



Σχολή Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας

Τμήμα Βιοϊατρικών Επιστημών

Σχολή Διοικητικών, Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών

Τμήμα Αγωγής και Φροντίδας στην Πρώιμη Παιδική Ηλικία

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

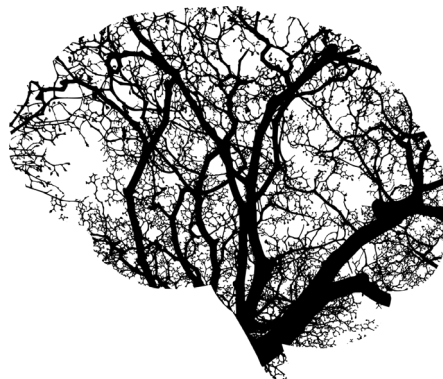
Επιστήμες της Αγωγής μέσω Καινοτόμων Τεχνολογιών και Βιοϊατρικών Προσεγγίσεων

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Νευροεπιστήμη και Νευροψυχολογία:
Οι μαθησιακές δυσκολίες στα Μαθηματικά**

POST GRADUATE THESIS

**Neuroscience and Neuropsychology in Mathematical
Learning Disabilities**



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT

Δέσποινα Μισύρη

Despoina Misyri

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR

Σωτήριος Φόρτης

Sotirios Fortis

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2025



Faculty of Health and Caring Professions
Department of Biomedical Sciences
Faculty of Administrative, Financial and Social Sciences
Department of Early Childhood Education and Care



Inter-department Post Graduate Program
Pedagogy through innovative Technologies and Biomedical approaches

POST GRADUATE THESIS

Neuroscience and Neuropsychology in Mathematical Learning Disabilities

DESPOINA MISYRI

22060

mscedt22060@uniwa.gr

FIRST SUPERVISOR

SOTIRIOS FORTIS

SECOND SUPERVISOR

MARIA TRAPALI

AIGALEO 2025

Επιτροπή εξέτασης

Ημερομηνία εξέτασης: 17 Φεβρουαρίου 2025

	Ονόματα εξεταστών	Υπογραφή
1 ^{ος} Εξεταστής	Σωτήριος Φόρτης	
2 ^{ος} Εξεταστής	Μαρία Τράπαλη	

Δήλωση συγγραφέα μεταπτυχιακής εργασίας

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Μισύρη Δέσποινα του Σπυρίδωνος, με αριθμό μητρώου 22060 φοιτήτρια του Διϊδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Παιδαγωγική μέσω Καινοτόμων Τεχνολογιών και Βιοϊατρικών Προσεγγίσεων των Τμημάτων Βιοϊατρικών Επιστημών/ Τμήμα Αγωγής και Φροντίδας στην Πρώιμη Παιδική Ηλικία/Παιδαγωγική τμήμα των Σχολών Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας/Σχολή Διοικητικών, Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και της Ανώτατης Σχολής Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

Μισύρη Δέσποινα



Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, σηματοδοτεί το τέλος μιας απαιτητικής αλλά ταυτόχρονα συναρπαστικής διαδρομής, η οποία δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την πολύτιμη βοήθεια και στήριξη σημαντικών ανθρώπων στη ζωή μου.

Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη στον επιβλέποντα καθηγητή μου, Φόρτη Σωτήριο, για την αμέριστη καθοδήγηση, την επιστημονική του κατάρτιση και τις πολύτιμες συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας μου. Οι παρατηρήσεις ήταν καθοριστικές για την ολοκλήρωση αυτής της μελέτης.

Ευχαριστώ πολύ τους φίλους, τους συμφοιτητές και τους συναδέλφους για τη συνεργασία που είχαμε. Οι συζητήσεις μας, οι προκλήσεις που αντιμετωπίσαμε μαζί και η αλληλοϋποστήριξη ήταν ανεκτίμητες.

Τέλος νιώθω βαθιά ευγνωμοσύνη προς την οικογένειά μου, που με στηρίζει με αγάπη και κατανόηση. Η εμπιστοσύνη τους σε εμένα ήταν πηγή δύναμης και έμπνευσης.

Αφιερώσεις

Στις αγαπημένες μου κόρες Μαρίνα και Έλενα, που μου θυμίζουν πως η μάθηση δεν είναι μόνο αριθμοί, αλλά και συναισθήματα, στιγμές κατανόησης και ανακάλυψης. Για κάθε έννοια που ξεδιπλώνεται μέσα από την εμπειρία, κάθε πρόβλημα που λύνουμε με καρδιά και σκέψη.

Περίληψη

Εισαγωγή: Η παρούσα εργασία εξετάζει τον ρόλο της νευροεπιστήμης και της νευροψυχολογίας στην κατανόηση και αντιμετώπιση των μαθησιακών δυσκολιών στα μαθηματικά, αναδεικνύοντας την πολυπλοκότητα των μαθηματικών δεξιοτήτων, που εξαρτώνται από τη συνεργασία γνωστικών λειτουργιών, συναισθηματικών παραγόντων και εγκεφαλικών διεργασιών. Παρουσιάζονται τα ευρήματα μελετών ύστερα από βιβλιογραφική ανασκόπηση που υποστηρίζουν ότι οι μαθησιακές δυσκολίες συχνά σχετίζονται με ελλείψεις στη λειτουργία της εργαζόμενης μνήμης, την αριθμητική επεξεργασία και τη χωρική αντίληψη. Επιπρόσθετα, η μελέτη υπογραμμίζει τη σημασία της πρώιμης διάγνωσης μέσω σύγχρονων διαγνωστικών εργαλείων, όπως η νευροαπεικόνιση, για την ανάπτυξη εξατομικευμένων παρεμβάσεων, ενώ παράλληλα, επισημαίνεται η ανάγκη ενσωμάτωσης επιστημονικά τεκμηριωμένων εκπαιδευτικών πρακτικών, όπως η χρήση πολυαισθητηριακών εργαλείων και διαδραστικών μεθόδων διδασκαλίας, που ενισχύουν τη μαθησιακή εμπειρία. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον ρόλο του συναισθήματος, καθώς το μαθηματικό άγχος επηρεάζει αρνητικά τη μνήμη και τη συγκέντρωση, επιδεινώνοντας τις μαθησιακές δυσκολίες και στη βάση αυτή, η δημιουργία υποστηρικτικού περιβάλλοντος και η ενίσχυση της αυτοπεποίθησης μέσω επιτυχημένων μαθησιακών εμπειριών κρίνεται καίρια για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Η συνεργασία μεταξύ εκπαιδευτικών, ειδικών και γονέων, σε συνδυασμό με την επιστημονική έρευνα, είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική στήριξη των μαθητών, προάγοντας την ισότητα και την εκπαιδευτική επιτυχία.

Λέξεις κλειδιά: Νευροεπιστήμη, νευροψυχολογία, μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά, εκπαιδευτικές παρεμβάσεις

Abstract

Introduction: This study explores the role of neuroscience and neuropsychology in understanding and addressing mathematical learning difficulties, highlighting the complexity of mathematical skills that depend on the interaction of cognitive functions, emotional factors, and brain processes. The findings reveal that learning difficulties are often linked to deficits in working memory, numerical processing, and spatial perception. Furthermore, the study emphasizes the importance of early diagnosis through modern diagnostic tools, such as neuroimaging, to develop personalized interventions. It also underscores the need for the integration of evidence-based educational practices, including the use of multisensory tools and interactive teaching methods, to enhance the learning experience. Special attention is given to the role of emotions, as math anxiety negatively impacts memory and focus, exacerbating learning challenges. In this context, creating a supportive environment and fostering self-confidence through successful learning experiences are deemed crucial for overcoming these challenges. Collaboration among educators, specialists, and parents, alongside scientific research, is essential for effectively supporting students and promoting equity and educational success.

Key words: Neuroscience, neuropsychology, mathematical learning difficulties, educational interventions

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	v
Αφιερώσεις	vi
Περίληψη.....	vii
Εισαγωγή:.....	vii
Abstract	viii
Introduction:	viii
Κεφάλαιο 1 Εκπαιδευτική νευροεπιστήμη στη μάθηση	4
1.1 Ορισμός και αντικείμενο της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης.....	4
1.2. Κίνητρα, στόχοι και προοπτικές της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης.....	5
1.3. Σχέση της γνωστικής νευροεπιστήμης και της επιστήμης της μάθησης.....	6
1.4. Σύνδεση των θετικών επιστημών με την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη	9
1.5 Σχέση διδασκαλίας μαθηματικών με την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη	10
Κεφάλαιο 2 Νευροψυχολογική προσέγγιση στις μαθησιακές δυσκολίες	12
2.1 Νευροψυχολογία στην εκπαιδευτική διαδικασία	12
2.2 Νευροψυχολογική προσέγγιση των μαθησιακών δυσκολιών	14
2.3. Νευροψυχολογική προσέγγιση στη διδασκαλία των μαθηματικών.....	16
2.4 Μαθηματικό άγχος και δυσκολίες εκμάθησης των μαθηματικών.....	19
Κεφάλαιο 3 Μηχανισμοί και υπότυποι μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών.....	22
3.1 Επιδημιολογία και ετερογένεια μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών	22
3.2 Ο ρόλος της εργαζόμενης μνήμης στις μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες	24
3.3 Ειδικές γνωστικές διαδικασίες και αριθμητική επεξεργασία	24
3.4 Υπότυποι μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών	27
Κεφάλαιο 4 Διδακτικές παρεμβάσεις μαθησιακών δυσκολιών στα μαθηματικά	29
4.1 Θεωρητικές προσεγγίσεις και πλαίσια διδασκαλίας.....	29
4.2 Εφαρμογή διδακτικών στρατηγικών.....	32
4.3 Συνεργασία και διαφοροποίηση στη διδασκαλία	35
Συμπεράσματα και προτάσεις	37
Αναφορές	39
Πηγές Εικόνων	48

Πρόλογος

Η κατανόηση των μαθησιακών δυσκολιών στα μαθηματικά αποτελεί ένα πολυσύνθετο πρόβλημα που προσεγγίζεται ολοένα και περισσότερο μέσω των σύγχρονων επιστημών της νευροεπιστήμης και της νευροψυχολογίας. Αυτές οι επιστήμες έχουν καθοριστική σημασία για την ερμηνεία των μηχανισμών που δυσχεραίνουν την απόκτηση αριθμητικών και μαθηματικών δεξιοτήτων, προσφέροντας παράλληλα τα εργαλεία για την έγκαιρη διάγνωση και παρέμβαση.

Η νευροεπιστήμη ερευνώντας τη λειτουργία και τη δομή του εγκεφάλου, έχει αποδείξει ότι οι μαθηματικές δεξιότητες στηρίζονται σε συγκεκριμένες εγκεφαλικές περιοχές και δίκτυα. Σημαντικοί ρόλοι αποδίδονται σε περιοχές όπως ο βρεγματικός λοβός και η ενδοβρεγματική αύλακα, οι οποίες εμπλέκονται στην κατανόηση του αριθμητικού μεγέθους και της αίσθησης της ποσότητας. Η λεπτομερής χαρτογράφηση των εγκεφαλικών λειτουργιών που σχετίζονται με την αριθμητική σκέψη επιτρέπει στους ερευνητές να κατανοήσουν πως ο εγκέφαλος αναπαριστά αριθμούς και ποσότητες και πως αυτές διαφοροποιούνται σε άτομα με μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά.

Παράλληλα, η νευροψυχολογία μελετά τις γνωστικές και συμπεριφορικές εκφάνσεις αυτών των νευρωνικών διεργασιών, εντοπίζοντας τις συνέπειες των εγκεφαλικών δυσλειτουργιών στη μαθηματική σκέψη και επίδοση. Μέσω διαγνωστικών εργαλείων και τεχνικών, όπως οι δοκιμασίες εργασιακής μνήμης, οι αξιολογήσεις εκτελεστικών λειτουργιών και οι μετρήσεις προσοχής, οι νευροψυχολόγοι αναλύουν τα ελλείματα στις βασικές γνωστικές λειτουργίες που συχνά επηρεάζουν την κατανόηση και την εκτέλεση αριθμητικών πράξεων. Έρευνες έχουν δείξει ότι τα παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά παρουσιάζουν συχνά ελλείματα στην ικανότητα συγκράτησης αριθμητικών σχέσεων και δεδομένων καθώς και την ικανότητα στην εκτίμηση ποσοτήτων. Όλα αυτά τα στοιχεία συνδέονται με τη δυσκολία στην εκμάθηση μαθηματικών.

Με τη βοήθεια σύγχρονων τεχνολογιών εγκεφαλικής απεικόνισης, οι ερευνητές μπορούν να παρακολουθούν τις εγκεφαλικές διεργασίες σε πραγματικό χρόνο και να εντοπίσουν ποιες περιοχές παρουσιάζουν ανωμαλίες στη λειτουργία τους όταν το άτομο επεξεργάζεται αριθμητικές πληροφορίες. Αυτά τα δεδομένα είναι εξαιρετικά χρήσιμα για την κατανόηση του τι διαφοροποιεί τα άτομα με μαθησιακές δυσκολίες από τα τυπικά

αναπτυσσόμενα παιδιά, και επιτρέπουν την έγκαιρη παρέμβαση με πιο στοχευμένες εκπαιδευτικές και θεραπευτικές μεθόδους.

Η συμβολή της νευροεπιστήμης και της νευροψυχολογίας είναι καθοριστική στην ανάπτυξη των γνωστικών δεξιοτήτων των παιδιών. Μέσα από αυτήν τη συνεργασία επιτυγχάνεται μια βαθύτερη κατανόηση των γνωστικών δυσκολιών, ενώ ενισχύεται η δυνατότητα σχεδιασμού στρατηγικών που μπορούν να βοηθήσουν τα παιδιά να ξεπεράσουν τις αδυναμίες τους και να ενσωματωθούν πλήρως στο εκπαιδευτικό σύστημα.

Εισαγωγή

Ο στόχος της παρούσας μελέτης είναι να αναδείξει τον ρόλο της νευροεπιστήμης και της νευροψυχολογίας στην κατανόηση και αντιμετώπιση των μαθησιακών δυσκολιών στα μαθηματικά. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η συμβολή της λεπτομερούς χαρτογράφησης των εγκεφαλικών λειτουργιών, καθώς και η χρήση σύγχρονων διαγνωστικών εργαλείων, για την ανάπτυξη πιο στοχευμένων εκπαιδευτικών και θεραπευτικών παρεμβάσεων.

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας, παρουσιάζεται η επιστημονική βάση της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης και της νευροψυχολογίας, με έμφαση στους μηχανισμούς που διέπουν τη μαθηματική σκέψη, ενώ παράλληλα, εξετάζονται οι εγκεφαλικές διεργασίες που σχετίζονται με την κατανόηση και την επεξεργασία μαθηματικών πληροφοριών, καθώς και οι επιδράσεις του μαθησιακού περιβάλλοντος στις γνωστικές λειτουργίες. Το δεύτερο κεφάλαιο, εστιάζει στη νευροψυχολογική προσέγγιση των μαθησιακών δυσκολιών, αναλύοντας τη σύνδεση μεταξύ εγκεφαλικών λειτουργιών και γνωστικών ελλειμμάτων και ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις επιπτώσεις της εγκεφαλικής δυσλειτουργίας στη μνήμη, την προσοχή και τις εκτελεστικές λειτουργίες που επηρεάζουν τη μαθηματική επίδοση. Στο τρίτο κεφάλαιο διερευνώνται οι μηχανισμοί και οι υπότυποι των μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών, με έμφαση στις γνωστικές διαδικασίες που εμπλέκονται στην αριθμητική επεξεργασία, ενώ παράλληλα, παρουσιάζονται επίσης οι διαφορές στα προφίλ των μαθητών και οι γνωστικές τους αδυναμίες. Το τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας προτείνει εκπαιδευτικές παρεμβάσεις, βασισμένες στα ευρήματα της νευροεπιστήμης και της νευροψυχολογίας, με στόχο την ενίσχυση της μαθηματικής μάθησης και την αντιμετώπιση των δυσκολιών. Τέλος, η εργασία ολοκληρώνεται με το κεφάλαιο των συμπερασμάτων, που συνοψίζει τα κύρια ευρήματα της μελέτης και προτείνει κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα, ενισχύοντας τη δυνατότητα ανάπτυξης νέων προσεγγίσεων για τη μαθηματική εκπαίδευση.

Κεφάλαιο 1 Εκπαιδευτική νευροεπιστήμη στη μάθηση

1.1 Ορισμός και αντικείμενο της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης

Η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη ή εναλλακτικά η νευροεκπαίδευση αποτελεί σύνθετο όρο που ενσωματώνει τη διεπιστημονική σχέση μεταξύ νευροεπιστήμης και εκπαίδευσης (Feiler & Stabio, 2018). Σε γενικούς όρους, η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη μελετά τον ανθρώπινο εγκέφαλο προκειμένου να κατανοήσει τους μηχανισμούς της μάθησης, συμπεριλαμβάνοντας την αλληλεπίδραση μεταξύ του εγκεφάλου και του μαθησιακού περιβάλλοντος, με στόχο τη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων και εμπειριών μέσω της ενημέρωσης των πρακτικών διδασκαλίας και μάθησης (Thomas & Ansari, 2020). Στη διαδικασία αυτή υιοθετείται συστημική κατανόηση της μάθησης, με την ταυτόχρονη ενσωμάτωση πολλών διαστάσεων, όπως η ευημερία των ατόμων, η κοινωνική γνωστική τους λειτουργία, η επεξεργασία των συναισθημάτων, διατροφικοί παράγοντες, γενετικά χαρακτηριστικά, αλλά και συμπεριφορές που αφορούν καθημερινές λειτουργίες όπως η ποιότητα του ύπνου και η εφαρμογή φυσικής άσκησης (Seghier et al., 2019). Η κατανόηση των παραπάνω μηχανισμών εξυπηρετεί ποικίλους εκπαιδευτικούς σκοπούς και πιο συγκεκριμένα τη βελτίωση της διδασκαλίας (Schwartz et al., 2019), την κατανόηση των πεποιθήσεων και προσδοκιών των εκπαιδευτικών (Hook & Farah, 2013), τη δημιουργία πιο ηδαιών μαθησιακών εμπειριών και την προώθηση θετικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μαθητών (Howard-Jones, 2014).

Η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη πραγματεύεται ερωτήματα όπως, πώς η φυσιολογία του σώματος επηρεάζει τον εγκέφαλο που μαθαίνει, πώς ο εγκέφαλος αποκτά δεξιότητες όπως η ανάγνωση και η γραφή, πώς το ευρύτερο μαθησιακό περιβάλλον επηρεάζει τη λειτουργία του εγκεφάλου και πώς η μελέτη των ατομικών διαφορών μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση των προγραμμάτων σπουδών, της αξιολόγησης της εκπαίδευσης και των διδακτικών πρακτικών. Ως ερευνητικό πεδίο, η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη περιγράφεται από τους Patten & Campbell (2011) ως «σύνθεση θεωριών, μεθόδων και τεχνικών της νευροεπιστήμης, εφαρμοσμένων και εμπλουτισμένων από την εκπαιδευτική έρευνα και πρακτική». Πυρήνα της, αποτελούν η γνωστική και αναπτυξιακή νευροεπιστήμη και περιλαμβάνει δύο διακριτά σύνολα επιστημονικών κλάδων: τις νευροεπιστήμες (νευροχημεία, μοριακή βιολογία, ηλεκτροφυσιολογία, νευροανατομία, νευροφυσιολογία, δίκτυα) και τις εκπαιδευτικές επιστήμες (παιδαγωγικές σπουδές, θεωρίες μάθησης, εκπαιδευτική ψυχολογία, γνωστική ψυχολογία, κοινωνιολογία της εκπαίδευσης, οργανωσιακές σπουδές).

Ωστόσο, η διεπιστημονική φύση του πεδίου της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης δημιουργεί και θεωρητικές διαφωνίες, καθώς οι νευροεπιστήμες τείνουν να υιοθετούν μια στενότερη προσέγγιση βασισμένη στη «νευρομοριακή σκέψη» (Rose & Abi-Rached, 2013), ενώ οι εκπαιδευτικές επιστήμες ενσωματώνουν πιο ευρείς και κανονιστικές προσεγγίσεις (Biesta, 2010). Στη βάση αυτή, ο Flobakk (2015) επισημαίνει την ύπαρξη σημαντικών προκλήσεων όσον αφορά τη σύνθεση εννοιών, προσεγγίσεων και αποδεικτικών στοιχείων, καθώς και τη συμφιλίωση των εμπειρικών δεδομένων της νευροεπιστήμης με τις ολιστικές μεθόδους μέτρησης της συμπεριφοράς, οι οποίες επικρατούν στον τομέα της εκπαίδευσης.

1.2. Κίνητρα, στόχοι και προοπτικές της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης

Σχετικά με τα κίνητρα που αφορούν την ανάπτυξη της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης, αυτά είναι ποικίλα με τους γνωστικούς νευροεπιστήμονες αφενός να εστιάζουν στη μελέτη των εκπαιδευτικών προβλημάτων που σχετίζονται με τη διδασκαλία και τη μάθηση και τους εκπαιδευτικούς από την άλλη να επικεντρώνονται στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα ευρήματα των νευροεπιστημόνων, μπορούν να συνεισφέρουν στη βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Mareschal et al., 2013). Ως εκ τούτου, η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη μπορεί να θεωρηθεί ως εφαρμογή των αρχών της γνωστικής νευροεπιστήμης με στόχο την ευρύτερη κατανόηση της σχέσης μεταξύ νου, εγκεφάλου και εκπαίδευσης (Knox, 2016). Η σύγκλιση των διαφορετικών προσεγγίσεων και η διεπιστημονική φύση της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης, παρέχει τη δυνατότητα συνδυασμού των θεωρητικών γνώσεων της φιλοσοφίας της εκπαίδευσης με τα πρακτικά ευρήματα της νευροεπιστήμης, προκειμένου να κατανοηθεί καλύτερα πώς λειτουργεί ο εγκέφαλος κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας (Thomas & Ansari, 2020), με την μελέτη των σχετικών μηχανισμών να είναι καίρια για τη διαμόρφωση εκπαιδευτικών στρατηγικών που θα προάγουν αποτελεσματικότερες μεθόδους διδασκαλίας.

Όπως προαναφέρθηκε, βασικός στόχος της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης είναι η κατανόηση των μηχανισμών του εγκεφάλου που διέπουν τη μάθηση, ενσωματώνοντας παράλληλα εξωτερικούς παράγοντες που επηρεάζουν την εν λόγω διαδικασία (Immordino-Yang, 2015), με την συστημική αυτή προσέγγιση της μάθησης να αποσκοπεί στην συνολική βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας, μέσω της ενσωμάτωσης των σύγχρονων ευρημάτων που προκύπτουν στις εκπαιδευτικές πρακτικές. Ειδικότερα, η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη ουσιαστικά μελετά τον τρόπο και τον βαθμό κατά τον οποίο η φυσιολογία του σώματος επηρεάζει τον εγκέφαλο κατά τη διάρκεια της μάθησης, καθώς και το πως το

μαθησιακό περιβάλλον και τα χαρακτηριστικά στοιχεία των εκπαιδευόμενων επηρεάζουν την εν λόγω διαδικασία (Tokuhama-Espinosa, 2015).

Πέρα από την κατανόηση των γενικών μηχανισμών της μάθησης, η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη εστιάζει και στην αντιμετώπιση συγκεκριμένων προβλημάτων που αφορούν τη διδασκαλία και τη μάθηση, όπως για παράδειγμα το μαθηματικό άγχος και οι δυσκολίες εκμάθησης των μαθηματικών, παρέχοντας παράλληλα δέσμη στρατηγικών για την άμβλυση των σχετικών ανεπαρκειών από τους μαθητές (Tsamir, 2002). Η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη είναι επίσης ιδιαίτερα χρήσιμη στην αντιμετώπιση ανεπαρκειών που σχετίζονται με την επίλυση προβλημάτων και τον σχεδιασμό της διδασκαλίας, ιδιαίτερα όσον αφορά τη χρήση υπολογιστικών εργαλείων και ΤΠΕ στην εκπαίδευση. Η αξιοποίηση των υπολογιστών και των διαδραστικών συστημάτων μάθησης, συνιστά τομέα στον οποίο η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά, αποτελώντας εργαλείο αναγνώρισης, μελέτης και αξιολόγησης των φυσιολογικών και γνωστικών αντιδράσεων των μαθητών κατά την αλληλεπίδρασή τους με τα εργαλεία ΤΠΕ (Zhai et al., 2010). Φυσικά, η ενσωμάτωση της νευροεπιστημονικής έρευνας στον τομέα της εκπαίδευσης, μπορεί να υποστηρίξει την ανάπτυξη στρατηγικών για την υποστήριξη των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες, την ενίσχυση της εξατομικευμένης μάθησης, τη βελτίωση της διδασκαλίας μέσω της καλύτερης κατανόησης των μηχανισμών του εγκεφάλου και τη δημιουργία νέων, πιο αποτελεσματικών προγραμμάτων σπουδών (Goldberg, 2022), ενδυναμώνοντας τη σύνδεση μεταξύ θεωρίας και πρακτικής και προσφέροντας εργαλεία για την ανάπτυξη εκπαιδευτικών μεθόδων που θα είναι επιστημονικά τεκμηριωμένες και να ανταποκρίνονται στις πραγματικές ανάγκες των μαθητών.

1.3. Σχέση της γνωστικής νευροεπιστήμης και της επιστήμης της μάθησης

Μολονότι η γνωστική νευροεπιστήμη και η επιστήμη της μάθησης είναι τομείς που συνδέονται άμεσα, παρουσιάζουν και σημαντικές διαφορές όσον αφορά τις μεθόδους και την προσέγγιση των ζητημάτων που προσεγγίζουν και παρά το γεγονός ότι αποτελεί κοινό τους τόπο ο στόχος της βελτίωσης της διαδικασίας της μάθησης, ο συντονισμός και η μεταξύ τους συνεργασία, σε ένα βαθμό αποτελεί στοιχείο προς κατάκτηση (Howard-Jones, 2014). Η γνωστική νευροεπιστήμη επικεντρώνεται στην κατανόηση των νευρωνικών μηχανισμών που διέπουν γνωστικές διαδικασίες όπως η μνήμη, η προσοχή, η γλώσσα και η επίλυση προβλημάτων, χρησιμοποιώντας εργαλεία όπως η νευροαπεικόνιση, προσφέροντας γνώσεις για το πώς ο εγκέφαλος επεξεργάζεται τις πληροφορίες και πώς οι διαφορετικές περιοχές του αλληλοεπιδρούν κατά τη διαδικασία της μάθησης (Goswami, 2006). Από την άλλη

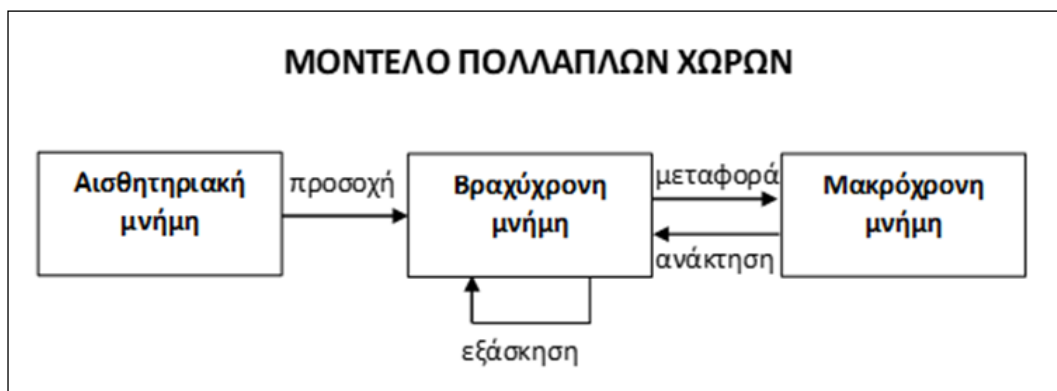
πλευρά, η επιστήμη της μάθησης εξετάζει το πώς οι μαθητές μαθαίνουν σε διαφορετικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα και πώς οι διδακτικές πρακτικές μπορούν να βελτιωθούν εστιάζοντας σε παραμέτρους όπως η κοινωνική αλληλεπίδραση, η κινητροποίηση και η συναισθηματική νοημοσύνη, μελετώντας περισσότερο τις συμπεριφορικές πτυχές της μάθησης, παρά στις νευρολογικές βάσεις αυτών των διαδικασιών (Bransford et al., 2000).

Η σχέση μεταξύ της γνωστικής νευροεπιστήμης και της επιστήμης της μάθησης έχει αποτελέσει αντικείμενο ακαδημαϊκής μελέτης, με τους γνωστικούς νευροεπιστήμονες να επικρίνονται για το ότι δεν καταφέρνουν να επικοινωνήσουν τα ευρήματά τους με την εκπαιδευτική κοινότητα και τους ερευνητές του επιστημονικού πεδίου της εκπαίδευσης, λόγω της εξαιρετικά εξειδικευμένης γλώσσας που χρησιμοποιούν (Brueer, 1997). Αντιστοίχως, οι δεύτεροι συχνά δεν ενσωματώνουν τα ευρήματα της νευροεπιστήμης στις αναπτυσσόμενες θεωρίες και τις προτεινόμενες πρακτικές και βάσει των παραπάνω προκύπτει χάσμα μεταξύ των υφιστάμενων προσεγγίσεων που δυσχεραίνει την ολοκληρωμένη εφαρμογή των ευρημάτων της νευροεπιστήμης στην εκπαιδευτική πράξη (Ansari et al., 2011).

Παράλληλα, διαφοροποιήσεις υφίστανται στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται, καθώς η γνωστική νευροεπιστήμη χρησιμοποιεί συχνά πειραματικές και ποσοτικές μεθόδους για να εξετάσει τη λειτουργία του εγκεφάλου, ενώ η επιστήμη της μάθησης εστιάζει περισσότερο σε παρατηρήσεις και ποιοτικές έρευνες σχετικές με τη μάθηση σε πραγματικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα (Mason, 2009). Στη βάση αυτή προκύπτει έλλειψη ενοποιημένων μεθόδων για τη δόμηση εφαρμόσιμων στρατηγικών διδασκαλίας, λόγω των υπαρκτών ανεπαρκειών που υφίστανται στην συνδυαστική αξιοποίηση των αποτελεσμάτων των δύο επιστημονικών πεδίων. Δεδομένων των παραπάνω, κρίνεται απαραίτητη η γεφύρωση του χάσματος μεταξύ της γνωστικής νευροεπιστήμης και της επιστήμης της μάθησης, που θα επιτρέψει την ανάπτυξη νέων μεθόδων και στρατηγικών που θα βασίζονται τόσο στη νευροεπιστημονική κατανόηση των μηχανισμών μάθησης όσο και στις πρακτικές γνώσεις των εκπαιδευτικών λειτουργών. Η δημιουργία ενός νέου κοινού επιστημονικού πεδίου που θα εδράζεται και στις δύο προσεγγίσεις, θα προάγει τη δόμηση μιας ολιστικής προσέγγισης για τη μάθηση, δημιουργώντας νέες προοπτικές για τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς.

Η κατανόηση των τριών τύπων μνήμης –αισθητηριακή, βραχύχρονη και μακρόχρονη– είναι θεμελιώδης για τη σχεδίαση αποτελεσματικών διδακτικών στρατηγικών, καθώς κάθε τύπος μνήμης λειτουργεί διαφορετικά στην αποθήκευση και επεξεργασία πληροφορίας. Αν η νευροεπιστήμη μπορεί να μας παράσχει τα επιστημονικά δεδομένα για το πώς αποθηκεύεται η γνώση στον εγκέφαλο, τότε η επιστήμη της μάθησης μπορεί να μας

βοηθήσει να κατανοήσουμε πως να ενσωματώσουμε αυτή τη γνώση στις καθημερινές διδακτικές πρακτικές (βλ. Εικ. 1).



Εικόνα 1: Μοντέλο της μνήμης 3-σταδίων ή μοντέλο πολλαπλών χώρων.

Πηγή: <https://pressbooks.pub/illuminatedgr/chapter/types-of-memory/>

Η αισθητηριακή μνήμη είναι υπεύθυνη για την πολύ σύντομη διατήρηση των αισθητηριακών πληροφοριών πριν αυτές μεταφερθούν στην βραχύχρονη μνήμη μέσω της επιλεκτικής προσοχής (Sperling, 1960). Η βραχύχρονη μνήμη ή μνήμη εργασίας εμπλέκεται στη διατήρηση και επεξεργασία πληροφοριών για σύντομες χρονικές περιόδους και παίζει καθοριστικό ρόλο στη μαθησιακή διαδικασία (Cowan, 2008). Αν οι πληροφορίες κωδικοποιηθούν αποτελεσματικά, αποθηκεύονται στη μακρόχρονη μνήμη, η οποία θεωρητικά απεριόριστη χωρητικότητα και επιτρέπει την ανάκληση γνώσεων και εμπειριών (Squire, 2004). Νευροεπιστημονικές έρευνες δείχνουν ότι η διάκριση μεταξύ βραχύχρονης και μακρόχρονης μνήμης υποστηρίζεται από διαφορετικούς εγκεφαλικούς μηχανισμούς. Ο ιππόκαμπος είναι κρίσιμος για τη μετατροπή των πληροφοριών από τη βραχύχρονη στη μακρόχρονη μνήμη, ενώ ο νεοφλοιός εμπλέκεται στην αποθήκευση μακρόχρονης γνώσης (βλ. Εικ. 2).

Η γνώση των μηχανισμών έχει σημαντικές επιπτώσεις στην εκπαιδευτική πράξη. Τεχνικές όπως η χωρισμένη μάθηση (spaced repetition) και η ενεργή ανάκληση (retrieval practice) βασίζονται στην ενίσχυση των νευρωνικών συνδέσεων για τη βελτίωση της μακρόχρονης μνήμης (Roediger & Butler, 2011).

Βραχύχρονη μνήμη (STM) – χαρακτηριστικά (Kukushkin & Carew, 2017; Eriksson et al., 2015; Kandel, Dudai, & Mayford, 2014)	Μακρόχρονη μνήμη (LTM)– χαρακτηριστικά (Kukushkin & Carew, 2017; Eriksson et al., 2015; Kandel, Dudai, & Mayford, 2014)
<ul style="list-style-type: none"> • Διάρκεια: 10-15 s • Χωρητικότητα: 4 μονάδες ή τμήματα πληροφοριών • Σχηματισμός (ταχύτητα σχηματισμού): Γρήγορος (milliseconds) • Περιοχή: ιππόκαμπος • Μηχανισμός: νευροδιαβιβαστές 	<ul style="list-style-type: none"> • Διάρκεια: από λίγα λεπτά έως για πάντα • Χωρητικότητα: κανένα γνωστό όριο • Σχηματισμός (ταχύτητα σχηματισμού): Αργός (λεπτά έως μέρες) • Περιοχή: νεοφλοιός (κατανέμεται σε όλο το νεοφλοιό) • Μηχανισμός: σύνθεση νέων πρωτεϊνών, γονιδιακή έκφραση

Εικόνα 2: Χαρακτηριστικά βραχύχρονης και μακρόχρονης μνήμης.

Πηγή: <https://pressbooks.pub/illuminatedgr/chapter/types-of-memory/>

1.4. Σύνδεση των θετικών επιστημών με την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη

Η εκπαίδευση στις θετικές επιστήμες αναγνωρίζεται ως κρίσιμη για την παροχή στους μαθητές των γνώσεων και των δεξιοτήτων που απαιτούνται για να ανταποκριθούν στα εκπαιδευτικά τους καθήκοντα γενικά (Sen et al., 2018) και στη βάση αυτή, κρίνεται απαραίτητη η υιοθέτηση ενοποιημένων προσεγγίσεων διδασκαλίας με την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη, να παρέχει τα εργαλεία για την ενίσχυση της διδασκαλίας τους. Ένα από τα βασικά ζητήματα που προκύπτουν στη διδασκαλία των θετικών επιστημών είναι η διασφάλιση του ότι οι μαθητές επιτυγχάνουν επάρκεια σε θεμελιώδεις έννοιες διαφορετικών εκπαιδευτικών αντικειμένων, με τη νευροεπιστήμη να καθίσταται στη βάση αυτή ιδιαίτερος χρήσιμη, όντας από τη φύση της διεπιστημονική.

Με τη σύνδεση της νευροεπιστήμης τις επιστημονικές περιοχές των θετικών επιστημών, οι μαθητές μπορούν να αποκτήσουν ολιστική κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι δεύτερες αλληλοεπιδρούν διαλεκτικά και διαμορφώνουν η μία την άλλη (Gardner, 2021). Η ρητή σύνδεση των εννοιών και των βασικών αρχών των θετικών επιστημών, μπορεί να επιτρέψει στους μαθητές να εμπλακούν σε διαδικασία μάθησης σπειροειδούς τροχιάς (Lima, 2016), εμβαθύνοντας σε αυτές με αποτέλεσμα την ενίσχυση της διαδικασίας κατανόησης τους. Επιπλέον, ζωτικής σημασίας για την προώθηση της επιτυχίας των μαθητών στις θετικές επιστήμες είναι η εφαρμογή στρατηγικών ενεργητικής μάθησης, μέσω των οποίων οποίες οι εκπαιδευόμενοι αναλαμβάνουν ενεργό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία, με αποτέλεσμα την βελτίωση της ικανότητας τους για κριτική σκέψη. Στη βάση αυτή ενσωμάτωση της νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση των θετικών επιστημών επιτρέπει στους μαθητές να αναπτύξουν νευρικές διαδικασίες οι οποίες επηρεάζουν θετικά την ικανότητα τους

για ανάκληση και αφομοίωση πληροφοριών (Brod et al., 2013), με αποτέλεσμα την συνολική ενίσχυση των μαθησιακών αποτελεσμάτων τους.

Παράλληλα η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη υποστηρίζει την προώθηση της συμπερίληψης και της ποικιλομορφίας στην τάξη (Willis, 2007), αναδεικνύοντας το πώς οι διαφορετικοί μαθητές μαθαίνουν με ποικίλους τρόπους, επηρεασμένοι από παράγοντες όπως η κοινωνική ταυτότητα, οι προηγούμενες ακαδημαϊκές εμπειρίες και το εύρος των γνωστικών τους ικανοτήτων. Έτσι οι στρατηγικές διδασκαλίας που βασίζονται στη νευροεπιστήμη μπορούν προσφέρουν δυνατότητα σχεδιασμού εκπαιδευτικών πρακτικών που καλύπτουν τις ανάγκες όλων των μαθητών, διασφαλίζοντας ότι το σύνολο αυτών έχουν ίσες ευκαιρίες ακαδημαϊκής επιτυχίας, ανεξάρτητα από το υπόβαθρό τους.

1.5 Σχέση διδασκαλίας μαθηματικών με την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη

Οι μαθηματικές ικανότητες συχνά θεωρούνται ως προγνωστικός παράγοντας για την ακαδημαϊκή επιτυχία, μερικές φορές ακόμα πιο αξιόπιστος από τις ικανότητες στην ανάγνωση (Estrada et al., 2004). Ωστόσο, περίπου το 20% των ατόμων αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες στην απόκτηση μαθηματικών δεξιοτήτων, με αποτέλεσμα την εμφάνιση ειδικής μαθηματικής δυσκολίας (δυσκαλκουλία), η οποία επηρεάζει την ικανότητα τους να κατανοούν και να επεξεργάζονται μαθηματικά δεδομένα (Rubinsten & Henik, 2009). Σε αυτή την περίπτωση τα άτομα παρουσιάζουν ελλείμματα στην τέλεση βασικών αριθμητικών διεργασιών, όπως δυσκολίες στην αυθόρμητη εστίαση στον αριθμό, στη σύγκριση μη-συμβολικών ποσοτήτων ή στη σύνδεση συμβολικών αναπαραστάσεων (π.χ. Αραβικοί αριθμοί) με μη-συμβολικές ποσότητες (π.χ. σημεία), οι οποίες μάλιστα δυσκολίες δεν περιορίζονται μόνο στην ακαδημαϊκή ζωή, καθώς η μαθηματική ικανότητα είναι κρίσιμη για την συνολική τους λειτουργικότητα (Rivera-Batiz, 1992).

Βάσει των παραπάνω η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη παρουσιάζει ουσιώδη χρησιμότητα καθώς αξιολογεί στους μηχανισμούς του εγκεφάλου που εμπλέκονται στην αριθμητική γνωστική διαδικασία. Η έως σήμερα ακαδημαϊκή έρευνα έχει δείξει ότι οι πρώιμες αριθμητικές αναπαραστάσεις, ακόμα και σε βρέφη μόλις έξι μηνών, επηρεάζουν την μετέπειτα μαθηματική ικανότητα (Starr et al., 2013) και η ικανότητα του εγκεφάλου να επεξεργάζεται και να αναπαριστά αριθμούς μη-συμβολικά αποτελεί τη βάση για την επεξεργασία συμβολικών αριθμών, όπως οι Αραβικοί αριθμοί. Οι παραπάνω βασικές δεξιότητες είναι αναγκαίες για την ανάπτυξη πιο σύνθετων μαθηματικών ικανοτήτων, υποδεικνύοντας ότι τα αδύναμα σημεία στην αριθμητική επεξεργασία μπορούν να συμβάλλουν στην ανάπτυξη μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών (Butterworth, 2010).

Η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη προτείνει ότι η βελτίωση των βασικών αριθμητικών ικανοτήτων μπορεί να ενισχύσει τη μαθηματική μάθηση. Για παράδειγμα, οι παρεμβάσεις που στοχεύουν στην ενίσχυση της μη-συμβολικής αριθμητικής επεξεργασίας έχουν σύμφωνα με τους Park & Brannon (2013) συμβάλλουν στην βελτίωση των υψηλότερων επιπέδων αριθμητικών ικανοτήτων, καθώς σχεδιάζονται με στόχο να εκπαιδεύσουν τους μαθητές στην επεξεργασία ποσοτήτων ή τη σύγκριση αριθμητικών τιμών και επικεντρώνονται στα βασικά ελλείμματα που παρατηρούνται στις περιπτώσεις της αναπτυξιακής δυσκαλκουλίας. Έτσι ενισχύεται η ικανότητα του εγκεφάλου να επεξεργάζεται αριθμούς σε βασικό επίπεδο, με τους μαθητές να εμφανίζουν βελτίωση στις συνολικές μαθηματικές τους ικανότητες.

Επιπλέον, η ενσωμάτωση των αρχών της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης στη διδασκαλία των μαθηματικών μπορεί να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ θεωρίας και πράξης, μέσω των προαναφερθέντων στρατηγικών ενεργητικής μάθησης, που απορρίπτουν την παθητική λήψη πληροφοριών. Στο πλαίσιο των μαθηματικών, αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση παιχνιδιών, οπτικών βοηθειών ή φυσικών χειριστηρίων με στόχο την παροχή βοήθειας προς τους μαθητές ώστε εκείνοι να αναπτύξουν βαθύτερη κατανόηση των μαθηματικών εννοιών, ενισχύοντας τόσο τη συμβολική όσο και τη μη-συμβολική αριθμητική επεξεργασία.

Φυσικά σημειώνεται ότι η εφαρμογή της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης στη διδασκαλία των μαθηματικών είναι κατά κανόνα δύσκολη, στη βάση της μεταφοράς των νευροεπιστημονικών ευρημάτων στη δόμηση πρακτικών στρατηγικών στην τάξη (Liu & Chiang, 2014). Επίσης οι παραδοσιακές μέθοδοι διάγνωσης μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών, βασίζονται κυρίως σε συμπεριφορικές αξιολογήσεις, όπως τα πρότυπα τεστ ή τα ερωτηματολόγια, οι οποίες μέθοδοι συχνά αποτυγχάνουν να αποτυπώσουν τις υποκείμενες γνωστικές διαδικασίες που συμβάλλουν στις μαθησιακές δυσκολίες. Για παράδειγμα, η αδυναμία επεξεργασίας αριθμών συμβολικά ή η σύγκριση μη-συμβολικών ποσοτήτων μπορεί να μην εμφανίζεται στα τυπικά τεστ αξιολόγησης, αλλά να επηρεάζει σημαντικά την ικανότητα του μαθητή να επιτύχει στα μαθηματικά. Για την αντιμετώπιση των παραπάνω προβλημάτων, προτείνεται η ενσωμάτωση αξιολογήσεων χαμηλού επιπέδου γνωστικής νευροεπιστήμης στη διαδικασία αξιολόγησης, που μπορούν να βοηθήσουν στην αναγνώριση συγκεκριμένων ελλειμμάτων στην επεξεργασία αριθμητικών δεδομένων, επιτρέποντας πιο στοχευμένες παρεμβάσεις. Επιπλέον, εργαλεία υποσυνείδητης μάθησης, που εξετάζουν πώς οι μαθητές επεξεργάζονται πληροφορίες χωρίς συνειδητή προσοχή (Berry & Dienes, 1993), θα μπορούσαν να προσφέρουν περαιτέρω πληροφορίες για τις υποκείμενες γνωστικές δομές που εμπλέκονται στη μαθηματική μάθηση.

Κεφάλαιο 2 Νευροψυχολογική προσέγγιση στις μαθησιακές δυσκολίες

2.1 Νευροψυχολογία στην εκπαιδευτική διαδικασία

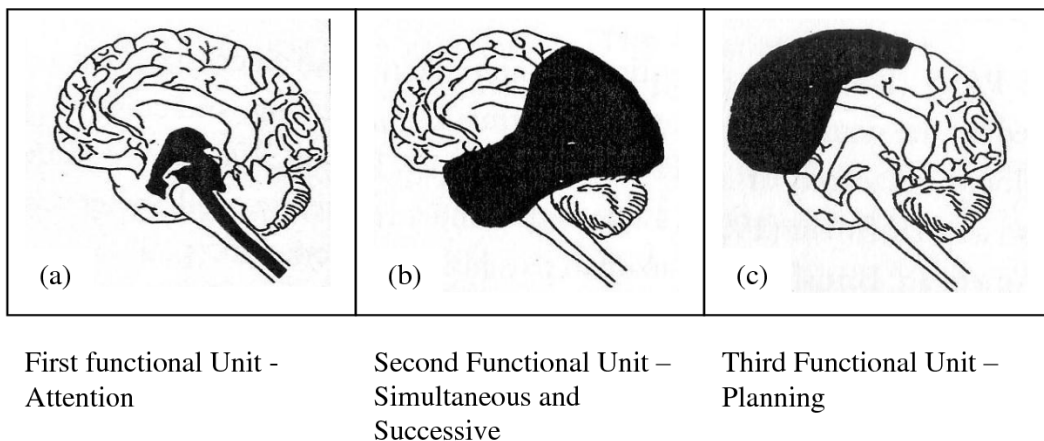
Η παιδική νευροψυχολογία εστιάζει στις εγκεφαλικές λειτουργίες που σχετίζονται με τη γνωστική ανάπτυξη κατά την παιδική και εφηβική ηλικία και πιο συγκεκριμένα στη φυλογενετική και οντογενετική ανάπτυξη των ατόμων (Johnstone & Stonnington, 2011), στις αναπτυξιακές αλλαγές του νευρικού συστήματος και στις επιπτώσεις τους στη συμπεριφορά, καθώς και στις βιοχημικές και περιβαλλοντικές διαταραχές που ενδέχεται να συμβούν (Reynolds & Fletcher-Janzen, 2009). Η συνεχής επιστημονική πρόοδος στον τομέα της μελέτης του εγκεφάλου και της σχέσης του με τις μαθησιακές διαδικασίες, επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι μαθητές μαθαίνουν, ενώ επιπλέον παρέχει τη δυνατότητα ανάπτυξης προγραμμάτων με νευροψυχολογική προσέγγιση, τα οποία στοχεύουν στη βελτίωση της διδασκαλίας και της μάθησης (Varma et al., 2008).

Η δημιουργία αποτελεσματικών συνδέσμων μεταξύ νευροεπιστήμης, νευροψυχολογίας και εκπαίδευσης αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ενίσχυση των επιστημονικών ερμηνειών, αλλά και για τη συνεργασία σε εφαρμοσμένες δραστηριότητες. Οι σχετικές συνέργειες λειτουργούν ως βάση ώστε να ενισχύσουν τη γνώση που είναι απαραίτητη για τη βελτίωση της εκπαίδευσης (Benarós et al., 2010) και βάσει του συγκεκριμένου πλαισίου, έχουν αναπτυχθεί καινοτόμες μεθοδολογίες στο πεδίο της νευροψυχολογίας, οι οποίες εφαρμόζονται στην εκπαίδευση, συμβάλλοντας στην αποτελεσματική κατανόηση της σχέσης εγκεφάλου και μάθησης και στην ανάπτυξη στοχευμένων προγραμμάτων για μαθητές με ποικίλες ανάγκες.

Η μεγαλύτερη πρόκληση στην εφαρμογή νευροψυχολογικών προγραμμάτων, αφορά την εκπαίδευση και κατάρτιση των εκπαιδευτικών (Ludvik, 2023), καθώς η κατανόηση των εγκεφαλικών λειτουργιών, των βασικών γνωστικών διεργασιών και των τρόπων με τους οποίους αυτές επηρεάζουν τη μάθηση, αποτελεί απαραίτητο εργαλείο για κάθε εκπαιδευτικό που επιθυμεί να βελτιώσει την διδακτική προσέγγισή που ακολουθεί. Στη βάση αυτή έχουν αναπτυχθεί προγράμματα που παρέχουν εξειδικευμένη εκπαίδευση και κατάρτιση για εκπαιδευτικούς και εστιάζουν στη σύνδεση θεωρητικής γνώσης και πρακτικής εφαρμογής, δημιουργώντας το απαραίτητο υπόβαθρο για την ανάπτυξη εκπαιδευτικών στρατηγικών βασισμένων στη νευροψυχολογία.

Η σχολική νευροψυχολογία παρέχει νέες μεθόδους αξιολόγησης και παρέμβασης, οι οποίες βασίζονται στο μοντέλο του Luria (1973; 1980), το οποίο προτείνει τρία

λειτουργικά μπλοκ για την κατανόηση της λειτουργίας του εγκεφάλου σε σχέση με τη μάθηση (βλ. Εικ. 3). Το πρώτο λειτουργικό μπλοκ σχετίζεται με τη ρύθμιση της εγρήγορσης, προσοχής και κινητοποίησης του εγκεφάλου. Περιλαμβάνει δομές όπως το εγκεφαλικό στέλεχος και το μεταιχμιακό σύστημα, που παίζουν ρόλο στη διατήρηση του επιπέδου ενεργοποίησης και προσοχής του ατόμου. Το δεύτερο λειτουργικό μπλοκ αφορά την υποδοχή, την επεξεργασία και την αποθήκευση πληροφοριών. Περιλαμβάνει τις περιοχές του φλοιού που σχετίζονται με την αισθητηριακή αντίληψη (οπτική, ακουστική, σωμαοαισθητηριακή), συμβάλλοντας στη σύνθεση και κατανόηση των ερεθισμάτων. Το τρίτο λειτουργικό μπλοκ είναι υπεύθυνο για τον προγραμματισμό, την οργάνωση και την εκτέλεση πολύπλοκων δραστηριοτήτων. Συνδέεται με τις μετωπιαίες περιοχές του εγκεφάλου, οι οποίες παίζουν κεντρικό ρόλο στη ρύθμιση της συμπεριφοράς, της λήψης αποφάσεων και της εκτελεστικής λειτουργίας. Η σχεδίαση και εφαρμογή νευροψυχολογικών προγραμμάτων απαιτεί την ύπαρξη ισχυρού θεωρητικού υπόβαθρου, με έμφαση στη γνωστική ανάπτυξη, την ωρίμανση των λειτουργικών συστημάτων και την οντογενετική εξέλιξη του εγκεφάλου από τις κατώτερες στις ανώτερες δομές και από τις οπίσθιες στις πρόσθιες δομές (Costa et al., 2004). Επιπλέον, η ιεραρχική οργάνωση δραστηριοτήτων, η παροχή ευκαιριών για επανάληψη, η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και η προσαρμογή των προγραμμάτων προσαρμοσμένες στις ατομικές ανάγκες κάθε μαθητή αποτελούν κρίσιμα στοιχεία για την επιτυχία των εν λόγω παρεμβάσεων (Duff et al., 2014).



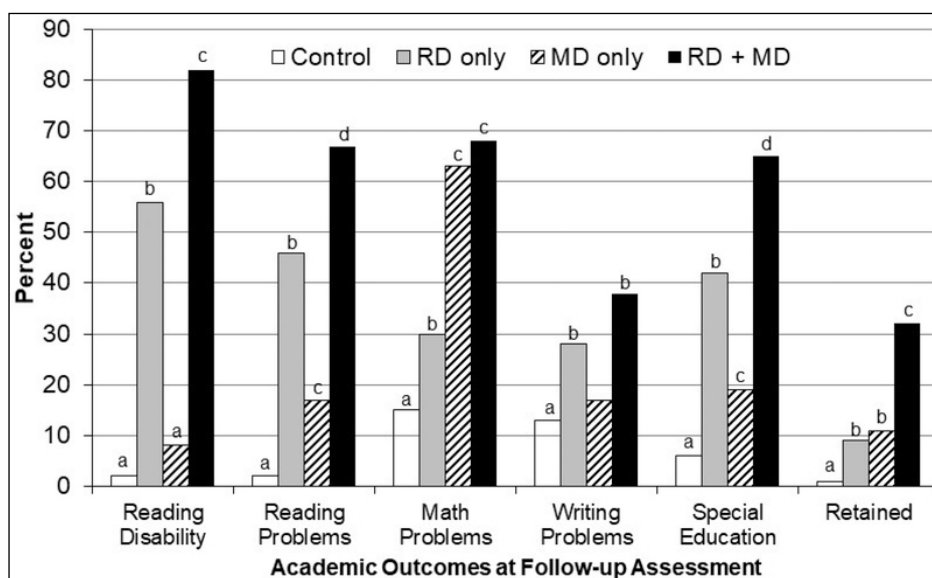
Εικόνα 3: Το νευροψυχολογικό μοντέλο του Luria: Οι τρεις λειτουργικές μονάδες του εγκεφάλου
 (a) Πρώτη λειτουργική μονάδα: Ρύθμιση εγρήγορσης και προσοχής (εγκεφαλικό στέλεχος).
 (b) Δεύτερη λειτουργική μονάδα - Αντίληψη και επεξεργασία πληροφοριών (ινιακοί, κροταφικοί και βρεγματικοί λοβοί).
 (c) Τρίτη λειτουργική μονάδα - Προγραμματισμός και εκτέλεση συμπεριφοράς (μετωπιαίος λοβός).
 Πηγή: Ismail, K., & Keat, O.B. (2017). *The Intelligence Of Children With Reading Difficulties (rd) By Cognitive Assessment System (cas)*. <https://www.semanticscholar.org/>

Η εφαρμογή των σχετικών προγραμμάτων περιλαμβάνει διάφορους τομείς, όπως την ανάπτυξη της προσοχής, των γλωσσικών δεξιοτήτων, της μνήμης και των εκτελεστικών λειτουργιών, καθώς και την αντιμετώπιση μαθησιακών δυσκολιών, όπως η δυσλεξία και η δυσκαλκουλία. Ειδικότερα, οι παρεμβάσεις που στοχεύουν στη βελτίωση των εκτελεστικών λειτουργιών, οι οποίες συνδέονται με περιοχές όπως ο προμετωπιαίος φλοιός και το μεταιχμιακό σύστημα, έχει αποδειχθεί ότι συμβάλλει ουσιαστικά στην εκπαιδευτική πρόοδο των μαθητών (Chevalier, 2010).

2.2 Νευροψυχολογική προσέγγιση των μαθησιακών δυσκολιών

Η υπόθεση ότι οι δυσκολίες στην ανάγνωση, τη γραφή και τα μαθηματικά έχουν νευροβιολογική βάση ανιχνεύεται στις αρχές του προηγούμενου αιώνα, με τη συγκεκριμένη θεώρηση να συνδέεται άρρηκτα εκείνη των νευρολογικά βασισμένων διαταραχών συμπεριφοράς, καθώς και με τη διαταραχή ελλειμματικής προσοχής και υπερκινητικότητας (ADHD) (Mahone & Denckla, 2017). Οι πρώτες περιγραφές περιπτώσεων, αναφέρθηκαν από οφθαλμιάτρους και αφορούσαν σε δυσκολίες ανάγνωσης σε παιδιά χωρίς εγκεφαλικές κακώσεις, τις οποίες περιέγραψαν ως «λεξική τύφλωση» (Hinshelwood, 1895). Ο Orton (1928) εισήγαγε τον όρο «δυσλεξία» για να περιγράψει παιδιά που αντιμετώπιζαν προβλήματα στην ανάγνωση και την ορθογραφία απομονωμένων λέξεων, αποδίδοντας το φαινόμενο σε διαταραγμένη εγκεφαλική κυριαρχία για τη γλώσσα, ενώ ο Kirk (1963) χρησιμοποίησε τον όρο «μαθησιακές δυσκολίες» για να περιγράψει δυσκολίες στις ακαδημαϊκές δεξιότητες που οφείλονταν σε γλωσσικά προβλήματα, διαφοροποιώντας τις από τις νοητικές αναπηρίες και τις διαταραχές συμπεριφοράς (βλ. Εικ. 4).

Ο Rourke (1975) τόνισε τη σημασία των ερμηνειών προφίλ για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη δυσλειτουργία του εγκεφάλου στις μαθησιακές δυσκολίες, με τον Benton (1975) να εντοπίζει οκτώ νευροψυχολογικούς συσχετισμούς των δυσκολιών ανάγνωσης, όπως την αγνωσία δακτύλων, τη σύγχυση δεξιού - αριστερού, την οπτικοακουστική ενσωμάτωση και τις δυσκολίες ονομασίας χρωμάτων που βασίζονται στην αλεξία χωρίς αγραφία. Ο Benton (1975), πρότεινε ότι τα παραπάνω ήταν αποτέλεσμα διαταραχών του βρεγματικού λοβού, η οποία είναι ωριμαστική, με τους Satz & Sparrow (1970) να αποδίδουν τις δυσκολίες ανάγνωσης αποκλειστικά σε καθυστέρηση της εγκεφαλικής ωρίμανσης.



Εικόνα 4: Ακαδημαϊκά αποτελέσματα των ομάδων με και χωρίς διαταραχή ανάγνωσης (RD) και Μαθηματικές Δυσκολίες (MD).

Πηγή: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6686661/figure/F1/>

Οι Rutter & Yule (1975) πραγματοποίησαν ανασκόπηση επιδημιολογικών μελετών που διαχώριζαν τα παιδιά με «ειδική καθυστέρηση ανάγνωσης» από τα παιδιά που θεωρούνταν «γενικά αδύναμοι αναγνώστες», βάσει των διαφορών που αυτά παρουσίαζαν στη διανοητική ικανότητα τους και ενδείξεων νευρολογικής δυσλειτουργίας και η συγκεκριμένη μέθοδος διάκρισης μεταξύ ικανότητας και επίδοσης, αναδείχθηκε ως βάση για δημόσιες πολιτικές σε όλο τον κόσμο. Οι Rourke & Strang (1978) απέρριψαν την υπόθεση της καθυστέρησης ωρίμανσης, αποδεικνύοντας ότι τα νευροψυχολογικά ελλείμματα επιμένουν και οι Vellutino et al. (1978) υποστήριξαν ότι τα προβλήματα ανάγνωσης θα μπορούσαν να αποδοθούν σε γλωσσικές δυσκολίες, άποψη που έγινε αποδεκτή από σημαντική μερίδα ερευνητών. Ο Doehring (1983) χαρακτήρισε τη νευροψυχολογική έρευνα στις μαθησιακές δυσκολίες ως «περίπλοκο ιστό συμπεριφορικής έρευνας», επικρίνοντας τη γενίκευση θεωριών βάσει συγκρίσεων ομάδων σε μεμονωμένες μεταβλητές, υπέρ των πολυμεταβλητών προσεγγίσεων, στοιχείο που οδήγησε στην έρευνα για υπότυπους, κατά την οποία σειρά νευροψυχολογικών τεστ προσδιόρισαν τις υποθέσεις που χρησιμοποιούνται ως βάση για τη μελέτη των αιτιών των μαθησιακών δυσκολιών.

Η κατανόηση του ρόλου του εγκεφάλου στην εμφάνιση μαθησιακών δυσκολιών προέκυψε χάρη στις μη επεμβατικές τεχνικές νευροαπεικόνισης. Οι πρώιμες σχετικές μελέτες σε ενήλικες με χρήση τομογραφίας εκπομπής ποζιτρονίων (Rumsey et al., 1994) και μικρών σειρών νεκροτομών (Galaburda et al., 1985), επικεντρώθηκαν κυρίως στη δυσλεξία. Οι λειτουργικές νευροαπεικονίσεις εντόπισαν δίκτυα τριών περιοχών στο αριστερό ημισφαίριο που υποστηρίζουν την ανάγνωση και υπολειπώνονται σε άτομα με διαταραχές ανάγνωσης

(Dehaene, 2009) Αυτές οι περιοχές περιλαμβάνουν το κοιλιακό μονοπάτι, το ραχιαίο μονοπάτι και τον κατώτερο μετωπιαίο λοβό. Το κοιλιακό μονοπάτι περιέχει την ινιακή περιοχή και τον οπίσθιο κροταφικό λοβό. Αυτές οι περιοχές είναι κρίσιμες για την οπτική επεξεργασία των λέξεων και τη σύνδεση με τις φωνητικές αναπαραστάσεις τους. Το ραχιαίο μονοπάτι στο οπίσθιο τμήμα του μέσου και άνω κροταφικού λοβού που επεκτείνεται στις βρεγματικές περιοχές είναι υπεύθυνο για την ανάλυση χώρου και τη σήμανση της γραμματικής δομής των λέξεων. Τέλος ο κατώτατος μετωπιαίος λοβός σχετίζεται με τις ανώτερες γνωστικές λειτουργίες όπως αναγνώριση και κατανόηση των γραπτών λέξεων. Θα παρουσιάζει υπολειτουργία ή υπερδραστηριότητα σε άτομα με διαταραχές ανάγνωσης.

Μελέτες που αφορούσαν την ικανότητα από μέρους των ατόμων για την κατανόηση κειμένων, δείχνουν ότι η διμερής ενεργοποίηση των περιοχών του εγκεφάλου που αφορούν στη σημασιολογική επεξεργασία στους πρόσθιους κροταφικούς λοβούς, αποτελεί συνεπές χαρακτηριστικό τόσο της ακρόασης όσο και της ανάγνωσης (Ferstl et al., 2008). Σε ότι αφορά τις μαθηματικές δυσκολίες, αντίστοιχες λειτουργικές μελέτες αποτυπώνουν ένα δίκτυο μετωποκροταφικών και βρεγματικών κυκλωμάτων που σχετίζονται με την αριθμητική επεξεργασία (Ansari & Lyons, 2016). Αντίθετα, λίγες είναι οι μελέτες που μελετούν τη γραπτή έκφραση, οι όμως οποίες αναδεικνύουν ενεργοποίηση σε περιοχές που σχετίζονται με την κινητική σχεδίαση και την ορθογραφική επεξεργασία (Richards et al., 2009).

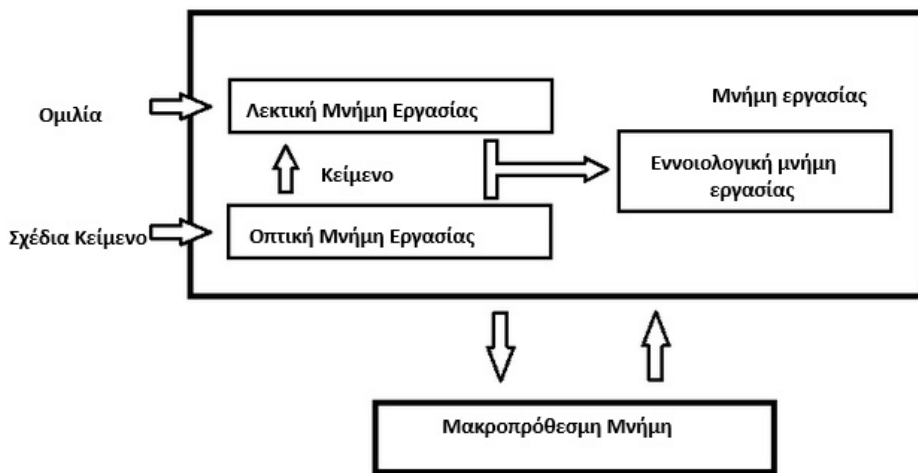
2.3. Νευροψυχολογική προσέγγιση στη διδασκαλία των μαθηματικών

Κατά την εφαρμογή των νευροψυχολογικών αρχών στη διδασκαλία των μαθηματικών, υπογραμμίζεται η σημασία της κατανόησης των εγκεφαλικών μηχανισμών που εμπλέκονται στις γνωστικές διεργασίες και τη μαθηματική σκέψη. Η σύγχρονη έρευνα στη νευροψυχολογία προσφέρει ένα εννοιολογικό πλαίσιο για τη μελέτη των διαδικασιών που διέπουν τη μνήμη, την αντίληψη και τη λήψη αποφάσεων, οι οποίες συνιστούν βασικά στοιχεία της μαθηματικής εκπαίδευσης. Ειδικότερα, περιοχές του εγκεφάλου όπως ο πρόσθιος βρεγματικός λοβός και η εγκάρσια κροταφική έλικα του Heschl, έχουν αναγνωριστεί ως κρίσιμες για την κατανόηση και επεξεργασία μαθηματικών εννοιών (Ansari, 2008). Επιπλέον, η ενεργοποίηση της μετωπιαίας περιοχής κατά την επίλυση πολύπλοκων αριθμητικών προβλημάτων, καταδεικνύει τη σημασία της εκτελεστικής λειτουργίας στη μαθηματική σκέψη.

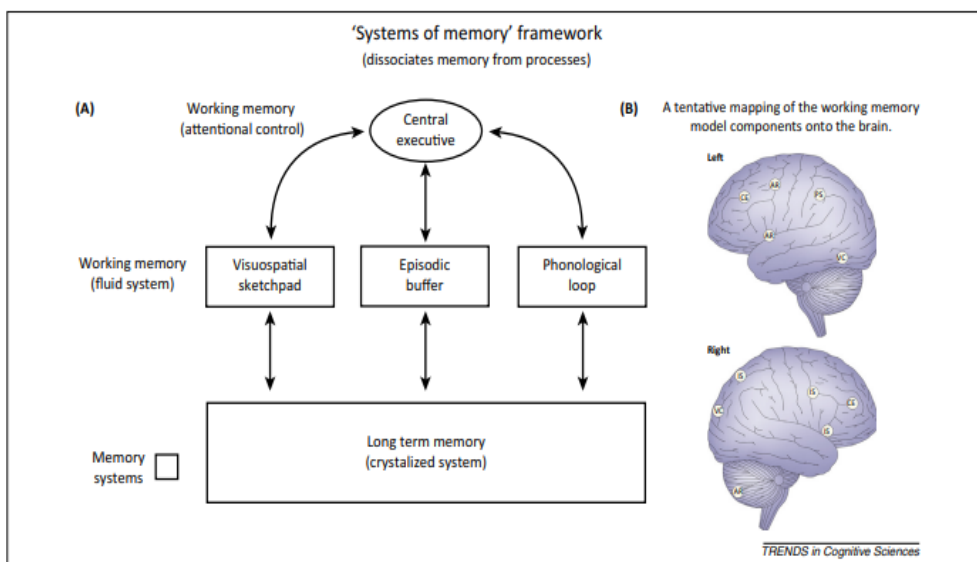
Μια βασική πτυχή της νευροψυχολογικής προσέγγισης στη διδασκαλία των μαθηματικών αφορά τη σύνδεση της προϋπάρχουσας γνώσης με τις νέες μαθηματικές πληροφορίες. Η θεωρία της γνωστικής φόρτισης (cognitive load theory) εξηγεί πώς η υπερφόρτωση της εργασιακής μνήμης μπορεί να δυσχεράνει τη μαθησιακή διαδικασία, ενώ αντίθετα η

χρήση πολυαισθητηριακών εργαλείων, όπως τα γεωμετρικά σχήματα και οι διαδραστικοί χάρτες, μπορεί να ενισχύσει την κατανόηση και τη μνήμη (Sweller, 1988).

Σύμφωνα με Sweller, η εργαζόμενη μνήμη μπορεί να συγκρατήσει μόνο έναν πολύ περιορισμένο αριθμό πληροφοριών κάθε φορά-περίπου τρία έως τέσσερα στοιχεία. Στο πλαίσιο αυτό, η εφαρμογή στρατηγικών που μειώνουν τη γνωστική φόρτιση, όπως η σταδιακή παρουσίαση πληροφοριών και η χρήση απλών αλλά αποτελεσματικών παραδειγμάτων, έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική για την ενίσχυση της μαθηματικής μάθησης (βλ. Εικ. 5 και 6).



Εικόνα 5: Διάγραμμα της μνήμης εργασίας, όπου οι λεκτικές και οπτικές πληροφορίες επεξεργάζονται και συνδέονται με την εννοιολογική μνήμη εργασίας, πριν αποθηκευτούν στη μακροπρόθεσμη μνήμη.
 Πηγή: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Theorie_de_l%27apprentissage_multim%C3%A9dia_de_Mayer.png

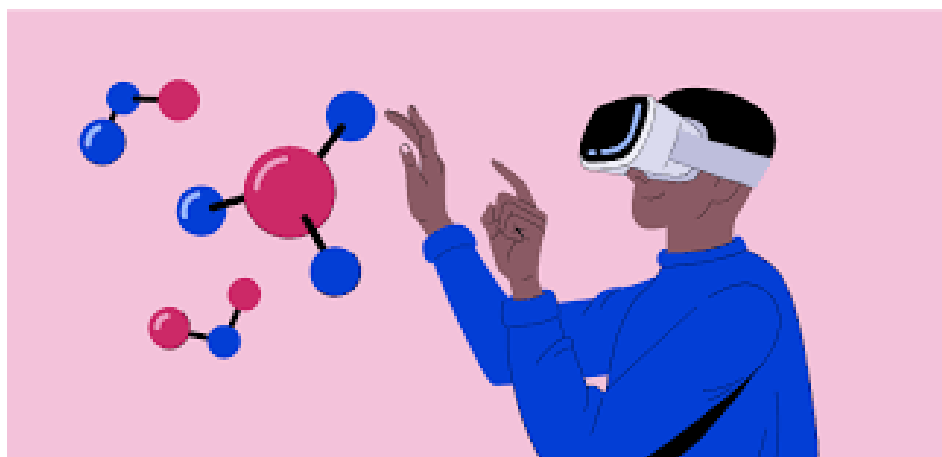


Εικόνα 6: (A) Στο πλαίσιο του μοντέλου "Συστήματα μνήμης", η αποθήκευση πληροφοριών (κουτιά) διαχωρίζεται λειτουργικά από τις μονάδες επεξεργασίας πληροφοριών (βέλη) (B) Χάρτης συστατικών μοντέλου της εργαζόμενης μνήμης στον εγκέφαλο.

Πηγή: Baddeley, A. Working memory: looking back and looking forward. Nat Rev Neurosci 4, 829–839 (2003). <https://doi.org/10.1038/nrn1201>

Ένα άλλο κρίσιμο στοιχείο, είναι ο ρόλος της εργασιακής μνήμης στην επεξεργασία μαθηματικών εννοιών. Σύμφωνα με τον Baddeley (2003), η εργασιακή μνήμη λειτουργεί ως δυναμικός μηχανισμός που επιτρέπει την προσωρινή αποθήκευση και επεξεργασία πληροφοριών. Η αδυναμία αξιοποίησης της εργασιακής μνήμης μπορεί να οδηγήσει σε μαθησιακές δυσκολίες, ιδιαίτερα στα μαθηματικά, όπου απαιτείται συνεχής διαχείριση αριθμητικών δεδομένων και συμβόλων. Στρατηγικές που ενισχύουν τη λειτουργία της εργασιακής μνήμης, όπως η επανάληψη, η οπτικοποίηση και η εφαρμογή διαδραστικών δραστηριοτήτων, συμβάλλουν στη βελτίωση της απόδοσης των μαθητών.

Επίσης, η ενσωμάτωση τεχνολογιών, όπως η εικονική πραγματικότητα και οι διαδραστικοί πίνακες, στη διδασκαλία των μαθηματικών αναδεικνύεται ως μια υποσχόμενη πρακτική που συνάδει με τις αρχές της νευροψυχολογίας, καθώς έρευνες έχουν δείξει ότι η χρήση των εν λόγω εργαλείων διευκολύνει τη δημιουργία πολυαισθητηριακών εμπειριών, ενισχύοντας τη νευροπλαστικότητα, δηλαδή την ικανότητα του εγκεφάλου να αναδιαρθρώνεται και να προσαρμόζεται σε νέες μαθησιακές συνθήκες (Kolb & Whishaw, 2009). Για παράδειγμα, η χρήση τρισδιάστατων μοντέλων στη γεωμετρία επιτρέπει στους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τη δομή και τις σχέσεις μεταξύ των γεωμετρικών σχημάτων, μειώνοντας τη γνωστική φόρτιση και ενισχύοντας την απομνημόνευση (βλ. Εικ. 7).

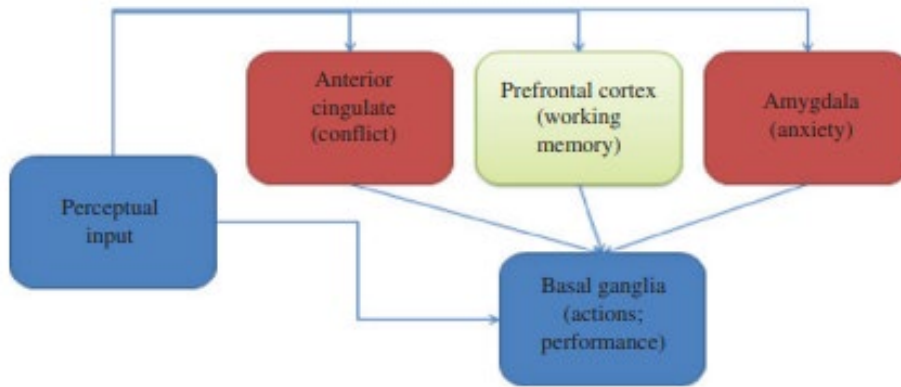


Εικόνα 7: Η εικονική πραγματικότητα (VR) και επαυξημένη πραγματικότητα (AR), μια διαδραστική και καθηλωτική μαθησιακή εμπειρία.

Πηγή: <https://schoolpress.sch.gr/tecnologiagymnasiou/archives/65>

Παράλληλα, ο ρόλος των συναισθηματικών παραγόντων στη μαθηματική μάθηση δεν μπορεί να υποτιμηθεί. Το άγχος για τα μαθηματικά έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει αρνητικά τη λειτουργία της μνήμης και τη συγκέντρωση, γεγονός που μπορεί να εμποδίσει την αποτελεσματική μαθησιακή διαδικασία (Ashcraft & Krause, 2007). Στο παρακάτω σχήμα

παρουσιάζεται ένα ολοκληρωμένο μοντέλο επίδρασης του άγχους των μαθηματικών στον εγκέφαλο. Οι περιοχές του εγκεφάλου που εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα αντιπροσωπεύουν υπερδραστηριοποίηση λόγω του άγχους των μαθηματικών, ενώ οι περιοχές με πράσινο χρώμα αντιπροσωπεύουν υποδραστηριοποίηση.



Εικόνα 8: Μοντέλο επίδρασης του άγχους των μαθηματικών στον εγκέφαλο. Πηγή: [https://www.researchgate.net/publication/337269671 Mathematics anxiety and cognition an integrated neural network model](https://www.researchgate.net/publication/337269671_Mathematics_anxiety_and_cognition_an_integrated_neural_network_model)

Πιο αναλυτικά το άγχος που σχετίζεται με τα μαθηματικά μπορεί να προκαλέσει υπερβολική ενεργοποίηση περιοχών του εγκεφάλου που σχετίζονται με την αντίληψη της απειλής, όπως η αμυγδαλή, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη συναισθηματική δυσφορία. Την ίδια στιγμή, παρατηρείται μειωμένη δραστηριότητα σε περιοχές που σχετίζονται με την αριθμητική επεξεργασία και την εκτελεστική λειτουργία, όπως ο προμετωπιαίος φλοιός και ο βρεγματικός λοβός, καθιστώντας δυσκολότερη την αποτελεσματική επεξεργασία μαθηματικών πληροφοριών (Ahmed A Moustafa, 2019). Η δημιουργία ενός υποστηρικτικού μαθησιακού περιβάλλοντος, όπου οι μαθητές αισθάνονται ασφάλεια να εκφραστούν και να αποτύχουν, είναι απαραίτητη για τη μείωση του άγχους και τη βελτίωση της απόδοσης. Στρατηγικές όπως η χρήση θετικής ενίσχυσης, η προσαρμογή της δυσκολίας των μαθηματικών προβλημάτων στις ικανότητες των μαθητών και η ενθάρρυνση της συνεργασίας μεταξύ των μαθητών, αποτελούν αποτελεσματικά εργαλεία για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων.

2.4 Μαθηματικό άγχος και δυσκολίες εκμάθησης των μαθηματικών

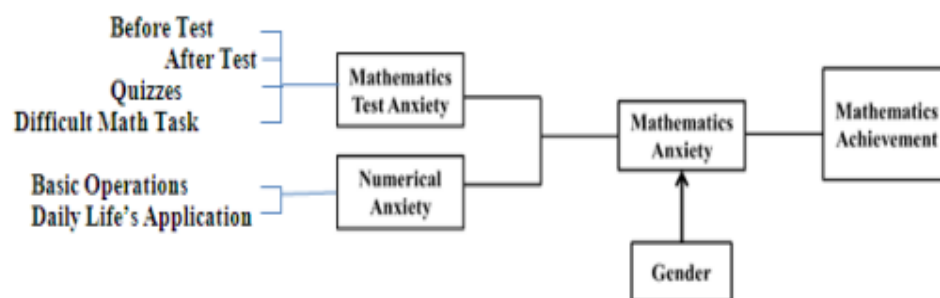
Η σημασία των μαθηματικών στην καθημερινή και επαγγελματική ζωή των ατόμων αυξάνεται, καθώς το επίπεδο των μαθηματικών γνώσεων και δεξιοτήτων επηρεάζει άμεσα τα πρότυπα ποιότητας της ατομικής και κοινωνικής συμπεριφοράς τους. Παρ' όλα αυτά, τα μαθηματικά, δεν κατακτούνται επαρκώς από μερίδα ατόμων. Η αναπτυξιακή δυσαριθμησία,

ή μαθησιακή δυσκολία στα μαθηματικά αποτελεί εγκεφαλική κατάσταση που επηρεάζει αρνητικά την απόκτηση μαθηματικών δεξιοτήτων (Piazza et al., 2010). Η μαθηματική απόδοση των μαθητών με αναπτυξιακή δυσαριθμησία είναι πολύ χαμηλότερη από την αναμενόμενη για την ηλικία, τη νοημοσύνη και την εκπαίδευσή τους, χωρίς να συντρέχουν παράγοντες όπως νοητική αναπηρία, συναισθηματικές διαταραχές, πολιτισμική στέρηση και έλλειψη εκπαίδευσης (Büttner & Hasselhorn, 2011). Οι δυσκολίες στα μαθηματικά απορρέουν από σειρά γνωστικών και συναισθηματικών παραγόντων, με το μαθηματικό άγχος αποτελεί έναν από αυτούς και που μπορεί να διαταράξει την εκμάθηση και επίδοση των παιδιών και των ενηλίκων στα μαθηματικά (Dowker et al., 2016).

Το μαθηματικό άγχος ορίζεται ως «το αίσθημα έντασης και άγχους που παρεμβαίνει στη διαχείριση αριθμών και την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων σε διάφορες καθημερινές και ακαδημαϊκές καταστάσεις» (Richardson & Suinn, 1972). Ο Sherard (1981) περιγράφει το μαθηματικό άγχος ως τον φόβο των μαθηματικών ή ως μια έντονη και αρνητική συναισθηματική αντίδραση προς αυτά. Κατά τους Maloney et al. (2011), υπάρχουν συγκεκριμένοι λόγοι που προκαλούν μαθηματικό άγχος, όπως η έλλειψη κατάλληλου μαθηματικού υπόβαθρου, ελλειπείς συνήθειες απομνημόνευσης τύπων, η εκμάθηση τους με προβλήματα και εφαρμογές που δεν σχετίζονται με την πραγματική ζωή, οι απαιτητικές και χρονικά περιορισμένες εξετάσεις, η απουσία συγκεκριμένου μαθησιακού υλικού, η αρνητική στάση των ατόμων απέναντι στα μαθηματικά, η έλλειψη αυτοπεποίθησης, καθώς και οι προσεγγίσεις, τα συναισθήματα και οι σκέψεις των δασκάλων και των γονέων προς τα μαθηματικά.

Στη βιβλιογραφία έχει θεμελιωθεί σαφώς η αρνητική σχέση μεταξύ μαθηματικού άγχους και μαθηματικής επίδοσης (Foley et al., 2017), με τις σχετικές μελέτες να καταδεικνύουν ότι τα άτομα με υψηλά επίπεδα μαθηματικού άγχους αποδίδουν χειρότερα από εκείνα με χαμηλά επίπεδα άγχους στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων, με τις σχετικές όμως διαφορές συνήθως να μην παρατηρούνται σε απλές αριθμητικές πράξεις, αλλά να γίνονται πιο εμφανείς όταν αφορούν πιο σύνθετα αριθμητικά προβλήματα (Ashcraft & Kirk, 2001) (βλ. Εικ. 9).

Το μαθηματικό άγχος σχετίζεται με τους γνωστικούς πόρους επεξεργασίας πληροφοριών κατά την εκτέλεση αριθμητικών εργασιών (Young, Wu & Menon, 2012), και είναι γενικά αποδεκτό ότι επηρεάζει αρνητικά την μαθηματική απόδοση, διαταράσσοντας τους πόρους της εργασιακής μνήμης (Ashcraft & Kirk, 2001).



Εικόνα 9: Η συμβολή του άγχους των μαθηματικών τεστ και των αριθμητικών προβλημάτων στη διαμόρφωση του άγχους των μαθηματικών. Η ανταπόκριση των φύλων στο μαθηματικό άγχος και η επίδραση του στην επίδοση των μαθητών στα μαθηματικά.

Πηγή: https://www.researchgate.net/publication/283557961_The_Influence_of_Pre-University_Students'_Mathematics_Test_Anxiety_and_Numerical_Anxiety_on_Mathematics_Achievement

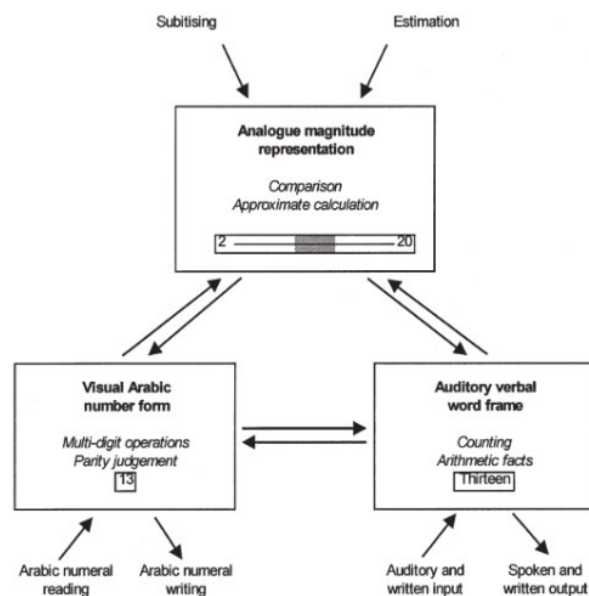
Οι μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά σχετίζονται με ελλείψεις στο κεντρικό εκτελεστικό στοιχείο της εργασιακής μνήμης (Geary et al., 2007), με αντίστοιχες μελέτες να υποδεικνύουν ότι άτομα με μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά, παρουσιάζουν σαφείς ελλείψεις στην εργασιακή μνήμη (Geary et al., 2004). Τα άτομα με υψηλό μαθηματικό άγχος παρουσιάζουν μικρότερη χωρητικότητα εργασιακής μνήμης, ειδικά όταν αξιολογούνται μέσω υπολογιστικών εργασιών και η μειωμένη χωρητικότητα της εργασιακής μνήμης, όταν συνδυάζεται με παράλληλες μνημονικές εργασίες, οδηγεί σε σημαντική αύξηση του χρόνου αντίδρασης και των λαθών (Ashcraft & Kirk, 2001). Έτσι, παρόλο που δεν είναι σαφές σε ποιο βαθμό το μαθηματικό άγχος επηρεάζει την εμφάνιση μαθησιακών δυσκολιών και κατά πόσο οι μαθησιακές δυσκολίες προκαλούν μαθηματικό άγχος, υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις ότι το μαθηματικό άγχος επηρεάζει την μαθηματική απόδοση που απαιτεί εργασιακή μνήμη (Dowker et al., 2016).

Κεφάλαιο 3 Μηχανισμοί και υπότυποι μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών

3.1 Επιδημιολογία και ετερογένεια μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών

Σήμερα, περίπου το 6% των παιδιών σχολικής ηλικίας δεν διαθέτουν επαρκείς μαθηματικές δεξιότητες, παρά το γεγονός ότι είναι φυσιολογικής νοημοσύνης, με τα ποσοστά επιπολασμού των μαθησιακών δυσκολιών που αναφέρονται στα μαθηματικά να είναι ακόμη υψηλότερα όταν χρησιμοποιούνται πιο επεικική κριτήρια (Bartelet et al., 2014). Βάσει της παραπάνω παραδοχής, προκύπτει ότι η λειτουργική ερμηνεία και τα όρια που χρησιμοποιούνται για τον ορισμό των μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών διαφέρουν σημαντικά (Moeller et al., 2012). Ο μεγαλύτερος όγκος των ερευνητών, συμφωνούν ότι τα παιδιά με μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες αντιμετωπίζουν σοβαρές δυσκολίες στην αποθήκευση αριθμητικών γεγονότων στη μακροπρόθεσμη μνήμη (Geary, 1993; Rousselle & Noël, 2007). Συγκεκριμένα, ενώ τα τυπικά αναπτυσσόμενα παιδιά εναλλάσσουν τη χρήση επίπονων νοητικών διαδικασιών για να λύσουν αριθμητικά προβλήματα, με την εφαρμογή βοηθητικών τεχνικών όπως η χρήση δακτύλων για τη μέτρηση ή η διάσπαση των προβλημάτων σε πολλά βήματα, ώστε να επιτύχουν γρήγορη ανάκτηση γεγονότων από τη μακροπρόθεσμη μνήμη, τα παιδιά με μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες επιμένουν στη μη χρήση στρατηγικών μεθόδων για την επίλυση ανάλογων αριθμητικών προβλημάτων.

Η αριθμητική αποτελεί μια σύνθετη ικανότητα που περιλαμβάνει ποικιλία δεξιοτήτων, οι οποίες εξαρτώνται από διαφορετικές γνωστικές διαδικασίες (Dowker, 2005) και ως εκ τούτου, έχει προταθεί ότι οι μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες είναι πιθανόν να αποτελούν ετερογενή διαταραχή (Rubinsten & Henik, 2009). Σε σχετική εμπειρική μελέτη του, ο Von Aster (2000) υποστηρίζει τη συγκεκριμένη προσέγγιση, καθώς αξιολόγησε τις βασικές δεξιότητες επεξεργασίας αριθμών και υπολογισμών 93 παιδιών του δημοτικού που παρουσίαζαν κακή επίδοση στα μαθηματικά. Ομαδοποιώντας τους μαθητές, διαχώρισε μια ομάδα μαθητών με κακή απόδοση και τρεις διαφορετικές ομάδες μαθητών που παρουσίαζαν διαφορετικές εκφάνσεις δυσκαταληψίας και αποτελούνταν από παιδιά που είχαν βαθμολογίες κάτω από μία τυπική απόκλιση του μέσου όρου του πληθυσμού, στις επιδόσεις τους σε τουλάχιστον μία υποκατηγορία μαθημάτων που σχετιζόταν με τα μαθηματικά (βλ. Εικ. 10).



Εικόνα 10: Οπτική αναπαράσταση του "Μοντέλου Τριπλού Κώδικα". Οι τρεις βασικοί κώδικες σε αυτό το πλαίσιο είναι η αναλογική αναπαράσταση μεγέθους, η οπτική μορφή αραβικών αριθμών και το οπτικοακουστικό πλαίσιο των λέξεων. Πηγή: https://www.researchgate.net/publication/347514746_A_View_on_Theories_and_Models_in_the_Study_of_Dyscalculia

Πιο συγκεκριμένα η πρώτη ομάδα αποτελούταν από παιδιά που παρουσίαζαν δυσκολίες στην έγγραφη μεταφορά αριθμών που άκουγαν και στην σύγκριση αριθμών μεταξύ τους. Η δεύτερη ομάδα αποτελούταν από παιδιά που χαρακτηριζόταν από σοβαρά προβλήματα στη μέτρηση και στις δεξιότητες αφαίρεσης, ενώ η τρίτη ομάδα αποτελούταν από παιδιά με γενικευμένη δυσκαταληψία και εμφάνιζαν δυσλειτουργία σε σχεδόν όλες τις διαδικασίες που αφορούσαν αριθμούς. Σε άλλες μελέτες ταξινόμησης των μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών (Jordan et al., 2003), οι ερευνητές εφαρμόζουν περισσότερο σύνθετες προσεγγίσεις εξετάζοντας τα γνωστικά προφίλ των υποκατηγοριών μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών, που προσδιορίστηκαν εκ των προτέρων βάσει προκαθορισμένων παραδοχών που προήλθαν από προηγούμενες μελέτες και θεωρίες. Επιπλέον, λίγες μελέτες επικεντρώθηκαν στις γνωστικές διαδικασίες που αφορούν ειδικά τους αριθμούς (π.χ. μέτρηση), παρά το γεγονός ότι η εμπειρική έρευνα έχει υπογραμμίσει τη σημασία της συμπερίληψης αυτών των διαδικασιών στη μελέτη των μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών (Price & Ansari, 2013).

3.2 Ο ρόλος της εργαζόμενης μνήμης στις μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες

Για να αυτοματοποιήσουν τους υπολογισμούς, οι άνθρωποι πρέπει να διατηρήσουν το πρόβλημα στη λεκτική εργαζόμενη μνήμη, ενώ υπολογίζουν την απάντηση, προκειμένου να δημιουργήσουν μακροχρόνιες συνδέσεις (Geary, 1993). Επιπλέον, οι αριθμοί κωδικοποιούνται χωροταξικά και επομένως η επεξεργασία των αριθμών, θεωρείται ότι υποστηρίζεται από τις χωροταξικές δεξιότητες της εργαζόμενης μνήμης (Dehaene, 1992). Σχετικές εμπειρικές μελέτες που συνέκριναν τις δυνατότητες εργαζόμενης μνήμης παιδιών με και χωρίς μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες, ανέφεραν ελλείμματα στη χωροταξική εργαζόμενη μνήμη, αλλά όχι στη λεκτική εργαζόμενη μνήμη μεταξύ των πρώτων (D'Amico & Guarnera, 2005; Szűcs et al., 2013), με άλλες παρόλα αυτά να παρατηρούν ελλείμματα και στη λεκτική εργαζόμενη μνήμη στα παιδιά με μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες (Rosselli et al., 2006; Andersson & Lyxell, 2007).

Μέχρι σήμερα, δεν υπάρχει ικανοποιητική εξήγηση για την ερμηνεία των αντιφατικών ευρημάτων που παρατηρούνται, με τους Rousselle & Noël (2007) να σημειώνουν ότι είναι πιθανό οι ανεπάρκειες στις δυνατότητες εργαζόμενης μνήμης να μην είναι υπεύθυνες για τα σοβαρά προβλήματα υπολογισμού σε όλα τα παιδιά με μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες και έτσι τα αντικρουόμενα ευρήματα να αποδίδονται στη χρήση διαφοροποιημένων δειγμάτων απόμων που βρίσκονται στο φάσμα των μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών σε διαφορετικές μελέτες.

Παράλληλα, όπως επισημαίνει ο Geary (2011), το επίπεδο IQ των παιδιών δεν πρέπει να παραβλέπεται κατά μελέτη των μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών, καθώς έχει συσχετιστεί με ατομικές διαφορές στην επίδοση και την ανάπτυξη των μαθηματικών. Ωστόσο, συγκρίνοντας τις μαθηματικές επιδόσεις των παιδιών τυπικής ανάπτυξης και παιδιών με μαθησιακές δυσκολίες, ο Geary (2011) διαπίστωσε ότι δεν υφίστανται στατιστικά σημαντικές διαφορές για τα παιδιά με χαμηλό IQ, στοιχείο που δεν ισχύει για τα παιδιά με μέσο IQ. Έτσι κρίνεται ότι η επίδοση στα μαθηματικά σχετίζεται με γνωστικούς παράγοντες πέραν του IQ.

3.3 Ειδικές γνωστικές διαδικασίες και αριθμητική επεξεργασία

Ως αντίδραση στα αντιφατικά ευρήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω, η προσοχή των ερευνητών έχει στραφεί όλο και περισσότερο προς την αναγνώριση των βασικών γνωστικών διαδικασιών που αφορούν ειδικά τους αριθμούς, οι οποίες φαίνεται να είναι ανεπαρκώς

αναπτυγμένες στα παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά. Οι ειδικές γνωστικές διαδικασίες που αφορούν τους αριθμούς, σε αντίθεση με τις γενικές γνωστικές διαδικασίες, υποτίθεται ότι υποστηρίζουν συγκεκριμένα την επιτυχία στα μαθηματικά (Butterworth, 2010). Πολλές διαφορετικές εργασίες έχουν χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση αυτών των δεξιοτήτων επεξεργασίας, με ορισμένες από αυτές να έχουν επανειλημμένα αποδείξει ότι σχετίζονται σημαντικά με τις διαφορές στις επιδόσεις των παιδιών στα μαθηματικά και τις μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες.

Αρχικά, εργασίες σύγκρισης μεγέθους χρησιμοποιούνται για να εκτιμηθεί η κατανόηση των παιδιών σχετικά με τα μη - συμβολικά (π.χ. τελείες) και τα συμβολικά (π.χ. 5) μεγέθη (Mundy & Gilmore, 2009). Ένα χαρακτηριστικό των εργασιών σύγκρισης μη - συμβολικών και συμβολικών μεγεθών είναι το φαινόμενο της απόστασης αριθμών (Numerical Distance Effect, NDE) (Moyer & Bayer, 1976; Mundy & Gilmore, 2009), με το φαινόμενο αυτό να αναφέρεται στην παρατήρηση ότι η σύγκριση μεγεθών που είναι κοντά μεταξύ τους (π.χ. 6 και 7), είναι πιο επιρρεπής σε σφάλματα και γίνεται πιο αργά από τη σύγκριση μεγεθών που είναι σχετικά πιο απομακρυσμένα (π.χ. 5 και 9). Το φαινόμενο της απόστασης αριθμών έχει υποστηριχθεί ότι παρουσιάζει την αναπαραστατική ακρίβεια ενός έμφυτου συστήματος, το οποίο παρέχει ασαφή αναπαράσταση των αριθμητικών ποσοτήτων (Fayol & Seron, 2005). Στο εν λόγω σύστημα αναπαράστασης, τα αριθμητικά μεγέθη υποτίθεται ότι επικαλύπτονται μεταξύ τους, προκαλώντας το φαινόμενο της απόστασης αριθμών και οδηγώντας σε μια «περίπου» αντί για ακριβή αναπαράσταση των αριθμητικών συμβόλων.

Έχει υποστηριχθεί ότι η επεξεργασία τόσο των συμβολικών όσο και των μη - συμβολικών μεγεθών παρέχει τα θεμέλια για την ανάπτυξη μαθηματικών δεξιοτήτων. Στο πλαίσιο αυτό, οι Mazzocco et al. (2011) υπέθεσαν ότι οι μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες οφείλονται σε ελλείμματα στην ακριβή αναπαράσταση των αριθμητικών συμβόλων, οι οποίες οδηγούν σε δυσκολίες στη μη - συμβολική και συμβολική επεξεργασία (Piazza, 2010). Σε αυτή τη βάση, οι Landerl et al. (2004) παρατήρησαν μελετώντας μια ομάδα παιδιών 8 - 9 ετών, ότι εκείνα με μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες παρουσίασαν σημαντικά ασθενέστερες επιδόσεις, σε σχέση με τα παιδιά με μέσες επιδόσεις σε πολλές εργασίες επεξεργασίας αριθμών, περιλαμβανομένων των εργασιών σύγκρισης συμβολικού μεγέθους και της εργασίας αρίθμησης τελειών, στοιχείο που εν συνεχεία επιβεβαιώθηκε και από τις μελέτες των Landerl et al. (2009) και Mussolin et al. (2012).

Αντιθέτως, άλλοι ερευνητές βρήκαν ότι τα παιδιά με μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες παρουσιάζουν μειωμένες δεξιότητες σύγκρισης συμβολικών μεγεθών, αλλά η επεξεργασία των μη - συμβολικών μεγεθών παραμένει ανέπαφη (De Smedt & Gilmore, 2011).

Τα εν λόγω ευρήματα υποστηρίζουν την υπόθεση σύμφωνα με την οποία, οι αδύναμες μαθηματικές δεξιότητες οφείλονται σε ανεπαρκώς αναπτυγμένες δεξιότητες επεξεργασίας συμβολικών μεγεθών. Συγκεκριμένα, τα παιδιά με μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες κρίνεται ότι παρουσιάζουν ανεπάρκειες στη σύνδεση των συμβολικών αναπαραστάσεων αριθμητικών μεγεθών, όπως οι αριθμοί, με τις μη - συμβολικές ποσότητες που αυτές αντιπροσωπεύουν (Rousselle & Noël, 2007). Λαμβάνοντας υπόψη τις αντιφατικές διαπιστώσεις που προκύπτουν, οι Kramer & Landerl (2010) προτείνουν την ιδέα ότι και οι δύο παρουσιαζόμενες υποθέσεις ενδέχεται να εξηγούν τις μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες, αλλά όχι για το σύνολο των ατόμων που βρίσκονται εντός του σχετικού φάσματος.

Παρόμοια με τις μελέτες σύγκρισης συμβολικού μεγέθους, οι εργασίες εκτίμησης αριθμών αξιολογούν τις δεξιότητες επεξεργασίας συμβολικών μεγεθών, καταγράφοντας την ικανότητα των παιδιών να μετατρέπουν έναν σύμβολο σε μη - συμβολικό μέγεθος και το αντίστροφο (Siegler & Booth, 2004). Στη βάση αυτή έχουν μελετηθεί διάφορες πρακτικές, όπως εκείνη των (Siegler & Booth, 2005) βάσει της οποίας ζητήθηκε από τα υπό μελέτη υποκείμενα να εκτιμήσουν επανειλημμένα ένα αριθμητικό σύμβολο (π.χ. 7) που αντιπροσωπεύει την καλύτερη μη - συμβολική παράσταση (π.χ. τελείες). Αντίστοιχα, οι Mejias et al. (2012) στην προαναφερθείσα μελέτη που αφορούσε στην εκτέλεση διαδικασιών εκτίμησης αριθμών από μαθητές του δημοτικού, βρήκαν ότι η μεταβλητότητα στις εκτιμήσεις που παρείχαν τα παιδιά για συγκεκριμένους μη - συμβολικούς στόχους ήταν σημαντικά μεγαλύτερη για τα παιδιά με μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες, σε σχέση με τα παιδιά τυπικής ανάπτυξης. Παράλληλα, εργασίες με τη χρήση αριθμητικής γραμμής απαιτούν από τα παιδιά να προσδιορίσουν τη χωρική θέση ενός αριθμού σε μια γραμμή, με τους Geary, Hoard και Bailey (2012) και Landerl (2013) να εξετάζουν την αναπτυξιακή πορεία των σχετικών δεξιοτήτων μαθητών της δευτέρας, τρίτης και τετάρτης τάξης και να παρατηρούν ότι τα παιδιά με ελλείματα στις εργασίες αριθμητικής γραμμής παρουσιάζουν σταθερά λιγότερο ακριβείς εκτιμήσεις σε σχέση με τα παιδιά τυπικής ανάπτυξης.

Τέλος, μια δεξιότητα που είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των κατάλληλων δεξιοτήτων επεξεργασίας συμβολικών μεγεθών είναι η μέτρηση. Οι Landerl et al. (2004) βρήκαν ότι τα παιδιά που εφαρμόζουν εργασίες αριθμητικής γραμμής, παρουσιάζουν καλύτερο χρόνο αντίδρασης όταν απαριθμούν σύνολα που αποτελούνται από τέσσερις ή περισσότερες τελείες (εύρος αρίθμησης), αλλά όχι για σύνολα τριών ή λιγότερων τελειών (εύρος υποτίθεσης). Βέβαια, πιο πρόσφατες μελέτες δεν μπόρεσαν να αναπαράγουν αυτά τα αποτελέσματα, αλλά αντίθετα παρατήρησαν ότι η ικανότητα και η ευχέρεια των παιδιών που εφαρμόζουν εργασίες αριθμητικής γραμμής, να απαριθμούν μικρά σύνολα (εύρος υποτίθεσης) και

όχι μεγάλα σύνολα (εύρος αρίθμησης) τελειών διαφέρουν σημαντικά από τα παιδιά που δεν εφαρμόζουν εργασίες αριθμητικής γραμμής (Schleifer & Landerl, 2011).

3.4 Υποτύποι μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών

Οι υποτύποι των μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών προκύπτουν από τη διαφοροποίηση των γνωστικών παραγόντων και του IQ των παιδιών, οι οποίοι σχηματίζουν διάφορα μοτίβα ισχυρών και αδύναμων σημείων και στη βάση αυτή, αναγνωρίζονται έξι γνωστικοί υποτύποι μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών (Bartelet et al. (2014): 1) ελλείμματος πρόσβασης, 2) αδύναμης αριθμητικής γραμμής, 3) αδύναμης αριθμητικής αίσθησης, 4) χωρικών δυσκολιών, 5) αριθμητικού γνωστικού ελλείμματος και 6) γενικής δυσκολίας.

Οι Piazza (2010) και Mazzocco et al. (2011), θεωρούν ότι οι μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες προκύπτουν λόγω πρωταρχικού ελλείμματος στην εγγενή αριθμητική αίσθηση που εκδηλώνεται με αδύναμες επιδόσεις σε μη συμβολικές και συμβολικές αριθμητικές δοκιμασίες (Andersson & Östergren, 2012). Ωστόσο, κανένας από τους υποτύπους που παρουσιάστηκαν δεν χαρακτηρίζεται από αδυναμίες σε όλες τις αριθμο-ειδικές δεξιότητες επεξεργασίας. Οι υποτύποι της αδύναμης αριθμητικής αίσθησης και των χωρικών δυσκολιών περιλαμβάνουν παιδιά με σημαντικές δυσκολίες (0,6-0,8 τυπικές αποκλίσεις κάτω από το μέσο όρο), στη γνώση των κατά προσέγγιση αριθμητικών ποσοτήτων και στο μέτρο της αριθμητικής γραμμής, ενώ εμφανίζουν μέσες ή ανώτερες επιδόσεις στις δεξιότητες αρίθμησης και γνώσης αραβικών αριθμών.

Οι Rousselle & Noël (2007) προτείνουν ότι οι μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες, προκύπτουν από την αποτυχία σύνδεσης των συμβολικών αριθμητικών αναπαραστάσεων με τις αντίστοιχες μη συμβολικές και ανεξάρτητα από την αδυναμία επεξεργασίας ποσοτήτων. Το εν λόγω μοντέλο συνάδει με το γνωστικό προφίλ του υποτύπου του ελλείμματος πρόσβασης, όπου τα παιδιά εμφανίζουν σοβαρές δυσκολίες στις παραμέτρους της γνώσης Αραβικών αριθμών και της αρίθμησης, ενώ άλλες γνωστικές δεξιότητες δεν είναι ούτε έντονα αδύναμες ούτε έντονα ισχυρές. Ωστόσο, τα δεδομένα δείχνουν ότι τα μέτρα που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των εν λόγω παραμέτρων είναι πιθανό να μην αποτυπώνουν την ικανότητα σύνδεσης συμβολικών και μη συμβολικών αναπαραστάσεων, αλλά απλώς να αξιολογούν τη γνώση των συμβολικών αριθμών (Lyons, Ansari, & Beilock, 2012).

Τέλος, μια τρίτη υπόθεση υποστηρίζει ότι οι μαθηματικές μαθησιακές δυσκολίες πηγάζουν από γενικά γνωστικά ελλείμματα, όπως η αδύναμη εργασιακή μνήμη (Geary, 2004), με τα παιδιά που παρουσιάζουν χωρικές δυσκολίες, να χαρακτηρίζονται από σημαντικές αδυναμίες στη χωρική βραχυπρόθεσμη μνήμη εργασίας, με επιδόσεις κοντά στη μία

τυπική απόκλιση κάτω από τον μέσο όρο, χωρίς να παρουσιάζουν σοβαρά ελλείμματα στη λεκτική βραχυπρόθεσμη μνήμη εργασίας (βλ. Εικ. 11).

1^{ος} Τύπος: Βασική δυσκολία στη χρήση διαδικασιών (όπως στρατηγικών και αλγορίθμων)		
<p>Γνωστικά χαρακτηριστικά:</p> <p>Σχετικά συχνή χρήση αναπτυξιακά ανώριμων διαδικασιών (π.χ. χρονοβόρων στρατηγικών μέτρησης)</p> <p>Συχνά λάθη κατά την εκτέλεση διαδικασιών</p> <p>Φτωχή κατανόηση των εννοιών που υποκείνται της χρήσης των διαδικασιών</p> <p>Δυσκολίες στην τήρηση της ακολουθίας πολλαπλών βημάτων σε σύνθετες διαδικασίες</p>	<p>Αναπτυξιακά χαρακτηριστικά:</p> <p>Φαίνεται σε πολλές περιπτώσεις να εκφράζει μια καθυστέρηση στην ανάπτυξη. (Η επίδοση είναι όμοια με την επίδοση μικρότερων παιδιών τυπικής ανάπτυξης και βελτιώνεται από τάξη σε τάξη).</p>	<p>Σχέση με αναγνωστικές ΜΔ: Ασαφής</p>
2^{ος} Τύπος: Βασική δυσκολία στη σημασιολογική μνήμη		
<p>Γνωστικά χαρακτηριστικά:</p> <p>Δυσκολίες στην ανάκληση μαθηματικών δεδομένων (τα δεδομένα δύσκολα απομνημονεύονται και συνήθως υπολογίζονται με βοηθήματα).</p> <p>Συχνά λάθη στα δεδομένα που ανακαλούνται</p> <p>Τα λάθη ανάκλησης στην αριθμητική είναι συχνά σχετικά με τους αριθμούς που περιέχονται στο πρόβλημα</p> <p>Η ταχύτητα ανάκλησης είναι μη συστηματική</p>	<p>Αναπτυξιακά χαρακτηριστικά:</p> <p>Φαίνεται να εκφράζει μια διαφοροποίηση στην ανάπτυξη. (Η επίδοση είναι ποιοτικά διαφορετική από αυτή των παιδιών τυπικής ανάπτυξης και υπάρχει μικρή βελτίωση από τάξη σε τάξη).</p>	<p>Σχέση με αναγνωστικές ΜΔ: Φαίνεται να συνυπάρχει με αναγνωστικές δυσκολίες στη φωνολογική επίγνωση</p>
3^{ος} Τύπος: Βασική δυσκολία στην οπτικο-χωρική αντίληψη		
<p>Γνωστικά χαρακτηριστικά:</p> <p>Δυσκολίες σε χωρική αναπαράσταση αριθμητικών δεδομένων και άλλων ειδών μαθηματικών πληροφοριών και σχέσεων, όπως η τοποθέτηση αριθμών σε στήλες ή ο χειρισμός πολυψήφιων αριθμών που αποτελούνται από τα ίδια ψηφία</p> <p>Συχνή παρανόηση χωρικά αναπαριστώμενων πληροφοριών</p>	<p>Αναπτυξιακά χαρακτηριστικά:</p> <p>Ασαφής</p>	<p>Σχέση με αναγνωστικές ΜΔ: Δε φαίνεται να σχετίζεται</p>

Εικόνα 11: Υποτύποι Μαθησιακών Δυσκολιών στα Μαθηματικά (έρευνα του Geary ,2004).

Κεφάλαιο 4 Διδακτικές παρεμβάσεις μαθησιακών δυσκολιών στα μαθηματικά

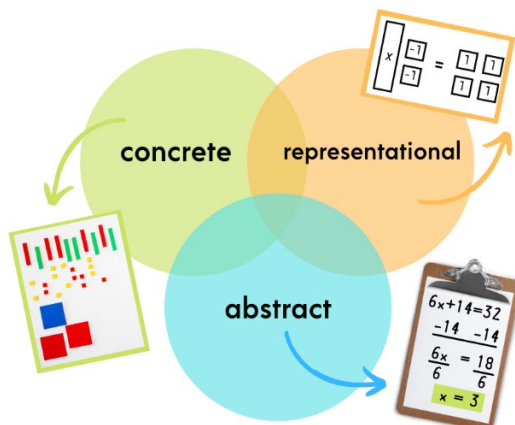
4.1 Θεωρητικές προσεγγίσεις και πλαίσια διδασκαλίας

Οι μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά συνιστούν ένα ευρύ φάσμα γνωστικών και εκπαιδευτικών προκλήσεων, που απαντώνται σε σημαντικό αριθμό μαθητών διεθνώς. Οι σχετικές δυσκολίες απαιτούν στοχευμένες διδακτικές παρεμβάσεις, καθώς η μη έγκαιρη αντιμετώπιση τους μπορεί να οδηγήσει σε χρόνιες μαθησιακές ανεπάρκειες, επηρεάζοντας όχι μόνο την ακαδημαϊκή πορεία των μαθητών αλλά και την ψυχοκοινωνική τους ανάπτυξη (Geary, 2004). Οι σύγχρονες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις τονίζουν τη σημασία της διαφοροποιημένης διδασκαλίας και της εντατικής παρέμβασης και δεν αφορούν μόνο στην καλλιέργεια δεξιοτήτων υπολογισμού αλλά και στη βαθύτερη κατανόηση των μαθηματικών εννοιών, την επίλυση προβλημάτων και την ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων. Παράλληλα, η χρήση τεκμηριωμένων στρατηγικών, η συνεχής αξιολόγηση της προόδου και η ενσωμάτωση της τεχνολογίας στη διδασκαλία συνιστούν βασικές παραμέτρους για την επιτυχημένη αντιμετώπιση των μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών.

Όπως παρουσιάστηκε, οι μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά εκδηλώνονται με ποικίλους τρόπους, όπως η αδυναμία εκτέλεσης βασικών αριθμητικών πράξεων, η δυσκολία κατανόησης γεωμετρικών εννοιών ή η αδυναμία επεξεργασίας προβλημάτων με πολλαπλά βήματα και συχνά συνοδεύονται από περιορισμένη αριθμητική ρευστότητα, ελλείμματα στην εργαζόμενη μνήμη και δυσκολίες στη χρήση μαθηματικής ορολογίας. Η διάγνωση των μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών πραγματοποιείται κατά βάση μέσω τυποποιημένων δοκιμασιών, που αξιολογούν τη μαθηματική κατανόηση από μέρους των μαθητών (Hott et al., 2014). Παράλληλα, καθήκον των εκπαιδευτικών είναι να παρατηρούν τη συμπεριφορά του μαθητή κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας, όπως την αντίδραση του κατά την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων, την τάση του να αποφεύγει μαθηματικές δραστηριότητες ή την αδυναμία του να εφαρμόσει στρατηγικές σκέψης (Mazzocco, 2007).

Η κατανόηση των αιτιών των μαθηματικών μαθησιακών δυσκολιών, είναι ζωτικής σημασίας και εκτός από τους γενετικούς παράγοντες, όπως οι γνωστικές αδυναμίες στην εργαζόμενη μνήμη, σημαντικό ρόλο παίζουν περιβαλλοντικές παράμετροι, όπως η περιορισμένη πρόσβαση σε ποιοτική μαθηματική εκπαίδευση. Έτσι οι εκπαιδευτικοί πρέπει να αναγνωρίζουν τις ατομικές ανάγκες κάθε μαθητή, ώστε να σχεδιάζουν παρεμβάσεις που ανταποκρίνονται στις ιδιαίτερες δυσκολίες και δυνατότητές του. Η διδασκαλία μαθητών με

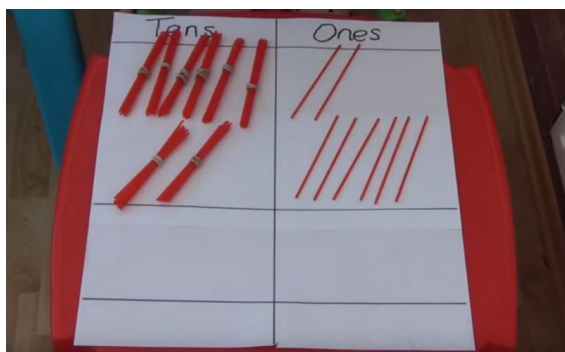
μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά, βασίζεται σε θεωρητικά μοντέλα και προσεγγίσεις που δίνουν έμφαση στη διαφοροποίηση, τη συστηματική καθοδήγηση και την ενίσχυση της κατανόησης μέσω πολλαπλών σταδίων. Ένα από τα πιο αποτελεσματικά πλαίσια που χρησιμοποιούνται αφορά στο επονομαζόμενο «Πραγματικό – Αναπαραστατικό – Αφηρημένο» (CRA) μοντέλο, το οποίο υποστηρίζει τη σταδιακή μετάβαση από τη χρήση απτών αντικειμένων σε αφηρημένες μαθηματικές έννοιες, καθιστώντας τη μάθηση πιο προσιτή σε μαθητές που δυσκολεύονται με την παραδοσιακή διδασκαλία (Flores et al., 2014).



Εικόνα 3: Πραγματικό - Αναπαραστατικό- Αφηρημένο, (CRA) μοντέλο

Πηγή: <https://www.maneuveringthemiddle.com/difficult-math-concepts/>


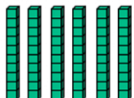



Στο πρώτο στάδιο του μοντέλου CRA, οι μαθητές εργάζονται με συγκεκριμένα υλικά για να κατανοήσουν τις μαθηματικές έννοιες. Για παράδειγμα, χρησιμοποιούν κύβους, νομίσματα ή άλλα τρισδιάστατα αντικείμενα για να κατανοήσουν βασικές αριθμητικές σχέσεις, όπως η πρόσθεση και η αφαίρεση, με την προσέγγιση αυτή να στοχεύει στο να ενθαρρύνει τη μάθηση μέσω της εμπειρίας και να παρέχει στους μαθητές τη δυνατότητα να οπτικοποιήσουν τις πράξεις, διευκολύνοντας τη μετάβαση προς πιο σύνθετες μαθηματικές δεξιότητες.



Εικόνα 4: Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιεί ξυλάκια από γλειφιτζούρι, τα οποία ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί για να διαφοροποιήσει τα ψηφία. Πηγή: <https://thirdspacelearning.com/us/blog/concrete-representational-abstract-math-cpa/>

Στο δεύτερο στάδιο, που είναι το αναπαραστατικό, οι μαθητές μεταβαίνουν από τα συγκεκριμένα αντικείμενα στη χρήση σχεδίων ή διαγραμμάτων. Για παράδειγμα, μπορούν να σχεδιάσουν κύκλους ή να χρησιμοποιήσουν αριθμογραμμές για να απεικονίσουν αριθμητικές σχέσεις, με τη διαδικασία αυτή να βοηθά τους μαθητές να συνδέσουν τη φυσική εμπειρία με τη συμβολική αναπαράσταση, παρέχοντας μια γέφυρα προς την κατανόηση αφηρημένων εννοιών (Flores et al., 2014). Η συστηματική χρήση διαγραμμάτων έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη για μαθητές με ελλείμματα στην οπτικο-χωρική αντίληψη, καθώς τους επιτρέπει να οργανώσουν τις πληροφορίες πιο αποτελεσματικά.

Το τρίτο και τελευταίο στάδιο είναι το αφηρημένο, όπου οι μαθητές καλούνται να εργαστούν αποκλειστικά με αριθμητικά σύμβολα και μαθηματικές εκφράσεις. Στη βάση αυτή, η διδασκαλία επικεντρώνεται στη σύνθεση των γνώσεων που αποκτήθηκαν στα δύο προηγούμενα στάδια, με στόχο την εφαρμογή των δεξιοτήτων σε πραγματικά προβλήματα. Η μετάβαση στο αφηρημένο επίπεδο δεν είναι αυτόματη και απαιτεί διαρκή υποστήριξη από τους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι πρέπει να προσαρμόζουν τη διδασκαλία τους στις ανάγκες κάθε μαθητή. Η αποτελεσματικότητα του μοντέλου CRA έχει τεκμηριωθεί από έρευνες που δείχνουν ότι η χρήση πολλαπλών σταδίων ενισχύει τη μαθηματική κατανόηση και τη μεταφορά της γνώσης σε νέες καταστάσεις. Μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες έχουν καταφέρει να βελτιώσουν σημαντικά την επίδοσή τους, όταν η διδασκαλία ακολουθεί τη λογική του συγκεκριμένου-αναπαραστατικού-αφηρημένου πλαισίου (Flores et al., 2014).

Hundreds	Tens	Ones
 1	 6	 3
+	 3	 8

Εικόνα 14: Η μετάβαση από τα φυσικά αντικείμενα στη σχεδιαστική αναπαράσταση, πριν την πλήρη αφηρημένη μορφή με αριθμούς και συμβολισμό. Πηγή: <https://thirdspacelearning.com/us/blog/concrete-representational-abstract-math-cpa/>

Παράλληλα, μια άλλη θεμελιώδη θεωρητική προσέγγιση για την υποστήριξη μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά είναι η μεταγνωστική διδασκαλία, η οποία επικεντρώνεται στην ανάπτυξη δεξιοτήτων αυτορρύθμισης. Βάσει αυτής, οι μαθητές ενθαρρύνονται να αναλύουν τις μαθηματικές τους διαδικασίες και να σκέφτονται κριτικά για τις επιλογές τους. Η στρατηγική RIDE (Remember the problem, Identify relevant information,

Determine the operations, Enter the answer) αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μεταγνωστικής παρέμβασης που βοηθά τους μαθητές να αναλύουν και να επιλύουν προβλήματα με συστηματικό τρόπο (Mercer & Mercer, 1989). Η διδασκαλία που βασίζεται στη μεταγνωστική προσέγγιση περιλαμβάνει τη χρήση “σκέψεων φωναχτά” από τον εκπαιδευτικό, ώστε να δείξει πώς μπορεί να προσεγγιστεί ένα πρόβλημα. Οι μαθητές καλούνται να παρακολουθήσουν τον τρόπο με τον οποίο ο εκπαιδευτικός σκέφτεται, αναλύει και λύνει ένα μαθηματικό ζήτημα και σχετικές μελέτες, έχουν δείξει ότι η εν λόγω στρατηγική αυξάνει τη συμμετοχή των μαθητών και βελτιώνει την ικανότητά τους να χρησιμοποιούν τις γνώσεις τους για την επίλυση νέων προβλημάτων (Mevarech & Amrany, 2008).

Φυσικά, η εφαρμογή αυτών των παρουσιαζόμενων θεωρητικών πλαισίων απαιτεί από τους εκπαιδευτικούς να διαμορφώνουν ευέλικτες και προσαρμοσμένες μεθόδους διδασκαλίας, ώστε να ανταποκρίνονται στις ανάγκες κάθε μαθητή, ενώ η συνεχής αξιολόγηση της προόδου τους και η παροχή ανατροφοδότησης προς τους ίδιους είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία της διδασκαλίας. Επιπλέον, η ενσωμάτωση της τεχνολογίας, όπως οι διαδραστικοί πίνακες ή τα εκπαιδευτικά λογισμικά, μπορεί να ενισχύσει τη διαδικασία της μάθησης, καθιστώντας τη πιο διαδραστική και εξατομικευμένη (Bryant & Bryant, 2008).

4.2 Εφαρμογή διδακτικών στρατηγικών

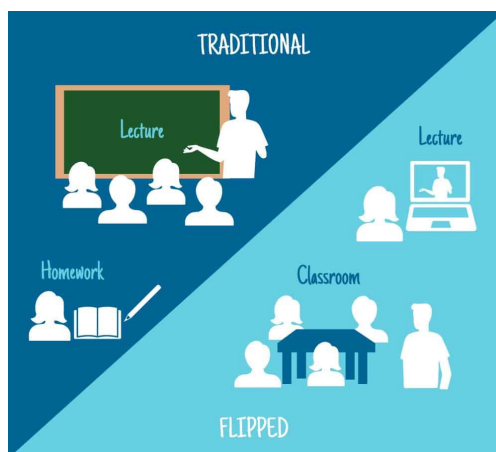
Η αποτελεσματική διδασκαλία μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά προϋποθέτει τη χρήση εξειδικευμένων στρατηγικών που ανταποκρίνονται στις ιδιαίτερες ανάγκες κάθε μαθητή. Κεντρικό στοιχείο αυτής της προσέγγισης είναι η διδασκαλία με σαφήνεια, συστηματικότητα και δομή, ώστε να διασφαλίζεται ότι οι μαθητές κατανοούν τις έννοιες και αναπτύσσουν τις δεξιότητες που απαιτούνται για την επιτυχία. Η συστηματική διδασκαλία περιλαμβάνει τη διάσπαση των μαθηματικών προβλημάτων σε μικρότερα, διαχειρίσιμα μέρη, τα οποία παρουσιάζονται με προοδευτική δυσκολία. Παράλληλα, παρέχεται συνεχής ανατροφοδότηση, η οποία ενισχύει την κατανόηση και μειώνει την πιθανότητα παρερμηνειών (Fuchs & Fuchs, 2008).

Η χρήση οπτικών μοντέλων, όπως οι αριθμογραμμές, οι πίνακες δεδομένων και τα γεωμετρικά σχήματα, έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη στη διδασκαλία μαθηματικών εννοιών, καθώς τα σχετικά εργαλεία παρέχουν στους μαθητές τη δυνατότητα να απεικονίσουν τις σχέσεις μεταξύ των αριθμών και να κατανοήσουν τις πράξεις που απαιτούνται για την επίλυση προβλημάτων. Για παράδειγμα, η αριθμογραμμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να απεικονίσει την πρόσθεση και την αφαίρεση, βοηθώντας τους μαθητές να δουν την κατεύθυνση της πράξης και να αναπτύξουν εννοιολογική κατανόηση. Οι γεωμετρικές

αναπαραστάσεις, όπως τα σχήματα ή τα διαγράμματα, ενισχύουν τη χωρική κατανόηση και διευκολύνουν τη σύνδεση μεταξύ των συγκεκριμένων και των αφηρημένων εννοιών (Flores et al., 2014).

Μια στρατηγική που έχει αποδειχθεί εξαιρετικά αποτελεσματική για την υποστήριξη μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά είναι η FAST DRAW (Find, Ask, Set up, Tie down; Discover, Read, Answer, Write), η οποία ενσωματώνει μια σταδιακή διαδικασία επίλυσης προβλημάτων, κατά την οποία οι μαθητές ακολουθούν σαφή βήματα για να αναγνωρίσουν τα δεδομένα, να εφαρμόσουν τις κατάλληλες πράξεις και να επαληθεύσουν τη λύση τους. Έτσι, οι μαθητές αποκτούν οργανωμένη προσέγγιση που ενισχύει τη μαθηματική τους αυτοπεποίθηση και βελτιώνει την ικανότητά τους να επιλύουν προβλήματα (Mercer & Miller, 1992).

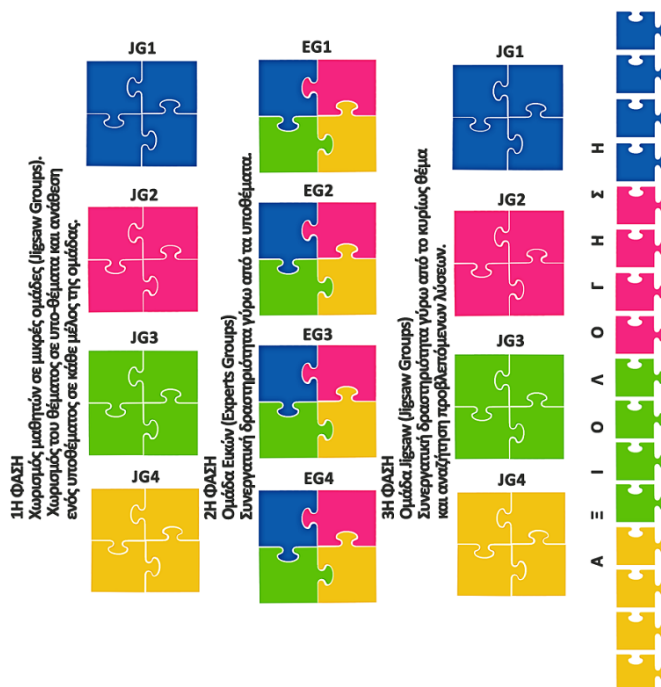
Ένα άλλο μοντέλο στρατηγικής μάθησης που μπορεί να υποστηρίξει τη διαφοροποιημένη διδασκαλία μαθητών με διαφορετικές ανάγκες στα μαθηματικά είναι το Flipped Classroom (Ανεστραμμένη Τάξη). Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, οι μαθητές μελετούν το θεωρητικό υλικό στο σπίτι μέσω βίντεο ή διαδραστικών εφαρμογών, ενώ ο χρόνος μέσα στην τάξη αφιερώνεται σε πιο στοχευμένες δραστηριότητες και υποστηρικτική καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό. Αυτή η μέθοδος επιτρέπει στους μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες να επεξεργάζονται τις πληροφορίες με τον δικό τους ρυθμό, ενώ παράλληλα ενισχύει την συνεργασία και την εξατομικευμένη υποστήριξη μέσα στην τάξη. (Bergmann & Sams, 2012).



Εικόνα 15: Το μοντέλο Flipped Classroom. Πηγή: <https://strobeeducation.com/blog/the-flipped-classroom-common-challenges/>

Μία ακόμη στρατηγική μάθησης, που βασίζεται στη συνεργασία των μαθητών για την απόκτηση γνώσεων μέσα από τη διαμοίραση των πληροφοριών, είναι η μέθοδος της Συνεργατικής Συναρμολόγησης, Jigsaw. Χρησιμοποιείται σε διάφορα γνωστικά αντικείμενα, συμπεριλαμβανομένων των μαθηματικών, και βοηθά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων

κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων. Η μέθοδος Jigsaw (που σημαίνει παζλ) σχεδιάστηκε από τον Elliot Aronson το 1971 και βασίζεται στην αρχή της ομαδικής εργασίας και αλληλοδιδασκτικής. Οι μαθητές χωρίζονται σε μικρές ομάδες, όπου κάθε μέλος είναι υπεύθυνο για την εκμάθηση και τη διδασκαλία ενός συγκεκριμένου μέρους του θέματος στους υπολοίπους. Στα μαθηματικά, η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμόζεται με κατανομή των εννοιών, επίλυση προβλημάτων και ανάλυση δεδομένων. Σύμφωνα με την νευροεπιστήμη, η ενεργός συμμετοχή, η συνεργασία και η κοινωνική αλληλεπίδραση και η κοινωνική αλληλεπίδραση ενισχύουν τη μάθηση και τη μνήμη. Η μέθοδος Jigsaw ενσωματώνει αυτές τις αρχές, καθώς οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες, ανταλλάσσουν πληροφορίες και διδάσκουν ο ένας τον άλλον, ενισχύοντας έτσι τη βαθύτερη κατανόηση και την απομνημόνευση των πληροφοριών. (Elejere, U. C., Keziah, B. C, Nwandikor, C, & Nduji, C. C, 2022)



Εικόνα 16: Το μοντέλο Συνεργατικής Συναρμολόγησης, Jigsaw. Πηγή <https://elearning.iep.edu.gr/study/mod/book/tool/print/index.php?id=1214#ch34>

Επιπλέον, η συνεχής επανάληψη των βασικών μαθηματικών εννοιών είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της γνώσης, αφού οι μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες συχνά χρειάζονται περισσότερες ευκαιρίες για εξάσκηση, καθώς και υποστήριξη για να κατανοήσουν πώς συνδέονται οι διάφορες έννοιες. Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να εμπλακούν σε επαναληπτικές δραστηριότητες που συνδέουν την αριθμητική με τις εφαρμογές της, ενισχύοντας έτσι τη μεταφορά γνώσης σε νέα πλαίσια. Η ανατροφοδότηση από τον εκπαιδευτικό, βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν τα λάθη τους και να βελτιώσουν τη μαθηματική τους σκέψη (Fuchs & Fuchs, 2008). Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η

εφαρμογή των παραπάνω στρατηγικών απαιτεί από τους εκπαιδευτικούς ευελιξία και προσαρμοστικότητα, καθώς πρέπει να αναγνωρίζουν τις ιδιαίτερες ανάγκες των μαθητών τους και να διαμορφώνουν τη διδασκαλία τους ανάλογα. Η συνεργασία με γονείς και ειδικούς μπορεί να προσφέρει πολύτιμη υποστήριξη, διασφαλίζοντας ότι οι μαθητές λαμβάνουν συνεπή και στοχευμένη βοήθεια τόσο στο σχολείο όσο και στο σπίτι (Bryant & Bryant, 2008).

4.3 Συνεργασία και διαφοροποίηση στη διδασκαλία

Η αποτελεσματική διδασκαλία μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά απαιτεί τη συνεργασία μεταξύ εκπαιδευτικών, γονέων και ειδικών, καθώς και την υιοθέτηση στρατηγικών διαφοροποιημένης διδασκαλίας, με τη συνεργασία και τη διαφοροποίηση να είναι αλληλένδετες έννοιες, που στοχεύουν στη διασφάλιση της βέλτιστης υποστήριξης για κάθε μαθητή, ανεξάρτητα από τις ατομικές του ανάγκες ή δεξιότητες. Πιο συγκεκριμένα, η συνεργασία μεταξύ εκπαιδευτικών και γονέων αποτελεί κεντρικό πυλώνα για την επιτυχία των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά και οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να διατηρούν τακτική επικοινωνία με τους γονείς, ώστε να ενημερώνονται για την πρόοδο του μαθητή και να ανταλλάσσουν πληροφορίες σχετικά με στρατηγικές υποστήριξης που μπορούν να εφαρμοστούν τόσο στο σχολείο όσο και στο σπίτι. Για παράδειγμα, οι γονείς μπορούν να ενθαρρύνουν τη χρήση απλών καθημερινών δραστηριοτήτων, όπως τα ψώνια, για την εξάσκηση μαθηματικών δεξιοτήτων, όπως η πρόσθεση, η αφαίρεση ή ο υπολογισμός ποσοτήτων (Bley & Thornton, 2001), ενώ οι εκπαιδευτικοί πρέπει να παρέχουν στους γονείς συγκεκριμένες οδηγίες για τη χρήση αυτών των δραστηριοτήτων, καθώς και ανατροφοδότηση σχετικά με την πρόοδο του παιδιού.

Η συνεργασία με ειδικούς, όπως σχολικούς ψυχολόγους, λογοθεραπευτές και ειδικούς παιδαγωγούς, ενισχύει την αποτελεσματικότητα των διδακτικών παρεμβάσεων, με τους επαγγελματίες της υγείας, να συμβάλουν στη διαμόρφωση εξατομικευμένων εκπαιδευτικών σχεδίων (Individualized Education Plans, IEPs), τα οποία λαμβάνουν υπόψη τις ιδιαιτερότητες του εκάστοτε μαθητή. Για παράδειγμα, οι σχολικοί ψυχολόγοι μπορούν να βοηθήσουν στη διαχείριση του άγχους που συχνά συνοδεύει τις μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά, ενώ οι λογοθεραπευτές μπορούν να υποστηρίξουν τη γλωσσική κατανόηση που είναι απαραίτητη για την κατανόηση της μαθηματικής ορολογίας (Dawson & Guare, 2018).

Η διαφοροποίηση της διδασκαλίας, η οποία αναφέρεται στη διαδικασία προσαρμογής της διδασκαλίας ώστε να ταιριάζει στις δυσκολίες, τα ενδιαφέροντα και τις ικανότητες κάθε μαθητή, είναι επίσης απαραίτητη για την κάλυψη των αναγκών μαθητών με διαφορετικά επίπεδα δεξιοτήτων και στυλ μάθησης. Στη βάση αυτή, υπάρχει η δυνατότητα από

μέρους των εκπαιδευτικών εφαρμόζονται διάφορες στρατηγικές διαφοροποίησης, όπως η χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων. Για παράδειγμα, η παρουσίαση μιας μαθηματικής έννοιας μπορεί να γίνει μέσα από τη χρήση φυσικών αντικειμένων (π.χ. κύβων), οπτικών αναπαραστάσεων (π.χ. διαγραμμάτων) και αφηρημένων συμβόλων (π.χ. εξισώσεων) (Flores et al., 2014).

Επιπλέον, κομβικής σημασίας είναι η προσαρμογή του βαθμού δυσκολίας των μαθηματικών ασκήσεων ανάλογα με το επίπεδο των μαθητών. Οι μαθητές που βρίσκονται σε αρχικό επίπεδο κατανόησης, θα πρέπει να εξασκούνται σε βασικές αριθμητικές πράξεις, ενώ οι πιο προχωρημένοι μαθητές να εμπλέκονται σε σύνθετα προβλήματα που απαιτούν αναλυτική σκέψη, με την προσέγγιση αυτή όχι μόνο να επιτρέπει στους μαθητές να εργάζονται με υλικό που είναι κατάλληλο για το επίπεδό τους, αλλά και να ενισχύει την αυτοπεποίθησή τους, καθώς παρατηρούν οι ίδιοι την πρόοδό τους (Cooper-Kahn & Dietzel, 2024). Η ενσωμάτωση δημιουργικών δραστηριοτήτων στη διδασκαλία είναι μία ακόμη στρατηγική που ενθαρρύνει την ενεργή συμμετοχή των μαθητών και δραστηριότητες όπως η κατασκευή γεωμετρικών σχημάτων με φυσικά υλικά ή η δημιουργία ενός παιχνιδιού με αριθμούς μπορούν να κάνουν τη μαθησιακή διαδικασία πιο ενδιαφέρουσα και διασκεδαστική. Η δημιουργικότητα στη διδασκαλία βοηθά επίσης τους μαθητές να δουν τις εφαρμογές των μαθηματικών στην καθημερινή ζωή, γεγονός που ενισχύει το ενδιαφέρον τους για το μάθημα.

Συμπεράσματα και προτάσεις

Η παρούσα μελέτη υπογραμμίζει τον κρίσιμο ρόλο της νευροεπιστήμης και της νευροψυχολογίας στην κατανόηση και αντιμετώπιση των μαθησιακών δυσκολιών στα μαθηματικά. Μέσα από τη διεπιστημονική προσέγγιση, αναδεικνύεται ο κρίσιμος ρόλος της κατανόησης των γνωστικών και νευρολογικών μηχανισμών που επηρεάζουν τη μαθηματική σκέψη (Feiler & Stabio, 2018), με την υπάρχουσα βιβλιογραφία να υπογραμμίζει ότι οι μαθηματικές δεξιότητες δεν αναπτύσσονται απομονωμένα, αλλά βασίζονται σε σύνθετες αλληλεπιδράσεις γνωστικών λειτουργιών, συναισθηματικών παραγόντων και εγκεφαλικών διεργασιών (Thomas & Ansari, 2020).

Έρευνες επιβεβαιώνουν ότι οι δυσκολίες στα μαθηματικά συχνά σχετίζονται με δυσλειτουργίες σε κρίσιμες εγκεφαλικές περιοχές, όπως αυτές που σχετίζονται με την αριθμητική επεξεργασία και τη χωρική αντίληψη (Ansari & Lyons, 2016). Η λεπτομερής ανάλυση των εν λόγω δυσκολιών φανερώνει την ανάγκη για διαφοροποιημένη προσέγγιση στη διάγνωση και την παρέμβαση (Dehaene, 2009), ενώ επιπλέον, διαπιστώνεται ότι οι μαθητές με μαθησιακά ελλείμματα στα μαθηματικά παρουσιάζουν συχνά ελλείψεις στη λειτουργία της εργαζόμενης μνήμης και στην ικανότητα επεξεργασίας βασικών αριθμητικών εννοιών (Geary, 1993; Geary et al., 2007). Βέβαια, τα σχετικά προβλήματα μπορούν να εντοπιστούν από πρόωμη ηλικία, καθιστώντας την έγκαιρη παρέμβαση καίρια για την πρόληψη της επιδείνωσης των μαθησιακών δυσκολιών.

Η σύνδεση της θεωρίας με την πράξη αποτελεί βασικό πυλώνα της έρευνας, με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας να δείχνουν ότι οι εκπαιδευτικές στρατηγικές πρέπει να στηρίζονται σε επιστημονικά δεδομένα, λαμβάνοντας υπόψη την εγκεφαλική πλαστικότητα και τις ατομικές διαφορές στη γνωστική λειτουργία (Kolb & Whishaw, 2009). Η ενσωμάτωση πολυαισθητηριακών εργαλείων και η χρήση διαδραστικών μεθόδων διδασκαλίας ενισχύουν την εμπλοκή των μαθητών και προάγουν τη βαθύτερη κατανόηση των μαθηματικών εννοιών (Sweller, 1988). Παράλληλα, η εφαρμογή πρακτικών που μειώνουν τη γνωστική φόρτιση, όπως η σταδιακή παρουσίαση πληροφοριών, διευκολύνει τη μάθηση και μειώνει την απογοήτευση που συχνά συνοδεύει τα μαθησιακά ελλείμματα (Mundy & Gilmore, 2009).

Ένα ακόμη σημαντικό εύρημα που αναδείχθηκε από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας είναι η επίδραση του συναισθηματικού παράγοντα στη μαθηματική μάθηση. Το άγχος για τα μαθηματικά, που περιγράφεται ως ένας από τους σημαντικότερους ανασταλτικούς παράγοντες, μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία της μνήμης και να περιορίσει τις γνωστικές δυνατότητες των μαθητών (Ashcraft & Krause, 2007; Ashcraft & Kirk, 2001). Οι

στρατηγικές μείωσης του άγχους, όπως η παροχή υποστηρικτικού μαθησιακού περιβάλλοντος και η ενθάρρυνση των μαθητών μέσω θετικής ενίσχυσης, είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση της μαθηματικής επίδοσης (Young, Wu & Menon, 2012). Επίσης, η καλλιέργεια της αυτοπεποίθησης μέσω επιτυχημένων μαθησιακών εμπειριών μπορεί να ενδυναμώσει τους μαθητές, οδηγώντας σε καλύτερα αποτελέσματα.

Επιπλέον, η χρήση σύγχρονων διαγνωστικών εργαλείων, όπως οι τεχνικές νευροαπεικόνισης, προσφέρει νέες δυνατότητες για την κατανόηση των γνωστικών λειτουργιών που εμπλέκονται στη μαθηματική σκέψη (Richards et al., 2009), καθώς μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη εξατομικευμένων παρεμβάσεων, προσαρμοσμένων στις ανάγκες κάθε μαθητή. Ειδικά σε περιπτώσεις αναπτυξιακής δυσκαλκουλίας, οι εν λόγω διαγνωστικές μέθοδοι επιτρέπουν την ακριβέστερη αναγνώριση των αδυναμιών, βοηθώντας στη στοχευμένη ενίσχυση δεξιοτήτων, όπως η αριθμητική επεξεργασία ή η χωρική αναπαράσταση (Butterworth, 2010).

Η διεπιστημονική φύση της νευροεπιστήμης και της νευροψυχολογίας συμβάλλει στην ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πλαισίου για την κατανόηση και την αντιμετώπιση των μαθησιακών δυσκολιών και οι παρεμβάσεις που συνδυάζουν τις αρχές αυτών των επιστημών με καινοτόμες διδακτικές πρακτικές έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν δραστικά την εκπαιδευτική εμπειρία (Park & Brannon, 2013). Η σύνθεση θεωρίας και πράξης ενισχύει την αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών μεθόδων, προσφέροντας στους μαθητές περισσότερες ευκαιρίες για να αξιοποιήσουν πλήρως το δυναμικό τους. Παράλληλα, βάσει της παρούσας ανάλυσης καταδεικνύεται η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα στη σχέση μεταξύ εγκεφαλικής λειτουργίας και μαθηματικής επίδοσης. Οι διαφορές στη νευρολογική δραστηριότητα μεταξύ ατόμων με και χωρίς μαθησιακές δυσκολίες είναι ένα θέμα που απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση (Ansari, 2008) και η ανάπτυξη νέων διαγνωστικών εργαλείων και εκπαιδευτικών τεχνικών μπορεί να συμβάλει στην αποτελεσματικότερη στήριξη μαθητών με δυσκολίες. Επιπλέον, η έρευνα πρέπει να επικεντρωθεί στη δημιουργία προγραμμάτων κατάρτισης για εκπαιδευτικούς, ώστε να εξοπλιστούν με τις απαραίτητες γνώσεις για να εφαρμόζουν τις πιο πρόσφατες επιστημονικές εξελίξεις στην τάξη.

Η κατανόηση ότι οι μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά είναι ένα πολυπαραγοντικό φαινόμενο υπογραμμίζει την ανάγκη για συνεργασία μεταξύ εκπαιδευτικών, γονέων και ειδικών (Rousselle & Noël, 2007). Οι στρατηγικές παρέμβασης πρέπει να ενσωματώνουν τη θεωρία της νευροεπιστήμης με την πρακτική εφαρμογή στις τάξεις, διασφαλίζοντας ότι κάθε μαθητής λαμβάνει την υποστήριξη που χρειάζεται, καθώς η συμπερίληψη όλων των απαραίτητων παραμέτρων στη διαμόρφωση της εκπαιδευτικής πολιτικής μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τις ευκαιρίες μάθησης για όλα τα παιδιά.

Αναφορές

- Andersson, U., & Lyxell, B. (2007). Working memory deficit in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit?. *Journal of experimental child psychology*, 96(3), 197-228.
- Andersson, U., & Östergren, R. (2012). Number magnitude processing and basic cognitive functions in children with mathematical learning disabilities. *Learning and Individual Differences*, 22(6), 701-714.
- Ansari, D. (2008). Effects of development and enculturation on number representation in the brain. *Nature reviews neuroscience*, 9(4), 278-291.
- Ansari, D., & Lyons, I. M. (2016). Cognitive neuroscience and mathematics learning: how far have we come? Where do we need to go?. *ZDM*, 48, 379-383.
- Ansari, D., De Smedt, B., & Grabner, R. H. (2012). Neuroeducation—a critical overview of an emerging field. *Neuroethics*, 5, 105-117.
- Ashcraft, M. H., & Kirk, E. P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of experimental psychology: General*, 130(2), 224.
- Ashcraft, M. H., & Krause, J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic bulletin & review*, 14, 243-248.
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: An overview. *Journal of communication disorders*, 36(3), 189-208.
- Bartelet, D., Ansari, D., Vaessen, A., & Blomert, L. (2014). Cognitive subtypes of mathematics learning difficulties in primary education. *Research in developmental disabilities*, 35(3), 657-670.
- Benarós, S., Lipina, S. J., Segretin, M. S., Hermida, M. J., & Jorge, J. A. (2010). Neuroscience and education: Towards the construction of interactive bridges. *Revista de neurologia*, 50(3), 179-186.
- Berry, D. C., & Dienes, Z. P. (1993). *Implicit learning*. L. Erlbaum.
- Biesta, G. J. (2015). *Good education in an age of measurement: Ethics, politics, democracy*. Routledge.
- Bley, N. S., & Thornton, C. A. (2001). *Teaching mathematics to students with learning disabilities*. PRO-ED, Inc., 8700 Shoal Creek Blvd., Austin, TX 48757-6897.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). Learning: From speculation to science. *How people learn: Brain, mind, experience, and school*, 3, 30.

- Brod, G., Werkle-Bergner, M., & Shing, Y. L. (2013). The influence of prior knowledge on memory: a developmental cognitive neuroscience perspective. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 7, 139.
- Bruer, J. T. (1997). Education and the brain: A bridge too far. *Educational researcher*, 26(8), 4-16.
- Bryant, B. R., & Bryant, D. P. (2008). Introduction to the special series: Mathematics and learning disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 31(1), 3-8.
- Butterworth, B. (2010). Foundational numerical capacities and the origins of dyscalculia. *Trends in cognitive sciences*, 14(12), 534-541.
- Büttner, G., & Hasselhorn, M. (2011). Learning disabilities: Debates on definitions, causes, subtypes, and responses. *International Journal of Disability, Development and Education*, 58(1), 75-87.
- Chevalier, N. (2010). Executive functions in children: concepts and developments. *Canadian Psychology-Psychologie Canadienne*, 51(3), 149-163.
- Cooper-Kahn, J., & Dietzel, L. (2024). *Late, lost, and unprepared: A parents' guide to helping children with executive functioning*. Taylor & Francis.
- Costa, D. I., Azambuja, L. S., Portuguese, M. W., & Costa, J. C. (2004). Neuropsychological assessment in children. *Jornal de pediatria*, 80, 111-116.
- D'Amico, A., & Guarnera, M. (2005). Exploring working memory in children with low arithmetical achievement. *Learning and Individual Differences*, 15(3), 189-202.
- Dawson, P., & Guare, R. (2018). *Executive skills in children and adolescents: A practical guide to assessment and intervention*. Guilford Publications.
- De Smedt, B., & Gilmore, C. K. (2011). Defective number module or impaired access? Numerical magnitude processing in first graders with mathematical difficulties. *Journal of experimental child psychology*, 108(2), 278-292.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44(1-2), 1-42.
- Dehaene, S. (2009). *Reading in the brain*. New York.
- Doehring, D. G. (1983). What do we know about reading disabilities? Closing the gap between research and practice. *Annals of Dyslexia*, 33, 175-183.
- Dowker, A. (2005). Early identification and intervention for students with mathematics difficulties. *Journal of learning disabilities*, 38(4), 324-332.
- Dowker, A., Sarkar, A., & Looi, C. Y. (2016). Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years?. *Frontiers in psychology*, 7, 508.

- Duff, F. J., Hulme, C., Grainger, K., Hardwick, S. J., Miles, J. N., & Snowling, M. J. (2014). Reading and language intervention for children at risk of dyslexia: a randomised controlled trial. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55(11), 1234-1243.
- Estrada, C. A., Martin-Hryniewicz, M., Collins, C., Byrd, J. C., & Peek, B. T. (2004). Literacy and numeracy skills and anticoagulation control. *The American journal of the medical sciences*, 328(2), 88-93.
- Fayol, M., & Seron, X. (2005). About numerical representations: Insights from neuropsychological, experimental, and developmental studies. In *The handbook of mathematical cognition* (pp. 3-22). Psychology Press.
- Feiler, J. B., & Stabio, M. E. (2018). Three pillars of educational neuroscience from three decades of literature. *Trends in neuroscience and education*, 13, 17-25.
- Ferstl, E. C., Neumann, J., Bogler, C., & Von Cramon, D. Y. (2008). The extended language network: a meta-analysis of neuroimaging studies on text comprehension. *Human brain mapping*, 29(5), 581-593.
- Flobakk, F. R. (2015). *The development and impact of educational neuroscience: A critical discourse analysis* (Doctoral thesis). NTNU Open.
- Flores, M. M., Hinton, V., & Strozier, S. D. (2014). Teaching subtraction and multiplication with regrouping using the concrete–representational–abstract sequence and strategic instruction model. *Learning Disabilities Research & Practice*, 29(2), 75-88.
- Foley, A. E., Herts, J. B., Borgonovi, F., Guerriero, S., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2017). The math anxiety-performance link: A global phenomenon. *Current directions in psychological science*, 26(1), 52-58.
- Fuchs, L. S., & Fuchs, D. (2008). Mathematics disabilities in the primary grades: Seven principles of effective practice. *New Times for DLD; Division for Learning Disabilities*, 26(1), 2-8.
- Galaburda, A. M., Sherman, G. F., Rosen, G. D., Aboitiz, F., & Geschwind, N. (1985). Developmental dyslexia: four consecutive patients with cortical anomalies. *Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society*, 18(2), 222-233.
- Gardner, H. (2021). *Disciplined mind: What all students should understand*. Simon & Schuster.
- Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities: cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological bulletin*, 114(2), 345.

- Geary, D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of learning disabilities*, 37(1), 4-15.
- Geary, D. C. (2011). Consequences, characteristics, and causes of mathematical learning disabilities and persistent low achievement in mathematics. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 32(3), 250-263.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., & Bailey, D. H. (2012). Fact retrieval deficits in low achieving children and children with mathematical learning disability. *Journal of learning disabilities*, 45(4), 291-307.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., & DeSoto, M. C. (2004). Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Journal of experimental child psychology*, 88(2), 121-151.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., & Numtee, C. (2007). Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child development*, 78(4), 1343-1359.
- Goldberg, H. (2022). Growing brains, nurturing minds—neuroscience as an educational tool to support students’ development as life-long learners. *Brain Sciences*, 12(12), 1622.
- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: from research to practice?. *Nature reviews neuroscience*, 7(5), 406-413.
- Hinshelwood, J. (1895). Word-blindness and visual memory. *The Lancet*, 146(3773), 1564-1570.
- Hook, C. J., & Farah, M. J. (2013). Neuroscience for educators: what are they seeking, and what are they finding?. *Neuroethics*, 6(2), 331-341.
- Hott, B. L., Isbell, L., & Oettinger, T. (2014). Strategies and interventions to support students with mathematics disabilities. *Council for Learning Disabilities*.
- Howard-Jones, P. (2008). Philosophical challenges for researchers at the interface between neuroscience and education. *Journal of Philosophy of Education*, 42(3-4), 361-380.
- Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education: myths and messages. *Nature reviews neuroscience*, 15(12), 817-824.
- Immordino-Yang, M. H. (2015). *Emotions, learning, and the brain: Exploring the educational implications of affective neuroscience (the Norton series on the social neuroscience of education)*. WW Norton & Company.
- Johnstone, B., & Stonnington, H. H. (2011). *Rehabilitation of neuropsychological disorders: A practical guide for rehabilitation professionals*. Psychology Press.

- Jordan, N. C., Hanich, L. B., & Kaplan, D. (2003). A longitudinal study of mathematical competencies in children with specific mathematics difficulties versus children with comorbid mathematics and reading difficulties. *Child development*, 74(3), 834-850.
- Kirk, S. A. (1963). Behavioral diagnosis and remediation of learning disabilities. In *Proceedings of the annual meeting: Conference on exploration into the problems of the perceptually handicapped child* (Vol. 1, pp. 1-7). Evanston, IL.
- Knox, R. (2016). Mind, brain, and education: A transdisciplinary field. *Mind, Brain, and Education*, 10(1), 4-9.
- Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (2009). *Fundamentals of human neuropsychology*. Macmillan.
- Landerl, K. (2013). Development of numerical processing in children with typical and dyscalculic arithmetic skills—a longitudinal study. *Frontiers in psychology*, 4, 459.
- Landerl, K., Bevan, A., & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8–9-year-old students. *Cognition*, 93(2), 99-125.
- Landerl, K., Fussenegger, B., Moll, K., & Willburger, E. (2009). Dyslexia and dyscalculia: Two learning disorders with different cognitive profiles. *Journal of experimental child psychology*, 103(3), 309-324.
- Lima, V. V. (2016). Constructivist spiral: an active learning methodology. *Interface-Comunicação, Saúde, Educação*, 21, 421-434.
- Liu, C. J., & Chiang, W. W. (2014). Theory, method and practice of neuroscientific findings in science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12, 629-646.
- Ludvik, M. J. B. (Ed.). (2023). *The neuroscience of learning and development: Enhancing creativity, compassion, critical thinking, and peace in higher education*. Taylor & Francis.
- Luria, A. R. (1976). *The working brain: An introduction to neuropsychology*. Nueva New York: Basic Books.
- Luria, A.R. (1980). *Higher cortical functions in man*. Nueva York: Basic Books.
- Lyons, I. M., Ansari, D., & Beilock, S. L. (2012). Symbolic estrangement: evidence against a strong association between numerical symbols and the quantities they represent. *Journal of experimental psychology: General*, 141(4), 635.
- Mahone, E. M., & Denckla, M. B. (2017). Attention-deficit/hyperactivity disorder: a historical neuropsychological perspective. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 23(9-10), 916-929.

- Maloney, E. A., Ansari, D., & Fugelsang, J. A. (2011). Rapid communication: The effect of mathematics anxiety on the processing of numerical magnitude. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *64*(1), 10-16.
- Mareschal, D., Butterworth, B., & Tolmie, A. (Eds.). (2013). *Educational neuroscience*. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Mason, L. (2009). Bridging neuroscience and education: A two-way path is possible. *Cortex*, *45*(4), 548-549.
- Mazzocco, M. M. (2007). Issues in Defining Mathematical Learning Disabilities and Difficulties: The Nature and Origins of Mathematical Learning Di. In *Why is Math So Hard for Some Children: The Nature and Origins of Mathematical Learning Di* (pp. 29-47). Brookes Publishers.
- Mazzocco, M. M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Impaired acuity of the approximate number system underlies mathematical learning disability (dyscalculia). *Child development*, *82*(4), 1224-1237.
- Mejias, S., Mussolin, C., Rousselle, L., Grégoire, J., & Noël, M. P. (2012). Numerical and nonnumerical estimation in children with and without mathematical learning disabilities. *Child Neuropsychology*, *18*(6), 550-575.
- Mercer, C. D., & Mercer, A. R. (1989). *Teaching students with learning problems*. Merrill Publishing Co.
- Mercer, C. D., & Miller, S. P. (1992). Teaching students with learning problems in math to acquire, understand, and apply basic math facts. *Remedial and special Education*, *13*(3), 19-35.
- Mevarech, Z. R., & Amrany, C. (2008). Immediate and delayed effects of meta-cognitive instruction on regulation of cognition and mathematics achievement. *Metacognition and Learning*, *3*, 147-157.
- Moeller, K., Fischer, U., Cress, U., & Nuerk, H. C. (2012). *Diagnostics and intervention in developmental dyscalculia: Current issues and novel perspectives* (pp. 233-275). Springer Netherlands.
- Moeller, K., Fischer, U., Link, T., Wasner, M., Huber, S., Cress, U., & Nuerk, H. C. (2012). Learning and development of embodied numerosity. *Cognitive processing*, *13*, 271-274.
- Moyer, R. S., & Bayer, R. H. (1976). Mental comparison and the symbolic distance effect. *Cognitive Psychology*, *8*(2), 228-246.

- Mundy, E., & Gilmore, C. K. (2009). Children's mapping between symbolic and nonsymbolic representations of number. *Journal of experimental child psychology*, 103(4), 490-502.
- Orton, S. T. (1928). Specific reading disability—strephosymbolia. *Journal of the American Medical Association*, 90(14), 1095-1099.
- Park, J., & Brannon, E. M. (2013). Training the approximate number system improves math proficiency. *Psychological science*, 24(10), 2013-2019.
- Patten, K. E., & Campbell, S. R. (Eds.). (2011). *Educational neuroscience: Initiatives and emerging issues*. John Wiley & Sons.
- Piazza, M., Facoetti, A., Trussardi, A. N., Berteletti, I., Conte, S., Lucangeli, D., ... & Zorzi, M. (2010). Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. *Cognition*, 116(1), 33-41.
- Price, G. R., & Ansari, D. (2013). Dyscalculia: Characteristics, causes, and treatments. *Numeracy*, 6(1), 2.
- Reynolds, C. R., & Fletcher-Janzen, E. (Eds.). (2009). *Handbook of Clinical Child Neuropsychology*. Springer Science & Business Media.
- Richards, T. L., Berninger, V. W., Stock, P., Altemeier, L., Trivedi, P., & Maravilla, K. (2009). Functional magnetic resonance imaging sequential-finger movement activation differentiating good and poor writers. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 31(8), 967-983.
- Richardson, F. C., & Suinn, R. M. (1972). The mathematics anxiety rating scale: psychometric data. *Journal of counseling Psychology*, 19(6), 551.
- Rivera-Batiz, F. L. (1992). Quantitative literacy and the likelihood of employment among young adults in the United States. *Journal of Human Resources*, 313-328.
- Rose, N., & Abi-Rached, J. M. (2013). *Neuro: The new brain sciences and the management of the mind*. Princeton University Press.
- Rosselli, M., Matute, E., Pinto, N., & Ardila, A. (2006). Memory abilities in children with subtypes of dyscalculia. *Developmental neuropsychology*, 30(3), 801-818.
- Rourke, B. P. (1975). *Neuropsychological significance of subtypes of learning disabilities: A review*. *Canadian Journal of Psychology*, 29(4), 312-329.
- Rourke, B. P., & Strang, J. D. (1978). Neuropsychological significance of variations in patterns of academic performance: Motor, psychomotor, and tactile-perceptual abilities. *Journal of pediatric psychology*, 3(2), 62-66.

- Rousselle, L., & Noël, M. P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, *102*(3), 361-395.
- Rubinsten, O., & Henik, A. (2009). Developmental dyscalculia: Heterogeneity might not mean different mechanisms. *Trends in cognitive sciences*, *13*(2), 92-99.
- Rumsey, J. M., Zametkin, A. J., Andreason, P., Hanahan, A. P., Hamburger, S. D., Aquino, T., ... & Cohen, R. M. (1994). Normal activation of frontotemporal language cortex in dyslexia, as measured with oxygen 15 positron emission tomography. *Archives of Neurology*, *51*(1), 27-38.
- Rutter, M., & Yule, W. (1975). The concept of specific reading retardation. *Journal of child Psychology and Psychiatry*, *16*(3), 181-197.
- Satz, P., & Sparrow, S. (1970). Specific developmental dyslexia: A theoretical formulation. *Specific reading disability: Advances in theory and method*, 17-39.
- Schleifer, P., & Landerl, K. (2011). Subitizing and counting in typical and atypical development. *Developmental science*, *14*(2), 280-291.
- Schwartz, M. S., Hinesley, V., Chang, Z., & Dubinsky, J. M. (2019). Neuroscience knowledge enriches pedagogical choices. *Teaching and Teacher Education*, *83*, 87-98.
- Seghier, M. L., Fahim, M. A., & Habak, C. (2019). Educational fMRI: From the lab to the classroom. *Frontiers in Psychology*, *10*, 2769.
- Sen, C., Ay, Z. S., & Kiray, S. A. (2018). STEM skills in the 21st century education. *Research highlights in STEM education*, 81-101.
- Sherard, W. H. (1981). Math anxiety in the classroom. *The Clearing House: A journal of educational strategies, Issues and Ideas*, *55*(3), 106-110.
- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child development*, *75*(2), 428-444.
- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2005). Development of numerical estimation: A review. *The handbook of mathematical cognition*, 197-212.
- Starr, A., Libertus, M. E., & Brannon, E. M. (2013). Number sense in infancy predicts mathematical abilities in childhood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*(45), 18116-18120.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, *12*(2), 257-285.

- Szucs, D., Devine, A., Soltesz, F., Nobes, A., & Gabriel, F. (2013). Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment. *cortex*, 49(10), 2674-2688.
- Thomas, M. S., & Ansari, D. (2020). Educational neuroscience: Why is neuroscience relevant to education?. In *Educational Neuroscience* (pp. 3-22). Routledge.
- Tokuhama-Espinosa, T. (2015). *The new science of teaching and learning: Using the best of mind, brain, and education science in the classroom*. Teachers College Press.
- Tsamir, P. (2002). Learning and Teaching Number Theory: Research in Cognition and Instruction by SR Campbell and R. Zazkis (eds.). *Educational Studies in Mathematics*, 3(51), 271-286.
- Varma, S., McCandliss, B. D., & Schwartz, D. L. (2008). Scientific and pragmatic challenges for bridging education and neuroscience. *Educational researcher*, 37(3), 140-152.
- Vellutino, F. R., Bentley, W. L., & Phillips, F. (1978). Inter-versus intra-hemispheric learning in dyslexic and normal readers. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 20(1), 71-80.
- Von Aster, M. (2000). Developmental cognitive neuropsychology of number processing and calculation: varieties of developmental dyscalculia. *European child & adolescent psychiatry*, 9, S41-S57.
- Willis, J. (2007). *Brain-friendly strategies for the inclusion classroom*. ASCD.
- Young, C. B., Wu, S. S., & Menon, V. (2012). The neurodevelopmental basis of math anxiety. *Psychological science*, 23(5), 492-501.
- Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Istenic, A., Spector, M., ... & Li, Y. (2021). A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020. *Complexity*, 2021(1), 8812542.

Πηγές Εικόνων

- Εικόνα 1: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Multistore_model.png (Τελευταία ανάκτηση 1/2/2025).
- Εικόνα 2: <https://pressbooks.pub/illuminatedgr/chapter/types-of-memory/> (Τελευταία ανάκτηση 1/2/2025.)
- Εικόνα 3: Ismail, K., & Keat, O.B. (2017). The Intelligence Of Children With Reading Difficulties (rd) By Cognitive Assessment System (cas). <https://www.semanticscholar.org/> (Τελευταία ανάκτηση 1/2/2025).
- Εικόνα 4: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6686661/figure/F1/> (Τελευταία ανάκτηση 1/2/2025).
- Εικόνα 5: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Theorie_de_l%27apprentissage_multim%C3%A9dia_de_Mayer.png (Τελευταία ανάκτηση 1/2/2025).
- Εικόνα 6: Baddeley, A. Working memory: looking back and looking forward. *Nat Rev Neurosci* 4, 829–839 (2003). <https://doi.org/10.1038/nrn1201> (Τελευταία ανάκτηση 1/2/2025).
- Εικόνα 7: <https://schoolpress.sch.gr/technologiygymnasiou/archives/65> (Τελευταία ανάκτηση 1/2/2025).
- Εικόνα 8: https://www.researchgate.net/publication/337269671_Mathematics_anxiety_and_cognition_an_integrated_neural_network_model (Τελευταία ανάκτηση 1/2/2025).
- Εικόνα 9: https://www.researchgate.net/publication/283557961_The_Influence_of_Pre-University_Students'_Mathematics_Test_Anxiety_and_Numerical_Anxiety_on_Mathematics_Achievement (Τελευταία ανάκτηση 1/2/2025).
- Εικόνα 10: May, Y. S., & Ahmad, N. A. (2020). A View on Theories and Models in the Study of Dyscalculia. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 9(3), 128–137. (PDF) A View on Theories and Models in the Study of Dyscalculia. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/347514746_A_View_on_Theories_and_Models_in_the_Study_of_Dyscalculia_\[accessed_Feb_03_2025\]](https://www.researchgate.net/publication/347514746_A_View_on_Theories_and_Models_in_the_Study_of_Dyscalculia_[accessed_Feb_03_2025]) (Τελευταία ανάκτηση 1/2/2025).
- Εικόνα 11: <https://www.scribd.com/document/816814996/Eythymiou-Maria-Mde-in-Mathematics-Education-2011> (Τελευταία ανάκτηση 1/2/2025).
- Εικόνα 12: <https://www.maneuveringthemiddle.com/difficult-math-concepts/> (Τελευταία ανάκτηση 1/2/2025).
- Εικόνα 13: <https://thirdspacelearning.com/us/blog/concrete-representational-abstract-math-cpa/> (Τελευταία ανάκτηση 1/2/2025).
- Εικόνα 14: <https://thirdspacelearning.com/us/blog/concrete-representational-abstract-math-cpa/> (Τελευταία ανάκτηση 1/2/2025)
- Εικόνα 15: <https://strobeeducation.com/blog/the-flipped-classroom-common-challenges/> (Τελευταία ανάκτηση 1/2/2025).
- Εικόνα 16: <https://elearning.iep.edu.gr/study/mod/book/tool/print/index.php?id=1214#ch34> (Τελευταία ανάκτηση 1/2/2025).