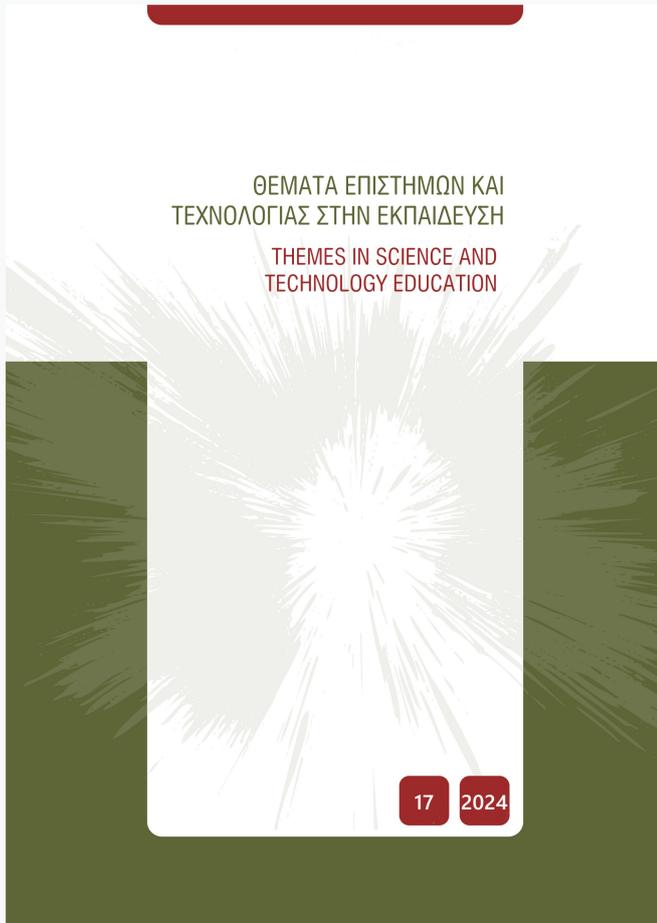


Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση

Τόμ. 17 (2024)



Ενίσχυση του αλγοριθμικού τρόπου σκέψης μέσω διδακτικών παρεμβάσεων Εκπαιδευτικής Ρομποτικής που υποστηρίζονται από εργαλεία οπτικού προγραμματισμού

Νεφέλη Κωστακοπούλου, Ιωάννα Βεκύρη

doi: [10.12681/thete.42219](https://doi.org/10.12681/thete.42219)

Βιβλιογραφική αναφορά:

Κωστακοπούλου Ν., & Βεκύρη Ι. (2024). Ενίσχυση του αλγοριθμικού τρόπου σκέψης μέσω διδακτικών παρεμβάσεων Εκπαιδευτικής Ρομποτικής που υποστηρίζονται από εργαλεία οπτικού προγραμματισμού. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 17, 1–22. <https://doi.org/10.12681/thete.42219>

Ενίσχυση του αλγοριθμικού τρόπου σκέψης μέσω διδακτικών παρεμβάσεων Εκπαιδευτικής Ρομποτικής που υποστηρίζονται από εργαλεία οπτικού προγραμματισμού

Νεφέλη Κωστακοπούλου¹, Ιωάννα Βεκύρη²
nefkst@sch.gr, io.vekiri@euc.ac.cy

¹ Εκπαιδευτικός Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, ΜΠΣ Επιστήμες της Αγωγής, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

² Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Ευρωπαϊκό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Περίληψη. Η παρούσα μελέτη είχε ως σκοπό να διερευνήσει την επίδραση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής (ΕΡ) και των εργαλείων οπτικού προγραμματισμού στην Αλγοριθμική Σκέψη (ΑΣ) μαθητών που φοιτούν στη Β' τάξη του δημοτικού σχολείου. Για τη διεξαγωγή της έρευνας προκρίθηκε ως καταλληλότερο ερευνητικό σχέδιο ο ημι-πειραματικός σχεδιασμός. Την πειραματική ομάδα αποτέλεσαν 16 μαθητές που παρακολούθησαν 13 μαθήματα ΕΡ διάρκειας 90 λεπτών το καθένα και την ομάδα ελέγχου 14 μαθητές που παρακολούθησαν το καθιερωμένο αναλυτικό πρόγραμμα της τάξης τους. Οι μαθητές και των δύο ομάδων απάντησαν σε ένα τεστ προ-ελέγχου (pre-test) και ένα τεστ μετα-ελέγχου (post-test). Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε συμμετοχική παρατήρηση κατά τη διάρκεια όλων των διδακτικών παρεμβάσεων ΕΡ, προκειμένου να διερευνηθεί η πρόοδος των μαθητών και να ενισχυθεί η εγκυρότητα της έρευνας. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως στην πειραματική ομάδα παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική ενίσχυση της ΑΣ, η οποία μπορεί να αποδοθεί στις διδακτικές παρεμβάσεις της ΕΡ. Τέλος, τα εμπειρικά δεδομένα της έρευνας έδειξαν ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας σταδιακά βελτιώθηκαν στο να δημιουργούν αλγόριθμους, καθώς και στο να εκτελούν ακολουθίες πράξεων και λειτουργίες ελέγχου συνθηκών αξιοποιώντας εργαλεία οπτικού προγραμματισμού.

Λέξεις κλειδιά: Αλγοριθμική σκέψη, υπολογιστική σκέψη, εκπαιδευτική ρομποτική, οπτικός προγραμματισμός, πρωτοβάθμια εκπαίδευση

Εισαγωγή

Η Εκπαιδευτική Ρομποτική (ΕΡ) είναι μια παιδαγωγική προσέγγιση που χρησιμοποιείται για την υποστήριξη της μάθησης στους κλάδους STEM (Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική, Μαθηματικά) και περιλαμβάνει τον προγραμματισμό ρομπότ από τους μαθητές (Sullivan & Hefferman, 2016· Uslu et al., 2022). Η ΕΡ βασίζεται σε κονστрукτιβιστικές και κονστραξιονιστικές θεωρητικές προσεγγίσεις, σύμφωνα με τις οποίες οι μαθητές ωφελούνται περισσότερο όταν συμμετέχουν ενεργά σε δραστηριότητες που είναι προσανατολισμένες στην έρευνα και την επίλυση προβλημάτων οι οποίες είναι αυθεντικές και ενδιαφέρουσες για τους ίδιους (Alimisis, 2013· Eguchi, 2017· Ινεπολόγλου, κ.ά., 2021· Sullivan & Hefferman, 2016). Ένα πλεονέκτημα της ΕΡ είναι ότι οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν τις άμεσες επιπτώσεις των προγραμμάτων που δημιουργούν στη συμπεριφορά του ρομπότ τους, γεγονός που τους ωθεί να αναλογιστούν τις ιδέες και τα σχέδιά τους, να επανεξετάσουν τις απόψεις τους και να καταλήξουν στα δικά τους συμπεράσματά (Alimisis & Kynigos, 2009). Τα τελευταία χρόνια το ερευνητικό ενδιαφέρον για την ΕΡ έχει αυξηθεί σημαντικά (Uslu et al., 2022· Xia & Zhong, 2018) και αρκετές μελέτες που

διερεύνησαν τη χρήση της σε μαθητές Α/θμιας Εκπαίδευσης έδειξαν ότι η ΕΡ μπορεί να βελτιώσει τη μάθηση και το ενδιαφέρον για θέματα STEM, καθώς και να υποστηρίξει την ανάπτυξη της Υπολογιστικής Σκέψης (ΥΣ) αλλά και, γενικότερα, την ανάπτυξη εγκάρσιων δεξιοτήτων (Sullivan & Hefferman, 2016· Toh et al., 2016· Uslu et al., 2022· Xia & Zhong, 2018).

Σύμφωνα με τη Wing (2006), η οποία ανέδειξε τη σημασία της ΥΣ και την ανάγκη ενσωμάτωσής της στο σχολικό πρόγραμμα σπουδών, η ΥΣ περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα δεξιοτήτων που είναι χρήσιμες για την επίλυση προβλημάτων σε διάφορους κλάδους πέρα από την Επιστήμη των Υπολογιστών και είναι τόσο θεμελιώδεις όσο η γραφή, η ανάγνωση και η αριθμητική. Εμπειρικές έρευνες στην πρώιμη παιδική ηλικία (Angeli & Valanides, 2020· Bers et al., 2014· García-Valcárcel-Muñoz-Repiso & Caballero-González, 2019· Chaldi & Mantzanidou, 2021) και στο πλαίσιο του δημοτικού σχολείου (Chiazzese et al., 2019· Merino-Armero et al., 2021· Noh & Lee, 2020) έχουν δείξει ότι, όταν χρησιμοποιούνται αναπτυξιακά κατάλληλες δραστηριότητες και εργαλεία, όπως ρομπότ με απτές διεπαφές προγραμματισμού ή οπτικά περιβάλλοντα προγραμματισμού, η ΕΡ μπορεί να βοηθήσει ακόμη και μικρά παιδιά να αναπτύξουν δεξιότητες ΥΣ. Μέχρι στιγμής, ωστόσο, η χρήση οπτικού προγραμματισμού στην ΕΡ και η επίδρασή της τελευταίας στην ανάπτυξη της ΥΣ δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς στις πρώτες τάξεις του δημοτικού σχολείου, καθώς σε αυτήν την ηλικία οι ερευνητές τείνουν να χρησιμοποιούν απτό προγραμματισμό (π.χ. Diago et al., 2021· Ενρίπιδου et al., 2021) ή/και να αξιολογούν την ΥΣ κυρίως μέσω δραστηριοτήτων προγραμματισμού (Macrides et al., 2022). Η παρούσα μελέτη που εξετάζει τη χρήση της ΕΡ στις πρώτες τάξεις του δημοτικού σχολείου αντιμετωπίζει αυτό το κενό.

Θεωρητικό πλαίσιο

Εκπαιδευτική Ρομποτική

Υπάρχουν δύο παιδαγωγικές προσεγγίσεις για τη χρήση των ρομπότ σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα: τα ρομπότ ως μαθησιακό αντικείμενο και τα ρομπότ ως εργαλείο μάθησης (Alimissis & Kynigos, 2019). Η πρώτη προσέγγιση, η οποία είναι γνωστή ως ΕΡ, περιλαμβάνει δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές στην επίλυση προβλημάτων σχετικών με τη ρομποτική, όπως είναι η κατασκευή ρομπότ και ο προγραμματισμός τους. Στη δεύτερη προσέγγιση τα ρομπότ χρησιμοποιούνται ως εργαλεία για την απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων που δε σχετίζονται απαραίτητα με τη ρομποτική, π.χ., ένα ανθρωποειδές ρομπότ μπορεί να βοηθήσει έναν μαθητή να εξασκηθεί στην ομιλία σε μια ξένη γλώσσα (Uslu et al., 2022). Παρόλο που και οι δύο προσεγγίσεις μπορούν να εξυπηρετήσουν αρκετούς μαθησιακούς στόχους (Eguchi, 2017· Uslu et al., 2022), η ΕΡ θεωρείται πιο κατάλληλη για να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων αλλά και νοητικές διεργασίες υψηλού επιπέδου, καθώς σε αυτήν την προσέγγιση το ρομπότ δεν είναι ένα «μαύρο κουτί» με προκαθορισμένες λειτουργίες, αλλά ένα δημιουργήμα που ενθαρρύνει τον έλεγχο υποθέσεων και την εξερεύνηση: οι μαθητές μπορούν να κατασκευάσουν, να χειριστούν και να ελέγξουν τα ρομπότ τους και με τη σειρά τους να λαμβάνουν συνεχή ανατροφοδότηση για τις δραστηριότητές τους (Alimissis & Kynigos, 2019). Η

κατασκευή και ο προγραμματισμός του ρομπότ, επομένως, εναρμονίζονται πλήρως με τις αρχές της επίλυσης προβλημάτων και της σχεδιαστικής μάθησης και μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν σε εκπαιδευτικά σενάρια STEM και STEAM που απαιτούν από τους μαθητές να εργαστούν συνεργατικά ώστε να επιλύσουν προβλήματα του πραγματικού κόσμου (Eguchi, 2017· Sullivan & Hefferman, 2016).

Σήμερα υπάρχουν διαθέσιμα πολλά πακέτα ρομποτικής και περιβαλλόντων προγραμματισμού. Έτσι, η ρομποτική τεχνολογία γίνεται προσβάσιμη σε ερασιτέχνες κατασκευαστές και προγραμματιστές, ακόμη και σε παιδιά πολύ μικρής ηλικίας (Eguchi, 2017· Papadakis, 2020). Τέτοια είναι πακέτα κατασκευής, όπως το LEGO Education WeDo 2.0, τα οποία επιτρέπουν στα παιδιά να κατασκευάζουν με δομικά στοιχεία τα ρομπότ τους και ύστερα να τα προγραμματίζουν, αλλά και προκατασκευασμένα ρομπότ, όπως το Bee-Bot, τα οποία απλώς προγραμματίζονται από τον χρήστη (Papadakis, 2020). Διατίθενται επίσης διάφορες δυνατότητες προγραμματισμού, για την αντιμετώπιση των αναγκών και των δυνατοτήτων όλων των ηλικιακών ομάδων μαθητών (Bers & Horn, 2010). Ως εναλλακτικές σε γλώσσες προγραμματισμού που βασίζονται σε κείμενο, αξιοποιούνται οπτικές γλώσσες και περιβάλλοντα προγραμματισμού, που είναι κατάλληλα όχι μόνο για μαθητές Δημοτικού αλλά και για αρχάριους στον προγραμματισμό μαθητές μεγαλύτερης ηλικίας. Ενώ οι γλώσσες που βασίζονται σε κείμενο απαιτούν από τους προγραμματιστές να γράφουν εντολές χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες λέξεις και αυστηρούς συντακτικούς κανόνες, ο οπτικός προγραμματισμός επιτρέπει στους αρχάριους προγραμματιστές να δημιουργούν προγράμματα με μεταφορά και απόθεση (drag-and-drop) πλακιδίων εντολών, χωρίς τις δυσκολίες των παραδοσιακών γλωσσών προγραμματισμού (Resnick et al., 2009). Επιπλέον, τα μικρά παιδιά, που είναι αρχάριοι αναγνώστες και οι λεπτές κινητικές τους δεξιότητες δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί πλήρως για την πλοήγηση σε ένα οπτικό περιβάλλον προγραμματισμού, μπορούν να χρησιμοποιήσουν απτά ρομπότ ή ρομπότ με απτές διεπαφές προγραμματισμού, στα οποία οι εντολές αναπαρίστανται με φυσικά αντικείμενα και εικόνες (Angeli & Valanides, 2020· Bers & Horn 2010). Ένα παράδειγμα του πρώτου είναι το Bee-Bot, το οποίο μπορεί να προγραμματιστεί μέσω ενός σετ κουμπιών που έχει στην πλάτη του, και ένα παράδειγμα του δεύτερου είναι το Cubetto που μπορεί να προγραμματιστεί τοποθετώντας ξύλινα μπλοκ εντολών σε ξύλινο πίνακα προγραμματισμού (Papadakis, 2020).

Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον για την εκπαιδευτική χρήση των ρομπότ έχει αυξηθεί σημαντικά (Eguchi, 2014· Xia & Zhong, 2018), ενώ παράλληλα παρατηρείται σε όλον τον κόσμο μια σταθερή αύξηση πρωτοβουλιών εκπαιδευτικής πολιτικής που στοχεύουν στην προώθηση της ΥΣ για την προετοιμασία των μαθητών για το μέλλον (Hsu et al., 2019). Ωστόσο, αν και στην Ευρώπη καθώς και σε άλλα μέρη του κόσμου υπάρχει πολλαπλασιασμός των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που οργανώνονται από κρατικούς, πανεπιστημιακούς και μη κυβερνητικούς οργανισμούς, όπως θεματικά εργαστήρια, τοπικά συνέδρια, τοπικά ή διεθνή τουρνουά, λέσχες εξωσχολικής ρομποτικής και προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης για εκπαιδευτικούς, η ΕΡ δεν έχει εισαχθεί με συστηματικό τρόπο στα σχολικά προγράμματα (Alimissis, 2013· Tzagkaraki et al., 2021). Στην Ελλάδα, το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΑΠΣ) της Α/θμιας Εκπαίδευσης συνιστά τη χρήση ΕΡ και

οπτικού προγραμματισμού με τη χρήση εργαλείων όπως το Scratch στην Ε' και στη Στ' τάξη του δημοτικού. Επιπλέον, μια νέα ενότητα εμπλουτισμού με τίτλο «Εργαστήρια Δεξιοτήτων» ενσωματώθηκε πρόσφατα στο ΑΠΣ της Α/θμιας και Β/θμιας Εκπαίδευσης και περιλαμβάνει την ΕΡ ως ένα από τα γνωστικά της πεδία.

Υπολογιστική Σκέψη και Αλγοριθμική Σκέψη

Γνωστή ως αλγοριθμική σκέψη στις δεκαετίες του 1950 και του 1960 (Denning, 2009), η ΥΣ ορίστηκε αρχικά (Wing, 2006) ως η εφαρμογή των εννοιών της Επιστήμης των Υπολογιστών στην επίλυση προβλημάτων, τον σχεδιασμό συστημάτων και τη μελέτη της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Το περιεχόμενο της έννοιας επανεξετάστηκε και διευρύνθηκε (Grover & Pea, 2013· Kafai & Proctor, 2022) αλλά η συζήτηση εξακολουθεί να εξελίσσεται, χωρίς να έχει προκύψει ένας κοινά αποδεκτός και σαφής ορισμός των διαστάσεων της ΥΣ (Shute et al., 2017· Tang et al., 2020). Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η ΥΣ περιλαμβάνει τις ακόλουθες συνιστώσες, χωρίς όμως να περιορίζεται σε αυτές: ανάλυση προβλημάτων σε υπο-προβλήματα, διαχείριση δεδομένων (συλλογή, αναπαράσταση και ανάλυση δεδομένων), έλεγχος υποθέσεων, κατανόηση και ανάπτυξη λύσεων μέσω αλγορίθμων, εκσφαλμάτωση (debugging), αφαίρεση (γενίκευση προτύπων προβλημάτων για την αντιμετώπιση παρόμοιων καταστάσεων) και παραλληλισμό (Barr & Stephenson, 2011· Grover & Pea, 2013· Shute et al., 2017). Δεδομένης της έλλειψης ενός κοινά αποδεκτού ορισμού της ΥΣ, δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι η αξιολόγηση της ΥΣ έχει επίσης χαρακτηριστεί από τη χρήση διαφορετικών εργαλείων και προσεγγίσεων, οι οποίες περιλαμβάνουν έρευνες που διερευνούν στάσεις απέναντι στην ΥΣ, ερωτηματολόγια αυτοαναφοράς που εξετάζουν τις αντιλήψεις των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην ΥΣ, τεστ που μετρούν τις έννοιες και τις δεξιότητες προγραμματισμού και την αξιολόγηση των προϊόντων, δηλαδή των προγραμμάτων, που κατασκευάζουν οι μαθητές, συχνά σε συνδυασμό με συνεντεύξεις μαθητών (Shute et al., 2017· Tang et al., 2020). Επίσης, στην πρόσφατη ανασκόπησή τους οι Tang et al. (2020) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, λόγω της ασυμφωνίας για τον ορισμό της ΥΣ, υπάρχει σύγχυση αναφορικά με τις διαστάσεις της ΥΣ που αξιολογούνται κάθε φορά και τόνισαν την ανάγκη ανάπτυξης ενός θεωρητικού πλαισίου που θα οργανώνει τη βιβλιογραφία. Οι Tsukamoto et al. (2017) προτείνουν πως ένας τρόπος διερεύνησης της ΥΣ θα μπορούσε να είναι η εξέταση κάθε μεμονωμένης διάστασης της ξεχωριστά.

Βασική έννοια της ΥΣ είναι η Αλγοριθμική Σκέψη (ΑΣ), η οποία ορίζεται ως το σύνολο των ικανοτήτων που σχετίζονται με την κατασκευή και την κατανόηση αλγορίθμων (Futschek & Moschitz, 2011· Katai, 2014). Οι δεξιότητες ΑΣ αφορούν στην ανάλυση και τον σαφή προσδιορισμό ενός προβλήματος, στη χρήση κατάλληλων μεθόδων για την επίλυσή του, στον σχεδιασμό του σωστού αλγορίθμου, δηλαδή τη σειρά βημάτων που θα οδηγήσουν στο επιθυμητό αποτέλεσμα, στην εξέταση όλων των πιθανών λύσεων ενός προβλήματος και στη βελτίωση της αποδοτικότητας του αλγορίθμου (Futschek & Moschitz, 2011). Οι βασικές προγραμματιστικές δομές ενός αλγορίθμου είναι η ακολουθία πράξεων (εντολές που εκτελούνται σειριακά), ο έλεγχος συνθηκών (επιλογή ανάμεσα σε εναλλακτικές ακολουθίες εντολών) και η επανάληψη (εντολές ή ομάδες εντολών που επαναλαμβάνονται) (Grover et al., 2015· Tsukamoto et al., 2017). Ένας από τους τρόπους αναπαράστασης ενός αλγορίθμου είναι η αξιοποίηση μιας σύγχρονης γλώσσας προγραμματισμού. Για τους αρχάριους προγραμματιστές, η

γλώσσα προγραμματισμού θα πρέπει να είναι υψηλού επιπέδου, δηλαδή να χρησιμοποιεί λεξιλόγιο που είναι κοντά στη φυσική γλώσσα, για να τους βοηθήσει να επικεντρωθούν στη δημιουργία ενός αλγορίθμου. Εργαλεία οπτικού προγραμματισμού βασισμένα σε πλακίδια έχουν σχεδιαστεί ως εναλλακτικές στις γλώσσες που βασιζονται σε κείμενο, προκειμένου να ανταποκρίνονται στις ανάγκες των μαθητών του δημοτικού. Τέτοιου είδους γλώσσες και περιβάλλοντα προγραμματισμού επιτρέπουν στους μαθητές να δημιουργούν απλά προγράμματα επιλέγοντας και συνδυάζοντας πλακίδια εντολών, χωρίς να αναλώνονται στο πώς να γράφουν κώδικα ή στο πώς συντάσσονται οι εντολές (Resnick et al., 2009).

Η έρευνα για την επίδραση της ΕΡ στην ανάπτυξη ΥΣ των μαθητών μικρής ηλικίας

Αρκετές μελέτες έχουν εξετάσει την επίδραση της ΕΡ στην ανάπτυξη της ΥΣ μικρών παιδιών. Όπως προκύπτει από τη μελέτη της βιβλιογραφίας (π.χ. επισκόπηση των Macrides et al., 2022), οι περισσότερες μελέτες επικεντρώθηκαν σε παιδιά προσχολικής ηλικίας ενώ οι έρευνες που συμπεριέλαβαν μαθητές 7-8 ετών είναι περιορισμένες. Επίσης, στις μελέτες μαθητών προσχολικής (π.χ. Angeli & Valanides, 2020· Bers et al., 2014· Chen et al., 2017· García-Valcárcel-Muñoz-Repiso & Caballero-González, 2019) και πρώτης σχολικής ηλικίας (π.χ. Diago et al., 2021) η κυρίαρχη τάση ήταν να χρησιμοποιούνται απτά ρομπότ ή ρομπότ με προγραμματισμό απτής ή μικτής διεπαφής, ενώ ρομπότ προγραμματισμένα αποκλειστικά με εργαλεία οπτικού προγραμματισμού χρησιμοποιήθηκαν κυρίως σε μαθητές που φοιτούσαν στις τελευταίες τάξεις του δημοτικού σχολείου (π.χ., Fanchamps et al., 2021· Chen et al., 2017· Ινεπολόγλου, κ.ά., 2021· Noh & Lee, 2020· Usengül & Bahçeci, 2020), αν και μερικά από τα εργαλεία αυτά προτείνονται και για μικρότερα παιδιά που φοιτούν στις πρώτες τάξεις του δημοτικού σχολείου (Papadakis, 2020· Resnick et al., 2009). Υπάρχουν ωστόσο μελέτες που εξέτασαν τη χρήση εργαλείων οπτικού προγραμματισμού (κυρίως της γλώσσας ScratchJr) από παιδιά ηλικίας 5-7 ετών, όχι απαραίτητα στο πλαίσιο δραστηριοτήτων ΕΡ (για μια πρόσφατη βιβλιογραφική επισκόπηση βλ. Papadakis, 2021). Από αυτές τις μελέτες φάνηκε ότι μικρά παιδιά μπορούν να κατακτήσουν βασικές έννοιες προγραμματισμού και να ολοκληρώσουν αρκετές προγραμματιστικές δραστηριότητες με χρήση απλών οπτικών γλωσσών, αν και υπάρχουν ενδείξεις ότι ο προγραμματισμός απτής διεπαφής μπορεί να είναι πιο κατάλληλος για αυτές τις ηλικίες (Pugnali et al., 2017).

Πολλές μελέτες έδειξαν ότι η ΕΡ και ο προγραμματισμός μπορούν να έχουν θετικό αντίκτυπο στην κατανόηση των εννοιών προγραμματισμού και στην ανάπτυξη της ΥΣ όχι μόνο σε μαθητές των τελευταίων τάξεων του δημοτικού (Chen et al., 2017· Fanchamps et al., 2021· Tsukamoto et al., 2017) αλλά ακόμη και σε παιδιά προσχολικής ηλικίας (Angeli & Valanides, 2020· Berrs et al., 2014· Chaldi & Mantzanidou, 2021· García-Valcárcel-Muñoz-Repiso & Caballero-González, 2019). Ωστόσο, η αξιολόγηση της ανάπτυξης της ΥΣ φαίνεται να αποτελεί πρόκληση για τους ερευνητές καθώς δεν υπάρχει κοινά αποδεκτός ορισμός της στη βιβλιογραφία (Barr & Stephenson, 2011· Tang et al., 2020). Επίσης, οι μελέτες που περιλάμβαναν μικρά παιδιά έτειναν να αξιολογούν την ΥΣ με ολιστικό τρόπο (π.χ., Angeli & Valanides, 2020· Chaldi & Mantzanidou, 2021) ή να αξιολογούν μόνο συγκεκριμένες δεξιότητες που περιλαμβάνονται στην ΥΣ, όπως η ακολουθία εντολών (Bers et al., 2014· Diago et al., 2021). Τέλος, η αξιολόγηση της ΥΣ έχει γίνει πολλές φορές με έργα που αφορούσαν

αποκλειστικά τον προγραμματισμό (π.χ. έργα “Solve-Its”, βλ. Macrides et al., 2022) ή/και την κατανόηση και χρήση συγκεκριμένων εντολών (π.χ. Porterlance et al., 2016), τα οποία όμως δε βοηθούν στο να εκτιμηθεί ο βαθμός μεταβίβασης των δεξιοτήτων προγραμματισμού σε άλλα πλαίσια επίλυσης προβλήματος.

Στην παρούσα μελέτη υιοθετήθηκε η πρόταση των Tsukamoto et al. (2017), η οποία προτείνει να εξετάζεται κάθε μεμονωμένη διάσταση της ΥΣ ξεχωριστά, εστιάζοντας αυτή τη φορά στην ΑΣ, η οποία είναι βασική έννοια της ΥΣ (Wing, 2006). Η ακολουθία πράξεων, ο έλεγχος συνθηκών και οι λειτουργίες σε επανάληψη είναι θεμελιώδεις έννοιες της ΑΣ, στις οποίες δίνεται έμφαση στα ΑΠΣ της Α/θμιας εκπαίδευσης (Kong & Lai, 2022). Σε αυτές τις έννοιες δόθηκε έμφαση και στις 13 εβδομάδες του προγράμματος ΕΡ της παρούσας έρευνας. Η μελέτη αντιμετωπίζει ένα κενό στη βιβλιογραφία καθώς εξετάζει εάν οι μαθητές της Α/θμιας Εκπαίδευσης μπορούν να επωφεληθούν από δραστηριότητες ΕΡ που υποστηρίζονται από οπτικά περιβάλλοντα προγραμματισμού και διερευνά τον αντίκτυπο αυτών των μαθησιακών εμπειριών στην ανάπτυξη της ΑΣ των μαθητών, εξετάζοντας όχι μόνο τις προγραμματιστικές τους δεξιότητες αλλά και τη χρήση αυτών των δεξιοτήτων σε άλλα πλαίσια επίλυσης προβλήματος. Επιπλέον, δεδομένου ότι οι περισσότερες σχετικές μελέτες ήταν ποσοτικές (πειραματικές ή οιονεί πειραματικές), χρησιμοποιήσαμε μια προσέγγιση μικτών μεθόδων, θεωρώντας ότι οι ποιοτικές παρατηρήσεις θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην ορθότερη ερμηνεία του τρόπου με τον οποίο οι μαθητές αυτής της ηλικιακής ομάδας ανταποκρίνονται στον οπτικό προγραμματισμό και, ως εκ τούτου, να συμβάλουν στην εγκυρότητα της έρευνας. Η μελέτη διερευνήσε τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

1. Ενισχύεται η ανάπτυξη της αλγοριθμικής σκέψης (ακολουθίες πράξεων, λειτουργίες ελέγχου συνθηκών και λειτουργίες επανάληψης) των μαθητών Β' τάξης δημοτικού μέσω δραστηριοτήτων ΕΡ που υποστηρίζονται από εργαλεία οπτικού προγραμματισμού;
2. Είναι ικανοί οι μαθητές της Β' τάξης δημοτικού να χρησιμοποιήσουν ακολουθίες πράξεων καθώς και δομές ελέγχου και επανάληψης, προκειμένου να προγραμματίσουν επιτυχώς ένα ρομπότ σε οπτικό περιβάλλον προγραμματισμού;

Μεθοδολογία έρευνας

Ερευνητικός σχεδιασμός και συμμετέχοντες

Η παρούσα έρευνα ήταν μια μελέτη μικτών μεθόδων, η οποία χρησιμοποίησε ένα οιονεί πείραμα και ποιοτική παρατήρηση για τη μελέτη του πρώτου και του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος, αντίστοιχα. Οι συμμετέχοντες ήταν 30 μαθητές της Β' τάξης δημοτικού (7 ετών) που ανήκαν σε φυσικές ομάδες. Δεκαέξι από αυτούς (12 αγόρια και 4 κορίτσια) σχημάτισαν την πειραματική ομάδα. Επρόκειτο για παιδιά που εγγράφηκαν σε ένα πρόγραμμα ΕΡ μετά το σχολείο, το οποίο παρακολούθησαν σε μικρές ομάδες των 5-6 παιδιών. Το πρόγραμμα διδάχθηκε από μία από τις ερευνήτριες σε ιδιωτικό εκπαιδευτικό ίδρυμα που παρέχει προγράμματα τα οποία προωθούν τη μάθηση για το STEM, τη ρομποτική και την τεχνολογία και βρίσκεται σε μια πόλη της

Δυτικής Ελλάδας. Η ομάδα ελέγχου περιλάμβανε 14 μαθητές (10 αγόρια και 4 κορίτσια), οι οποίοι φοιτούσαν σε δημόσιο δημοτικό σχολείο της ίδιας περιοχής και δε συμμετείχαν σε καμία δραστηριότητα ΕΡ. Αν και αυτό ήταν ένα δείγμα ευκολίας, δόθηκε προσοχή κατά τη διαδικασία επιλογής έτσι ώστε οι μαθητές και στις δύο ομάδες να μην είχαν προηγούμενη εμπειρία σε οπτικό προγραμματισμό και στον εξοπλισμό ρομποτικής Lego Education WeDo 2.0. Για τη συμμετοχή των μαθητών της πειραματικής ομάδας στην έρευνα λήφθηκε άδεια από τους γονείς τους, ενώ για τους μαθητές της ομάδας ελέγχου λήφθηκε άδεια από τον διευθυντή του σχολείου, σύμφωνα με τις ισχύουσες υποδείξεις του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής.

Ερευνητικά εργαλεία

Για την εξέταση των προηγούμενων εμπειριών των μαθητών δημιουργήθηκε ένα απλό ερωτηματολόγιο, λαμβάνοντας υπόψη την ηλικία των μαθητών και τις δεξιότητες ανάγνωσής τους. Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις σύντομες ερωτήσεις για να εξεταστεί εάν οι μαθητές είχαν προηγούμενη εμπειρία με τον οπτικό προγραμματισμό και την ΕΡ. Οι δύο πρώτες ερωτήσεις δέχονταν απάντηση με ναι ή όχι, και αφορούσαν το αν οι μαθητές είχαν χρησιμοποιήσει ρομπότ στο σχολείο ή εκτός σχολείου. Σε περίπτωση θετικής απάντησης, με την τρίτη ερώτηση οι μαθητές καλούνταν να δείξουν ποιο/α ρομπότ είχαν χρησιμοποιήσει κυκλώνοντας μία ή περισσότερες σχετικές εικόνες, ενώ η τέταρτη ερώτηση έδινε τη δυνατότητα στους μαθητές να δώσουν μια σύντομη απάντηση σε περίπτωση που είχαν χρησιμοποιήσει ένα ρομπότ που δεν περιλαμβανόταν ως επιλογή στην προηγούμενη ερώτηση.

Για την αξιολόγηση της προόδου των μαθητών χρησιμοποιήθηκε το ίδιο τεστ πριν και μετά την παρέμβαση. Βασίστηκε στο όργανο που αναπτύχθηκε από τους Tsukamoto et al. (2017) αλλά τροποποιήθηκε για να είναι κατάλληλο για μαθητές της Β' τάξης δημοτικού. Περιλάμβανε 3 ασκήσεις (Σχήμα 1), καθεμία από τις οποίες στόχευε μια πτυχή της ΑΣ. Η πρώτη ζητούσε από τους μαθητές να εκτελέσουν μια ακολουθία πράξεων που περιλάμβαναν την πρόσθεση και την αφαίρεση πορτοκαλιών και μήλων και να υπολογίσουν τον τελικό αριθμό τους στο καλάθι. Η δεύτερη εργασία στόχευε στην κατανόηση και την εκτέλεση λειτουργιών ελέγχου συνθηκών. Από τους μαθητές ζητήθηκε να σβήσουν επανειλημμένα 3 από τις καρτέλες που φαίνονται στην εικόνα μέχρι να πληρούνταν μια συγκεκριμένη συνθήκη και στη συνέχεια να μετρήσουν τα υπόλοιπα κομμάτια. Η τρίτη εργασία επικεντρώθηκε σε επαναληπτικές πράξεις και ζητούσε από τους μαθητές να δημιουργήσουν ένα σχέδιο που περιλάμβανε την εκτέλεση δύο επαναλήψεων, η μία από τις οποίες ήταν εμφωλευμένη στην άλλη.

Ερευνητική διαδικασία

Πριν από την έναρξη της παρέμβασης, η οποία πραγματοποιήθηκε από τον Σεπτέμβριο του 2021 έως τον Δεκέμβριο του 2021, όλοι οι μαθητές απάντησαν στο ερωτηματολόγιο προηγούμενων εμπειριών και στο τεστ προ-ελέγχου, που απαιτούσαν περίπου 10 και 40 λεπτά αντίστοιχα. Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες στην πειραματική ομάδα παρακολούθησαν 13 συνεδρίες ΕΡ σε μικρές ομάδες των 5-6 μαθητών, οι οποίες προσφέρονταν σε εβδομαδιαία βάση με διάρκεια 90 λεπτά η καθεμία. Οι μαθητές της ομάδας ελέγχου δε συμμετείχαν σε καμία δραστηριότητα ρομποτικής ή προγραμματισμού. Μετά την ολοκλήρωση των 13 συνεδριών της πειραματικής ομάδας, όλοι οι μαθητές απάντησαν στο τεστ μετα-ελέγχου.

Δραστηριότητα 1

Σε ένα καλάθι υπάρχουν 3 μήλα. 

Βγάζω από το καλάθι 2 μήλα. $-$ 

Βάζω στο καλάθι 5 πορτοκάλια. $+$ 

Βάζω στο καλάθι 4 μήλα. $+$ 

Βγάζω από το καλάθι 3 πορτοκάλια. $-$ 

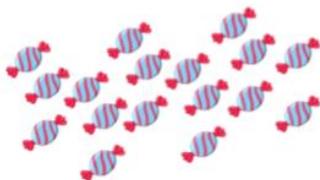
Πόσα μήλα και πόσα πορτοκάλια υπάρχουν τώρα στο καλάθι;

Απάντηση: _____



Δραστηριότητα 2

Σβήσε 3 καραμέλες και μέτρα πόσες έμειναν.
Κάνε το ίδιο μέχρι να μείνουν λιγότερες από 10 καραμέλες.



Πόσες καραμέλες έμειναν;

Απάντηση: _____

Δραστηριότητα 3

Ποιο μοτίβο θα δημιουργηθεί αν ακολουθήσεις τις παρακάτω οδηγίες;

Ζωγράφισε μια . Μετά πήγαινε 1 τετραγωνάκι δεξιά.

Κάνε το ίδιο 3 φορές.

Μετά πήγαινε 1 τετραγωνάκι κάτω.

Κάνε το ίδιο 3 φορές.

Απάντηση:

Σχήμα 1. Οι τρεις ασκήσεις του τεστ προ-μετα-ελέγχου

Το τεστ χορηγήθηκε και τις δύο φορές από την εκπαιδευτικό-ερευνήτρια, η οποία διάβασε τις ερωτήσεις στους μαθητές, τους επέβλεπε για να βεβαιωθεί ότι απάντησαν ανεξάρτητα και περίμενε έως ότου όλοι οι μαθητές ολοκληρώσουν μια άσκηση πριν προχωρήσει στην επόμενη. Οι μαθητές μπορούσαν να κρατήσουν σημειώσεις χρησιμοποιώντας τον κενό χώρο κάτω από κάθε δραστηριότητα του τεστ.

Εκτός από τα ποσοτικά δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσω του τεστ προ-μετα-ελέγχου, κατά τη διάρκεια των 12 συνεδριών ΕΡ (συνεδρίες 2 έως 13) η εκπαιδευτικός-ερευνήτρια πραγματοποίησε παρατηρήσεις των μαθητών της πειραματικής ομάδας, για να απαντηθεί το 2^ο ερευνητικό ερώτημα. Συγκεκριμένα, για κάθε μαθητή η ερευνήτρια διατηρούσε σημειώσεις που περιέγραφαν α) την κατανόηση των νέων καθώς και παλαιότερων πλακιδίων προγραμματισμού που διδάσκονταν οι μαθητές, β) την ανάπτυξη του αλγορίθμου που ανέπτυξε ο μαθητής για το υπό μελέτη πρόβλημα, γ) τις καταστάσεις στις οποίες ο μαθητής χρειαζόταν βοήθεια, και δ) την ικανότητα του μαθητή να αξιολογεί και να βελτιώνει τον αλγόριθμο που δημιούργησε.

Επιπλέον, σε κάθε συνεδρία η ερευνήτρια αποθήκευε στιγμιότυπα οθόνης του/των προγράμματος/ων κάθε μαθητή.

Δραστηριότητες προγραμματισμού

Κατά τη διάρκεια των 13 συνεδριών ΕΡ διάρκειας 90 λεπτών, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας συμμετείχαν σε μαθησιακές δραστηριότητες που βασίστηκαν στο εκπαιδευτικό υλικό που δημιούργησε η LEGO. Σε κάθε συνεδρία οι μαθητές έπρεπε να δημιουργήσουν ένα πρόγραμμα που θα μπορούσε να τους βοηθήσει να εξερευνήσουν μια κατάσταση. Η εκπαιδευτικός-ερευνήτρια παρείχε μια σύντομη εισαγωγή στο επιστημονικό θέμα και την περιγραφή του προβλήματος που πρέπει να λυθεί. Στη συνέχεια οι μαθητές χρησιμοποιούσαν τις οδηγίες LEGO WeDo 2.0 για να κατασκευάσουν τα ρομπότ τους και έπειτα τα προγραμματίζαν, δοκίμαζαν το πρόγραμμά τους και έκαναν τις βελτιώσεις που χρειαζόνταν είτε στο ρομπότ είτε στον προγραμματισμό. Στις τρεις πρώτες συνεδρίες, οι μαθητές εξοικειώθηκαν με τα μηχανικά μέρη των ρομπότ τους και με το οπτικό περιβάλλον προγραμματισμού και εξέτασαν τη χρήση των ρομπότ στην επιστημονική εξερεύνηση απομακρυσμένων τόπων. Σε καθεμία από τις δέκα επόμενες συνεδρίες οι μαθητές δημιούργησαν ένα νέο πρόγραμμα για τα ρομπότ τους ώστε να εξερευνήσουν διάφορα επιστημονικά θέματα όπως δυνάμεις, ταχύτητα, σεισμούς, εξέλιξη ενός βατράχου, πρόληψη πλημμύρας και ανακύκλωση. Μετά τις εισαγωγικές συνεδρίες, τις περισσότερες φορές η δημιουργία ενός αποτελεσματικού αλγορίθμου απαιτούσε και τις τρεις πτυχές της αλγοριθμικής σκέψης: ακολουθία πράξεων, έλεγχο συνθηκών και εντολές σε επανάληψη.

Αξιολόγηση της απόδοσης των μαθητών στο τεστ προ-μετα-ελέγχου

Για την αξιολόγηση της προόδου των μαθητών στις 3 ασκήσεις του τεστ προ-μετα-ελέγχου αναπτύχθηκε μια αναλυτική ρουμπρίκα αξιολόγησης, καθώς αυτός ο τύπος προτιμάται συνήθως όταν απαιτείται μια συνεπής και δίκαιη αξιολόγηση επιδόσεων (Nitko, οπ. ανάφ στο Mertler, 2000). Για την κάθε άσκηση στόχος ήταν, μέσω μιας αρχικής κατανόησης των λαθών των παιδιών και κατάταξης ενός υποσύνολου απαντήσεων, να προσδιοριστούν με σαφήνεια όλα τα επίπεδα επίδοσης ώστε να αναγνωρίζεται η ποιοτική διαφοροποίηση μεταξύ των απαντήσεων διαφορετικών μαθητών. Αρχικά, λοιπόν, χρησιμοποιήθηκαν ψευδώνυμα για τους μαθητές έτσι ώστε μία από τις ερευνήτριες, που δε συμμετείχε στη συλλογή δεδομένων, να μπορεί να βαθμολογήσει κάθε τεστ χωρίς να γνωρίζει την ομάδα στην οποία ανήκε ο μαθητής και αν επρόκειτο για το αρχικό ή για το τελικό τεστ. Αφού εξέτασαν τις απαντήσεις των μαθητών για ένα υποσύνολο (40%) τεστ, οι ερευνήτριες ανέπτυξαν συνεργατικά την πρώτη έκδοση της ρουμπρίκας, τη χρησιμοποίησαν ανεξάρτητα για να αξιολογήσουν αυτά τα τεστ και στη συνέχεια εξέτασαν περιστατικά διαφωνίας για να βελτιώσουν τη ρουμπρίκα. Τέλος, όλα τα τεστ βαθμολογήθηκαν ξανά και από τις δύο ερευνήτριες χρησιμοποιώντας την τελική έκδοση της ρουμπρίκας (βλ. Πίνακα 1) και η αξιοπιστία μεταξύ αξιολογητών έφτασε το 100%.

Πίνακας 4. Κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων για την αξιολόγηση της αλγοριθμικής σκέψης

Άσκηση	Διαβάθμιση ποιότητας απαντήσεων						
	0	1	2	3	4	5	6
1	Δεν υπάρχει απάντηση ή δεν είναι καθόλου κατανοητή.	Υπάρχει λάθος και στους δύο αλγορίθμους και λάθος στις πράξεις.	Υπάρχουν δύο λάθη/παραλείψεις στον αλγόριθμο.	Υπάρχει ένα λάθος/παραλείψη στον αλγόριθμο.	Υπάρχει ένα λάθος στις πράξεις.	Υπολογίζεται σωστά το αποτέλεσμα για το σύνολο των φρούτων.	Υπολογίζεται σωστά το αποτέλεσμα και για τα μήλα και για τα πορτοκάλια.
2	Δεν υπάρχει απάντηση ή δεν έγινε καθόλου κατανοητή.	Σβήνεται τριάδα ή τριάδες, αλλά δεν ικανοποιείται καθόλου η συνθήκη (οι καραμέλες είναι περισσότερες από 10). Γίνεται σωστή καταμέτρηση για τις καραμέλες που μένουν.	Δε σβήνονται τριάδες, αλλά η διαδικασία σταματά μόλις ικανοποιηθεί η συνθήκη (οι καραμέλες είναι λιγότερες από 10). Γίνεται σωστή καταμέτρηση για τις καραμέλες που μένουν.	Σβήνονται τριάδες, αλλά ικανοποιείται εν μέρει η συνθήκη (η διαδικασία συνεχίζεται και αφού ικανοποιηθεί η συνθήκη). Γίνεται σωστή καταμέτρηση για τις καραμέλες που μένουν.	Σβήνονται τριάδες, ικανοποιείται η συνθήκη, αλλά γίνεται λάθος καταμέτρηση για τις καραμέλες που μένουν.	Σβήνονται τριάδες και η διαδικασία σταματά μόλις ικανοποιηθεί η συνθήκη. Το αποτέλεσμα που ανακοινώνεται είναι σωστό.	
3	Δεν υπάρχει απάντηση ή δεν έγινε καθόλου κατανοητή.	Εκτελείται το σύνολο του αλγορίθμου με 2 ή περισσότερα μη συστηματικά λάθη και στις 2 επαναλήψεις.	Εκτελείται σωστά η επανάληψη ή εκτελείται μία φορά η εμφωλευμένη επανάληψη.	Εκτελείται το σύνολο του αλγορίθμου με τρία συνολικά λάθη και στις 2 επαναλήψεις (στις εντολές των 2 επαναλήψεων ή στον αριθμό των επαναλήψεων).	Εκτελείται το σύνολο του αλγορίθμου με 2 συνολικά λάθη και στις 2 επαναλήψεις (στις εντολές των δύο επαναλήψεων ή στον αριθμό των επαναλήψεων).	Εκτελείται το σύνολο του αλγορίθμου με ένα λάθος στην εκτέλεση της επανάληψης ή με ένα λάθος στην εμφωλευμένη επανάληψη.	Εκτελείται το σύνολο του αλγορίθμου χωρίς λάθη ή με ένα μόνο λάθος στην αρχή.

Αποτελέσματα έρευνας

Ερωτηματολόγιο εμπειριών

Με βάση τις απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο εμπειριών, κανένας από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου δεν είχε εμπειρία με την ΕΡ. Αντίθετα, οι περισσότεροι μαθητές της πειραματικής ομάδας (83,75%) είχαν κάποια σχετική εμπειρία, κυρίως από δραστηριότητες μετά το σχολείο. Ωστόσο, είχαν χρησιμοποιήσει μόνο ρομπότ παιχνίδια και από προγραμματισμό (π.χ. Beebot, Cubetto) και κανένας από αυτούς δεν είχε προηγούμενη εμπειρία με τον εξοπλισμό Lego Education WeDo 2.0 και τον οπτικό προγραμματισμό.

Τεστ προ-μετα-ελέγχου

Για την ανάλυση δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν έξι μεταβλητές, οι οποίες αντιστοιχούν στην επίδοση των μαθητών στις τρεις ασκήσεις του τεστ προ-ελέγχου και τις τρεις ασκήσεις του τεστ μετα-ελέγχου. Εξετάστηκαν οι διαφορές επίδοσης μεταξύ των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου, καθώς και οι διαφορές εντός της κάθε ομάδας μεταξύ του τεστ προ-ελέγχου και του τεστ μετα-ελέγχου. Με βάση την τιμή του τεστ Kolmogorov-Smirnov, η υπόθεση της κανονικότητας δεν ικανοποιήθηκε για καμία από αυτές τις μεταβλητές. Έτσι, τα τεστ Wilcoxon sign rank και Mann-Whitney χρησιμοποιήθηκαν για την εξέταση, αντίστοιχα, των διαφορών εντός της κάθε ομάδας και μεταξύ των ομάδων. Τα αποτελέσματα (μέσος όρος και η τοπική απόκλιση) των ασκήσεων του τεστ προ-ελέγχου και μετα-ελέγχου για τις δύο ομάδες μαθητών παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 1. Σύνοψη των βαθμολογιών επίδοσης των μαθητών

	n	Άσκηση 1		Άσκηση 2		Άσκηση 3	
		M.O.	T.A.	M.O.	T.A.	M.O.	T.A.
<i>Ομάδα ελέγχου</i>							
Προ-έλεγχος	14	3.7	2.16	3.3	1.92	1.1	0.73
Μετα-έλεγχος	14	3.9	2.74	2.2	1.63	1.5	1.29
<i>Πειραματική ομάδα</i>							
Προ-έλεγχος	16	3.8	2.20	3.3	1.92	1.4	1.26
Μετα-έλεγχος	16	6.0	0.00	5.0	0.00	2.9	1.86

Πίνακας 2. Αποτελέσματα του ελέγχου Wilcoxon για τις διαφορές μεταξύ των τεστ προ-ελέγχου και μετα-ελέγχου εντός των ομάδων

	n	Άσκηση 1		Άσκηση 2		Άσκηση 3	
		T	p value	T	p value	T	p value
<i>Ομάδες</i>							
Ελέγχου	14	5.75	0.893	4.38	0.089	3.00	0.340
Πειραματική	16	0	0.005	0	0.007	6.50	0.012

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3, δεν υπήρχαν διαφορές στο τεστ προ-ελέγχου και μετα-ελέγχου των μαθητών της ομάδας ελέγχου στις 3 ασκήσεις ($r = -0,025$ για τη δραστηριότητα 1, $r = -0,32$ για τη δραστηριότητα 2 και $r = -0,18$ για τη δραστηριότητα 3). Ωστόσο, για τους μαθητές της πειραματικής ομάδας ίσχυε το αντίθετο: η επίδοσή

τους ήταν σημαντικά υψηλότερη στο τεστ μετά-ελέγχου από ό,τι στο τεστ προ-ελέγχου και το μέγεθος της επίδρασης ήταν μεσαίο προς μεγάλο ($r = -0,50$ για τη δραστηριότητα 1, $r = -0,48$ για τη δραστηριότητα 2, και $r = -0,44$ για τη δραστηριότητα 3). Επιπλέον, όπως δείχνει ο Πίνακας 4, δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές επίδοσης μεταξύ των δύο ομάδων στο τεστ προ-ελέγχου ($r = -0,02$ για τη δραστηριότητα 1, $r = -0,01$ για τη δραστηριότητα 2 και $r = -0,07$ για τη δραστηριότητα 3). Ωστόσο, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας τα πήγαν σημαντικά καλύτερα από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου και στις τρεις ασκήσεις του τεστ μετά-ελέγχου ($r = -0,51$ για τη δραστηριότητα 1, $r = -0,83$ για τη δραστηριότητα 2 και $r = -0,37$ για τη δραστηριότητα 3). Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι όλοι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας έλαβαν την υψηλότερη δυνατή βαθμολογία στην πρώτη και τη δεύτερη δραστηριότητα στο τεστ μετά-ελέγχου, αλλά η βελτίωσή τους στην τρίτη δραστηριότητα ήταν σχετικά μικρή. Επίσης, οι μαθητές και στις δύο ομάδες είχαν πολύ χαμηλές βαθμολογίες σε αυτή τη δεξιότητα ΑΣ στο τεστ προ-ελέγχου.

Πίνακας 3. Αποτελέσματα του ελέγχου Mann-Whitney για τις διαφορές των ομάδων στην επίδοση του τεστ προ-ελέγχου και του τεστ μετα-ελέγχου

	Άσκηση 1				Άσκηση 2			Άσκηση 3		
	n	Mean Rank	U	p value	Mean Rank	U	p value	Mean Rank	U	p value
<i>Προ-έλεγχος</i>										
Ελέγχου	14	15.32	109.5	0.918	15.43	111.0	0.984	14.93	104.0	0.759
Πειραματική	16	15.66			15.56			16.00		
<i>Μετα-έλεγχος</i>										
Ελέγχου	14	12.07	64.0	0.024	8.65	16.0	0.000	12.14	65.0	0.026
Πειραματική	16	18.50			21.50			18.44		

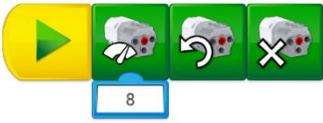
Ποιοτική παρατήρηση

Σκοπός της συμμετοχικής παρατήρησης ήταν να διερευνηθεί εάν οι μαθητές που συμμετείχαν στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες ρομποτικής κατάφεραν να μάθουν σταδιακά πώς να δημιουργούν αποτελεσματικά προγράμματα χρησιμοποιώντας ακολουθίες εντολών και δομές ελέγχου και επανάληψης καθώς και να εντοπιστούν κοινές δυσκολίες των μαθητών κατά τη μαθησιακή διαδικασία. Πρώτον, η ανάλυση των σημειώσεων πεδίου και των προϊόντων των μαθητών που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια των παρατηρήσεων επικεντρώθηκε σε μοτίβα στις δυσκολίες και τα λάθη των μαθητών. Τα κοινά θέματα εντοπίστηκαν και ομαδοποιήθηκαν σε κατηγορίες. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 5, που συνοψίζει τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης, οι μαθητές αντιμετώπιζαν κάποιες δυσκολίες που σχετιζόνταν με την κατανόηση πτυχών του οπτικού περιβάλλοντος προγραμματισμού (π.χ. οι μαθητές μπέρδεψαν τη χρήση συγκεκριμένων πλακιδίων εντολών που έμοιαζαν ή φαινόταν να έχουν ίδια λειτουργία). Ωστόσο, τα περισσότερα λάθη τους αφορούσαν στις τρεις δεξιότητες της ΑΣ. Συγκεκριμένα, φαίνεται ότι ήταν δύσκολο για τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν όλα τα απαραίτητα πλακίδια εντολών και να τα τοποθετήσουν στη σωστή σειρά (δηλαδή να δημιουργήσουν σωστές ακολουθίες) κατά τη δημιουργία των προγραμμάτων τους.

Πίνακας 5. Συνηθή προγραμματιστικά λάθη των μαθητών

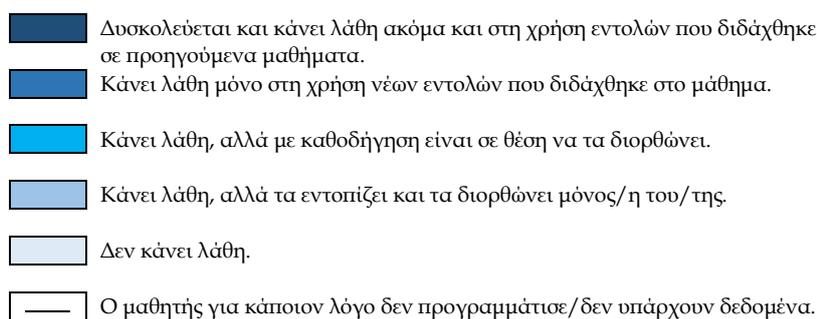
Κατηγορίες λαθών	Παραδείγματα λάθους	Περιγραφή λαθών	
<p>Ευκολία δημιουργίας αλγορίθμου</p>			
<p>Ακολουθία εντολών</p>	<p>Λάθος στη σειρά των πράσινων πλακιδίων που σχετίζονται με την κίνηση του ρομπότ.</p>		<p>Οι εντολές δεν έχουν τοποθετηθεί με τη σωστή σειρά (ταχύτητα, κατεύθυνση, χρόνος), οπότε ο κινητήρας του ρομπότ δεν κινείται μόνο για 3'', όπως θα έπρεπε, αλλά λειτουργεί επ' άοριστον.</p>
	<p>Παράλειψη πράσινου πλακιδίου που ορίζει πότε θα σταματήσει να κινείται το ρομπότ.</p>		<p>Δεν έχει οριστεί για πόσο χρόνο να λειτουργεί ο κινητήρας, οπότε δε σταματάει ποτέ.</p>
	<p>Πολλές φορές το πράσινο πλακίδιο που ορίζει τη φορά του κινητήρα.</p>		<p>Δεν ορίζεται σωστά ο χρόνος περιστροφής του κινητήρα. Επιπλέον, ο κινητήρας δεν σταματάει να λειτουργεί. Παρακάτω φαίνεται η σωστή εκδοχή του προγράμματος.</p> 
<p>Έλεγχος συνθηκών</p>	<p>Λάθη σχετικά με το πότε πρέπει να γίνεται έλεγχος συνθηκών</p>		<p>Ο έλεγχος συνθηκών έχει τοποθετηθεί σε λάθος σημείο του προγράμματος, οπότε το ρομπότ, αν και κάνει τον έλεγχο συνθηκών, δεν λειτουργεί με τον επιθυμητό τρόπο.</p>

	Δεν ορίζεται τι να γίνεται όταν ικανοποιηθεί η συνθήκη.		Αν και γίνεται ο έλεγχος συνθηκών, το ρομπότ σταματάει να λειτουργεί, ακόμα και όταν ικανοποιηθεί η συνθήκη, γιατί δεν έχει οριστεί τι πρέπει να γίνει.
Επανάληψη	Λάθη που αφορούσαν στον αριθμό των επαναλήψεων.		Ο κινητήρας έπρεπε να δουλέψει συνολικά 3 φορές (1 φορά με κατεύθυνση προς τα αριστερά και 2 φορές με κατεύθυνση προς τα δεξιά), αλλά ορίστηκαν 3 επαναλήψεις, οπότε δούλεψε συνολικά 4 φορές.
	Λάθη που αφορούσαν στις εντολές που πρέπει να είναι μέσα στην επανάληψη και σε αυτές που πρέπει να είναι έξω από την επανάληψη.		Ο κινητήρας έπρεπε να δουλέψει συνολικά 3 φορές (1 φορά με κατεύθυνση προς τα αριστερά και 2 φορές με κατεύθυνση προς τα δεξιά), αλλά οι εντολές και για τις 2 λειτουργίες τοποθετήθηκαν μέσα στην επανάληψη. Έτσι, ο κινητήρας δούλεψε συνολικά 6 φορές.
Κατανόηση και χρήση πλακιδίων-εντολών	Δυσκολία ορισμού συνθηκών (πορτοκαλί εντολή).		Δυσκολία στη ρύθμιση της εντολής ώστε να ελέγχει διαφορετικές κάθε φορά συνθήκες. Παρακάτω φαίνονται οι επιλογές ρύθμισης. 
	Δυσκολία κατανόησης της μεταβολής συνθηκών ώστε να εκτελεστεί αυτό που ορίστηκε στον ορισμό συνθηκών.		Αν και δημιουργούνταν το σωστό πρόγραμμα, οι μαθητές αδυνατούσαν να καταλάβουν ότι πρέπει να γίνει κάποια αλλαγή στο περιβάλλον ώστε να λειτουργήσει το ρομπότ.

	<p>Παρανόηση σχετικά με τη χρήση του πράσινου πλακιδίου που σταματάει τον κινητήρα και του πράσινου πλακιδίου που ορίζει τον χρόνο περιστροφής του κινητήρα.</p> 		<p>Οι μαθητές δυσκολεύονταν να χρησιμοποιήσουν την εντολή που όριζε ότι ο αισθητήρας πρέπει να λειτουργεί για ορισμένο χρόνο και ύστερα να σταματάει. Αντί αυτής χρησιμοποιούσαν την εντολή που σταματάει τη λειτουργία του κινητήρα.</p>
	<p>Σύγχυση κίτρινου πλακιδίου με κλεψύδρα και πράσινου πλακιδίου με κλεψύδρα.</p> 		<p>Οι μαθητές δυσκολεύονταν να κατανοήσουν τη διαφορά μεταξύ των δύο εντολών με αποτέλεσμα να μην μπορούν να τις χρησιμοποιήσουν ταυτόχρονα. Σε αυτό το παράδειγμα λάθους δεν τοποθετήθηκε το πράσινο πλακίδιο με τη κλεψύδρα πριν από το κίτρινο, με αποτέλεσμα ο κινητήρας να μη σταματήσει να λειτουργεί.</p>
	<p>Δυσκολία δημιουργίας ξεχωριστών προγραμμάτων με κουμπιά από το πληκτρολόγιο.</p>		<p>Τα δύο ξεχωριστά προγράμματα τοποθετήθηκαν το ένα ακριβώς δίπλα στο άλλο σαν να είναι ένα πρόγραμμα.</p> <p>Δημιουργήθηκαν δύο ξεχωριστά προγράμματα, αλλά ρυθμίστηκε μόνο το ένα από τα δύο.</p>

Επίσης, όταν έπρεπε να χρησιμοποιήσουν δομές ελέγχου συνθηκών, οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονταν ότι α) έπρεπε επίσης να καθορίσουν, χρησιμοποιώντας ένα σύνολο πλακιδίων, τι θα συνέβαινε εάν ικανοποιούνταν μια συγκεκριμένη συνθήκη αλλά και ότι β) αυτό το σύνολο εντολών θα εκτελούνταν μόνο αν ικανοποιούταν η συνθήκη. Τέλος, όταν έπρεπε να χρησιμοποιήσουν λειτουργίες σε επανάληψη, οι μαθητές είχαν σύγχυση αφενός σχετικά με τις εντολές που θα έπρεπε να περιλαμβάνονται στο «μπλοκ επανάληψης» και αφετέρου σχετικά με τον αριθμό των επαναλήψεων που έπρεπε να καθορίσουν με βάση το αποτέλεσμα που ήθελαν να πετύχουν. Φαίνεται ότι ήταν δύσκολο για τους μαθητές να αναγνωρίσουν τα συγκεκριμένα βήματα του αλγορίθμου που επαναλήφθηκαν, έτσι ώστε να συμπεριληφθούν μόνο αυτά τα συγκεκριμένα βήματα μέσα στο «μπλοκ επανάληψης». Τα λάθη που αφορούσαν στον έλεγχο συνθηκών έτειναν να είναι πιο συχνά και πιο επίμονα σε σύγκριση με λάθη που αφορούσαν σε άλλες λειτουργίες ΑΣ.

Το επόμενο βήμα στην ανάλυση δεδομένων είχε στόχο τον χαρακτηρισμό της προόδου των μαθητών κατά τη διάρκεια του προγράμματος. Με βάση τα δεδομένα παρατήρησης, δημιουργήθηκαν περιλήψεις για κάθε μαθητή ανά συνεδρία, οι οποίες στη συνέχεια κωδικοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας μια ρουμπρίκα που περιλάμβανε 5 επίπεδα επίδοσης. Όπως δείχνει το Σχήμα 2, οι αποχρώσεις του μπλε χρησιμοποιήθηκαν για να αναπαραστήσουν αυτά τα 5 επίπεδα, ώστε να καταστεί δυνατή η ανίχνευση μοτίβων στα δεδομένα. Οι πιο σκούρες αποχρώσεις αντιπροσωπεύουν χαμηλότερα επίπεδα και οι ανοιχτόχρωμες τα υψηλότερα επίπεδα επίδοσης. Ο Πίνακας 6 απεικονίζει τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης για τις εβδομάδες μετά την εισαγωγική συνεδρία (2η έως 13η εβδομάδα). Όπως μπορεί να παρατηρηθεί, όλοι οι μαθητές σημείωσαν σημαντική πρόοδο κατά τη διάρκεια αυτών των 13 συνεδριών. Παρόλο που στη δεύτερη και την τρίτη συνεδρία όλοι οι μαθητές έκαναν λάθη όταν ανέπτυξαν τα προγράμματά τους, τα οποία δεν μπορούσαν να διορθώσουν χωρίς βοήθεια, στη 13η εβδομάδα οι περισσότεροι από αυτούς κατάφεραν να βελτιώσουν τα προγράμματά τους μόνοι τους ή ακόμα και να δημιουργήσουν προγράμματα χωρίς να κάνουν λάθη.



Σχήμα 2. Κωδικοποίηση της απόδοσης των μαθητών κατά τη διάρκεια των παρεμβάσεων ΕΡ

Πίνακας 6. Πρόοδος των μαθητών κατά τη διάρκεια των παρεμβάσεων ΕΡ

	Συνεδρίες												
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η	7 ^η	8 ^η	9 ^η	10 ^η	11 ^η	12 ^η	13 ^η
Μαθητής 1		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Μαθητής 2				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Μαθητής 3				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Μαθητής 4			■		■	■	■	■	■	■	■	■	■
Μαθητής 5		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Μαθητής 6		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Μαθητής 7		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Μαθητής 8		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Μαθητής 9					■	■	■	■	■	■	■	■	■
Μαθητής 10		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Μαθητής 11		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Μαθητής 12		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Μαθητής 13		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Μαθητής 14		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Μαθητής 15		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Μαθητής 16		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Συζήτηση, περιορισμοί και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Οι στόχοι της παρούσας μελέτης ήταν δύο: η αξιολόγηση της επίδρασης της ΕΡ και του οπτικού προγραμματισμού στην ανάπτυξη δεξιοτήτων ΑΣ σε μαθητές της Β' τάξης δημοτικού και η αξιολόγηση της καταλληλότητας του οπτικού προγραμματισμού για αυτήν την ηλικιακή ομάδα, με την εξέταση της μαθησιακής προόδου των παιδιών κατά τη συμμετοχή τους σε πρόγραμμα ΕΡ. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας, υπήρξε σημαντική βελτίωση στις δεξιότητες ΑΣ των μαθητών της πειραματικής ομάδας μεταξύ του τεστ προ-ελέγχου και του τεστ μετά-ελέγχου. Εξετάζοντας μια ομάδα ελέγχου που την αποτελούσαν μαθητές της ίδιας ηλικίας οι οποίοι είχαν παρόμοιες επιδόσεις με τους μαθητές της πειραματικής ομάδας στο τεστ προ-ελέγχου, αλλά δεν είχαν βελτίωση της απόδοσής τους στο τεστ μετά-ελέγχου, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η βελτίωση που παρατηρήθηκε στους μαθητές της πειραματικής ομάδας μπορεί να αποδοθεί στη συμμετοχή τους στην παρέμβαση ΕΡ. Τα παραπάνω ευρήματα συνάδουν με αυτά προηγούμενων εμπειρικών ερευνών που έχουν δείξει ότι η ΕΡ μπορεί να υποστηρίξει την ανάπτυξη ΥΣ σε παιδιά μικρής ηλικίας (Angeli & Valanides, 2020· Bers et al., 2014· Chaldi & Mantzanidou, 2021· Diago et al., 2021· Fanchamps et al., 2021· Ινεπολόγλου, κ.ά., 2021). Επιπλέον, εστιάζοντας συγκεκριμένα στην αξιολόγηση της ΑΣ και χρησιμοποιώντας ασκήσεις που απαιτούσαν την εφαρμογή δεξιοτήτων ΑΣ σε προβλήματα που δεν αφορούσαν τον ίδιο τον προγραμματισμό, η μελέτη παρείχε τεκμηρίωση για το τι μπορούν να μάθουν οι μαθητές σε αυτή την ηλικία.

Τα δεδομένα παρατήρησης που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια του προγράμματος ΕΡ συνέβαλαν στην εγκυρότητα της μελέτης αποδεικνύοντας τη σταδιακή βελτίωση της κατανόησης και της χρήσης ακολουθίας πράξεων, ελέγχου συνθηκών και επανάληψης από τους μαθητές. Οι αναλύσεις δεδομένων έδειξαν ότι οι μαθητές μπόρεσαν να χρησιμοποιήσουν το περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού LEGO WeDo 2.0 και να μάθουν πώς να εφαρμόζουν επιτυχώς αλγοριθμικές έννοιες για τον έλεγχο της

συμπεριφοράς των ρομπότ τους. Αν και στην αρχή οι μαθητές αντιμετώπισαν αρκετές δυσκολίες, μετά το πέρας των 13 συνεδριών ΕΡ σχεδόν όλοι μπορούσαν να διορθώσουν και να βελτιώσουν τα προγράμματά τους χωρίς ιδιαίτερη βοήθεια. Είναι ενδιαφέρον ότι οι περισσότερες δυσκολίες των μαθητών σχετίζονται με τη χρήση ακολουθιών, συνθηκών και επαναλήψεων παρά με την εξοικείωση των μαθητών με το περιβάλλον προγραμματισμού καθαυτό. Επίσης, οι δυσκολίες σχετικά με τη χρήση των επαναλήψεων και, σε μεγαλύτερο βαθμό, με τη χρήση λειτουργιών ελέγχου συνθηκών, έτειναν να είναι πιο συχνές και να επιμένουν, κάτι που δεν προκαλεί έκπληξη, καθώς η αποτελεσματική χρήση αυτών των λειτουργιών είναι δύσκολη ακόμη και για ενήλικες αρχάριους προγραμματιστές (Robins et al., 2003). Αυτά τα ευρήματα έχουν πρακτικές επιπτώσεις σχετικά με τον σχεδιασμό προγραμμάτων ΕΡ για τους μαθητές. Πρώτον, δείχνουν ότι ο οπτικός προγραμματισμός, και -πιο συγκεκριμένα- περιβάλλοντα στα οποία οι εντολές συμβολίζονται με εικόνες αντί για λέξεις, όπως το περιβάλλον LEGO WeDo 2.0, μπορούν να αξιοποιηθούν σε μαθητές των πρώτων τάξεων του δημοτικού συμπληρωματικά ή αντί για απτό προγραμματισμό. Δεύτερον, τα ευρήματα υπογραμμίζουν κοινές δυσκολίες των μαθητών που μπορούν να ληφθούν υπόψη στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό, έτσι ώστε οι μαθητές να λαμβάνουν την κατάλληλη καθοδήγηση.

Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι και οι τρεις δεξιότητες που περιλαμβάνονται στην ΑΣ, (εκτέλεση ακολουθίας πράξεων, ελέγχου συνθηκών και λειτουργιών επανάληψης) βελτιώθηκαν μεταξύ του τεστ προ-ελέγχου και του τεστ μετα-ελέγχου. Ωστόσο, η βελτίωση των δεξιοτήτων των μαθητών στις λειτουργίες επανάληψης ήταν μάλλον μικρή. Με βάση μια πιο προσεκτική εξέταση των δεδομένων παρατήρησης, οι μαθητές φάνηκε να έχουν μεγαλύτερη δυσκολία στην κατανόηση και τη χρήση του ελέγχου συνθηκών στους αλγόριθμούς τους, σε σύγκριση με τις επαναλήψεις, επειδή λάθη στις συνθήκες παρατηρήθηκαν ακόμη και τις τελευταίες εβδομάδες της παρέμβασης, ενώ τα λάθη στις επαναλήψεις είχαν περιοριστεί πολύ νωρίτερα. Επομένως, η επίδοση των μαθητών στο τεστ δεν θα μπορούσε να αποδοθεί σε δυσκολίες που μπορεί να αντιμετώπισαν σε σχέση με την εκμάθηση των επαναλήψεων. Μια πιθανή ερμηνεία του παραπάνω ευρήματος, σχετικά με τη μικρή βελτίωση στην κατανόηση των πράξεων επανάληψης από τους μαθητές, μπορεί να αποδοθεί στο περιεχόμενο της άσκησης του τεστ σε σχέση με το προγραμματιστικό περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη. Συγκεκριμένα, η άσκηση περιλάμβανε δύο επαναλήψεις, η μία από τις οποίες ήταν εμφωλευμένη στην άλλη. Ωστόσο, στο περιβάλλον προγραμματισμού LEGO WeDo 2.0 το μπλοκ επανάληψης δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία εμφωλευμένων βρόγχων επανάληψης. Έτσι, η επίδοση της πειραματικής ομάδας στην τρίτη άσκηση, η οποία αξιολόγησε τη χρήση επαναληπτικών πράξεων, συνδέθηκε πιθανότατα με την έλλειψη εμπειρίας με εμφωλευμένες επαναλήψεις. Αυτό το εύρημα υπογραμμίζει τη σημασία της κατανόησης της σχέσης μεταξύ των χαρακτηριστικών και των δυνατοτήτων συγκεκριμένων τεχνολογικών εργαλείων και των ειδικών δεξιοτήτων ΥΣ που μπορούν να υποστηρίξουν. Σύμφωνα με τον Papert (Resnick et al., 2009), οι γλώσσες προγραμματισμού θα πρέπει να έχουν χαμηλό πάτωμα και ψηλή οροφή, που σημαίνει ότι θα πρέπει να είναι εύκολο για τους χρήστες να ξεκινήσουν αλλά ταυτόχρονα να τους επιτρέπουν να δημιουργούν όλο και πιο περίπλοκα προγράμματα καθώς αναπτύσσονται οι δεξιότητές τους. Ωστόσο, αυτό δεν είναι

εύκολο να επιτευχθεί με περιβάλλοντα προγραμματισμού που προορίζονται για μαθητές πολύ μικρούς σε ηλικία, τα οποία θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από αναπτυξιακά κατάλληλα επίπεδα πολυπλοκότητας (Bers & Horn, 2010).

Ένας σημαντικός περιορισμός της παρούσας έρευνας που περιορίζει τη γενίκευση των ευρημάτων είναι το μικρό της δείγμα. Η μελέτη διεξήχθη κατά τη διάρκεια της πανδημίας Covid-19, όταν τα ποσοστά απουσίας μαθητών τόσο στο σχολείο όσο και στα εξωσχολικά προγράμματα ήταν υψηλότερα από το συνηθισμένο. Οι μαθητές δεν μπορούσαν να συμπεριληφθούν στην ανάλυση εάν αποχωρούσαν από το πρόγραμμα ΕΡ ή έλειπαν κατά τη χορήγηση του τεστ προ-ελέγχου ή του τεστ μετα-ελέγχου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα μικρότερο αριθμό συμμετεχόντων από ό,τι αναμενόταν αρχικά. Ένας άλλος περιορισμός της μελέτης αφορά στον ερευνητικό σχεδιασμό της. Αν και τα οιονεί πειραματικά σχέδια έχουν αυξημένη εξωτερική εγκυρότητα σε σύγκριση με τα παραδοσιακά πειράματα, οι συμμετέχοντες δεν κατανέμονται τυχαία στις συνθήκες ελέγχου και πειραμάτων. Στην παρούσα μελέτη οι μαθητές της πειραματικής ομάδας είχαν κάποια προηγούμενη εμπειρία με την ΕΡ, επομένως, παρόλο που καμία από τις δύο ομάδες δεν είχε καμία γνώση οπτικού προγραμματισμού, είναι πιθανό ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας ήταν σε θέση να επωφεληθούν πολύ από το πρόγραμμα ΕΡ και από τη χρήση οπτικού προγραμματισμού λόγω της προηγούμενης εμπειρίας στην ΕΡ. Εξαιτίας του μικρού αριθμού συμμετεχόντων στην παρούσα μελέτη, δεν ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθεί η προηγούμενη εμπειρία με από προγραμματισμό ως μεταβλητή στην ανάλυση.

Τα θέματα που συζητήθηκαν παραπάνω οδηγούν σε δύο μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις. Η μια κατεύθυνση είναι η έρευνα του τρόπου με τον οποίο οι μικροί σε ηλικία μαθητές ανταποκρίνονται σε οπτικές γλώσσες προγραμματισμού που έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και επίπεδα πολυπλοκότητας. Στην παρούσα μελέτη οι μαθητές χρησιμοποίησαν το περιβάλλον προγραμματισμού LEGO WeDo 2.0, το οποίο είναι προσιτό ακόμη και για μαθητές σε πρώιμο στάδιο ανάγνωσης, επειδή τα πλακίδια προγραμματισμού χρησιμοποιούν εικόνες και όχι λέξεις για να αναπαραστήσουν εντολές, σε αντίθεση με πλακίδια σε άλλες δημοφιλείς γλώσσες που χρησιμοποιούν κείμενο. Είναι, επίσης, σημαντικό να εξεταστεί εάν τα περιβάλλοντα οπτικού προγραμματισμού που επιτρέπουν στους μαθητές να αναπτύξουν πιο σύνθετα προγράμματα υποστηρίζουν επίσης την ανάπτυξη περισσότερων διαστάσεων ΥΣ και σε υψηλότερα επίπεδα. Ένας άλλος τομέας έρευνας περιλαμβάνει τη διερεύνηση του κατά πόσο η προηγούμενη εμπειρία με από προγραμματισμό μπορεί να επηρεάσει τον αντίκτυπο του οπτικού προγραμματισμού στην ανάπτυξη της ΥΣ και, ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο για τους μαθητές να εξοικειωθούν πρώτα με την ΕΡ χρησιμοποιώντας από προγραμματισμό πριν εισαχθούν στον οπτικό προγραμματισμό.

Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη έδειξε ότι, κατά τη διάρκεια της συμμετοχής τους σε ένα πρόγραμμα ΕΡ 13 εβδομάδων, οι μαθητές των πρώτων τάξεων του δημοτικού ήταν σταδιακά σε θέση να χρησιμοποιούν το περιβάλλον LEGO WeDo 2.0 και να δημιουργούν προγράμματα που χρησιμοποιούν έννοιες ΑΣ, καθώς και ότι οι

παρεμβάσεις ΕΡ είχαν σημαντική επίδραση στην ΑΣ των μαθητών. Συνολικά, αυτά τα ευρήματα υποστηρίζουν το συμπέρασμα ότι οι μαθητές μπορούν να επωφεληθούν από δραστηριότητες ΕΡ που χρησιμοποιούν ένα οπτικό περιβάλλον προγραμματισμού. Επίσης, μπορούν να συμβάλλουν στον σχεδιασμό προγραμμάτων ΕΡ και μελλοντικών εμπειρικών μελετών, που μέχρι στιγμής έχουν την τάση να επικεντρώνονται στον απτό προγραμματισμό για αυτήν την ηλικιακή ομάδα μαθητών.

Αναφορές

- Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63-71.
- Alimisis, D., & Kynigos, C. (2009). Constructionism and robotics in education. In D. Alimisis et al. (Eds), *Teacher education on robotic-enhanced constructivist pedagogical methods* (pg. 11-26).
- Angeli, C., & Valanides, N. (2020). Developing young children's computational thinking with educational robotics: An interaction effect between gender and scaffolding strategy. *Computers in Human Behaviour*, 105, 105954. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.018>
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12. *ACM Inroads*, 2(1), 48. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929905>
- Bers, M. U., & Horn, M. S. (2010). Tangible programming in early childhood. In I. R. Berson & M. J. Berson (Eds.), *High-tech tots: Childhood in a digital world*, 49, 49-70. Information Age Publishing Inc.
- Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers & Education*, 72, 145-157. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.020>
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American educational research association, Vancouver, Canada* (Vol. 1, p. 25). <http://scratched.gse.harvard.edu/ct/files/AERA2012.pdf>
- Chaldi, D., & Mantzanidou, G. (2021). Educational robotics and STEAM in early childhood education. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 1(2), 72-81. <https://doi.org/10.25082/AMLER.2021.02.003>
- 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>
- Chiazzese, G., Arrigo, M., Chifari, A., Lonati, V., & Tosto, C. (2019). Educational robotics in primary school: Measuring the development of computational thinking skills with the bebras tasks. In *Informatics* 6(4), 43. <https://doi.org/10.3390/informatics6040043>
- Denning, P. J. (2009). The profession of IT Beyond computational thinking. *Communications of the ACM*, 52(6), 28-30. <https://doi.org/10.1145/1516046.1516054>
- Diago, P. D., González-Calero, J. A., & Yáñez, D. F. (2021). Exploring the development of mental rotation and computational skills in elementary students through educational robotics. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 100388. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100388>
- Eguchi, A. (2014). Educational robotics for promoting 21st century skills. *Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems*, 5-11.
- Eguchi, A. (2017). Bringing robotics in classrooms. In M. S. Khine, (ed), *Robotics in STEM education* (pp. 3-31). Springer, Cham.
- Evrpidou, S., Amanatiadis, A., Christodoulou, K., & Chatzichristofis, S. A. (2021). Introducing algorithmic thinking and sequencing using tangible robots. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 14(1), 93-105. <https://doi.org/10.1109/TLT.2021.3058060>
- Fanchamps, N. L., Slangen, L., Hennissen, P., & Specht, M. (2021). The influence of SRA programming on algorithmic thinking and self-efficacy using Lego robotics in two types of instruction. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(2), 203-222. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10798-019-09559-9>
- Futschek, G., & Moschitz, J. (2011). Learning algorithmic thinking with tangible objects eases transition to computer programming. In *Informatics in Schools. Contributing to 21st Century Education: 5th International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution and Perspectives, ISSEP 2011, Bratislava, Slovakia, October 26-29, 2011. Proceedings* 5 (pp. 155-164). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-24722-4_14

- García-Valcárcel-Muñoz-Repiso, A., & Caballero-González, Y. A. (2019). Robotics to develop computational thinking in early Childhood Education. *Comunicar. Media Education Research Journal*, 27(1). https://www.scipedia.com/public/Garcia-Valcarcel-Munoz-Repiso_Caballero-Gonzalez_2019a
- 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://www.jstor.org/stable/23360476>
- Grover, S., Pea, R., & Cooper, S. (2015). Designing for deeper learning in a blended computer science course for middle school students. *Computer Science Education*, 25(2), 199-237. <https://doi.org/10.1080/08993408.2015.1033142>
- Hsu, YC., Irie, N.R. & Ching, YH. (2019). Computational thinking educational policy initiatives (CTEPI) across the globe. *TechTrends*, 63, 260-270. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00384-4>
- Kafai, Y. B., & Proctor, C. (2022). A reevaluation of computational thinking in K-12 education: Moving toward computational literacies. *Educational Researcher*, 51(2), 146-151. <https://doi.org/10.3102/0013189X211057904>
- Katai, Z. (2014). The challenge of promoting algorithmic thinking of both sciences- and humanities-oriented learners. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(4), 287-299. <https://doi.org/10.1111/jcal.12070>
- Kong, S.-C., & Lai, M. (2022). Validating a computational thinking concepts test for primary education using item response theory: An analysis of students' responses. *Computers & Education*, 187, 104562. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104562>
- Merino-Armero, J. M., González-Calero, J. A., & Cózar-Gutiérrez, R. (2021). The effect of after-school extracurricular robot classes on elementary students' computational thinking. *Interactive Learning Environments*, 31(6), 3939-3950. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1946564>
- Mertler, C. A. (2001). Designing scoring rubrics for your classroom. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 7(1), 25. <https://doi.org/10.7275/gcy8-0w24>
- Noh, J., & Lee, J. (2020). Effects of robotics programming on the computational thinking and creativity of elementary school students. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 463-484. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09708-w>
- Papadakis, S. (2020). Robotics and robotics kits for early childhood and first school age. *International Journal for Interactive Mobile Technologies*, 14(18), 34-56. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i18.16631>
- Papadakis, S. (2021). The impact of coding apps to support young children in computational thinking and computational fluency. A literature review. *Frontiers in Education*, 6, 657895. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.657895>
- Portelance, D. J., Strawhacker, A. L., & Bers, M. U. (2016). Constructing the ScratchJr programming language in the early childhood classroom. *International Journal of Technology and Design Education*, 26, 489-504. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9325-0>
- Pugnali, A., Sullivan, A., & Bers, M. U. (2017). The impact of user interface on young children's computational thinking. *Journal of Information Technology Education. Innovations in Practice*, 16, 171. <https://doi.org/10.28945/3768>
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... & Kafai, Y. (2009). Scratch: programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60-67. <https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>
- Robins, A., Rountree, J., & Rountree, N. (2003). Learning and teaching programming. *Computer Science Education*, 13(2), 137-172. <https://doi.org/10.1076/csed.13.2.137.14200>
- Strawhacker, A., & Bers, M. U. (2019). What they learn when they learn coding: Investigating cognitive domains and computer programming knowledge in young children. *Educational Technology Research and Development*, 67, 541-575. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9622-x>
- 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>
- Sullivan, F. R., & Heffernan, J. (2016). Robotic construction kits as computational manipulatives for learning in the STEM disciplines. *Journal of Research on Technology in Education*, 48(2), 105-128. <https://doi.org/10.1080/15391523.2016.1146563>
- Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R., & Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies. *Computers & Education*, 148, 103798. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798>
- Toh, L. P. E., Causo, A., Tzuo, P. W., Chen, I. M., & Yeo, S. H. (2016). A review on the use of robots in education and young children. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(2), 148-163. <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.19.2.148>
- Tsakamoto, H., Oomori, Y., Nagumo, H., Takemura, Y., Monden, A., & Matsumoto, K. I. (2017). Evaluating algorithmic thinking ability of primary schoolchildren who learn computer programming. In 2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (pp. 1-8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE.2017.8190609>
- Tzagkaraki, E., Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2021). Exploring the Use of Educational Robotics in Primary School and Its Possible Place in the Curricula. In: Malvezzi, M., Alimisis, D., Moro, M. (eds) *Education in & with Robotics to Foster 21st-Century Skills*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77022-8_19
- Usengül, L., & Bahçeci, F. (2020). The effect of LEGO WeDo 2.0 Education on academic achievement and attitudes and computational thinking skills of learners toward science. *World Journal of Education*, 10(4), 83-93. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1265362>

- Uslu, N. A., Yavuz, G. Ö, & Usluel, Y. K. (2022). A systematic review study on educational robotics and robots. *Interactive Learning Environments*, 1-25. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.2023890>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Xia, L., & Zhong, B. (2018). A systematic review on teaching and learning robotics content knowledge in K-12. *Computers & Education*, 127, 267-282. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.007>
- Ινεπολόγλου, Ι., Ατματζίδου, Σ., & Δημητριάδης, Σ. (2021). Εκπαιδευτική Ρομποτική ως μέσο ανάπτυξης δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας και Υπολογιστικής Σκέψης των μαθητών. Στο Θ. Μπράττισης (επιμ.), *Πρακτικά Εργασιών 12ου Πανελλήνιου και Διεθνούς Συνεδρίου «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση», 14-16 Μαΐου 2021* (σ. 334-341). ΠΔΜ, Φλώρινα. http://etpe2020.web.uowm.gr/wpcontent/uploads/2021/07/HCICTE2020_total.pdf

Αναφορά στο άρθρο ως: Κωστακοπούλου, Ν., & Βεκύρη, Ι. (2024). Ενίσχυση του αλγοριθμικού τρόπου σκέψης μέσω διδακτικών παρεμβάσεων Εκπαιδευτικής Ρομποτικής που υποστηρίζονται από εργαλεία οπτικού προγραμματισμού. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 17, 1-22. <https://doi.org/10.12681/thete.42219>