

Καινοτόμες Διδακτικές Προσεγγίσεις με Επαυξημένη Πραγματικότητα για Μαθητές με Δυσλεξία

<https://doi.org/10.69685/NHBR4850>

Σιούλας Παναγιώτης Βλάσιος

Εκπ. Πληροφορικής, Υπ. Διδ. Παν. Θεσσαλίας, Τμ. Πληροφορικής με Εφαρμογές στη Βιοϊατρική
psioulas@uth.gr

Τεγούση Ναυσικά

Εκπ. Πληροφορικής, Υπ. Διδ. Παν. Θεσσαλίας, Τμ. Πληροφορικής με Εφαρμογές στη Βιοϊατρική
nategousi@uth.gr

Περίληψη

Η εργασία αυτή εξετάζει τη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) ως υποστηρικτικού εργαλείου για μαθητές με δυσλεξία. Μέσα από θεματική ανασκόπηση 22 εμπειρικών μελετών που δημοσιεύτηκαν την περίοδο 2014–2024, διερευνάται η συμβολή των παρεμβάσεων AR στην ανάπτυξη του γραμματισμού, την ενεργή εμπλοκή των μαθητών και την ενίσχυση της συμπεριληπτικής εκπαίδευσης. Η ανάλυση ανέδειξε τρεις βασικές στρατηγικές: διαδραστική οπτική μάθηση, φωνολογική υποστήριξη μέσω φωνής, και παιχνιδοποίηση με στόχο την κινητοποίηση. Τα ευρήματα δείχνουν ότι η AR μπορεί να ενισχύσει τη ροή ανάγνωσης, την αποκωδικοποίηση και τη φωνολογική επίγνωση, όταν σχεδιάζεται στη βάση παιδαγωγικών θεωριών όπως η Διπλή Κωδικοποίηση και η Πολυαισθητηριακή Μάθηση. Παρά τη σημαντική της δυναμική, εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις στον σχεδιασμό, στην έλλειψη μακροπρόθεσμων μελετών και στην ετοιμότητα των εκπαιδευτικών. Η παρούσα ανασκόπηση συνθέτει τα σύγχρονα ερευνητικά δεδομένα και αναδεικνύει την ανάγκη για ευέλικτες, προσβάσιμες και παιδαγωγικά τεκμηριωμένες εφαρμογές AR, προσαρμοσμένες στις ανάγκες των μαθητών με δυσλεξία.

Λέξεις-κλειδιά: επαυξημένη πραγματικότητα, δυσλεξία, συμπεριληπτική εκπαίδευση, εκπαιδευτική τεχνολογία, παρέμβαση στην ανάγνωση, πολυαισθητηριακή μάθηση

Εισαγωγή

Η δυσλεξία αποτελεί μία από τις συχνότερες ειδικές μαθησιακές δυσκολίες νευροβιολογικής προέλευσης, με εκτιμώμενη επίπτωση που κυμαίνεται μεταξύ 5 και 10 τοις εκατό στον μαθητικό πληθυσμό διεθνώς (Peterson & Pennington, 2015). Στο ελληνικό πλαίσιο, περίπου το 4 με 6 τοις εκατό των μαθητών παρουσιάζει διαγνωσμένες ενδείξεις δυσλεξίας, με το ποσοστό να εκτιμάται ότι είναι υψηλότερο στις απομακρυσμένες περιοχές λόγω περιορισμένης πρόσβασης σε εξειδικευμένες αξιολογήσεις (Κέντρο Ελληνικής Γλώσσας, 2020). Τα βασικά χαρακτηριστικά της δυσλεξίας περιλαμβάνουν σταθερές δυσκολίες στην αναγνώριση λέξεων, στην ορθογραφική απόδοση και στην αποκωδικοποίηση, παρά την ύπαρξη φυσιολογικής νοημοσύνης και επαρκούς εκπαιδευτικού περιβάλλοντος (Vellutino et al., 2004). Οι γλωσσικές δυσχέρειες που συνοδεύουν τη δυσλεξία σχετίζονται άμεσα με ανεπαρκή φωνολογική επεξεργασία, οδηγώντας συχνά σε μειωμένη κατανόηση, σχολική απογοήτευση και χαμηλή αυτοεκτίμηση (Lyon et al., 2003; Snowling & Hulme, 2012).

Παρά την πρόοδο που έχει σημειωθεί στην κατανόηση του φαινομένου, η υποστήριξη των μαθητών με δυσλεξία στην Ελλάδα εξακολουθεί να παρουσιάζει σημαντικές ελλείψεις. Η απουσία στοχευμένων παρεμβάσεων, η περιορισμένη επιμόρφωση των εκπαιδευτικών και η ανεπάρκεια ψηφιακών εργαλείων που να ανταποκρίνονται στις γνωστικές ιδιαιτερότητες των μαθητών αποτελούν κρίσιμους ανασταλτικούς παράγοντες (Χατζηχρήστου & Μπίμπου, 2011). Το σχολικό περιβάλλον συχνά δεν παρέχει τις συνθήκες που απαιτούνται για τη

διαμόρφωση ενός πλαισίου ισότιμης συμμετοχής, γεγονός που εντείνει το άγχος και την αποστασιοποίηση των μαθητών από τη μαθησιακή διαδικασία (Alexander-Passe, 2006).

Στο πλαίσιο της σύγχρονης τεχνολογικής και παιδαγωγικής αναζήτησης, η επαυξημένη πραγματικότητα έχει αναδειχθεί ως μία καινοτόμος εκπαιδευτική προσέγγιση με σημαντική δυναμική στην υποστήριξη μαθητών με ειδικές μαθησιακές ανάγκες. Η ενσωμάτωση ψηφιακού περιεχομένου στο φυσικό περιβάλλον, μέσω ήχου, εικόνας και τρισδιάστατων μοντέλων, προσφέρει ευκαιρίες για ενεργητική εμπλοκή, πολυαισθητηριακή επεξεργασία και νοηματική ενίσχυση της μάθησης (Bacca et al., 2014; Garzón & Acevedo, 2019). Οι παρεμβάσεις με χρήση AR έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικές σε τομείς όπως η φωνολογική επίγνωση, η ευχέρεια ανάγνωσης και η αναγνωστική κατανόηση, ενώ παράλληλα ενισχύουν τη γνωστική αυτονομία και την εσωτερική παρακίνηση των μαθητών (D'Agostini et al., 2020; Schneider et al., 2023).

Ο σχεδιασμός τέτοιων εφαρμογών βασίζεται σε ισχυρά θεωρητικά πλαίσια, όπως η Διπλή Κωδικοποίηση (Paivio, 1986), η Πολυαισθητηριακή Μάθηση (Shams & Seitz, 2008) και ο Καθολικός Σχεδιασμός για τη Μάθηση (CAST, 2018), τα οποία υποστηρίζουν την αξιοποίηση πολλαπλών διαύλων πρόσληψης και επεξεργασίας της πληροφορίας. Ωστόσο, η υπάρχουσα βιβλιογραφία παραμένει διάσπαρτη και σε μεγάλο βαθμό θεωρητικά αποσπασματική. Ειδικά στον ελληνικό εκπαιδευτικό χώρο, η τεκμηρίωση της αποτελεσματικότητας της AR στη διδασκαλία παιδιών με δυσλεξία είναι περιορισμένη.

Η αναγκαιότητα για συστηματική σύνθεση της υπάρχουσας εμπειρικής γνώσης είναι προφανής, προκειμένου να ενισχυθεί η επιστημονική βάση πάνω στην οποία μπορούν να στηριχθούν παιδαγωγικά τεκμηριωμένες παρεμβάσεις. Η παρούσα εργασία επιχειρεί να καλύψει αυτό το ερευνητικό κενό, συνθέτοντας τις πιο πρόσφατες εμπειρικές μελέτες που εστιάζουν στη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας για την ενίσχυση της γλωσσικής και γνωστικής ανάπτυξης μαθητών με δυσλεξία. Μέσω θεματικής ανάλυσης, καταγράφονται οι βασικές στρατηγικές παρέμβασης και αναδεικνύονται οι δυνατότητες και οι περιορισμοί αυτής της τεχνολογίας στο πλαίσιο της συμπεριληπτικής εκπαίδευσης.

Θεωρητικό Πλαίσιο

Η αξιοποίηση της επαυξημένης πραγματικότητας στην υποστήριξη μαθητών με δυσλεξία βασίζεται σε μία σειρά από εδραιωμένες θεωρητικές προσεγγίσεις της γνωστικής ψυχολογίας και της παιδαγωγικής επιστήμης. Οι θεωρίες αυτές προσφέρουν το υπόβαθρο για τον σχεδιασμό εφαρμογών που ανταποκρίνονται στις ιδιαίτερες ανάγκες των μαθητών, ενισχύοντας τη μάθηση με τρόπους προσαρμοσμένους στα χαρακτηριστικά του δυσλεξικού προφίλ.

Η πολυαισθητηριακή μάθηση υποστηρίζει ότι η ενεργοποίηση πολλαπλών αισθητηριακών διαύλων διευκολύνει την επεξεργασία και συγκράτηση των πληροφοριών. Η ταυτόχρονη εμπλοκή της όρασης, της ακοής και της αφής ενισχύει τη μνήμη εργασίας και μειώνει την εξάρτηση από το λεκτικό κανάλι, το οποίο αποτελεί συχνό σημείο αδυναμίας για τους μαθητές με δυσλεξία (Shams & Seitz, 2008). Η AR παρέχει τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με ψηφιακά ερεθίσματα, όπως κινούμενα κείμενα, ηχητικές ενδείξεις και απτικές διεπαφές, δημιουργώντας συνθήκες μάθησης που υποστηρίζουν τη φωνολογική ενσυναίσθηση και τη σημασιολογική σύνδεση (Ramus et al., 2003; Bottge et al., 2014).

Η θεωρία της Διπλής Κωδικοποίησης προσφέρει μία σημαντική βάση για την ανάπτυξη πολυτροπικών περιβαλλόντων μάθησης. Ο συνδυασμός λεκτικής και οπτικοχωρικής πληροφορίας επιτρέπει την ταυτόχρονη ενεργοποίηση δύο συστημάτων επεξεργασίας, διευκολύνοντας τη βαθύτερη κατανόηση και ενίσχυση της ανάκλησης. Οι εφαρμογές AR που συνδυάζουν λέξεις με εικόνες ή τρισδιάστατα μοντέλα δημιουργούν συνθήκες που ευνοούν την κατανόηση του κειμένου, ιδίως σε περιπτώσεις όπου η λεκτική επεξεργασία είναι ανεπαρκής (Paivio, 1986; Mayer, 2017; Moreno & Mayer, 2007).

Η θεωρία του Γνωστικού Φορτίου επισημαίνει τη σημασία του εργονομικού σχεδιασμού στην εκπαιδευτική τεχνολογία, ιδιαίτερα όταν αυτή απευθύνεται σε μαθητές με μαθησιακές

δυσκολίες. Η αποτελεσματικότητα της AR δεν εξαρτάται μόνο από τη διαδραστικότητα ή την πολυαισθητηριακή της φύση, αλλά και από τον βαθμό στον οποίο το περιβάλλον μάθησης είναι δομημένο ώστε να μην υπερβαίνει τα όρια της μνήμης εργασίας (Sweller, 1994). Εφαρμογές με ελλιπή καθοδήγηση ή υπερβολικά ερεθίσματα ενδέχεται να προκαλέσουν γνωστική υπερφόρτωση και να μειώσουν την αποτελεσματικότητα της παρέμβασης (Wu et al., 2013).

Το πλαίσιο του Καθολικού Σχεδιασμού για τη Μάθηση προτάσσει την ανάγκη για διαφοροποιημένα και προσαρμόσιμα μαθησιακά περιβάλλοντα που καλύπτουν το ευρύ φάσμα των μαθητικών αναγκών. Η AR συνάδει με τις αρχές του UDL, προσφέροντας δυνατότητες τροποποίησης της μορφής του περιεχομένου, ενσωμάτωσης φωνής, εικόνας και κίνησης, καθώς και διαδρομές μάθησης που σέβονται τον ρυθμό και το προφίλ κάθε μαθητή (CAST, 2018; Al-Azawei et al., 2016). Η προσαρμοστικότητα αυτή ενισχύει τη μαθησιακή αυτονομία και ενδυναμώνει τη συμμετοχή των μαθητών με δυσλεξία.

Η εννοιολογικά εντοπισμένη μάθηση και οι εποικοδομητικές προσεγγίσεις τονίζουν ότι η γνώση αποκτάται ουσιαστικά όταν εντάσσεται σε αυθεντικά περιβάλλοντα και κοινωνικές συνθήκες. Η αλληλεπίδραση με πολυμεσικό και αφηγηματικό περιεχόμενο, στο πλαίσιο ιστοριών ή δραστηριοτήτων με νόημα για τον μαθητή, επιτρέπει την οικοδόμηση νέας γνώσης μέσω της εμπειρίας και της ενεργητικής εμπλοκής (Vygotsky, 1978; Dunleavy & Dede, 2014). Η AR παρέχει ακριβώς αυτές τις δυνατότητες, επιτρέποντας τη μεταφορά αφηρημένων εννοιών σε απτά και νοηματικά φορτισμένα περιβάλλοντα, ενισχύοντας με αυτόν τον τρόπο την κατανόηση, τη συμμετοχή και την προσωπική σύνδεση του μαθητή με το μαθησιακό αντικείμενο.

Συνολικά, η θεωρητική θεμελίωση της επαυξημένης πραγματικότητας στην ειδική αγωγή και συγκεκριμένα στη διδασκαλία μαθητών με δυσλεξία αποδεικνύει τη δυνατότητα αυτής της τεχνολογίας να ενισχύσει τη μάθηση όχι απλώς μέσω τεχνικής καινοτομίας, αλλά κυρίως μέσω της παιδαγωγικής της εστίασης.

Πολυαισθητηριακή Μάθηση (Multisensory Learning)

Η θεωρία της πολυαισθητηριακής μάθησης υποστηρίζει ότι η παράλληλη ενεργοποίηση αισθητηριακών διαύλων ενισχύει τη συγκράτηση και επεξεργασία των πληροφοριών, ιδίως όταν συνδυάζονται οπτικά, ακουστικά και απτικά ερεθίσματα. Η προσέγγιση αυτή αποκτά ιδιαίτερη σημασία για μαθητές με δυσλεξία, οι οποίοι συχνά εμφανίζουν δυσκολίες στη φωνολογική επεξεργασία και στη σύνδεση προφορικού με γραπτό λόγο. Μέσω της επαυξημένης πραγματικότητας, η παρουσίαση κινούμενων κειμένων, οπτικών σημάτων, ηχητικών ενδείξεων και αφής επιτρέπει την ενεργοποίηση πολλαπλών γνωστικών οδών, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της μνήμης εργασίας και της αναγνωστικής ευχέρειας (Shams & Seitz, 2008; Ramus et al., 2003; Bottge et al., 2014).

Θεωρία Διπλής Κωδικοποίησης (Dual Coding Theory)

Η θεωρία της Διπλής Κωδικοποίησης επικεντρώνεται στη λειτουργική αλληλεπίδραση μεταξύ του λεκτικού και του οπτικοχωρικού συστήματος επεξεργασίας της πληροφορίας. Για τους μαθητές με δυσλεξία, η προσθήκη οπτικών ή τρισδιάστατων στοιχείων σε κείμενα μπορεί να ενισχύσει τη σημασιολογική επεξεργασία και να μειώσει την εξάρτηση από καθαρά λεκτική κατανόηση. Η επαυξημένη πραγματικότητα, ενσωματώνοντας εικόνες, κινούμενα γραφικά και αντικείμενα σε ψηφιακό περιβάλλον, λειτουργεί ενισχυτικά προς αυτήν την κατεύθυνση και συνδέεται με βελτιωμένη κατανόηση και αναπαράσταση του γλωσσικού περιεχομένου (Paivio, 1986; Mayer, 2017; Moreno & Mayer, 2007).

Θεωρία Γνωστικού Φορτίου (Cognitive Load Theory)

Η θεωρία του γνωστικού φορτίου επισημαίνει τους περιορισμούς της μνήμης εργασίας και τη σημασία του σωστού παιδαγωγικού σχεδιασμού. Ειδικά σε περιβάλλοντα επαυξημένης πραγματικότητας, η υπερφόρτωση ερεθισμάτων χωρίς σαφή στόχευση μπορεί

να οδηγήσει σε γνωστική κόπωση, μειώνοντας την αποτελεσματικότητα της μάθησης. Ο κατάλληλος ρυθμός παρουσίασης πληροφοριών και η εργονομική οργάνωση του περιεχομένου είναι απαραίτητα στοιχεία για την αποφυγή υπερβολικής επιβάρυνσης, ιδίως όταν απευθύνονται σε μαθητές με δυσλεξία (Sweller, 1994; Wu et al., 2013).

Εποικοδομητισμός

Ο εποικοδομητισμός υποστηρίζει ότι η γνώση οικοδομείται ενεργητικά από τον μαθητή μέσω της αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον και την πειραματική μάθηση. Η επαυξημένη πραγματικότητα προσφέρει ευκαιρίες αυθεντικής διερεύνησης, εικονικής ανακάλυψης και δοκιμής υποθέσεων μέσα από πλούσια, παραστατικά περιβάλλοντα. Παράλληλα, η κοινωνικοπολιτισμική θεωρία προσδίδει έμφαση στη δυναμική της αλληλεπίδρασης με άλλους και στη σημασία της καθοδήγησης εντός της ζώνης επικείμενης ανάπτυξης. Οι εφαρμογές AR μπορούν να λειτουργήσουν ως δομημένα γνωστικά μέσα που υποστηρίζουν την πρόοδο του μαθητή, παρέχοντας εξατομικευμένη βοήθεια, αυξανόμενο επίπεδο δυσκολίας και προσαρμοσμένες παρεμβάσεις σύμφωνα με τις ανάγκες του (Piaget, 1972; Vygotsky, 1978; Bower et al., 2014; Chang et al., 2021).

Εννοιολογικά Εντοπισμένη Μάθηση

Η θεωρία της εννοιολογικά εντοπισμένης μάθησης επισημαίνει τη σημασία της απόκτησης γνώσης μέσα σε συμφραζόμενα που αντικατοπτρίζουν την πραγματική ζωή. Για τους μαθητές με δυσλεξία, οι οποίοι δυσκολεύονται στην αφηρημένη επεξεργασία του γλωσσικού περιεχομένου, η ενσωμάτωση της μάθησης σε αυθεντικά περιβάλλοντα μέσω AR ενισχύει την κατανόηση και την ανάκληση, καθιστώντας την πληροφορία πιο προσβάσιμη και συναισθηματικά σημαντική (Brown et al., 1989; Dunleavy & Dede, 2014).

Θεωρία Μάθησης μέσω Πολυμέσων

Η θεωρία της μάθησης μέσω πολυμέσων τονίζει τη σημασία της παρουσίασης της πληροφορίας μέσω διαφορετικών καναλιών, ιδίως όταν πρόκειται για εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που αξιοποιούν οπτικά και ακουστικά στοιχεία ταυτόχρονα. Οι εφαρμογές AR, προσφέροντας πολυτροπικά ερεθίσματα όπως ήχος, εικόνα και αλληλεπίδραση, διευκολύνουν τη μάθηση των μαθητών με δυσλεξία, οι οποίοι συχνά αντιμετωπίζουν δυσκολίες στη μονόδρομη, κειμενοκεντρική διδασκαλία (Mayer, 2005; Bacca et al., 2014).

Καθολικός Σχεδιασμός για τη Μάθηση και Συμπεριληπτική Εκπαίδευση

Το πλαίσιο του Καθολικού Σχεδιασμού για τη Μάθηση επιδιώκει την ανάπτυξη ευέλικτων περιβαλλόντων που επιτρέπουν τη διαφοροποίηση της διδασκαλίας και ενισχύουν την ισότιμη πρόσβαση στη γνώση. Η AR εναρμονίζεται με τις αρχές του UDL, καθώς επιτρέπει την παρουσίαση του περιεχομένου με πολλαπλούς τρόπους και την προσαρμογή της μαθησιακής εμπειρίας σύμφωνα με τις ανάγκες του μαθητή. Στο πλαίσιο της ειδικής αγωγής, η εφαρμογή τέτοιων τεχνολογιών μπορεί να ενδυναμώσει τη συμμετοχή και την αυτοεκτίμηση των μαθητών με δυσλεξία, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη στις ικανότητές τους και δημιουργώντας συνθήκες ενεργής εμπλοκής και νοηματοδοτημένης μάθησης (CAST, 2018; Al-Azawei et al., 2016; Quintero et al., 2019; Schneider et al., 2023).

Μεθοδολογία

Η παρούσα μελέτη ακολουθεί τη μεθοδολογική προσέγγιση της θεματικής ανασκόπησης, με στόχο την εστιασμένη και ενδελεχή διερεύνηση της εμπειρικής βιβλιογραφίας που αφορά τη χρήση επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαίδευση μαθητών με δυσλεξία. Η επιλογή αυτού του τύπου ανασκόπησης κρίνεται κατάλληλη καθώς επιτρέπει την εντοπισμένη σύνθεση ερευνητικών ευρημάτων εντός ενός αναδυόμενου και ετερογενούς πεδίου, όπου η ποικιλία μεθοδολογιών και εφαρμογών καθιστά την ποσοτική μετα-ανάλυση ακατάλληλη (Gough et al., 2017; Thomas & Harden, 2008). Η θεματική ανασκόπηση ενδείκνυται όταν ο σκοπός είναι η ανάδειξη κυρίαρχων παιδαγωγικών τάσεων, σχεδιαστικών στρατηγικών και

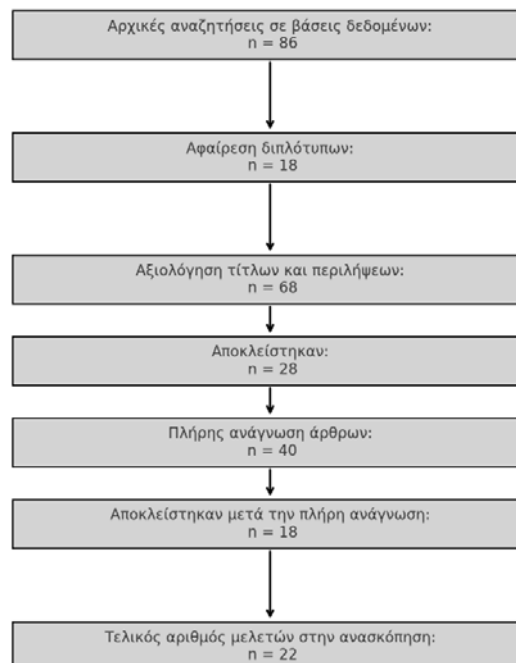
κοινών μοτίβων εφαρμογής, με έμφαση στη θεωρητική τεκμηρίωση και τη μεταφορά των ευρημάτων σε εκπαιδευτικά συμφραζόμενα.

Η αναζήτηση των μελετών πραγματοποιήθηκε κατά το χρονικό διάστημα Ιανουαρίου έως Φεβρουαρίου 2025, ακολουθώντας προκαθορισμένο πρωτόκολλο. Οι βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι Scopus, Web of Science, ERIC, SpringerLink και Google Scholar. Η στρατηγική αναζήτησης βασίστηκε σε συνδυασμό λέξεων κλειδιών μέσω λογικών τελεστών: “augmented reality” OR “AR” AND “dyslexia” OR “specific learning disabilities” AND “education” OR “reading” OR “literacy”. Εφαρμόστηκαν φίλτρα που περιορίσαν τα αποτελέσματα σε πρωτογενείς εμπειρικές μελέτες, δημοσιευμένες την περίοδο 2014–2024, διαθέσιμες στην αγγλική γλώσσα και προσβάσιμες πλήρως σε ψηφιακή μορφή.

Τα κριτήρια ένταξης διαμορφώθηκαν βάσει τεσσάρων βασικών αρχών. Οι μελέτες έπρεπε να αφορούν αποκλειστικά ή επικουρικά μαθητές με δυσλεξία ή συναφές προφίλ ειδικών μαθησιακών δυσκολιών. Έπρεπε να παρουσιάζουν σαφή εμπειρική τεκμηρίωση, είτε με ποσοτικά, είτε με ποιοτικά, είτε με συνδυαστικές μεθόδους. Επίσης, έπρεπε να εφαρμόζονται σε μαθησιακά περιβάλλοντα, τυπικά ή άτυπα, όπως σχολικές τάξεις, εργαστήρια ή ψηφιακές πλατφόρμες. Τέλος, έπρεπε να εστιάζουν σε γνωστικές, γλωσσικές ή κινητρικές μεταβλητές που σχετίζονται με τη χρήση της AR.

Αποκλείστηκαν μελέτες θεωρητικού χαρακτήρα, ανασκοπήσεις χωρίς πρωτογενή ανάλυση, άρθρα που εστιάζουν σε άλλες μορφές αναπηρίας όπως αυτισμός ή τύφλωση, καθώς και εφαρμογές που δεν περιλάμβαναν τεχνολογίες επαυξημένης πραγματικότητας.

Η αρχική αναζήτηση ανέδειξε 86 εγγραφές. Μετά τον έλεγχο διπλών καταχωρήσεων, απομακρύνθηκαν 18 μελέτες. Ακολούθησε αξιολόγηση τίτλου και περίληψης, με αποτέλεσμα τον αποκλεισμό 28 ακόμα μελετών που δεν πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης. Στην τελική φάση, εξετάστηκαν πλήρως 40 άρθρα, από τα οποία 22 κρίθηκαν κατάλληλα για ενσωμάτωση στην ανάλυση. Η διαδικασία επιλογής παρουσιάζεται στο ακόλουθο διάγραμμα ροής (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: Διάγραμμα ροής της διαδικασίας επιλογής μελετών σύμφωνα με τις αρχές PRISMA. Αρχικά ανακτήθηκαν 86 εγγραφές από πέντε επιστημονικές βάσεις δεδομένων. Μετά την αφαίρεση διπλοτύπων και τον έλεγχο τίτλου, περίληψης και πλήρους κειμένου, 22 μελέτες πληρούσαν

Οι 22 μελέτες κατανεμήθηκαν ως προς τον τύπο μεθοδολογίας σε εννέα ποσοτικές, έξι ποιοτικές και επτά μεικτές. Η πλειονότητα των παρεμβάσεων πραγματοποιήθηκε στην

πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ενώ λιγότερες εφαρμόστηκαν στη δευτεροβάθμια ή σε εξατομικευμένα εξωσχολικά περιβάλλοντα. Η γεωγραφική κατανομή των μελετών καλύπτει ευρωπαϊκές (Ελλάδα, Ιταλία, Ηνωμένο Βασίλειο), ασιατικές (Ινδία, Μαλαισία, Ταϊβάν) και αμερικανικές χώρες (ΗΠΑ, Κολομβία), στοιχείο που προσδίδει διαπολιτισμική εγκυρότητα στη σύνθεση των ευρημάτων (Ahmad et al., 2021; Schneider et al., 2023; Garzón & Acevedo, 2019).

Κάθε μελέτη κωδικοποιήθηκε με βάση την προέλευση, το εκπαιδευτικό επίπεδο εφαρμογής, τον τύπο παρέμβασης (οπτικοποίηση, φωνολογική υποστήριξη, παιχνιδοποίηση), τη μεθοδολογική προσέγγιση και το μέγεθος του δείγματος. Η ποιοτική επεξεργασία των δεδομένων ακολούθησε την επαγωγική θεματική σύνθεση, όπως ορίζεται από τους Thomas και Harden (2008), με χρήση ανοιχτής κωδικοποίησης, εντοπισμό επαναλαμβανόμενων μοτίβων και συγκριτική θεματική ερμηνεία (Braun & Clarke, 2006). Για την ενίσχυση της αξιοπιστίας, η διαδικασία επανεξετάστηκε από ανεξάρτητο αξιολογητή, ο οποίος επαλήθευσε την κατανομή των θεμάτων και τη συνοχή της κωδικοποίησης.

Από την ανάλυση αναδείχθηκαν τρεις κυρίαρχες θεματικές κατηγορίες που διατρέχουν το σύνολο των μελετών. Η πρώτη αφορά την ενίσχυση της οπτικής μάθησης μέσα από διαδραστικό και πολυαισθητηριακό περιεχόμενο. Η δεύτερη αφορά την αξιοποίηση φωνητικής και φωνολογικής υποστήριξης στο πλαίσιο της αναγνωστικής ενίσχυσης. Η τρίτη αναφέρεται στην παιχνιδοποίηση της μαθησιακής εμπειρίας, ως στρατηγική κινητοποίησης και διατήρησης της εμπλοκής. Οι θεματικές αυτές οργανώνουν τα ερευνητικά ευρήματα που παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα.

Πίνακας 3. Βασικά χαρακτηριστικά των 22 μελετών που περιλαμβάνονται στη θεματική ανασκόπηση. Για κάθε μελέτη καταγράφονται οι συγγραφείς, η χώρα υλοποίησης, το εκπαιδευτικό επίπεδο, ο τύπος παρέμβασης με επαυξημένη πραγματικότητα, η μεθοδολογική προσέγγιση και τα κύρια ερευνητικά ευρήματα

Συγγραφέας(εις) και Έτος	Χώρα	Εκπαιδευτικό Επίπεδο	Τύπος Παρέμβασης	Μεθοδολογία	Κύρια Ευρήματα
Ahmad et al. (2021)	Μαλαισία	Πρωτοβάθμια	Παιχνιδοποίηση (DyslexiAR)	Ποσοτική	Αυξημένη συμμετοχή και επίδοση
D'Agostini et al. (2020)	Ιταλία	Πρωτοβάθμια	Φωνολογική υποστήριξη	Μεικτή	Βελτίωση στην αποκωδικοποίηση και την ορθογραφία
Deliyannis et al. (2018)	Ελλάδα	Πρωτοβάθμια	Πολυαισθητηριακή ή οπτικοποίηση	Ποιοτική	Ενίσχυση νοηματικής επεξεργασίας
Garzón & Acevedo (2019)	Κολομβία	Ποικίλες	Μετα-ανάλυση οπτικοποίησης	Μετα-ανάλυση	Βελτίωση κατανόησης και ανάκλησης
Shanthi et al. (2023)	Ινδία	Πρωτοβάθμια	Φωνολογική υποστήριξη μέσω παιχνιδιού	Ποσοτική	Αυξημένη φωνολογική επίγνωση
Schneider et al. (2023)	ΗΠΑ	Δευτεροβάθμια	Gamified reading tool (LexiPal)	Ποσοτική	Βελτίωση ταχύτητας ανάγνωσης και κινήτρων
Jamshidifarsani (2021)	Γαλλία	Δευτεροβάθμια	Εξατομικευμένη παιχνιδοποίηση με AI	Πειραματική	Προσαρμογή στα μαθησιακά προφίλ
Wu et al. (2013)	Ταϊβάν	Πρωτοβάθμια	AR περιβάλλον με κινούμενα οπτικά	Πειραματική	Κίνδυνος γνωστικής υπερφόρτωσης
Moreno & Mayer (2007)	ΗΠΑ	Εργ. περιβάλλον	Πολυτροπικά περιβάλλοντα	Πειραματική	Βελτίωση κατανόησης με συνδυασμό

					οπτικοακουστικής πληροφορίας
Frolli et al. (2022)	Ιταλία	Ειδική αγωγή	Εμβυθιστικά περιβάλλοντα με VR/AR	Ποιοτική	Αύξηση συμμετοχής και αυτοεκτίμησης
Quintero et al. (2019)	Κολομβία	Πρωτοβάθμια	AR με παιδαγωγική προσαρμογή	Μεικτή	Βελτίωση εμπλοκής και παρακίνησης
Jaramillo-Alcázar et al. (2021)	Ισημερινός	Πρωτοβάθμια	Διαδραστική φωνολογική υποστήριξη	Μεικτή	Βελτίωση ακουστικής διάκρισης
June et al. (2023)	Μαλαισία	Πρωτοβάθμια	Gamified reading app (DysPrex)	Ποσοτική	Αύξηση παρακίνησης και ακρίβειας
Lazo-Amado & Andrade-Arenas (2023)	Περου	Πρωτοβάθμια	AR με χρήση κινητού	Ποσοτική	Αυξημένη αναγνωστική ακρίβεια
Yu (2020)	Κίνα	Δευτεροβάθμια	AR παιχνίδια λέξεων	Πειραματική	Ενίσχυση λεξιλογίου και φωνολογίας
Dechsling et al. (2021)	Νορβηγία	Δευτεροβάθμια	AR με κοινωνικά σενάρια	Ποιοτική	Ενίσχυση συναισθηματικής εμπλοκής
Radu (2014)	ΗΠΑ	Ποικίλες	Συστηματική επισκόπηση AR	Ανασκόπηση	Χαμηλή ετοιμότητα εκπαιδευτικών
Aborokbah (2021)	Γκάνα	Δευτεροβάθμια	AR με δυνατότητες προσβασιμότητας	Μεικτή	Βελτίωση στάσης απέναντι στην ανάγνωση
Hall et al. (2023)	ΗΠΑ	Πρωτοβάθμια	Πολυετής αναγνωστική παρέμβαση με AR	Μακροχρόνια	Διατηρησιμότητα αναγνωστικών δεξιοτήτων
Bower et al. (2014)	Αυστραλία	Πρωτοβάθμια	AR για κατασκευή εννοιών	Ποιοτική	Βελτίωση εννοιολογικής κατανόησης
Mayer (2017)	ΗΠΑ	Εργ. περιβάλλον	AR με γνωστικό έλεγχο ερεθισμάτων	Πειραματική	Μείωση γνωστικού φορτίου
Kaimara et al. (2020)	Ελλάδα	Πρωτοβάθμια	AR με λέξεις-εικόνες	Ποσοτική	Ενίσχυση αναγνωστικής αποκωδικοποίησης

Ευρήματα

Η θεματική σύνθεση των 22 εμπειρικών μελετών που περιλαμβάνονται στην ανασκόπηση ανέδειξε τρεις βασικούς άξονες παρέμβασης της επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαίδευση μαθητών με δυσλεξία. Οι άξονες αυτοί αφορούν την αξιοποίηση της διαδραστικής οπτικής μάθησης, την ενίσχυση της φωνολογικής επεξεργασίας μέσω ακουστικών ερεθισμάτων και την παιχνιδοποίηση της διδακτικής διαδικασίας. Κάθε άξονας συνδέεται με συγκεκριμένα γνωστικά μοντέλα και παιδαγωγικές στρατηγικές, όπως αναπτύχθηκαν στο θεωρητικό πλαίσιο, και αποτυπώνεται με σαφήνεια στις επιμέρους ερευνητικές εφαρμογές.

Διαδραστική οπτική μάθηση

Η διαδραστική οπτική μάθηση μέσω επαυξημένης πραγματικότητας αναδείχθηκε ως η πλέον συστηματικά τεκμηριωμένη παρέμβαση στις μελέτες που εξετάστηκαν, προτείνοντας έναν εναλλακτικό τρόπο προσέγγισης της γνώσης, ιδιαίτερα κατάλληλο για μαθητές με δυσλεξία. Βασιζόμενη σε θεωρίες όπως η Διπλή Κωδικοποίηση (Paivio, 1986) και η Πολυαισθητηριακή Μάθηση (Shams & Seitz, 2008), η προσέγγιση αυτή αξιοποιεί οπτικά,

απτικά και ακουστικά ερεθίσματα ταυτόχρονα, ώστε να ενισχύσει τη συγκράτηση και κατανόηση των πληροφοριών μέσω πολλαπλών γνωστικών διαύλων.

Οι εφαρμογές AR που βασίζονται στην οπτικοποίηση σχεδιάστηκαν για να παρέχουν ζωντανή, άμεση αναπαράσταση εννοιών, λέξεων και αφηρημένων γλωσσικών δομών. Οι μαθητές εκτίθενται σε δυναμικά, τρισδιάστατα γραφικά που συνδέονται με το περιβάλλον ή με έντυπο υλικό, ενεργοποιώντας τις οπτικοχωρικές δεξιότητες που παραμένουν σε μεγάλο βαθμό ανέπαφες στους μαθητές με δυσλεξία (Snowling & Hulme, 2012). Αυτή η μετατόπιση της προσοχής από την καθαρά λεκτική επεξεργασία σε μια πιο ολιστική, αισθητηριακά πλούσια προσέγγιση επιτρέπει την αξιοποίηση των ισχυρών σημείων των μαθητών, ελαχιστοποιώντας το γνωστικό φορτίο (Sweller, 1994) και τη συναισθηματική πίεση που συνδέεται με τη συμβατική ανάγνωση.

Η μελέτη των Deliannis et al. (2018), που διεξήχθη στην Ελλάδα, παρουσίασε μια εφαρμογή AR όπου οι μαθητές παρακολουθούσαν λέξεις να μετατρέπονται σε κινούμενα αντικείμενα σχετιζόμενα με το περιεχόμενο, π.χ. η λέξη «ήλιος» να εμφανίζεται μαζί με ένα τρισδιάστατο κινούμενο γραφικό του ήλιου. Οι μαθητές έδειξαν υψηλότερη απόδοση στη λεξιλογική κατανόηση και στη σύνθεση ιστοριών. Οι Garzón και Acevedo (2019), σε μετα-ανάλυση 32 μελετών, σημείωσαν ότι η οπτικοποίηση μέσω AR ενισχύει σημαντικά την αναγνωστική κατανόηση, την ανάκληση πληροφοριών και τη διατήρηση νέων λέξεων σε βάθος χρόνου.

Η δυνατότητα παραμετροποίησης των ερεθισμάτων (π.χ. επιλογή γραμματοσειράς, μεγέθους, χρωμάτων, ταχύτητας εμφάνισης) αποδείχθηκε κρίσιμη για την εξατομίκευση της μάθησης και τη μείωση των αισθητηριακών υπερφορτώσεων. Οι Ahmad et al. (2021) ενσωμάτωσαν στο DyslexiAR δυναμική προσαρμογή της παρουσίασης ανάλογα με την πρόοδο του μαθητή. Επιπλέον, η δυνατότητα σύνδεσης της λέξης με πραγματικό αντικείμενο ή δράση ενίσχυσε τη σημασιολογική επεξεργασία (Mayer, 2017), προσδίδοντας νόημα στο κείμενο μέσω βιωματικής αναπαράστασης.

Σε πολλές περιπτώσεις, οι εφαρμογές AR ενσωμάτωσαν λειτουργίες εστίασης ή μεγέθυνσης συγκεκριμένων λέξεων, δίνοντας στους μαθητές τον έλεγχο της ροής της πληροφορίας. Η εστιασμένη προσοχή μειώνει τις πιθανότητες διάσπασης και συμβάλλει στην ενίσχυση της αυτοκαθοδηγούμενης μάθησης (Al-Azawei et al., 2016). Παράλληλα, η ενσωμάτωση κινούμενων σχεδίων και χρωματικής σήμανσης ευνόησε τη σημασιολογική συσχέτιση και την κωδικοποίηση νέων όρων.

Σε ό,τι αφορά τη συναισθηματική διάσταση, η διαδραστική οπτική μάθηση φάνηκε να μειώνει τα επίπεδα άγχους που σχετίζονται με την ανάγνωση, να ενισχύει την αυτοεκτίμηση και να καθιστά τη διδασκαλία περισσότερο ελκυστική (Alexander-Passe, 2006). Οι μαθητές ένιωσαν ότι «καταλαβαίνουν» το περιεχόμενο χωρίς να χρειάζεται να διαβάσουν με τον παραδοσιακό τρόπο, γεγονός που μείωσε την αίσθηση αποτυχίας και αύξησε τη συμμετοχή.

Τέλος, σημαντικό εύρημα που καταγράφεται σε αρκετές μελέτες είναι ότι η AR δεν αντικαθιστά τη διδασκαλία αλλά τη συμπληρώνει, λειτουργώντας ως εργαλείο ενίσχυσης της οπτικολεκτικής σύνδεσης. Η επαυξημένη πραγματικότητα προσφέρει ένα πλαίσιο όπου η εικόνα και το κείμενο συνυπάρχουν λειτουργικά, υποστηρίζοντας έτσι τους μαθητές με δυσλεξία να προσπελάσουν τη γνώση με τρόπο συμβατό με τις γνωστικές τους ιδιαιτερότητες.

Φωνηλογική υποστήριξη και ηχητική ανάδραση

Η δυσλεξία σχετίζεται στενά με ελλείμματα στη φωνολογική επεξεργασία, γεγονός που καθιστά κρίσιμη τη συστηματική ενίσχυση των δεξιοτήτων φωνολογικής επίγνωσης, διάκρισης φωνημάτων και ακουστικής μνήμης (Ramus et al., 2003· Snowling & Hulme, 2012). Οι εφαρμογές AR με ενσωματωμένη ηχητική ανατροφοδότηση προσφέρουν στους μαθητές τη δυνατότητα να ακούν λέξεις, να προφέρουν φωνήματα και να λαμβάνουν άμεση ανατροφοδότηση, υποστηρίζοντας έτσι την ανάπτυξη δεξιοτήτων αποκωδικοποίησης σε πραγματικό χρόνο.

Η τεχνολογία επιτρέπει τον συγχρονισμό εικόνας και ήχου, δημιουργώντας συνθήκες πολυαισθητηριακής εμπύθισης. Σε αρκετές εφαρμογές, οι μαθητές καλούνται να ακούσουν έναν ήχο ή λέξη, να τον επαναλάβουν, και να συγκρίνουν την εκφορά τους με το πρότυπο, αξιοποιώντας τεχνολογίες φωνητικής αναγνώρισης. Η αλληλεπίδραση αυτή ενισχύει τόσο την επίγνωση φωνημάτων όσο και την αυτορρύθμιση του μαθητή (Moreno & Mayer, 2007· D'Agostini et al., 2020).

Η μελέτη των D'Agostini et al. (2020), που εφάρμοσε ένα διαδραστικό εργαλείο AR για μαθητές με δυσλεξία στην Ιταλία, απέδειξε ότι η φωνητική καθοδήγηση και η ηχογράφηση της φωνής του μαθητή μπορούν να ενισχύσουν την ακρίβεια στην ανάγνωση λέξεων και την ορθογραφική απόδοση. Η παρέμβαση περιλάμβανε ασκήσεις σύνδεσης ήχου και εικόνας, καθώς και δραστηριότητες προοδευτικής δυσκολίας με έλεγχο κατανόησης μέσω ερωτήσεων κατανόησης. Οι μαθητές παρουσίασαν βελτίωση στη φωνολογική διάκριση και στην εμπιστοσύνη προς τις αναγνωστικές τους ικανότητες.

Επιπλέον, η μελέτη των Shanthi et al. (2023) στην Ινδία αξιοποίησε ένα παιχνίδι AR που ενσωμάτων ακουστικά σήματα και οπτικοποίηση λέξεων για την ενίσχυση της φωνημικής ευαισθησίας σε νεαρούς μαθητές. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική αύξηση στην ικανότητα διάκρισης φωνημάτων, ενώ το στοιχείο της ηχητικής ανατροφοδότησης ενίσχυσε τη διατήρηση των μαθησιακών στόχων. Η χρήση της φωνής ως εργαλείο ενίσχυσης της μάθησης λειτουργεί επίσης και ψυχολογικά, καθώς δημιουργεί μια πιο προσωπική σχέση του μαθητή με την εκπαιδευτική διαδικασία.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον τρόπο παρουσίασης των φωνολογικών ασκήσεων. Η υπέρθεση ηχητικών οδηγιών επάνω σε οπτικοποιημένα στοιχεία μειώνει τη μεταγνωστική επιβάρυνση και διευκολύνει την εστίαση στο ζητούμενο. Η χρήση ρυθμιζόμενων επιπέδων δυσκολίας, επαναληπτικών ακουστικών δοκιμασιών και αυτοματοποιημένης επανάληψης καθιστά την AR ένα εργαλείο με ισχυρές δυνατότητες εξατομίκευσης της φωνημικής εκπαίδευσης, που δύσκολα επιτυγχάνεται με παραδοσιακά μέσα.

Η ηχητική υποστήριξη, όταν σχεδιάζεται σωστά, δεν λειτουργεί απλώς ως συνοδευτικό στοιχείο αλλά ως βασικό συστατικό της παιδαγωγικής εμπειρίας, μετατρέποντας την ανάγνωση από μονόπλευρη δραστηριότητα σε διαλογική διαδικασία, όπου ο μαθητής ακούει, μιλά, επαναξιολογεί και εξελίσσεται.

Παιχνιδοποίηση και κινητοποίηση του μαθητή

Η παιχνιδοποίηση (gamification) αποτελεί στρατηγική που αποσκοπεί στην αύξηση της κινητοποίησης και της εμπλοκής του μαθητή, αξιοποιώντας μηχανισμούς από τον κόσμο των παιχνιδιών, όπως βαθμολογίες, ανταμοιβές, προκλήσεις και αφηγηματικά σενάρια. Η χρήση αυτών των στοιχείων στην εκπαίδευση μαθητών με δυσλεξία, μέσω AR, αποδείχθηκε ιδιαίτερα αποτελεσματική στην υπέρβαση εμποδίων που σχετίζονται με την απώλεια ενδιαφέροντος, τη χαμηλή αυτοεκτίμηση και τη μαθησιακή αποθάρρυνση (Alexander-Passe, 2006· Frolli et al., 2022).

Οι μαθητές με δυσλεξία βιώνουν συχνά την εκπαίδευση ως αποτυχημένη εμπειρία, γεγονός που ενισχύει την ανασφάλεια και μειώνει την επιμονή τους απέναντι σε γνωστικές προκλήσεις. Η παιχνιδοποιημένη μάθηση, ειδικά όταν συνδυάζεται με AR, δημιουργεί ένα υποστηρικτικό πλαίσιο, στο οποίο η επιτυχία είναι σταδιακά προσβάσιμη και συνδέεται με θετικά συναισθήματα.

Η εφαρμογή DyslexiAR των Ahmad et al. (2021), περιλάμβανε σενάρια αποστολών, προκλήσεις και επιβράβευση με εικονικά έπαθλα, δημιουργώντας ένα περιβάλλον ενισχυτικής μάθησης. Οι μαθητές συμμετείχαν ενεργά σε ασκήσεις σύνθεσης λέξεων, αντιστοιχίσεων και ανάγνωσης μέσα από παιγνιώδεις δραστηριότητες, ενώ τα στοιχεία προόδου λειτουργούσαν ως εξωγενείς ενισχυτές παρακίνησης. Οι ερευνητές διαπίστωσαν σημαντική αύξηση της εστίασης, της συνέπειας στις εργασίες και της θετικής στάσης απέναντι στη μάθηση.

Εξίσου σημαντικό είναι το εύρημα των Schneider et al. (2023), οι οποίοι μελέτησαν την εφαρμογή LexiPal, μια πλατφόρμα που συνδυάζει ανάγνωση με παιχνίδι ρόλων και καταστάσεις αλληλεπίδρασης. Οι μαθητές ανέπτυξαν αυτορρύθμιση, εμπιστοσύνη στις ικανότητές τους και αυξημένη επιμονή σε δύσκολες εργασίες, επιβεβαιώνοντας την επίδραση της AR στο συναισθηματικό και μεταγνωστικό πεδίο της μάθησης.

Η παιχνιδοποίηση φαίνεται επίσης να μειώνει την αποσπασιμότητα, ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα όπου οι μαθητές εργάζονται μόνοι. Το στοιχείο της πρόκλησης δημιουργεί προσδοκία και εγρήγορση, ενισχύοντας τη συγκέντρωση. Η ύπαρξη ξεκάθαρων στόχων, άμεσης ανατροφοδότησης και προοδευτικής δυσκολίας συμβάλλει στη δημιουργία μιας εμπειρίας «ροής» (flow), η οποία είναι θεμελιώδης για τη βιωματική μάθηση.

Η AR ενισχύει την παιχνιδοποίηση όχι μόνο λόγω του τεχνολογικού χαρακτήρα της, αλλά κυρίως επειδή επιτρέπει στους μαθητές να συμμετέχουν ενεργά, να λαμβάνουν αποφάσεις και να διαμορφώνουν το αποτέλεσμα των εκπαιδευτικών τους ενεργειών. Οι ψηφιακές αφηγήσεις, οι εικονικοί χαρακτήρες και οι διαδραστικές αποστολές δεν αποτελούν απλώς μέσα εντυπωσιασμού, αλλά σχεδιαστικά εργαλεία που δομούν ένα παιδαγωγικά ουσιώδες περιβάλλον μάθησης.

Σύνοψη ευρημάτων

Η συνολική αποτίμηση των ερευνών υποδηλώνει ότι η επαυξημένη πραγματικότητα αποτελεί ένα υποσχόμενο εργαλείο διαφοροποιημένης και εξατομικευμένης διδασκαλίας για μαθητές με δυσλεξία. Οι τρεις θεματικοί άξονες που αναδείχθηκαν – οπτικοποίηση, φωνητική υποστήριξη, παιχνιδοποίηση – αποτελούν διακριτά αλλά συνδυαστικά εφαρμόσιμα πεδία παρέμβασης. Η αποτελεσματικότητα των εφαρμογών AR εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την παιδαγωγική τους ενσωμάτωση, τον τεχνικό σχεδιασμό και την ενεργή συμμετοχή του εκπαιδευτικού. Παρά τις θετικές ενδείξεις, απαιτούνται μακροχρόνιες και πειραματικά ελεγχόμενες μελέτες, ώστε να αξιολογηθεί η διατηρησιμότητα των αποτελεσμάτων και η γενικευσιμότητα των παρεμβάσεων σε διαφορετικά σχολικά περιβάλλοντα (Garzón & Acevedo, 2019; Schneider et al., 2023).

Συζήτηση

Η θεματική σύνθεση των 22 εμπειρικών μελετών επιβεβαιώνει την πολυδιάστατη δυναμική της επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαιδευτική υποστήριξη μαθητών με δυσλεξία. Παρά την ετερογένεια στα ερευνητικά σχέδια και τα εφαρμοσμένα εκπαιδευτικά πλαίσια, προκύπτει ένα σύνολο συνεκτικών ευρημάτων που τεκμηριώνουν τόσο τη γνωστική όσο και τη συναισθηματική αποτελεσματικότητα των AR παρεμβάσεων, υποδεικνύοντας ότι η αξιοποίησή τους δεν περιορίζεται στην τεχνολογική καινοτομία αλλά δύναται να συμβάλει ουσιαστικά στη διαφοροποιημένη και συμπεριληπτική μάθηση.

Ένα από τα πλέον καθοριστικά συμπεράσματα αφορά την εγγενή συμβατότητα της AR με τις αρχές της πολυσυναισθητηριακής μάθησης. Ο συνδυασμός οπτικών, ακουστικών και απτικών ερεθισμάτων επιτρέπει την παράκαμψη των δυσκολιών στη φωνολογική επεξεργασία, δημιουργώντας εναλλακτικές οδούς κατανόησης της πληροφορίας. Η παρατήρηση ότι η AR ευνοεί την ενεργοποίηση τόσο του λεκτικού όσο και του μη λεκτικού συστήματος, όπως προβλέπει η θεωρία της Διπλής Κωδικοποίησης, εδραιώνει τη σημασία της για την υποστήριξη μαθητών με περιορισμένη πρόσβαση στο γραπτό λόγο (Paivio, 1986· Moreno & Mayer, 2007). Εξίσου σημαντική είναι η ενίσχυση της αντιληπτικής ακρίβειας και της εργασιακής μνήμης, ιδίως όταν η παρουσίαση των πληροφοριών είναι ελεγχόμενη και σταδιακή, στοιχείο που συσχετίζεται με τις αρχές της θεωρίας Γνωστικού Φορτίου (Sweller, 1994).

Ο δεύτερος πυλώνας αφορά τη φωνητική και ηχητική υποστήριξη, η οποία αποδεικνύεται κρίσιμη για την ενίσχυση της φωνολογικής ευαισθησίας και την ανάπτυξη δεξιοτήτων αποκωδικοποίησης. Η ενσωμάτωση προφορικών οδηγιών, η δυνατότητα επανάληψης φωνημάτων και η αξιοποίηση ηχητικής ανατροφοδότησης προσφέρουν στους μαθητές

εξατομικευμένη στήριξη, αυξάνοντας την προσβασιμότητα της μαθησιακής εμπειρίας. Το πλαίσιο του Universal Design for Learning, το οποίο δίνει έμφαση στην παροχή εναλλακτικών διαύλων προσέγγισης και έκφρασης της γνώσης, αναγνωρίζει τέτοιες πρακτικές ως βασικές αρχές διαφοροποιημένης διδασκαλίας (CAST, 2018· Al-Azawei et al., 2016).

Ιδιαίτερη σημασία αποκτά η παιχνιδοποίηση ως παράγοντας κινητοποίησης και συναισθηματικής ενίσχυσης. Οι μαθητές με δυσλεξία, οι οποίοι συχνά φέρουν εμπειρίες αποτυχίας και αρνητικής στάσης απέναντι στη μάθηση, φαίνεται να ανταποκρίνονται θετικά σε μαθησιακά περιβάλλοντα που ενσωματώνουν μηχανισμούς πρόκλησης, ανταμοιβών και αφηγηματικής συνέχειας. Η δημιουργία ενός θετικού κλίματος μάθησης, μέσω διαδραστικών αποστολών και εικονικών χαρακτήρων, αυξάνει την επιμονή των μαθητών σε γνωστικά απαιτητικά έργα και ενισχύει τη συναισθηματική σύνδεση με το περιεχόμενο (Schneider et al., 2023· Ahmad et al., 2021). Η συνθήκη αυτή ευθυγραμμίζεται με τη θεωρία του "flow" και της εμπλοκής, στοιχεία απαραίτητα για τη μακροπρόθεσμη μαθησιακή δέσμευση.

Ωστόσο, τα ευρήματα της ανασκόπησης αναδεικνύουν και σημαντικά όρια στην εφαρμογή της AR. Η υπερφόρτωση της μνήμης εργασίας λόγω πληθώρας ερεθισμάτων, όταν απουσιάζει παιδαγωγική καθοδήγηση, αποτελεί επαναλαμβανόμενο προβληματισμό στη βιβλιογραφία (Wu et al., 2013). Σε τέτοιες περιπτώσεις, ο εκπαιδευτικός ρόλος στον σχεδιασμό του μαθησιακού περιβάλλοντος και στην προσαρμογή της ροής των πληροφοριών είναι καθοριστικός, ώστε να διασφαλίζεται η αποτελεσματικότητα της παρέμβασης.

Ένας επιπλέον περιορισμός έγκειται στη βραχύβια διάρκεια των παρεμβάσεων που αναφέρονται στις περισσότερες μελέτες. Η απουσία διαχρονικής παρακολούθησης των αποτελεσμάτων περιορίζει την ικανότητά μας να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για τη διατηρησιμότητα των μαθησιακών ωφελειών. Παράλληλα, επισημαίνεται η έλλειψη ποιοτικών ερευνών που να εστιάζουν στις εμπειρίες των ίδιων των μαθητών, στους μηχανισμούς εμπλοκής και στους κοινωνικο-συναισθηματικούς μετασχηματισμούς που ενδεχομένως προκαλεί η χρήση της AR (Hall et al., 2023· Frolli et al., 2022).

Τέλος, δεν μπορεί να αγνοηθεί ο ρόλος του εκπαιδευτικού. Η επιτυχής ενσωμάτωση της επαυξημένης πραγματικότητας στην ειδική αγωγή εξαρτάται από την παιδαγωγική επάρκεια και την τεχνολογική επάρκεια του διδακτικού προσωπικού. Η ανεπάρκεια επιμόρφωσης και η αίσθηση τεχνολογικού αποκλεισμού λειτουργούν ανασταλτικά, ιδίως σε υποδομές που δεν υποστηρίζουν την υλοποίηση καινοτόμων πρακτικών (Radu, 2014· Quintero et al., 2019). Απαιτείται λοιπόν η ενδυνάμωση των εκπαιδευτικών μέσω δομημένων προγραμμάτων επιμόρφωσης, με έμφαση στην παιδαγωγική αξιοποίηση και όχι απλώς στη χειριστική χρήση της τεχνολογίας.

Η AR, ως εκπαιδευτικό εργαλείο, δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ουδέτερη τεχνολογική παρέμβαση, αλλά ως δυναμικό στοιχείο που λειτουργεί εντός σύνθετων μαθησιακών, πολιτισμικών και συναισθηματικών πλαισίων. Η συνδυαστική αξιοποίηση θεωρητικών προσεγγίσεων, παιδαγωγικής τεκμηρίωσης και τεχνολογικής καινοτομίας αποτελεί το κλειδί για την ανάπτυξη εφαρμογών που μπορούν να ανταποκριθούν ουσιαστικά στις ανάγκες των μαθητών με δυσλεξία.

Συμπεράσματα και Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Η παρούσα θεματική ανασκόπηση ανέδειξε τη δυναμική της επαυξημένης πραγματικότητας ως εκπαιδευτικού εργαλείου για την υποστήριξη μαθητών με δυσλεξία, ενισχύοντας τη γλωσσική επάρκεια, τη γνωστική ανάπτυξη και τη συναισθηματική εμπλοκή. Οι εφαρμογές AR αξιοποιούν πολυτροπικά ερεθίσματα και επιτρέπουν την εξατομίκευση της εμπειρίας μάθησης, προσφέροντας ευκαιρίες για πρόσβαση στη γνώση σύμφωνα με τις αρχές του καθολικού σχεδιασμού και της διαφοροποιημένης διδασκαλίας. Η δυνατότητα ενσωμάτωσης οπτικών, ηχητικών και αλληλεπιδραστικών στοιχείων δημιουργεί ένα ευέλικτο μαθησιακό πλαίσιο, ικανό να ανταποκριθεί σε ποικίλες μαθησιακές ανάγκες.

Οι αναλυθείσες μελέτες καταδεικνύουν θετικές επιδράσεις της AR στην ενίσχυση της φωνολογικής επίγνωσης, της αναγνωστικής ευχέρειας, της αποκωδικοποίησης, αλλά και στην ενίσχυση της συμμετοχής και της αυτοαντίληψης των μαθητών. Οι παρεμβάσεις εφαρμόστηκαν τόσο σε επίσημα σχολικά περιβάλλοντα όσο και σε εξειδικευμένα προγράμματα, επιβεβαιώνοντας την εκπαιδευτική ευελιξία της τεχνολογίας. Παρ' όλα αυτά, καταγράφηκαν σημαντικοί περιορισμοί που καθιστούν αναγκαία την προσεκτική ερμηνεία των ευρημάτων και τη στοχευμένη διεύρυνση της ερευνητικής ατζέντας.

Καταρχάς, οι περισσότερες μελέτες χαρακτηρίζονται από βραχύβια διάρκεια και απουσία μακροχρόνιας παρακολούθησης, περιορίζοντας τη δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων για τη διατηρησιμότητα των οφελών. Η εστίαση σε μικρά και ομοιογενή δείγματα, συχνά από τεχνολογικά εξοπλισμένα σχολεία σε αστικά κέντρα, μειώνει την εξωτερική εγκυρότητα και καθιστά αναγκαία τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της AR σε λιγότερο προνομιούχα περιβάλλοντα. Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι η προσβασιμότητα, η εργονομία και η απλότητα των εφαρμογών δεν αποτελούν αντικείμενο συστηματικής αξιολόγησης, παρά τη σημασία αυτών των παραμέτρων για μαθητές με ειδικές μαθησιακές ανάγκες.

Με βάση τα παραπάνω, προτείνεται η υιοθέτηση πολυεπίπεδων και μεθοδολογικά εμπλουτισμένων ερευνητικών σχεδίων. Απαραίτητη είναι η διεξαγωγή μακροχρόνιων πειραματικών μελετών με ετερογενή δείγματα, ώστε να διαπιστωθεί η διατηρησιμότητα των επιδράσεων και να ενισχυθεί η γενικευσιμότητα των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, η ενσωμάτωση ποιοτικών μεθόδων, όπως συνεντεύξεις, παρατηρήσεις και ανάλυση μαθητικών έργων, μπορεί να φωτίσει τις συναισθηματικές και ψυχοκοινωνικές διαστάσεις της εμπειρίας μάθησης με AR.

Κομβικής σημασίας είναι η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στην παιδαγωγική αξιοποίηση της AR, ώστε να ενισχυθεί η αυτοπεποίθηση, η τεχνολογική επάρκεια και η ικανότητα σχεδιασμού διαφοροποιημένων μαθησιακών εμπειριών. Η δημιουργία επιμορφωτικών πλαισίων που ενσωματώνουν τόσο θεωρητικό υπόβαθρο όσο και πρακτική εφαρμογή, μπορεί να συμβάλει στη συστηματική ενσωμάτωση της τεχνολογίας στη διδακτική πράξη.

Τέλος, προτείνεται η υιοθέτηση διεπιστημονικών μοντέλων σχεδιασμού, στα οποία θα συμμετέχουν ερευνητές, εκπαιδευτικοί, προγραμματιστές και γονείς, με στόχο την ανάπτυξη εκπαιδευτικών εργαλείων που είναι παιδαγωγικά τεκμηριωμένα, τεχνικά λειτουργικά και κοινωνικά ευαίσθητα. Η ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης σε περιβάλλοντα AR μπορεί να οδηγήσει σε έξυπνα, προσαρμοστικά συστήματα μάθησης, τα οποία ανιχνεύουν και ανταποκρίνονται στις ατομικές ανάγκες κάθε μαθητή.

Η επαυξημένη πραγματικότητα, όταν αξιοποιείται με θεωρητική τεκμηρίωση και παιδαγωγική ευαισθησία, μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στη γεφύρωση των ανισοτήτων και στην οικοδόμηση ενός πιο προσβάσιμου, εξατομικευμένου και συμπεριληπτικού εκπαιδευτικού περιβάλλοντος για μαθητές με δυσλεξία. Η επένδυση σε τέτοιες προσεγγίσεις δεν αποτελεί μόνο τεχνολογική καινοτομία, αλλά και εκπαιδευτική και κοινωνική αναγκαιότητα.

Αναφορές

Aborokbah, M. M. (2021). An augmented reality based application for dyslexic children's learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(9), 4–17. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i09.17873>

Ahmad, W. F. W., Tarmizi, R. A., & Alwi, A. S. (2021). DyslexiAR: An augmented reality game for learning spelling and basic arithmetic for dyslexic children. *Education and Information Technologies*, 26(5), 5301–5323. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10564-w>

Al-Azawei, A., Serenelli, F., & Lundqvist, K. (2016). Universal Design for Learning (UDL): A content analysis of peer-reviewed journal papers from 2012 to 2015. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 16(3), 39–56. <https://doi.org/10.14434/josotl.v16i3.19295>

- Alexander-Passe, N. (2006). How dyslexic teenagers cope: An investigation of self-esteem, coping and depression. *Dyslexia*, 12(4), 256–275. <https://doi.org/10.1002/dys.318>
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133–149.
- Bottge, B. A., Ma, X., Gassaway, L., Butler, M., & Toland, M. D. (2014). Detecting and correcting fractions computation errors for students with math disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 37(2), 80–91. <https://doi.org/10.1177/0731948713507267>
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education – cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32–42. <https://doi.org/10.3102/0013189X018001032>
- CAST. (2018). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.2*. <http://udlguidelines.cast.org>
- Chang, Y. S., Kang, Y. S., & Kwon, S. (2021). The development of augmented reality learning content for children with learning disabilities. *Journal of Special Education Technology*, 36(2), 61–75. <https://doi.org/10.1177/0162643420945601>
- D’Agostini, L., Bortoluzzi, M., & Marini, A. (2020). Using augmented reality in children with dyslexia to improve decoding skills. *Frontiers in Psychology*, 11, 1234. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01234>
- Deliyannis, I., Papadopoulos, P. M., & Mavrommati, I. (2018). Augmented reality and multisensory learning for dyslexic children. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 18, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.002>
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. In M. Spector et al. (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 735–745). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_59
- Frolli, A., Bosco, A., Di Carmine, F., Cavallaro, A., Lombardi, A., & Ricci, M. C. (2022). Virtual reality and augmented reality for the rehabilitation of learning disorders in children and adolescents: A systematic review. *Applied Sciences*, 12(3), 1149. <https://doi.org/10.3390/app12031149>
- Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of augmented reality on students’ learning gains. *Educational Research Review*, 27, 244–260. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001>
- Gough, D., Oliver, S., & Thomas, J. (2017). *An introduction to systematic reviews* (2nd ed.). Sage.
- Hall, T., Dillon, P., & Davis, N. (2023). Educational technology in inclusive classrooms: Long-term evidence and implications. *British Journal of Educational Technology*, 54(1), 56–73. <https://doi.org/10.1111/bjet.13225>
- Jamshidifarsani, H. (2021). Artificial intelligence-based augmented reality for adaptive learning in dyslexia. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(5), 1298–1311. <https://doi.org/10.1111/jcal.12556>
- Jaramillo-Alcázar, A., Luján-Mora, S., & García-Peñalvo, F. J. (2021). Accessibility evaluation of augmented reality mobile educational applications. *Applied Sciences*, 11(4), 1504. <https://doi.org/10.3390/app11041504>
- Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2017). Using multimedia for e-learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(5), 403–423. <https://doi.org/10.1111/jcal.12197>

- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2007). Interactive multimodal learning environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309–326. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford University Press.
- Paudel, P., & Acharya, S. (2024). Digital technology in rural schools: Bridging or widening the gap? *Education and Information Technologies*, 29(2), 1437–1456. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11968-w>
- Quintero, J., Baldiris, S., Rubira, R., Cerón, J., & Velez, G. (2019). Augmented reality in educational inclusion: A systematic review on the last decade. *Frontiers in Psychology*, 10, 1835. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01835>
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533–1543. <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y>
- Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S. C., Day, B. L., Castellote, J. M., White, S., & Frith, U. (2003). Theories of developmental dyslexia: Insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*, 126(4), 841–865. <https://doi.org/10.1093/brain/awg076>
- Schneider, C., Crombie, D., & McCluskey, A. (2023). Gamified reading interventions for adolescents with dyslexia: An experimental study. *Computers & Education*, 193, 104675. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104675>
- Shams, L., & Seitz, A. R. (2008). Benefits of multisensory learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(11), 411–417. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.07.006>
- Shanthi, A., Kumar, R., & Devi, S. (2023). Game-based phonological training with augmented reality for primary school children with dyslexia. *Education and Information Technologies*, 28(3), 3567–3588. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11418-8>
- Snowling, M. J., & Hulme, C. (2012). Annual research review: The nature and classification of reading disorders – a commentary on proposals for DSM-5. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53(5), 593–607. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2011.02495.x>
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295–312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)
- Thomas, J., & Harden, A. (2008). Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews. *BMC Medical Research Methodology*, 8, 45. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-8-45>
- UNESCO. (2020). *Education for sustainable development: A roadmap*. UNESCO.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>