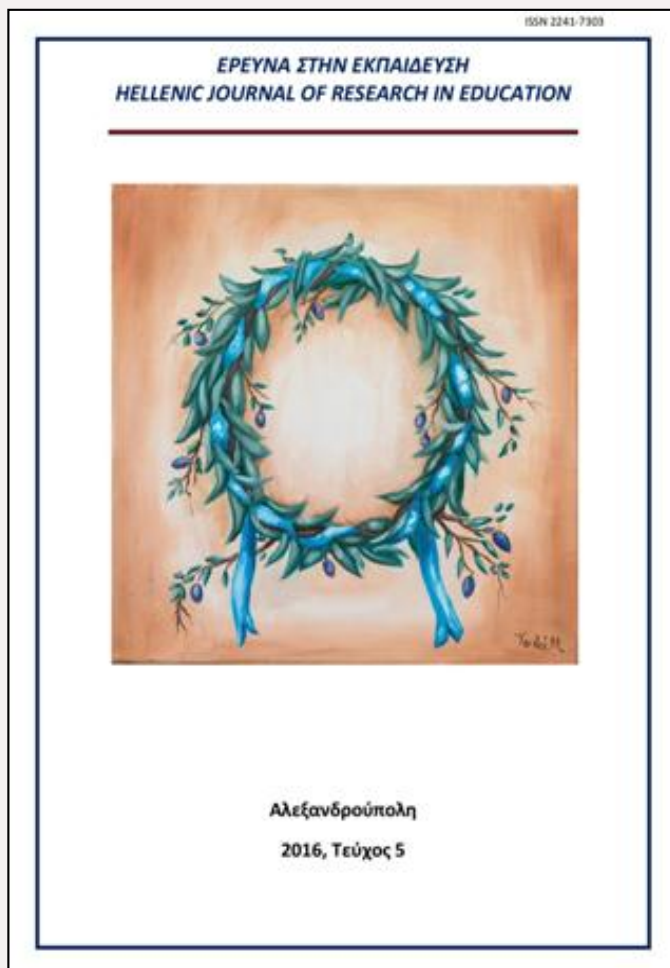


## Έρευνα στην Εκπαίδευση

Τομ. 5, 2016



### Ανάπτυξη προγραμματιστικών δεξιοτήτων σε παιδιά με τη χρήση του προγραμματιστικού περιβάλλοντος Kodu. Αποτελέσματα από πιλοτικό πρόγραμμα σε μαθητές της Στ΄ τάξης

Φωκίδης Εμμανουήλ  
Μπούκλα Κυριακή  
[10.12681/hjre.10208](https://doi.org/10.12681/hjre.10208)

Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Copyright © 2016 Εμμανουήλ Φωκίδης, Κυριακή Μπούκλα



#### To cite this article:

Φωκίδης, & Μπούκλα (2016). Ανάπτυξη προγραμματιστικών δεξιοτήτων σε παιδιά με τη χρήση του προγραμματιστικού περιβάλλοντος Kodu. Αποτελέσματα από πιλοτικό πρόγραμμα σε μαθητές της Στ΄ τάξης. Έρευνα στην Εκπαίδευση, 5, .

## Ανάπτυξη προγραμματιστικών δεξιοτήτων σε παιδιά με τη χρήση του προγραμματιστικού περιβάλλοντος Kodu. Αποτελέσματα από πιλοτικό πρόγραμμα σε μαθητές της Στ' τάξης

Εμμανουήλ Φωκίδης<sup>α</sup>, Κυριακή Μπούκλα<sup>α</sup>

<sup>α</sup> Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης

### Περίληψη

Η παρούσα εργασία διερευνά το κατά πόσο το παιγνιώδες προγραμματιστικό περιβάλλον Kodu μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές της Στ' τάξης δημοτικού να κατανοήσουν βασικές προγραμματιστικές έννοιες (δομή ακολουθίας, μεταβλητές και υπορουτίνες). Για το λόγο αυτό, διεξήχθη μία πιλοτική μελέτη διάρκειας επτά εβδομάδων, σε τρία σχολεία της Αττικής, με συνολικά 60 συμμετέχοντες μαθητές χωρισμένους σε τρεις ίσες ομάδες. Η πρώτη ομάδα αποτέλεσε την ομάδα ελέγχου, η δεύτερη διδάχθηκε συμβατικά και η τρίτη διδάχθηκε τις βασικές προγραμματιστικές έννοιες με την χρήση του Kodu. Οι επιδόσεις των μαθητών αξιολογήθηκαν με βάση φύλλα δραστηριοτήτων και αξιολόγησης. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι οι μαθητές που διδάχθηκαν προγραμματισμό με το Kodu, σημείωσαν καλύτερες επιδόσεις σε σχέση με τα παιδιά των άλλων ομάδων. Επίσης, οι εντυπώσεις των μαθητών από την διδασκαλία με τη μέθοδο αυτή ήταν ιδιαίτερα θετικές, επισημαίνοντας τα παιγνιώδη χαρακτηριστικά του προγράμματος, γεγονός που λειτούργησε συμπληρωματικά στην αποτελεσματικότητα της συγκεκριμένης ερευνητικής παρέμβασης. Τα θετικά αποτελέσματα οδηγούν στην ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης του θέματος. Οι εκπαιδευτικοί καθώς επίσης και όσοι διαμορφώνουν την εκπαιδευτική πολιτική, θα μπορούσαν να εξετάσουν η δυνατότητα ένταξης αυτού του περιβάλλοντος στη διδασκαλία του προγραμματισμού στο δημοτικό σχολείο.

### Abstract

The study examines whether the game-like programming environment of Kodu can help 6<sup>th</sup>-grade primary school students to understand basic programming concepts (sequence structure, variables and subroutines). For this reason, a pilot program was designed and implemented in three primary schools in Attica, Greece, that lasted for seven weeks. A total of 60 students participated in the study, divided into three groups. The first group was the control group, the second was taught conventionally and the third group was taught with the use of Kodu. Students' performance was assessed based on in-classroom activities and evaluation sheets. Data analysis revealed that students who were taught programming using Kodu outperformed students in the other groups. Also, students expressed positive views regarding this teaching method also noting that Kodu was fun to use. Students' positive attitudes acted as a complement to the effectiveness of the method. The good results that were obtained point to the need to further investigate the matter. It is also suggested that educators, as well as policy makers, can consider the use of Kodu for teaching basic programming concepts to primary school students.

© 2016, Φωκίδης Ε., Μπούκλα Κ.  
Άδεια CC-BY-SA 4.0

**Λέξεις-κλειδιά:** Kodu, διδασκαλία προγραμματισμού, μαθητές δημοτικού, δομή ακολουθίας, μεταβλητές, υπορουτίνες

**Keywords:** Kodu, programming education, primary school students, subroutines, variables, sequence structure

Υπεύθυνος επικοινωνίας: Εμμανουήλ Φωκίδης, Δημοκρατίας 1, 85132, Ρόδος, [fokides@aegean.gr](mailto:fokides@aegean.gr)

URL: <http://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/hjre/index>

## Εισαγωγή

Η τεχνολογία έχει προκαλέσει σημαντικές αλλαγές σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, στις συνήθειες και ακόμα και στον τρόπο σκέψης. Ειδικά για τους νέους, ο Prensky (2001), εύστοχα επισημαίνει ότι ο όρος που μπορεί να τους περιγράψει είναι «ψηφιακοί αυτόχθονες» (digital natives), εξαιτίας της άνεσής τους στη χρήση της τεχνολογίας. Όμως, αυτή η ψηφιακή ευχέρεια θα πρέπει να σχετίζεται όχι με την απλή χρήση των υπολογιστών, αλλά με την ικανότητα σχεδίασης και δημιουργίας κάνοντας χρήση τεχνολογικών εργαλείων. Οι σημερινοί μαθητές για να μπορέσουν να αποκτήσουν αυτή την ικανότητα θα πρέπει πρωτίστως να αποκτήσουν ευχέρεια στον προγραμματισμό (Resnick et al., 2009).

Ο ρόλος του προγραμματισμού στην εκπαίδευση είναι αξιοσημείωτος. Αυτό γιατί η διδασκαλία του βοηθά τους μαθητές στην απόκτηση αναλυτικής και συνθετικής σκέψης, στην ανάπτυξη ικανοτήτων μεθοδολογικού χαρακτήρα προκειμένου να είναι σε θέση να επιλύουν απλά προβλήματα σε προγραμματιστικό περιβάλλον, στην καλλιέργεια δεξιοτήτων αλγοριθμικής σκέψης (ανάλυση προβλήματος, σχεδίαση αλγορίθμου, δομημένη σκέψη, αυστηρότητα έκφρασης) και επιδρά θετικά στη δημιουργικότητα και τη φαντασία τους (Δογούλη, 2012). Ο προγραμματισμός λοιπόν, εκτός από καθαρά γνωστικό αντικείμενο, αποτελεί και εκπαιδευτικό εργαλείο με σημαντικά οφέλη για τους μαθητές (Papert, 1980).

Όμως, κατά το παρελθόν, η διδασκαλία και η εκμάθηση του προγραμματισμού ήταν αρκετά προβληματική. Παράγοντες που συνέβαλαν σε αυτό ήταν οι εξής: (α) οι πρώτες γλώσσες προγραμματισμού ήταν δύσκολες στη χρήση και οι μαθητές δυσκολεύονταν στο συντακτικό τους, (β) ο προγραμματισμός διδασκόταν με παραδείγματα και δραστηριότητες που απέκλιναν των ενδιαφερόντων ή των εμπειριών των μαθητών και (γ) το πλαίσιο διδασκαλίας προγραμματισμού δεν παρείχε την απαιτούμενη, από πλευράς μαθητικών αναγκών, αιτιολόγηση ή ενθάρρυνση (Resnick et al., 2009). Επίσης, η παραδοσιακή προσέγγιση διδασκαλίας συνιστά και αυτή πρόβλημα. Συχνά οι μαθητές εκτιμούν ότι η εκμάθηση προγραμματισμού είναι διαδικασία επίπονη, περιγράφοντας τα μαθήματα προγραμματισμού ως ιδιαίτερα τεχνικά, μη ρεαλιστικά και στερούμενα δημιουργικότητας (Παπαδάκης, Ορφανάκης, Καλογιαννάκης, & Ζαράνης, 2014).

Οι Margulieux, Guzdial και Catrambone (2012) σημειώνουν ότι το πρόβλημα εκμάθησης προγραμματισμού μπορεί να αντιμετωπιστεί μέσω της μετατροπής του εισαγωγικού προγραμματισμού σε μία εύκολη και ευχάριστη διαδικασία. Σύμφωνα με τους Freudenthal, Roy, Ogrey, Magoc και Siegel (2010), η διδασκαλία προγραμματισμού οφείλει να επιδιώκει την ελαχιστοποίηση του γνωστικού φορτίου και παράλληλα τη μεγιστοποίηση της παιδαγωγικής αξίας. Επίσης, οι μαθητές ανταποκρίνονται θετικά όταν το πλαίσιο διδασκαλίας εδράζεται σε θεματολογία του άμεσου ενδιαφέροντός τους (Παπαδάκης, Ορφανάκης, Καλογιαννάκης, & Ζαράνης, 2014). Προς την κατεύθυνση αυτή, δηλαδή ο προγραμματισμός να αποτελεί διασκέδαση για τους μαθητές, έχουν αναπτυχθεί ποικίλες διδακτικές προσεγγίσεις, με τη χρήση διαφόρων προγραμματιστικών εργαλείων.

Ένα τέτοιο εργαλείο είναι το Kodu της Microsoft Research Labs, με το οποίο τα παιδιά μπορούν να αναπτύξουν παιχνίδια για τον H/Y ή και το Xbox, χρησιμοποιώντας μία απλή γλώσσα οπτικού προγραμματισμού (Τζελέπη & Κοτίνη, 2013). Πλεονέκτημα δε, αποτελεί το γεγονός ότι δεν είναι απαραίτητες προηγούμενες γνώσεις προγραμματισμού και λόγω της απλότητας της γλώσσας προγραμματισμού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και από μικρά παιδιά.

Σε αυτό το πλαίσιο, ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσει εάν το περιβάλλον του Kodu βοηθάει τους μαθητές να κατανοήσουν βασικές προγραμματιστικές έννοιες, όπως τη δομή ακολουθίας, τις μεταβλητές και τις υπορουτίνες, όπως αναλύεται στις επόμενες ενότητες.

## Η διδασκαλία του προγραμματισμού

Το διδακτικό αντικείμενο πάνω στο οποίο βασίζεται η παρούσα εργασία είναι αυτό του προγραμματισμού. Ο Σταματόπουλος (2015) τον ορίζει ως τη διαδικασία συγγραφής μίας σειράς εντολών τις οποίες μπορεί να ακολουθήσει ένας υπολογιστής για την επίλυση ενός προβλήματος. Οι εντολές είναι γραμμένες σε μία γλώσσα την οποία πρέπει να καταλαβαίνει ο υπολογιστής, δηλαδή σε μία γλώσσα προγραμματισμού.

Όσον αφορά τους παράγοντες που σχετίζονται με τη διδασκαλία του προγραμματισμού, συγγραφείς όπως οι Μπασδεκίδης και Χατζόπουλος (2006) υπογραμμίζουν τη σημασία παραμέτρων όπως: την πρόκληση ενδιαφέροντος στους μαθητές, την ακρίβεια των πληροφοριών σχετικά με την λειτουργία του προγραμματισμού, την απαίτηση σκέψης για την επίλυση ενός προγραμματιστικού προβλήματος, την ενθάρρυνση της μάθησης μέσα από την διερεύνηση και τη συνεργασία, τη δυνατότητα ακύρωσης των εσφαλμένων ενεργειών, τον βαθμό αλληλεπίδρασης και τέλος την παροχή ανάδρασης. Έτσι, η διδασκαλία του προγραμματισμού καθίσταται μία πολύ σημαντική εκπαιδευτική διαδικασία, καθότι ενισχύει μία σειρά από νοητικές και γνωστικές δεξιότητες των μαθητών (Κορδάκη & Ψώμος, 2012).

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται αρκετά και ετερόκλητα παραδείγματα διδακτικών προσεγγίσεων στο μάθημα του προγραμματισμού στο δημοτικό. Για παράδειγμα, οι Νεοφώτιστος και Κνάβας (2014) αξιολόγησαν την αποτελεσματικότητα της δράσης "Μία ώρα κώδικα" σε συνδυασμό με την διδασκαλία της γλώσσας προγραμματισμού Logo. Και οι δύο αυτές πρακτικές είχαν σαν στόχο να βελτιώσουν την υπολογιστική σκέψη των μαθητών της Στ' δημοτικού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η παρέμβαση είχε θετικό αντίκτυπο στις επιδόσεις των μαθητών στον προγραμματισμό. Τα παιδιά ανέπτυξαν την ικανότητα να δομούν τη σκέψη τους για να επιλύουν σύνθετα προβλήματα. Επίσης, το παιγνιώδες περιβάλλον κατά την διάρκεια της διδασκαλίας βοήθησε τους μαθητές στο να αλλάζουν την αντίληψή τους σχετικά με τον υπολογιστή και τα ενθάρρυνε στο να προσπαθήσουν να βελτιώσουν τις επιδόσεις τους και στα άλλα μαθήματα του σχολείου.

Οι Τσοβόλας και Κόμης (2008) υποστηρίζουν ότι μία αποτελεσματική μέθοδος για την διδασκαλία των αρχών του προγραμματισμού σε μαθητές του δημοτικού είναι η εκπαιδευτική ρομποτική. Πιο συγκεκριμένα, οι συγγραφείς υιοθέτησαν το μοντέλο της εκπαιδευτικής ρομποτικής για την εκμάθηση της γλώσσας προγραμματισμού Lego σε μαθητές δημοτικού. Διαπίστωσαν ότι αυτό βοήθησε τους μαθητές (α) να κατανοήσουν τις αρχές του προγραμματισμού και να συντάξουν μία πρώτη μορφή κώδικα, (β) να συνδυάσουν γνώσεις από διαφορετικά αντικείμενα, (γ) να συνεργαστούν με τους συμμαθητές τους και να ανταλλάσσουν σκέψεις, και (δ) να κατανοήσουν την βασική προγραμματιστική δομή που είναι η ακολουθία. Παρόμοια έρευνα διεξήγαγαν οι Ο'Kelly και Gibson (2006). Οι συγγραφείς βρήκαν ότι η ενασχόληση με την εκπαιδευτική ρομποτική βελτίωσε τις επιδόσεις των μαθητών στον προγραμματισμό και ειδικότερα στα στάδια της ανάλυσης των παραμέτρων του προβλήματος, στο σχεδιασμό του προγράμματος και στον έλεγχο του. Επιπρόσθετα, η ρομποτική βοήθησε τους μαθητές να αναπτύξουν την κριτική τους σκέψη, και ενίσχυσε τις δυνατότητές τους σχετικά με την επίλυση προβλημάτων.

Οι Χασανίσης, Ντίνας, Μπράτισης, Στάμου και Γκόγκου (2013) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η διδασκαλία του προγραμματισμού μπορεί να δανειστεί στοιχεία και μεθόδους από την διδασκαλία της γλώσσας, με στόχο να γίνει πιο αποτελεσματική. Οι συγγραφείς κατέληξαν σε αυτό το συμπέρασμα ύστερα από έρευνα που διεξήγαγαν σε μαθητές της Στ' τάξης χρησιμοποιώντας την εφαρμογή Scratch που είναι ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον προγραμματισμού που απευθύνεται κυρίως σε παιδιά 8-12 ετών. Ακόμη, βρέθηκε ότι τα παιγνιώδη περιβάλλοντα όπως αυτό του Scratch είναι ιδιαίτερα ελκυστικά για τους μαθητές.

Το Scratch αξιοποιήθηκε και στις έρευνες των Su, Huang, Yang, Ding και Hsieh (2015) και Feng και Chen (2014). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές βελτίωσαν τις επιδόσεις τους στον προγραμματισμό, στην επίλυση προβλημάτων και μπορούσαν να αναπτύξουν πιο εποικοδομητικές ιδέες. Επιπρόσθετα, το παιγνιώδες περιβάλλον είχε θετικό αντίκτυπο στα παραπάνω. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μαθητές που δεν οριοθετούσαν τους στόχους τους πριν από το μάθημα είχαν καλύτερες επιδόσεις στον προγραμματισμό και στην ικανότητα επίλυσης προβλημάτων σε σύγκριση με αυτούς που τους οριοθετούσαν.

Τέλος, οι Μαυρίδης, Σιριβιάνου και Αλεξογιαννοπούλου (2015) ανέπτυξαν μία διδακτική προσέγγιση για την εκμάθηση του προγραμματισμού που δεν περιλάμβανε την χρήση υπολογιστή. Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε σε μαθητές που φοιτούσαν στις πρώτες τάξεις του δημοτικού καθώς και στο νηπιαγωγείο. Τα παιδιά ήρθαν σε επαφή με τις αρχές του προγραμματισμού μέσα από την κίνηση κατά βήματα, η οποία ήταν συνδεδεμένη με την εκτέλεση συγκεκριμένων εντολών και αποστολών. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η μέθοδος είχε θετικό αντίκτυπο στις επιδόσεις των μαθητών, οι οποίοι αποσύνδεσαν την έννοια του προγραμματισμού από την χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η αποσύνδεση αυτή βοήθησε τα παιδιά να κατανοήσουν την σχέση του

προγραμματισμού με τα προβλήματα και τις πρακτικές που αντιμετωπίζουν στην καθημερινή τους ζωή. Τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1** Σύνοψη των αποτελεσμάτων ενδεικτικών ερευνών

Συγγραφέας και έτος	Προσέγγιση και δείγμα	Αποτελέσματα αναφορικά με τους μαθητές
Νεοφώτιστος & Κνάβας (2014)	Logo, ΣΤ' τάξη, 40 μαθητές	Ανέπτυξαν την ικανότητά τους στο να δομούν την σκέψη τους και στο να μάθουν να επιλύουν σύνθετα προβλήματα. Το παιγνιώδες περιβάλλον βοήθησε να αλλάξουν την αντίληψή τους σχετικά με τον υπολογιστή, καθώς και τους ενθάρρυνε στο να προσπαθήσουν να βελτιώσουν τις επιδόσεις τους και στα άλλα μαθήματα του σχολείου.
Τσοβόλας και Κόμης (2008)	Εκπαιδευτική ρομποτική/ Lego, Ε' και Στ' τάξη, 18 μαθητές	Κατανόησαν τις αρχές του προγραμματισμού και συνέταξαν μια πρώτη μορφή κώδικα. Ανέπτυξαν την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων. Ανέπτυξαν την συνδυαστική τους σκέψη. Κατανόησαν την έννοια της ακολουθίας. Έμαθαν να συνεργάζονται.
Χασανίσης και συν. (2013)	Scratch, ΣΤ' τάξη, 40 μαθητές	Η διδασκαλία του προγραμματισμού έγινε καλύτερη και ευκολότερη με τη χρήση στοιχείων και δραστηριοτήτων δανεισμένα από την γλωσσική διδασκαλία.
Μαυρίδης και συν. (2015)	Δεν περιλάμβανε την χρήση υπολογιστή, Α', Β' και Γ' τάξη, δεν αναφέρεται δείγμα	Η μέθοδος είχε θετικό αντίκτυπο στις επιδόσεις τους και αποσύνδεσαν την έννοια του προγραμματισμού από τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Κατανόησαν τη σχέση του προγραμματισμού με τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν στην καθημερινή τους ζωή.
Ο'Kelly και Gibson (2006)	Εκπαιδευτική ρομποτική μαθητές δημοτικού, δεν αναφέρεται δείγμα	Βελτίωσαν τις επιδόσεις τους στον προγραμματισμό και ειδικότερα στα στάδια της ανάλυσης των παραμέτρων του προβλήματος, στο σχεδιασμό του προγράμματος και στον έλεγχο του για να δουν αν δουλεύει. Ανέπτυξαν την κριτική τους σκέψη και τις δυνατότητές τους σχετικά με την επίλυση προβλημάτων.
Su και συν. (2015)	Scratch, 135 μαθητές δημοτικού	Τους βοήθησε να βελτιώσουν τις επιδόσεις τους στον προγραμματισμό, στην επίλυση προβλημάτων, και στην ανάπτυξη εποικοδομητικών ιδεών.
Feng και Chen (2014)	Scratch, 232 μαθητές	Το παιγνιώδες περιβάλλον είχε θετικό αντίκτυπο στις επιδόσεις τους στο προγραμματισμό. Οι μαθητές που δεν οριοθετούσαν τους στόχους τους πριν από το μάθημα είχαν καλύτερες επιδόσεις στον προγραμματισμό και στην ικανότητα επίλυσης προβλημάτων σε σύγκριση με αυτούς που τους οριοθετούσαν.

Ο προγραμματισμός εντάσσεται στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών Πληροφορικής στο δημοτικό και ειδικότερα διδάσκεται στις δύο τελευταίες τάξεις. Στόχος του μαθήματος είναι οι μαθητές να κατανοήσουν ότι ο υπολογιστής εκτελεί τις οδηγίες που δέχεται από



τον χρήστη, οι οποίες εισάγονται σε κωδικοποιημένη μορφή. Τα παιδιά, χρησιμοποιώντας μία απλή γλώσσα προγραμματισμού (Logo-like περιβάλλοντα είναι τα μόνα που προτείνονται), μαθαίνουν να χρησιμοποιούν απλές εντολές με στόχο να δημιουργήσουν σχήματα ή να λύσουν κάποιο απλό πρόβλημα.

Σε γενικές γραμμές, η θεωρητική βάση του προγράμματος σπουδών μπορεί να χαρακτηριστεί ως φτωχή με βάση τα σύγχρονα δεδομένα. Μάλιστα, η αποτελεσματική διδασκαλία προϋποθέτει καταρτισμένο προσωπικό σε θέματα Πληροφορικής και προγραμματισμού, κατάλληλη υλικοτεχνική υποδομή, συνεχείς ενημερώσεις και βελτιώσεις του λογισμικού το οποίο θα χρησιμοποιηθεί, στοιχεία που σε αρκετές περιπτώσεις απουσιάζουν. Επιπρόσθετα, υπάρχουν και αρκετά άλλα προβλήματα στη διδασκαλία του προγραμματισμού στο δημοτικό σχολείο. Συνήθως ακολουθείται η παραδοσιακή προσέγγιση διδασκαλίας που στηρίζεται στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων και στη χρήση αριθμών και συμβόλων. Αυτή η προσέγγιση δεν μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες των μαθητών και είναι αναποτελεσματική στο να μεταφέρει τις αρχές του προγραμματισμού (Ξυνόγαλος, Σατρατζέμη, & Δαγδιδέλης, 2000). Όπως αναφέρεται από τον Κόμη (2005), κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας του προγραμματισμού, οι μαθητές καλούνται να κατανοήσουν τις αρχές του προγραμματισμού και τη διαδικασία εισόδου και εξόδου των δεδομένων, χωρίς τη χρήση κατάλληλων διαγραμμάτων και οπτικού υλικού. Επίσης, οι μαθητές καλούνται να προσεγγίσουν προβλήματα τα οποία τους είναι ξένα από τα προβλήματα που συναντούν στην καθημερινότητά τους.

### **Το προγραμματιστικό περιβάλλον Kodu**

Το προγραμματιστικό περιβάλλον Kodu, που αναπτύχθηκε από τη Microsoft Research Labs (<http://www.kodugamelab.com/>) και γνωρίζεται σημαντική αποδοχή, αφού από το 2009 που πρωτοεμφανίστηκε έχει εγκατασταθεί σε εκατομμύρια Η/Υ και σε πάνω από 100 χώρες. Το Kodu επιτρέπει στο χρήστη την περιήγηση σε τρισδιάστατους κόσμους και τη δημιουργία προγραμματιζόμενων χαρακτήρων και γραφικών. Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιεί έχει σχεδιαστεί αποκλειστικά για την κατασκευή παιχνιδιών. Κατά βάση πρόκειται για οπτικό προγραμματισμό, με απλούς κανόνες, που καθορίζονται με λογικές σειρές ενεργειών. Το πρόγραμμα δομείται σε σελίδες, που αποτελούνται από κανόνες, που με τη σειρά τους αποτελούνται από συνθήκες και ενέργειες, με όλες τις συνθήκες να εκτελούνται ταυτόχρονα. Η γλώσσα στηρίζεται σε φυσικούς όρους και έννοιες όπως βλέπω, ακούω και συγκρούομαι για τον έλεγχο του ήρωα και των χαρακτήρων του παιχνιδιού. Ο χρήστης του Kodu αποκομίζει λοιπόν την αίσθηση του παιχνιδιού και της δημιουργίας εντός ενός εικονικού τρισδιάστατου περιβάλλοντος, χωρίς όμως τον φορμαλισμό μίας γλώσσας προγραμματισμού. Μολονότι λοιπόν δεν είναι μία γλώσσα προγραμματισμού γενικής χρήσης, επιτρέπει την υλοποίηση ακόμα και περίπλοκων στοιχείων των παιχνιδιών, με έναν απλό και ευθύ τρόπο, χωρίς να απαιτεί πρότερες γνώσεις προγραμματισμού, πράγμα που το καθιστά ένα εργαλείο κατάλληλο για χρήση από παιδιά και εφήβους (Παλαιγεωργίου και συν., 2011).

Οι Shokouhi, Asefi, Sheikhi και Tee (2013) υποστηρίζουν ότι το Kodu μπορεί να βοηθήσει σημαντικά τους εκπαιδευτικούς να διδάξουν τις βασικές αρχές της επιστήμης των υπολογιστών σε μαθητές δημοτικού, ενισχύοντας τη δημιουργικότητα, τη φαντασία και την αναλυτική ικανότητα των παιδιών. Οι συγγραφείς ακόμα αναφέρουν τη δυνατότητα που δίνει το συγκεκριμένο προγραμματιστικό περιβάλλον στους χρήστες να ασχοληθούν με ένα συγκεκριμένο χαρακτήρα και να διερευνήσουν πως αυτός αντιδρά σε σχέση με το περιβάλλον του και ότι ενισχύει την ικανότητα των παιδιών να κατανοήσουν τις σχέσεις αιτίας και αποτελέσματος. Πολύ σημαντικό στοιχείο είναι το παιγνιώδες περιβάλλον, που καθιστά το μάθημα μία ευχάριστη διαδικασία, παρέχοντας σε μαθητές και δασκάλους μία εναλλακτική προσέγγιση για τη διεξαγωγή της διδασκαλίας.

Σε κλίμα συμφωνίας, οι Earp, Dagnino και Ott (2014) υπογραμμίζουν την ικανότητα του προγραμματιστικού περιβάλλοντος Kodu να μεταδίδει στους χρήστες την σχέση αιτίας και αποτελέσματος. Πιο συγκεκριμένα, τα παιδιά έχουν τη δυνατότητα να κατανοήσουν καλύτερα τον βρόχο When-Do, δεδομένου ότι ο χαρακτήρας που επιλέγουν αντιδρά με συγκεκριμένο τρόπο στο περιβάλλον μέσα στο οποίο κινείται ανάλογα με τις εντολές που δίνουν οι χρήστες. Κατά συνέπεια, το παιγνιώδες περιβάλλον του Kodu είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό στο να μεταδώσει στα παιδιά τις βασικές αρχές της προγραμματιστικής σκέψης ενισχύοντας παράλληλα την κριτική τους ικανότητα.

Στο ίδιο μήκος κύματος, οι Koutsikos Holeva, Zourelidis, Dova και Patrikakis (2012) θεωρούν ότι το Kodu, μέσω της δημιουργίας ενός παιγνιώδους περιβάλλοντος, συνεισφέρει στην

επίτευξη των εξής εκπαιδευτικών στόχων: (α) οι μαθητές δημιουργούν σενάρια και φτιάχνουν δικές τους ιστορίες εξασκώντας την φαντασία τους και τη δημιουργικότητά τους, (β) τα παιδιά μαθαίνουν να συνεργάζονται και να αναπτύσσουν λογικές σκέψεις, (γ) οι χρήστες εξοικειώνονται και έρχονται σε επαφή την αλγοριθμική σκέψη και (δ) οι μαθητές αναπτύσσουν τη δημιουργική τους σκέψη και κατανοούν σύνθετες ακολουθίες του προγραμματισμού.

Τέλος, οι Stolee και Fristoe (2012) αναφέρουν ότι το Kodu μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μετάδοση των βασικών εννοιών του προγραμματισμού. Όμως, οι ερευνητές επισημαίνουν ότι χρειάζεται ακόμα περαιτέρω έρευνα για να διαπιστωθεί εάν οι χρήστες αντιλαμβάνονται πραγματικά τις αρχές της επιστήμης των υπολογιστών μέσω του Kodu. Σημειώνουν επίσης ότι είναι θετικό το γεγονός ότι το περιβάλλον Kodu κάνει πιο εύκολη την πρόσβαση των χρηστών στις προγραμματιστικές έννοιες και σε αυτό το πλαίσιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σημείο μετάβασης των μαθητών από την κατανόηση των θεμελιωδών εννοιών του προγραμματισμού, στην εκμάθηση μίας επικρατούσας και σύνθετης γλώσσας προγραμματισμού.

Συνοψίζοντας, το Kodu τόσο όσο ως προγραμματιστικό περιβάλλον αλλά και λόγω του παιγνιώδη χαρακτήρα του, παρουσιάζει ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα. Λαμβάνοντας μάλιστα υπόψη ότι δεν υπάρχει εκτενής βιβλιογραφία σχετική με το συγκεκριμένο περιβάλλον, σε αντίθεση με παρόμοια λογισμικά όπως το Scratch, αποφασίστηκε στην παρούσα έρευνα να χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο λογισμικό και να εξεταστεί η αποτελεσματικότητά του στη διαδικασία εκμάθησης βασικών προγραμματιστικών εννοιών σε μαθητές δημοτικού.

## Μεθοδολογία και υλοποίηση της έρευνας

Έχοντας ως βάση όσα αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένα πιλοτικό πρόγραμμα για τη διδασκαλία του προγραμματισμού με παιγνιώδη τρόπο σε μαθητές της Στ' τάξης. Σε πρώτη φάση, έπρεπε να καθοριστούν οι στόχοι και το περιεχόμενο αυτής της παρέμβασης. Με δεδομένο ότι οι στόχοι της διδασκαλίας του προγραμματισμού δεν σχετίζονται μόνο με την εκμάθηση των προγραμματιστικών εννοιών, αλλά με τη γενικότερη ανάπτυξη και βελτίωση των παιδιών σε διαφορετικούς τομείς (Μπασδεκίδης & Χατζόπουλος, 2006; Κορδάκη & Ψώμος, 2012), οι στόχοι που τέθηκαν ήταν οι μαθητές να:

1. Σκέφτονται με δομημένο τρόπο και με λογική αλληλουχία.
2. Κατανοήσουν βασικές προγραμματιστικές έννοιες και να συντάξουν μία πρώτη μορφή κώδικα.
3. Αναπτύξουν την ικανότητα να επιλύουν προβλήματα.
4. Αναπτύξουν κριτική σκέψη.
5. Αναπτυχθεί η δημιουργικότητα και η φαντασία τους.
6. Γίνει το μάθημα πιο ελκυστικό.
7. Αυξηθεί το ενδιαφέρον για το αντικείμενο του προγραμματισμού.
8. Συνεργάζονται και να δρουν ομαδικά.
9. Γίνει σύνδεση μεταξύ των προβλημάτων του προγραμματισμού με τα προβλήματα της καθημερινής ζωής.

Οι παραπάνω στόχοι καθόρισαν σε μεγάλο βαθμό το περιεχόμενο του προγράμματος. Οι πλέον βασικές προγραμματιστικές έννοιες, που θεωρήθηκε ότι ικανοποιούν τους τέσσερις πρώτους στόχους, είναι οι μεταβλητές, η δομή ακολουθίας και οι υπορουτίνες. Μεταβλητή είναι "μία σειρά αλφαριθμητικών χαρακτήρων (λέξη) χωρίς κενά ή ειδικούς χαρακτήρες, η οποία χρησιμοποιείται για να παραστήσει ένα στοιχείο δεδομένου" (Καλοβρέκτης, 2015). Με άλλα λόγια, η μεταβλητή είναι ένα μέγεθος το οποίο μεταβάλλεται όταν εκτελείται το πρόγραμμα, διατηρώντας όμως σταθερό τον τύπο της και το όνομά της. Μία ιδιαίτερα σημαντική δομή σε ένα πρόγραμμα είναι αυτή της ακολουθίας, στην οποία οι εντολές «εκτελούνται η μία μετά την άλλη ακολουθιακά» (Καλοβρέκτης, 2015). Οι υπορουτίνες τέλος, είναι ομάδες εντολών που διευκολύνουν την εκτέλεση του προγράμματος και αποτελούν ανεξάρτητα τμήματα κώδικα που καλούνται μετά από ορισμένες συνθήκες.

Οι επόμενοι τρεις στόχοι θεωρήθηκε ότι μπορούν να ικανοποιηθούν εάν το αντικείμενο διδαχθεί με τη χρήση του προγραμματιστικού περιβάλλοντος του Kodu. Οι τελευταίοι δύο στόχοι συνδέονται άμεσα με τον τρόπο οργάνωσης της διδασκαλίας, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια.

Οι περισσότερες έρευνες που αναφέρθηκαν στην ενότητα για τον προγραμματισμό είχαν διάρκεια περίπου 2-3 εβδομάδων. Όμως, οι ίδιοι οι ερευνητές επεσήμαναν την ανάγκη μεγαλύτερης διάρκειας. Θεωρήθηκε λοιπόν σκόπιμο η παρέμβαση να διαρκέσει περίπου δύο μήνες. Αυτό το χρονικό διάστημα θα μπορούσε να δώσει τον απαραίτητο χρόνο στα παιδιά να εξοικειωθούν με την καινούρια διδακτική μέθοδο και παράλληλα θα επέτρεπε να υπάρχουν εμφανή γνωστικά αποτελέσματα. Η κάθε προγραμματιστική έννοια αποφασίστηκε να διδάσκεται σε τέσσερις δίωρες διδακτικές παρεμβάσεις (δύο κάθε εβδομάδα). Προβλέφθηκαν επίσης δύο διδακτικά δίωρα πριν από την έναρξη του προγράμματος για την εξοικείωση των μαθητών με το περιβάλλον εργασίας, τα οποία αποδείχθηκαν αρκετά, γιατί οι μαθητές εξοικειώθηκαν πολύ γρήγορα και δεν αντιμετώπισαν δυσκολίες. Έτσι, το πιλοτικό πρόγραμμα διήρκησε επτά εβδομάδες, από τις 12/10 έως τις 27/11/2015.

Αναφορικά με τον τρόπο εργασίας των μαθητών, αυτός περιλάμβανε δραστηριότητες τόσο με το Kodu όσο και σε έντυπη μορφή. Ο εκπαιδευτικός παρουσίαζε το διδακτικό αντικείμενο του μαθήματος και ζητούσε από τους μαθητές να επιλύσουν σχετικά προβλήματα υλοποιώντας μικρά παιχνίδια με το Kodu. Ενδεικτικά, στην έννοια τη υπορουτίνας, ζητήθηκε από τους μαθητές να υλοποιήσουν το ακόλουθο παιχνίδι: «Διαμορφώστε ένα περιβάλλον της αρεσκείας σας και τοποθετήστε σε αυτό κόκκινα και πράσινα μήλα. Προγραμματίστε τον μηχανάκια (χαρακτήρας στο Kodu) να κινείται με το πληκτρολόγιο. Όταν χτυπάει σε ένα κόκκινο μήλο θα το τρώει και θα παίρνει 10 βαθμούς. Όταν χτυπάει σε ένα πράσινο, θα πρέπει να παύει να κινείται, θα εμφανίζεται ζαλισμένος και θα λέει «Ωχ! Έφαγα λάθος μήλο». Μετά από 5 δευτερόλεπτα θα μπορεί να κινείται και πάλι κανονικά».

Ενδεικτικά, για την έννοια της μεταβλητής, δόθηκε η παρακάτω άσκηση: «Στις εφτά το πρωί, στο φούρνο της γειτονιάς σας μαΐνουν 10 άτομα και αγοράζουν συνολικά 5 κιλά ψωμί. Στις οχτώ το πρωί μαΐνουν 20 άτομα και αγοράζουν 13 κιλά ψωμί. Στις δέκα το πρωί μαΐνουν 35 άτομα και αγοράζουν 20 κιλά ψωμί. Έως τις δυο το μεσημέρι έχουν μπει στον φούρνο 45 άτομα και ψώνισαν συνολικά 60 κιλά ψωμί. Ποιες είναι βηματικά οι τιμές των μεταβλητών έως το μεσημέρι; »

Και στις δύο φάσεις οι μαθητές εργάζονταν σε ζευγάρια. Η σύνδεση με την καθημερινή ζωή και η ομαδική εργασία ικανοποιούσαν τους δύο τελευταίους από του στόχους που είχαν τεθεί.

Όσον αφορά τον τρόπο αξιολόγησης των επιδόσεων των μαθητών, αυτή αποφασίστηκε να προκύπτει τόσο από τη βαθμολόγηση των δραστηριοτήτων όσο και από φύλλα αξιολόγησης που δίνονταν μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας της κάθε προγραμματιστικής έννοιας και συμπληρώνονταν ατομικά. Τα φύλλα αξιολόγησης περιλάμβαναν ερωτήσεις σχετικές με την προγραμματιστική έννοια που είχε διδαχθεί. Επίσης, στο τέλος της ερευνητικής παρέμβασης, δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο στους μαθητές, με σκοπό τη διερεύνηση των εντυπώσεων που αποκόμισαν, αλλά και για την καταγραφή των θετικών και αρνητικών στοιχείων που εντόπισαν κατά τη διάρκεια των μαθημάτων.

Για να υπάρξει η δυνατότητα ερμηνείας της σημασίας των αποτελεσμάτων της παρέμβασης, αποφασίστηκε η σύγκρισή τους με τα αντίστοιχα αποτελέσματα διαφορετικών διδακτικών προσεγγίσεων. Για το λόγο αυτό, κρίθηκε απαραίτητη η δημιουργία τριών ομάδων μαθητών. Η μία ομάδα διδάχθηκε με τη μέθοδο που περιγράφηκε πιο πάνω. Μία άλλη ομάδα αποτέλεσε την ομάδα ελέγχου. Στην ουσία, η ομάδα αυτή δεν διδάχθηκε συστηματικά προγραμματισμό. Αξιολογήθηκε δηλαδή τι μπορούν να αντιληφθούν οι μαθητές διαισθητικά σχετικά με τις προαναφερθέντες προγραμματιστικές έννοιες. Η ομάδα αυτή χρησιμοποίησε το Kodu και εκτέλεσε τις ίδιες δραστηριότητες με τη βασική ερευνητική ομάδα, έχοντας την υποστήριξη του εκπαιδευτικού μόνο σε θέματα χρήσης του Kodu και συμπλήρωσε τα ίδια φύλλα αξιολόγησης. Η διάρκεια αυτής της παρέμβασης ήταν, όπως και στην προηγούμενη ομάδα, 7 εβδομάδες (14 δίωρες συνεδρίες). Τέλος, μία τρίτη ομάδα διδάχθηκε τις προγραμματιστικές έννοιες με συμβατικό/παραδοσιακό τρόπο. Ο εκπαιδευτικός διδάξε με συμβατικούς τρόπους (παρουσιάσεις, έντυπα, πίνακες) και οι μαθητές εκτέλεσαν τις ίδιες δραστηριότητες με τις άλλες ομάδες. Η διάρκεια αυτής της παρέμβασης ήταν 6 εβδομάδες (12 δίωρες συνεδρίες), καθότι δεν υπήρχε η ανάγκη εξοικείωσης των μαθητών με κάποιο λογισμικό. Επίσης, τα φύλλα αξιολόγησης ήταν κοινά με αυτά των προηγούμενων ομάδων.

Με το παραπάνω μεθοδολογικό σχήμα, οι τρεις ομάδες, που αποτελούνταν από συνολικά 60 μαθητές της Στ' τάξης τριών γειτονικών σχολείων της Αττικής, εκτέλεσαν τις ίδιες δραστηριότητες και αξιολογήθηκαν με τον ίδιο τρόπο. Η μόνη διαφορά που είχαν ήταν ο τρόπος προσφοράς του διδακτικού αντικείμενου.



## Ανάλυση αποτελεσμάτων

Στη μελέτη συμμετείχαν συνολικά 60 μαθητές, χωρισμένοι σε 3 ομάδες των 20. Η κατανομή αγοριών-κοριτσιών και στις 3 ομάδες ήταν περίπου ίση. Τα φύλλα αξιολόγησης και οι δραστηριότητες βαθμολογήθηκαν με βάση τις σωστές απαντήσεις και οι βαθμολογίες αθροίστηκαν. Στοιχεία για τη μέση βαθμολογία και για την τυπική απόκλιση, ανά ομάδα συμμετεχόντων και ανά δραστηριότητα, παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Αναλύσεις διασποράς μίας κατεύθυνσης (One-way ANOVA) επρόκειτο να διεξαχθούν για να συγκριθούν οι βαθμολογίες των 3 ομάδων μαθητών στις 3 δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν. Πριν γίνει η ανάλυση, ελέγχθηκε το κατά πόσο πληρούνται οι προϋποθέσεις για τη διεξαγωγή αυτού του είδους της ανάλυσης. Διαπιστώθηκε ότι (α) ο αριθμός των συμμετεχόντων ήταν επαρκής για τέτοιου είδους στατιστική ανάλυση, (β) όλες οι ομάδες είχαν τον ίδιο αριθμό συμμετεχόντων ( $N = 20$ ), (γ) δεν υπήρχαν ακραίες τιμές (outliers) και (δ) τα δεδομένα είχαν κανονική κατανομή, όπως αυτό εκτιμήθηκε από Q-Q γραφήματα και το Shapiro-Wilk test ( $p > .05$ ) (Πίνακας 3). Όμως, η ομοιογένεια της διακύμανσης παραβιάστηκε σε όλες τις περιπτώσεις, όπως εκτιμήθηκε από το test Levene ( $p < .05$ ) (Πίνακας 4).

**Πίνακας 2** Αποτελέσματα φύλλων αξιολόγησης

	Ομάδα μαθητών					
	Ομάδα ελέγχου (0) ( $N = 20$ )		Ομάδα συμβατική (1) ( $N = 20$ )		Ομάδα Kodu (2) ( $N = 20$ )	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Δραστηριότητα 1 Ακολουθίες	14.12	2.39	15.50	1.81	17.12	1.65
Δραστηριότητα 2 Μεταβλητές	11.51	4.44	8.61	3.95	13.69	2.81
Δραστηριότητα 3 Υπορουτίνες	6.38	3.65	6.67	1.77	11.71	3.97

**Πίνακας 3** Αποτελέσματα ελέγχου κανονικότητας της κατανομής

	Ομάδα	Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
Δραστηριότητα 1 Ακολουθίες	0	.92	20	.31
	1	.94	20	.14
	2	.94	20	.08
Δραστηριότητα 2 Μεταβλητές	0	.93	20	.18
	1	.96	20	.41
	2	.94	20	.14
Δραστηριότητα 3 Υπορουτίνες	0	.95	20	.31
	1	.96	20	.78
	2	.93	20	.41

**Πίνακας 4** Αποτελέσματα ελέγχου ομοιογένειας διακύμανσης (test Levene)

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Δραστηριότητα 1 Ακολουθίες	5.31	2	60	.017
Δραστηριότητα 2 Μεταβλητές	6.04	2	60	.003
Δραστηριότητα 3 Υπορουτίνες	7.81	2	60	.000

Εφόσον υπήρξε παραβίαση της ομοσκεδαστικότητας αλλά η υπόθεση της κανονικότητας ικανοποιείται, όπως φάνηκε παραπάνω, αντί για ANOVA, χρησιμοποιήθηκε το τεστ των Brown-Forsythe (1974), το οποίο είναι ανθεκτικό σε περιπτώσεις ετεροσκεδαστικότητας (Πίνακας 5).

**Πίνακας 5** Αποτελέσματα ελέγχου ομοιογένειας διακύμανσης (Brown-Forsythe)

	Brown-Forsythe	df1	df2	Sig.
Δραστηριότητα 1 Ακολουθίες	12.80	2	49.01	.000
Δραστηριότητα 3 Μεταβλητές	11.65	2	50.11	.000
Δραστηριότητα 5 Υπορουτίνες	16.01	2	48.04	.000

Οι αναλύσεις είχαν τα εξής αποτελέσματα:

- Στη Δραστηριότητα 1, η μέθοδος διδασκαλίας που χρησιμοποιήθηκε είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στις συνολικές βαθμολογίες των 3 ομάδων των μαθητών [Brown-Forsythe  $F(2, 49.01) = 12.80, p < .001$ ].
- Στη Δραστηριότητα 2, η μέθοδος διδασκαλίας που χρησιμοποιήθηκε είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στις συνολικές βαθμολογίες των 3 ομάδων των μαθητών [Brown-Forsythe  $F(2, 50.11) = 11.65, p < .001$ ].
- Στη Δραστηριότητα 3, η μέθοδος διδασκαλίας που χρησιμοποιήθηκε είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στις συνολικές βαθμολογίες των 3 ομάδων των μαθητών [Brown-Forsythe  $F(2, 48.04) = 16.01, p < .001$ ].

Post hoc συγκρίσεις χρησιμοποιώντας το Games-Howell test (1976) που χρησιμοποιείται όταν παραβιάζεται η ομοσκεδαστικότητα, διεξήχθησαν σε όλα τα πιθανά ζεύγη όλων των δραστηριοτήτων, έτσι ώστε να διαπιστωθούν οι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων των μαθητών. Διαπιστώθηκε ότι:

- Δραστηριότητα 1. Η ομάδα 0 ( $M = 14.12, SD = 2.39$ ) και η ομάδα 1 ( $M = 15.50, SD = 1.81$ ), δεν είχαν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p = .092$ ). Αντίθετα, η ομάδα 2 ( $M = 17.12, SD = 1.65$ ) είχε στατιστικά σημαντική διαφορά τόσο από την ομάδα 0 ( $p < .001$ ) όσο και από την ομάδα 1 ( $p = .006$ ).
  - Δραστηριότητα 2. Η ομάδα 0 ( $M = 11.51, SD = 4.44$ ) δεν είχε στατιστικά σημαντική διαφορά ούτε από την ομάδα 1 ( $M = 8.61, SD = 3.95, p = .078$ ) ούτε από την ομάδα 2 ( $M = 13.69, SD = 2.81, p = .089$ ). Αντίθετα, οι ομάδες 1 και 2 είχαν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p < .001$ ).
  - Δραστηριότητα 3. Η ομάδα 0 ( $M = 6.38, SD = 3.65$ ) και η ομάδα 1 ( $M = 7.76, SD = 1.77$ ) δεν είχαν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p = .735$ ). Η ομάδα 0 είχε όμως στατιστικά σημαντική διαφορά από την ομάδα 2 ( $M = 11.71, SD = 3.97, p < .001$ ). Επίσης, οι ομάδες 1 και 2 είχαν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p < .001$ ).
- Στο σύνολό τους, αυτά τα αποτελέσματα προτείνουν ότι:
- Στη δραστηριότητα που αφορούσε τις ακολουθίες, τα καλύτερα αποτελέσματα τα πέτυχε η ομάδα 2, αφού ξεπέρασε και τις δύο άλλες ομάδες. Επίσης, οι ομάδες 0 και 1 είχαν μεταξύ τους τα ίδια αποτελέσματα.
  - Στη δραστηριότητα που αφορούσε τις μεταβλητές, οι ομάδες 0 και 2 είχαν μεταξύ τους τα ίδια αποτελέσματα, ενώ η ομάδα 2 ξεπέρασε την ομάδα 1.
  - Στη δραστηριότητα που αφορούσε τις υπορουτίνες, οι ομάδες 0 και 1 είχαν μεταξύ τους τα ίδια αποτελέσματα και ξεπεράστηκαν (και οι δύο) από την ομάδα 2.

Από την παραπάνω ανάλυση, προκύπτει ότι η μέθοδος διδασκαλίας που ακολούθησε η ομάδα 2, είχε στατιστικώς σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα από όλες τις άλλες ομάδες σε δύο από τις

τρεις περιπτώσεις. Στη δραστηριότητα με τις μεταβλητές, τα αποτελέσματά της ήταν τα ίδια με αυτά της ομάδας 0, αλλά ξεπέρασε την ομάδα 1. Επίσης, και στις 3 δραστηριότητες οι ομάδες 0 και 1 είχαν μεταξύ τους τα ίδια αποτελέσματα.

Όσον αφορά τις εντυπώσεις των μαθητών της ομάδας 2 από τη διδασκαλία και την επαφή τους με το Kodu, 17 από τους 20 μαθητές ανέφεραν ότι τους άρεσε από πολύ ως πάρα πολύ η επαφή τους με το συγκεκριμένο πρόγραμμα και 18 δήλωσαν ότι το βρήκαν από πολύ ως πάρα πολύ ελκυστικό. Παράλληλα, 16 μαθητές δήλωσαν ότι ήταν πολύ ικανοποιημένοι από τη διεξαγωγή των μαθημάτων του προγραμματισμού με την χρήση του Kodu, όπως επίσης έκριναν τα μαθήματα, στο σύνολό τους, ως ευχάριστα. Τα περισσότερα παιδιά (14) δήλωσαν ότι δυσκολεύτηκαν από λίγο έως καθόλου στο να λύσουν τις δραστηριότητες και τις ασκήσεις που ήταν σχετικές με την κάθε προγραμματιστική έννοια. Αξίζει να σημειωθεί ότι σχεδόν όλοι οι μαθητές (19) δεν γνώριζαν το Kodu πριν τη διεξαγωγή των μαθημάτων. Αναφορικά με το επίπεδο επικοινωνίας και συνεργασίας με τους συμμαθητές τους και την εκπαιδευτικό, αυτό κινήθηκε σε πάρα πολύ καλά επίπεδα και στις δύο περιπτώσεις (16 μαθητές). Τέλος, μόνο 2 ερωτηθέντες ανέφεραν κάποιο σημείο από τα μαθήματα με το Kodu που δεν τους άρεσε. Το σημείο αυτό αφορούσε κάποιες περιπτώσεις που ο προγραμματισμός γινόταν πιο σύνθετος.

Συμπερασματικά, οι εντυπώσεις των μαθητών από τη διδασκαλία με το Kodu ήταν ιδιαίτερα θετικές, γεγονός που έδρασε συμπληρωματικά με την αποτελεσματικότητα του συγκεκριμένου προγράμματος στην εκμάθηση των αρχών του προγραμματισμού. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, μπορεί να διατυπωθεί η άποψη ότι το περιβάλλον Kodu επιτυγχάνει τόσο στο να μεταδώσει αποτελεσματικά τις έννοιες της Πληροφορικής όσο και στο να κάνει το μάθημα ενδιαφέρον και ελκυστικό.

## Συζήτηση

Στόχος της έρευνας ήταν να διερευνηθεί εάν η εργασία με το Kodu βοηθάει μαθητές της Στ' τάξης του δημοτικού να αντιληφθούν τρεις βασικές προγραμματιστικές έννοιες: (α) δομή ελέγχου, (β) υπορουτίνες και (γ) μεταβλητές. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ήταν αποτελεσματικό και ότι οι μαθητές κατέκτησαν αυτές τις έννοιες σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με πιο συμβατικά διδακτικά σχήματα. Εξίσου ενθαρρυντικό ήταν το γεγονός -όπως φάνηκε από το ερωτηματολόγιο εντυπώσεων- ότι οι μαθητές έμειναν ιδιαίτερα ικανοποιημένοι από την επαφή τους με αυτό το περιβάλλον εργασίας. Αυτό το στοιχείο φαίνεται να δρα συμπληρωματικά με την αποτελεσματικότητα, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα.

Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι σύμφωνα με τα ευρήματα αντίστοιχων ερευνών, και ειδικότερα με αυτά των Shokouhi, Asefi, Sheikhi και Tee (2013), Earp, Dagnino και Ott (2014) και Koutsikos, Holeva, Zourelidis, Dova και Patrikakis (2012). Πιο συγκεκριμένα, στις δύο πρώτες έρευνες υπογραμμίστηκε η συμβολή του Kodu στο να κάνει το μάθημα πιο ευχάριστο, καθώς και στο ότι βοηθάει τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τις βασικές έννοιες της Πληροφορικής και να επιλύουν σύνθετα προγραμματιστικά προβλήματα. Οι συγγραφείς της τελευταίας εργασίας μάλιστα, έκαναν αναφορές στην συμβολή του Kodu στην μετάδοση των αξιών της συνεργασίας μεταξύ των μαθητών, κάτι που φάνηκε και στην παρούσα έρευνα.

Εκτός όμως από ερευνητές που ασχολήθηκαν αποκλειστικά με το Kodu, η θετική επίδραση του παιγνιώδους περιβάλλοντος στη διαδικασία εκμάθησης του προγραμματισμού τονίστηκε και από άλλους (για παράδειγμα, Su, Huang, Yang, Ding και Hsieh, 2015; Feng και Chen, 2014; Armoni, Meerbaum-Salant και Ben-Ari, 2015; Flannery, Silverman, Kazakoff, Bers, Bontá και Resnick, 2013; Burke και Kafai, 2012; Kaučič και Asič, 2011) που χρησιμοποίησαν εφαρμογές όπως το Scratch. Και αυτοί οι ερευνητές υπογράμμισαν την αποτελεσματικότητα του παιγνιώδους περιβάλλοντος στην ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών να εκφράζουν τη λογική αλληλουχία γεγονότων, στη μετάδοση σύνθετων προγραμματιστικών εννοιών και γενικότερα στη βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών στον πεδίο του προγραμματισμού.

Φαίνεται λοιπόν ότι η αποτελεσματικότητα του περιβάλλοντος προγραμματισμού του Kodu οφείλεται κατά κύριο λόγο στον παιγνιώδη χαρακτήρα του. Δεν πρέπει να διαφεύγει εξάλλου το γεγονός ότι ο βασικός σκοπός του είναι η δημιουργία παιχνιδιών. Παράλληλα, πρέπει να

συνυπολογιστεί ότι τα ηλεκτρονικά παιχνίδια είναι συμβατά με τα βιώματα της μεγάλης πλειοψηφίας των παιδιών (Prensky, 2001). Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι οι μαθητές, παρότι σχετικά μικρής ηλικίας, δεν συνάντησαν ιδιαίτερα προβλήματα κατά τη χρήση του. Με βάση αυτά τα δεδομένα, μπορεί να ειπωθεί με σχετική ασφάλεια ότι η χρήση του παιγνιώδους προγραμματιστικού περιβάλλοντος του Kodu αλλά και άλλων αντίστοιχων προγραμματιστικών περιβαλλόντων προκρίνονται σε σχέση με τις συμβατικές/παραδοσιακές διδακτικές μεθόδους.

Οι αρμόδιοι εκπαιδευτικοί φορείς όπως το Υπουργείο παιδείας και το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, μπορούν να εντάξουν το Kodu -πιθανώς και άλλα παιγνιώδη προγραμματιστικά περιβάλλοντα- στο πρόγραμμα σπουδών με στόχο να βελτιώσουν τον τρόπο διδασκαλίας του προγραμματισμού στο δημοτικό σχολείο. Η ένταξή του στην εκπαιδευτική διαδικασία θα βοηθήσει τους μαθητές να έρθουν πιο κοντά στο αντικείμενο της Πληροφορικής, να κατανοήσουν τη διαφορά μεταξύ χρήσης του Η/Υ και προγραμματισμού, να θεωρήσουν το μάθημα ως μία ευχάριστη και ελκυστική διαδικασία και να μάθουν να συνεργάζονται με τους συμμαθητές τους. Από την άλλη πλευρά, απαιτείται μεγαλύτερη συμμετοχή των καθηγητών ή των δασκάλων στην εκπαιδευτική προσπάθεια και η άρτια κατάρτισή τους σχετικά με την χρήση του περιβάλλοντος Kodu. Η κατάρτιση όμως των εκπαιδευτικών σχετικά με το Kodu και τις δυνατότητές του δεν αναμένεται να είναι μία δύσκολη διαδικασία, δεδομένου ότι το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι σχετικά απλό στην χρήση του.

Για να ενταχθεί μάλιστα ομαλότερα στο πρόγραμμα σπουδών προτείνεται να δοθεί σημασία στα σημεία που αναφέρουν οι Vernadakis, Avgerinos, Zetou, Giannousi και Kioumourtzoglou (2006) τα οποία εστιάζουν στα εξής: (α) εξοικείωση των μαθητών με το περιβάλλον της εφαρμογής μέσω παρουσιάσεων και επιμορφωτικών δραστηριοτήτων, (β) οργάνωση δραστηριοτήτων με σταδιακά αυξανόμενο βαθμό δυσκολίας που θα έχει σαν στόχο στην ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών να επεξεργάζονται πληροφορίες, (γ) χρήση πιο δομημένων δραστηριοτήτων στα αρχικά στάδια και (δ) ο εκπαιδευτικός να έχει υποστηρικτικό, καθοδηγητικό και εποπτικό ρόλο κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας με τη χρήση του Kodu.

## Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη προέκυψε από την ανάγκη να διερευνηθούν τα αποτελέσματα της χρήσης ενός παιγνιώδους προγραμματιστικού περιβάλλοντος, όπως το Kodu, στην εκμάθηση βασικών στοιχείων προγραμματισμού σε μαθητές του δημοτικού σχολείου. Παρά τα θετικά αποτελέσματα, υπάρχουν περιορισμοί που πρέπει να αναφερθούν. Το δείγμα της έρευνας (60 μαθητές) ήταν σχετικά μικρό. Η χρήση μεγαλύτερου δείγματος θα ενίσχυε την αξιοπιστία της έρευνας. Η διδασκαλία των αρχών του προγραμματισμού και η μέτρηση των επιδόσεων τους στηρίχτηκε σε λίγες σχετικά δραστηριότητες. Η χρήση περισσότερων δραστηριοτήτων θα επέτρεπε την κατανόηση του εξεταζόμενου προβλήματος σε μεγαλύτερο βάθος. Υπήρχαν χρονικοί περιορισμοί σχετικά με την εφαρμογή του πιλοτικού προγράμματος, που δεν επέτρεψαν τη μεγαλύτερη διάρκειά του. Τέλος, όπως σε κάθε έρευνα, οι συμμετέχοντες, και στη συγκεκριμένη περίπτωση οι μαθητές, μπορεί να μην ήταν απόλυτα ειλικρινείς στις απαντήσεις τους σχετικά με τις εντυπώσεις τους από τη χρήση του Kodu, συνδέοντας τη διεξαγωγή της έρευνας με τη διαδικασία των εξετάσεων.

Από τους περιορισμούς της εργασίας, προκύπτουν και οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα, οι οποίες θα μπορούσαν να εστιάσουν στους παρακάτω άξονες. Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε μόνο σε μαθητές της Στ' τάξης. Μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να εξετάσουν την αποτελεσματικότητα του Kodu στη διδασκαλία του προγραμματισμού σε μαθητές μικρότερων ή/και μεγαλύτερων τάξεων (Γυμνάσιο). Η αποτελεσματικότητα του παιγνιώδους προγραμματιστικού περιβάλλοντος στην εκμάθηση εννοιών της Πληροφορικής εξετάστηκε μόνο με την χρήση του περιβάλλοντος Kodu. Άλλες έρευνες θα μπορούσαν να συγκρίνουν διαφορετικές εφαρμογές όπως το Scratch, με στόχο να εντοπιστούν τα δυνατά σημεία και οι αδυναμίες του κάθε περιβάλλοντος. Τέλος, μελλοντικές εργασίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν ποσοτικές αλλά και ποιοτικές προσεγγίσεις και πιο συγκεκριμένα να διεξάγουν προσωπικές συνεντεύξεις με τους μαθητές αλλά και με ειδικούς παιδαγωγικούς συμβούλους, κατασκευαστές λογισμικού κτλ.

Λαμβάνοντας υπόψη όλους τους περιορισμούς και συμπερασματικά, η ερευνητική ομάδα είναι πεπεισμένη ότι το Kodu έχει ένα πολλά υποσχόμενο δυναμικό. Η επόμενη φάση είναι η συγκρότηση ενός εκτενέστερου προγράμματος παρεμβάσεων, το οποίο, πέρα από μεγαλύτερη

διάρκεια, θα περιλαμβάνει και διδασκαλία επιπρόσθετων στοιχείων προγραμματισμού. Η εφαρμογή ενός τέτοιου προγράμματος σε μεγαλύτερη ομάδα μαθητών και η συγκριτική μελέτη των δεδομένων από διαφορετικούς τρόπους διδασκαλίας, θα παρέχει μία ολοκληρωμένη εικόνα για την αποτελεσματικότητα των παιγνιωδών προγραμματιστικών περιβαλλόντων. Εντούτοις, τα μέχρι στιγμής στοιχεία, ενισχύουν την άποψή μας ότι αυτά έχουν θετικό αντίκτυπο στην εκμάθηση προγραμματιστικών εννοιών.

## Βιβλιογραφία

### Ελληνόγλωσση

- Δογούλη, Ε. (2012). *Ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού για τη διδασκαλία των βασικών εννοιών του Προγραμματισμού στις τελευταίες τάξεις του Δημοτικού Σχολείου*. Μεταπτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.
- Καλοβρέκτης, Κ. (2015). *Getcoding για όλους: Τα πρώτα βήματα στον κόσμο του κώδικα*. Hellenic Professionals Informatics Society.
- Κόμης Β. (2005). *Εισαγωγή στη Διδακτική της Πληροφορικής*. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Κορδάκη, Μ., & Ψώμος, Π. (2012). Μια πρόταση διδασκαλίας του προγραμματισμού μέσω δημιουργίας εκπαιδευτικών ψηφιακών αφηγήσεων στο περιβάλλον Storytelling Alice. *Πρακτικά, 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής της Πληροφορικής* (σελ. 93-102).
- Μαυρίδης, Α., Σιριβιάνου, Ε., & Αλεξογιαννοπούλου, Β. (2015). Διδασκαλία προγραμματισμού στο νηπιαγωγείο και το δημοτικό, χωρίς τη χρήση υπολογιστή. *Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Καθηγητών Πληροφορικής*.
- Μπασδεκίδης, Χ., & Χατζόπουλος, Δ. (2006). Θεωρίες μάθησης και τεχνικές εκπαίδευσης. Εφαρμογή Διαδραστικού Πολυμεσικού Περιβάλλοντος (ΔΠΠ) για τη διδασκαλία, αυτοεκπαίδευση, εκμάθηση προγραμματισμού και μελέτη-αξιολόγηση των παιδαγωγικών του χαρακτηριστικών. *Πρακτικά 1ου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία* (σελ. 545-551).
- Νεοφώτιστος, Β., Κνάβας, Ο. (2014). Η συμβολή του προγραμματισμού και του διεθνούς προγράμματος "Μία ώρα κώδικα" στη δόμηση υπολογιστικής σκέψης. *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου*.
- Ευνόγαλος, Σ., Σατρατζέμη Μ. & Δαγδιδέλης, Β. (2000). Η εισαγωγή στον προγραμματισμό: Διδακτικές Προσεγγίσεις και Εκπαιδευτικά Εργαλεία. *Πρακτικά 2ου Συνεδρίου ΕΤΠΕ*.
- Παλαιγεωργίου Γ., Αϊβαλής Σ., Αϊβάτης Χ., Αλεξίου Β., Βουρονίκου Α. και ομάδα 23 φοιτητών (2011). *Δημιουργώ παιχνίδια στο Kodu*. Τμήμα Μηχανικών Η/Υ, Δικτύων και Τηλεπικοινωνιών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Παπαδάκης, Στ., Ορφανάκης, Β., Καλογιαννάκης, Μ., & Ζαράνης, Ν. (2014). Περιβάλλοντα προγραμματισμού για αρχάριους. Scratch & App Inventor: μια πρώτη σύγκριση. *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτική της Πληροφορικής*. Πανεπιστήμιο Κρήτης.
- Σταματόπουλος, Π. (2015). *Σημειώσεις Εισαγωγής στον Προγραμματισμό. Σημειώσεις μαθήματος*. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα πληροφορικής, Αθήνα.
- Τζελέπη, Σ., & Κοντίνη, Ι. (2012). Ο εποικοδομητισμός ως μοντέλο διδασκαλίας της πληροφορικής. *Πρακτικά 5th Conference on Informatics in Education* (σελ. 1-17).
- Τσοβόλας, Σ., & Κόμης Β. (2008). Προγραμματισμός ρομποτικών κατασκευών: Μελέτη περίπτωσης με μαθητές δημοτικού. *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτική της Πληροφορικής*.
- Χασανίδης, Δ., Ντίνας, Κ., Μπράτισης, Θ., Στάμου, Α., & Γκόγκου, Χ. (2013). Επικοινωνιακή γλωσσική διδασκαλία και διδακτική της Πληροφορικής στο δημοτικό σχολείο: Μια διαθεματική



προσέγγιση σε παιδιά ΣΤ' Δημοτικού με χρήση του εργαλείου Scratch. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 6(3), 137-160.

### Ξενόγλωσση

- Armoni, M., Meerbaum-Salant, O., & Ben-Ari, M. (2015). From Scratch to "real" programming. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 14(4), 25. doi: 10.1145/2677087
- Brown, M. B., & Forsythe, A. B. (1974). Robust tests for the equality of variances. *Journal of the American Statistical Association*, 69(346), 364-367. doi: 10.1080/01621459.1974.10482955
- Burke, Q., & Kafai, Y. B. (2012, February). The writers' workshop for youth programmers: Digital storytelling with Scratch in middle school classrooms. *Proceedings of the 43rd ACM technical symposium on Computer Science Education* (pp. 433-438). ACM.
- Earp, J., Dagnino, F. M., & Ott, M. (2014). Learning through Game Making: an HCI Perspective. *Universal Access in Human-Computer Interaction. Universal Access to Information and Knowledge* (pp. 513-524). Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-07440-5\_47
- Feng, C. Y., & Chen, M. P. (2014). The effects of goal specificity and scaffolding on programming performance and self-regulation in game design. *British Journal of Educational Technology*, 45(2), 285-302. doi: 10.1111/bjet.12022
- Flannery, L. P., Silverman, B., Kazakoff, E. R., Bers, M. U., Bontá, P., & Resnick, M. (2013, June). Designing ScratchJr: Support for early childhood learning through computer programming. *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 1-10). ACM.
- Freudenthal, E. A., Roy, M. K., Ogrey, A. N., Magoc, T., & Siegel, A. (2010, March). MPCT: media propelled computational thinking. *Proceedings of the 41st ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 37-41). ACM.
- Games, P. A., & Howell, J. F. (1976). Pairwise multiple comparison procedures with unequal n's and/or variances: A Monte Carlo study. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 1(2), 113-125. doi: 10.3102/10769986001002113
- Kaučič, B., & Asič, T. (2011, May). Improving introductory programming with Scratch? *Proceedings of the 34th International Convention* (pp. 1095-1100). IEEE.
- Koutsikos, L., Holeva, V., Zourelidis, S., Dova, M., & Patrikakis, C. (2012, October). Information and Communication Technology in Greek Primary Schools: A Pilot Application. *Proceedings of the 6th European Conference on Games Based Learning* (p. 262). Academic Conferences Limited.
- Margulieux, L. E., Guzdial, M., & Catrambone, R. (2012, September). Subgoal-labeled instructional material improves performance and transfer in learning to develop mobile applications. *Proceedings of the Ninth Annual International Conference on International Computing Education Research* (pp. 71-78). ACM.
- O'Kelly, J., & Gibson, J. P. (2006, June). *RoboCode & problem-based learning: a non-prescriptive approach to teaching programming*. In ACM SIGCSE Bulletin (Vol. 38, No. 3, pp. 217-221). ACM.
- Papert, S. (1993). *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Basic Books Inc.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 1. *On the Horizon*, 9(5), 1-6. doi: 10.1108/10748120110424816
- 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. doi: 10.1145/1592761.1592779

- Shokouhi, S., Asefi, F., Sheikhi, B., & Tee, E. R. (2013). Children Programming Analysis; Kodu and Story-Telling. *Proceedings of the 3rd International Conference on Advance Information System, E-Education & Development*.
- Stolee, K. T., & Fristoe, T. (2011, March). Expressing computer science concepts through Kodu game lab. *Proceedings of the 42nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 99-104). ACM.
- Su, A. Y., Huang, C. S., Yang, S. J., Ding, T. J., & Hsieh, Y. Z. (2015). Effects of annotations and homework on learning achievement: an empirical study of Scratch programming pedagogy. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(4), 331-343.
- Vernadakis, N., Avgerinos, A., Zetou, E., Giannousi, M., & Kioumourtzoglou, E. (2006). Learning with multimedia technology-A promise or reality? *Inquiries in Sport & Physical Education*, 4(2), 326-340.