ePublishing

Open Journal of Animation, Film and Interactive Media in Education and Culture [AFIMinEC]

Vol 5, No 1 (2024)

main issue

Χρήση animation και επαυξημένης πραγματικότητας (augmented reality) για τη διδασκαλία βασικών εννοιών προγραμματισμού.

Georgios Margaritis, Σπύρος Σιάκας

doi: 10.12681/afiinmec.38082

To cite this article:

Margaritis, G., & Σιάκας Σ. (2024). Χρήση animation και επαυξημένης πραγματικότητας (augmented reality) για τη διδασκαλία βασικών εννοιών προγραμματισμού . *Open Journal of Animation, Film and Interactive Media in Education and Culture [AFIMinEC]*, *5*(1). https://doi.org/10.12681/afiinmec.38082

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 17/02/2026 21:36:11

Χρήση animation και επαυξημένης πραγματικότητας (augmented reality) για τη διδασκαλία βασικών εννοιών προγραμματισμού.

Γεώργιος Μαργαρίτης
Υπ. Διδάκτορας, Gaming – Augmented Reality
Τμήμα Γραφιστικής και Οπτικής Επικοινωνίας ΠαΔΑ
gmargaritis@uniwa.gr

Σπύρος Σιάκας
Αναπληρωτής Καθηγητής Animation, ΠαΔΑ
ΣΕΠ, ΕΑΠ
sthsiakas@uniwa.gr

Περίληψη.

Η εργασία παρουσιάζει τις βασικές προκλήσεις στην εκμάθηση προγραμματισμού υπολογιστών από μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και εξετάζει αν η Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ) και το animation μπορούν να συμβάλλουν στην αποδοτικότερη διδασκαλία του εν λόγω γνωστικού αντικειμένου. Παρουσιάζονται και αναλύονται τα οφέλη ΕΠ και animation στην εκμάθηση προγραμματισμού, και γίνεται επισκόπηση των σχετικών εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια, όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία. Τέλος, εξάγονται συμπεράσματα και γίνονται προτάσεις για τη μελλοντική έρευνα πάνω στο συγκεκριμένο πεδίο.

Λέξεις κλειδιά

Επαυξημένη Πραγματικότητα, Επαυξημένη Πραγματικότητα στον Ιστό, Δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Abstract.

This paper presents the main difficulties in learning computer programming faced by primary and secondary education students and examines whether Augmented Reality (AR) and animation can contribute to more effective teaching of this subject. The benefits of AR and animation in learning programming are presented and analyzed, and an overview of related applications developed in recent years is provided, as evidenced by the literature. Finally, conclusions are drawn, and suggestions for future research in this specific field are made.

Keywords

Augmented Reality, Programming education, Animation

1. Εισαγωγή.

Η αξιοποίηση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΕΠ) στην εκπαίδευση είναι ένα θέμα το οποίο ερευνάται έντονα τα τελευταία χρόνια. Έχουν γίνει αρκετές εφαρμογές για αυτό το σκοπό, σε διάφορα γνωστικά αντικείμενα. Όσον αφορά την εκπαίδευση στην Επιστήμη των Υπολογιστών, το πεδίο εφαρμογής της ΕΠ βρίσκεται ακόμα σε αρχικό στάδιο. Ένα ακόμα θέμα προς μελέτη είναι η χρήση του animation μαζί με την ΕΠ, για τη δημιουργία εκπαιδευτικών εφαρμογών.

2. Σκοπός

Σκοπός του παρόντος άρθρου είναι να διαπιστωθούν οι βασικές δυσκολίες στην εκμάθηση προγραμματισμού Η/Υ από μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και να διερευνηθεί κατά πόσο μπορεί το animation και η Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ) να συμβάλλουν στην πιο αποτελεσματική διδασκαλία του αντικειμένου και την καλύτερη κατανόησή του από τους μαθητές. Επίσης, σκοπός του άρθρου είναι, μέσα από έρευνα στη βιβλιογραφία των τελευταίων ετών, να γίνει επισκόπηση των εκπαιδευτικών εφαρμογών ΕΠ για εκμάθηση προγραμματισμού που έχουν αναπτυχθεί, και να επισημανθούν τα θετικά στοιχεία και οι ελλείψεις που υπάρχουν, καθώς και να γίνουν προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

3. Προκλήσεις στη διδασκαλία του προγραμματισμού στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Η διδασκαλία του προγραμματισμού στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση έχει εισαχθεί συστηματικά τις τελευταίες τρεις με τέσσερις δεκαετίες. Αυτή είναι μία πραγματικότητα που αφορά τα περισσότερα εκπαιδευτικά συστήματα ανά τον κόσμο. Η εμπειρία αυτών των ετών έχει δείξει ότι προκύπτουν πολλές και ποικίλες δυσκολίες στη διδασκαλία του προγραμματισμού. Το παρόν άρθρο εστιάζει στις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην κατανόηση βασικών προγραμματιστικών – αλγοριθμικών εννοιών, και στο ρόλο του animation και της Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΕΠ) στην καλύτερη κατανόηση των εννοιών αυτών.

Η εκμάθηση προγραμματισμού από μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης συναντά αρκετές δυσκολίες. Οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν τις βασικές έννοιες του προγραμματισμού και τη λειτουργία ακόμα και των βασικών εντολών του καθώς αυτές αποτελούν κάτι αφηρημένο (Gomez et al, 2012) το οποίο οι μαθητές δεν μπορούν να κατατάξουν στο γνωσιακό τους κόσμο (Batista et al, 2020). Συγκεκριμένες δυσκολίες που έχουν επισημανθεί στη βιβλιογραφία και εξετάζονται στην παρούσα μελέτη είναι οι ακόλουθες:

- Δυσκολία κατανόησης των ακολουθιακών εντολών, της λειτουργίας των μεταβλητών (το πώς μία μεταβλητή κρατάει μία τιμή), της διαδικασίας εισόδου τιμών. (Kadar et al, 2021)
- Πώς να χρησιμοποιούν τις δομές ελέγχου όπως η δομή επανάληψης για την επίτευξη απλών στόχων (M. Saeli et al, 2011.)
- Συναφές με το προηγούμενο είναι και το συμπέρασμα του Weigend (2006) ότι ενώ συχνά οι μαθητές μπορούν να σκεφτούν τη λύση για ένα πρόβλημα αποτυγχάνουν να τη μετατρέψουν στο κατάλληλο πρόγραμμα, φαινόμενο το οποίο πολλές φορές οφείλεται στην ελλιπή κατανόηση της σημασιολογίας της γλώσσας.
- Η σημασιολογία της γλώσσας είναι από μόνη της ένας παράγοντας δυσκολίας στη σύνταξη προγραμμάτων, επειδή αυτό που απαιτείται από τους μαθητές είναι να συνδυάσουν με κατάλληλο τρόπο δομικά στοιχεία όπως μεταβλητές, εκφράσεις,

εντολές, δομές ελέγχου κτλ έτσι ώστε να προκύψει ένα ορθό, λειτουργικό πρόγραμμα. (Saeli, 2011)

- Ένα άλλο πρόβλημα που αναφέρεται επίσης είναι η δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία της εκσφαλμάτωσης ενός προγράμματος από τους μαθητές. Αυτός μπορεί να είναι ακόμα ένας παράγοντας απογοήτευσης για τους μαθητές, όταν έχουν καταβάλει προσπάθεια να σκεφτούν τη λύση και να συντάξουν ένα πρόγραμμα και τελικά διαπιστώνουν ότι χρειάζεται περαιτέρω προσπάθεια για τη διόρθωση των λαθών του, η οποία δεν είναι εύκολη ούτε προφανής. (Rouhani, 2021)
- Τέλος, ένας σημαντικός παράγοντας είναι ότι οι αποτυχίες των μαθητών που οφείλονται και στις παραπάνω δυσκολίες, δημιουργούν ένα φαύλο κύκλο καθώς οι μαθητές προεξοφλούν την αποτυχία τους και αποθαρρύνονται να προσπαθήσουν περισσότερο. (Gomes et al., 2012)

Όλα τα παραπάνω συνάδουν στην ανάγκη παροχής επιπλέον κινήτρων και ενθάρρυνσης για τους μαθητές προκειμένου να ανταπεξέλθουν στο δύσκολο εγχείρημα της εκμάθησης προγραμματισμού.

Οι μελέτες καταλήγουν στο ότι χρειάζεται να δημιουργηθούν νέοι τρόποι διδασκαλίας, οι οποίοι να μην βασίζονται τόσο σε παραδοσιακές μεθόδους, αλλά να είναι περισσότερο μαθητοκεντρικοί και να χρησιμοποιούν εύχρηστα, αλληλεπιδραστικά περιβάλλοντα. (Kadar et al, 2021)

Κάτι που πρέπει να λαμβάνεται επίσης υπόψη στον σχεδιασμό κάθε μεθόδου – περιβάλλοντος εκμάθησης είναι σε τι βαθμό η εκμάθηση θα ελέγχεται από το διδάσκοντα και κατά πόσο οι μαθητές θα αφήνονται ελεύθεροι να πειραματίζονται και να αποτυγχάνουν (Rouhani, 2021). Η εύρεση της κατάλληλης ισορροπίας μεταξύ των δύο είναι πολύ σημαντική. Υπερβολικός έλεγχος από το διδάσκοντα μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένο ενδιαφέρον από τους μαθητές και όχι καλή εμπέδωση της νέας γνώσης, ενώ η υπερβολική ελευθερία μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη σύγχυση των μαθητών και την απογοήτευσή τους λόγω των δυσκολιών που θα προκύψουν.

4. Συμβολή του animation στη διδασκαλία του προγραμματισμού Η/Υ.

Το animation μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να γίνει πιο αποδοτική η διδασκαλία του προγραμματισμού σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Υπάρχουν μια σειρά από οφέλη που μπορούν να προκύψουν από τη χρήση του animation στη διδασκαλία του προγραμματισμού, με τα σημαντικότερα να αναλύονται σύντομα στη συνέχεια.

4.1 Οπτικοποίηση προγραμματιστικών εννοιών. Με το animation οι μαθητές μπορούν να οπτικοποιήσουν αντικείμενα και καταστάσεις που συναντούν στον προγραμματισμό και να τα αντιληφθούν καλύτερα. Αφηρημένες έννοιες όπως μεταβλητές, δομές ελέγχου, δομές δεδομένων κτλ μπορούν να αναπαρασταθούν οπτικά με animation, και να γίνουν έτσι πιο απτά και κατανοητά. Για παράδειγμα, ο τρόπος εκτέλεσης των εντολών σε μία δομή επανάληψης μπορεί να τονιστεί με χρήση κινούμενων στοιχείων, ή να αποδοθεί - συνδεθεί με μία κινούμενη εικόνα κάνοντας έτσι πιο κατανοητή τη χρήση της δομής αυτής. Οι εντολές της εικόνας 2 υλοποιούν δομές επανάληψης στο περιβάλλον scratch, οι οποίες έχουν ως

αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός απλού animation, τα καρέ του οποίου φαίνονται στην εικόνα 1. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές αντιλαμβάνονται την άμεση σχέση που υπάρχει μεταξύ της δομής επανάληψης και του animation. Το animation είναι απλά το αποτέλεσμα της διαδοχικής, επαναλαμβανόμενης προβολής διαφορετικών εικόνων.

Εικόνα 1. Διαφορετικές εικόνες (ενδυμασίες) ενός αντικειμένου για την επίτευξη animation μέσω επανάληψης (πηγή scratch.mit.edu)

Εικόνα2. Δύο διαφορετικές δομές επανάληψης για επίτευξη animation (πηγή scratch.mit.edu)

4.2 Καλύτερη κατανόηση της ροής του προγράμματος. Το animation μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να αντιληφθούν καλύτερα τη ροή του προγράμματος. Η κατανόηση της ροής του προγράμματος είναι θεμελιώδους σημασίας προκειμένου οι μαθητές να κατακτήσουν Οι τρεις βασικές δομές ελέγχου στον προγραμματισμό είναι η δομή ακολουθίας, η δομή επιλογής και η δομή επανάληψης. Συνεπώς, η ροή εκτέλεσης των εντολών ενός προγράμματος μπορεί να είναι ακολουθιακή (στην απλούστερη περίπτωση), μπορεί όμως να υπάρχει επανάληψη κάποιων εντολών ή κάποιες εντολές να εκτελούνται υπό συνθήκη. Συχνά δεν είναι σαφής για τους μαθητές η ροή των εντολών, τόσο ενός έτοιμου προγράμματος, όσο και ενός προγράμματος που θα κληθούν να γράψουν για να επιλύσουν ένα πρόβλημα. Στη δεύτερη περίπτωση δε, η διαφορετική ροή εκτέλεσης του προγράμματος από αυτή που είχαν υποθέσει οι μαθητές, είναι πιθανό να οδηγήσει στην αποθάρρυνσή τους και στην υιοθέτηση της παραδοχής ότι η εκμάθηση προγραμματισμού είναι δύσκολη έως αδύνατη.

Με το animation είναι δυνατό να απεικονιστεί η εκτέλεση των εντολών ενός προγράμματος και το αποτέλεσμά τους με διάφορους τρόπους. Ορισμένα σχετικά παραδείγματα είναι τα εξής:

- Επισήμανση των εντολών που εκτελούνται βήμα-βήμα, ώστε ο μαθητής να παρακολουθεί εύκολα ποια εντολή εκτελείται.
- Απεικόνιση τιμών μεταβλητών και των αλλαγών τους, έτσι ώστε να γίνεται σαφές ποιες εντολές έχουν ως αποτέλεσμα αλλαγή τιμών των μεταβλητών.
- Απεικόνιση δομών επιλογής και επανάληψης: Με το animation μπορεί να οπτικοποιηθεί ο τρόπος που οι δομές αυτές αλλάζουν τη ροή εκτέλεσης του προγράμματος, ανάλογα με τις συνθήκες που ισχύουν κάθε φορά. Έτσι οι μαθητές μπορούν να καταλάβουν καλύτερα τη λογική πίσω από τις εντολές απόφασης (επιλογής) και επανάληψης.
- Δυναμική παρακολούθηση της ροής του προγράμματος. Με τη δυνατότητα να μπορεί ο μαθητής κατά βούληση να κάνει παύση της εκτέλεσης, επανεκτέλεση εντολών ή αλλαγή της ταχύτητας εκτέλεσής τους.

4.3 Παιγνιοποίηση του μαθήματος. Το animation μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο για την παιγνιοποίηση (gamification) του μαθήματος. Η ενσωμάτωση στοιχείων παιχνιδιού κάνει το μάθημα πιο ευχάριστο και αυξάνει την κινητοποίηση καθώς και το βαθμό κατανόησης των μαθητών.

5. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) στην εκμάθηση προγραμματισμού.

Η χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση έχει αποδεδειγμένα αρκετά θετικά αποτελέσματα. Έχει δοκιμαστεί σε πειραματικές αλλά και εμπορικές εφαρμογές για διάφορα γνωστικά αντικείμενα, με επιτυχία. Ενδεικτική είναι η συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση 68 ερευνών σε εύρος 9 ετών (Akçayır & Akçayır, 2016), η οποία ανέδειξε ότι προκύπτουν πολλά πλεονεκτήματα από τη χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση. Όσον αφορά το αντικείμενο της πληροφορικής και πιο συγκεκριμένα της εκμάθησης προγραμματισμού, η ΕΠ έχει χρησιμοποιηθεί ήδη σε κάποιες πειραματικές εφαρμογές με καλά αποτελέσματα, οι οποίες θα παρουσιαστούν στη συνέχεια του άρθρου. Από θεωρητικής απόψεως, έχουν εντοπιστεί πολλά σημεία στη βιβλιογραφία τα οποία συνηγορούν υπέρ της χρήσης της ΕΠ στην εκμάθηση προγραμματισμού και αναλύονται στη συνέχεια.

Η ΕΠ είναι μία τεχνολογία η οποία συνδυάζει τον φυσικό με τον εικονικό – ψηφιακό κόσμο. Κατά συνέπεια, μπορούμε να πούμε ότι δύνανται να δημιουργηθούν με αυτή εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που συνδυάζουν το απτό με το ψηφιακό. Με τα περιβάλλοντα αυτά θα μπορούσε να ξεπεραστεί μία από τις βασικότερες δυσκολίες στην εκμάθηση προγραμματισμού η οποία είναι όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η αφηρημένη φύση του αντικειμένου. Και αυτό γιατί θα δοθεί η ευκαιρία στους μαθητές να συνδέσουν προγραμματιστικές έννοιες (εντολές, μεταβλητές κτλ) με τις –απτές– εικόνες δείκτες της ΕΠ, βοηθώντας τους να συλλάβουν καλύτερα τη λειτουργία τους. Το γεγονός ότι οι μαθητές συνδυάζουν πραγματικά αντικείμενα με ψηφιακές εντολές τους προκαλεί μεγαλύτερο

ενδιαφέρον και αυξάνει την κινητοποίηση, την κατανόηση και την ικανοποίηση των μαθητών. (Theodoropoulos & Lepouras, 2021)

Η ΕΠ γίνεται εύκολα αποδεκτή από τους μαθητές: Η βιομηχανία παιχνιδιών την έχει ενσωματώσει ήδη εδώ και περίπου μια δεκαετία. Ίσως το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το γνωστό παιχνίδι Pokemon Go, το οποίο υπήρξε πρωτοποριακό για την εποχή του και μάλιστα συνέβαλλε στη διάδοση της τεχνολογίας της ΕΠ στο ευρύ κοινό (Hsu et al 2016), (Wingfield & Isaac 2016). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη μεγάλη εξοικείωση των μαθητών με τις φορητές συσκευές, καθιστά την ΕΠ μία οικεία τεχνολογία για αυτούς. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο άμεσα στη σχολική τάξη, χωρίς την ανάγκη επιπλέον εκπαίδευσης των μαθητών.

Γενικότερα οφέλη που προκύπτουν από την ΕΠ στην εκπαίδευση ισχύουν και για την εκμάθηση προγραμματισμού Η/Υ. Τέτοια οφέλη είναι για παράδειγμα η εύκολη υιοθέτηση παιγνιώδους μάθησης (gamification), η μάθηση πλαισίου στήριξης (scaffolding), η ανακαλυπτική μάθηση (Yuen, et al, 2011) και άλλοι τρόποι ενεργητικής μάθησης οι οποίοι μπορούν να υποστηριχθούν από την ΕΠ, σύμφωνα με αρκετές μελέτες που έχουν γίνει. Έτσι, περιβάλλοντα ΕΠ θα μπορούσαν να αποτελέσουν μία πολύ σημαντική προσθήκη στα υπάρχοντα εργαλεία εκμάθησης προγραμματισμού από μαθητές.

Μία προσέγγιση που έχει εδραιωθεί είναι η διδασκαλία προγραμματισμού με χρήση περιβαλλόντων οπτικού προγραμματισμού με πλακίδια. Τα περιβάλλοντα αυτά παρουσιάζουν στους μαθητές κάθε εντολή με μορφή πλακιδίου, δίνοντάς τους μια ξεκάθαρη διακριτή υπόσταση. Τα πλακίδια έχουν το κατάλληλο σχήμα για να δείξουν στους μαθητές ότι κουμπώνουν μεταξύ τους, υποδεικνύοντας το βασικό χαρακτηριστικό των εντολών σε κάθε γλώσσα προγραμματισμού που είναι να συνδυάζονται και να αρμόζουν η μία στην άλλη, σχηματίζοντας το τελικό πρόγραμμα. Η ΕΠ θα μπορούσε να εξελίξει αυτά τα περιβάλλοντα, γιατί μπορεί να χρησιμοποιήσει εικόνες-δείκτες (markers) με φυσική υπόσταση. Όπως τα τουβλάκια είναι δομικά στοιχεία μιας κατασκευής, έτσι και οι εντολές του προγράμματος είναι τα δομικά του στοιχεία. Η δυνατότητα να μπορούν τα παιδιά να πιάσουν τις εικόνες δείκτες, να τις συνδυάσουν, αναδιατάξουν και να δουν άμεσα τα αποτελέσματα, να εντοπίσουν λάθη και να τα διορθώσουν θα συμβάλλει στην ουσιαστική κατανόηση της λειτουργίας των εντολών, και κατά συνέπεια των αρχών του προγραμματισμού.

Όσον αφορά στην αλληλεπίδραση των μαθητών με τα συστήματα ΕΠ, διαπιστώθηκε ότι επειδή οι μαθητές χρησιμοποιούν οπτικές αναπαραστάσεις των προγραμματιστικών εννοιών, μπορούν να αντιληφθούν καλύτερα τους τρόπους με τους οποίους λειτουργεί μία γλώσσα προγραμματισμού. Επίσης, το γεγονός ότι μπορούν να αλληλεπιδράσουν με φυσικό τρόπο με τις εντολές της γλώσσας, τους παρέχει ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο, επομένως καλύτερη κατανόηση. Τέλος, οι έρευνες έδειξαν ότι η χρήση ΕΠ ενισχύει τόσο τους απλούς μηχανισμούς μάθησης (μνήμη, κατανόηση), όσο και τους πιο σύνθετους (εφαρμογή, ανάλυση, αξιολόγηση, σύνθεση) (Theodoropoulos & Lepouras, 2021)

5.1 Επισκόπηση εφαρμογών που έχουν γίνει.

Παρακάτω θα παρουσιαστούν συνοπτικά εκπαιδευτικές εφαρμογές ΕΠ που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία, οι οποίες στοχεύουν στην εκμάθηση βασικών προγραμματιστικών εννοιών.

Η εφαρμογή ALGO (Gardeli & Vosinakis, 2018) συνδυάζει εντολές σε υλική μορφή με ψηφιακό περιβάλλον σε κινητή συσκευή. Οι εντολές είναι 3D εκτυπωμένα μπλοκ, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους και δίνουν κίνηση στον εικονικό παίκτη όταν σκαναριστούν από τη συσκευή. Η εφαρμογή υλοποιεί μόνο ακολουθιακή δομή και δεν υποστηρίζει δομή επιλογής και επανάληψης. Σκοπός της εφαρμογής είναι να διαπιστώσει αν ένα απτό περιβάλλον διεπαφής ΕΠ είναι πιο αποτελεσματικό από ένα εξ ολοκλήρου υλικό προγραμματιστικό περιβάλλον. Η εφαρμογή σχεδιάστηκε για μαθητές δημοτικού, και τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η εφαρμογή ΕΠ ήταν πιο αποδοτική στους ακόλουθους τομείς: συνεργασία των μαθητών, ανατροφοδότησης, ευκολίας ελέγχου από τον διδάσκοντα, ενθουσιασμού.

Στις πειραματικές εφαρμογές AR Maze (Jin et al, 2018), CodeCubes (Cleto et al, 2018), ARQuest (Gardeli & Vosinakis, 2019) οι μαθητές μαθαίνουν να προγραμματίζουν τοποθετώντας κατάλληλα εικόνες-δείκτες (markers) που αντιστοιχούν σε εντολές και εκτελούν και διορθώνουν τα προγράμματά τους μέσα από μία εφαρμογή σε κινητή συσκευή. Και οι τρεις εφαρμογές εστιάζουν στη λύση ενός προβλήματος τύπου λαβυρίνθου, όπου οι μαθητές πρέπει να χρησιμοποιήσουν απλές εντολές με σωστό τρόπο ώστε ο χαρακτήρας να κατευθυνθεί στο τέλος της διαδρομής.

Μία παρόμοια εκπαιδευτική εφαρμογή με δυνατότητα παραμετροποίησης από τον εκπαιδευτικό περιγράφεται από τους (Kim et al, 2019). Σε αυτή την εφαρμογή ο εκπαιδευτικός δημιουργεί μία πίστα με πλακίδια, με ένα μονοπάτι με αρχή και τέλος. Ο μαθητής καλείται να γράψει τον κώδικα επιλέγοντας τις εντολές μέσα από το περιβάλλον της εφαρμογής, έτσι ώστε ο χαρακτήρας να οδηγηθεί σωστά πάνω στο μονοπάτι. Στη συνέχεια ο μαθητής εκτελεί τον κώδικα που έγραψε, ενώ παράλληλα κινεί το πλακίδιο του χαρακτήρα πάνω στο μονοπάτι. Η εφαρμογή συγκρίνει την κίνηση του χαρακτήρα στον πραγματικό κόσμο με τις εντολές που έχουν γραφεί ψηφιακά, και παρέχει άμεση ανατροφοδότηση ανάλογα αν μία εντολή είναι σωστή ή λανθασμένη.

Η εφαρμογή Augmenting Coding (Dass et al, 2018) υλοποιεί δύο περιβάλλοντα εκμάθησης προγραμματισμού. Ένα κλασσικό περιβάλλον ΕΠ ανεπτυγμένο με ARKit για φορητή συσκευή iOS, και ένα μεγαλύτερης εμβύθισης με χρήση Microsoft Hololens. Το Microsoft Hololens είναι μία τεχνολογία μικτής πραγματικότητας η οποία επαυξάνει τον πραγματικό κόσμο με προβολή ολογραμμάτων χρησιμοποιώντας οθόνη κεφαλής. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι και οι δύο μέθοδοι είχαν επιτυχία ως προς την κατανόηση και το ενδιαφέρον των μαθητών, όμως η απλή ΕΠ ήταν πιο αποτελεσματική ως προς την ταχύτητα εκπλήρωσης των εργασιών και την ανατροφοδότηση που έδινε στους μαθητές. Στην τεχνολογία ολογραμμάτων αναφέρθηκαν δυσκολίες στην αναγνώριση χειρονομιών καθώς

και ότι ήταν κουραστική και αποπροσανατολιστική μετά από κάποια ώρα χρήσης (Dass et al, 2018).

Η εφαρμογή ARCode εστιάζει στη λογική σειρά των εντολών. Οι μαθητές χρησιμοποιούν ένα σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας όπου πρέπει να βάλουν στη σωστή σειρά εντολές της γλώσσας προγραμματισμού C++ για να λύσουν ένα πρόβλημα. (Sittiyuno & Chaipah, 2019).

Η εφαρμογή AR/TUI (Tangible User Interface, Απτή Διεπαφή Χρήστη) των Resnyansky, Billinghurst, Dey (2020) χρησιμοποιεί την ΕΠ για να ενισχύσει την κατανόηση του προγραμματισμού από τους μαθητές με απώτερο στόχο να γίνουν πιο αποδοτικοί στην εκσφαλμάτωση προγράμματος (debugging).

Η εφαρμογή του Narman (Narman et al, 2020) στοχεύει στη διδασκαλία των δομών δεδομένων μέσω ενός περιβάλλοντος ΕΠ. Εδώ η ΕΠ χρησιμοποιείται περισσότερο ως αφόρμηση, καθώς ο ρόλος της περιορίζεται μόνο στο να εκκινήσει την εφαρμογή όταν ο μαθητής σκανάρει την αντίστοιχη εικόνα στόχο. Παρότι η χρήση της ΕΠ είναι περιορισμένη, η έρευνα αναφέρει ότι λειτούργησε θετικά ως προς το ενδιαφέρον και την κινητοποίηση των μαθητών.

5.2 Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των εφαρμογών.

Κατά πλειοψηφία τα εργαλεία που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι η μηχανή παιχνιδιών Unity και η πλατφόρμα ΕΠ Vuforia, λόγω της μεγάλης λειτουργικότητας και παραμετροποίησης που προσφέρουν τα εν λόγω εργαλεία. Άλλες επιλογές είναι επίσης τα ARKit (Apple), ARCore (Google), ARToolkit, AR.js (web based). Τέλος, χρησιμοποιήθηκαν και πιο απλές εφαρμογές όπως το Aurasma και το Blippar. Αξίζει να σημειωθεί ότι όλα τα ανωτέρω εργαλεία διατίθενται για μη εμπορικούς σκοπούς, είτε εντελώς δωρεάν είτε παρέχοντας δωρεάν τις βασικές τους λειτουργίες. Αυτό είναι κάτι ιδιαίτερα ενθαρρυντικό για την ανάπτυξη πειραματικών εφαρμογών.

6. Συμπεράσματα – προτάσεις.

Κοινό σημείο όλων των εφαρμογών που μελετήθηκαν είναι τα θετικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τη χρήση τους στην τάξη. Σε συμφωνία και με τα θεωρητικά δεδομένα που παρουσιάστηκαν πιο πάνω, όλες οι έρευνες πεδίου που έγιναν έδειξαν ότι η ΕΠ μπορεί να είναι χρήσιμη στη διδασκαλία του προγραμματισμού. Αυτό όμως που επισημαίνεται πρακτικά σε όλες τις έρευνες, είναι ότι χρειάζεται περεταίρω μελέτη για να προσδιοριστούν οι βέλτιστοι τρόποι ενσωμάτωσης της ΕΠ στη μαθησιακή διαδικασία.

Κάτι που επίσης διαπιστώθηκε είναι ότι οι εφαρμογές έχουν περιορισμένη θεματολογία. Τα σενάρια που υιοθετεί η πλειοψηφία των εφαρμογών εξαντλούνται σε δοκιμασίες λαβυρίνθου, αντλώντας προφανώς έμπνευση από εφαρμογές που έχουν γίνει κατά το παρελθόν, εμπορικές

και μη (Lightbot, Hour Of Code κ.α.). Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να διδαχθούν αντίστοιχα περιορισμένα προγραμματιστικά αντικείμενα. Υπάρχει ανάγκη για δημιουργία εφαρμογών με περισσότερη ποικιλία, που θα μπορούν να συμβάλλουν στη διδασκαλία και άλλων βασικών προγραμματιστικών εννοιών, όπως η χρήση μεταβλητών, εντολών εισόδου εξόδου, δομών δεδομένων, δημιουργία λογικών εκφράσεων, και άλλων.

Ένα ακόμα σημείο που χρήζει βελτίωσης είναι ο μικρός βαθμός παιγνιοποίησης των εφαρμογών. Είναι γεγονός ότι οι μαθητές έχουν πλέον μεγάλη εμπειρία στα ηλεκτρονικά παιχνίδια σε υπολογιστές ή φορητές συσκευές, με παιχνίδια που είναι πολύ εξελιγμένα τεχνολογικά, με ενσωμάτωση άρτιων γραφικών, πολύπλοκων σεναρίων κτλ. Αυτό έχει ως συνέπεια οι εκπαιδευτικές εφαρμογές να μην μπορούν να κρατήσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για πολλή ώρα. Οι απλές δοκιμασίες και τα περιορισμένα σενάρια των παιχνιδιών που διαθέτουν εξαντλούνται γρήγορα, και ενώ οι μαθητές τα αντιμετωπίζουν με αρχικά μεγάλο ενδιαφέρον, είναι λογικό ότι σύντομα το ενδιαφέρον αυτό θα μειωθεί.

Από τη μελέτη των εφαρμογών διαπιστώθηκε επίσης ότι έχουν όλες εστιάσει στην ΕΠ και ελάχιστα στα γραφικά και το animation. Το animation, είναι ένα πολύτιμο εργαλείο στη δημιουργία εφαρμογών για τη διδασκαλία του προγραμματισμού, για τους λόγους που αναλύθηκαν πιο πάνω. Υπάρχει ανάγκη λοιπόν για δημιουργία εκπαιδευτικών εφαρμογών που θα ενσωματώνουν εκτός από την ΕΠ και το animation σε πιο μεγάλο βαθμό. Συμπεραίνεται έτσι ότι υπάρχει μεγάλο πεδίο ανοικτό για εφαρμογές που συνδυάζουν ΕΠ και animation. Αντικείμενο μελλοντικών ερευνών θα είναι η εύρεση τρόπων χρήσης του animation σε εφαρμογές ΕΠ, με τρόπο αποδοτικό που να συμβάλλει στη διδασκαλία του προγραμματισμού Η/Υ χωρίς να κουράζει τους μαθητές και να προκαλεί υπερφόρτωση από πληροφορίες. Απαραίτητη είναι επίσης η δοκιμή των εφαρμογών που θα δημιουργηθούν, έτσι ώστε να μετρηθούν στην πράξη τα όποια αποτελέσματα.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Akçayır, Murat & Akçayır, Gökçe. (2016). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. Educational Research Review. 20. 1-11. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002.

Batista, Alex & Thiry, Marcello & Gonçalves, Rafael & Fernandes, Anita. (2020). Using Technologies as Virtual Environments for Computer Teaching: A Systematic Review. Informatics in Education. 19. 201-221. https://doi.org/10.15388/infedu.2020.10

Chan, Joshua & Pondicherry, Tarun & Blikstein, Paulo. (2013). LightUp: An augmented, learning platform for electronics. ACM International Conference Proceeding Series. 491-494. https://doi.org/10.1145/2485760.2485812

Cleto, Barbara & Moura, João Martinho & Sylla, Cristina & Ferreira, Luis. (2018). CodeCubes - Playing with Cubes and Learning to Code. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06134-0_58

Gardeli, Anna & Vosinakis, Spyros. (2019). ARQuest: A Tangible Augmented Reality Approach to Developing Computational Thinking Skills. https://doi.org/10.1109/VS-Games.2019.8864603

Gardeli, Anna & Vosinakis, Spyros. (2020). The Effect of Tangible Augmented Reality Interfaces on Teaching Computational Thinking: A Preliminary Study. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11932-4_63

Gomes, A. J., Santos, Á. N., & Mendes, A. J. (2012). A study on students' behaviours and attitudes towards learning to program. Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITiCSE, 132–137 https://doi.org/10.1145/2325296.2325331

Homer, Michael & Noble, James. (2017). Lessons in combining block-based and textual programming. Journal of Visual Languages and Sentient Systems. 3. 22-39. https://doi.org/10.18293/VLSS2017-007

Jawad HM, Tout S. (2021) Gamifying Computer Science Education for Z Generation. Information 2021, 12, 453 https://doi.org/10.3390/info12110453

Kadar, Rozita & Wahab, Naemah & Othman, Jamal & Shamsuddin, Maisurah & Mahlan, Siti. (2021). A Study of Difficulties in Teaching and Learning Programming: A Systematic Literature Review. International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development. http://dx.doi.org/10.6007/IJARPED/v10-i3/11100

Kim, Joonyoung & Marotta, Kristina & Leo, Jonathan & Agarwal, Sudeep & Li, Siwei & Chau, Polo. (2019). Mixed Reality for Learning Programming. 574-579. https://doi.org/10.1145/3311927.3325335

Lampropoulos G, Keramopoulos E, Diamantaras K, Evangelidis G. (2023). Integrating Augmented Reality, Gamification, and Serious Games in Computer Science Education. Education Sciences, Volume 13(6), 618. https://doi.org/10.3390/educsci13060618

Narman, H. S. et al., "Augmented Reality for Teaching Data Structures in Computer Science," 2020 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), Seattle, WA, USA, 2020, pp. 1-7 https://doi.org/10.1109/GHTC46280.2020.9342932

Nathan Dass, Joonyoung Kim, Sam Ford, Sudeep Agarwal, and Duen Horng (Polo) Chau. 2018. Augmenting Coding: Augmented Reality for Learning Programming. In Proceedings of the Sixth International Symposium of Chinese CHI (ChineseCHI '18). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 156–159. https://doi.org/10.1145/3202667.3202695

Qiao Jin, Danli Wang, Xiaozhou Deng, Nan Zheng, and Steve Chiu. 2018. AR-maze: a tangible programming tool for children based on AR technology. In Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children (IDC '18). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 611–616. https://doi.org/10.1145/3202185.3210784

Resnyansky, Dmitry, Billinghurst, Mark, Dey Arindam (2020). An AR/TUI-supported Debugging Teaching Environment. In Proceedings of the 31st Australian Conference on Human-Computer-Interaction (OzCHI '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 590–594. https://doi.org/10.1145/3369457.3369538

Rouhani, Majid & Farshchian, Veronica & Divitini, Monica. (2021). Teaching Programming in Secondary Schools: Stepping and Stumbling Stones. Interaction Design and Architecture(s). 48-68. https://doi.org/10.55612/s-5002-047-003

Saeli, Mara & Perrenet, Jacob & Jochems, Wim & Zwaneveld, Bert. (2011). Teaching Programming in Secondary School: A Pedagogical Content Knowledge Perspective. Informatics in Education. 10. 73-88. https://doi.org/10.15388/infedu.2011.06.

Sirakaya, M., & Cakmak, E. K. (2018). The Effect of Augmented Reality Use on Achievement, Misconception and Course Engagement. Contemporary Educational Technology, 9(3), 297-314. https://doi.org/10.30935/cet.444119

Sittiyuno, S., & Chaipah, K. (2019). Arcode: Augmented reality application for learning elementary computer programming. In 2019 16th international joint conference on computer science and software engineering (pp. 32–37). http://dx.doi.org/10.1109/JCSSE.2019.8864173

Theodoropoulos, Anastasios & Lepouras, George. (2021). Augmented Reality and programming education: A systematic review, International Journal of Child-Computer Interaction, Volume 30, 2021, 100335, ISSN 2212-8689 https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100335

Ussiph, Najim & Seidu, Hamidu. (2018). The Impact of using 3D Interactive Animation Tool in Teaching Computer Programming at the Senior High School Level. Circulation in Computer Science. 3. 18-28. https://doi.org/10.22632/ccs-2018-252-78

Yuen, S.; Yaoyuneyong, G.;& Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. Journal of Educational Technology Development and Exchange, 4(1), 119-140.

Hsu, D. & Berger, J. & Hosanagar, K. (2016, July 21). *How "Pokemon Go" Took Augmented Reality Mainstream*. Knowledge at Wharton. University of Pennsylvania. https://knowledge.wharton.upenn.edu/article/how-pokemon-go-took-augmented-reality-mainstream/

Rizzotto, L. (2018, January 29). *The Real Reason Behind Pokemon Go's Success*. Medium. https://medium.com/futurepi/the-real-reason-behind-pokemon-gos-success-f938612bcd0d

Wingfield, N. & Isaac, M. (2016, July 11). *Pokémon Go Brings Augmented Reality to a Mass Audience*. NY Times. https://www.nytimes.com/2016/07/12/technology/pokemon-go-brings-augmented-reality-to-a-mass-audience.html