

**Εφαρμογή του Pair Programming στη διδασκαλία στο Λύκειο του αλγορίθμου της
Ταξινόμησης Ευθείας Ανταλλαγής (Φυσαλίδα)**

Pair Programming method in High School teaching of the 'Bubble Sort' algorithm

Μαρία Καμπόση, 1ο Πειραματικό Λύκειο Καρδίτσας, Εκπαιδευτικός Πληροφορικής MSc, MEd,
mkamposi@sch.gr

Maria Kamposi, 1st Experimental High School of Karditsa, Informatics Teacher, MSc, MEd,
mkamposi@sch.gr

Abstract: The need for high school students' training in programming leads to the need to change the way in which programming structures are taught. Effective teachers need both computer skills and pedagogical knowledge, which includes understanding students' misconceptions. This paper presents a didactic intervention of the programming structure of 'Bubble Sort', based on inquiry-based learning and pair programming, using interactive applications and multiple representations to understand how it works, and then with use of Scratch, AppInventor and "Glossomatheia" environments develops and optimizes the algorithm. The satisfactory results on High School students indicate that it can be a useful teaching tool and possibly be extended and adapted to teaching and other programming modules.

Keywords: Bubble-Sort, inquiry-based learning, pair-programming, interactivity

Περίληψη: Η ανάγκη της εκπαίδευσης των μαθητών/τριών λυκείου στον προγραμματισμό οδηγεί στην ανάγκη αλλαγής του τρόπου διδασκαλίας των προγραμματιστικών δομών. Οι αποτελεσματικοί εκπαιδευτικοί χρειάζονται τόσο γνώσεις πληροφορικής όσο και παιδαγωγική γνώση, η οποία περιλαμβάνει την κατανόηση των παρερμηνειών των μαθητών/τριών. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μία διδακτική πρόταση της προγραμματιστικής δομής της Ταξινόμησης Ευθείας Ανταλλαγής (Φυσαλίδα), που βασίζεται στη διερευνητική μάθηση και στο pair programming, χρησιμοποιώντας διαδραστικά μέσα και πολλαπλές αναπαραστάσεις για την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της φυσαλίδας, και παράλληλα με τη χρήση των περιβαλλόντων του Scratch, του AppInventor και της «Γλωσσομάθειας» προχωρά στην ανάπτυξη και βελτιστοποίηση του αλγορίθμου. Η πειραματική εφαρμογή της σε μαθητές/τριες Λυκείου και τα ικανοποιητικά της αποτελέσματα δείχνουν ότι μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο διδακτικό εργαλείο και ενδεχομένως να επεκταθεί και να προσαρμοστεί και στη διδασκαλία και άλλων εννοιών προγραμματισμού.

Λέξεις κλειδιά: Φυσαλίδα, διερευνητική μάθηση, pair programming, διαδραστικότητα

1. Εισαγωγή

Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) αποτελούν δομική συνιστώσα της σύγχρονης κοινωνίας και έχουν επηρεάσει καθοριστικά την εκπαίδευση. Στο πλαίσιο αυτής της δυναμικής των ψηφιακών τεχνολογιών, οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να προσαρμόζονται και να αξιοποιούν όλο και περισσότερο ως παιδαγωγικές μεθόδους τη διερευνητική και συνεργατική μάθηση χρησιμοποιώντας παράλληλα τις νέες τεχνολογίες ως ένα σημαντικό και αναπόσπαστο κομμάτι της διδασκαλίας τους. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια εκφράζεται ένας έντονος προβληματισμός από ερευνητές και από εκπαιδευτικούς, καθώς συμφωνούν ότι οι ερευνητικές προσπάθειες και τα νέα προγράμματα σπουδών θα πρέπει να κατευθύνονται προς την ανάπτυξη καλά δομημένων ψηφιακών σεναρίων διδασκαλίας (Γραμμένος, 2016).

Παράλληλα, σύμφωνα με τον Παπαδάκη (2018), παρότι διεθνώς ο προγραμματισμός θεωρείται ως ο νέος ψηφιακός γραμματισμός, η διδασκαλία του, και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, παρουσιάζει αρκετά προβλήματα τα οποία σχετίζονται τόσο με τις ιδιαιτερότητες του μαθήματος όσο και με τον τρόπο διδασκαλίας του. Αποτέλεσμα είναι οι μαθητές/τριες να θεωρούν τον προγραμματισμό ως ένα βαρετό και δυσνόητο μάθημα. Αναζητούνται λοιπόν, διδακτικά μοντέλα που να χρησιμοποιούν απλές γλώσσες προγραμματισμού, νέα εργαλεία και αλληλεπιδραστικά περιβάλλοντα, πρωτότυπα και αυθεντικά παραδείγματα, καθώς και διαφοροποιήσεις στο περιεχόμενο της διδασκαλίας. Τίθεται λοιπόν το ερώτημα για το ποια είναι τελικά τα κατάλληλα προγραμματιστικά περιβάλλοντα για την εκμάθηση του προγραμματισμού στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Μια πρόταση που έχει ήδη δοθεί για την προσέλευση των μαθητών/τριών στην εκμάθηση προγραμματισμού είναι η χρήση και εξάσκηση σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που παρουσιάζουν τον προγραμματισμό μέσω παιχνιδιών (Κορδάκη & Ψώμος, 2012).

Στην προτεινόμενη διδακτική πρόταση χρησιμοποιούνται τα προγραμματιστικά περιβάλλοντα Scratch, AppInventor και «Γλωσσομάθεια». Τα δύο πρώτα χρησιμοποιούν μπλοκ εντολών με τη μορφή πλακιδίων παζλ, ενώ η «Γλωσσομάθεια» βασίζεται κυρίως στο κλασικό μοντέλο συντάκτης-διερμηνευτής-μεταφραστής, συνοδευόμενη όμως και από οπτικοποιημένα στοιχεία (πίνακες τιμών, διαγράμματα ροής). Δομικό στοιχείο αυτής είναι η εποικοδομητική θεωρία (Bruner, 1966) σύμφωνα με την οποία η μάθηση είναι μια ενεργή και συνεχής διαδικασία στην οποία οι μαθητές/τριες συνθέτουν τις νέες ιδέες τους που βασίζονται στις προηγούμενες γνώσεις και εμπειρίες τους, επιλέγοντας και μετασχηματίζοντας τις πληροφορίες στηριζόμενοι στην υπάρχουσα γνωστική δομή τους.

2. Η Διδασκαλία του Προγραμματισμού στο Λύκειο

Ο προγραμματισμός αποτελεί δραστηριότητα με την οποία καλλιεργούνται συνθετότερες μορφές σκέψης όπως η αναλυτική, η αναγνώριση προτύπων και μεθοδολογιών κ.ά. Ο προγραμματισμός θεωρείται επίσης δεξιότητα απαραίτητη για την προσέγγιση και κατανόηση άλλων επιστημονικών πεδίων που άπτονται των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των

Επικοινωνιών (ΤΠΕ). Παράλληλα, ο προγραμματισμός ως διαδικασία έχει μεταβληθεί πολύ από τα πρώτα χρόνια και ο συνδυασμός απλού συντάκτη κειμένου και μεταφραστή - διερμηνευτή έχει παρέλθει και τα σύγχρονα περιβάλλοντα αποτελούνται από πλήθος νέων εργαλείων (Φεσάκης & Δημητρακοπούλου, 2007). Στη σύγχρονη βιβλιογραφία καταγράφονται οι νέες προτάσεις ολοκληρωμένων περιβαλλόντων υποστήριξης της εισαγωγικής μάθησης του προγραμματισμού: Robins et al., 2003; Κόμης, 2005; Φεσάκης & Δημητρακοπούλου, 2007; Χασανίδης & Μπράτιτσης, 2010; Παπαδάκης, 2014; 2018; Παπαδάκης & Ορφανάκης, 2013; Γραμμένος, 2016 κ.ά.. Όπως αναφέρουν οι Νικολός & Κόμης (2011), τα περιβάλλοντα αυτά υποστηρίζουν το σύνθετο αντικείμενο του προγραμματισμού με διαφορετικούς τρόπους. Υπάρχουν περιβάλλοντα προγραμματισμού κατάλληλα για εφαρμογές ρομποτικής, όπως είναι τα Lego Mindstorms ή όπως της οικογένειας εργαλείων που ακολουθούν την προσέγγιση της Logo. Ανάμεσα σε αυτά υπάρχει και η γλώσσα προγραμματισμού Scratch, η οποία κατασκευάστηκε για να διευκολύνει τη δημιουργία αλληλεπιδραστικών εφαρμογών για νεότερους προγραμματιστές/στριες. Εδώ ανήκει και το App Inventor που είναι ένα on-line περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού, με το οποίο οι μαθητές/τριες μπορούν να δημιουργούν εφαρμογές για κινητά τηλέφωνα που έχουν λογισμικό Android.

Ωστόσο, η εκμάθηση του προγραμματισμού από τους/τις μαθητές/τριες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι ένα δύσκολο εγχείρημα, καθώς είναι μια εγγενώς πολύπλοκη διανοητική δραστηριότητα (Παπαδάκης, 2018). Σύμφωνα με τον Blikstein (2018), «ο προγραμματισμός απαιτεί από τους/τις μαθητές/τριες να: καταλάβουν πως λειτουργούν οι υπολογιστές και πώς εκτελούν προγράμματα, να ερμηνεύουν, να εντοπίζουν και να διορθώνουν λάθη στον παραγόμενο κώδικα, να διαχειρίζονται το γνωστικό φορτίο που απαιτεί η διδασκαλία του προγραμματισμού, να κατανοούν τους συμβολισμούς και τις συμβάσεις που απαιτούν οι ποικίλες γλώσσες προγραμματισμού, να γνωρίζουν το περιεχόμενο από άλλους επιστημονικούς κλάδους και να κατανοούν τις αλληλεπικαλύψεις και τις αντιφάσεις τους με τον προγραμματισμό, και να εργάζονται σε μέσης ή μακράς διάρκειας έργα (projects) σε περιβάλλοντα και μεθόδους οι οποίες διαφέρουν ριζικά από το παραδοσιακό περιβάλλον της σχολικής τάξης». Οι δυσκολίες των μαθητών/τριών στον προγραμματισμό, όπως διαπιστώνεται από πολλές μελέτες και έρευνες, οφείλονται σε πολλούς παράγοντες, όπως στις παρανοήσεις των μαθητών/τριών, στον τρόπο διδασκαλίας, αλλά επίσης και στα διδακτικά περιβάλλοντα που χρησιμοποιούνται (Παπαδάκης & Ορφανάκης, 2013). Η χρήση εξειδικευμένων περιβαλλόντων τα οποία είναι οπτικά, αποσκοπούν στην άμεση συμμετοχή των μαθητών/τριών σε μια ελκυστική δραστηριότητα μάθησης και επιτρέπουν στους αρχάριους προγραμματιστές τη δημιουργία διαδραστικών εφαρμογών. Παρέχουν δε ένα εργαλείο ανάπτυξης το οποίο τους επιτρέπει να δημιουργούν εφαρμογές ενώνοντας απλά κομμάτια εντολών (μπλοκ) με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο ενώνουν κομμάτια παζλ (Παπαδάκης, 2014).

Το περιβάλλον Scratch, που αναπτύχθηκε από το Lifelong Kindergarten Group στο MIT Media LAB, είναι μια διερμηνευόμενη γλώσσα οπτικού προγραμματισμού που υποστηρίζει τις αλλαγές στον κώδικα σε όλη τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος χάρη στη δυναμικότητά

της. Ένα ακόμη πλεονέκτημα χρήσης αυτού του προγραμματιστικού εργαλείου είναι η ύπαρξη του ιστοτόπου ScratchEd από το MIT, ο οποίος παρέχει πλήρη υποστήριξη στα μέλη του και κυρίως στους/στις εκπαιδευτικούς που αναζητούν νέες καλές πρακτικές (<http://scratched.gse.harvard.edu>). Το περιβάλλον του Scratch εστιάζει στη διδασκαλία του προγραμματισμού σε αρχάριους/ες προγραμματιστές/ριες, οπότε και παραμένει στις θεμελιώδεις έννοιες προγραμματισμού. Ο τρόπος λειτουργίας του Scratch είναι σχετικά απλός, καθώς με το σύρσιμο και την τοποθέτηση πλακιδίων (μπλοκ) εντολών οι χρήστες μπορούν να κατασκευάσουν παιχνίδια, πρωτότυπες διαδραστικές ιστορίες, κ.λπ.. (Maloney et al., 2004). Επιπλέον, το Scratch προτείνεται και για την εκμάθηση του προγραμματισμού στην Γ' Λυκείου (Χασανίδης & Μπράτιτσης, 2010).

Σύμφωνα με τους Κορδάκη & Ψώμο, (2012), για τη διδασκαλία του προγραμματισμού, οι φορητές συσκευές, όπως τα smart phones, μπορούν να προσφέρουν μεγάλη βοήθεια παρέχοντας ένα περιβάλλον που προωθεί τον προγραμματισμό, ενώ ταυτόχρονα εξάπτει τη φαντασία των μαθητών/τριών. Το App Inventor είναι ένα on-line περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού με το οποίο οι μαθητές/τριες μπορούν να δημιουργούν εφαρμογές για κινητά τηλέφωνα που έχουν λογισμικό Android. Από το 2011 διατίθεται δωρεάν με την ονομασία MIT App Inventor. Προκειμένου να προγραμματίσουν οι μαθητές/τριες στο App Inventor χρειάζεται σύνδεση στο Internet, εγκατάσταση κατάλληλου λογισμικού στον υπολογιστή, καθώς και η ύπαρξη ενός κινητού τηλεφώνου Android ή αρκεί η ύπαρξη ενός προγράμματος εξομοίωσης τηλεφώνου. Το περιβάλλον του App Inventor διατίθεται από την ιστοσελίδα: (<http://appinventor.mit.edu>). Το περιβάλλον App Inventor δεν προϋποθέτει ιδιαίτερες γνώσεις προγραμματισμού αφού δεν απαιτείται η συγγραφή κώδικα από τον χρήστη, καθώς οι μαθητές/τριες μπορούν με το πάτημα των κατάλληλων πλήκτρων να δώσουν διάφορα μπλοκ εντολών (Βασιλάκης & Χατζηνικολάκης, 2014). Το περιβάλλον App Inventor είναι κατάλληλο για τους/τις μαθητές/τριες δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης προκειμένου να υλοποιούν διαδραστικές εφαρμογές σε κινητά που υποστηρίζουν λογισμικό Android, καθώς ο προγραμματισμός γίνεται με οπτικό τρόπο σε ένα περιβάλλον παρόμοιο με του Scratch. Το περιβάλλον του είναι ιδιαίτερα φιλικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στις πιο απαιτητικές μαθησιακές δραστηριότητες. Το App Inventor χρησιμοποιείται ήδη σε διάφορα μαθήματα Πληροφορικής τόσο στο Γυμνάσιο όσο κυρίως στο Λύκειο. Οι Pokress & Veiga (2013) τονίζουν ότι το App Inventor επιτρέπει στον προγραμματιστή να επικεντρωθεί στη λογική για τον προγραμματισμό μιας εφαρμογής και όχι τη σύνταξη της κωδικοποίησης γλώσσας, προωθώντας τον ψηφιακό αλφαριθμητισμό για όλους (όπως αναφέρουν οι Φωτίου κ.ά., 2015). Ενδεικτικές είναι οι σχετικές παρουσιάσεις σε συνέδρια: Θεοδωρής κ.ά. (2015), Ορφανάκης & Παπαδάκης (2014), Chatzinikolakis, G., & Papadakis (2014), Φωτίου κ.ά. (2015) και άλλοι.

Τέλος, η «Γλωσσομάθεια» αποτελεί ένα ολοκληρωμένο κλασικό περιβάλλον προγραμματισμού που είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://spinet.gr/glossomatheia>. Έχει κατασκευαστεί από τον καθηγητή Πληροφορικής Σπύρο Νικολαΐδη ως υποστηρικτικό εκπαιδευτικό εργαλείο για το μάθημα της Πληροφορικής στη Γ' Λυκείου, αλλά πλέον χρησιμοποιείται και για την εκμάθηση του προγραμματισμού στη δευτεροβάθμια καθώς και

την τριτοβάθμια εκπαίδευση (ιστοσελίδα «γλωσσομάθειας», Νικολαΐδης Σπύρος, 2021). Η ΓΛΩΣΣΑ που διδάσκεται στη «Γλωσσομάθεια» είναι μια υποθετική ψευδογλώσσα, με ελληνικές εντολές που περιλαμβάνεται στα σχολικά εγχειρίδια της Γ' Λυκείου στο μάθημα της Πληροφορικής. Χάρη στα εύχρηστα εργαλεία που περιλαμβάνει, όπως τα αναλυτικά μηνύματα σφάλματος που εμφανίζει ο μεταγλωττιστής και το πλήρες σύστημα βοήθειας που διαθέτει, βοηθά στην εξοικείωση με τον προγραμματισμό ακόμη και για τους/τις αρχάριους προγραμματιστές/στριες. Ακόμη, δημιουργεί ταυτόχρονα και τα αντίστοιχα διαγράμματα ροής, ενώ παράλληλα εμφανίζει με την εκτέλεση του προγράμματος τον πίνακα τιμών των μεταβλητών. Βασικό είναι ότι διατίθεται δωρεάν και επειδή η χρήση της είναι ιδιαίτερα εύκολη, είναι ιδανική για την εκμάθηση του δομημένου προγραμματισμού σε μαθητές/τριες του Λυκείου.

3. Η Διερευνητική-Συνεργατική μάθηση στον προγραμματισμό

Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι Kafai & Resnick (1996), "*Ο επικοδομητισμός προτείνει ότι οι μαθητευόμενοι/ες κατασκευάζουν νέες ιδέες όταν ενεργά ασχολούνται με τη δημιουργία εξωτερικής κατασκευής –μπορεί ένα ρομπότ, ένα ποίημα, ένα κάστρο στην άμμο, ένα πρόγραμμα στον υπολογιστή- πάνω στις οποίες αναστοχάζονται και μοιράζονται με άλλους/ες*". Η διερευνητική μάθηση (Inquiry-Based Learning (IBL)) είναι μια παιδαγωγική μέθοδος που βασίζεται στις αρχές του εποικοδομητισμού και στηρίζεται σε δύο άξονες: στην ουσιαστική εμπλοκή των μαθητών/τριών και στις δυνατότητες για συνεργασία (Ernst, Hodge & Yoshinobu, 2017), ενώ βασικός παράγοντας για την ομαλή εμπλοκή των μαθητών/τριών σε πολλαπλές διερευνητικές δραστηριότητες, είναι η υποστήριξη που παρέχει ο/η εκπαιδευτικός. Οι διδακτικές προτάσεις που βασίζονται στην IBL υλοποιούνται σε τρεις φάσεις: α) προηγείται η παρουσίαση ενός μικρού προγράμματος και οι απαντήσεις -σε φύλλα εργασίας συνήθως- ερωτήσεων σχετικών με τη λειτουργία των προγραμματιστικών δομών που μελετώνται, β) οι μαθητές/τριες προσπαθούν να αντιληφθούν τη δομή και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εκτέλεση του προγράμματος, και γ) «τρέχουν» το πρόγραμμα, συγκρίνουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα με τα πραγματικά και ελέγχουν την ορθότητά τους. Σε περίπτωση που δεν προκύπτουν ορθά αποτελέσματα, οι μαθητές/τριες καθοδηγούμενοι από τον/την εκπαιδευτικό –μέσω ερωτήσεων/φύλλων εργασίας- ερμηνεύουν τα αποτελέσματα, με στόχο να αναθεωρήσουν τις απαντήσεις τους μέσω γνωστικών συγκρούσεων (Γόγουλου κ.α., 2009).

Όταν η παραπάνω προσέγγιση ανάπτυξης προγραμμάτων γίνεται από ομάδες των δύο ή περισσότερων μαθητών/τριών, η μάθηση γίνεται συνεργατική και λειτουργεί σε ένα πλαίσιο αμοιβαίας κατανόησης και συνεισφοράς όλων των συμμετεχόντων (Τζιμογιάννης, 2019). Το pair programming είναι ένα μοντέλο συνεργατικής μάθησης που είναι συνεπές με τα καθορισμένα κρίσιμα χαρακτηριστικά της (Preston, 2005). Στη μέθοδο του pair programming, δύο άτομα ως ζευγάρι συνεργάζονται για την υλοποίηση ενός προγράμματος στον ίδιο Η/Υ, όπου το ένα μέλος της ομάδας είναι ο/η driver (οδηγός) και γράφει τον κώδικα του προγράμματος, ενώ το δεύτερο μέλος είναι ο/η navigator (πλοηγός) που διαρκώς ελέγχει το έργο του/της οδηγού. Ο/η οδηγός και ο/η πλοηγός αλλάζουν τακτικά ρόλους. Ο/η πλοηγός

παρατηρεί τις εργασίες του/της οδηγού αναζητώντας τακτικές και στρατηγικές αστοχίες, όπως συντακτικά λάθη, λογικά λάθη ή κάποια λάθος μέθοδο, ενώ παράλληλα σκέφτεται το συνολικό σχεδιασμό και την κατεύθυνση του προγράμματος. Πάντως και οι δύο εμπλέκονται σε μία διαδικασία συνεργασίας και καταιγισμού ιδεών (Williams *et al.*, 2002).

Στην επισκοπική έρευνα των Hanks *et al.* (2011) σημειώνεται ότι τα οφέλη του pair programming περιλαμβάνουν αυξημένα ποσοστά επιτυχίας στα εισαγωγικά μαθήματα του προγραμματισμού, διατήρηση των ποσοστών στα δυσκολότερα, υψηλότερης ποιότητας παραγωγή λογισμικού, υψηλότερη εμπιστοσύνη των μαθητών/τριών στις λύσεις και βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων. Επίσης, επισημαίνουν ότι η βιβλιογραφία αποδεικνύει ότι η μετάβαση από το pair programming στον ατομικό προγραμματισμό είναι εύκολη για τους/τις μαθητές/τριες. Επιπρόσθετα, σύμφωνα με την έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε φοιτητές/τριες από τους McDowell *et al.* (2003), φάνηκε ότι εκείνοι/ες που χρησιμοποίησαν pair programming παρήγαγαν καλύτερα προγράμματα, ήταν πιο σίγουροι/ες για τις λύσεις τους και απολάμβαναν την ολοκλήρωση των εργασιών περισσότερο από εκείνους που προγραμματίζαν μόνοι τους. Επιπλέον, είχαν σημαντικά περισσότερες πιθανότητες να ολοκληρώσουν το μάθημα, να πετύχουν καλύτερους βαθμούς, αλλά και να ασχοληθούν μελλοντικά με την επιστήμη των υπολογιστών. Εντούτοις υπάρχει και ο αντίλογος, όπου δεν είναι πάντα εύκολη η συνεργασία μεταξύ ατόμων με διαφορετικές προσωπικότητες και επίπεδα δεξιοτήτων (VanDeGrift, 2004).

4. Η Διδακτική πρόταση

Αναφορικά με τα προγράμματα σπουδών του Λυκείου για τη διδασκαλία της πληροφορικής, το νέο ΠΣ επικεντρώνεται στη σφαιρική ανάπτυξη ικανοτήτων, που στοχεύουν στην ενίσχυση των μαθητών/τριών ώστε αυτοί/ες αυτόνομα να σχεδιάζουν, να υλοποιούν και να βελτιώνουν λύσεις ρεαλιστικών προβλημάτων με χρήση κατάλληλων υπολογιστικών περιβαλλόντων (ΦΕΚ Β' 5932/16-12-2021). Ταυτόχρονα, ο/η εκπαιδευτικός δεν περιορίζεται στο μοίρασμα ασκήσεων/εργασιών, αλλά υποστηρίζει ενεργά τη μαθησιακή διαδικασία, παρακολουθώντας, ελέγχοντας και συμβουλεύοντας κριτικά κατά τη φάση ανάπτυξης των προγραμμάτων, ενθαρρύνοντας τους/τις μαθητές/τριες να προχωρήσουν και πετυχαίνοντας το επιθυμητό αποτέλεσμα μέσω στοχευμένων ερωτήσεων και προβληματισμών. Αναγκαία είναι η προσεκτική προετοιμασία και ο σχεδιασμός της διδασκαλίας, ενώ οπωσδήποτε ο/η εκπαιδευτικός οφείλει να έχει ήδη τοποθετήσει το απαραίτητο υλικό μελέτης σε ένα δημόσιο αποθετήριο προσβάσιμο από τους/τις μαθητές/τριες (όπως το e-class). Επίσης, αυτονόητο είναι οι μαθητές/τριες να μην αφιερώνουν χρόνο στη σχεδίαση των εφαρμογών αλλά η προσπάθεια τους να επικεντρώνεται στην υλοποίηση του προγραμματιστικού τμήματος των δραστηριοτήτων (Θοδωρής κ.ά., 2015).

- Οι παρανοήσεις των μαθητών/τριών

Η ταξινόμηση είναι μία λειτουργία των δομών δεδομένων κατά την οποία οι κόμβοι μιας δομής τοποθετούνται σε αύξουσα ή φθίνουσα σειρά. Η χρησιμότητα της ταξινόμησης αποδεικνύεται

στην πράξη στις περιπτώσεις αναζήτησης δεδομένων, όπως σε βιβλιοθήκες, λεξικά, τηλεφωνικούς καταλόγους και γενικά όπου γίνεται αναζήτηση αποθηκευμένων τιμών. Ένα από τα ζητήματα διαπραγμάτευσης στο μάθημα της Γ' τάξης Γενικού Λυκείου "Πληροφορική", καθώς και σε άλλα μαθήματα αλγοριθμικής και προγραμματισμού, είναι η ανάπτυξη αλγορίθμων για την ταξινόμηση των στοιχείων ενός μονοδιάστατου πίνακα (Βακάλη κ.ά., βιβλίο μαθητή- Γ' Λυκείου). Υπάρχουν πολλές μέθοδοι ταξινόμησης, καθώς και παραλλαγές αυτών. Στις μεθόδους συγκαταλέγονται η ταξινόμηση της ευθείας ανταλλαγής (φυσάλιδα), η ταξινόμηση με επιλογή κ.ά. Η ταξινόμηση φυσάλιδας είναι ο πιο απλός, αλλά και ο πιο αργός αλγόριθμος ταξινόμησης (Τσίχλας κ.ά., 2015). Στον προγραμματισμό, η ταξινόμηση είναι μια πολύ χρήσιμη λειτουργία για τους πίνακες, αλλά είναι αργή διαδικασία και η αλλαγή που επιφέρει στη μορφή του πίνακα είναι ριζική και μόνιμη. Εδώ υπάρχει και μία παρανόηση από τους/τις μαθητές/τριες, οι οποίοι/ες θεωρούν την ταξινόμηση ως μια απλή και γρήγορη διαδικασία με τα αποτελέσματά της να είναι προσωρινά. Και ειδικότερα, στον συγκεκριμένο αλγόριθμο ταξινόμησης με τη μέθοδο της φυσάλιδας αρκετοί/ες δυσκολεύονται να αντιληφθούν τόσο τον τρόπο της προσπέλασης όλων των στοιχείων του πίνακα, όσο και το πότε και πώς γίνεται η αντιμετάθεση των τιμών αν ισχύουν οι συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται πως, ενώ μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου σε παραδείγματα μονοδιάστατων πινάκων, είναι σε θέση να τον εφαρμόσουν ως μεθοδολογία, δυσκολεύονται να συμπληρώσουν σε αυθεντικά παραδείγματα γραμμή - γραμμή τον αλγόριθμο και να τυπώσουν το αποτέλεσμα των μεταβλητών (Στυλιάρης & Δήμου, 2015).

Οι δυσκολίες που συχνά αντιμετωπίζουν οι μαθητές/τριες καθώς εφαρμόζουν τον αλγόριθμο εντοπίζονται στο να καθορίσουν ποια επανάληψη χρησιμοποιείται για την αντιμετάθεση των τιμών και ποια χρησιμοποιείται για την άνοδο της ελαφρύτερης τιμής προς τα επάνω (όπως ανεβαίνει η φυσάλιδα, σχήμα 1). Ειδικότερα, στην εμφωλευμένη δομή επανάληψης «ΓΙΑ j ΑΠΟ Ν ΜΕΧΡΙ Ι ΜΕ ΒΗΜΑ -1», η δυσκολία ανάγεται στην κατανόηση τόσο της εμφώλευσης κατά την προσπέλαση των στοιχείων του πίνακα, όσο και στο αρνητικό βήμα, καθώς η προσπέλαση γίνεται από το τέλος προς την αρχή. Ένα άλλο σημείο στο οποίο δυσκολεύονται αρκετά οι μαθητές/τριες είναι η δομή ελέγχου που έπεται των δομών επανάληψης και ουσιαστικά αφορά στη λειτουργία της αντιμετάθεσης σε περίπτωση που δεν είναι διατεταγμένα τα στοιχεία (Τζιμογιάννης & Γεωργίου, 1999).

ΓΙΑ i ΑΠΟ 2 ΜΕΧΡΙ Ν

ΓΙΑ j ΑΠΟ Ν ΜΕΧΡΙ Ι ΜΕ ΒΗΜΑ -1

ΑΝ ΠίνακαςΑ[j-1] > ΠίνακαςΑ [j] ΤΟΤΕ

TEMP ← ΠίνακαςΑ [j-1]

ΠίνακαςΑ [j-1] ← ΠίνακαςΑ [j]

ΠίνακαςΑ [j] ← TEMP

ΤΕΛΟΣ_ΑΝ

ΤΕΛΟΣ_ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ

ΤΕΛΟΣ_ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ

Σχήμα 1: Ο αλγόριθμος της φυσαλίδας

- Γενική Περιγραφή

Με την προσέγγιση που επιλέγεται, επιχειρείται η άμβλυνση των δυσκολιών που έχουν καταγραφεί, μιας και η ανάπτυξη του αλγορίθμου για την ταξινόμηση των στοιχείων ενός μονοδιάστατου πίνακα οικοδομείται σε προϋπάρχουσες γνώσεις και προηγούμενες έννοιες. Υλοποιείται εξ ολοκλήρου στο Σχολικό Εργαστήριο Πληροφορικής και Εφαρμογών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (ΣΕΠΕΗΥ), ενώ οι μαθητές/τριες εργάζονται σε ομάδες των 2 ατόμων, ολοκληρώνεται σε 3 διδακτικές ώρες και απευθύνεται σε μαθητές/τριες που έχουν ήδη διδαχθεί τις θεμελιώδεις έννοιες του προγραμματισμού, καθώς και τις βασικές δομές ακολουθίας, επιλογής, επανάληψης καθώς και τη δομή των μονοδιάστατων πινάκων. Επιπλέον, με τη χρήση διαδραστικού πίνακα, το σύνολο των μαθητών/τριών της τάξης μετατρέπεται σε μία κοινότητα που σχολιάζει, προτείνει και εφαρμόζει. Ακόμη, οι μαθητές/τριες εργαζόμενοι στα φύλλα εργασίας τους, έχουν την ευκαιρία να χρησιμοποιήσουν πολλαπλές αναπαραστάσεις. Στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης οι μαθητές/τριες αναμένεται να είναι σε θέση να:

- Να συνεργάζονται με στόχο να κατανοήσουν το μηχανισμό λειτουργίας της ταξινόμησης ευθείας ανταλλαγής (φυσαλίδα) και να εκτελούν βηματικά τον αλγόριθμο της ταξινόμησης παρατηρώντας παράλληλα τα αποτελέσματα των βημάτων.
- Να αντιμετωπίζουν αυθεντικά προβλήματα που χρειάζονται κριτική σκέψη, επιλογή και λήψη αποφάσεων.
- Να αποκτήσουν θετική στάση για τη χρήση της των νέων μαθησιακών διαδικασιών.

Η προτεινόμενη διδακτική πρόταση αξιοποιεί τις σύγχρονες μεθόδους διδασκαλίας με έμφαση στη διερευνητική-ανακαλυπτική και συνεργατική μάθηση κυρίως με τρόπο απλό, εφαρμόσιμο και ταυτόχρονα σύγχρονο και διαδραστικό, αξιοποιώντας τις νέες τεχνολογίες. Προκειμένου να οικοδομηθεί νέα γνώση πάνω σε προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών/τριών, πραγματοποιείται παρουσίαση των νέων εννοιών με διάφορους τρόπους. Στη λογική των πολλαπλών πλαισίων αναπαραστάσεων, οι μαθητές/τριες καλούνται: α) να περιγράψουν λεκτικά τον αλγόριθμο, β) να σχεδιάσουν τη λειτουργία του αλγορίθμου σε κατάλληλο φύλλο εργασίας, γ) να υλοποιήσουν ένα πρόγραμμα στο περιβάλλον Scratch ή App Inventor, δ) να υλοποιήσουν ένα πρόγραμμα στο περιβάλλον «Γλωσσομάθεια» και ε) να αξιολογήσουν - βελτιστοποιήσουν τις λύσεις τους. Το μάθημα ξεκινάει με καταιγισμό ιδεών γύρω από την έννοια της λέξης «Ταξινόμηση». Προκειμένου οι μαθητές/τριες να οριοθετήσουν το θέμα που τους ανατίθεται προς διερεύνηση, δημιουργείται σταδιακά από την ολομέλεια του τμήματος, με τη βοήθεια και καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, ο εννοιολογικός χάρτης της ταξινόμησης στοιχείων πίνακα με τη βοήθεια ενός εργαλείου όπως το Smart Tools το οποίο διατίθεται και

σε cloud μορφή και είναι εύχρηστο (<https://cmapcloud.ihmc.us/cmaps/myCmaps.html>). Οι εννοιολογικοί χάρτες αποτελούν ένα απλό, εφαρμόσιμο και αποτελεσματικό μοντέλο έκφρασης των νοητικών αναπαραστάσεων των μαθητών/τριών, σχετικών με αφηρημένες έννοιες και επιτρέπουν το μετασχηματισμό των γνώσεων, αλλά και τη διατήρησή τους για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Επίσης, δίνουν τη δυνατότητα στους/στις μαθητές/τριες να κατανοήσουν και να οργανώσουν το διδακτικό αντικείμενο ευκολότερα και να μπορούν να επικεντρωθούν ευκολότερα στο στόχο τους όταν συνεργάζονται για την επίλυση ενός προβλήματος και έχουν μπροστά τους ένα οπτικό αντικείμενο (χάρτη) παρά μια αφηρημένη έννοια (Hmelo & Silver, 2003).

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται οπτικοποιημένος ο αλγόριθμος της φυσαλίδας (στον προσωπικό τους Η/Υ ή στο διαδραστικό πίνακα - <https://www.youtube.com/watch?v=lyZQPjUT5B4>), όπου ένα χορευτικό συγκρότημα (με χορευτές/τριες που έχουν νούμερα επάνω τους - χορός Csángó) χορεύει υλοποιώντας τον αλγόριθμο. Κατά τη διάρκεια του βίντεο οι μαθητές/τριες, καλούνται να συμπληρώσουν φύλλο εργασίας και να συζητήσουν στην τάξη τις διαπιστώσεις τους από το αποτέλεσμα του χορευτικού. Καθώς η ταξινόμηση πίνακα παρουσιάζεται με πολυμεσικό τρόπο, με τη βοήθεια του οποίου διαμορφώνεται η δραστηριότητα, μπορούν οι μαθητές/τριες να εμπλακούν σε διαδικασία διερεύνησης και επίλυσης του προβλήματος της ταξινόμησης ευθείας ανταλλαγής.

Κατόπιν, και ακολουθώντας τη μέθοδο του pair programming, το ζητούμενο είναι οι μαθητές/τριες σε ομάδες των δύο, να συνεργάζονται με στόχο να συνδέσουν τη συνηθισμένη διαδικασία της ταξινόμησης με τον προγραμματισμό. Γι' αυτόν τον σκοπό, ζητείται από τους/τις μαθητές/τριες να συνδεθούν με ένα δωρεάν εργαλείο εκμάθησης βασικών προγραμμάτων όπως είναι το Codecademy (<https://www.codecademy.com/learn/sorting-algorithms>) προκειμένου να παρακολουθήσουν το διαδραστικό μάθημα «sorting algorithms», όπου 1. εξηγούνται σχηματικά οι ανταλλαγές των στοιχείων του πίνακα, όταν απαιτούνται και 2. παρουσιάζεται ο αντίστοιχος κώδικας. Οι ερωτήσεις/ασκήσεις που ακολουθούν απαντώνται σχετικά εύκολα, διότι αφορούν στη φιλοσοφία της ταξινόμησης ευθείας ανταλλαγής και όχι στη συγγραφή κώδικα.

Στο δεύτερο μάθημα, παρουσιάζονται και συζητούνται στην τάξη οι απαντήσεις των ομάδων των μαθητών/τριών στην προηγούμενη δραστηριότητα με τη βοήθεια ενός διαδραστικού εργαλείου παρουσιάσεων, όπως το Prezi, ή και με τη χρήση ενός wiki. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται η καταγραφή της προόδου των μαθητών/τριών και ο εντοπισμός των σημείων που θέλουν περισσότερη προσοχή. Παράλληλα, οι μαθητές/τριες προετοιμάζονται για το τι θα ακολουθήσει στη μαθησιακή διαδικασία και ενεργοποιείται το ενδιαφέρον τους για το μάθημα. Επιπρόσθετα, και ενώ οι μαθητές/τριες επιστρέφουν στις ομάδες τους, διαμοιράζεται ένα αρχείο Scratch (ή App Inventor) που υλοποιεί τον αλγόριθμο. Η διαισθητική και ίσως απλοποιημένη μεταφορά αλγορίθμου που προσφέρουν τα παραπάνω προγραμματιστικά περιβάλλοντα επιτρέπει στον προγραμματιστή να επικεντρωθεί στη λογική για τη δημιουργία του αλγορίθμου μιας εφαρμογής και όχι στη γραμματική και το συντακτικό της κωδικοποίησης μίας γλώσσας (Φωτίου, 2015). Ο στόχος είναι, από τη στιγμή που οι μαθητές/τριες θα δουν και

θα κατανοήσουν τον τρόπο λειτουργίας του αλγορίθμου, να αποκτήσουν κάποιες σημαντικές προγραμματιστικές βάσεις ώστε να υλοποιήσουν μόνοι/ες τους τον αλγόριθμο σε δικά τους αυθεντικά προγράμματα.

Τέλος, ο/η εκπαιδευτικός ζητά την υλοποίηση του αλγορίθμου στη «Γλωσσομάθεια», που είναι και το τελικό ζητούμενο, διότι εκεί γράφεται σε «ΓΛΩΣΣΑ» που είναι η αλγοριθμική γλώσσα εξέτασης και αξιολόγησης των μαθητών/τριών της Γ΄ Λυκείου, εφαρμόζοντας τον σε τυχαία δεδομένα. Στη συνέχεια ζητούνται βελτιώσεις του αλγορίθμου οι οποίες ελέγχουν την κατανόηση του αλγορίθμου από την πλευρά των μαθητών/τριών. Γενικά, στα φύλλα εργασίας περιλαμβάνονται: (1) Η υλοποίηση του αλγορίθμου βηματικά σε συγκεκριμένα παραδείγματα. (2) Ένα απλό πρόβλημα προς επίλυση. (3) Ένα πιο σύνθετο πρόβλημα προς επίλυση. (4) Μερικές ερωτήσεις αξιολόγησης. Σημειώνεται ότι οι πολλαπλοί τρόποι αναπαράστασης του αλγορίθμου της Φυσαλίδας αναμένεται να δώσουν έναν πλουραλισμό στις αναπαραστάσεις των μαθητών/τριών και να ευνοήσουν έτσι την εγκαθίδρυση της νέας γνώσης και την αλλαγή του γνωστικού επιπέδου και των εννοιολογικών στάσεων των μαθητών/τριών.

5. Μελέτη Περίπτωσης

Το κατά πόσο η διδακτική παρέμβαση πετυχαίνει στους στόχους της, διαπιστώνεται αφενός από τις απαντήσεις των μαθητών/τριών στα φύλλα εργασίας, τα οποία σχεδιάζονται κατάλληλα ώστε να δίνονται στους/στις μαθητές/τριες σε συγκεκριμένες φάσεις της υλοποίησης της διδακτικής παρέμβασης και να έχουν σημαντικά στοιχεία διαδραστικότητας και εισαγωγής στην εποικοδομητική και αναλυτική σκέψη, ακολουθώντας τις τεχνικές του pair programming, και αφετέρου από τη στάση τους κατά τη διάρκεια της διδακτικής διαδικασίας. Η αποτελεσματικότητα ως προς την επίτευξη των στόχων της παραπάνω διδακτικής πρότασης εξετάστηκε τα σχολικά έτη 2019-20 και 2021-22 σε μαθητές/τριες της Γ΄ Λυκείου της Ομάδας Προσανατολισμού «Οικονομίας και Πληροφορικής» στο 1^ο Πειραματικό Γενικό Λύκειο της Καρδίτσας. Οι συμμετέχοντες μαθητές/τριες του σχολικού έτους 2019-20 ήταν 19 και αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου στην οποία εφαρμόστηκε η διδασκαλία της φυσαλίδας όπως προτείνεται από τις οδηγίες της Γ΄ Λυκείου. Στους 15 μαθητές και μαθήτριες του σχολικού έτους 2021-22 εφαρμόστηκε η προτεινόμενη διδακτική μέθοδος. Στο μάθημα που ακολούθησε μετά την παρουσίαση του αλγορίθμου ταξινόμησης δόθηκαν και στις δύο ομάδες μαθητών/τριών οι ίδιες ερωτήσεις/ασκήσεις για επίλυση και εξετάστηκε η επίδοση των μαθητών/τριών σε αυτές. Εδώ πρέπει να σημειωθεί πως για τους/τις μαθητές/τριες του 2020-21 η διδακτική παρέμβαση έγινε διαδικτυακά μέσω του Webex Break Out Sessions, όμως η διδασκαλία δε θεωρήθηκε ως ταυτόσημη με τη δια ζώσης και τα αποτελέσματά της δε συμπεριλαμβάνονται στην παρούσα εργασία.

Το ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από δύο (2) ερωτήσεις δύο επιπέδων (κλειστού τύπου και αιτιολόγησης μαζί) και μία (1) ερώτηση συμπλήρωσης κενών τιμών κλειστού τύπου. Πιο αναλυτικά, η πρώτη ερώτηση αφορούσε στη συμπλήρωση κενών σε αλγόριθμο όπου ταξινομούνται μόνο οι κόμβοι με δείκτη άρτιο αριθμό και ζητήθηκε από τους/τις μαθητές/τριες

να καταλάβουν τον τρόπο που μεταβάλλονται το βήμα και η συνθήκη αντιμετάθεσης. Στη δεύτερη ερώτηση ζητήθηκε πάλι συμπλήρωση κενών σε μία παραλλαγή του αλγορίθμου της φυσαλίδας, όπου η διαδικασία σταματά όταν διαπιστώνεται ότι ο πίνακας είναι ήδη ταξινομημένος. Εδώ το ζητούμενο ήταν, εκτός από το να διαπιστωθεί το επίπεδο κατανόησης του διπλού βρόχου και της αλλαγής του βήματος, να αιτιολογηθεί η χρήση των λογικών μεταβλητών για τον τερματισμό και έλεγχο του αλγορίθμου. Τέλος, η τρίτη ερώτηση ζητούσε την παρακολούθηση και κατά συνέπεια και την αναλυτική συμπλήρωση βήμα προς βήμα των τιμών μονοδιάστατου πίνακα πέντε (5) στοιχείων καθώς αυτός ταξινομείται με τη φυσαλίδα.

- *Αποτελέσματα*

Η αξιοπιστία και εσωτερική συνέπεια των ερωτήσεων εκτιμήθηκε μέσω του δείκτη α του Cronbach (0,79) και η στατιστική ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών/τριών έδειξε ότι ο μέσος όρος βαθμολογίας με άριστα το 30 για την ομάδα ελέγχου ήταν 12,5 ενώ για τους υπόλοιπους μαθητές ήταν 23,7. Αξιοσημείωτη είναι η παρατήρηση ότι ο αριθμός των αναπάντητων ερωτημάτων μειώθηκε από 52% σε 14%. Ειδικότερα, στην 3η ερώτηση, που αφορούσε στον τρόπο λειτουργίας της απλής μορφής της φυσαλίδας, η βαθμολογία μεταβλήθηκε από 7,5 σε 27,6 (μεταβολή +67%), ενώ η αντίστοιχη μεταβολή ήταν +24,3% (από 17,3 σε 24,6) και +20,3% (από 12,7 σε 18,8) για τις ερωτήσεις 1 και 2 αντίστοιχα.

Ερμηνεύοντας τα παραπάνω, μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι πολλαπλές αναπαραστάσεις που έδιναν βάρος στην εικόνα (χορός, Codecademy, Scratch) βοήθησαν τους/τις μαθητές/τριες να κατανοήσουν και να συμπληρώνουν τα στάδια της ταξινόμησης του μονοδιάστατου πίνακα και εξ αιτίας αυτού βελτιώθηκε σημαντικά η βαθμολογία τους στην τρίτη ερώτηση. Το δεύτερο ζητούμενο, ωστόσο, ήταν να είναι σε θέση να συνδέσουν αυτή τη γνώση με τη συνθετότερη πραγματοποίηση του αλγορίθμου της ταξινόμησης και να τον μετασχηματίζουν κατάλληλα ώστε να καλύπτει αληθινές εφαρμογές. Σε αυτό στόχευαν οι άλλες δύο ερωτήσεις, από το αποτέλεσμα των οποίων αντιλαμβανόμαστε ότι: α) επαληθεύονται οι παρανοήσεις που αναμέναμε και που αφορούν στη δυσκολία της συμπλήρωσης αυθεντικών παραδειγμάτων και β) ότι η διδακτική παρέμβαση παρακίνησε και βοήθησε σε ικανοποιητικό βαθμό τους/τις μαθητές/τριες να ανταποκριθούν καλύτερα όταν καλούνται να αντιμετωπίσουν ρεαλιστικά προβλήματα, αφού βελτίωσαν την επίδοσή τους σε ποσοστό πάνω από 20%.

Αναφορικά με τη στάση των μαθητών/τριών κατά τη διάρκεια του μαθήματος, αυτή ήταν ιδιαίτερα θετική, καθώς οι περισσότεροι/ες σημείωσαν ότι: «Οι δύο τα καταφέρνουν καλύτερα από τον έναν», «Μία εικόνα, χίλιες λέξεις», «Νομίζω ότι τελείωσε γρήγορα σήμερα το μάθημα», «Ας δοκιμάσουμε να δούμε με τον ίδιο τρόπο και τις άλλες λειτουργίες πινάκων». Ωστόσο, μία γενική διαπίστωση είναι ότι, ενώ οι δραστηριότητες που ανατέθηκαν στους/στις μαθητές/τριες δε σχεδιάστηκαν με συγκεκριμένους ρόλους ανά ζευγάρι, ο/η μαθητής/τρια που αναλάμβανε το ρόλο του/της οδηγού έτεινε να συνεισφέρει ελαφρώς περισσότερο σε όλες σχεδόν τις εργασίες (Bryant et al., 2006).

Εντούτοις, δε λειτούργησαν όλες οι ομάδες με τον ίδιο τρόπο, καθώς η πλειοψηφία των μαθητών/τριών συνεργάστηκαν πολύ καλά στις ομάδες τους, ενώ υπήρξαν και δύο ομάδες που

δεν κατόρθωσαν να ολοκληρώσουν τις δραστηριότητες που τους ανατέθηκαν. Ενδέχεται αυτοί οι μαθητές/τριες να είχαν σχηματίσει ανεπαρκή μοντέλα των προγραμματιστικών δομών της επανάληψης και της επιλογής, που είναι απαραίτητα για τη βαθύτερη κατανόηση της ταξινόμησης και που επιπρόσθετα είναι δύσκολο να εντοπιστούν στους/στις αρχάριους προγραμματιστές/στριες. Οφείλει όμως να τονιστεί ότι, επειδή η επιλογή των ομάδων των ζευγαριών είναι καθοριστική για την πορεία των δραστηριοτήτων (Sfetsos *et al.*, 2009), πιθανόν είναι να έπαιξε σημαντικό ρόλο το γεγονός ότι προτάθηκε να επιλέξουν οι ίδιοι/ες οι μαθητές/τριες τις ομάδες τους.

6. Συμπεράσματα

Ως επιτυχία της διδακτικής πρότασης καθορίζεται η πραγματοποίηση των εκπαιδευτικών στόχων που συνοψίζονται στην ανάπτυξη ικανοτήτων, από την πλευρά των μαθητών/τριών, εφαρμογής του αλγορίθμου ταξινόμησης, προσαρμόζοντάς τον στις εκάστοτε απαιτήσεις και στην αντιμετώπιση αυθεντικών προβλημάτων που χρειάζονται κριτική σκέψη, επιλογή και λήψη απόφασης.

Η συγκεκριμένη διδακτική πρόταση, διαμορφώθηκε έτσι ώστε να συμφωνεί με τις υποδείξεις της αναφερόμενης βιβλιογραφίας που αφορά στην αποτελεσματική διδασκαλία που βασίζεται στη διερευνητική μάθηση με το *pair programming*, με χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων και σχεδιάστηκε ώστε να ενεργοποιεί τους μαθητές/τριες και να ενισχύει το συνεργατικό πνεύμα. Η πειραματική εφαρμογή της στους συγκεκριμένους μαθητές/τριες, επαλήθευσε μεν αρχικά τη δυσκολία τους να συμπληρώσουν τον αλγόριθμο γραμμή-γραμμή σε παραδείγματα μονοδιάστατων πινάκων, ωστόσο, μετά τη διδακτική παρέμβαση, ένας μεγάλος αριθμός μαθητών/τριών ανταποκρίθηκε με ευκολία σε αυτό. Επιπρόσθετα, οι μαθητές/τριες βελτίωσαν ικανοποιητικά τις επιδόσεις τους και όταν κλήθηκαν να αντιμετωπίσουν συνθετότερα ρεαλιστικά προβλήματα. Ιδιαίτερα ενθαρρυντικό για την εφαρμογή των συνεργατικών μεθόδων στη διδακτική της ταξινόμησης της φυσαλίδας είναι και το γεγονός ότι ο αριθμός των αναπάντητων ερωτημάτων που δόθηκαν ως άσκηση στους/στις μαθητές/τριες περιορίστηκε σε πολύ μικρό ποσοστό. Συνολικά, η διδακτική παρέμβαση αύξησε σημαντικά το ποσοστό επιτυχίας τους σε ένα κλασικό εισαγωγικό προγραμματιστικό μάθημα, όπως είναι η ταξινόμηση φυσαλίδας, επιβεβαιώνοντας τις επισκοπικές έρευνες σχετικά με τα οφέλη του *pair programming* στη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων.

Παράλληλα, οι μαθητές/τριες, εκμεταλλεόμενοι τις πολλαπλές αναπαραστάσεις που προσέφερε η χρήση των Τ.Π.Ε., ενεπλάκησαν σε διαδοχικούς κύκλους δράσης και αναστοχασμού, καθώς υποστηρίχτηκαν από χάρτες εννοιών, πολυμεσικές εφαρμογές και οπτικοποιημένα προγραμματιστικά περιβάλλοντα. Η ικανοποίηση και η θετική αντιμετώπιση από την πλευρά των μαθητών/τριών της χρήσης αυτών των διδακτικών μέσων, σε συνδυασμό με την εμφανή βελτίωση των επιδόσεών τους, δίνει επιπρόσθετα ενθαρρυντικά μηνύματα για την αξιοποίησή τους στη διδασκαλία και άλλων προγραμματιστικών ενοτήτων.

Προκύπτει ακόμη ότι το μοντέλο του *pair programming* είναι μεν συνεργατικό, ωστόσο το

επίπεδο συνεργασίας ποικίλλει ανάλογα με την εργασία και την επιλογή των μελών των ομάδων. Τεχνικές δυσκολίες μπορεί να αφορούν στο γεγονός ότι κάποιου/ες μαθητές/τριες μπορεί να μην έχουν την αναμενόμενη εξοικείωση με τα αναφερόμενα προγραμματιστικά περιβάλλοντα. Προκειμένου να λυθεί αυτό, ο/η εκπαιδευτικός προτείνεται να καθορίσει τη σύνθεση των ομάδων των μαθητών/τριών που εκτιμάται ότι θα αποδώσει καλύτερα. Αν η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση εφαρμοστεί σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών/τριών και αξιοποιηθεί και στην παρουσίαση επιπλέον αλγορίθμων, θα μπορούσε να αξιολογηθεί διεξοδικά, βασισμένη σε καλά τεκμηριωμένες ερευνητικές προσεγγίσεις και εν τέλει να αυξήσει την επιτυχία του/της εκπαιδευτικού στο διδακτικό έργο.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Blikstein, P. (2018). Pre-College Computer Science Education: A Survey of the Field. Mountain View, CA: Google LLC. Ανακτήθηκε: <https://goo.gl/gmS1Vm> (2-01-2022)
- Bruner, J. (1966). *Toward a Theory of Instruction*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bryant S., Romero P., du Boulay B. (2006) The Collaborative Nature of Pair Programming. In: Abrahamsson P., Marchesi M., Succi G. (eds) *Extreme Programming and Agile Processes in Software Engineering. XP 2006. Lecture Notes in Computer Science*, vol 4044. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/11774129_6
- Chatzinikolakis, G., & Papadakis, S. (2014, November). Motivating K-12 students learning fundamental Computer Science concepts with App Inventor. In *2014 International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCL2014)*, pp. 152-159, IEEE.
- Ernst, D. C., Hodge, A., & Yoshinobu, S. (2017). What is inquiry-based learning? *Notices of the American Mathematical Society*, 64(6), 570-574. <https://doi.org/10.1090/noti1536>
- Hanks, B., Fitzgerald, S., McCauley, R., Murphy, L., Zander, C. (2011) . Pair programming in education: a literature review, *Computer Science Education*, 21:2, 135-173, DOI: 10.1080/08993408.2011.579808
- Hmelo-Silver, C.E. (2003). Analyzing collaborative knowledge construction: multiple methods for integrated understanding. *Computers & Education*, 41(4), 397-420. Elsevier Ltd. Ανακτήθηκε: <https://www.learntechlib.org/p/66759/> (02-01-2022)
- Kafai, Y., & Resnick, M. (1996). *Constructionism in practice: Designing, thinking, and learning in a digital world*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Maloney J., Burd L., Kafai Y., Rusk N., Silverman B.& Resnick M., (2004). Scratch: a sneak preview. *Second International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing.*, pp. 104-109
- McDowell, C., Werner, L., Bullock H. E., Fernald, J. (2003) . The impact of pair programming on student performance, perception and persistence, *25th International Conference*

on *Software Engineering, Proceedings.*, 2003, pp. 602-607, doi: 10.1109/ICSE.2003.1201243.

Preston, D. (2005). Pair programming as a model of collaborative learning: a review of the research. *Journal of Computer Sciences in Colleges* 20, 4 (April 2005), 39–45. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/1047846.1047852>

Robins, A., Rountree, J., Rountree, N. (2003). Learning and teaching programming: a review and discussion. *Computer Science Education*, 13(2), pp. 137-172 DOI: 10.1076/csed.13.2.137.14200

Sfetsos, P., Stamelos, I., Angelis, L. *et al.* An experimental investigation of personality types impact on pair effectiveness in pair programming. *Empir Software Eng* 14, 187 (2009). <https://doi.org/10.1007/s10664-008-9093-5>

VanDeGrift, T. (2004) . Coupling pair programming and writing: learning about students' perceptions and processes, in *Proceedings of the 35th SIGCSE technical symposium on Computer science education.*, ACM Press: Norfolk, Virginia, USA. Ανακτήθηκε: <https://www.academia.edu/3794238> (03-01-2022)

Williams, L., Wiebe, E., Yang, K., Ferzli, M., & Miller, C. (2002). In Support of Pair Programming in the Introductory Compute Science Course. *Computer Science Education*, 12(3), 197-212.

Βακάλη, Α. κ.ά. (2019). *Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον. Βιβλίο μαθητή-Γ' Γενικού Λυκείου*. ΙΤΥΕ Διόφαντος.

Βασιλάκης, Β., Χατζηνικολάκης, Γ. (2014). Προγραμματισμός σε App Inventor. *Σύλλογος Εκπαιδευτικών Πληροφορικής Χίου, 2014*. Ανακτήθηκε από: <https://www.openbook.gr/programmatismos-se-app-inventor/> (02-01-2022)

Γόγουλου, Α., Γουλή, Ε., & Γρηγοριάδου, Μ. (2009). Διδακτικές Προσεγγίσεις που βασίζονται σε Σύγχρονες Θεωρίες Μάθησης για τη Διδασκαλία Προγραμματιστικών Εννοιών. Στο Μ. Γρηγοριάδου, Ε. Γουλή & Α. Γόγουλου (Επιμ.), *Διδακτικές Προσεγγίσεις και Εργαλεία για τη διδασκαλία της Πληροφορικής* (σ. 75-119). Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών

Γραμμένος, Ν. (2016). Αξιοποιώντας σύγχρονα εργαλεία Web στη διδακτική πράξη. Σχεδιασμός και αξιοποίηση ψηφιακών διαδραστικών διδακτικών σεναρίων στην πλατφόρμα «Αίσωπος». *Πρακτικά 4^ο Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Κεντρικής Μακεδονίας: «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας Και των Επικοινωνιών στη Διδακτική Πράξη»*, Θεσσαλονίκη, 8-10 Απριλίου

Θοδωρής, Α., Θοδωρής, Γ., & Ιωάννης, Μ. (2015). Διδασκαλία της δομής επανάληψης ΟΣΟ με το στο διαδικτυακό προγραμματιστικό περιβάλλον App Inventor. *"Η εκπαίδευση στην εποχή των Τ.Π.Ε."* Τα Πρακτικά του Συνεδρίου. Αθήνα, 7 & 8 Νοεμβρίου 2015.

Κόμης, Β. (2005). *Εισαγωγή στη Διδακτική της Πληροφορικής*. Αθήνα: Κλειδάριθμος

Κορδάκη, Μ. & Ψώμος, Π. (2012). Μια πρόταση διδασκαλίας του Προγραμματισμού μέσω δημιουργίας Εκπαιδευτικών Ψηφιακών Αφηγήσεων στο περιβάλλον Storytelling

Alice. 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτική της Πληροφορικής». Φλώρινα, 20-22 Απριλίου 2012.

Λάμπρου, Ε., Μάλαμας, Κ. (2015). Χρήση του App Inventor στα μαθήματα Πληροφορικής του Λυκείου. *Πρακτικά Εργασιών 9^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Καθηγητών Πληροφορικής*. Καστοριά, 24-26 Απριλίου 2015.

Νικολός, Δ., Κόμης, Β. (2011). Η Δομή Επιλογής στη Γλώσσα Προγραμματισμού Scratch: Μια Μελέτη Περίπτωσης με Μαθητές Γυμνασίου. *5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Καθηγητών Πληροφορικής*. Ιωάννινα, 1-3 Απριλίου 2011.

Παπαδάκης, Στ., & Ορφανάκης, Β. (2013). Μια πρόταση διδασκαλίας στο μάθημα 'Εφαρμογές Λογισμικού' με τη χρήση του App Inventor. *5th Conference on Informatics in Education «Η Πληροφορική στην εκπαίδευση»*. Τμήμα Πληροφορικής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Πειραιάς, 11-13 Οκτωβρίου 2013.

Παπαδάκης, Σ. (2018). Αξιοποίηση των φορητών τεχνολογιών και της ρομποτικής για την διδασκαλία του προγραμματισμού σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες. *Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία*, 14(2), 183-203.

Περδικούρη Κ. (2014). Το MIT App Inventor ως εργαλείο διδασκαλίας προγραμματισμού: μια μελέτη περίπτωσης με μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. *6th Conference on Informatics in Education 2014*. Ιόνιο Πανεπιστήμιο, 10-12 Οκτωβρίου 2014.

Ορφανάκης, Β, & Παπαδάκης, Στ. (2014). Προγραμματίζοντας τα Lego Mindstorms NXT με τη χρήση του App Inventor. Μια πρόταση για τη διδασκαλία των μαθημάτων Πληροφορικής του Γενικού Λυκείου. *8^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Πληροφορικής 'Η Πληροφορική στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση - Διδασκαλία και Διδακτική'*. Βόλος, 28-30 Μαρτίου 2014.

Στυλιάρης, Γ., & Δήμου, Β. (2015). Διδακτική της Πληροφορικής. Αποθετήριο Κάλλιπος: https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/724/3/02_chapter_02.pdf (03-11-2021)

Τζιμογιάννης, Α., & Γεωργίου, Β. (1999). Οι δυσκολίες μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην εφαρμογή της δομής ελέγχου για την ανάπτυξη αλγορίθμων. Μία μελέτη περίπτωσης. *Πρακτικά Πανελλήνιου Συνεδρίου «Πληροφορική και Εκπαίδευση»*, 183-192.

Τζιμογιάννης, Α. (2019). *Ψηφιακές Τεχνολογίες και Μάθηση του 21ου αιώνα*. Εκδόσεις Κριτική.

Τσίχλας, Κ., Γούναρης, Α., & Μανωλόπουλος, Ι. (2015). Αλγόριθμοι Ταξινόμησης Στοιχείων. Αποθετήριο Κάλλιπος: <http://hdl.handle.net/11419/4013> (03-11-2021)

Φεσάκης, Γ., Δημητρακοπούλου, Α. (2007). Επισκόπηση του χώρου των εκπαιδευτικών περιβαλλόντων προγραμματισμού υπολογιστών: τεχνολογικές και παιδαγωγικές προβολές. Στο Β. Κόμης, Π. Πολίτης, & Α. Τζιμογιάννης (Επιμ.), *Θέματα στην Εκπαίδευση – Ειδικό αφιέρωμα: Σύγχρονη έρευνα στη Διδακτική της Πληροφορικής: ερευνητικοί άξονες, μέθοδοι, τεχνικές, εργαλεία*.

- Φωτίου, Σ., Αλεξάκης, Ν., Σιώτος, Ε., & Θύμης, Σ. (2015). Η συνεργατική μάθηση μέσα από ένα πείραμα σύμπραξης όλων των τύπων σχολείων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με τη χρήση του appinventor. *9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Καθηγητών Πληροφορικής. Καστοριά, 24-26 Απριλίου 2015.*
- Χασανίδης, Δ., Μπράτισης, Θ. (2010). Μαθήματα αλγοριθμικής σκέψης στη Γ' Λυκείου, με χρήση του Scratch: Μια πρόταση για τη διδασκαλία της δομής επιλογής. Στο Μ. Γρηγοριάδου (επιμ.). *Πρακτικά του 5ου συνεδρίου Διδακτική της Πληροφορικής* (σ. 25-30), Αθήνα.
- Φεσάκης, Γ., Δημητρακοπούλου, Α. (2009). Μοντέλα σχεδιασμού μαθησιακών δραστηριοτήτων που αξιοποιούν ΤΠΕ: τεχνολογικές και παιδαγωγικές προβολές. Στο Αν. Κοντάκος, Φρ. Καλαβάσης (Επιμ.), *Θέματα Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού*, τομ. 3ος, Εκδόσεις Ατραπός