραμένουν εγκλωβισμένοι ως αφηρημένες θεωρητικές ιδέες στο μυαλό των εκπαιδευτικών, αλλά μεταφράζονται απευθείας σε διδακτικές πρακτικές.

Β. Η ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ ΤΩΝ ΜΥΘΩΝ ΣΕ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ (ΜΟΝΤΕΛΟ VAK)

Η θετική συσχέτιση ανάμεσα στην αποδοχή του διαχωρισμού των μαθητών σε αισθητηριακούς τύπους και στον πολυαισθητηριακό σχεδιασμό της διδασκαλίας ($r_s = 0.25, p = 0.0952$), παρότι παραμένει σε επίπεδο στατιστικής τάσης, προσφέρει ενδιαφέρουσες ποιοτικές ενδείξεις. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει μια πιθανή προδιάθεση των εκπαιδευτικών να μεταφέρουν τις θεωρητικές τους παρανοήσεις στον πρακτικό σχεδιασμό του μαθήματος. Ενδεχομένως, η αποδοχή του μοντέλου VAK να ωθεί τους καθηγητές στην προσπάθεια εξισορρόπησης διαφορετικών ερεθισμάτων, υπό την πεποίθηση ότι έτσι ανταποκρίνονται σε υποτιθέμενους «διαφορετικούς τύπους εγκεφάλων». Εντούτοις, δεδομένου ότι η σχέση αυτή δεν τεκμηριώθηκε ως στατιστικά σημαντική, απαιτείται προσοχή: δεν μπορεί να διατυπωθεί ασφαλές συμπέρασμα ότι ο μύθος κατευθύνει ευθέως και αποκλειστικά τη διδακτική μεθοδολογία, στοιχείο που

υπογραμμίζει την ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης σε μεγαλύτερα δείγματα. Παράλληλα, η παντελής έλλειψη συσχέτισης με τη διαμόρφωση του χώρου της αίθουσας ($p = 0.1708$) δείχνει ότι παράγοντες όπως το περιβάλλον της τάξης καθορίζονται μάλλον από πρακτικούς περιορισμούς ή γενικότερη σχολική κουλτούρα και όχι από νευροεπιστημονικές παρανοήσεις.

6.4 Φυσιολογία του Εγκεφάλου, Νευροπλαστικότητα και Διαχείριση της Τάξης

Α. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ (ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΓΛΥΚΟΖΗ)

Τα ευρήματα αυτά αναδεικνύουν ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον φαινόμενο αναφορικά με τον τρόπο που οι εκπαιδευτικοί προσλαμβάνουν τη σχέση σώματος, εγκεφάλου και μάθησης. Η ισχυρή θετική συσχέτιση ανάμεσα στην αποδοχή της σημασίας της ενυδάτωσης και στη θετική στάση απέναντι στη Νευροεκπαίδευση ($r_s \approx 0.42 - 0.44, p < 0.01$) αναδεικνύει την ύπαρξη μιας υποομάδας εκπαιδευτικών με έντονη ευαισθητοποίηση προς τις βιολογικές και φυσιολογικές παραμέτρους της μάθησης. Οι εκπαιδευτικοί αυτοί τείνουν να αντιλαμβάνονται τη γνωστική απόδοση όχι ως μια απομονωμένη πνευματική διεργασία, αλλά ως ένα φαινόμενο άρρηκτα συνδεδεμένο με τη σωματική κατάσταση του μαθητή.

Ωστόσο, το εύρημα αυτό επιδέχεται μια διττή ερμηνεία υπό το πρίσμα της διεθνούς βιβλιογραφίας. Από τη μία πλευρά, η αναγνώριση βασικών φυσιολογικών αναγκών συνάδει με μια πιο ολιστική θεώρηση της διαχείρισης της τάξης. Από την άλλη πλευρά, όπως επισημαίνουν οι Dekker et al. (2012) και ο Howard-Jones (2014), ο υπερτονισμός της άμεσης επίδρασης της κατανάλωσης νερού στις νοητικές επιδόσεις συχνά εμπίπτει στα όρια των «ήπιων νευρομύθων», έχοντας διαδοθεί ευρέως μέσα από εμπορικά εκπαιδευτικά πακέτα (όπως το *Brain Gym*).

Υπό αυτή την έννοια, η θετική συσχέτιση δεν αντικατοπτρίζει απαραίτητα βαθιά γνώση της νευροφυσιολογίας, αλλά επιβεβαιώνει ένα κλασικό μοτίβο της βιβλιογραφίας: οι

εκπαιδευτικοί που επιδεικνύουν τον μεγαλύτερο ενθουσιασμό και τη μεγαλύτερη ανοιχτότητα απέναντι στις «εγκεφαλικές εφαρμογές» στην εκπαίδευση είναι συχνά και οι πιο ευάλωτοι στην υιοθέτηση δημοφιλών, απλουστευτικών θεωριών.

Η διαφοροποίηση που παρατηρήθηκε σε σχέση με τη γλυκόζη ($p = 0.0952$) ενισχύει την παραπάνω ερμηνεία. Η έννοια της ενυδάτωσης είναι εξαιρετικά ορατή και κοινωνικά αναπαραγόμενη στην καθημερινότητα του σχολείου (π.χ. παρουσία μπουκαλιών στα θρανία), γεγονός που καθιστά την ιδέα οικεία και ελκυστική. Αντίθετα, οι μεταβολικές διακυμάνσεις της γλυκόζης και ο ρόλος τους στην προσοχή συνιστούν πιο σύνθετη επιστημονική γνώση, η οποία δεν έχει γνωρίσει την ίδια εκλαϊκευμένη διάδοση, με αποτέλεσμα οι εκπαιδευτικοί να δυσκολεύονται να τη συνδέσουν άμεσα με τη διδακτική πράξη.

Β. ΤΟ ΠΑΡΑΔΟΞΟ ΤΗΣ ΓΝΩΣΤΙΚΗΣ ΑΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑΣ (ΜΥΘΟΣ 10% ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ)

Τα αποτελέσματα αυτά αναδεικνύουν ένα ενδιαφέρον ψυχολογικό παράδοξο: οι εκπαιδευτικοί είναι σε θέση να πιστεύουν ταυτόχρονα σε έναν επιστημονικό μύθο και να αποδέχονται μια επιστημονική αλήθεια που τον καταρρίπτει, όπως η αναδιοργάνωση του εγκεφάλου.

Στη γνωστική ψυχολογία, αυτό ερμηνεύεται μέσω της διαδικασίας της νοητικής διαμερισματοποίησης (compartmentalization). Οι δύο έννοιες είναι αποθηκευμένες σε «διαφορετικά κουτάκια» στο μυαλό των εκπαιδευτικών, οι οποίοι δεν αντιλαμβάνονται ότι η στατική φύση του Μύθου του 10% έρχεται σε πλήρη λογική σύγκρουση με τη δυναμική φύση της νευροπλαστικότητας. Ο Μύθος του 10% επιβιώνει αυτόνομα επειδή αναπαράγεται διαρκώς, ως μια ελπιδοφόρος ιδέα περί «κρυμμένων νοητικών δυνάμεων».

Το θετικό στοιχείο που προκύπτει είναι ότι η επιμονή σε αυτή την παρανόηση δεν σχετίζεται με μειωμένη πρόθεση για μάθηση ή με δογματισμό. Η επιθυμία για επαγγελματική ανάπτυξη αποτελεί μια αυτόνομη, υγιή στάση που απλώς αναμένει την κατάλληλη και έγκυρη επιστημονική επιμόρφωση για να διοχετευθεί σε ορθές πρακτικές.

Γ. ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΕΜΠΟΔΙΑ: ΠΙΕΣΗ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΦΟΡΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το γεγονός ότι η πίεση για την κάλυψη της ύλης δεν συσχετίστηκε με τον γενικό δείκτη νευρομύθων ($p = 0.567$) αποτελεί ένα ιδιαίτερα διαφωτιστικό εύρημα. Καταρρίπτει την υπόθεση ότι η έλλειψη διδακτικού χρόνου ωθεί τους εκπαιδευτικούς σε πρόχειρες, απλουστευτικές αντιλήψεις ή ότι όσοι πιστεύουν σε εξατομικευμένες θεωρίες (όπως το VAK) αισθάνονται περισσότερο εγκλωβισμένοι από το αναλυτικό πρόγραμμα.

Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ σχολικών μονάδων, η παρατηρηθείσα διαφορά μεταξύ ΓΕΛ και Γυμνασίων δεν ξεπέρασε το όριο της στατιστικής σημαντικότητας ($p = 0.0895$). Συνεπώς, παρότι σε περιγραφικό επίπεδο διαφαίνεται ότι οι αυξημένες απαιτήσεις των Πανελλαδικών Εξετάσεων εντείνουν την αίσθηση ασφυκτικών προθεσμιών στους εκπαιδευτικούς του Λυκείου, το φαινόμενο αυτό πρέπει να ερμηνεύεται ως διερευνητική υπόθεση εργασίας και όχι ως γενικεύσιμο συμπέρασμα.

Τέλος, η απουσία συσχέτισης ανάμεσα στη θεωρητική αναγνώριση της αξίας της Νευροεκπαίδευσης και στην πρόθεση παρακολούθησης σχετικών επιμορφώσεων ($p = 0.2849$) φέρνει στην επιφάνεια ρεαλιστικούς περιορισμούς: τη συσσωρευμένη επαγγελματική κόπωση και την επιφυλακτικότητα απέναντι σε επιμορφώσεις που συχνά θεωρούνται απόμακρες από τις πραγματικές δυσκολίες της καθημερινής τάξης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7Ο: ΣΥΝΟΨΗ, ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ & ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

7.1 Σύνοψη Έρευνας

Η ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας επιτρέπει τη σφαιρική αποτίμηση του ρόλου της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης στη διδακτική των Μαθηματικών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, αναδεικνύοντας ταυτόχρονα το κρίσιμο ζήτημα της διάδοσης των νευρομύθων στην ελληνική εκπαιδευτική κοινότητα. Μέσα από τη θεωρητική ανασκόπηση γεφυρώθηκαν τα σύγχρονα ευρήματα της νευροεπιστήμης, αναφορικά με τη βιολογική φυσιολογία του εγκεφάλου και τις τεχνικές νευροαπεικόνισης, με εφαρμοσμένες παιδαγωγικές έννοιες όπως οι εκτελεστικές λειτουργίες, τα συστήματα μνήμης και το μαθηματικό άγχος. Το εμπειρικό σκέλος της μελέτης, το οποίο βασίστηκε σε ποσοτική μεθοδολογία, οδήγησε σε αξιοσημείωτα συμπεράσματα που επιβεβαιώνουν τη διεθνή βιβλιογραφία, αποκαλύπτοντας έναν ιδιαίτερα υψηλό Γενικό Δείκτη Υιοθέτησης Νευρομύθων, ο οποίος ανήλθε στο 2.70. Το εύρημα αυτό πιστοποιεί μια οριζόντια και στατιστικά ομοιογενή διασπορά των επιστημονικών παρανοήσεων, καθώς η αποδοχή τους βρέθηκε να είναι εντελώς ανεξάρτητη από τα έτη προϋπηρεσίας των εκπαιδευτικών, το επίπεδο των ακαδημαϊκών τους σπουδών ή τον τύπο της σχολικής μονάδας στην οποία υπηρετούν. Επιπλέον, η στατιστική ανάλυση έφερε στο φως το παράδοξο φαινόμενο της νοητικής διαμερισματοποίησης, καθώς οι συμμετέχοντες εμφανίζονται ικανοί να υιοθετούν ταυτόχρονα ανακριβείς θεωρίες, όπως ο Μύθος του 10%, και επιστημονικές αλήθειες που τις καταρρίπτουν, όπως η νευροπλαστικότητα. Τέλος, αναδείχθηκε μια σαφής ασυμφωνία μεταξύ της θεωρητικής αντίληψης και της διδακτικής πρακτικής, καθώς η συντριπτική πλειονότητα των καθηγητών αναγνωρίζει τη σημασία των γεωμετρικών μοτίβων για την ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης, ωστόσο στο πρακτικό σκέλος επίλυσης ενός προβλήματος υπέπεσε σε σφάλματα παρορμητικότητας και βιασύνης, παρακάμπτοντας τις απαραίτητες εκτελεστικές λειτουργίες ελέγχου.

7.2 Περιορισμοί Έρευνας

Κατά την αξιολόγηση των παραπάνω αποτελεσμάτων, κρίνεται σκόπιμο να επισημανθούν ορισμένοι μεθοδολογικοί περιορισμοί, οι οποίοι προσδιορίζουν τα όρια γενίκευσης της έρευνας. Ο πρωταρχικός περιορισμός εστιάζεται στο μέγεθος του δείγματος, το οποίο περιόρισε τη στατιστική ισχύ ορισμένων αναλύσεων. Συγκεκριμένα, κατά τη διερεύνηση των πρακτικών εμποδίων που απορρέουν από το σχολικό περιβάλλον, η υποκειμενική αίσθηση πίεσης για την κάλυψη της διδακτέας ύλης εμφάνισε μια ισχυρή τάση διαφοροποίησης με υψηλότερα ποσοστά στους καθηγητές των Γενικών Λυκείων, ωστόσο το επίπεδο σημαντικότητας διαμορφώθηκε στο $p=0.09$. Η τιμή αυτή, αν και αναδεικνύει μια σαφή κατεύθυνση των δεδομένων, δεν επιτρέπει την απόλυτη στατιστική τεκμηρίωση και τη γενίκευση του φαινομένου στον ευρύτερο πληθυσμό των Ελλήνων μαθηματικών. Ένας επιπλέον περιορισμός συνδέεται με τη φύση του ερευνητικού εργαλείου, καθώς η αποκλειστική χρήση δομημένου ερωτηματολογίου στερεί από τη μελέτη το βάθος της ποιοτικής ανάλυσης. Οι συμμετέχοντες δεν είχαν τη δυνατότητα να αιτιολογήσουν τις απαντήσεις τους, να επεκταθούν στις προσωπικές τους διδακτικές εμπειρίες ή να περιγράψουν τον τρόπο με τον οποίο ο υπερβολικός φόρτος εργασίας και η επαγγελματική κόπωση λειτουργούν ανασταλτικά ως προς τη δέσμευση προσωπικού χρόνου για μελλοντική επιμόρφωση.

7.3 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Βάσει των περιορισμών αυτών, διαμορφώνονται συγκεκριμένες προτάσεις για τη διεξαγωγή μελλοντικών ερευνητικών προσπαθειών. Αρχικά, κρίνεται σκόπιμη η διεξαγωγή αντίστοιχων μελετών με σημαντικά διευρυμένο δείγμα εκπαιδευτικών, προκειμένου να αποσαφηνιστεί πλήρως αν το ασφυκτικό περιβάλλον του Λυκείου, που καθορίζεται από τις Πανελλαδικές Εξετάσεις και την Τράπεζα Θεμάτων, αποτελεί πράγματι αποτρεπτικό παράγοντα για την ενσωμάτωση καινοτόμων νευροεκπαιδευτικών μεθόδων. Επιπρόσθετα, προτείνεται η υιοθέτηση μικτών μεθοδολογικών προσεγγίσεων, οι οποίες θα συνδυάζουν την ποσοτική συλλογή δεδομένων με ημιδομημένες συνεντεύξεις ή με την απευθείας παρατήρηση της διδασκαλίας μέσα στην τάξη, ώστε να

ερμηνευτεί σε βάθος ο μηχανισμός με τον οποίο οι νευρομύθοι μεταφράζονται σε δομικά στοιχεία του μαθήματος.

7.4 Εκπαιδευτικές και Πρακτικές Συνεπαγωγές

Σε πρακτικό επίπεδο, τα ευρήματα της παρούσας εργασίας υπογραμμίζουν την επιτακτική ανάγκη για ριζικές αλλαγές στην εκπαιδευτική πολιτική και την κατάρτιση των εκπαιδευτικών στην Ελλάδα. Η διαπίστωση ότι οι νευρομύθοι είναι βαθιά ριζωμένοι στην εκπαιδευτική κουλτούρα καθιστά αναγκαία τη θεσμοθέτηση στοχευμένων επιμορφωτικών προγραμμάτων Νευροεκπαίδευσης από τους αρμόδιους φορείς. Παράλληλα, το γεγονός ότι οι νεότεροι εκπαιδευτικοί δεν εμφανίζουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα απέναντι στις παρανοήσεις αναδεικνύει ελλείμματα στη βασική πανεπιστημιακή εκπαίδευση, γεγονός που επιβάλλει την αναθεώρηση των προγραμμάτων σπουδών των πανεπιστημιακών τμημάτων και την ένταξη μαθημάτων Γνωστικής Νευροεπιστήμης. Συμπερασματικά, η θωράκιση των καθηγητών Μαθηματικών απέναντι στις επιστημονικές παρανοήσεις και η αντικατάστασή τους με έγκυρες, τεκμηριωμένες στρατηγικές που λαμβάνουν υπόψη τη φυσιολογία του εγκεφάλου, μπορούν να αναβαθμίσουν ποιοτικά τη διδακτική πράξη, συμβάλλοντας αποτελεσματικά στη μείωση του μαθηματικού άγχους και στην ενίσχυση της μαθησιακής ικανότητας των μαθητών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Amjad, A. I., Tabassum, U., & Abbad, N. (2022). The effect of brain-based learning on students' self-efficacy to learn and perform mathematics: Implication of neuroscience into school psychology. *Pakistan Languages and Humanities Review*, 6(3), 748–759. https://doi.org/10.47205/plhr.2022(6-III)60

Amran, M. S., Surat, S., & Rahman, S. (2019). Emotions in learning mathematics and its relationship to memory: Insight from neuroscience to classroom findings. *Religación. Revista De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 4(19), 210–215.

Antonopoulou, H., Halkiopoulos, C., & Gkintoni, E. (2023). Educational neuroscience and its contribution to math learning. *Technium Education and Humanities*, 4, 86–95. https://doi.org/10.47577/teh.v4i.8237

Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 181–185. https://doi.org/10.1111/1467-8721.00196

Auccahuasi, W., Santiago, G., Oré, E., & Sernaque, F. (2018). Interactive online tool as an instrument for learning mathematics through programming techniques, aimed at high school students. In *ICIT 2018: Proceedings of the 6th International Conference on Information Technology: IoT and Smart City* (pp. 70–76). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3301551.3301580

Bakar, M. A. A., Ghani, A. T. A., & Abdullah, M. L. (2024). Discover teacher's knowledge on neuroscience and mathematics learning relevancy via fuzzy conjoint analysis: Study case in southern Malaysia. *Malaysian Journal of Mathematical Sciences*, 18(4), 711–725. https://doi.org/10.47836/mjms.18.4.02

Beilock, S. L., Gunderson, E. A., Ramirez, G., & Levine, S. C. (2010). Female teachers' math anxiety affects girls' math achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(5), 1860–1863. https://doi.org/10.1073/pnas.0910967107

Bonnie, E. R. (2016). *A paradigm shift in classroom learning practices to propose methods aligned with a neuroeducation conceptual framework* (Publication No. 10139151) [Doctoral dissertation, University of Portland]. ProQuest Dissertations and Theses Global.

Butterworth, B., Varma, S., & Laurillard, D. (2011). Dyscalculia: From brain to education. *Science*, 332(6033), 1049–1053. https://doi.org/10.1126/science.1201536

Caballero, M., & Llorent, V. J. (2022). The effects of a teacher training program on neuroeducation in improving reading, mathematical, social, emotional and moral competencies of secondary school students: A two-year quasi-experimental study.

Revista de Psicodidáctica (English ed.), 27(2), 158–167. https://doi.org/10.1016/j.psicoe.2022.05.001

Campos, N. (2018). Neuroeducation in the classroom: Using multimodal neuroimaging to predict mathematical learning. *Journal of Neuroeducation*, 1(1), 12–25.

Cantillo-Rudas, B. M., Rodríguez-Nieto, C. A., Font Moll, V., & Rodríguez-Vásquez, F. M. (2024). Mathematical and neuro-mathematical connections activated by a teacher and his student in the geometric problems-solving: A view of networking of theories. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(10), Article em2522. https://doi.org/10.29333/ejmste/15470

Γαργαλιώνη, Ε. (2021). *Εφαρμογές της νευροεκπαίδευσης σε αλγοριθμικές μεθόδους της γραμμικής άλγεβρας* (Διπλωματική εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο). Ψηφιακό Αποθετήριο Αποθέσις. https://apothesis.eap.gr/archive/item/75106

Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P., & Jolles, J. (2012). Neuromyths in education: Models and predictors in selected domains. *Frontiers in Psychology*, *3*, Article 429. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00429

Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20(3-6), 487–506. https://doi.org/10.1080/02643290244000239

Δημητρακόπουλος, Γ. (2018). *Μέθοδοι μηχανικής εκμάθησης από δεδομένα μεγάλης κλίμακας με εφαρμογή στην ανάλυση δικτύων της μοριακής βιολογίας και των νευροεπιστημών* (Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών). Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/43575

Diéguez, M. P., García, M. C., Asencio, E. N., & Vergara-Moragues, E. (2024). Executive function training through a mindfulness-based neuroeducational program in elementary school students. *Mindfulness*, 15, 2739–2749. https://doi.org/10.1007/s12671-024-02474-8

Geake, J. (2008). Neuromyths in education. *Educational Research*, *50*(2), 123–133. https://doi.org/10.1080/00131880802082518

Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(7), 307–314. https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.05.002

Ferrero, M., Garaizar, P., & Vadillo, M. A. (2016). Uncovering neuromyths in education: A correct behavior or a false belief? *Frontiers in Psychology*, *7*, Article 830. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00830

Finlayson, M. (2014). Addressing math anxiety in the classroom. *Improving Schools*, 17(1), 99–115. https://doi.org/10.1177/1365480214521457

Fridriksson, J., Yourganov, G., Bonilha, L., Basilakos, A., Den Ouden, D. B., & Rorden, C. (2016). Revealing the dual streams of speech processing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(52), 15108–15113. https://doi.org/10.1073/pnas.1614038114

Götz, T., & Lindner, V. (Eds.). (2022). Fachdidaktik Deutsch und Mathematik: Theoretical Analysen, empirische Ergebnisse und aktuelle Entwicklungen. *Didacticum: Zeitschrift für Fachdidaktik in Forschung und Unterricht*, 4(1). https://didacticum.phst.at/index.php/didacticum/article/view/87/38

Grant, J. G., Siegel, L. S., & D'Angiulli, A. (2020). From schools to scans: A neuroeducational approach to comorbid math and reading disabilities. *Frontiers in Public Health*, 8, Article 469. https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00469

Hämäläinen, M., Hari, R., Ilmoniemi, R., Knuutila, J., & Lounasmaa, O. (1993). Magnetoencephalography: Theory, instrumentation, and applications to noninvasive studies of the working human brain. *Reviews of Modern Physics*, 65(2), 413–497. https://doi.org/10.1103/RevModPhys.65.413

Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education: Myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, *15*(12), 817–824. https://doi.org/10.1038/nrn3817

Kandel, E. R., Koester, J. D., Mack, S. H., & Siegelbaum, S. A. (Eds.). (2021). *Principles of neural science* (6th ed.). McGraw Hill.

Landinez, A. Y. (2024). Overview of neuroeducation basic principles. *International Journal of Educational Neuroscience*, 6(1), 45–58.

Λουκοβίτης, Ε. (2019). *Διερεύνηση της προτίμησης χεριού και ματιού αθλητών και αθλητριών σκοποβολής αγωνιστικού επιπέδου* (Διπλωματική εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης). Ψηφιακό Αποθετήριο ΙΚΕΕ. https://ikee.lib.auth.gr/record/310279/files/GRI-2019-26430.pdf

Μαλεγιαννάκη, Α. (2015). *Η ανάπτυξη γνωστικών και μεταγνωστικών διαστάσεων του συστήματος της προσοχής σε παιδιά σχολικής ηλικίας* (Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης). Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/35894

Maloney, E. A., & Beilock, S. L. (2012). Math anxiety: Who has it, why it develops, and how to guard against it. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(8), 404–406. https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.06.008

Μαργέλη, Τ. (2009). *Η λειτουργία του άξονα υποθάλαμος-υπόφυση-επινεφρίδια σε νοσηλευόμενους ασθενείς της παθολογικής κλινικής με διαφορετικής βαρύτητας νοσήματα* (Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών). Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών (ΕΚΤ). https://freader.ekt.gr/eadd/index.php?doc=26439&lang=el

Masson, S. (2012). Neuroeducation: Understanding the brain to improve teaching [Editorial]. *Neuroeducation*, 1(1), 1–2. https://doi.org/10.24046/neuroed.20120101.1

Menon, V. (2014). Arithmetic in the child and adult brain. In R. C. Kadosh & A. Dowker (Eds.), *The Oxford handbook of numerical cognition* (pp. 502–521). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199642342.013.041

Μιχαλακούδη, Α. (2022). *Εκτελεστικές λειτουργίες, μαθηματική και λεκτική συλλογιστική κατά τη σχολική ηλικία: Μελέτη παρέμβασης για τον ρόλο της ενσυνειδητότητας* (Διδακτορική διατριβή, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης). Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/51238

Μητσοπούλου, Α. (2024). *Μελέτη της επίδρασης των παραγόντων της κοινωνικής γνωστικής θεωρίας της σταδιοδρομίας στην ανάπτυξη εκδήλωσης ενδιαφέροντος μαθητών σε πεδία STEM στην ανώτερη εκπαίδευση* (Διδακτορική διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο). Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/58235

Νιδάκης, Γ. (2019). *Αξιοποίηση σεναρίων εκπαίδευσης στην νευρο-ανατομία με χρήση συστημάτων μεικτής πραγματικότητας διάμεσου του αισθητήρα Microsoft HoloLens* (Διπλωματική εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης). Ψηφιακό Αποθετήριο ΙΚΕΕ. https://ikee.lib.auth.gr/record/304978/files/GRI-2019-24294.pdf

Nieder, A. (2005). Counting on neurons: The neurobiology of numerical competence. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(3), 177–190. https://doi.org/10.1038/nrn1626

OECD. (2002). *Understanding the brain: Towards a new learning science*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264174986-en

Νικολόπουλος, Γ., Ποθητού, Κ., & Τριποτσέρη, Γ. (2019). *Ανάκληση συμβόλων και εργαζόμενη μνήμη*. Πανελλήνιο Συνέδριο Επιστημών Εκπαίδευσης, 1, 820–834. https://doi.org/10.12681/edusc.1682

Νικολόπουλος, Ι. (2023). *Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις της έννοιας του όγκου με την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας της γεωμετρίας και με τη βοήθεια των ΤΠΕ για μαθητές Γυμνασίου* (Διδακτορική διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών). Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/54498?locale=el

Νικολουδάκης, Ε. (2009). *Διδακτικά μοντέλα και οι τρόποι αλληλεπίδρασης καθηγητού και μαθητών στη διδασκαλία των μαθηματικών* (Διδακτορική διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών). Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. https://phdtheses.ekt.gr/eadd/handle/10442/24334

Plerou, A., Margetaki, K., & Vlamos, P. (2016). Primary and secondary school educators neuroeducational awareness and neuroethics limitation aspects. *Iore Journal of Bioinformatics and Computational Biology*, 1(1), 1–22. https://doi.org/10.21770/0907-3004.003

Πούλος, Α. (2018). *Η επίλυση και δημιουργία προβλημάτων ως κριτήριο ταλαντούχων νέων στα Μαθηματικά* (Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών). Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/44725

Pradeep, K., Anbalagan, S., Rajalakshmi, Thangavelu, A. P., Aswathy, S., Jisha, V. G., & Vaisakhi, V. S. (2024). Neuroeducation: Understanding neural dynamics in learning and teaching. *Frontiers in Education*, 9, Article 1437418. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1437418

Ruiz-Mejias, M., Pérez, N., & Carrió, M. (2021). Knowledge in neuroscience boosts motivation and awareness of learning strategies in science vocational students. *Journal of Neuroeducation*, 1(2), 94–105. https://doi.org/10.1344/joned.v1i2.33035

Σκούρτη, Ε. (2025). *Ο ρόλος του νοητικού αποθέματος, των προβλημάτων ύπνου και της κατάθλιψης στην εξέλιξη της γνωστικής λειτουργίας σε άτομα με Ήπια Γνωστική Διαταραχή (ΗΓΔ): Η Κοόρτη Ηλικιωμένων της Κρήτης [CretanAgingCohort (CAC)]* (Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Κρήτης). Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/58451

Σταϊκόπουλος, Α. (2021). *Η σιωπηρή γνώση των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης: Ο ρόλος γνωστικών και θυμικών παραγόντων* (Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων). Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/49870

Στρίτσου, Π. (2020). *Χαρτογράφηση και μοντελοποίηση της μνήμης* (Διπλωματική εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο). Ψηφιακό Αποθετήριο Αποθέσις. https://apothesis.eap.gr/handle/20.500.12132/52418

Taghizadeh, S., Abad, T., Jahan, A., & Nazari, M. A. (2021). The neural differences of arithmetic verification performance depend on math skill: Evidence from event-related potential. *Neuropsychopharmacology Reports*, 41(4), 492–501. https://doi.org/10.1002/npr2.12158

Θεοδωρίδου, Ζ. (2011). *Christfried Jakob on the cerebral cortex: Neurobiological, neurophilosophical and neuroeducational concepts* (Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας). Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. https://www.didaktorika.gr/eadd/bitstream/10442/31744/1/31744.pdf

Τοτονίδου, Δ. (2021). *Μια μελέτη για την επιρροή της Νευροεκπαίδευσης σε γνωστικά θέματα της Μαθηματικής παιδείας στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση* (Διπλωματική εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο). Ψηφιακό Αποθετήριο Αποθέσις. https://apothesis.eap.gr/archive/item/75331

Τουρούτογλου, Α. (2009). *Η διακοπή της γνωστικής επεξεργασίας: Γνωστικές, μεταγνωστικές και θυμικές επιπτώσεις* (Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης). Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/27548

Τριάρχου, Λ. (2018). *Νευροβιολογικές βάσεις στην εκπαίδευση*. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας.

Wang, Z., Lukowski, S. L., Hart, S. A., Lyons, I. M., Thompson, L. A., Kovas, Y., ... & Petrill, S. A. (2015). Is math anxiety always bad for math learning? The role of math motivation. *Psychological Science*, 26(12), 1863–1876. https://doi.org/10.1177/0956797615602471

Wu, S. S., Barth, M., Amin, H., Malcarne, V., & Menon, V. (2012). Math anxiety in second and third graders and its relation to mathematics achievement. *Frontiers in Psychology*, 3, Article 162. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00162

Yen, C., Lin, C. L., & Chiang, M. C. (2023). Exploring the frontiers of neuroimaging: A review of recent advances in understanding brain functioning and disorders. *Life*, 13(7), Article 1472. https://doi.org/10.3390/life13071472

Young, C. B., Wu, S. S., & Menon, V. (2012). The neurodevelopmental basis of math anxiety. *Psychological Science*, 23(5), 492–501. https://doi.org/10.1177/0956797611429134

Ζικοπούλου, Ό. (2017). *Γνωστικο-συμπεριφορικό πρόγραμμα παρέμβασης για την αντιμετώπιση του άγχους σε παιδιά Δημοτικού* (Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας). Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/43037

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1. Ειδικότητα *

   Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

   - ◯ Μαθηματικός (ΠΕ03)
   - ◯ Άλλο: ____

2. Βαθμίδα που διδάσκετε κατά κύριο λόγο: *

   Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

   - ◯ Γυμνάσια
   - ◯ Γενικό Λύκειο
   - ◯ Επαγγελματικό Λύκειο
   - ◯ Άλλο: ____

3. Έτη προϋπηρεσίας *

   Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

   - ◯ 0-5
   - ◯ 6-15
   - ◯ 16-25
   - ◯ >25

4. Επίπεδο Σπουδών *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

- ◯ Πτυχίο
- ◯ Μεταπτυχιακό
- ◯ Διδακτορικό

5. Πηγή ενημέρωσης για τη λειτουργία του εγκεφάλου. *

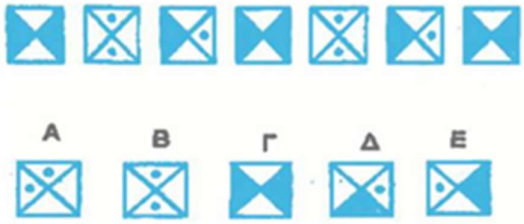
Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

- ◯ Επιστημονικά Περιοδικά
- ◯ Σεμινάρια
- ◯ Διαδίκτυο/ΜΜΕ
- ◯ Βασικό Πτυχίο
- ◯ Άλλο: ____

Οπτικοχωρική Επεξεργασία και Μοτίβα

Η ακόλουθη δραστηριότητα αποτελεί ένα σύντομο παράδειγμα άσκησης αναγνώρισης μοτίβων, η οποία σχετίζεται με δεξιότητες όπως η οπτική προσοχή, η εργαζόμενη μνήμη και η αναγνώριση κανονικοτήτων. Δεν αξιολογεί προσωπικές επιδόσεις, αλλά εντάσσεται στο πλαίσιο διερεύνησης γνωστικών διαδικασιών που εμπλέκονται στη μαθηματική σκέψη.

6. Αν το παρακάτω μοτίβο συνεχιζόταν, ποιο θα ήταν το 10ο σχήμα; *



Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

- ◯ Α
- ◯ Β
- ◯ Γ
- ◯ Δ
- ◯ Ε

7. Θεωρείτε ότι δραστηριότητες αναγνώρισης μοτίβων όπως η παραπάνω μπορούν να ενισχύσουν τη μαθηματική σκέψη των μαθητών; *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

- ◯ Καθόλου
- ◯ Λίγο
- ◯ Αρκετά
- ◯ Πολύ

Γνωστικές Λειτουργίες & Μάθηση

Η ενότητα αυτή αφορά τις αντιλήψεις σχετικά με τη λειτουργία του εγκεφάλου και τη μάθηση των Μαθηματικών.

Σημειώστε τον βαθμό συμφωνίας σας.
(1: Διαφωνώ απόλυτα, 2: Διαφωνώ, 3: Συμφωνώ, 4: Συμφωνώ απόλυτα)

8. Η ικανότητα του εγκεφάλου να αναδιοργανώνεται και να σχηματίζει νέες συνδέσεις μειώνεται δραματικά μετά την ολοκλήρωση της εφηβείας. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
◯	◯	◯	◯

9. Η απουσία ενός περιβάλλοντος πλούσιου σε ερεθίσματα κατά την προσχολική ηλικία οδηγεί σε μόνιμα περιορισμένη μαθηματική ικανότητα στη μετέπειτα σχολική ζωή. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
◯	◯	◯	◯

10. Η διδασκαλία των Μαθηματικών είναι πιο αποτελεσματική όταν ο εκπαιδευτικός διακρίνει τους μαθητές σε οπτικούς, ακουστικούς ή κιναισθητικούς και προσαρμόζει το υλικό του ανάλογα. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
◯	◯	◯	◯

11. Κατά την επίλυση σύνθετων μαθηματικών προβλημάτων, ο μέσος μαθητής αξιοποιεί μόνο ένα μικρό μέρος (περίπου 10%) των συνολικών νευρωνικών αποθεμάτων του εγκεφάλου του. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
○	○	○	○

12. Η "μαθηματική σκέψη" είναι μια έμφυτη ικανότητα που καθορίζεται από τη βιολογική δομή του εγκεφάλου και δεν μπορεί να μεταβληθεί ουσιαστικά μέσω της διδασκαλίας. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
○	○	○	○

13. Η επαρκής ενυδάτωση του οργανισμού κατά τη διάρκεια της διδακτικής ώρας επηρεάζει άμεσα τη γνωστική απόδοση και τη λειτουργία της μνήμης των μαθητών. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
○	○	○	○

14. Οι διακυμάνσεις στα επίπεδα γλυκόζης, που προκύπτουν από την κατανάλωση ζαχαρούχων σνακ, αποτελούν κύριο παράγοντα διάσπασης της προσοχής των μαθητών μέσα στην τάξη. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
◯	◯	◯	◯

15. Η κλίση ενός μαθητή στην Άλγεβρα έναντι της Γεωμετρίας οφείλεται συχνά στην κυριαρχία του αριστερού ή του δεξιού ημισφαιρίου αντίστοιχα. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
◯	◯	◯	◯

16. Το "μαθηματικό άγχος" (math anxiety) προκαλεί μια μορφή "παράλυσης" στην εργαζόμενη μνήμη του εγκεφάλου, εμποδίζοντας την επίλυση προβλημάτων ακόμα και σε ικανούς μαθητές. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
◯	◯	◯	◯

17. Η επανάληψη μαθηματικών κανόνων βοηθά στη δημιουργία μόνιμων νευρωνικών συνδέσεων, ανεξάρτητα από το αν ο μαθητής έχει κατανοήσει τη λογική πίσω από αυτούς. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
◯	◯	◯	◯

18. Υπάρχουν συγκεκριμένα "παράθυρα ευκαιρίας" στην ανάπτυξη, μετά το πέρας των οποίων ο εγκέφαλος χάνει την ικανότητα να κατανοήσει θεμελιώδεις μαθηματικές έννοιες. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
○	○	○	○

Αντιλήψεις για τη Συμβολή της Έρευνας του Εγκεφάλου στη Διδασκαλία

Η ενότητα αυτή εξετάζει τον βαθμό στον οποίο θεωρείτε ότι τα ευρήματα της νευροεπιστημονικής έρευνας μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της μαθηματικής εκπαίδευσης.

Σημειώστε τον βαθμό συμφωνίας σας.
(1: Διαφωνώ απόλυτα, 2: Διαφωνώ, 3: Συμφωνώ, 4: Συμφωνώ απόλυτα)

19. Πιστεύω ότι τα ευρήματα από την έρευνα του εγκεφάλου θα οδηγήσουν σε καλύτερη εκπαίδευση των μαθητών. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
○	○	○	○

20. Η γνώση του τρόπου λειτουργίας του εγκεφάλου αποτελεί κρίσιμη γνώση για τους καθηγητές, καθώς κατανοούν καλύτερα τη διεργασία της μάθησης. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
○	○	○	○

21. Είναι σημαντικό να μεταφράζονται τα ερευνητικά ευρήματα για τον εγκέφαλο σε πρακτικές ή στρατηγικές διδασκαλίας. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1 2 3 4

○ ○ ○ ○

22. Πιστεύω ότι η μάθηση αναφορικά με την έρευνα του εγκεφάλου είναι πέραν των απαραίτητων γνώσεων των εκπαιδευτικών. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1 2 3 4

○ ○ ○ ○

23. Θεωρώ ότι ο τρέχων όγκος της διδακτέας ύλης στα Μαθηματικά αφήνει ελάχιστα περιθώρια για την εφαρμογή διδακτικών πρακτικών που βασίζονται στην έρευνα του εγκεφάλου. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1 2 3 4

○ ○ ○ ○

24. Θα επιθυμούσα να συμμετάσχω σε στοχευμένα σεμινάρια επιμόρφωσης που συνδέουν τη νευροεπιστήμη με τη συγκεκριμένη διδακτική των Μαθηματικών. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1 2 3 4

○ ○ ○ ○

25. Η συνεργασία μεταξύ νευροεπιστημόνων και εκπαιδευτικών είναι απαραίτητη για τον σχεδιασμό αποτελεσματικών αναλυτικών προγραμμάτων Μαθηματικών. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
◯	◯	◯	◯

Διδακτική Μεθοδολογία & Πρακτική

Στις ακόλουθες δηλώσεις καταγράφονται πρακτικές και στρατηγικές που εφαρμόζονται στη διδασκαλία των Μαθηματικών.

Δηλώστε πόσο συχνά εφαρμόζετε ή λαμβάνετε υπόψη τα παρακάτω
(1: Ποτέ, 2: Σπάνια, 3: Συχνά, 4: Πάντα)

26. Σχεδιάζω τη διδασκαλία μου έτσι ώστε να περιλαμβάνει ταυτόχρονα οπτικά ερεθίσματα, ακουστικές οδηγίες και κιναισθητικές δραστηριότητες για να καλύψω όλους τους τύπους εγκεφάλων. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
◯	◯	◯	◯

27. Ενθαρρύνω τους μαθητές να βλέπουν το λάθος ως ευκαιρία "ανάπτυξης" του εγκεφάλου τους, καθώς οι νευρώνες ενεργοποιούνται περισσότερο κατά την προσπάθεια επίλυσης δύσκολων προβλημάτων. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
◯	◯	◯	◯

28. Η διακόσμηση της αίθουσας διδασκαλίας με πολλά οπτικά ερεθίσματα (αφίσες, τύπους, διαγράμματα) είναι απαραίτητη για τη διαρκή διέγερση της εγκεφαλικής λειτουργίας των μαθητών. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
◯	◯	◯	◯

29. Αξιολογώ τη μαθηματική ικανότητα ενός μαθητή με βάση την ταχύτητα με την οποία ανακαλεί μαθηματικά δεδομένα από τη μνήμη του. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
◯	◯	◯	◯

30. Χρησιμοποιώ ασκήσεις "εκγύμνασης του εγκεφάλου" (π.χ. παιχνίδια λογικής, σταυρόλεξα) στην αρχή του μαθήματος για να αυξήσω τη ροή του αίματος στον εγκέφαλο των μαθητών. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
◯	◯	◯	◯

31. Η προσαρμογή του τρόπου παράδοσης στο κυρίαρχο "μαθησιακό προφίλ" του κάθε μαθητή είναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας για την κατανόηση δύσκολων μαθηματικών εννοιών. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
◯	◯	◯	◯

32. Προσαρμόζω το επίπεδο δυσκολίας των ασκήσεων που δίνω σε έναν μαθητή, αν θεωρήσω ότι ο εγκέφαλός του έχει φτάσει στο μέγιστο των δυνατοτήτων του στα Μαθηματικά. *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
○	○	○	○

33. Διδάσκω μια έννοια με πολλαπλές αναπαραστάσεις (π.χ. ταυτόχρονη χρήση γραφικής παράστασης, αριθμητικού πίνακα και λεκτικής περιγραφής). *

Να επισημαίνεται μόνο μία έλλειψη.

1	2	3	4
○	○	○	○

Ανάγκες Υποστήριξης και Μελλοντική Εφαρμογή

Οι παρακάτω ερωτήσεις αφορούν τις προϋποθέσεις, τις προκλήσεις και τις μελλοντικές δυνατότητες αξιοποίησης της νευροεπιστημονικής γνώσης στη διδασκαλία των Μαθηματικών.

34. Υπάρχει κάποια συγκεκριμένη στρατηγική που εφαρμόζετε στην τάξη και πιστεύετε ότι συνδέεται με τη λειτουργία του εγκεφάλου;

Επιλέξτε όλα όσα ισχύουν.

- ☐ Χρήση οπτικοποίησης (π.χ. Geogebra) για την καλύτερη κατανόηση αφηρημένων εννοιών.
- ☐ Σύντομα διαλείμματα ή παιχνίδια λογικής για την επαναφορά της προσοχής.
- ☐ Σύνδεση των μαθηματικών προβλημάτων με βιωματικές εμπειρίες των μαθητών.
- ☐ Άλλο: _____

35. Αν επιθυμείτε, μοιραστείτε οποιοδήποτε άλλο σχόλιο σχετικά με την εφαρμογή της Νευροεπιστήμης στο σχολείο.

Επιλέξτε όλα όσα ισχύουν.

- [ ] Πιθανές επιφυλάξεις για την εφαρμογή τέτοιων θεωριών στην πράξη.
- [ ] Η ανάγκη για εκπαιδευτικό υλικό που να βασίζεται σε νευροεπιστημονικά δεδομένα.
- [ ] Προτάσεις για το πώς η πολιτεία θα μπορούσε να βοηθήσει σε αυτή την κατεύθυνση.
- [ ] Άλλο: _____