

Η χρήση του gamification για τη διδασκαλία των αλγορίθμων

<https://doi.org/10.69685/IJGN2303>

Παπά Αναστασία

Καθηγήτρια Πληροφορικής ΠΕ86 ΕΑΕ
tesipapa@hotmail.com

Περίληψη

Η παιχνιδοποίηση, η χρήση στοιχείων παιχνιδιού σε ρυθμίσεις εκτός παιχνιδιού, χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στην εκπαίδευση για να αυξήσει το κίνητρο, τη δέσμευση και την απόδοση των μαθητών. Για να είναι αποτελεσματικά σε μαθησιακά αποτελέσματα τα παιχνίδια αυτά θα πρέπει να έχουν τα στοιχεία τους προσαρμοσμένα στους μαθητές. Σε αυτό το άρθρο, πραγματοποιείται μια εις βάθος βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με την προσαρμοστική παιχνιδοποίηση στην εκπαίδευση, προκειμένου να αποτυπωθεί μια σύνθεση των τρεχουσών τάσεων και εξελίξεων στον τομέα αυτό. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση πραγματεύεται 3 ερευνητικά ερωτήματα στην διδασκαλία της εκμάθησης αλγορίθμων: (1) Ποια είναι τα τρέχοντα είδη συνεισφορών στο πεδίο; (2) Σε τι βασίζουν οι τρέχουσες συνεισφορές την προσαρμογή τους και ποια είναι η επίδραση αυτής της προσαρμογής στο παιγνιοποιημένο σύστημα; (3) Ποιος είναι ο αντίκτυπος της προσαρμοστικής παιχνιδοποίησης;

Λέξεις κλειδιά: Παιχνιδοποίηση, Αντίκτυπος Παιχνιδοποίησης, Καινοτόμα εργαλεία μάθησης

Εισαγωγή

Στο σύγχρονο κόσμο, η τεχνολογία είναι φυσικά η κινητήρια δύναμη πίσω από τη μάθηση και την ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών. Για να επιτύχουν καλύτερα αποτελέσματα από τους μαθητές, οι σημερινοί εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο ψηφιακά εργαλεία και στρατηγικές αιχμής στις μεθόδους διδασκαλίας τους. Η παιχνιδοποίηση για μάθηση είναι μία από αυτές τις στρατηγικές που χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο οι εκπαιδευτικοί σε όλο τον κόσμο και η σημασία της ολοένα και αυξάνεται μετά την επιτυχημένη της χρήση κατά τη διάρκεια της πανδημίας Covid-19. Η χρήση παιχνιδοποιημένων στοιχείων μπορεί να επηρεάσει θετικά τη δέσμευση και τη συνεργασία των μαθητών, επιτρέποντάς τους να μαθαίνουν πιο αποτελεσματικά.

Από το δεύτερο μισό του προηγούμενου αιώνα μελετήθηκε και υποστηρίχθηκε η παιδαγωγική αξία του παιχνιδιού στην εκπαίδευση, όπου οι μαθητές μαθαίνουν μέσω του πειραματισμού και της εξερεύνησης, της ενίσχυσης γνωστικών δεξιοτήτων, της απόκτησης εμπειριών, της συνεργασίας, της νοηματοδότησης της πραγματικότητας, της επίλυσης προβλημάτων, του αυτοστοχασμού, αλλά και της οικοδόμησης νέων γνώσεων (Edwards, 2017; Erkan & Akyol, 2017; Bhagat, Haque & Jaalam, 2018; Ali, Kaitlyn, Hussain & Akhtar, 2018; Parker & Thomsen, 2019; Parker, Thomsen & Berry, 2022; Cunha & Carvalho, 2022). Άλλοι μελετητές έχουν αναφερθεί στη συμβολή του στη δημιουργικότητα (Oncu & Unluer, 2010) και στη μαθηματική γνώση (Zippert, Eason, Marshall & Ramani, 2019).

Η εξέλιξη των νέων τεχνολογιών οδήγησε στην ανάπτυξη νέων μορφών παιχνιδιού που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εκπαίδευση, όπως η παιχνιδοποίηση (gamification) (Deterding, Dixon, Khaled & Nacke, 2011; Kapp, 2014). Σε αυτό το πλαίσιο, ορισμένοι μελετητές έχουν εξετάσει τη συνεισφορά της παιχνιδοποίησης στην εκπαιδευτική διαδικασία (Urh et al., 2015; Dicheva et al., 2015; Barghani, 2020) και συγκεκριμένα στη διδασκαλία των αλγορίθμων (Carlson & Valentin, 2020; Antika & Setiawan, 2023; Villegas & Aguero, 2023), η οποία παρουσιάζει εγγενείς δυσκολίες στην κατανόηση της από την πλειοψηφία των μαθητών (Carlson & Valentin, 2020; Cunha & Carvalho, 2022).

Πλήθος μελετών σχετίζεται με την παιχνιδιοποίηση και την εφαρμογή της στα εκπαιδευτικά πλαίσια, προκρίνοντας τα κίνητρα και την εμπλοκή που επιφέρει στο μαθητή. Ωστόσο εντοπίζεται ένα μεγάλο κενό στις έρευνες που αφορά τη χρήση της παιχνιδιοποίησης για τη διδασκαλία των αλγορίθμων. Για το λόγο αυτό η διερεύνηση της χρήσης της παιχνιδιοποίησης για τη διδασκαλία των αλγορίθμων αποτελεί αντικείμενο αυτής της εργασίας. Αρχικά εξετάζεται εν συντομία η αξιοποίηση της παιχνιδιοποίησης στην εκπαιδευτική διαδικασία και στη συνέχεια η αξιοποίησή της συγκεκριμένα για τη διδασκαλία των αλγορίθμων.

Μεθοδολογία

Για τη συγγραφή της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε πρωτογενής βιβλιογραφική έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε από 01.09.2023 – 30.10.2023 με σκοπό να αναζητηθούν επιστημονικά άρθρα που να περιέχουν την θεματολογία της παιχνιδιοποίησης και στη συνέχεια να αξιολογηθούν και να αναλυθούν εκείνα τα οποία θα απαντήσουν στα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας στην παιχνιδιοποίηση της διδασκαλίας της εκμάθησης αλγορίθμων, τα οποία είναι ειδικότερα:

(1) Ποια είναι τα τρέχοντα είδη συνεισφορών στο πεδίο;

(2) Σε τι βασίζουν οι τρέχουσες συνεισφορές την προσαρμογή τους και ποια είναι η επίδραση αυτής της προσαρμογής στο παιγνιοποιημένο σύστημα;

(3) Ποιος είναι ο αντίκτυπος της προσαρμοστικής παιχνιδιοποίησης;

Η βάση της αναζήτησης έγινε σε υλικό που θεωρείται επιστημονικό και σχετικό με το πεδίο ενδιαφέροντος του παρόντος άρθρου και ήταν δημοσιευμένο:

- Σε επιστημονικά περιοδικά με κριτές (peer reviewing) : τα υποψήφια προς δημοσίευση άρθρα αποστέλλονται από το περιοδικό ανωνύμως και κρίνονται από, άγνωστους στους συγγραφείς, έγκυρους επιστήμονες του πεδίου

- Σε συλλογικούς τόμους με επιστημονικούς επιμελητές (editors): ο/οι επιμελητής/ τές που είναι συνήθως διαπρεπείς επιστήμονες του πεδίου επιλέγουν προσωπικά τους συγγραφείς του τόμου. Οι επιμελητές γράφουν συνήθως έναν πρόλογο οριοθέτησης του θέματος του τόμου και παρουσίασης των άρθρων που περιλαμβάνει καθώς ένα τελικό κεφάλαιο συνθετικών συμπερασμάτων. Οι συγγραφείς των άρθρων καλύπτουν επιμέρους πλευρές του γενικότερου θέματος

- Σε πρακτικά συνεδρίων με επιλογή κατόπιν κρίσεως από επιστημονική επιτροπή: οι ανακοινώσεις υποβάλλονται και κρίνονται είτε με το σύστημα των κριτών (peer reviewing) είτε από την επιστημονική επιτροπή του συνεδρίου που απαρτίζεται από διαπρεπείς επιστήμονες του πεδίου.

Από τις διαθέσιμες βάσεις δεδομένων επιστημονικών άρθρων επιλέχθηκαν οι παρακάτω:

- RIC International
- Mathdi - Math Didactics
- Wilson Education Abstracts Full-Text
- Googlescholar
- Cambridge University Press
- Computing Research Repository
- Emerald (MCB University Press)
- Informaworld

Μετά από αναζήτηση που έγινε με τον όρο gamification και gamification in education και με την παράμετρο τα άρθρα αυτά να έχουν ως ημερομηνία συγγραφής μετά το 2010 βρέθηκαν 250 άρθρα στα οποία αναζητήθηκαν οι όροι 'programming', 'benefits', 'gamification and algorithm', 'implementation of gamification in education'.

Από τα 250 άρθρα βρέθηκαν 35 με τις προαναφερόμενες έννοιες και τα οποία χρησιμοποιούνται για την ανάλυση που θα ακολουθήσει.

Η αξιοποίηση του gamification στην εκπαιδευτική διαδικασία

Ορισμός και θεωρητικό υπόβαθρο

Ο όρος 'gamification' αναφέρεται σε όλες τις πτυχές ενός διαδραστικού συστήματος που υποκινούν και ενεργοποιούν τους χρήστες διαμέσου του παιχνιδιού με βάση τις νέες τεχνολογίες (Seaborn & Fels, 2015). Πιο συγκεκριμένα ακόμα, αναφέρεται στη χρήση του σχεδιασμού στοιχείων και χαρακτηριστικών παιχνιδιού σε περιβάλλοντα τα οποία θεωρούνται πως σχετίζονται με άλλη θεματολογία όπως μάθηση, κατανόηση, καλύτερη επεξήγηση κλπ (Kapp, 2014; Cunha & Carvalho, 2022). Σκοπός της χρήσης αυτής είναι η υποκίνηση της συμπεριφοράς των χρηστών με στόχο την αύξηση της αφοσίωσης, της εμπλοκής και της εμπειρίας τους (Carlson & Valentin, 2020; Cunha & Carvalho, 2022) στα περιβάλλοντα αυτά.

Το gamification ορίζεται ως μια τεχνική, μια στρατηγική ή μια νοοτροπία που παρεμβάλλει έναν κλειστό κύκλο ενεργοποίησης-δράσης-ανατροφοδότησης σε εργασίες ρουτίνας για χρήστες, για να βελτιώσει τα ποσοστά υιοθέτησης, αφοσίωσης και επιτυχίας. Το gamification μπορεί να ενθαρρύνει το εγγενές κίνητρο, το οποίο είναι η επιθυμία να ολοκληρώσει κάποιος μια εργασία επειδή του παρουσιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να έχει ενδιαφέρον για την εργασία. Τέτοια είδη κινήτρων επιτρέπουν στους χρήστες των εφαρμογών που χρησιμοποιούν gamification να απολαμβάνουν πραγματικά τα θέματα που μελετούν (Deterding et al., 2011).

Το gamification έχει ορισμένα στοιχεία που είναι κοινά με τη συμπεριφοριστική θεωρία μάθησης (π.χ. παροχή ανταμοιβών, ανατροφοδότηση, αύξηση του επιπέδου προκλήσεων με την πρόοδο του χρήστη) (Biro, 2014; Boudadi & Gutiérrez-Colón, 2020), την κονστρουκτιβιστική θεωρία μάθησης (Parker & Thomsen, 2019), αλλά και τη θεωρία της ροής, η οποία ορίζεται ως μια εμπειρία που είναι απαιτητική και ανταποδοτική και αποτελεί απαραίτητο στοιχείο αφοσίωσης των χρηστών (Barghani, 2020). Η εστίαση δεν είναι στην τεχνολογία, αλλά στο δυναμικό περιβάλλον μάθησης και στον τρόπο δόμησης των στοιχείων του παιχνιδιού που αλληλεπιδρούν με τον χρήστη (Barab, Gresalfi, & Ingram-Goble, 2010).

Το gamification συχνά αναφέρεται στη σχεδιαστική προσέγγιση της χρήσης παιχνιδιακού σχεδιασμού σε διάφορα πλαίσια για την πρόκληση εμπειριών γνωστών από τα παιχνίδια για την υποστήριξη διαφορετικών δραστηριοτήτων και συμπεριφορών και συνεχίζει να είναι ένα δημοφιλές θέμα τόσο στη βιομηχανία όσο και στον ακαδημαϊκό κόσμο από τη διάδοσή του στις αρχές του 2010.

Οφέλη και συμβολή της παιχνιδοποίησης στην εκπαίδευση

Το gamification έχει κερδίσει σημαντική προσοχή ειδικά λόγω της εκπαιδευτικής του συμβολής. Η παιχνιδοποίηση της εκπαίδευσης και της μάθησης έχει μακρά ιστορία και ένα διαισθητικά κατανοητό υπόβαθρο, καθώς ο σχεδιασμός των παιχνιδιών και οι θεωρίες για τη μάθηση βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στο ίδιο ψυχολογικό θεωρητικό υπόβαθρο. Για την απάντηση των δυο πρώτων ερωτημάτων θα αναλυθούν τα οφέλη εκείνα τα οποία καταδεικνύουν, ποια είναι τα τρέχοντα είδη συνεισφορών της παιχνιδοποίησης στο πεδίο και ποια είναι η επίδραση αυτής της προσαρμογής στο παιγνιοποιημένο σύστημα.

Μέσω των τεχνολογικών εξελίξεων που επιτρέπουν πιο ψηφιοποιημένα περιβάλλοντα μάθησης καθώς και τη χρήση πιο πολλών τεχνολογικών μέσων, έχουν αυξηθεί δραστικά οι τεχνικές δυνατότητες σε σχέση με τα βιντεοπαιχνίδια για τη δημιουργία καθηλωτικών και συναρπαστικών εμπειριών μάθησης, και έχει εξαπλωθεί η τάση της παιχνιδοποίησης της εκπαίδευσης και της μάθησης (Villegas & Agüero, 2023).

Υπάρχουν πολλά εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παιχνιδοποίηση (gamification) στην εκπαίδευση, τα οποία καταδεικνύουν την αυξημένη συνεισφορά της παιχνιδοποίησης στην εκπαίδευση. Ορισμένα από αυτά βασίζονται στο διαδίκτυο (υπηρεσίες cloud) και δεν απαιτούν εγκατάσταση ειδικού λογισμικού και με αυτόν τον τρόπο επιτρέπεται η πρόσβαση ανά πάσα στιγμή και από οποιαδήποτε τοποθεσία. Από τα πιο

δημοφιλή θεωρούνται τα εργαλεία: Socrative, Kahoot!, FlipQuiz, Duolingo, Ribbon Hero, ClassDojo και Goalbook. Το BadgeOS™ και το πρόσθετο BadgeStack, το οποίο είναι μια δωρεάν προσθήκη στο WordPress που δημιουργεί αυτόματα διαφορετικούς τύπους επιτεύγματος και σελίδες που απαιτούνται για τη ρύθμιση του συστήματος σήμανσης.

Το Mozilla Open Badges Project είναι ένα έργο που στόχος του είναι να επιτρέψει την αναγνώριση των αποκτηθέντων γνώσεων και δεξιοτήτων των μαθητών εκτός τάξης – αποτελέσματα άτυπης μάθησης. Μέσω της προβολής σημάτων του Mozilla's Open οποιοσδήποτε μπορεί να εκδώσει νίκες και να εμφανίσει σήματα μέσω κοινής τεχνικής υποδομής (Mozilla Open Σήματα) (Cunha & Carvalho, 2022).

Τα ψηφιακά δωμάτια απόδρασης είναι ακόμη ένα παρόμοιο εργαλείο, τα οποία έχουν τη δυναμική να αποτελέσουν ισχυρά παιδαγωγικά εργαλεία στην εκπαίδευση γενικότερα σε όποιο μάθημα αποφασιστεί να χρησιμοποιηθούν. Οι μαθησιακοί στόχοι που μπορούν να επιτευχθούν μέσα από την αξιοποίηση των ψηφιακών δωματίων απόδρασης στην εκπαίδευση αφορούν σε γνωστικές δεξιότητες, όπως είναι η καλύτερη κατανόηση του γνωστικού αντικειμένου, η ανάπτυξη πολλαπλών δεξιοτήτων και η οικοδόμηση νέας γνώσης, σε συμπεριφορικές δεξιότητες, όπως η ομαδικότητα και η συνεργασία, και σε συναισθηματικές δεξιότητες, όπως το κίνητρο, η εμπλοκή και η απόκτηση θετικής στάσης απέναντι στη μαθησιακή διαδικασία (Thomsen, 2019).

Το gamification ενέχει σημαντικά οφέλη για τους μαθητές σε επίπεδο ενίσχυσης και διευκόλυνσης της μαθησιακής διαδικασίας. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε, έχει οφέλη γνωστικά (Kiryakova et al., 2014; Urh et al., 2015; Zippert et al., 2019; Alomari et al., 2019; Antika & Setiawan, 2023), συναισθηματικά (Urh et al., 2015), και κοινωνικά (Kiryakova et al., 2014).

Η πορεία μάθησης των μαθητών καθορίζεται από τα επίπεδα γνώσεων και δεξιοτήτων που έχουν επιτευχθεί, ενώ η συνεχής και σταδιακή αύξηση του επιπέδου προκλήσεων / δυσκολιών σε συνδυασμό με την παροχή ανταμοιβών και το ευχάριστο και διασκεδαστικό περιβάλλον μάθησης επιτυγχάνει ένα υψηλότερο επίπεδο υποκίνησης, εμπλοκής και αφοσίωσης των μαθητών (Kiryakova et al., 2014; Dicheva et al., 2015; Barghani, 2020; Duggal, Gurta & Singh, 2021; Villegas & Aguero, 2023). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό αν ληφθεί υπόψη ο ισχυρισμός των Duggal et al. (2021) πως ενώ η τεχνολογία έχει βελτιώσει το εύρος της διαδικασίας διδασκαλίας και μάθησης, δεν μπόρεσε να ενισχύσει στον ίδιο βαθμό την αυτο-υποκίνηση και τη δέσμευση των μαθητών στην ίδια κλίμακα, κάτι που αποτελεί πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς.

Περαιτέρω, έχει υποστηριχθεί πως η χρήση του gamification στην εκπαίδευση μπορεί να συμβάλει στην ενίσχυση της συνεργατικής μάθησης (Lee & Hammer, 2011; Barghani, 2020), της διερευνητικής προσέγγισης στη μάθηση και στην ενίσχυση της φαντασίας και της δημιουργικότητας των μαθητών (Oncu & Unluer, 2010; Lee & Hammer, 2011). Επιπλέον, οι πολυαισθητηριακές προσεγγίσεις σε καταστάσεις παιχνιδιού έχουν αποδειχθεί ότι υποστηρίζουν την κατανόηση αφηρημένων εννοιών και ενθαρρύνουν τη συνεργατική και ανταγωνιστική μάθηση (Carlson & Valentin, 2020).

Εκτός των ανωτέρω, αυτά τα παιχνιδοποιημένα περιβάλλοντα μπορούν να σχεδιαστούν υπό το πρίσμα της εξατομίκευσης, ανταποκρινόμενα με αυτόν τον τρόπο στις ανάγκες του εκάστοτε μαθητή (Knutas et al., 2017). Τέλος, έχει επισημανθεί και η συμβολή του gamification στη διδασκαλία αλγορίθμων, όπως εξηγείται αναλυτικά στην επόμενη ενότητα.

Η αξιοποίηση του gamification στη διδασκαλία των αλγορίθμων

Gamification και προγραμματισμός

Η παιχνιδοποίηση έχει υποστηριχθεί από αρκετούς μελετητές ότι αποτελεί μία εκ των πιο αποτελεσματικών μεθοδολογιών για τη διδασκαλία μαθημάτων που άπτονται της πληροφορικής και του προγραμματισμού (Carlson & Valentin, 2020; Zhan et al., 2022; Villegas & Aguero, 2023), τόσο σε περιβάλλοντα ηλεκτρονικής μάθησης (Tundjungsari, 2020; Villegas

& Agüero, 2023), όσο και σε υβριδικά περιβάλλοντα μάθησης (Carlson & Valentin, 2020) και για αυτό το λόγο θεωρείται ότι ο αντίκτυπος της προσαρμοστικής παιχνιδιοποίησης είναι σημαντική παράμετρος στη μαθησιακή διαδικασία.

Ο αντίκτυπος της παιχνιδιοποίησης διαφαίνεται μέσα από την εκμάθηση προγραμματισμού που περιλαμβάνει τους αλγόριθμους, απαιτεί τη «ζωντανή» παροχή στοιχείων κωδικοποίησης (Antika & Setiawan, 2023), την εξεύρεση λύσης για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων συνδυαστικά με την παροχή άμεσης ανατροφοδότησης (Pinto & Terroso, 2022), ενώ ταυτόχρονα απαιτείται οι μαθητές να μάθουν νέους τρόπους σκέψης και επεξεργασίας πληροφοριών, κάτι που θα πρέπει να συνδυαστεί με το ότι μπορεί να έχουν διαφορετικές μαθησιακές προτιμήσεις και ρυθμούς (Carlson & Valentin, 2020).

Οι προκλήσεις της εκμάθησης της κατανόησης κώδικα και προγραμματισμού μπορεί να αποτελέσουν εμπόδια για τους μαθητές και να μειώσουν το κίνητρό τους να αναζητήσουν πόρους (π.χ. στο πλαίσιο τη αυτοκατευθυνόμενης μάθησης) και να εμπλακούν ενεργά με τη μαθησιακή διαδικασία (Carlson & Valentin, 2020) αλλά σε κάθε περίπτωση ο αντίκτυπος που έχει η παιχνιδιοποίηση στην εκμάθηση κώδικα και προγραμματισμού θεωρείται θετική, το οποίο ενισχύεται και από την έρευνα των Cunha και Carvalho (2022), οι οποίοι διερεύνησαν μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης την αξία του gamification στο πλαίσιο της διδασκαλίας προγραμματισμού και βρήκαν πως οι περισσότερες έρευνες που έχουν διεξαχθεί χρησιμοποιώντας στρατηγικές παιχνιδιοποίησης στη διδασκαλία προγραμματισμού έχουν δείξει θετικά αποτελέσματα. Οι Prabawa, Sutarno, Kusnendar και Rahmah (2018) και οι Su, Zhang, Denny και Giacaman (2021) αναφέρουν πως η παιχνιδιοποίηση μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν δύσκολες και αφηρημένες έννοιες όπως οι αλγόριθμοι και συνεπώς έχει θετικό αντίκτυπο στη μαθησιακή διαδικασία.

Επιπλέον, έχει τονιστεί και η αξία της παιχνιδιοποίησης για τη βελτίωση της μαθησιακής εμπειρίας της γενιάς Z, όπου η τεχνολογία και οι έξυπνες συσκευές αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της καθημερινότητάς τους, αλλά και της αύξησης του ενδιαφέροντος και της δέσμευσης του συνόλου των μαθητών και ιδίως των γυναικών στις επιστήμες της τεχνολογίας και της πληροφορικής (Jawad & Tout, 2021). Το εκπαιδευτικό περιεχόμενο που αναπτύσσεται με τη συγκεκριμένη τεχνολογία για να αυξήσει την αποτελεσματικότητα του στον χώρο της εκπαίδευσης και να αυξήσει τη συνεισφορά του στο πεδίο, θα πρέπει να είναι διαδραστικό, ελκυστικό και πλούσιο σε στοιχεία πολυμέσων. Οι δραστηριότητες θα πρέπει να αναπτύσσονται προσαρμοσμένες στους μαθησιακούς στόχους και να επιτρέπουν (Simões, J., R. Díaz Redondo, A. Fernández Vilas, 2013):

- Πολλαπλές παραστάσεις – οι μαθησιακές δραστηριότητες πρέπει να σχεδιαστούν έτσι ώστε οι μαθητές να μπορούν να τις επαναλάβουν σε περίπτωση αποτυχημένης απόπειρας. Είναι πολύ σημαντικό να δημιουργηθούν συνθήκες και ευκαιρίες για να επιτευχθεί ο απώτερος στόχος. Ως αποτέλεσμα των επαναλήψεων οι μαθητές θα βελτιώσουν τις δεξιότητές τους.
- Σκοπιμότητα – οι μαθησιακές δραστηριότητες πρέπει να είναι εφικτές. Πρέπει να προσαρμοστούν στις δυνατότητες και τα επίπεδα δεξιοτήτων των μαθητών.
- Αύξηση του επιπέδου δυσκολίας – κάθε επόμενη εργασία αναμένεται να είναι πιο περίπλοκη, απαιτώντας περισσότερη προσπάθεια από τους μαθητές.
- Πολλαπλές διαδρομές – προκειμένου να αναπτύξουν διαφορετικές δεξιότητες στους μαθητές, πρέπει να είναι σε θέση να φτάσουν στόχους με διάφορους τρόπους. Αυτό επιτρέπει στους μαθητές να χτίσουν τις δικές τους στρατηγικές, κάτι που είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της ενεργητικής μάθησης.

Αποτελέσματα εμπειρικών μελετών που απαντούν στα ερευνητικά ερωτήματα

Αναφορικά με το ποια είναι τα τρέχοντα είδη συνεισφορών στο πεδίο, από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε για την παρούσα εργασία αξίζει να αναφερθεί η μελέτη των Begosso et al. (2018) όπου χρησιμοποιήθηκαν αρχές

παιχνιδοποίησης στο δωρεάν και ανοιχτού κώδικα σύστημα διαχείρισης μάθησης Moodle για την παροχή ενθάρρυνσης και βοήθειας στους μαθητές στην εκμάθηση αλγορίθμων. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι η χρήση εννοιών gamification μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη διαδικασία διδασκαλίας και εκμάθησης εννοιών προγραμματισμού σε μαθητές μικρής ηλικίας, καθώς και σε μαθητές χωρίς προηγούμενη γνώση σχετικά με τις έννοιες των αλγορίθμων. Παρομοίως, η έρευνα των Félix, Cabada, Estrada και Vara (2020), οι οποίοι παρουσίασαν και αξιολόγησαν ένα νέο έξυπνο περιβάλλον για την εκμάθηση των βασικών εννοιών της υπολογιστικής σκέψης. Αυτό το μαθησιακό περιβάλλον μπορεί να αναγνωρίσει συναισθήματα με επίκεντρο τη μάθηση που παρουσιάζονται από τους μαθητές, εκτελώντας διαφορετικές παρεμβάσεις αυτόματα, ανάλογα με τις συναισθηματικές καταστάσεις των μαθητών. Σημαντικό στοιχείο είναι η ενσωμάτωση των τεχνικών αναγνώρισης συναισθημάτων και παρακίνησης μέσω της παιχνιδοποίησης για την επίτευξη καλύτερης αλληλεπίδρασης με τους μαθητές, ανάλογα με τη συναισθηματική κατάσταση που παρουσιάζουν όταν χρησιμοποιούν το περιβάλλον μάθησης. Διαπιστώθηκαν γνωστικά οφέλη, αυξημένο επίπεδο ενδιαφέροντος, συγκέντρωσης, ενθουσιασμού και αφοσίωσης από μέρους των μαθητών.

Σκοπός της μελέτης των Nogueira, Campos και Ferreira (2018) ήταν να εξετάσουν τη γνωστική ανάπτυξη και τις εμπειρίες που βίωσαν οι μαθητές με την προσθήκη παιχνιδοποίησης στη διδασκαλία αλγορίθμων, αξιολογώντας την επιστημονική λογική γνώση που απέκτησαν, το οποίο απαντάει και στο ερευνητικό ερώτημα ποιος είναι ο αντίκτυπος της προσαρμοστικής παιχνιδοποίησης. Από τα αποτελέσματα της έρευνας διαπιστώθηκε πως, ένας σημαντικός αριθμός μαθητών που χρησιμοποίησαν τη μέθοδο διδασκαλίας του αλγόριθμου με τη διαμεσολάβηση της παιχνιδοποίησης έφθασαν στο μεταβατικό ενδιάμεσο και παροδικό επίπεδο επιστημονικής γνώσης, με μεγαλύτερα ποσοστά σωστής απάντησης στα διάφορα τεστ αξιολόγησης. Παρατηρήθηκε επίσης ότι και τα δύο φύλα έδωσαν πιο σωστές απαντήσεις χρησιμοποιώντας τη μέθοδο διδασκαλίας του αλγόριθμου με τη διαμεσολάβηση της παιχνιδοποίησης.

Ο Tundjungsari (2020) σχεδίασε μια εφαρμογή για κινητά χρησιμοποιώντας gamification για την εκμάθηση αλγορίθμων και προγραμματισμού μέσω της εξ αποστάσεως μάθησης, καταδεικνύοντας τη μεγάλη συμβολή και τον αντίκτυπο της παιχνιδοποίησης στον χώρο της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης, ο οποίος μετά την εποχή της πανδημίας, έχει πάρει άλλη δυναμική. Ο στόχος της εφαρμογής ήταν να βελτιώσει τα μαθησιακά κίνητρα των μαθητών, κάτι που φάνηκε να επιτυγχάνεται έπειτα από την αξιολόγηση της εφαρμογής. Επιπλέον διαπιστώθηκε πως η εφαρμογή ήταν αρκετά εύκολη στη χρήση της, αν και εξακολουθούσαν να υπάρχουν ορισμένα ζητήματα που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά της εφαρμογής, τα οποία είναι πολύ σημαντικά για την ενίσχυση των κινήτρων των μαθητών για μάθηση αλγορίθμων. Στο ίδιο πλαίσιο οι Soboleva, Sunorova, Grinshkun και Bocharov (2021) προέβησαν σε μία θεωρητική και πειραματική διερεύνηση της αποτελεσματικότητας του gamification και συγκεκριμένα του προγράμματος LogoWorlds στην εκμάθηση των βασικών αλγορίθμων και προγραμματισμού για τη βελτίωση της ποιότητας των εκπαιδευτικών αποτελεσμάτων των μαθητών. Από την έρευνα διαπιστώθηκε πως ένα μαθησιακό περιβάλλον βασισμένο στις αρχές του gamification μπορεί να συμβάλει σε βελτιωμένα εκπαιδευτικά αποτελέσματα.

Για τη συνεισφορά της παιχνιδοποίησης στον εκπαιδευτικό χώρο και συγκεκριμένα στην εκμάθηση προγραμματισμού με τη χρήση παιχνιδοποίησης ξεχωρίζουν οι μελέτες των Carlson και Valentin (2020), οι οποίοι εξέτασαν τη χρήση του gamification για εκμάθηση κωδικοποίησης, συνδυαστικά με την παροχή υλικού σε μορφή βιντεοδιάλεξης και με το παραδοσιακό περιβάλλον μάθησης πρόσωπο με πρόσωπο. Αυτό που διαπιστώθηκε είναι πως με τη χρήση της παιχνιδοποίησης οι μαθητές είναι σε θέση όχι μόνο να γεφυρώνουν τις γνώσεις τους μεταξύ των διαφόρων τρόπων μάθησης πιο ομαλά, αλλά παράλληλα κατανοούν ότι υπάρχουν πολλοί τρόποι επίλυσης ενός προβλήματος, οδηγώντας τους να

αναζητήσουν λύσεις με καινοτόμους τρόπους. Στο ίδιο πλαίσιο οι Su et al. (2021) εξετάζοντας σε ένα δείγμα μαθητών μία προσέγγιση παιχνιδοποιημένης μάθησης με τη χρήση ελκυστικών απεικονίσεων αλγορίθμων (οπτικοποιήσεις αλγορίθμων) διαπίστωσαν ότι αποτελεί ένα ευχάριστο και αποτελεσματικό εργαλείο για την εκμάθηση της έννοιας του αλγορίθμου. Επίσης βρήκαν πως οι οπτικοποιήσεις αλγορίθμων βοηθούν τους μαθητές να βρουν αποτελεσματικές λύσεις σε προβλήματα.

Στη μελέτη τους οι Pinto και Terroso (2022) περιέγραψαν την εισαγωγή στοιχείων gamification σε ένα εισαγωγικό μάθημα προγραμματισμού, με κύριο στόχο να παρακινηθούν και να εμπλακούν οι μαθητές στη μαθησιακή διαδικασία, μέσω της εισαγωγής στρατηγικών που βασίζονται στην παιχνιδοποίηση (όπως προκλήσεις, πρόοδος και επίπεδα), καθώς και στρατηγικών όπως η μάθηση βάσει προβλημάτων, που επιδιώκουν να κάνουν τον εκπαιδευτικό προγραμματισμό πιο ελκυστικό για τους μαθητές. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η παιχνιδοποίηση βοήθησε στην επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων, με αύξηση του ενδιαφέροντος, της υποκίνησης και της συμμετοχής των μαθητών.

Οι Antika και Setiawan (2023) ανέπτυξαν ένα μέσο μάθησης που βασίζεται σε ιστότοπο με στοιχεία παιχνιδοποίησης για εκμάθηση αλγορίθμων και προγραμματισμού, στο πλαίσιο του προγράμματος σπουδών εκπαίδευσης μηχανικών πληροφορικής. Το μέσο αυτό, που περιέχει «ζωντανή» κωδικοποίηση, αξιολογήθηκε από ειδικούς και διαπιστώθηκε ότι είναι αρκετά ενδιαφέρον για χρήση στη μαθησιακή διαδικασία, βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν το υλικό, αλλά και πως είναι εύχρηστο, καθιστώντας πιο εύκολη και ενδιαφέρουσα τη διδασκαλία μαθημάτων προγραμματισμού.

Συμπερασματικά λοιπόν η παιχνιδοποίηση στην διδασκαλία της εκμάθησης αλγορίθμων, όχι μόνο έχει ήδη προσφέρει πολλά στο χώρο της εκπαίδευσης αλλά δεδομένου ότι οι έρευνες καταδεικνύουν θετικά κυρίως αποτελέσματα είναι μια μέθοδος πολλά υποσχόμενη για το μέλλον, μέσω της οποίας μπορούν να δημιουργηθούν εργαλεία που θα βοηθήσουν και στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση, αλλά και στην εξατομικευμένη εκπαίδευση των εκπαιδευόμενων όλων των βαθμίδων και όλων των ηλικιών.

Περιορισμοί και προτάσεις

Στους περιορισμούς της παρούσας εργασίας θα πρέπει να αναφερθεί ότι παρά τη θετική συμβολή του gamification στην διδασκαλία και εκμάθηση αλγορίθμων, υποστηρίζεται πως εξακολουθεί να υπάρχει ανάγκη να δοθεί προσοχή στη δημιουργία παιχνιδοποιημένων λύσεων που συνδυάζουν καλύτερα στοιχεία παιχνιδοποίησης προκειμένου να παράγουν μια πραγματικά ουσιαστική μαθησιακή εμπειρία (Cunha & Carvalho, 2022). Εξίσου βασικό είναι να γνωρίζουν οι εκπαιδευτικοί την αξία της παιχνιδοποίησης, αλλά και να έχουν τις απαιτούμενες γνώσεις, ικανότητες και δεξιότητες να επιλέγουν το κατάλληλο μαθησιακό περιβάλλον και να το εφαρμόζουν αποτελεσματικά (Zhan et al., 2022). Επιπλέον, απαιτούνται περαιτέρω έρευνες που να εστιάζουν σε μακροχρόνια χρήση του gamification για τη διδασκαλία αλγορίθμων, σε μεγαλύτερες και πιο διαφοροποιημένες ομάδες μαθητών από την άποψη των δημογραφικών τους στοιχείων (Félix et al., 2020), αλλά και σε ευρύτερα και όχι μόνο γνωστικά οφέλη / ακαδημαϊκές επιδόσεις των μαθητών (Zhan et al., 2022). Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν βιβλιογραφικά μόνο δημοσιεύσεις που αναφέρονταν στη συνεισφορά και στον αντίκτυπο της παιχνιδοποίησης, αλλά υπάρχουν και μελέτες που αναφέρουν προβλήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου, τα οποία θα μπορούσαν να αναλυθούν συνδυαστικά με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας σε μια άλλη εργασία.

Συμπεράσματα

Η συμπερίληψη της παιχνιδοποίησης στις διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης αλγορίθμων υποκινεί τους μαθητές να εμπλακούν πιο ενεργά και με μεγαλύτερη δέσμευση στη μάθηση, να αναπτύξουν νέες δεξιότητες, καθιστώντας τη γνώση πιο αποτελεσματική. Ως εκ τούτου, από την παρούσα εργασία καταδείχθηκε η σημασία, η αξία και η συνεισφορά του

gamification στη διδασκαλία γενικότερα και ειδικότερα στην διδασκαλία της εκμάθησης αλγορίθμων. Ωστόσο, απαιτούνται περαιτέρω μελέτες, ιδίως στα άμεσα εμπλεκόμενα μέρη (εκπαιδευτικοί, μαθητές), προκειμένου να διερευνηθεί το επίπεδο αποτελεσματικής χρήσης της παιχνιδοποίησης στην εκπαίδευση, οι εφαρμογές που χρησιμοποιούνται, τα οφέλη και τα εμπόδια, καθώς και τρόποι ενίσχυσης της χρήσης του gamification στο πεδίο της εκπαίδευσης αλγορίθμων.

Η εξάπλωση της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης είναι αυτή που αναδεικνύει όλο και περισσότερο την αναγκαιότητα της αποτελεσματικής ενσωμάτωσης της παιχνιδοποίησης σε όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης. Οι τεχνικές και οι μηχανισμοί του παιχνιδιού, όπως αναλύθηκαν στην παρούσα εργασία, μπορούν να εφαρμοστούν στη μαθησιακή διαδικασία ως δραστηριότητες που σκοπό τους έχουν την επίτευξη ορισμένων μαθησιακών στόχων, να αυξήσουν τα κίνητρα των μαθητών να τις ολοκληρώσουν και να εμπλέξουν τους μαθητές σε ένα φιλικό ανταγωνιστικό περιβάλλον με άλλους μαθητές.

Η παιχνιδοποίηση όπως αναλύθηκε και στην παρούσα εργασία είναι μια αποτελεσματική προσέγγιση για την πραγματοποίηση θετικών αλλαγών στη συμπεριφορά και τη στάση των μαθητών απέναντι στη μάθηση και μπορούν να βελτιώσουν τα κίνητρα και τη δέσμευση των μαθητών στην μάθηση αλγορίθμων αλλά και λοιπών μαθησιακών πεδίων. Η παιχνιδοποίηση αφορά την εφαρμογή στρατηγικών τυχερών παιχνιδιών για τη βελτίωση της μάθησης και τη διευκόλυνση της συμμετοχής των ατόμων.

Η παιχνιδοποίηση για μάθηση μπορεί να είναι ευεργετική επειδή τα παιχνίδια ενσταλάζουν δια βίου δεξιότητες όπως η επίλυση προβλημάτων, η κριτική σκέψη, η κοινωνική ευαισθητοποίηση, η συνεργασία και η συνεργασία. Τα παιχνίδια επίσης παρακινούν τα άτομα, αυξάνουν το ενδιαφέρον για ορισμένα θέματα, μειώνουν το ποσοστό φθοράς μεταξύ των μαθητών, βελτιώνουν τους βαθμούς και ενισχύουν τις γνωστικές τους ικανότητες.

Φυσικά θα πρέπει να αναφερθεί η σχέση της τεχνητής νοημοσύνης και της παιχνιδοποίησης, ως ένα στοιχείο για μελλοντική έρευνα. Ο συνδυασμός αυτών των δύο προσεγγίσεων μπορεί επίσης να οδηγήσει σε αποτελέσματα μέσω της χρήσης των μηχανισμών της παιχνιδοποίησης για τη βελτίωση της τεχνητής νοημοσύνης. Αντίστροφα όμως, μπορεί και η τεχνητή νοημοσύνη να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη των βέλτιστων πρακτικών παιχνιδιού. Θα μπορούσε να αξιολογήσει τα αποτελέσματα της παιχνιδοποίησης στη μάθηση με βάση την εισαγωγή μαθησιακών αποτελεσμάτων, και να τα χρησιμοποιήσει για τη δημιουργία νέων μεταβλητών για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων του παιχνιδιού από τους χρήστες (μαθητές).

Αναφορές

Ali, E., Kaitlyn, M. C., Hussain, A., & Akhtar, Z. (2018). The effects of play-based learning on early childhood education and development. *Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences*, 7(43), 4682-4685.

Alomari, I., Al-Samarraie, H., & Yousef, R. (2019). The role of gamification techniques in promoting student learning: A review and synthesis. *Journal of Information Technology Education: Research*, 18, 395-417.

Antika, S. W., & Setiawan, A. (2023). Implementation of live coding and gamification as learning media for algorithm and programming subjects. *AIP Conference Proceedings*, 2727(1). <https://doi.org/10.1063/5.0141570>.

Barab, S. A., Gresalfi, M., & Ingram-Goble, A. (2010). Transformational play using games to position person, content, and context. *Educational Researcher*, 39(7), 525-536.

Barghani, Z. S. (2020). The Benefits of Gamification in Learning. *IJARIIIE*, 6(2), 1671-1675.

Begosso, L.R., Begosso, L.C., Cunha, D.S., Pinto, J.V., Lemos, L., & Nunes, M. (2018). The Use of Gamification for Teaching Algorithms. *Conference on Computer Science and Information Systems*, 225-231. doi: 10.15439/2018F165.

Bhagat, V., Haque, M., & Jaalam, K. (2018). Enrich Schematization in Children: Play as The Tool for Cognitive Development. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 8(7), 128-131.

Biro, G. I. (2014). Didactics 2.0: A Pedagogical Analysis Of Gamification Theory From A Comparative Perspective With A Special View To The Components Of Learning. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 141, 148-151.

Boudadi, N. A., & Gutiérrez-Colón, M. (2020). Effect of Gamification on students' motivation and learning achievement in Second Language Acquisition within higher education: a literature review 2011-2019. *The EUROCALL Review*, 28(1), 57-69.

Carlson, K., & Valentin, R. (2020). The Gamification of Code: Programming Through Play in Blended Classrooms. *Scholarship of Teaching and Learning Publications*, 124. doi: 10.4018/978-1-7998-0242-6.ch005.

Cunha, L. de S. B. ., & Carvalho , E. T. de . (2022). Tertiary study on gamification in the teaching of Algorithms and Programming. *Research, Society and Development*, 11(13), e396111335543. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35543>.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining gamification. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 9-11.

Dicheva, D., Dichev C., Agre G., & Angelova G. (2015). Gamification in Education: A Systematic Mapping Study. *Educational Technology & Society*, 18(3), 75-88.

Duggal, K., Gupta, L. R., & Singh, P. (2021). Gamification and Machine Learning Inspired Approach for Classroom Engagement and Learning. *Mathematical Problems in Engineering*, <https://doi.org/10.1155/2021/9922775>.

Edwards, S. (2017). Play-based learning and intentional teaching: Forever different? *Australasian Journal of Early Childhood*, 42, 4-11.

Erkan, S., & Akyol, S. (2017). A study on the views of preschool teachers and teacher candidates about the concepts of learning and participation. *Educational Research and Reviews*, 12(6), 373-379.

Félix, J. M. R., Cabada, R. Z., Estrada, M. L. B., & Vara, J. F. (2020). An Intelligent Learning Environment for Computational Thinking. *Computación y Sistemas*, 24(3), 119-1210. doi: 10.13053/CyS-24-3-3480.

Jawad, H. M., & Tout, S. (2021). Gamifying Computer Science Education for Z Generation. *Information*, 12, 453. <https://doi.org/10.3390/info12110453>.

Kapp, K. (2014). Gamification: Separating Fact From Fiction. *Chief Learning Officer Magazine*, 13(3), 42-46.

Kiryakova, G., Angelova, N., & Yordanova, L. (2014). Gamification in education. <https://www.sun.ac.za/english/learning-teaching/ct/Documents/Gamification%20in%20education.pdf>

Knutas, A., van Roy, R., Hynninen, T., Granato, M., Kasurinen, J., & Ikonen, J. (2017). Profile-Based Algorithm for Personalized Gamification in Computer-Supported Collaborative Learning Environments. https://ceur-ws.org/Vol-1956/GHItaly17_paper_07.pdf

Lee, J. J., & Hammer, J. (2011). Gamification in education: What, how, why bother? *Academic Exchange Quarterly*, 15(2), 146.

Nogueira, T., Campos, E., & Ferreira, D. (2018). Cognition Developing of Computer Higher Education Students Through Gamification in the Algorithm Teaching-Learning Process. *Anais do XXVI Workshop sobre Educação em Computação*. Porto Alegre: SBC. doi:10.5753/wei.2018.3484.

Oncu, E. C., & Unluer, E. (2010). Preschool children's using of play materials creatively. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2, 4457-4461.

Parker, R., & Thomsen, B. S. (2019). *Learning through play at school: A study of playful integrated pedagogies that foster children's holistic skills development in the primary school classroom*. Billund: The LEGO Foundation.

Parker, R., Thomsen, B. S., & Berry, A. (2022). Learning Through Play at School - A Framework for Policy and Practice. *Frontiers in Education*, <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.751801>.

Pinto, M., & Terroso, T. (2022). Learning Computer Programming: A Gamified Approach. *Third International Computer Programming Education Conference (ICPEC 2022)*, 11, 1-8.

Prabawa, H. W., Sutarno, H., Kusnendar, J., & Rahmah, F. (2018). Learning basic programming using CLIS through gamification. *IOP Conference Series: Journal of Physics*, 1013. doi :10.1088/1742-6596/1013/1/012099.

Seaborn, K., & Fels, D. I. (2015). Gamification in theory and action: A survey. *International Journal of Human-Computer Studies*, 74, 14-31.

Soboleva, E. V., Suvorova, T. N., Grinshkun, A. V., & Bocharov, M. I. (2021). Applying gamification in learning the basics of algorithmization and programming to improve the quality of students' educational results. *European Journal of Contemporary Education*, 10(4), 987-1002. [Abstract].

Su, S., Zhang, E., Denny, P., & Giacaman, N. (2021). A Game-Based Approach for Teaching Algorithms and Data Structures using Visualizations. *SIGCSE '21: Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 1128-1134. <https://doi.org/10.1145/3408877.3432520>.

Tundjung Sari, V. (2020). Mobile Learning Design Using Gamification for Teaching and Learning in Algorithms and Programming Language. In: M. Auer & T. Tsiatsos (Eds.), *The Challenges of the Digital Transformation in Education*. ICL 2018. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 916. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11932-4_61.

Urh, M., Vukovic, G., Jereb, E., & Pintar, R. (2015). The model for introduction of gamification into e-learning in higher education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 197, 388-397.

Villegas, C. G., & Agüero, N. L. (2023). The Gamification of E-learning Environments for Learning Programming. *International Journal of Informatics Visualization*, 7(2), 455-462. <http://dx.doi.org/10.30630/joiv.7.2.1602>.

Zhan, Z., He, L., Tong, Y., Liang, X., Guo, S., & Lan, X. (2022). The effectiveness of gamification in programming education: Evidence from a meta-analysis. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100096>.

Zippert, E. L., Eason, S. H., Marshall, S., & Ramani, G. B. (2019). Preschool children's math exploration during play with peers. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 65, 101072.