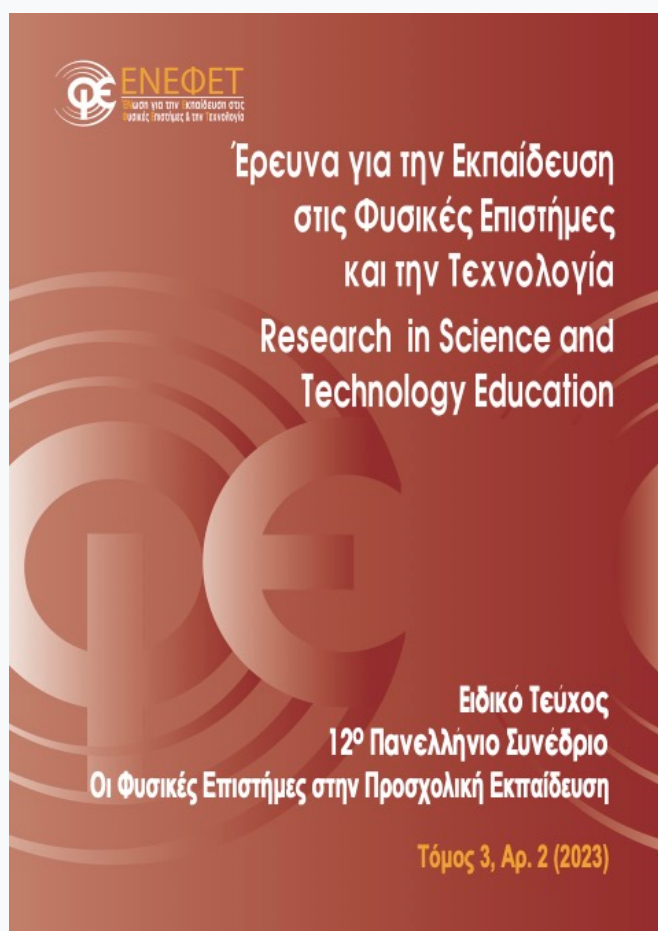


Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία

Τόμ. 3, Αρ. 2 (2023)

12ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση, Ειδικό Τεύχος



Έλεγχος Συσχέτισης της Αλγοριθμικής Σκέψης με την Ηλικία των Μαθητών/τριών Πρώτης Σχολικής Ηλικίας, στα Πλαίσια του Μαθήματος της Μελέτης Περιβάλλοντος

Καλλιόπη Κανάκη, Μιχαήλ Καλογιαννάκης

doi: [10.12681/riste.34477](https://doi.org/10.12681/riste.34477)

Βιβλιογραφική αναφορά:

Κανάκη Κ., & Καλογιαννάκης Μ. (2023). Έλεγχος Συσχέτισης της Αλγοριθμικής Σκέψης με την Ηλικία των Μαθητών/τριών Πρώτης Σχολικής Ηλικίας, στα Πλαίσια του Μαθήματος της Μελέτης Περιβάλλοντος. *Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*, 3(2), 69–98. <https://doi.org/10.12681/riste.34477>

Έλεγχος Συσχέτισης της Αλγοριθμικής Σκέψης με την Ηλικία των Μαθητών/τριών Πρώτης Σχολικής Ηλικίας, στα Πλαίσια του Μαθήματος της Μελέτης Περιβάλλοντος

Καλλιόπη Κανάκη¹ και Μιχαήλ Καλογιαννάκης²

¹Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης

²Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

kalkanaki@uoc.gr

Περίληψη

Στις μέρες μας, η εξάπλωση των νέων τεχνολογιών έχει αλλάξει τον τρόπο που ζούμε, μαθαίνουμε και εργαζόμαστε, γεγονός που καθιστά επιβεβλημένη την καλλιέργεια δεξιοτήτων, όπως αυτών της υπολογιστικής σκέψης, οι οποίες δεν αφορούν μόνο στη μελλοντική επαγγελματική σταδιοδρομία των σημερινών μαθητών/τριών, αλλά επιπλέον είναι εφαρμόσιμες στην καθημερινή ζωή των πολιτών των μοντέρνων κοινωνιών. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα εργαλείο αξιολόγησης βασικών δεξιοτήτων της υπολογιστικής σκέψης μαθητών/τριών πρώτης σχολικής ηλικίας, το οποίο εφαρμόστηκε σε σχετική μελέτη που διεξήχθη στο Ηράκλειο της Κρήτης κατά το σχολικό έτος 2018-2019 σε δείγμα 435 μαθητών/τριών. Ανάμεσα στα άλλα, ελέγχθηκε η συσχέτιση της αλγοριθμικής σκέψης – η οποία είναι θεμελιώδης δεξιοότητα της υπολογιστικής σκέψης – με την ηλικία των μαθητών/τριών της Α' και Β' τάξης του Δημοτικού. Τα αποτελέσματα όχι μόνο επιβεβαίωσαν την υπό εξέταση συσχέτιση, αλλά, επιπλέον, ανέδειξαν ότι η ηλικία αποτελεί προγνωστικό παράγοντα των επιπέδων της αλγοριθμικής σκέψης, προβάλλοντας την ανάγκη δημιουργίας αναπτυξιακά κατάλληλων εκπαιδευτικών πρακτικών καλλιέργειας δεξιοτήτων της υπολογιστικής σκέψης.

Λέξεις κλειδιά: αλγοριθμική σκέψη, αξιολόγηση, μελέτη περιβάλλοντος, πρώτη σχολική ηλικία, υπολογιστική σκέψη

Abstract

Nowadays, the spread of new technologies has changed the way we live, learn, and work, making imperative the need to cultivate skills such as those of computational thinking, which are not only relevant to the future professional careers of today's students but are also applicable to the daily life of citizens of modern societies. This paper presents a tool for assessing computational thinking skills of first school age students, which was applied in a relevant study conducted in Heraklion, Crete, during the 2018-2019 school year employing a sample of 435 students. Among others, the correlation

of algorithmic thinking – which is a fundamental computational thinking skill – with the age of the students in the 1st and 2nd grade of Primary School was examined. The results not only confirmed the association under investigation but also pointed out that age is a predictive factor of algorithmic thinking levels, emphasizing the need to create developmentally appropriate educational practices for cultivating computational thinking skills.

Key words: *algorithmic thinking, assessment, environmental study, early childhood, computational thinking*

Εισαγωγή

Η υπολογιστική σκέψη (ΥΣ) έχει αναγνωριστεί διεθνώς ως ένα θεμελιώδες σύνολο δεξιοτήτων του 21ου αιώνα (Nordby et al., 2022 · Wing, 2011 · Zhang & Nouri, 2019) που είναι εφαρμοσμένες στην καθημερινή ζωή και, παράλληλα, θέτουν τις βάσεις για τη μελλοντική επιτυχημένη επαγγελματική σταδιοδρομία των σημερινών μαθητών/τριών (Wing, 2006, 2011). Παρά το εκτεταμένο ενδιαφέρον που έχει επιδείξει η εκπαιδευτική και επιστημονική κοινότητα για την καλλιέργεια της ΥΣ στα πλαίσια της υποχρεωτικής εκπαίδευσης (Acevedo-Borrega et al., 2022), δεν έχει ακόμα επιτευχθεί συμφωνία όσον αφορά στον σαφή ορισμό της (Zhang & Nouri, 2019) και στην ανάδειξη των δομικών δεξιοτήτων της (Shute et al., 2017). Παρ' όλα αυτά, η ΥΣ έχει ήδη συμπεριληφθεί σε προγράμματα σπουδών πολλών χωρών (Nordby et al., 2022 · Yang et al., 2021), όχι ως ξεχωριστό αντικείμενο μελέτης, αλλά στα πλαίσια της διαθεματικής προσέγγισης άλλων αντικειμένων μάθησης, με έμφαση στα πεδία STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) (Grover, Fisler et al., 2020 · Waterman et al., 2020 · Yang et al., 2021) και ιδιαίτερα στα λεγόμενα «βασικά» πεδία STEM, όπως η Φυσική (Hutchins et al., 2020) και τα Μαθηματικά (Nordby et al., 2022 · Sung et al., 2017).

Η μελέτη της σχετικής ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας αναδεικνύει ότι, μέχρι πρόσφατα, δεν είχε εξεταστεί η καλλιέργεια και αξιολόγηση της ΥΣ στα πλαίσια της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, ενώ μόλις το 2022 εξετάστηκε για πρώτη φορά η ταυτόχρονη καλλιέργεια και αξιολόγηση της ΥΣ και της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα πρώιμης παιδικής ηλικίας (Kanaki & Kalogiannakis, 2022a, 2022b). Ωθούμενοι από την ανάγκη: (α) να διαμορφωθούν περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένες κοινωνίες (Ardoin & Bowers, 2020) και (β) να καλλιεργηθεί η ΥΣ ως βασικό εφόδιο για τη σύγχρονη ψηφιακή ζωή (Malyn-Smith et al., 2018 · Swaid, 2015), επικεντρώσαμε το ερευνητικό μας ενδιαφέρον στην καλλιέργεια της ΥΣ στα πλαίσια του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος στην υποχρεωτική εκπαίδευση. Αναλυτικότερα, θέσαμε ως κύριους στόχους ως προς το γνωστικό αντικείμενο και τη μαθησιακή διαδικασία, την ανάπτυξη περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και την εξάσκηση της ΥΣ.

Δεδομένου ότι η γνωστική ικανότητα των μαθητών/τριών ποικίλλει ανάλογα με την ηλικία τους, οι μέθοδοι, τα περιεχόμενα και οι στρατηγικές μάθησης για τη διδασκαλία και την αξιολόγηση της ΥΣ θα πρέπει να προσαρμοστούν ανάλογα (Hsu et al., 2018). Ερευνώντας

τη σχετική ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία, ανακαλύψαμε ότι μέχρι τώρα, η επίδραση της ηλικίας στην ανάπτυξη δεξιοτήτων της ΥΣ έχει εξεταστεί και επιβεβαιωθεί σε δείγματα μεγάλου ηλικιακού εύρους (Durak & Saritepeci, 2018· Rijke et al., 2018). Όμως, η τεκμηρίωση της επίδρασης της ηλικίας στην ανάπτυξη δεξιοτήτων της ΥΣ σε μεγάλα ηλικιακά εύρη δεν συνεπάγεται αντίστοιχα συμπεράσματα σε μικρά ηλικιακά εύρη, ειδικά όταν αυτά αφορούν στα πρώτα στάδια της σχολικής εκπαίδευσης. Η ανάγκη διερεύνησης της επιρροής της ηλικίας στην ανάπτυξη δεξιοτήτων της ΥΣ στα ευαίσθητα χρόνια της προσχολικής και πρώτης σχολικής εκπαίδευσης σχετίζεται με τον έλεγχο της αναγκαιότητας κατασκευής εργαλείων για την αξιολόγηση και καλλιέργεια δεξιοτήτων της ΥΣ στα πρώτα χρόνια της σχολικής εκπαίδευσης, ή, εναλλακτικά, την αξιοποίηση εργαλείων που έχουν κατασκευαστεί για μαθητές/τριες μεγαλύτερων ηλικιών.

Για τον σκοπό αυτό, διεξήγαμε ερευνητική μελέτη με στόχο τη διερεύνηση των επιπέδων της ΥΣ μαθητών/τριών Α' και Β' τάξης Δημοτικού, στο πλαίσιο της εκμάθησης της περιβαλλοντικής επιστήμης ως κλάδο STEM. Στο άρθρο αυτό, παρουσιάζουμε τμήμα της ευρύτερης έρευνας που διεξήγαμε, που αφορά στην αξιολόγηση της αλγοριθμικής σκέψης (ΑΣ), η οποία αποτελεί δομική δεξιότητα της ΥΣ.

Έτσι, το ερευνητικό ερώτημα που διαμορφώθηκε για τη μελέτη μας ήταν: «Σχετίζεται η ηλικία των μαθητών/τριών Α' και Β' Δημοτικού με τα επίπεδα της ΑΣ τους, όταν αυτή εξασκείται στα πλαίσια του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος;» Για να απαντήσουμε στο ερευνητικό ερώτημα, θέσαμε την υπόθεση ότι: «Η ηλικία των μαθητών/τριών Α' και Β' Δημοτικού δεν σχετίζεται με τα επίπεδα της ΑΣ τους, όταν αυτή εξασκείται στα πλαίσια του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος».

Για τις ανάγκες της έρευνάς μας σχεδιάσαμε και κατασκευάσαμε το ψηφιακό εργαλείο PhysGramming (ακρωνύμιο του Physical Science Programming), το οποίο είναι αναπτυξιακά κατάλληλο για μαθητές/τριες προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας. Ακολουθώντας τις αρχές του εποικοδομητισμού, το PhysGramming παρέχει την ευκαιρία στους/ις μαθητές/τριες να δημιουργήσουν τα δικά τους ψηφιακά παιχνίδια και, στη συνέχεια, να παίξουν με αυτά. Η φιλοσοφία του PhysGramming βασίζεται στην ευρέως διαδεδομένη πεποίθηση ότι η εκμάθηση προγραμματισμού υπολογιστών και η συγγραφή κώδικα κατατάσσονται μεταξύ των πιο αποτελεσματικών μέσων άσκησης βασικών δεξιοτήτων της ΥΣ (Jiang & Li, 2021). Ωστόσο, έχοντας επίγνωση της δυσκολίας χρήσης γλωσσών προγραμματισμού υπολογιστών που απαιτούν συγγραφή κώδικα (Jiang & Li, 2021), ειδικά στα πρώτα στάδια της εκπαίδευσης, το PhysGramming υιοθετεί ένα υβριδικό σχήμα οπτικού και βασισμένου στη συγγραφή κώδικα προγραμματισμού, με έμφαση στην αντικειμενοστρέφεια (Kanakaki & Kalogiannakis, 2018). Ο παιγνιώδης χαρακτήρας του PhysGramming προσελκύει την προσοχή των μαθητών/τριών (Breien & Wasson, 2021· Rushton et al., 2010· Sigman et al., 2014), ενώ ο διεπιστημονικός του χαρακτήρας διευκολύνει την υλοποίηση δραστηριοτήτων καλλιέργειας της ΥΣ στα πλαίσια του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος (Kanakaki & Kalogiannakis, 2022a, 2022b).

Η σχετική ερευνητική μελέτη πραγματοποιήθηκε στην πόλη του Ηρακλείου της Κρήτης το σχολικό έτος 2018 – 2019, εφαρμόζοντας ένα ισχυρό δεοντολογικό πρωτόκολλο (Cohen et al., 2007· Petousi & Sifaki, 2020) και υιοθετώντας την ποσοτική μεθοδολογία έρευνας. Η ερευνητική διαδικασία διήρκεσε έξι μήνες, από τον Ιανουάριο έως τον Ιούνιο του 2019. Κάθε παρέμβαση διήρκεσε δύο διδακτικές ώρες, ενώ το μέρος των παρεμβάσεων που αφορούσαν στον στόχο που συζητείται σε αυτό το άρθρο διήρκεσε μισή ώρα. Στην ερευνητική διαδικασία συμμετείχαν 435 μαθητές/τριες της Α' και Β' τάξης Δημοτικού.

Όσον αφορά στις μεθόδους ανάλυσης των ερευνητικών δεδομένων, εφαρμόσαμε chi-square test, υπολογίσαμε την τιμή p και τον λόγο πιθανοτήτων. Επίσης, χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο τακτικής λογιστικής παλινδρόμησης για να μοντελοποιήσουμε τη σχέση μεταξύ των υπό διερεύνηση μεταβλητών, καθώς και τη μέθοδο μηχανικής μάθησης (Nafea, 2008) για να προβλέψουμε τα επίπεδα ΑΣ παρόμοιων πληθυσμών.

Η απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα συμβάλλει στην αξιολόγηση της ΑΣ στα πρώτα χρόνια της υποχρεωτικής εκπαίδευσης στο πλαίσιο μαθημάτων STEM, μέσω αναπτυξιακά κατάλληλων εργαλείων. Επιπλέον, υποστηρίζει την ευρύτερη προοπτική καλλιέργειας της ΥΣ ως μια καθολικά εφαρμόσιμη στάση και δεξιότητα (Wing, 2006, 2011), η οποία δεν περιορίζεται στην εκμάθηση του προγραμματισμού υπολογιστών και τη μελέτη της επιστήμης των υπολογιστών (Nafea, 2008), αλλά δίνει έμφαση στην ανάπτυξη δεξιοτήτων προσέγγισης και αναζήτησης λύσεων σε διάφορα προβλήματα με τρόπο που θα έκανε ένας επιστήμονας υπολογιστών (Grizioti & Kynigos, 2021· Wing, 2006).

Θεωρητικό πλαίσιο

Την τελευταία δεκαετία, η αναγνωρισμένη σημασία της καλλιέργειας της ΥΣ στην υποχρεωτική εκπαίδευση άνοιξε τον δρόμο για την ταχεία ανάπτυξη σχετικών εκπαιδευτικών εφαρμογών και δραστηριοτήτων (Li et al., 2020). Ωστόσο, το θέμα της αξιολόγησης της ΥΣ παραμένει ανοιχτό ως ερευνητική πρόκληση, απαιτώντας την προσοχή εκπαιδευτικών, ερευνητών/τριών και υπεύθυνων χάραξης εκπαιδευτικής πολιτικής (Grover, 2017· Poulakis & Politis, 2021· Tang et al., 2020). Στα πλαίσια αυτά, κατασκευάσαμε ένα διαθεματικό εργαλείο αξιολόγησης της ΥΣ, βασισμένο στην παιχνιδοκεντρική μάθηση, του οποίου ο βασικός πυλώνας είναι το Phys-Gramming. Το PhysGramming εστιάζει στην αξιολόγηση βασικών δεξιοτήτων της ΥΣ — όπως η ΑΣ — στην πρώτη σχολική ηλικία, ενώ παράλληλα φέρνει τους/ις μαθητές/τριες σε επαφή με αρχές και έννοιες του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού, χωρίς όμως να γίνεται κάποια άμεση αναφορά σε αυτές (Kanaki & Kalogiannakis, 2018).

Το μάθημα της Μελέτης του Περιβάλλοντος

Στην Ελλάδα, το μάθημα της Μελέτης του Περιβάλλοντος στην Α' και Β' Δημοτικού έχει διεπιστημονικό χαρακτήρα, καθώς αποτελεί ένα ολοκληρωμένο πεδίο μάθησης, όπου συνδυάζονται δομικά στοιχεία ανθρωπιστικών, κοινωνικών και φυσικών επιστημών. Κύριος σκοπός του είναι να βοηθήσει τους/ις μαθητές/τριες, μέσω της συλλογικής εξερεύνησης, να

αποκτήσουν ουσιαστικό εννοιολογικό υπόβαθρο σε διάφορους τομείς της επιστήμης, καθώς και να έρθουν σε επαφή με ένα πολύτιμο σύνολο πληροφοριών, που τελικά θα μετατραπεί σε ουσιαστική γνώση. Το περιεχόμενο του μαθήματος οργανώνεται σε θεματικές ενότητες που σχετίζονται με τη σύγχρονη ζωή. Έτσι, από τη φύση του, το μάθημα συνδέεται με την κοινότητα και τη ζωή σε αυτήν, υποστηρίζοντας την αυθεντική μάθηση, μέσω πολλών θεμάτων όπως: η κοινωνική οργάνωση, το άτομο και οι ανάγκες του, το περιβάλλον και η αλληλεξάρτηση με τις ζωές των ανθρώπων, δικαιώματα και υποχρεώσεις των μελών της κοινότητας, του δήμου και των γεωγραφικών περιοχών της Ελλάδας. Εξετάζει, μεταξύ άλλων, ενότητες από τη Φυσική (ενέργεια, ήχος κ.λπ.), ζητήματα που αφορούν στο διάστημα, στο φυσικό περιβάλλον, στα οικοσυστήματα και την προστασία τους, στον χρόνο στην καθημερινή ζωή, στην οικονομία και τη σχέση της με την οργάνωση των κοινωνιών, στη ζωή και τις ανάγκες των ανθρώπων, στην επικοινωνία και την ενημέρωση, στον πολιτισμό των Ελλήνων και άλλων λαών (Καλογιαννάκης κ.ά., 2021).

Υπολογιστική Σκέψη

Από τη στιγμή που η Wing εισήγαγε τον όρο της ΥΣ όπως τον γνωρίζουμε σήμερα (Wing, 2006), παρακολουθούμε ένα συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον προώθησης της εισαγωγής της στην υποχρεωτική εκπαίδευση, ως βασικό στοιχείο της επιστήμης των υπολογιστών. Επιπλέον, όμως, επιδιώκεται η συστηματική αξιοποίησή της σε πληθώρα άλλων επιστημονικών κλάδων, γεγονός που αναδεικνύει τη διεπιστημονική της αξία (Lodi & Martini, 2021). Παρά την ασάφεια που περιβάλλει τον ορισμό του όρου της ΥΣ, τον προσδιορισμό των συστατικών της στοιχείων και την αξιολόγησή της, αρκετές χώρες έχουν ήδη προχωρήσει στη διαμόρφωση πλαισίων που θα διευκολύνουν τη συστηματική καλλιέργειά της στα σχολεία, ξεκινώντας από το Νηπιαγωγείο (Bers et al., 2019 · Lodi & Martini, 2021 · Saqr et al., 2021).

Παραδοσιακά, η προσχολική εκπαίδευση θέτει τα θεμέλια για την καλλιέργεια της ανάγνωσης, της γραφής και των μαθηματικών. Στις μέρες μας, οι ανανεωμένες απαιτήσεις του σύγχρονου κόσμου εισάγουν τη σημασία της καλλιέργειας της ΥΣ από τα πρώτα κιόλας στάδια της υποχρεωτικής εκπαίδευσης (Sanford & Naidu, 2016). Όμως, η ανάπτυξη της ΥΣ δεν συντελείται ενστικτωδώς. Αντιθέτως, απαιτεί συστηματική και αναπτυξιακά κατάλληλη εκπαιδευτική στρατηγική και καθοδήγηση. Το ζητούμενο είναι να δημιουργηθούν εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που θα διευκολύνουν τα παιδιά να αισθάνονται εξίσου άνετα με την εξάσκηση βασικών δεξιοτήτων της ΥΣ, όπως και με άλλα θεμελιώδη πεδία της προσχολικής και πρώτης σχολικής εκπαίδευσης (Kanaki et al., 2020 · Sanford & Naidu, 2016).

Υπολογιστική Σκέψη και Προγραμματισμός Υπολογιστών. Εφόσον η ΥΣ βασίζεται σε θεμελιώδεις έννοιες της επιστήμης των υπολογιστών (Wing, 2006), είναι αναμφίβολο ότι ο προγραμματισμός υπολογιστών εξασκεί δεξιότητες της ΥΣ (Jiang & Li, 2021 · Lye & Koh, 2014). Ωστόσο, η καλλιέργεια δεξιοτήτων της ΥΣ δεν περιορίζεται σε εκπαιδευτικά πλαίσια προγραμματισμού υπολογιστών. Στην πραγματικότητα, μπορεί να επιτευχθεί μέσω πληθώρας δραστηριοτήτων άσχετων με τον προγραμματισμό υπολογιστών (Lye & Koh, 2014; Wing,

2008). Με άλλα λόγια, το γεγονός ότι οι δεξιότητες της ΥΣ είναι απαραίτητες για τη συγγραφή κώδικα, δεν σημαίνει ότι δεν είναι αξιοποιήσιμες και σε άλλους τομείς. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η ΥΣ είναι ευρύτερης εμβέλειας από τον προγραμματισμό υπολογιστών (Román-González et al., 2019). Ξεπερνώντας τα στενά όρια της εκμάθησης προγραμματισμού υπολογιστών, η καλλιέργεια της ΥΣ συνεπάγεται την ανάπτυξη δεξιοτήτων όπως η εννοιολογική σκέψη και η επίλυση προβλημάτων σε πολλαπλά επίπεδα αφαίρεσης (Wing, 2006).

Το ξεπέρασμα των στενών ορίων εκμάθησης προγραμματισμού υπολογιστών και η δημιουργία ενός διεπιστημονικού πλαισίου για την καθιέρωση της ΥΣ στην υποχρεωτική εκπαίδευση υποστηρίζει: (α) την κατανόηση πολύπλοκων συστημάτων, (β) την αξιοποίηση καινοτόμων υπολογιστικών αναπαραστάσεων, (γ) τον προσανατολισμό στην εκμετάλλευση υπολογιστικών πόρων και ισχύος, (δ) τη συμμετοχή σε συλλογικές δράσεις νοσηματοδότησης των δεδομένων και (ε) την κατανόηση πιθανών συνεπειών διαφόρων ενεργειών (Malyn-Smith et al., 2018).

Υπολογιστική σκέψη στην Περιβαλλοντική Επιστήμη. Οι υπεύθυνοι/ες χάραξης εκπαιδευτικής πολιτικής αντιμετωπίζουν την ΥΣ ως κλάδο STEM και προτείνουν την υιοθέτηση διεπιστημονικών πρακτικών που προάγουν την ενσωμάτωσή της σε «παραδοσιακά» STEM πεδία. Η προσέγγιση αυτή ενθαρρύνεται σε όλα τα στάδια της υποχρεωτικής εκπαίδευσης με στόχο την καλλιέργεια γνώσεων και δεξιοτήτων που σχετίζονται με την ΥΣ (Grover, Fisler et al., 2020). Μάλιστα, το γεγονός ότι η ΥΣ έχει συμπεριληφθεί στα Επιστημονικά Πρότυπα Επόμενης Γενιάς (NGSS Lead States, 2023) έδωσε προστιθέμενη αξία σε σχετικές προσπάθειες.

Στην υποχρεωτική εκπαίδευση δεν έχει ακόμα σχεδιαστεί και προταθεί εκπαιδευτικό πλαίσιο της από κοινού καλλιέργειας και αξιολόγησης της ΥΣ και της περιβαλλοντικής επιστήμης. Ωστόσο, υπάρχουν καταγεγραμμένες αρκετές προσπάθειες που δεν αφορούν στην εκπαίδευση, αλλά στην εφαρμογή της ΥΣ στην περιβαλλοντική επιστήμη. Για παράδειγμα, η ΥΣ υποστηρίζει την κατασκευή στρατηγικών διαχείρισης νερού, ανάλογα με τη χρήση νερού και τις ανάγκες κάθε κοινότητας (Malyn-Smith et al., 2018).

Αλγοριθμική Σκέψη. Ένας αλγόριθμος αποτελεί την προσέγγιση επίλυσης ενός προβλήματος και αποτελείται από έναν πεπερασμένο αριθμό καλά ορισμένων και διατεταγμένων βημάτων που μπορούν να εκτελεστούν σε πεπερασμένο χρόνο. Η ΑΣ είναι η ικανότητα ενός ατόμου να κατασκευάζει νέους αλγόριθμους με στόχο την επίλυση ενός δεδομένου προβλήματος (Futschek, 2006). Σχετίζεται άρρηκτα με την ικανότητα αφαίρεσης, η οποία είναι θεμελιώδης δεξιότητα της ΥΣ (Wing, 2006, 2011).

Η ΑΣ αποτελεί βασικό άξονα της επιστήμης των υπολογιστών. Επιπλέον, είναι εφαρμόσιμη στην καθημερινή ζωή (Figueiredo et al., 2021), παρέχοντας μια στέρεη βάση για την κατανόηση του τρόπου επίτευξης στόχων (Vujčić et al., 2021). Η εξέταση καθημερινών ζητημάτων μέσα από το πρίσμα της αλγοριθμικής τους αντιμετώπισης και η υλοποίηση διαφόρων βασικών δραστηριοτήτων ακολουθώντας απλά και καλά ορισμένα βήματα αποτελούν σημαντικό προσόν των παραγωγικών μελών των σύγχρονων κοινωνιών (Labusch et al., 2019).

Με βάση τα παραπάνω, αντιλαμβανόμαστε τη σημασία της καλλιέργειας της ΑΣ και της ανάπτυξης δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων ακόμη και από την πρώιμη παιδική ηλικία με στόχο την ενδυνάμωση της ΥΣ και την προώθηση θετικών στάσεων απέναντι στα τεχνικά επαγγέλματα (Tengler et al., 2021).

Αξιολόγηση Αλγοριθμικής Σκέψης. Τα τελευταία χρόνια, έχουν καθιερωθεί διαγωνισμοί αξιολόγησης δεξιοτήτων της ΥΣ σε όλο τον κόσμο για μαθητές/τριες όλων των σταδίων της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις, υλοποιούνται μέσω υπολογιστή, έτσι ώστε να δοκιμαστούν, μεταξύ άλλων, οι δεξιότητες προγραμματισμού υπολογιστών των μαθητών/τριών.

Παράδειγμα τέτοιου διαγωνισμού είναι το Bebras (Dagienė & Futschek, 2008), που ξεκίνησε στη Λιθουανία το 2003 και σταδιακά υιοθετήθηκε από πολλές ευρωπαϊκές χώρες, συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας. Το Bebras στοχεύει στην προώθηση του ενδιαφέροντος και στην αριστεία των μαθητών/τριών υποχρεωτικής εκπαίδευσης σε όλο τον κόσμο στον τομέα της επιστήμης των υπολογιστών, από την οπτική της ΥΣ (Dagienė & Futschek, 2008). Κάθε χρόνο, ο διαγωνισμός εισάγει νέα τεστ που σχετίζονται με προβλήματα «πραγματικής ζωής» που, προκειμένου να επιλυθούν, απαιτούν από τους/ις μαθητές/τριες να εξασκήσουν δεξιότητες της ΥΣ (Román-González et al., 2019). Προκλήσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη σε τέτοιους διαγωνισμούς είναι τα διαφορετικά επίπεδα εξοικείωσης των μαθητών/τριών με την ψηφιακή τεχνολογία, καθώς και η ικανότητα των σχολείων να υποστηρίξουν τη μαζική συμμετοχή των μαθητών/τριών, παρέχοντας υπολογιστή σε κάθε μαθητή/τρια και διασφαλίζοντας την αποτελεσματική επίβλεψη της διαδικασίας από τους/ις εκπαιδευτικούς (Burton, 2010). Μια πρόσθετη απαίτηση είναι η ανεξαρτησία επίλυσης των τεστ από το υλικό και το λογισμικό των υπολογιστών, καθώς και από τις γλώσσες προγραμματισμού υπολογιστών (Dagienė & Futschek, 2008).

Υπάρχουν, επίσης, διαγωνισμοί έντυπης μορφής, με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής ή σωστού/λάθους, που απαντώνται γρήγορα, είναι διαβαθμισμένης δυσκολίας και δεν απαιτούν προηγούμενες γνώσεις. Έχουν σχεδιαστεί ώστε να είναι εύκολα υλοποιήσιμοι και διαχειρίσιμοι από εκπαιδευτικούς και σχολεία, ακόμη και όταν η συμμετοχή των μαθητών/τριών είναι μαζική. Ένα ζήτημα που χρήζει αντιμετώπισης σε τέτοιους διαγωνισμούς είναι ότι, δεδομένου ότι επικεντρώνονται στους αλγορίθμους και στην εξάσκηση της ΑΣ, δεν είναι εύκολο να βρεθούν ερωτήσεις που να είναι αλγοριθμικής φύσης και να μην απαιτούν προηγούμενη γνώση προγραμματισμού υπολογιστών (Burton, 2010; Merry et al., 2008).

Η μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας οδηγεί στον εντοπισμό επιπλέον ερευνητικών προσεγγίσεων σχετικά με την αξιολόγηση βασικών δεξιοτήτων της ΥΣ, όπως η ΑΣ. Εξετάζοντας τις μεθόδους και τα εργαλεία που προτείνονται, παρατηρούμε ότι η ρομποτική, το παιχνίδι, τα περιβάλλοντα προγραμματισμού υπολογιστών και η αλγοριθμική υλοποίηση καθημερινών δραστηριοτήτων ξεχωρίζουν ως τα πιο διαδεδομένα (Asbell-Clarke et al., 2021 · Chen et al., 2017 · Grover, 2017 · Rowe et al., 2021 · Werner et al., 2015).

Ένα εργαλείο αξιολόγησης της ΥΣ που έχει προταθεί ως αναπτυξιακά κατάλληλο για μαθητές/τριες της Ε' τάξης του Δημοτικού, περιλαμβάνει δοκιμασίες που ταξινομούνται σε δύο τύπους: ρομποτική και υλοποίηση καθημερινών δραστηριοτήτων. Το εργαλείο έχει ήδη εφαρμοστεί σε ένα Δημοτικό σχολείο των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής στα πλαίσια ενός νέου προγράμματος σπουδών που εισάγει την ανθρωποειδή ρομποτική στην Ε' τάξη. Σχετική ερευνητική μελέτη που διεξήχθη δείχνει ότι το προτεινόμενο εργαλείο θα μπορούσε να αξιολογήσει την ανάπτυξη ενός συνόλου δεξιοτήτων της ΥΣ, με την ΑΣ να είναι μία από αυτές (Chen et al., 2017).

Το Fairy Assessment προτείνει τη χρήση του Alice από μαθητές/τριες Γυμνασίου, οι οποίοι/ες καλούνται να κωδικοποιήσουν μέρη ενός ήδη σχεδιασμένου αλγορίθμου. Ο στόχος είναι να ολοκληρωθούν συγκεκριμένες εργασίες, προκειμένου να αναδειχθούν τα επίπεδα ΑΣ των μαθητών/τριών, η αφαιρετική τους ικανότητα και οι γνώσεις τους στον προγραμματισμό υπολογιστών (Werner et al., 2015).

Το FACT (ακρωνύμιο του Foundations for Advancing Computational Thinking) προτείνεται για μαθητές/τριες Γυμνασίου και βασίζεται στη χρήση του περιβάλλοντος προγραμματισμού Scratch. Μετρά, μεταξύ άλλων, την ανάπτυξη των δεξιοτήτων ΑΣ και την αποτύπωση αυτών των δεξιοτήτων στην κατασκευή προγραμμάτων. Επιπλέον, εστιάζει σε μη γνωστικές πτυχές, όπως οι πεποιθήσεις και οι αντιλήψεις των μαθητών/τριών για την Πληροφορική γενικότερα και τον προγραμματισμό υπολογιστών ειδικότερα (Grover, 2017).

Το παιχνίδι Zoombinis προτείνεται ως μια νέα μορφή αξιολόγησης δεξιοτήτων της ΥΣ, όπως η αποσύνθεση προβλημάτων, η αναγνώριση προτύπων, η αφαίρεση και ο σχεδιασμός αλγορίθμων (Asbell-Clarke et al., 2021). Περιέχει δώδεκα παζλ, το καθένα με τέσσερα επίπεδα διαβαθμισμένης δυσκολίας, που επιτρέπουν στους μαθητές/τριες (ηλικίας οκτώ και άνω) να ασκήσουν τις ικανότητές τους στην επίλυση προβλημάτων, καθώς και βασικές δεξιότητες της ΥΣ (Rowe et al., 2021).

Παιχνιδοκεντρική μάθηση

Ερευνητικές μελέτες της νευροεπιστήμης έχουν αναδείξει το παιχνίδι ως την πιο αναπτυξιακά κατάλληλη εκπαιδευτική πρακτική στην προσχολική εκπαίδευση (Rushton et al., 2010 · Sigman et al., 2014). Οι δραστηριότητες που βασίζονται στο παιχνίδι εξάπτουν το ενδιαφέρον των μικρών παιδιών, διατηρούν την προσοχή και τη συμμετοχή τους στις μαθησιακές διαδικασίες, πυροδοτούν την ανατροφοδότηση και διευκολύνουν την καλλιέργεια και την εδραίωση δεξιοτήτων (Breien & Wasson, 2021 · Kalogiannakis et al., 2021 · Rushton et al., 2010 · Sigman et al., 2014).

Επιπλέον, στη σύγχρονη εποχή της τεχνολογίας και των επικοινωνιών, οι μαθησιακές ανάγκες και απαιτήσεις της γενιάς των ψηφιακών ιθαγενών δεν ικανοποιούνται από το παραδοσιακό δασκαλοκεντρικό μοντέλο μάθησης. Οι σημερινοί/ές μαθητές/τριες δεν αρέσκονται στις εκπαιδευτικές διαλέξεις. Αντίθετα, έχουν ανάγκη από την καθιέρωση εναλλακτικών μοντέλων μάθησης, η υιοθέτηση των οποίων, όμως, εξελίσσεται με αργούς ρυθμούς (Misra et al., 2022).

Όσον αφορά στην ΑΣ, ερευνητικές μελέτες αποκαλύπτουν ότι η πλειοψηφία των μαθητών/τριών δεν είναι σε θέση να την εξασκήσει αποτελεσματικά σε παραδοσιακά περιβάλλοντα μάθησης (Kiss & Arki, 2017). Αντίθετα, η κατασκευή ψηφιακών παιχνιδιών επηρεάζει θετικά τα μαθησιακά κίνητρα και την εμπλοκή των μαθητών/τριών στην εκπαιδευτική διαδικασία, καταλήγοντας στη βελτίωση των μαθησιακών επιτευγμάτων (Kiss & Arki, 2017).

Παζλ. Από την αρχαιότητα, οι άνθρωποι αντλούν ευχαρίστηση από την ανακατασκευή μιας κατακερματισμένης εικόνας (Gallagher, 2012 · Huroyan et al., 2020). Εκτός από τη διασκεδαστική της πτυχή, αυτή η δραστηριότητα βρίσκει εφαρμογή σε πολλές εκφάνσεις της καθημερινής ζωής (Doherty et al., 2021 · Huroyan et al., 2020). Επιπλέον, σχετίζεται με πολλά επιστημονικά πεδία και επαγγελματικούς τομείς, όπως η βιολογία, η αρχαιολογία, η επεξεργασία εικόνας (Paikin & Tal, 2015 · Pomeranz et al., 2011) και οι επικοινωνίες (Zhao et al., 2007).

Το θέμα της μελέτης των παζλ και της διερεύνησης των πιθανών αλγοριθμικών λύσεων που συνδέονται με την επίλυσή τους έχει ήδη γίνει αντικείμενο αρκετών ερευνητικών προσπαθειών (Gallagher, 2012 · Paikin & Tal, 2015) επιστημόνων υπολογιστών, μαθηματικών, μηχανικών (Huroyan et al., 2020) και άλλων επιστημόνων. Η ενασχόληση ερευνητών και επιστημόνων με την εξερεύνηση αλγορίθμων για την επίλυση παζλ, διαμορφώνει πρόσφορο έδαφος για την άποψη ότι η ΑΣ αποτελεί προϋπόθεση για την επίλυση παζλ. Σε αυτό το πλαίσιο, η ικανότητα επίλυσης παζλ θα μπορούσε να αποτελέσει κριτήριο για την αξιολόγηση της ΑΣ.

Εργαλεία και Μέθοδοι

Η έλλειψη συμφωνίας όσον αφορά στον ξεκάθαρο ορισμό της ΥΣ και στην ανάδειξη των συστατικών της στοιχείων καθιστά την ανάπτυξη εργαλείων μέτρησης των δεξιοτήτων της ένα δύσκολο εγχείρημα (del Olmo-Muñoz et al., 2020). Από την άλλη πλευρά, οι ειδικοί συμφωνούν ότι η χρήση περιβαλλόντων προγραμματισμού υπολογιστών παιγνιώδους χαρακτήρα ενισχύει τις δεξιότητες της ΥΣ (Tengler et al., 2021).

Δεδομένου ότι η καινοτόμος ιδέα μας να εισάγουμε τον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό στην πρώτη σχολική εκπαίδευση δεν μπορούσε να εξυπηρετηθεί από τα υπάρχοντα εργαλεία αξιολόγησης, σχεδιάσαμε και κατασκευάσαμε το PhysGrammar (Kanaki & Kalogiannakis, 2018), το οποίο όχι μόνο υιοθετεί τη διεπιστημονικότητα, αλλά επίσης υποστηρίζει ότι η πρώτη επαφή με τον προγραμματισμό υπολογιστών είναι καλύτερα να επιχειρείται μέσω της αντικειμενοστρέφειας (Ferrari et al. 2016 · Janke et al., 2015 · Kanaki & Kalogiannakis, 2018).

PhysGrammar

Κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση του PhysGrammar, δώσαμε προσοχή στη δημιουργία μίας ψηφιακής πλατφόρμας αναπτυξιακά κατάλληλης για παιδιά τεσσάρων έως οκτώ ετών, η μεγάλη πλειοψηφία των οποίων είναι αρχάριοι χρήστες της ψηφιακής τεχνολογίας (Kanaki & Kalogiannakis, 2018 · Kanaki & Kalogiannakis, 2022a, 2022b).

Το PhysGramming είναι συμβατό με δημοφιλή λειτουργικά συστήματα (Windows, Ubuntu, Android, κ.λπ.) και λειτουργεί όχι μόνο σε προσωπικούς υπολογιστές αλλά και σε έξυπνες φορητές συσκευές, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αξιοποίησης της φορητής μάθησης στην υποχρεωτική εκπαίδευση (Criollo-C et al., 2021 · Kanaki et al., 2022).

Για να περιγράψουμε καλύτερα τη λειτουργικότητα του PhysGramming και να διεισδύσουμε στη φιλοσοφία του προτεινόμενου εργαλείου αξιολόγησης, θα χρησιμοποιήσουμε τη θεματική ενότητα του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος στα πλαίσια του οποίου πραγματοποιήθηκε η παρούσα μελέτη, δηλαδή τις διατροφικές συνήθειες των ζώων.

Αφού οι μαθητές/τριες ενημερωθούν για το θέμα του μαθήματος, επιλέγουν τα αντικείμενα – βιοτικά ή άβιοτικά – με τα οποία θα ασχοληθούν, ζωγραφίζοντας, φωτογραφίζοντας ή απλά επιλέγοντας τις σχετικές εικόνες από τη δεξαμενή εικόνων του PhysGramming. Οι επιλεγμένες οντότητες παρουσιάζονται σε γραμμές εντολών, στις οποίες οι μαθητές/τριες πρέπει να καταγράψουν το όνομα κάθε οντότητας (Εικόνα 1).

Εικόνα 1: Ανάθεση τιμών στο χαρακτηριστικό «ΟΝΟΜΑ»

Image	. ΟΝΟΜΑ =	Input Field
	. ΟΝΟΜΑ =	ΧΙΜΠΑΤΖΗΣ
	. ΟΝΟΜΑ =	ΚΡΟΚΟΔΕΙΛΟΣ
	. ΟΝΟΜΑ =	ΕΛΕΦΑΝΤΑΣ
	. ΟΝΟΜΑ =	

Interface elements: OK (green checkmark), ΕΞΟΔΟΣ (red X), ΒΟΗΘΕΙΑ (cat icon), ΕΠΙΛΟΓΗ (plus icon), ΖΩΓΡΑΦΙΚΗ (camera icon), ΕΠΟΜΕΝΟ (arrow icon).

Στη συνέχεια, οι μαθητές/τριες καλούνται να προσδιορίσουν την τιμή του υπό διερεύνηση χαρακτηριστικού, το οποίο, στην περίπτωση μας, είναι οι διατροφικές συνήθειες των ζώων (Εικόνα 2). Αφού ολοκληρωθεί και αυτό το βήμα, το PhysGramming έχει όλες τις πληροφορίες που απαιτούνται για την αυτόματη κατασκευή ψηφιακών παιχνιδιών, τα οποία είναι μοναδικά, όπως μοναδικές είναι και οι ζωγραφίες και οι φωτογραφίες των μαθητών/τριών. Σε αυτό το άρθρο, δεν θα παρουσιάσουμε όλα τα παιχνίδια που δημιουργεί το PhysGramming, παρά μόνο τα παζλ.

Εικόνα 2: Ανάθεση τιμών στο χαρακτηριστικό «ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΣΥΝΗΘΕΙΕΣ»



Το PhysGramming κατασκευάζει παζλ τεσσάρων, έξι, εννέα και δώδεκα κομματιών (Εικόνες 3–6). Κάθε παζλ είναι ένας πίνακας από τυχαία τοποθετημένα κομμάτια μιας εικόνας, με το κάτω δεξί κελί να είναι αρχικά κενό. Προκειμένου να διευκολύνουμε τις προσπάθειες επίλυσης των μαθητών/τριών, παρέχουμε μια εικόνα-οδηγό που τοποθετείται πάνω από κάθε παζλ.

Εικόνα 3: Παζλ τεσσάρων κομματιών



Εικόνα 4: Παζλ σκύλου έξι κομματιών



Εικόνα 5: Παζλ εννέα κομματιών



Εικόνα 6: Παζλ δώδεκα κομματιών



Η δυσκολία επίλυσης των παζλ είναι ανάλογη με τον αριθμό των κομματιών τους. Οι μαθητές/τριες πρέπει να ανασυνθέσουν την εικόνα του παζλ αναδιατάσσοντας τα κομμάτια του. Ωστόσο, δεν μπορούν να μετακινήσουν όλα τα κομμάτια, παρά μόνο εκείνα που βρίσκονται δίπλα στο κενό κελί και μπορούν να μετακινηθούν οριζόντια, κάθετα ή διαγώνια (Kanakaki & Kalogiannakis, 2018). Επομένως, η επίλυση ενός παζλ τεσσάρων κομματιών (Εικόνα 3) είναι αρκετά εύκολη, αφού δεν υπάρχει περιορισμός στη μετακίνηση των κομματιών του. Αντίθετα, σε όλες τις άλλες περιπτώσεις (Εικόνες 4-6), τα κομμάτια που μπορούν να μετακινηθούν είναι μόνο αυτά που βρίσκονται δίπλα στο κενό κελί. Όλα τα άλλα κομμάτια δεν μπορούν να μετακινηθούν, μέχρις ότου ένα από τα διπλανά κελιά αδειάσει.

Η τυχαία αναδιάταξη των κομματιών ενός παζλ δεν διευκολύνει την επίλυσή του, εκτός ίσως από την περίπτωση των παζλ με τέσσερα κομμάτια. Σε κάθε άλλη περίπτωση, η επίλυση ενός παζλ απαιτεί να καταστρωθεί σχέδιο λύσης. Τα επίπεδα των δεξιοτήτων ΑΣ καθορίζονται από τον αριθμό των κομματιών του πιο δύσκολου παζλ που κάθε μαθητής/τρια καταφέρει να λύσει, θεωρώντας ότι όσο περισσότερα είναι τα κομμάτια του παζλ, τόσο πιο δύσκολη γίνεται η επίλυσή του, απαιτώντας υψηλότερα επίπεδα ΑΣ (Πίνακας 1).

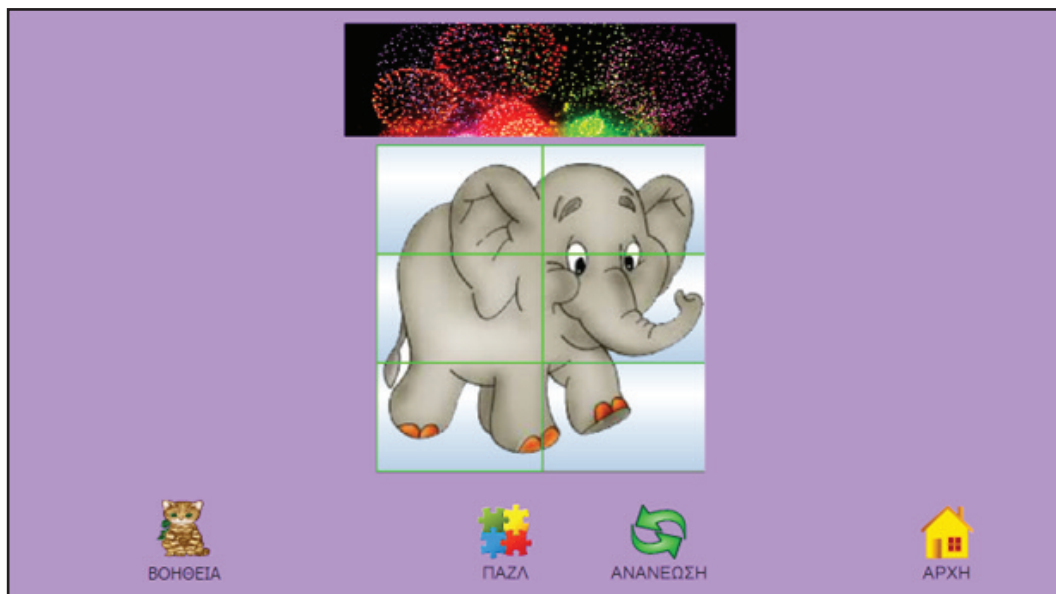
Πίνακας 1: Επίπεδα ΑΣ

Επίπεδα ΑΣ	Το πιο δύσκολο παζλ που επιλύθηκε
Άριστο	Δώδεκα κομματιών
Ικανοποιητικό	Εννέα κομματιών
Μέτριο	Έξι κομματιών
Βασικό	Τεσσάρων κομματιών

Τα προτεινόμενα επίπεδα ΑΣ βασίζονται στην κλίμακα αξιολόγησης που χρησιμοποιείται στα ελληνικά Δημοτικά σχολεία, από την Γ' έως την ΣΤ' τάξη, δεδομένου ότι για τους/ις μαθητές/τριες της Α' και Β' τάξης χρησιμοποιείται μόνο περιγραφική αξιολόγηση. Η προτεινόμενη διαφοροποίηση των επιπέδων ΑΣ είναι σύμφωνη με σχετικές ερευνητικές προσεγγίσεις που τεκμηριώνονται στη βιβλιογραφία, όπως η μελέτη των Chongo et al. (2020) που προτείνει επίσης τέσσερα επίπεδα δεξιοτήτων της ΥΣ.

Ένας/μία μαθητής/τρια κατατάσσεται σε ένα από τα προτεινόμενα επίπεδα ΑΣ βάσει του πιο δύσκολου παζλ που έλυσε. Για παράδειγμα, εάν ένας/μία μαθητής/τρια έχει λύσει τουλάχιστον ένα παζλ εννέα κομματιών και δεν έχει λύσει κανένα παζλ δώδεκα κομματιών, τότε θεωρούμε ότι διαθέτει ικανοποιητικό επίπεδο ΑΣ.

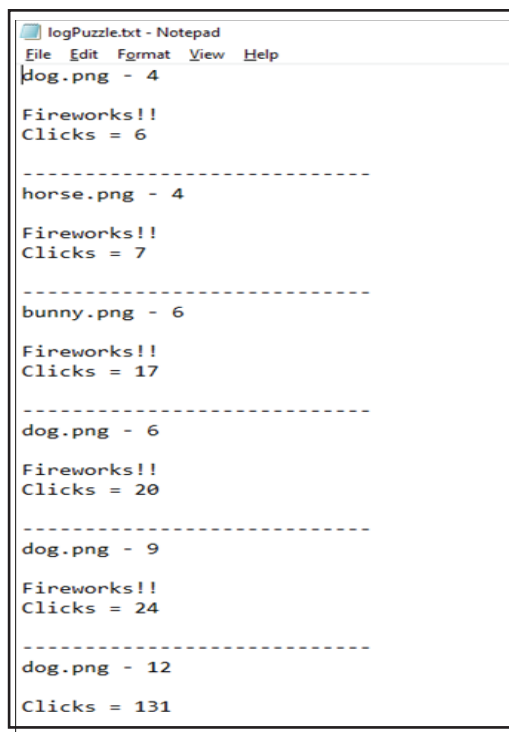
Εικόνα 7: Χρήση κινούμενης εικόνας ως μέσω επιβράβευσης



Όταν ολοκληρωθεί η επίλυση ενός παζλ, στην οθόνη εμφανίζονται κινούμενα σχέδια πυροτεχνημάτων (Εικόνα 7), συνοδευόμενα από ηχητική επιβράβευση. Η χρήση οπτικοακουστικών εργαλείων ενισχύει την ελκυστικότητα και τη φιλικότητα του PhysGramming και δίνει ώθηση στους/ις μαθητές/τριες να επιτύχουν τους μαθησιακούς στόχους που έχουν τεθεί (McManis & Gunnewig, 2012).

Το PhysGramming είναι προγραμματισμένο να δημιουργεί αρχεία καταγραφής (log files) που διατηρούν πληροφορίες σχετικά με όλες τις προσπάθειες επίλυσης παζλ – επιτυχημένες και μη. Πιο συγκεκριμένα, τα αρχεία καταγραφής παρέχουν πληροφορίες για την εικόνα του παζλ (π.χ. σκύλος), τον αριθμό των κομματιών του, τον αριθμό των κινήσεων που έκαναν οι μαθητές/τριες για να τα λύσουν και την έκβαση της προσπάθειας.

Για παράδειγμα, ας εξετάσουμε την περίπτωση του αρχείου καταγραφής που παρουσιάζεται στην Εικόνα 8. Οι διακεκομμένες γραμμές οριοθετούν τα μπλοκ δεδομένων κάθε προσπάθειας. Το τέταρτο μπλοκ δεδομένων μας πληροφορεί για την επιτυχημένη προσπάθεια επίλυσης ενός παζλ σκύλου έξι κομματιών, κατόπιν 20 επανατοποθετήσεων των κομματιών του. Το γεγονός ότι η λέξη «Fireworks!!» είναι καταγεγραμμένη στο μπλοκ, σημαίνει ότι στην οθόνη εμφανίστηκαν πυροτεχνήματα και, άρα, το παζλ λύθηκε. Αντίθετα, το τελευταίο μπλοκ δεδομένων μας πληροφορεί ότι έγινε προσπάθεια επίλυσης ενός παζλ σκύλου δώδεκα κομματιών. Τα κομμάτια επανατοποθετήθηκαν 131 φορές αλλά, τελικά, το παζλ δεν λύθηκε, αφού η λέξη «Fireworks!!» δεν περιλαμβάνεται στο μπλοκ.

Εικόνα 8: Αρχείο καταγραφής


```
logPuzzle.txt - Notepad
File Edit Format View Help
dog.png - 4

Fireworks!!
Clicks = 6

-----
horse.png - 4

Fireworks!!
Clicks = 7

-----
bunny.png - 6

Fireworks!!
Clicks = 17

-----
dog.png - 6

Fireworks!!
Clicks = 20

-----
dog.png - 9

Fireworks!!
Clicks = 24

-----
dog.png - 12

Clicks = 131
```

Δείγμα

Στοχεύοντας στη διαμόρφωση ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος, χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο δειγματοληψίας συστάδων (Cohen et al., 2007). Τα σχολεία που συμμετείχαν στην έρευνα βρίσκονταν σε διάφορες περιοχές της πόλης του Ηρακλείου, ώστε οι μαθητές/τριες να προέρχονται από ποικίλα κοινωνικοοικονομικά στρώματα, τα οποία αντανakλούν στα μαθησιακά επιτεύγματα και στις στάσεις απέναντι στην εκπαιδευτική διαδικασία (Bempechat & Shernoff, 2012 · Kanaki & Kalogiannakis, 2023 · Tan et al., 2020). Σε ό,τι αφορά στο μέγεθος του δείγματος, καταλήξαμε σε 435 μαθητές/τριες Α' και Β' τάξης Δημοτικού. Το δείγμα ήταν ισορροπημένο ως προς το φύλο — 210 κορίτσια (48,28%) και 225 αγόρια (51,72%). Ήταν επίσης ισορροπημένο ως προς την τάξη — 218 μαθητές/τριες Α' τάξης (50,11%) και 217 μαθητές/τριες Β' τάξης (49,89%).

Εγκυρότητα και αξιοπιστία των ερευνητικών δεδομένων

Η εγκυρότητα και η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από το προτεινόμενο εργαλείο αξιολόγησης εξετάστηκαν σε δείγμα 75 μαθητών/τριών Α' και Β' τάξης Δημοτικού. Αν και ο στόχος αυτού του άρθρου δεν είναι να παρουσιάσει τις σχετικές μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν, ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ο συντελεστής συσχέτισης Pearson (Pearson's r)

υπολογίστηκε 0.81, υποδεικνύοντας πολύ καλή σταθερότητα μετρήσεων που λαμβάνονται από τα ίδια άτομα σε διαφορετικούς χρόνους (Cohen et al., 2007· Kanaki & Kalogiannakis, 2023· Sullivan, 2011· Vaz et al., 2013).

Αποτελέσματα

Εξετάστηκε η ερευνητική υπόθεση ότι τα επίπεδα της ΑΣ των μαθητών/τριών Α' και Β' Δημοτικού δεν σχετίζονται με την ηλικία τους, θεωρώντας ότι ο βαθμός ετερογένειας είναι ο μέγιστος, δηλαδή $p = 0.5$, το αποδεκτό περιθώριο σφάλματος 5% και το επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ($Z = 1.96$).

Έλεγχος της ερευνητικής υπόθεσης

Από τα ερευνητικά δεδομένα προέκυψαν οι πίνακες συνάφειας των παρατηρούμενων (Πίνακας 2) και των αναμενόμενων συχνοτήτων, βάσει των οποίων υπολογίστηκε ότι $\chi^2 = 8.7543$, $df = 3$ και $p\text{-value} = 0.03274$. Εφόσον, το $p\text{-value}$ είναι μικρότερο από 0.05, απορρίπτουμε την υπόθεση ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των επιπέδων της ΑΣ και της ηλικίας των μαθητών/τριών και παραδεχόμαστε ότι, όσον αφορά στους/ις μαθητές/τριες της Α' και Β' τάξης, τα επίπεδα της ΑΣ σχετίζονται με την ηλικία.

Πίνακας 2: Πίνακας συνάφειας παρατηρούμενων συχνοτήτων

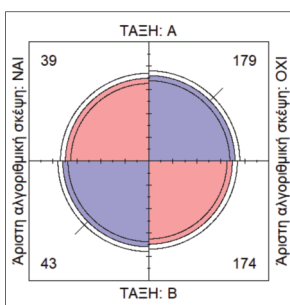
Επίπεδο ΑΣ \ Τάξη	Α'	Β'	Άθροισμα
Άριστο	39	43	82
Ικανοποιητικό	59	83	142
Μέτριο	96	69	165
Βασικό	24	22	46
Άθροισμα	218	217	435

Βάσει των στοιχείων του πίνακα συνάφειας των παρατηρούμενων συχνοτήτων (Πίνακας 2), υπολογίστηκαν οι λόγοι πιθανοτήτων (odds ratio) για κάθε επίπεδο ΑΣ συναρτήσει της τάξης φοίτησης των μαθητών/τριών. Για άριστη ΑΣ, ο λόγος πιθανοτήτων υπολογίστηκε ως εξής: $(39/179)/(43/174) = 0.883$. Ομοίως, για ικανοποιητική ΑΣ ο λόγος πιθανοτήτων προέκυψε ότι ήταν 0.512, για μέτρια ΑΣ 1.689 και για βασική ΑΣ 1.097. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι τα επίπεδα άριστης και ικανοποιητικής ΑΣ είναι πιθανότερο να ανιχνευθούν σε μαθητές/τριες της Β' τάξης, εφόσον οι λόγοι πιθανοτήτων υπολογίστηκαν μικρότεροι της μονάδας. Αντίθετα, για τις περιπτώσεις μέτριας και βασικής ΑΣ οι λόγοι πιθανοτήτων υπολογίστηκαν μεγαλύτεροι της μονάδας, που σημαίνει ότι η πιθανότητα ανίχνευσης μέτριας και βασικής ΑΣ είναι μεγαλύτερη σε μαθητές/τριες της Α' τάξης.

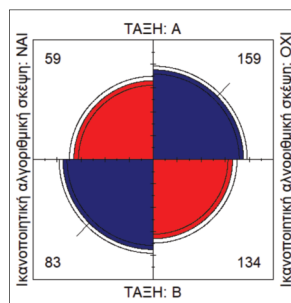
Οπτική αναπαράσταση αποτελεσμάτων στατιστικής ανάλυσης

Η γραφική αναπαράσταση της συσχέτισης των επιπέδων της ΑΣ και της ηλικίας των μαθητών/τριών μέσω fourfold plots (Διαγράμματα 1-4), αναδεικνύει ότι οι πιθανότητες εντοπισμού άριστων ή ικανοποιητικών επιπέδων ΑΣ είναι μεγαλύτερες για μαθητές/τριες της Β' τάξης παρά για μαθητές/τριες της Α' τάξης. Αντίθετα, οι μαθητές/τριες της Α' τάξης είναι πιο πιθανό να επιδείξουν μέτρια ή βασική ΑΣ. Ειδικά στην περίπτωση της ικανοποιητικής και μέτριας ΑΣ, οι δακτύλιοι εμπιστοσύνης (confidence rings) απέχουν πολύ από το να επικαλύπτονται και απεικονίζονται με φωτεινότερα χρώματα, δείχνοντας ότι αυτές οι συσχετίσεις είναι εξαιρετικά σημαντικές (Friendly, 2000). Με άλλα λόγια, η μέτρια ΑΣ εντοπίζεται σε μεγάλο βαθμό στους/ις μαθητές/τριες της Α' τάξης, ενώ η ικανοποιητική ΑΣ εντοπίζεται σε μεγάλο βαθμό στους/ις μαθητές/τριες της Β' τάξης.

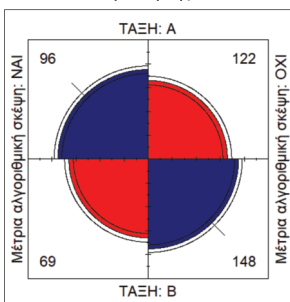
Διάγραμμα 1: Fourfold plot άριστης ΑΣ – τάξης φοίτησης



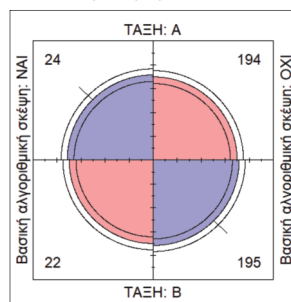
Διάγραμμα 2: Fourfold plot ικανοποιητικής ΑΣ – τάξης φοίτησης



Διάγραμμα 3: Fourfold plot μέτριας ΑΣ – τάξης φοίτησης



Διάγραμμα 4: Fourfold plot βασικής ΑΣ – τάξης φοίτησης



Τακτική λογιστική παλινδρόμηση

Στη συνέχεια, εφαρμόσαμε το μοντέλο τακτικής λογιστικής παλινδρόμησης (ordinal logistic regression analysis) θεωρώντας τα επίπεδα της ΑΣ ως εξαρτημένη μεταβλητή και την τάξη φοίτησης των μαθητών/τριών ως ανεξάρτητη μεταβλητή (Πίνακας 3). Τα αποτελέσματα

υποδεικνύουν ότι οι πιθανότητες (σε λογαριθμική μορφή) οι μαθητές/τριες της Β' τάξης να επιδείξουν βασική ΑΣ (αντί για μέτρια, ικανοποιητική ή άριστη) είναι 0.3 μονάδες χαμηλότερες από τις πιθανότητες που έχουν οι μαθητές/τριες της Α' τάξης.

Σε ανάλογα αποτελέσματα καταλήγουμε με την εφαρμογή της εκθετικής συνάρτησης. Πράγματι, $\exp(-0.2981) = 0.742$, που σημαίνει ότι για μαθητές/τριες της Β' τάξης, οι πιθανότητες να έχουν άριστη ΑΣ είναι 1.35 φορές ($1/0.742 = 1.35$) υψηλότερες σε σχέση με μαθητές/τριες της Α' τάξης.

Πίνακας 3: Αποτελέσματα τακτικής λογιστικής παλινδρόμησης

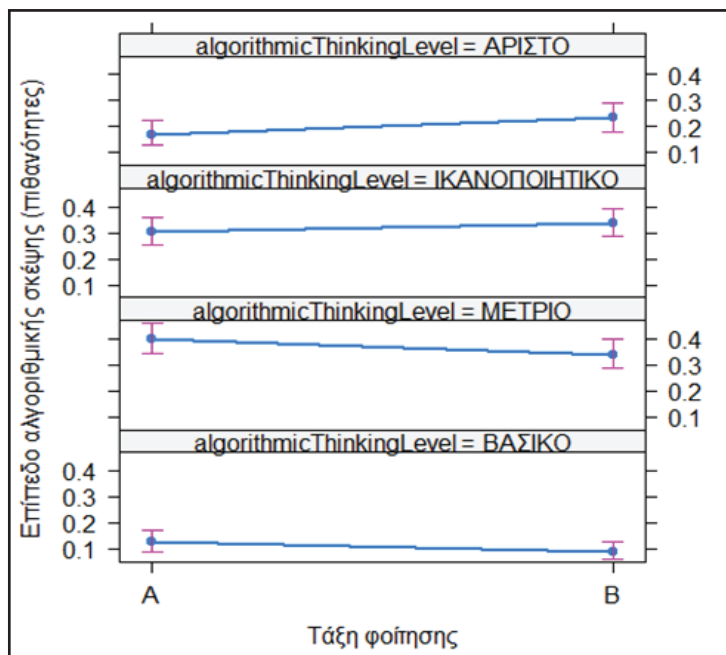
Coefficients:			
	Value	Std. Error	t-value
Τάξη φοίτησης	-0.2981	0.1756	-1.698
Intercepts:			
	Value	Std. Error	t-value
basic excellent	-2.2954	0.1836	-12.5052
excellent satisfactory	-1.0354	0.1425	-7.2649
satisfactory medium	0.3402	0.1335	2.5480
Residual Deviance: 1115.307			
AIC: 1123.307			

Τα παραπάνω αποτελέσματα επαληθεύονται υπολογίζοντας τις προβλεπόμενες πιθανότητες (predicted probabilities) (Πίνακας 4).

Πίνακας 4: Προβλεπόμενες πιθανότητες

	Άριστο	Ικανοποιητικό	Μέτριο	Βασικό
Α' τάξη	0.171	0.322	0.416	0.092
Β' τάξη	0.204	0.331	0.346	0.119

Τα proportional odds ratio, βάσει των αποτελεσμάτων της τελευταίας στήλης του πίνακα 4, υπολογίζονται ως εξής: $(0.092/(1-0.092))/(0.119/(1-0.119)) = 0.748$. Παρατηρούμε ότι η τιμή που προκύπτει επιβεβαιώνει τα προηγούμενα αποτελέσματά μας. Με τον ίδιο τρόπο μπορούν να υπολογιστούν τα proportional odds ratio και για τα υπόλοιπα επίπεδα ΑΣ.

Διάγραμμα 5: Επίδραση της τάξης φοίτησης στο επίπεδο ΑΣ των μαθητών/τριών

Τέλος, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της μηχανικής μάθησης (Nafea, 2008), ώστε να προβλεφθεί η πιθανότητα νέα δεδομένα να τοποθετηθούν σε καθένα από τα επίπεδα της ΑΣ συναρτήσει της τάξης φοίτησης των μαθητών/τριών. Ως εξαρτημένη μεταβλητή ορίστηκε το επίπεδο της ΑΣ, ενώ ως ανεξάρτητη μεταβλητή ορίστηκε η τάξη φοίτησης.

Το 80% των δεδομένων της έρευνας χρησιμοποιήθηκε για να δημιουργηθούν οι εξισώσεις πρόβλεψης και το υπόλοιπο 20% για να γίνει η δοκιμαστική εφαρμογή τους. Η γραφική αναπαράσταση που προκύπτει από την τακτική λογιστική παλινδρόμηση αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 5, όπου βλέπουμε ότι η φοίτηση στη Β' τάξη αυξάνει την πιθανότητα ταξινόμησης των μαθητών/τριών στα ανώτερα επίπεδα ΑΣ (ικανοποιητικό και άριστο), ενώ μειώνει την πιθανότητα ταξινόμησης τους στα κατώτερα επίπεδα ΑΣ (βασικό και μέτριο).

Συζήτηση

Τα ευρήματα της μελέτης μας επιβεβαιώνουν ότι τα επίπεδα της ΑΣ συσχετίζονται με την ηλικία στις δύο πρώτες τάξεις του Δημοτικού. Επιπλέον, αναδεικνύουν την ηλικία ως προγνωστικό παράγοντα για τα επίπεδα της ΑΣ στην πρώιμη παιδική ηλικία. Τα ερευνητικά μας ευρήματα επιβεβαιώνονται από την υφιστάμενη σχετική βιβλιογραφία, εφόσον αρκετές μελέτες επισημαίνουν ότι οι δεξιότητες της ΥΣ αντανακλούν σε δεξιότητες που σχετίζονται με τη γνωστική ανάπτυξη, υποστηρίζοντας την ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των δεξιοτήτων της ΥΣ και της ηλικίας (Durak & Saritepeci, 2018· Grover & Pea, 2013).

Σχετική μελέτη που διεξήχθη στην Ισπανία σε δείγμα 1251 μαθητών/τριών Ε' και ΣΤ' Δημοτικού επιβεβαιώνει τη συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και των επιπέδων βασικών δεξιοτήτων της ΥΣ. Η ίδια μελέτη επιβεβαιώνει ότι οι δεξιότητες της ΥΣ είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Επιπλέον, τονίζεται ότι το επίπεδο γνωστικής ανάπτυξης και το επίπεδο ωριμότητας αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την ανάπτυξη των δεξιοτήτων της ΥΣ και την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων (Román-González et al., 2017).

Έρευνα που υλοποιήθηκε στην Τουρκία εξέτασε πώς συγκεκριμένες παράμετροι επηρεάζουν την ανάπτυξη βασικών δεξιοτήτων της ΥΣ, όπως η ΑΣ. Το δείγμα της έρευνας αποτελούνταν από 156 μαθητές/τριες από την Ε' Δημοτικού μέχρι την τελευταία τάξη της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι δεξιότητες της ΥΣ των μαθητών/τριών είναι ανάλογες της ηλικίας τους (Durak & Saritepeci, 2018).

Σε ερευνητική μελέτη που διεξήχθη στην Ολλανδία εξετάστηκε, μεταξύ άλλων, πώς η ηλικία σχετίζεται με την επιτυχία των μαθητών/τριών σε δοκιμασίες αξιολόγησης της ΥΣ. Το δείγμα της έρευνας αποτελούνταν από 200 μαθητές/τριες ηλικίας έξι έως δώδεκα ετών. Οι δοκιμασίες εστίαζαν στις δεξιότητες της αφαίρεσης και της αποσύνθεσης, οι οποίες σχετίζονται άρρηκτα με την ΑΣ. Σύμφωνα με τα ερευνητικά ευρήματα, η ηλικία έχει θετική επίδραση στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων της ΥΣ (Rijke et al., 2018).

Μια άλλη μελέτη, η οποία υλοποιήθηκε χωρίς τη χρήση ψηφιακής τεχνολογίας στην Ελβετία σε δείγμα 109 μαθητών/τριών ηλικίας τριών έως δεκαέξι ετών, αξιοποίησε τη δοκιμασία Cross Array Task, για την αξιολόγηση της ΑΣ των μαθητών/τριών. Σύμφωνα με τα ερευνητικά αποτελέσματα, η ανάπτυξη της ΑΣ σχετίζεται με την ηλικία, ιδιαίτερα μάλιστα στο Δημοτικό (Piatti et al., 2022).

Αναλύοντας τα αποτελέσματα της μελέτης μας σε σύγκριση με την υφιστάμενη βιβλιογραφία, παρατηρούμε ότι τα ευρήματα των ερευνητικών μελετών που προαναφέρθηκαν συνάδουν με αυτά της μελέτης μας. Μάλιστα, οι δύο τελευταίες έρευνες είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων μας, αφού μέρος της ηλικιακής ομάδας των δειγμάτων τους αφορά παιδιά της ηλικιακής ομάδας που μελετάμε. Επιχειρώντας να αποτιμήσουμε τη μελέτη μας, δεν θα πρέπει να περιοριστούμε στο χαρακτηριστικό της ότι τεκμηριώνεται από το υπάρχον ερευνητικό υπόβαθρο, εφόσον προσθέτει στις προσπάθειες του σχετικού ερευνητικού πεδίου διερευνώντας, για πρώτη φορά, το στενό ηλικιακό εύρος των δύο πρώτων τάξεων του Δημοτικού. Μέχρι τώρα, οι σχετικές μελέτες που έχουν διεξαχθεί έχουν εξετάσει και επιβεβαιώσει την επίδραση της ηλικίας στην ανάπτυξη δεξιοτήτων της ΥΣ χρησιμοποιώντας δείγματα ευρύτερου ηλικιακού φάσματος. Το γεγονός ότι, σε μεγάλη ηλικιακά εύρη, η ανάπτυξη των γνωστικών δεξιοτήτων αντανακλά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων της ΥΣ (Durak & Saritepeci, 2018· Grover & Pea, 2013), δεν συνεπάγεται ότι αυτή η ανάπτυξη μπορεί να παρατηρηθεί και σε στενά ηλικιακά εύρη. Με άλλα λόγια, γνωρίζουμε ότι η ανάπτυξη δεξιοτήτων της ΥΣ μπορεί να παρατηρηθεί όταν ερευνούμε ομάδες μεγάλου ηλικιακού εύρους. Ωστόσο, δεν είναι προφανές ότι το ίδιο μπορεί να παρατηρηθεί και σε ένα στενό ηλικιακό εύρος, ειδικά όταν αυτό αφορά στις δύο πρώτες τάξεις του Δημοτικού.

Η επιλογή μας να χρησιμοποιήσουμε παζλ για την αξιολόγηση της ΑΣ στηρίχτηκε στη σχετική βιβλιογραφία, όπου υπάρχουν καταγεγραμμένες μελέτες που αφορούν στην αξιοποίηση των παζλ για την αξιολόγηση της ΑΣ. Μία από αυτές τις μελέτες, η οποία έχει υλοποιηθεί στην Ιταλία, στοχεύει στην αξιολόγηση και την καλλιέργεια δεξιοτήτων της ΥΣ μαθητών/τριών οκτώ έως έντεκα ετών. Οι μαθητές/τριες συμμετέχουν σε συλλογικές δραστηριότητες δημιουργίας παιχνιδιών που υλοποιούνται στην πλατφόρμα Scratch. Ένας τύπος δραστηριοτήτων αφορά στον έλεγχο της θέσης και της περιστροφής των κομματιών ενός παζλ. Οι μαθητές/τριες καλούνται να σύρουν τα κομμάτια στη σωστή τους θέση και να τα περιστρέψουν κατάλληλα (Freina et al., 2019).

Μια άλλη μελέτη που έχει διεξαχθεί στην Ισπανία εξετάζει την πιθανή ευεργετική επίδραση του εμπλουτισμού εκπαιδευτικών περιβαλλόντων με δραστηριότητες που δεν χρησιμοποιούν ψηφιακά μέσα προκειμένου να ενισχυθούν οι δεξιότητες της ΥΣ στα πρώτα χρόνια του Δημοτικού. Η μελέτη βασίζεται στη χρήση ψηφιακών και παραδοσιακών παζλ, διερευνώντας και επιβεβαιώνοντας τα πλεονεκτήματα μιας μικτής προσέγγισης αξιοποίησης ψηφιακών και μη δραστηριοτήτων (del Olmo-Muñoz et al., 2020).

Άλλη μελέτη προτείνει ένα υβριδικό σχήμα που συνδυάζει ψηφιακές και μη δραστηριότητες, στοχεύοντας στην ανάπτυξη βασικών δεξιοτήτων της ΥΣ σε παιδιά τεσσάρων έως έξι ετών. Μεταξύ των προτεινόμενων δραστηριοτήτων είναι ο κατακερματισμός ενός μεγάλου παζλ σε μικρότερα κομμάτια και η ανακατασκευή του (Romparas et al., 2021).

Οι μελέτες που συζητήθηκαν μέχρι στιγμής πιστοποιούν ότι τα παζλ έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για να υποστηρίξουν την ανάπτυξη και την αξιολόγηση βασικών δεξιοτήτων της ΥΣ, όπως η ΑΣ. Δεδομένου ότι το ερευνητικό μας ενδιαφέρον επικεντρώνεται στα μικρά παιδιά, παρουσιάσαμε ενδεικτικά μελέτες που υλοποιήθηκαν στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, με έμφαση στα πρώτα της χρόνια.

Η συνεισφορά της μελέτης

Η μελέτη μας δεν περιορίζεται στην ανάδειξη της ανάγκης σχεδιασμού αναπτυξιακά κατάλληλων δραστηριοτήτων προκειμένου να προωθηθούν οι δεξιότητες της ΥΣ στην πρώτη σχολική εκπαίδευση, αλλά προσθέτει στις προσπάθειες αξιοποίησης της ψηφιακής τεχνολογίας στην αποτελεσματική αξιολόγηση των μαθητών/τριών. Έχοντας κατά νου πόσο ελκυστικά μπορούν να γίνουν τα ψηφιακά περιβάλλοντα μάθησης για τα παιδιά (Zevenbergen & Logan et al., 2008) και βασιζόμενοι στον θετικό αντίκτυπο εκπαιδευτικών προσεγγίσεων που συνδυάζουν τον προγραμματισμό υπολογιστών με το παιχνίδι (Bers et al., 2019), προτείνουμε ένα εργαλείο αξιολόγησης, παιγνιώδους και εποικοδομητικού χαρακτήρα, που παρέχει μια πρώτη επαφή με τις βασικές αρχές του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού, χωρίς όμως να γίνεται άμεση αναφορά σε αυτές (Kanakaki & Kalogiannakis, 2018).

Το περιβάλλον αξιολόγησης που προτείνουμε υποστηρίζει την ενσωμάτωση της ΥΣ στην πρώτη σχολική εκπαίδευση και διευκολύνει τους/ις μαθητές/τριες να μελετήσουν την επίσημη με αυθεντικούς και υπολογιστικά εξελιγμένους τρόπους (Grover, Biswas et al., 2020).

Η ευχάριστη ατμόσφαιρα που δημιουργείται στην τάξη και ο δημιουργικός ανταγωνισμός που αναπτύσσεται μεταξύ των μαθητών/τριών κατά την εφαρμογή του προτεινόμενου εργαλείου αξιολόγησης, διευκολύνει την αποδοχή του από μαθητές/τριες και εκπαιδευτικούς (Kanaki & Kalogiannakis, 2022b).

Επίσης, το προτεινόμενο εργαλείο αξιολόγησης προσθέτει στις προσπάθειες αξιολόγησης της ΥΣ αξιοποιώντας εκπαιδευτικά σενάρια STEM (Román-González et al., 2019). Στη μελέτη μας, εστιάσαμε στη θεματική ενότητα των διατροφικών συνηθειών των ζώων, η οποία περιλαμβάνεται στο εγχειρίδιο του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος τόσο της Α' όσο και της Β' Δημοτικού. Κάποιος θα μπορούσε να υποστηρίξει ότι εφόσον οι διατροφικές συνήθειες των ζώων μελετώνται από την επιστήμη της Βιολογίας, δεν μπορούν να αποτελέσουν τη βάση ενός σεναρίου περιβαλλοντικής μελέτης. Για να αντιμετωπίσουμε αυτόν τον σκεπτικισμό, ας συζητήσουμε σύντομα την περίπτωση της σπογγώδους εγκεφαλοπάθειας των βοοειδών (ΣΕΒ), κοινώς γνωστή ως νόσος των τρελών αγελάδων. Η ΣΕΒ είναι ένα παράδειγμα που αναδεικνύει τη σημασία του σεβασμού των διατροφικών συνηθειών των ζώων, καθώς η διατάραξή τους θα μπορούσε να προκαλέσει ποικίλες συνέπειες που θα επηρέαζαν όχι μόνο τα ζώα, αλλά και τους ανθρώπους. Στην περίπτωση της ΣΕΒ, τα φυτοφάγα θηλαστικά μετατράπηκαν σε σαρκοφάγα, αν όχι σε κανίβαλους, αφού υποχρεώθηκαν να καταναλώνουν ζωοτροφές που περιείχαν αλεσμένο μολυσμένο κρέας και οστεάλευρα ως πηγή πρωτεΐνης κρέατος (Freeman, 2002· Washer, 2006). Το γεγονός ότι οι πρωτεΐνες prion - η αιτία της ΣΕΒ - παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στο έδαφος συνεπάγεται σοβαρό περιβαλλοντικό κίνδυνο και απειλή για την ανθρώπινη υγεία (Freeman, 2002· Washer, 2006). Υπό αυτήν την έννοια, υποστηρίζουμε τη μελέτη των διατροφικών συνηθειών των ζώων σε περιβάλλοντα μάθησης STEM, καθώς ανοίγει τους ορίζοντες για την προώθηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και παρέχει ένα δημιουργικό πλαίσιο για την εδραίωση ηθικών, κοινωνικών και πολιτικών αρχών και αξιών.

Περιορισμοί και προοπτικές

Στα μελλοντικά μας σχέδια συμπεριλαμβάνεται η επέκταση της έρευνάς μας σε όλη τη χώρα, αίροντας τον περιορισμό του δείγματος της παρούσας μελέτης, που πραγματοποιήσαμε στην πόλη του Ηρακλείου. Σχεδιάζουμε επίσης να ενισχύσουμε τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης πραγματοποιώντας έρευνα στα πλαίσια επιπλέον θεματικών ενοτήτων του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος. Σκοπεύουμε, ακόμα, να δημοσιεύσουμε τα ερευνητικά μας ευρήματα σχετικά με το πώς οι μαθητές/τριες της Α' και Β' Δημοτικού προσεγγίζουν την επίλυση των παζλ και τη στρατηγική που υιοθετούν.

Ένα από τα μελλοντικά ερευνητικά μας σχέδια αφορά στη διαμόρφωση του PhysGramming έτσι ώστε να παράγει παζλ με περισσότερα κομμάτια, στοχεύοντας στην αναπροσαρμογή της κλίμακας αξιολόγησης της ΑΣ. Ο λόγος που μας ωθεί σε μία τέτοια ενέργεια είναι ότι κάποιοι/ες μαθητές/τριες έλυσαν με μεγάλη ευχέρεια παζλ δώδεκα κομματιών. Μάλιστα προχώρησαν στην επίλυση περισσότερων του ενός παζλ με δώδεκα κομμάτια. Ως εκ τούτου,

έχει έννοια να διερευνήσουμε εάν κάποιοι/ες μαθητές/τριες είναι σε θέση να λύσουν πιο δύσκολα παζλ, με δεκαέξι, είκοσι ή και περισσότερα κομμάτια.

Τέλος, η εφαρμογή του προτεινόμενου εργαλείου αξιολόγησης πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος. Αν και το εργαλείο δεν έχει δοκιμαστεί μέχρι στιγμής στα πλαίσια άλλου μαθήματος, θεωρούμε ότι είναι εφαρμόσιμο και σε άλλα μαθήματα, όπως π.χ. στη Γλώσσα και στα Μαθηματικά. Απομένει η απόδειξη των ισχυρισμών μας, η οποία αποτελεί κομμάτι των βραχυπρόθεσμων ερευνητικών μας σχεδίων.

Συμπεράσματα

Ακολουθώντας τις εξελίξεις του 21ου αιώνα, διαφαίνεται επιτακτική η ανάγκη αναπροσαρμογής των πεδίων STEM στην υποχρεωτική εκπαίδευση. Έμφαση δίνεται στον εμπλουτισμό τους με δραστηριότητες ανάπτυξης της ΥΣ, ώστε να αποκτήσουν πιο αυθεντικό χαρακτήρα και να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της σύγχρονης ψηφιακής εποχής (Grover, Biswas et al., 2020). Προσθέτοντας στις περιορισμένες ερευνητικές προσπάθειες για την ανάπτυξη και την αξιολόγηση της ΥΣ σε περιβάλλοντα πρώιμης μάθησης (Grover, Biswas et al., 2020 · Tsarava et al., 2022), εξετάσαμε τα επίπεδα ΑΣ μαθητών/τριών Α' και Β' Δημοτικού συναρτήσει της ηλικίας τους. Η έρευνά μας υλοποιήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος, αξιοποιώντας την έμφυτη ροπή των μαθητών/τριών προς την απόκτηση επιστημονικών εμπειριών (Fragkiadaki & Ravanis, 2021).

Έχοντας υπ' όψιν μας ότι, μέχρι στιγμής, σχετικές μελέτες έχουν εξετάσει την επίδραση της ηλικίας στην ανάπτυξη της ΥΣ σε μεγάλα ηλικιακά εύρη, εστιάσαμε την προσοχή μας στην επιβεβαίωση των υπάρχοντων ερευνητικών ευρημάτων στο στενό ηλικιακό εύρος που αντιστοιχεί στην Α' και Β' Δημοτικού. Τα αποτελέσματα της μελέτης μας επιβεβαίωσαν τη συσχέτιση μεταξύ ΑΣ και ηλικίας, και ανέδειξαν την ηλικία ως προγνωστικό παράγοντα των επιπέδων της ΑΣ στις δύο πρώτες τάξεις του Δημοτικού.

Η μελέτη μας αφορά όσους εκτιμούν την αξία των διεπιστημονικών εκπαιδευτικών σχημάτων, υποστηρίζουν την αναγκαιότητα υψηλής ποιότητας εκπαίδευσης STEM και αναγνωρίζουν την ανάγκη εισαγωγής αναπτυξιακά κατάλληλων πρακτικών καλλιέργειας και αξιολόγησης της ΥΣ σε περιβάλλοντα μάθησης STEM. Αφορά, επίσης, όσους πιστεύουν ότι η διδασκαλία του προγραμματισμού υπολογιστών σε μικρά παιδιά μπορεί να επιταχύνει την απόκτηση δεξιοτήτων της ΥΣ (Relkin et al., 2021), όπως η ΑΣ. Για τις ανάγκες της μελέτης μας, σχεδιάσαμε και κατασκευάσαμε την ψηφιακή πλατφόρμα PhysGramming, που εισάγει ένα πρωτοποριακό συνδυασμό τεχνικών οπτικού και βασισμένου στο κείμενο προγραμματισμού, δίνοντας έμφαση στην εισαγωγή θεμελιωδών εννοιών του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού. Λαμβάνοντας υπ' όψιν την αποτελεσματικότητα της παιχνιδοκεντρικής μάθησης στην ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα (Qian & Clark, 2016) και τη συμβολή των ψηφιακών παιχνιδιών στην παραγωγή φιλικών προς το περιβάλλον στάσεων και συμπεριφορών (Janakiraman et al., 2021), υπερβήκαμε τα στενά όρια της απλής χρήσης ψηφιακών παιχνιδιών, προτείνοντας την κατασκευή τους με διαστάσεις STEM από τους/ις ίδιους/ες τους/ις μαθητές/τριες.

Εν κατακλείδι, η παρούσα έρευνα παρέχει μια στέρεη βάση που θα μπορούσε να φανεί χρήσιμη σε μελετητές/τριες που ασχολούνται με τη διερεύνηση της εισαγωγής δεξιοτήτων της ΥΣ στα ευαίσθητα χρόνια της πρώιμης εκπαίδευσης και πιστεύουν στην αναγκαιότητα κατασκευής και εφαρμογής αναπτυξιακά κατάλληλων εργαλείων αξιολόγησης δεξιοτήτων της ΥΣ.

Βιβλιογραφία

- Καλογιαννάκης, Μ., Γούπος, Θ., Ιμβριώτη, Δ., Ιωακειμίδου, Β. & Ριζάκη, Α. (2021). *Πρόγραμμα Σπουδών Μελέτης Περιβάλλοντος. Στο πλαίσιο της Πράξης «Αναβάθμιση των Προγραμμάτων Σπουδών και Δημιουργία Εκπαιδευτικού Υλικού Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης»*, Αθήνα: Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής. Ανακτήθηκε στις 24/3/2023, από: <http://iep.edu.gr/el/nea-ps-provoli>
- Acevedo-Borrega, J., Valverde-Berrocso, J., & Garrido-Arroyo, M. D. C. (2022). Computational thinking and educational technology: A scoping review of the literature. *Education Sciences*, 12(1), 39. <https://doi.org/10.3390/educsci12010039>.
- Ardoin, N. M., & Bowers, A. W. (2020). Early childhood environmental education: A systematic review of the research literature. *Educational Research Review*, 31, 100353. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100353>.
- Asbell-Clarke, J., Rowe, E., Almeda, V., Edwards, T., Bardar, E., Gasca, S., ... & Scruggs, R. (2021). The development of students' computational thinking practices in elementary- and middle-school classes using the learning game, Zoombinis. *Computers in Human Behavior*, 115, 106587. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106587>.
- Bempechat, J., & Shernoff, D. J. (2012). Parental influences on achievement motivation and student engagement. *Handbook of research on student engagement*, 315-342. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_15.
- Bers, M. U., González-González, C., & Armas-Torres, M. B. (2019). Coding as a playground: Promoting positive learning experiences in childhood classrooms. *Computers & Education*, 138, 130-145. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.013>.
- Breien, F. S., & Wasson, B. (2021). Narrative categorization in digital game-based learning: Engagement, motivation & learning. *British Journal of Educational Technology*, 52(1), 91-111. <https://doi.org/10.1111/bjet.13004>.
- Burton, B. A. (2010). Encouraging Algorithmic Thinking Without a Computer. *Olympiads in Informatics*, 4. Ανακτήθηκε στις 2/3/2023, από: <https://ioinformatics.org/journal/INFOLO53.pdf>.
- Chen, G., Shen, J., Barth-Cohen, L., Jiang, S., Huang, X., & Eltoukhy, M. (2017). Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers & education*, 109, 162-175. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.001>.

- Chongo, S., Osman, K., & Nayan, N. A. (2020). Level of Computational Thinking Skills among Secondary Science Student: Variation across Gender and Mathematics Achievement. *Science Education International*, 31(2), 159-163. <https://doi.org/10.33828/sei.v31.i2.4>.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. Routledge. ISBN 0-203-02905-4. e-book ISBN 9780203029053. <https://doi.org/10.4324/9780203029053>.
- Criollo-C, S., Guerrero-Arias, A., Jaramillo-Alcázar, Á., & Luján-Mora, S. (2021). Mobile learning technologies for education: Benefits and pending issues. *Applied Sciences*, 11(9), 4111. <https://doi.org/10.3390/app11094111>.
- Dagienė, V., & Futschek, G. (2008). Bebras international contest on informatics and computer literacy: Criteria for good tasks. In *Informatics Education-Supporting Computational Thinking: Third International Conference on Informatics in Secondary Schools-Evolution and Perspectives, ISSEP 2008 Torun Poland, July 1-4, 2008 Proceedings 3* (pp. 19-30). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69924-8_2.
- del Olmo-Muñoz, J., Cózar-Gutiérrez, R., & González-Calero, J. A. (2020). Computational thinking through unplugged activities in early years of Primary Education. *Computers & Education*, 150, 103832. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103832>.
- Doherty, M. J., Wimmer, M. C., Gollek, C., Stone, C., & Robinson, E. J. (2021). Piecing together the puzzle of pictorial representation: How jigsaw puzzles index metacognitive development. *Child development*, 92(1), 205-221. <https://doi.org/10.1111/cdev.13391>.
- Durak, H. Y., & Saritepeci, M. (2018). Analysis of the relation between computational thinking skills and various variables with the structural equation model. *Computers & Education*, 116, 191-202. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.004>.
- Ferrari, A., Poggi, A., & Tomaiuolo, M. (2016). Object oriented puzzle programming. *Mondo Digitale*, 15(64), 2016-3. ISBN: 9788898091447.
- Figueiredo, M., Amante, S., Gomes, H. M. D. S. V., Gomes, M. A., Rego, B., Alves, V., & Duarte, R. P. (2021). Algorithmic thinking in early childhood education: Opportunities and supports in the portuguese context. In *EDULEARN21 Proceedings* (pp. 9339-9348). IATED. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2021.1885>.
- Fragkiadaki, G., & Ravanis, K. (2021). The unity between intellect, affect, and action in a child's learning and development in science. *Learning, Culture and Social Interaction*, 29, 100495. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2021.100495>.
- Freeman, H. B. (2002). Trade epidemic: the impact of the mad cow crisis on EU-US relations. *BC Int'l Comp. L. Rev.*, 25, 343. Ανακτήθηκε στις 10/03/2023, από: http://nationalaglawcenter.org/wpcontent/uploads/assets/bibarticles/freeman_trade.pdf.
- Freina, L., Bottino, R., & Ferlino, L. (2019). Fostering Computational Thinking skills in the Last Years of Primary School. *International Journal of Serious Games*, 6(3), 101-115. <https://doi.org/10.17083/ijsg.v6i3.304>.

- Friendly, M. (2000, April). Visualizing categorical data: Data, stories, and pictures. In *Proceedings of the Twenty-Fifth Annual SAS Users Group International Conference*. Ανακτήθηκε στις 12/03/2023, από: <https://www.datavis.ca/papers/sugi/vcdstory/vcdstory.pdf>.
- Futschek, G. (2006). Algorithmic thinking: the key for understanding computer science. In *Informatics Education—The Bridge between Using and Understanding Computers: International Conference in Informatics in Secondary Schools—Evolution and Perspectives, ISSEP 2006, Vilnius, Lithuania, November 7-11, 2006. Proceedings* (pp. 159-168). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/11915355_15.
- Gallagher, A. C. (2012, June). Jigsaw puzzles with pieces of unknown orientation. In *2012 IEEE Conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 382-389). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6247699>.
- Grizioti, M., & Kynigos, C. (2021, June). Children as players, modders, and creators of simulation games: A design for making sense of complex real-world problems: Children as players, modders and creators of simulation games. In *Interaction Design and Children* (pp. 363-374). Ανακτήθηκε στις 12/03/2023, από: <https://doi.org/10.1145/3459990.3460706>.
- Grover, S. (2017). Assessing algorithmic and computational thinking in K-12: Lessons from a middle school classroom. *Emerging research, practice, and policy on computational thinking*, 269-288. https://doi.org/10.1007/978-3-319-52691-1_17.
- Grover, S., Biswas, G., Dicks, A., Farris, A., Sengupta, P., Covitt, B., ... & Blikstein, P. (2020, June). Integrating STEM and computing in PK-12: Operationalizing computational thinking for STEM learning and assessment. In *The Interdisciplinarity of the Learning Sciences, 14th International Conference of the Learning Sciences (ICLS) 2020* (Vol. 3). Ανακτήθηκε στις 20/3/2023, από: <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10289291>.
- Grover, S., Fisler, K., Lee, I., & Yadav, A. (2020, February). Integrating computing and computational thinking into K-12 STEM learning. In *Proceedings of the 51st ACM technical symposium on computer science education* (pp. 481-482). <https://doi.org/10.1145/3328778.3366970>.
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K-12: A review of the state of the field. *Educational researcher*, 42(1), 38-43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>.
- Hsu, T. C., Chang, S. C., & Hung, Y. T. (2018). How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature. *Computers & Education*, 126, 296-310. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.004>.
- Huroyan, V., Lerman, G., & Wu, H. T. (2020). Solving jigsaw puzzles by the graph connection Laplacian. *SIAM Journal on Imaging Sciences*, 13(4), 1717-1753. <https://doi.org/10.1137/19m1290760>.
- Hutchins, N. M., Biswas, G., Maróti, M., Lédeczi, Á., Grover, S., Wolf, R., ... & McElhaney, K. (2020). C2STEM: A system for synergistic learning of physics and computational thinking. *Journal of Science Education and Technology*, 29, 83-100. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09804-9>.

- Janakiraman, S., Watson, S. L., Watson, W. R., & Newby, T. (2021). Effectiveness of digital games in producing environmentally friendly attitudes and behaviors: A mixed methods study. *Computers & Education*, 160, 104043.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104043>
- Janke, E., Brune, P., & Wagner, S. (2015, May). Does outside-in teaching improve the learning of object-oriented programming?. In *2015 IEEE/ACM 37th IEEE International Conference on Software Engineering* (Vol. 2, pp. 408-417). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/icse.2015.173>.
- Jiang, B., & Li, Z. (2021). Effect of Scratch on computational thinking skills of Chinese primary school students. *Journal of Computers in Education*, 8(4), 505-525.
<https://doi.org/10.1007/s40692-021-00190-z>.
- Kalogiannakis, M., Papadakis, S., & Zourmpakis, A. I. (2021). Gamification in science education. A systematic review of the literature. *Education Sciences*, 11(1), 22.
<https://doi.org/10.3390/educsci11010022>.
- Kanaki, K., & Kalogiannakis, M. (2018). Introducing fundamental object-oriented programming concepts in preschool education within the context of physical science courses. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2673-2698.
<https://doi.org/10.1007/s10639-018-9736-0>.
- Kanaki, K., & Kalogiannakis, M. (2022a). Assessing algorithmic thinking skills in relation to age in early childhood STEM education. *Education Sciences*, 12(6), 380.
<https://doi.org/10.3390/educsci12060380>.
- Kanaki, K., & Kalogiannakis, M. (2022b). Assessing Algorithmic Thinking Skills in Relation to Gender in Early Childhood. *Educational Process: International Journal*, 11(2), 44-59.
<https://doi.org/10.22521/edupij.2022.112.3>.
- Kanaki, K., & Kalogiannakis, M. (2023). Sample design challenges: an educational research paradigm. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 15(3), 266-285.
<https://doi.org/10.1504/ijtel.2023.10055808>.
- Kanaki, K., Kalogiannakis, M., Poulakis, E., & Politis, P. (2022). Employing Mobile Technologies to Investigate the Association Between Abstraction Skills and Performance in Environmental Studies in Early Primary School. *Int. J. Interact. Mob. Technol. IJIM*, 16, 241-249. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i06.28391>.
- Kanaki, K., Kalogiannakis, M., & Stamovlasis, D. (2020). Assessing algorithmic thinking skills in early childhood education: Evaluation in physical and natural science courses. In *Handbook of research on tools for teaching computational thinking in P-12 education* (pp. 104-139). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4576-8.ch005>
- Kiss, G., & Arki, Z. (2017). The influence of game-based programming education on the algorithmic thinking. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 237, 613-617.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2017.02.020>.

- Labusch, A., Eickelmann, B., & Vennemann, M. (2019). Computational thinking processes and their congruence with problem-solving and information processing. *Computational thinking education*, 65-78. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_5.
- Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., & Duschl, R. A. (2020). On computational thinking and STEM education. *Journal for STEM Education Research*, 3, 147-166. <https://doi.org/10.1007/s41979-020-00044-w>.
- Lodi, M., & Martini, S. (2021). Computational thinking, between Papert and Wing. *Science & Education*, 30(4), 883-908. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00202-5>.
- Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12?. *Computers in Human Behavior*, 41, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.012>.
- Malyn-Smith, J., Lee, I. A., Martin, F., Grover, S., Evans, M. A., & Pillai, S. (2018, June). Developing a framework for computational thinking from a disciplinary perspective. In *Proceedings of the international conference on computational thinking education* (Vol. 5). Ανακτήθηκε στις 15/3/2023, από: <https://d-miller.github.io/DRK12/topic1/7440.pdf>.
- McManis, L. D., & Gunnewig, S. B. (2012). Finding the education in educational technology with early learners. *Young children*, 67(3), 14-24. Ανακτήθηκε στις 14/3/2023, από: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=1be1d42ffc83f56f72fdb205952100922d328b2>.
- Merry, B., Gallotta, M., & Hultquist, C. (2008). Challenges in running a computer olympiad in South Africa. *Olympiads in Informatics*, 2, 105-114. Ανακτήθηκε στις 12/3/2023, από: <https://ioi.te.lv/oi/pdf/INFOLO26.pdf>.
- Misra, R., Eyombo, L., & Phillips, F. T. (2022). Benefits and Challenges of Using Educational Games. In *Research Anthology on Developments in Gamification and Game-Based Learning* (pp. 1560-1570). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-3710-0.ch075>.
- Nafea, I. T. (2018). Machine learning in educational technology. *Machine learning-advanced techniques and emerging applications*, 175-183. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72906>.
- NGSS Lead States. *Next Generation Science Standards: for States, by States*; The National Academies Press: Washington, DC, USA, 2013; Ανακτήθηκε στις 30/01/2023, από: https://epsc.wustl.edu/seismology/book/presentations/2014_Promotion/NGSS_2013.pdf
- Nordby, S. K., Bjerke, A. H., & Mifsud, L. (2022). Computational thinking in the primary mathematics classroom: A systematic review. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 8(1), 27-49. <https://doi.org/10.1007/s40751-022-00102-5>.
- Paikin, G., & Tal, A. (2015). Solving multiple square jigsaw puzzles with missing pieces. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 4832-4839). <https://doi.org/10.1109/cvpr.2015.7299116>.
- Petousi, V., & Sifaki, E. (2020). Contextualising harm in the framework of research misconduct. Findings from discourse analysis of scientific publications. *International Journal*

- of Sustainable Development*, 23(3-4), 149-174.
<https://doi.org/10.1504/IJSD.2020.10037655>.
- Piatti, A., Adorni, G., El-Hamamsy, L., Negrini, L., Assaf, D., Gambardella, L., & Mondada, F. (2022). The CT-cube: A framework for the design and the assessment of computational thinking activities. *Computers in Human Behavior Reports*, 5, 100166.
<https://doi.org/10.1016/j.chbr.2021.100166>.
- Pomeranz, D., Shemesh, M., & Ben-Shahar, O. (2011, June). A fully automated greedy square jigsaw puzzle solver. In *CVPR 2011* (pp. 9-16). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/CVPR.2011.5995331>.
- Poulakis, E., & Politis, P. (2021). Computational thinking assessment: literature review. *Research on E-Learning and ICT in Education: Technological, Pedagogical and Instructional Perspectives*, 111-128. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64363-8_7.
- Qian, M., & Clark, K. R. (2016). Game-based Learning and 21st century skills: A review of recent research. *Computers in human behavior*, 63, 50-58.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.023>.
- Relkin, E., de Ruiter, L. E., & Bers, M. U. (2021). Learning to code and the acquisition of computational thinking by young children. *Computers & education*, 169, 104222.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104222>.
- Rijke, W. J., Bollen, L., Eysink, T. H., & Tolboom, J. L. (2018). Computational thinking in primary school: An examination of abstraction and decomposition in different age groups. *Informatics in education*, 17(1), 77-92. <https://doi.org/10.15388/infedu.2018.05>.
- Román-González, M., Moreno-León, J., & Robles, G. (2019). Combining assessment tools for a comprehensive evaluation of computational thinking interventions. *Computational thinking education*, 79-98. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_6.
- Román-González, M., Pérez-González, J. C., & Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in human behavior*, 72, 678-691.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.047>.
- Rompapas, D., Steven, Y., & Chan, J. (2021). A Hybrid Approach to Teaching Computational Thinking at a K-1 and K-2 Level. In *Proceedings of the CTE-STEM 2021: 5th APSCE International Conference on Computational Thinking and STEM Education 2021* (pp. 26-31), Singapore: National Institute of Education. ISSN 2737-5641.
- Rowe, E., Almeda, M. V., Asbell-Clarke, J., Scruggs, R., Baker, R., Bardar, E., & Gasca, S. (2021). Assessing implicit computational thinking in Zoombinis puzzle gameplay. *Computers in Human Behavior*, 120, 106707. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106707>.
- Rushton, S., Juola-Rushton, A., & Larkin, E. (2010). Neuroscience, play and early childhood education: Connections, implications and assessment. *Early Childhood Education Journal*, 37, 351-361. <https://doi.org/10.1007/s10643-009-0359-3>.

- Sanford, J. F., & Naidu, J. T. (2016). Computational thinking concepts for grade school. *Contemporary Issues in Education Research (CIER)*, 9(1), 23-32.
<https://doi.org/10.19030/cier.v9i1.9547>.
- Saqr, M., Ng, K., Oyelere, S. S., & Tedre, M. (2021). People, ideas, milestones: a scientometric study of computational thinking. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 21(3), 1-17. <https://doi.org/10.1145/3445984>.
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational research review*, 22, 142-158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>.
- Sigman, M., Peña, M., Goldin, A. P., & Ribeiro, S. (2014). Neuroscience and education: prime time to build the bridge. *Nature neuroscience*, 17(4), 497-502.
<https://doi.org/10.1038/nn.3672>.
- Sullivan, G. M. (2011). A primer on the validity of assessment instruments. *Journal of graduate medical education*, 3(2), 119-120. <https://doi.org/10.4300/jgme-d-11-00075.1>.
- Sung, W., Ahn, J., & Black, J. B. (2017). Introducing computational thinking to young learners: Practicing computational perspectives through embodiment in mathematics education. *Technology, Knowledge and Learning*, 22, 443-463.
<https://doi.org/10.1007/s10758-017-9328-x>.
- Swaid, S. I. (2015). Bringing computational thinking to STEM education. *Procedia Manufacturing*, 3, 3657-3662. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.761>.
- Tan, C. Y., Lyu, M., & Peng, B. (2020). Academic benefits from parental involvement are stratified by parental socioeconomic status: A meta-analysis. *Parenting*, 20(4), 241-287.
<https://doi.org/10.1080/15295192.2019.1694836>.
- Tang, H., Xu, Y., Lin, A., Heidari, A. A., Wang, M., Chen, H., ... & Li, C. (2020). Predicting green consumption behaviors of students using efficient firefly grey wolf-assisted K-nearest neighbor classifiers. *IEEE Access*, 8, 35546-35562.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2973763>.
- Tengler, K., Kastner-Hauler, O., & Sabitzer, B. (2021, April). Enhancing Computational Thinking Skills using Robots and Digital Storytelling. In *CSEDU (1)* (pp. 157-164).
<https://doi.org/10.5220/0010477001570164>.
- Tsarava, K., Moeller, K., Román-González, M., Golle, J., Leifheit, L., Butz, M. V., & Ninaus, M. (2022). A cognitive definition of computational thinking in primary education. *Computers & Education*, 179, 104425. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104425>.
- Vaz, S., Falkmer, T., Passmore, A. E., Parsons, R., & Andreou, P. (2013). The case for using the repeatability coefficient when calculating test-retest reliability. *PloS one*, 8(9), e73990. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073990>.
- Vujičić, L., Jančec, L., & Mezak, J. (2021). Development of algorithmic thinking skills in early and preschool education. In *EDULEARN21 Proceedings* (pp. 8152-8161). IATED.
<https://doi.org/10.21125/edulearn.2021.1650>.

- Washer, P. (2006). Representations of mad cow disease. *Social science & medicine*, 62(2), 457-466. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2005.06.001>.
- Waterman, K. P., Goldsmith, L., & Pasquale, M. (2020). Integrating computational thinking into elementary science curriculum: An examination of activities that support students' computational thinking in the service of disciplinary learning. *Journal of Science Education and Technology*, 29, 53-64. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09801-y>.
- Werner, L., Denner, J., & Campe, S. (2014). Children programming games: A strategy for measuring computational learning. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 14(4), 1-22. <https://doi.org/10.1145/2677091>.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717-3725. <https://doi.org/10.1109/ipdps.2008.4536091>.
- Wing, J. (2011). Research notebook: Computational thinking—What and why. *The link magazine*, 6, 20-23. Ανακτήθηκε στις 15/1/2023, από: <https://people.cs.vt.edu/~kafura/CS6604/Papers/CT-What-And-Why.pdf>.
- Yang, D., Baek, Y., Ching, Y. H., Swanson, S., Chittoori, B., & Wang, S. (2021). Infusing Computational Thinking in an Integrated STEM Curriculum: User Reactions and Lessons Learned. *European Journal of STEM Education*, 6(1), 4. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/9560>.
- Zevenbergen, R., & Logan, H. (2008). Computer use by preschool children: Rethinking practice as digital natives come to preschool. *Australasian Journal of Early Childhood*, 33(1), 37-44. ISSN 0312-5033.
- Zhang, L., & Nouri, J. (2019). A systematic review of learning computational thinking through Scratch in K-9. *Computers & Education*, 141, 103607. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103607>.
- Zhao, Y. X., Su, M. C., Chou, Z. L., & Lee, J. (2007, January). A puzzle solver and its application in speech descrambling. In *WSEAS International Conference on Computer Engineering and Applications* (pp. 171-176). Ανακτήθηκε στις 15/1/2023, από: https://www.researchgate.net/profile/Mu-Chun-Su/publication/234794266_A_puzzle_solver_and_its_application_in_speech_descrambling.