

Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών για την εισαγωγή της Υπολογιστικής Σκέψης και του STEAM στην Ειδική Εκπαίδευση

Παρασκευή Θεοδώρου¹, Φίλιππος Κατσούλης²
theodoroup@unipi.gr, katsoulis.filippos@ac.eap.gr

¹ Πανεπιστήμιο Πειραιώς

² Ειδικό Δημοτικό Σχολείο Τυφλών Καλλιθέας

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη εξετάζει τις τεχνολογίες που μπορούν να εισάγουν την Υπολογιστική Σκέψη (ΥΣ) στην ειδική εκπαίδευση STEAM για μαθητές με οπτικές αναπηρίες και τυφλότητα. Η σημασία ενσωμάτωσης αυτής της εκπαιδευτικής προσέγγισης αναδεικνύεται από το γεγονός ότι προάγει ένα σύνολο ικανοτήτων που είναι απαραίτητες για την διαβίωση και εξέλιξη του ατόμου στη σύγχρονη κοινωνία. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίστηκε στη συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικών μεθόδων και εργαλείων Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ). Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν την πληθώρα υποστηρικτικών τεχνολογιών που μπορούν να εφαρμοστούν ενώ αναδεικνύονται επίσης οι δυσκολίες στην καθολική ενσωμάτωση τους στην ειδική εκπαίδευση. Η μελέτη ολοκληρώνει προτείνοντας μελλοντικές κατευθύνσεις για εργαλεία και μεθόδους που μπορούν να συνεισφέρουν πολλαπλασιαστικά.

Λέξεις κλειδιά: Υπολογιστική Σκέψη, STEAM, ΤΠΕ, Ειδική Εκπαίδευση, Οπτικές αναπηρίες

Εισαγωγή

Η πρόσβαση στην εκπαίδευση αποτελεί βασικό ανθρώπινο δικαίωμα για όλα τα άτομα με ή χωρίς αναπηρία. Παρά την πρόοδο που έχει σημειωθεί στην ειδική εκπαίδευση, οι μαθητές με αναπηρίες αντιμετωπίζουν τεράστιες προκλήσεις σχετικά με την απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων. Το τελευταίο τους τοποθετεί σε μειονεκτική θέση καθότι οι σημερινές κοινωνίες απαιτούν από το άτομο την ανάπτυξη πολλαπλών και πολύπλοκων δεξιοτήτων.

Δυο εκπαιδευτικές προσεγγίσεις που μπορούν να προάγουν την ανάπτυξη των απαιτούμενων ικανοτήτων είναι η εκπαίδευση STEAM (Perignat & Katz-Buonincontri, 2019) και η Υπολογιστική Σκέψη (ΥΣ) (Psycharis, 2018). Παρά το γεγονός ότι είναι διαφορετικές έννοιες, υπάρχει ένα κοινό πεδίο δράσης καθώς η ΥΣ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προσέγγιση επίλυσης προβλημάτων στο πλαίσιο της εκπαίδευσης STEAM και επομένως, μπορεί να λειτουργήσει ως μέθοδος υποστήριξης και προαγωγής της εκπαίδευσης STEAM.

Η διείσδυση της ΥΣ και της εκπαίδευσης STEAM είναι μικρή τόσο στην εκπαίδευση του γενικού πληθυσμού όσο και στην περίπτωση της ειδικής εκπαίδευσης η οποία αντιμετωπίζει επιπλέον δυσκολίες. Από τη διεθνή βιβλιογραφία γίνεται εμφανές ότι οι μαθητές με αναπηρίες υπολείπονται στα γνωστικά πεδία των μαθηματικών και των επιστημών όταν γίνεται η σύγκριση με συνομηλίκους του γενικού πληθυσμού (Hwang & Taylor, 2016).

Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) έχουν αρχίσει να ενσωματώνονται πιο ενεργά στα σχολικά προγράμματα σπουδών και μπορούν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά τις προκλήσεις. Συγκεκριμένα, μπορούν να υποστηρίξουν την εξατομικευμένη μάθηση, την προσβασιμότητα, καθώς και να προάγουν τη συνεργασία και τη επικοινωνία μεταξύ των μαθητών με ειδικές ανάγκες.

Η παρούσα μελέτη στοχεύει στην παρουσίαση εργαλείων ΤΠΕ που χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία μαθητών με οπτικές αναπηρίες σε μαθήματα του πλαισίου STEAM. Αυτή η μελέτη αποτελεί το πρώτο βήμα για τη δημιουργία πλαισίου που θα ενσωματώνει την ΥΣ και την εκπαίδευση STEAM στην ειδική εκπαίδευση. Στις ακόλουθες ενότητες παρουσιάζονται 1) το θεωρητικό πλαίσιο της μελέτης, 2) η μέθοδος της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, 3) τα αποτελέσματα και 4) τα συμπεράσματα μαζί με μελλοντικές κατευθύνσεις.

Θεωρητικό πλαίσιο

Υπολογιστική Σκέψη, STEAM και ειδική εκπαίδευση

Η Υπολογιστική Σκέψη (ΥΣ) και ο όρος STEAM αποτελούν δύο εκπαιδευτικές προσεγγίσεις. Ο όρος ΥΣ αναφέρεται σε μια διαδικασία σκέψης που διατυπώνει προβλήματα και λύσεις σε μορφή κατάλληλη για αναπαράσταση σε υπολογιστή και στοχεύει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων όπως η αναλυτική σκέψη, η αναγνώριση προτύπων, η χρήση αφηρημένων εννοιών, ο σχεδιασμός αλγορίθμων, η εργασία με πολύπλοκα δεδομένα και η αποτελεσματική χρήση της τεχνολογίας (Psycharis, 2018). Παράλληλα, ο όρος STEAM αναφέρεται στην απόκτηση ενός πλούσιου συνόλου δεξιοτήτων μέσω της ολοκλήρωσης των τομέων της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής, της Τέχνης και των Μαθηματικών (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019).

Αμφότερες έχουν ομοιότητες καθώς εστιάζουν στις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και ανάπτυξης κριτικής σκέψης (Wang et al., 2021). Ωστόσο, αναγνωρίζονται ως διαφορετικές προσεγγίσεις καθώς η ΥΣ θεωρείται υποσύνολο της επιστήμης των υπολογιστών, έχοντας περιορισμένη χρήση εκτός πληροφορικής, ενώ οι μέθοδοι της εκπαίδευσης STEAM δεν περιλαμβάνουν συχνά πρακτικές ΥΣ (Li et al., 2020b). Η ολοκλήρωση αυτών των δύο προσεγγίσεων μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους (Li et al., 2020b). Η πρώτη ενσωματώνει διεπιστημονικά την ΥΣ στα μαθήματα STEAM με στόχο τη υποβοήθηση της κατανόησης, ενώ η δεύτερη προσπαθεί να επαναπροσδιορίσει ριζικά το περιεχόμενο της εκπαίδευσης STEAM με υπολογιστική επίγνωση, έτσι ώστε να ενισχυθεί η παραδοσιακή προσέγγιση μάθησης αντικειμένων με περισσότερα υπολογιστικά στοιχεία (Psycharis 2018).

Η ειδική εκπαίδευση που αφορά στην εκπαίδευση ατόμων με πρακτικές που αντιμετωπίζουν καλύτερα τις ατομικές διαφορές και ειδικές ανάγκες (Gargiulo & Bouck, 2017) μπορεί να επωφεληθεί τόσο από την ΥΣ όσο και από την εκπαίδευση STEAM για την ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και ανάπτυξης κριτικής σκέψης. Για την υποστήριξη, όμως των δύο τελευταίων μπορούν να αξιοποιηθούν ΤΠΕ και συγκεκριμένα, οι υποστηρικτικές τεχνολογίες (ΥΤ) οι οποίες υποστηρίζουν άτομα με οπτικές, ακουστικές ή κινητικές δυσκολίες με εργαλεία όπως αναγνώστες οθόνης, λογισμικά μετατροπής ομιλίας σε κείμενο και εναλλακτικές συσκευές εισαγωγής μεταξύ πολλών άλλων. Ωστόσο, η υιοθέτηση ΤΠΕ για την ειδική εκπαίδευση παραμένει χαμηλή λόγω πολλαπλών δυσκολιών (Allam & Martin, 2021).

Μέθοδος Βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Η μεθοδολογία PRISMA υιοθετήθηκε για τη διεξαγωγή της συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης [Page et al., 2021] και πραγματοποιήθηκαν τα εξής βήματα: 1) Καθορισμός των ερευνητικών ερωτημάτων, 2) Καθορισμός της διαδικασίας αναζήτησης σχετικών ερευνητικών εργασιών, 3) Ορισμός των κριτηρίων συμπερίληψης και αποκλεισμού, 4) Αξιολόγηση της ποιότητας για την περαιτέρω βελτίωση της διαδικασίας επιλογής, 5) Ανάγνωση των εργασιών και ανάλυση αυτών.

Μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης έγινε προσπάθεια για την κατανόηση των παρακάτω ερευνητικών ερωτημάτων:

- Ποιες είναι οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην ειδική εκπαίδευση των ατόμων με οπτικές αναπηρίες και τι χαρακτηριστικά έχουν.
- Ποιες τεχνολογίες μπορούν να βοηθήσουν στην ταχύτερη ενσωμάτωση της ΥΣ και της εκπαίδευσης STEAM στην ειδική εκπαίδευση.

Η διαδικασία αναζήτησης συμπεριλάμβανε την εύρεση εργασιών από περιοδικά και συνέδρια χρησιμοποιώντας τη μηχανή αναζήτησης Google Scholar και των παρακάτω αποθετηρίων επιστημονικών άρθρων: IEEE Xplore, ACM Digital Library, Elsevier, Springer, Sage Journals, Taylor and Francis, Emerald και MDPI.

Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν στην αναζήτηση περιεχομένου συμπεριλάμβαναν ένα συνδυασμό των όρων «STEM/STEAM», «special education», «assistive technologies» και «disabilities». Από τα αποτελέσματα των αναζητήσεων εξαιρέθηκαν εργασίες που δεν είχαν σχέση με την τεχνολογία ή στην εφαρμογή της τεχνολογίας στην ειδική εκπαίδευση, άλλοι τύπου αναπηριών που δεν αφορούσαν τις οπτικές αναπηρίες και την τυφλότητα. Επίσης, απορρίφθηκαν ερευνητικές εργασίες η ποιότητα των οποίων δεν ήταν σε ικανοποιητικό επίπεδο εξαιτίας της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε και του τρόπου παρουσίασης των αποτελεσμάτων. Συνολικά, 89 εργασίες πληρούσαν τις προϋποθέσεις εκ των οποίων μελετήθηκαν οι 53 και τελικά 20 χρησιμοποιήθηκαν. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται το πλήθος των εργασιών ανά κατηγορία.

Πίνακας 1. Πλήθος εργασιών ανά κατηγορία

Κατηγορία	Πλήθος
Μαθηματικά	3
Επιστήμες	3
Προγραμματισμός	2
Διατομεακή	2
Σύνολο	10

Αποτελέσματα

Τεχνολογίες σε μαθήματα του πλαισίου STEAM

Οι ΤΠΕ και ειδικότερα οι ΥΤ μπορούν να μειώσουν τους περιορισμούς των αναπηριών και να διευκολύνουν την εισαγωγή της ΥΣ και της εκπαίδευσης STEAM στην ειδική εκπαίδευση. Γενικότερα, η ενσωμάτωση μαθησιακών εργαλείων βασισμένων στις ΤΠΕ παρέχει πολλά οφέλη όπως την ενίσχυση των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων, την υλοποίηση διαδραστικών μαθησιακών εμπειριών, την προώθηση του ψηφιακού εγγραφματισμού, τη συνεργατική μάθηση, και τη διευκόλυνση της πρόσβασης σε πόρους που διαφορετικά θα ήταν μη προσπελάσιμοι.

Από την πλευρά των ΥΤ υπάρχουν πολλές αξιόπιστες λύσεις για την υποστήριξη της ειδικής εκπαίδευσης. Μεταξύ των πιο ευρέως διαδεδομένων εργαλείων είναι τα βιβλία μεγάλου μεγέθους, οι μεγεθυντικοί φακοί, οι πλάκες Braille και προηγμένα ψηφιακά εργαλεία για εκπαιδευτικές δραστηριότητες. (Senjam et al., 2023). Παραδείγματα των τελευταίων είναι οι ειδικές διαδικτυακές πλατφόρμες. Συνήθως, ενσωματώνουν τεχνικές αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή (HCI) και χρησιμοποιούν πολυτροπικές στρατηγικές

αλληλεπίδρασης, όπως φωνητικές εντολές ή πλοήγηση με το πληκτρολόγιο, οι οποίες επιτρέπουν στους μαθητές να περιηγηθούν στο σύστημα (Jariwala et al., 2023). Πολύτιμα εργαλεία για την προσωποποίηση της μαθησιακής διαδικασίας είναι τα εννοιολογικά γραφήματα, τα διανύσματα γνώσης και τα διανύσματα λάθους, η αναπαράσταση των οποίων από το σύστημα επιτρέπει την εξερεύνηση συνδέσεων μεταξύ εννοιών και τον αυτόματο εντοπισμό μαθησιακών κενών σε ατομικό επίπεδο (Mačkowski et al., 2023). Επιπλέον, η χρήση απτικών μοντέλων, εργαλείων μετατροπής ομιλίας σε κείμενο σε συνδυασμό με προσαρμογές στον τυπικό εργαστηριακό εξοπλισμό (Heard, 2023) βοηθούν στην λήψη καλύτερης ανατροφοδότησης. Ανεξαρτήτως, ωστόσο, των εργαλείων που υποστηρίζονται, το παρεχόμενο υλικό θα πρέπει να ακολουθεί την Καθολική Προσέγγιση για την Εκμάθηση (Universal Design for Learning - UDL) η οποία ενθαρρύνει 1) την αναπαράσταση της πληροφορίας με πολλαπλούς τρόπους ώστε να είναι συμβατή με διαφορετικά στυλ εκμάθησης και ικανοτήτων, 2) πολλαπλούς τρόπους αλληλεπίδρασης με το περιεχόμενο ώστε να υπάρχει πρόσβαση ανεξαρτήτως της αναπηρίας και 3) την παροχή διαδραστικών δραστηριοτήτων για την κατανόηση του περιεχομένου. Παράδειγμα αποτελεί η πλατφόρμα Indie4All η οποία προάγει την ΥΣ στην εκπαίδευση STEAM για άτομα με αναπηρία (Psycharis et al., 2022).

Προγραμματισμός

Ο προγραμματισμός αποτελεί κεντρικό στοιχείο της ΥΣ δεδομένου ότι αποτελεί την κύρια μέθοδο αλληλεπίδρασης με τους υπολογιστές. Ωστόσο, εξαιτίας του μεγάλου βαθμού εξάρτησης των εργαλείων προγραμματισμού στην οπτική ανάδραση, η εκμάθηση και η χρήση μιας γλώσσας από τους μαθητές με οπτικές αναπηρίες είναι εξαιρετικά δύσκολη έως αδύνατη. Για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης έχουν ενσωματωθεί σε προγραμματιστικά περιβάλλοντα λύσεις όπως αναγνώστες οθόνης, συστήματα μετατροπής ομιλίας σε κείμενο, συστήματα που δημιουργούν περιηγήσιμες, ακουστικές δομές του κώδικα (Mountarimbene et al., 2022), ανανεώσιμες οθόνες Braille, ηχητικές ενδείξεις (Payne et al., 2023), μεγεθυντικοί φακοί οθόνης ενώ έχουν αναπτυχθεί και εξειδικευμένα προγραμματιστικά περιβάλλοντα που βασίζονται στη χρήση μπλοκ (BBP) και απτικών διεπαφών χρήστη (TUI).

Υποσχόμενες τεχνολογίες

Η εξάπλωση των έξυπνων κινητών συσκευών και η χρήση τους ως πλατφόρμα ανάπτυξης ΥΤ τις καθιστούν ένα σημαντικό εργαλείο για την προώθηση της ΥΣ και της εκπαίδευσης STEAM στην ειδική εκπαίδευση. Ένα υποσύνολο αυτών των τεχνολογιών μπορεί να ενσωματωθεί σε περιβάλλοντα ειδικής αγωγής για την υποστήριξη των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων. Συνολικά, οι ΥΤ που βασίζονται στις έξυπνες συσκευές φέρουν ελκυστικά χαρακτηριστικά όπως ευελιξία στις απαιτήσεις του υλικού, σχετικά χαμηλό κόστος και μεγάλο βαθμό εξοικείωσης με τη διεπαφή, ενώ η αποτελεσματικότητά τους έχει μελετηθεί για άτομα με οπτικές αναπηρίες (Theodorou et al., 2022).

Η βιβλιογραφία αναδεικνύει πολλά τέτοια παραδείγματα. Η εκπαιδευτική εφαρμογή Elementals (Escudeiro et al., 2022), βοηθάει στην εκμάθηση της χημείας ενσωματώνοντας τεχνολογίες γεωεντοπισμού, επαυξημένης πραγματικότητας και προσαρμοσμένα χαρακτηριστικά όπως κατάλληλα χρωματικά θέματα, ενσωμάτωση της νοηματικής γλώσσας και χρήση αισθητηριακών συσκευών. Ένα δεύτερο παράδειγμα αξιοποιεί τον αισθητήρα εγγύτητας του τηλεφώνου για την ανίχνευση της κίνησης για τη διδασκαλία της έννοιας της σταθερής ταχύτητας (Karucu & Kızılaslan, 2022), ενώ η εφαρμογή των Nahar et al., 2020 μετατρέπει μαθηματικά σύμβολα και πράξεις σε γραφή Braille τύπου Nemeth παρέχοντας

συνδυαστικά ακουστική και απτική ανατροφοδότηση για τη διδασκαλία μαθηματικών. Αμφότερες οι εφαρμογές στοχεύουν σε μαθητές με οπτικές αναπηρίες.

Τέλος, η τεχνολογία των τρισδιάστατων εκτυπωτών μπορεί να ενισχύσει τη μάθηση που βασίζεται στην απτική ανατροφοδότηση διευκολύνοντας σημαντικά τα άτομα με οπτικές αναπηρίες όπως αναδεικνύει η εργασία των Ανδρίε et al., 2022 στο πλαίσιο διδασκαλίας σε τάξη βιολογίας δημοτικού σχολείου. Αναπαριστώντας τρισδιάστατα φυσικές έννοιες, όπως οι κυτταρικές δομές, διευκολύνεται η χωρική και απτική κατανόηση, ενώ οι εμπλεκόμενες διαδικασίες σχεδιασμού και μοντελοποίησης ενισχύουν τις δεξιότητες αναλυτικής και υπολογιστικής σκέψης των μαθητών.

Συζήτηση

Οι μαθητές με οπτικές αναπηρίες αντιμετωπίζουν προκλήσεις εξαιτίας του οπτικού τρόπου μάθησης που κυριαρχεί. Οι ΥΤ μπορούν να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις προωθώντας ταυτόχρονα την ΥΣ και την εκπαίδευση STEAM στην ειδική εκπαίδευση.

Τα τελευταία χρόνια έχει βελτιωθεί η προσβασιμότητα σε εργαλεία προγραμματισμού υπολογιστών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η μαθησιακή πλατφόρμα Indie4All που παρέχει πολυτροπικά εργαλεία για την εξατομικευμένη υποστήριξη μαθητών με αναπηρίες.

Ο ρόλος των έξυπνων κινητών συσκευών αναμένεται να ενισχυθεί καθώς ελαχιστοποιούν τα εμπόδια στη μάθηση, δεν απαιτούν ειδικό εξοπλισμό και παρέχουν εξατομικευμένο ρυθμό μάθησης, ενώ η χρήση τρισδιάστατων εκτυπωτών μπορεί να βοηθήσει στη σταδιακή διδασκαλία σύνθετων εννοιών και στην ανάπτυξη του απτικού εγγραμματισμού.

Μολονότι οι ΥΤ είναι αποτελεσματικές, απαιτούν τη συνεχή επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, χρειάζονται συντήρηση, ενώ η ψηφιακή προσαρμογή υλικού έχει κόστος. Επίσης, απαιτούν πόρους, όπως υπολογιστές και λογισμικά με αποτέλεσμα να μη μπορούν όλα τα σχολεία να τις ενσωματώσουν στη διδασκαλία. Προκλήσεις, ωστόσο, υπάρχουν και στην εκπαιδευτική πλευρά όπως οι μέθοδοι που υποστηρίζουν την εφαρμογή της ΥΣ και της εκπαίδευσης STEAM στην ειδική εκπαίδευση. Παρά την ωρίμανση της ΥΣ, εξακολουθούν να υπάρχουν διαφορετικές απόψεις στον τρόπο διδασκαλίας που καθιστούν δύσκολη την τυποποίηση των προγραμμάτων σπουδών. Τέλος, υπάρχει δυσκολία στην ανάπτυξη αξιόπιστων εργαλείων αξιολόγησης της ΥΣ καθώς εκείνα που είναι διαθέσιμα επικεντρώνονται μονάχα στις δεξιότητες προγραμματισμού, παραμελώντας άλλες πτυχές, όπως η αλγοριθμική σκέψη, η ανάλυση δεδομένων και η αλληλεπίδραση με αφαιρέσεις.

Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία αποτελεί την αρχή για τη συστηματοποίηση της διαδικασίας της ΥΣ και της εκπαιδευτικής προσέγγισης STEAM στην ειδική εκπαίδευση. Σε αυτό το στάδιο έγινε η αποτίμηση των δυσκολιών που συναντούν οι μαθητές με οπτικές αναπηρίες στην εκπαίδευση ενώ παρουσιάστηκαν οι διαθέσιμες ΤΠΕ και ειδικότερα οι ΥΤ που μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για την επίτευξη του στόχου. Κοιτώντας συνολικά το πρόβλημα παρουσιάστηκαν επίσης τα εμπόδια των τεχνολογιών. Μελλοντικά, θα αναλυθούν οι μέθοδοι που απαιτούνται από την ΥΣ και την εκπαιδευτική προσέγγιση STEAM. Σημαντικά στοιχεία θα αποτελέσουν η εμπειρική τεκμηρίωση των μεθόδων για την παραγωγή βέλτιστων πρακτικών. Τέλος, θα εξεταστεί η τεχνητή νοημοσύνη για την ανάπτυξη αποτελεσματικών στρατηγικών και παρεμβάσεων στη διδασκαλία της ΥΣ και μαθημάτων STEAM στην ειδική εκπαίδευση.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Allam, F. C., & Martin, M. M. (2021). Issues and challenges in special education: A qualitative analysis from a teacher's perspective. *Southeast Asia Early Childhood Journal*, 10(1), 37-49.
- Anđić, B., Lavicza, Z., Ulbrich, E., Cvjetičanin, S., Petrović, F., & Maričić, M. (2022). Contribution of 3D modelling and printing to learning in primary schools: a case study with visually impaired students from an inclusive Biology classroom. *Journal of Biological Education*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2118352>
- Escudeiro, P., Escudeiro, N., & Gouveia, M. C. (2022, June). A Chemistry Inclusive and Educational Serious Game. In *2022 31st Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/eaeeie54893.2022.9820516>
- Heard, B. R. (2023). Supporting students with blindness and visual impairments in microbiology. *Fems Microbiology Letters*, 370. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnad029>
- Hwang, J., & Taylor, J. (2016). Stemming on STEM: A STEM Education Framework for Students with Disabilities. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 19(1), 39-49. <https://doi.org/10.14448/jseud.06.00017>
- Jariwala, A., Jamshidi, F., Marghitu, D., & Chapman, R. (2023). Development and assessment of MyAccessible Math: promoting self-learning for students with vision impairment. *Universal Access in the Information Society*, 1-8. <https://doi.org/10.1007/s10209-023-01068-w>
- Kapucu, S., & Kizilaslan, A. (2022). Exploring constant speed with a visually impaired student by using a smartphone. *Science Activities*, 59(1), 32-46. <https://doi.org/10.1080/00368121.2022.2054924>
- Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., & Duschl, R. A. (2020b). On Computational Thinking and STEM Education. *Journal for STEM Education Research*, 3(2), 147-166. <https://doi.org/10.1007/s41979-020-00044-w>
- Maćkowski, M., Kawulok, M., Brzoza, P., & Spinczyk, D. (2023). Methods and Tools Supporting the Learning and Teaching of Mathematics Dedicated to Students with Blindness. *Applied Sciences*, 13(12), 7240. <https://doi.org/10.3390/app13127240>
- Mountapmbeme, A., Okafor, O., & Ludi, S. (2022). Addressing Accessibility Barriers in Programming for People with Visual Impairments: A Literature Review. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 15(1), 1-26. <https://doi.org/10.1145/3507469>
- Nahar, L., Sulaiman, R., & Jaafar, A. (2022). An interactive math braille learning application to assist blind students in Bangladesh. *Assistive Technology*, 34(2), 157-169. <https://doi.org/10.1080/10400435.2020.1734112>
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., & McGuinness, L. A. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *PLOS Medicine*, 18(3), e1003583. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003583>
- Psycharis, S. (2018). Steam in Education: a Literature Review on the Role of Computational Thinking, Engineering Epistemology and Computational Science. *Computational Steam Pedagogy (csp). Scientific culture*, 4(2), 51-72. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1214565>
- Psycharis, S., Theodorou, P., & Kydonakis, P. (2022). The Use of Indie4All Platform for Visually Impaired Students on the Acquisition of Learning Objects with Computational Thinking Practices in Music, Math and Physics. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 608-619. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21569-8_56
- Senjam, S., Manna, S., Vashist, P., Gupta, V., Grover, S., Kumar, V., & Titiyal, J. (2023). Improving assistive technology access to students with low vision and blindness in Delhi: A school-based model. *Indian Journal of Ophthalmology*, 71(1), 257. https://doi.org/10.4103/ijo.ijo_1281_22
- Theodorou, P., Tsiglikos, K., Meliones, A., & Tsigris, A. (2022). An extended usability and UX evaluation of a mobile application for the navigation of individuals with blindness and visual impairments indoors: An evaluation approach combined with training sessions. *British Journal of Visual Impairment*, 026461962211317. <https://doi.org/10.1177/02646196221131739>

- Wang, C., Shen, J., & Chao, J. (2021). Integrating Computational Thinking in STEM Education: A Literature Review. *International Journal of Science and Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10227-5>
- Payne, W. C., Shen, X., Xu, E., Kaney, M., Graves, M., Herrera, M., ... & Hurst, A. (2023, October). Approaches to Making Live Code Accessible in a Mixed-Vision Music Ensemble. In *Proceedings of the 25th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility* (pp. 1-5). <https://doi.org/10.1145/3597638.3614489>