ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2010)

5ο Συνέδριο Διδακτική της Πληροφορικής

Μελέτη των αναπαραστάσεων μαθητών της Γ' Λυκείου για την έννοια του πίνακα χρησιμοποιώντας την ταξινομία SOLO

Ε. Βραχνός, Α. Τζιμογιάννης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Βραχνός Ε., & Τζιμογιάννης Α. (2023). Μελέτη των αναπαραστάσεων μαθητών της Γ' Λυκείου για την έννοια του πίνακα χρησιμοποιώντας την ταξινομία SOLO . *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 268–277. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/5148

Μελέτη των αναπαραστάσεων μαθητών της Γ' Λυκείου για την έννοια του πίνακα χρησιμοποιώντας την ταξινομία SOLO

Ε. Βραχνός, Α. Τζιμογιάννης

Τμήμα Εκπαιδευτικής και Κοινωνικής Πολιτικής, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
evrachnos@gmail.com, ajimoyia@uop.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή μελετώνται οι αντιλήψεις και οι αναπαραστάσεις μαθητών της Γ' Λυκείου τεχνολογικής κατεύθυνσης σχετικά με την έννοια του πίνακα, καθώς και οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στο χειρισμό πινάκων κατά την επίλυση αλγοριθμικών προβλημάτων. Η καταγραφή τους έγινε χρησιμοποιώντας ερωτηματολόγιο, το οποίο σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ειδικά για την παρούσα μελέτη. Η ανάλυση και διερεύνηση των απαντήσεων των μαθητών έγινε με βάση την ταξινομία SOLO. Τα αποτελέσματα έδειξαν ελλιπείς αναπαραστάσεις για την έννοια και τη χρησιμότητα του πίνακα σε αλγορίθμους επεξεργασίας δεδομένων του ίδιου τύπου, καθώς και δυσκολίες στο χειρισμό υπολογιστικών δομών όπου εμφανίζονται πίνακες. Η εργασία προτείνει την αξιοποίηση εναλλακτικών διδακτικών προσεγγίσεων και περιβαλλόντων που συμβάλλουν στην οικοδόμηση ολοκληρωμένων αναπαραστάσεων για την έννοια του πίνακα και το χειρισμό πινάκων σε αλγορίθμους.

Λέξεις κλειδιά: *Διδακτική προγραμματισμού, πίνακες, παρανοήσεις, ταξινομία SOLO*

Abstract

This paper reports on the investigation of upper secondary school (Lyceum) students' perceptions and representations of the array data structure concept, as well as the difficulties they face at when they use arrays in problem solving in computer programming environments. The research tool was an open-ended questionnaire based on programming tasks developed for the purpose of this study. The analysis of students' responses was based on the SOLO taxonomy. The results indicate that the majority of the students in the sample have ineffectual representations of the array notion and the need to use arrays in algorithms while they have serious difficulties to use effectively arrays in problem solving. The paper ends by proposing alternative instructional approaches and learning environments aiming at helping students to construct stable representations of the array concept and to effectively use arrays in algorithmic problem solving.

Keywords: *Didactics of programming, arrays, misconceptions, SOLO taxonomy*

1. Εισαγωγή

Η διδασκαλία του προγραμματισμού και της αλγοριθμικής συνιστά ένα σημαντικό αντικείμενο της εκπαίδευσης στην Πληροφορική σήμερα. Βασικές έννοιες όπως είναι η μεταβλητή, η δομή επιλογής και η δομή επανάληψης, δυσκολεύουν αρκετά τους μαθητές όχι μόνο ως προς την κατανόηση αλλά και ως προς την εφαρμογή τους για την επίλυση προβλημάτων. Ο προγραμματισμός ως γνωστική και εκπαιδευτική δραστηριότητα συνιστά ένα έργο με ιδιαίτερες δυσκολίες. Πολλοί μαθητές, ακόμη και φοιτητές, δεν μπορούν να σχεδιάσουν ολοκληρωμένα και λογικά ορθά προγράμματα ακόμη και μετά από πολλά μαθήματα στον προγραμματισμό. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία δύο είναι, κατά βάση, οι πηγές δυσκολιών (Κόμης & Τζιμογιάννης, 2006; Τζιμογιάννης, 2005):

α) Ένα πρόγραμμα απαιτεί το χειρισμό πολλών αφηρημένων οντοτήτων που έχουν μικρή σχέση με τα στοιχεία της καθημερινής εμπειρίας των μαθητών (π.χ. λογικά δεδομένα, εμφωλευμένες δομές επιλογής, βρόχος, μετρητής, αρχικοποίηση μεταβλητής, δείκτης πίνακα, αναδρομή κ.α.).

β) Σε αντίθεση με τους έμπειρους προγραμματιστές, οι οποίοι έχουν αναπτύξει μηχανισμούς και υποδείγματα προγραμματισμού, οι αρχάριοι, συνήθως, οργανώνουν φτωχά τις προγραμματιστικές τους γνώσεις, σε ένα πλαίσιο προσανατολισμένο στο συντακτικό της γλώσσας, με αποτέλεσμα να μη μπορούν εύκολα να τις εφαρμόσουν για την επίλυση προβλημάτων που δεν είναι εκ των προτέρων γνωστά.

Ο σχεδιασμός των διδακτικών στρατηγικών που θα πρέπει να ακολουθηθούν, έτσι ώστε να αντιμετωπιστούν οι παρανοήσεις και οι γνωστικές δυσκολίες των μαθητών, προϋποθέτει τον

εντοπισμό των δυσκολιών αυτών, καθώς και των αναπαραστάσεων που έχουν οι μαθητές για τις προγραμματιστικές έννοιες. Για τον σκοπό αυτό έχουν διενεργηθεί πολλές έρευνες σχετικά με την έννοια της μεταβλητής (Τζιμογιάννης κ.α., 2005; Sajaniemi & Kuittinen, 2005), τις υπολογιστικές δομές επιλογής και επανάληψης, την έννοια της αναδρομής κ.α. (Putnam, 1989; Soloway & Spohrer, 1989; Green, 1990). Η φύση των 'πληροφορικών αντικείμενων' που εμπλέκονται στο αλγοριθμικό πρόβλημα εισάγουν πρόσθετες δυσκολίες. Για παράδειγμα, η χρήση αλφαριθμητικών και λογικών μεταβλητών ή ακόμη πιο σύνθετων δομών (π.χ. πίνακες) απαιτεί την οικοδόμηση νέων αναπαραστάσεων, για τις οποίες οι μαθητές συναντούν σοβαρές δυσκολίες (Τζιμογιάννης & Γεωργίου, 1998).

Στον ελληνικό χώρο δεν υπάρχουν πολλές μελέτες σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για τις δομές δεδομένων και, ειδικότερα, για τους πίνακες. Σε μια έρευνα που έγινε σε 20 μαθητές της Γ' τάξης του Λυκείου βρέθηκε ότι οι μαθητές δεν μπορούν να διακρίνουν πότε είναι απαραίτητη η χρήση πίνακα, ενώ έχουν σημαντικές παρανοήσεις και δυσκολίες στο χειρισμό βασικών αλγορίθμων, όπως είναι η ταξινόμηση και η αναζήτηση (Μαραγκός & Γρηγοριάδου, 2004).

Η παρούσα εργασία μελετά και διερευνά τις αντιλήψεις και τις αναπαραστάσεις μαθητών της Γ' τάξης του Λυκείου σχετικά με την έννοια του πίνακα. Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο στο οποίο βασίστηκε η έρευνα και αναλύεται η αξιοποίηση της ταξινομίας SOLO για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τη δομή του πίνακα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές του δείγματος έχουν ελλιπείς αναπαραστάσεις για την έννοια του πίνακα και δυσκολίες στο χειρισμό υπολογιστικών δομών που σχετίζονται με πίνακες.

2. Η έννοια του Πίνακα στον Προγραμματισμό

Ο πίνακας, μαζί με τη συνδεδεμένη λίστα, είναι η πιο σημαντική δομή δεδομένων για τις περισσότερες γλώσσες προγραμματισμού. Αποτελεί την πρώτη δομή δεδομένων με την οποία έρχονται σε επαφή οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, κυρίως τα πλαίσια του μαθήματος *Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον (ΑΕΠΠ)* της Γ' τάξης Γενικού Λυκείου τεχνολογικής κατεύθυνσης. Ένας (μονοδιάστατος) πίνακας είναι μια ακολουθία στοιχείων του ίδιου τύπου δεδομένων, τα οποία βρίσκονται αποθηκευμένα σε διαδοχικές θέσεις στη μνήμη του υπολογιστή. Η προσπέλαση στα στοιχεία αυτά γίνεται με τη βοήθεια ενός δείκτη, ο οποίος απαριθμεί και καθορίζει το στοιχείο του πίνακα που θα προσπελαστεί κάθε φορά. Η διδακτική εμπειρία δείχνει ότι η κατανόηση της έννοιας του πίνακα και η επίλυση σχετικών προβλημάτων παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες για τους μαθητές. Γενικότερα, το ζήτημα της αποθήκευσης και της διαχείρισης δεδομένων με τη μορφή μεταβλητών, οι οποίες γίνονται αντιληπτές με τη χρήση συμβόλων, συνιστά ένα δύσκολο πρόβλημα κατά τη διδασκαλία του προγραμματισμού (Τζιμογιάννης κ.α., 2005; Κόμης & Τζιμογιάννης, 2006).

Η έννοια του πίνακα οικοδομείται πάνω στην έννοια της μεταβλητής, αφού ένας πίνακας αποτελείται ουσιαστικά από ένα σύνολο μεταβλητών του ίδιου τύπου. Η διαφορά έγκειται στην ομαδοποιημένη διαχείριση των μεταβλητών αυτών με χρήση δομών επανάληψης, πράγμα που δεν μπορεί να γίνει σε μεμονωμένες μεταβλητές. Κατά συνέπεια, μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι αναπαραστάσεις και οι παρανοήσεις των μαθητών για την έννοια της μεταβλητής μεταφέρονται και στην έννοια του πίνακα. Η οπτική αναπαράσταση που χρησιμοποιείται συνήθως για έναν πίνακα, τόσο στα σχολικά εγχειρίδια όσο και στη διδασκαλία, είναι αυτή της ακολουθίας διαδοχικών κελιών. Είναι, στατική και, κατά συνέπεια, δεν επιτρέπει να αναδειχθούν τα δυναμικά χαρακτηριστικά του πίνακα που είναι απαραίτητα για την κατανόηση και την εφαρμογή βασικών αλγορίθμων επεξεργασίας (αναζήτηση, ταξινόμηση κ.α.).

Στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχουν πολλές έρευνες σχετικά με τη χρήση δομών δεδομένων στα εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού. Ο du Boulay (1986) αναφέρει μια παρανόηση που παρουσιάζουν οι αρχάριοι προγραμματιστές, η οποία αφορά στη σύγχυση μεταξύ του δείκτη ενός στοιχείου του πίνακα με την τιμή του περιεχομένου του στοιχείου αυτού, δηλαδή του I με το A[I]. Πρόκειται για δύο μεταβλητές με εντελώς διαφορετικούς ρόλους στο πρόγραμμα. Η μεταβλητή I παίζει το ρόλο του δείκτη στον πίνακα ενώ το A[I] αναφέρεται στο στοιχείο του πίνακα που

βρίσκεται στη θέση Ι. Οι δύο αυτές έννοιες συγχέονται πολλές φορές από τους μαθητές. Αυτό φαίνεται από τις δυσκολίες χειρισμού εντολών όπως οι παρακάτω:

$$A[3] \leftarrow A[3] + A[5]$$

$$A[3] \leftarrow A[A[3]] + 5$$

$$A[i] \leftarrow i*A[i*A[i]]$$

Για να μπορέσει να χειριστεί ένας μαθητής με άνεση τις παραπάνω εντολές θα πρέπει να έχει οικοδομήσει επαρκείς αναπαραστάσεις για τις έννοιες του *δείκτη* και του *στοιχείου* του πίνακα, να κατανοήσει δηλαδή ότι σε έναν πίνακα ακεραίων Α, το στοιχείο Α[i] είναι μια ακέραια μεταβλητή, και, συνεπώς, μπορεί να παίξει ακόμα και το ρόλο του δείκτη. Γενικά η δεικτοδότηση μεταβλητών αποτελεί παράγοντα δυσκολίας για τους αρχάριους προγραμματιστές. Είναι χαρακτηριστικές οι δυσκολίες φοιτητών στο χειρισμό των δεικτών (pointers) στη γλώσσα C (Adcock et al., 2007).

3. Το Πλαίσιο της Έρευνας

3.1 Δείγμα

Η έρευνα διεξήχθη, κατά το σχολικό έτος 2008–2009, σε δύο γενικά λύκεια της ευρύτερης αστικής περιοχής της Αθήνας (Πετρούπολης και Ιλίου). Το δείγμα περιελάμβανε 102 μαθητές της Γ' τάξης της τεχνολογικής κατεύθυνσης που παρακολουθούσαν το μάθημα ΑΕΠΠ. Η πλειονότητα των μαθητών (93%) δήλωσαν ότι έχουν πρόσβαση σε υπολογιστή στο σπίτι. Το 24% των μαθητών δήλωσε ότι δεν έχει αναπτύξει ποτέ πρόγραμμα σε κάποιο προγραμματιστικό περιβάλλον στον υπολογιστή στα πλαίσια του μαθήματος ΑΕΠΠ. Το 82% έχει κάνει μαθήματα προγραμματισμού, στο μάθημα της Πληροφορικής της Α' Λυκείου.

Στην ανάλυση που ακολουθεί συμπεριλήφθηκαν οι απαντήσεις 100 μαθητών. Δύο ερωτηματολόγια αγνοήθηκαν, γιατί οι αντίστοιχοι μαθητές δεν απάντησαν στα περισσότερα ερωτήματα–έργα της έρευνας.

3.2 Μεθοδολογία

Η έρευνα έλαβε χώρα τον Μάρτιο του 2009, ένα μήνα μετά τη διδασκαλία της σχετικής ενότητας του μαθήματος, που αναφέρεται στην επεξεργασία πινάκων. Δεν υπήρξε καμία διδακτική παρέμβαση πριν τη διεξαγωγή της έρευνας. Οι μαθητές όλων των τάξεων είχαν διδαχθεί τη σχετική ύλη από τους καθηγητές τους. Για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου μας διατέθηκε μια διδακτική ώρα, στην οποία ήταν παρών και ο καθηγητής της κάθε τάξης. Το ερωτηματολόγιο ήταν επώνυμο, ώστε να έχουμε στη συνέχεια τη δυνατότητα να διερευνήσουμε ακόμη περισσότερο, μέσω συνεντεύξεων, τις απόψεις των μαθητών που θα είχαν ερευνητικό ενδιαφέρον.

3.3 Ερωτηματολόγιο

Για την καταγραφή των αντιλήψεων και των αναπαραστάσεων των μαθητών σχετικά με την έννοια του πίνακα χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο, το οποίο σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ειδικά για την παρούσα μελέτη. Το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε οκτώ έργα σε μορφή αλγορίθμων κωδικοποιημένων στη ΓΛΩΣΣΑ που είχαν ως στόχο να φέρουν στην επιφάνεια τις αντιλήψεις και τις παρανοήσεις που, ενδεχόμενα, έχουν οι μαθητές για την έννοια του πίνακα, καθώς και τις δυσκολίες χειρισμού και εφαρμογής τους για την επίλυση προβλημάτων.

Ειδικότερα το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε έργα-προβλήματα που στόχευαν στη διερεύνηση των παρακάτω αξόνων:

α) Κατανόηση των εννοιών πίνακας, δείκτης, στοιχείο πίνακα

Τα πρώτα τέσσερα έργα στόχευαν στη μελέτη των αναπαραστάσεων που οικοδομούν οι μαθητές σχετικά με τις έννοιες: δείκτης, πίνακας, στοιχείο πίνακα κ.λπ.

β) Χειρισμός πινάκων

Τα έργα που εντάσσονται στον άξονα αυτόν ερευνούν σε ποιο βαθμό μπορούν οι μαθητές να χειριστούν βασικές επεξεργασίες πινάκων (υπολογισμοί, εντολές εισόδου/εξόδου, επεξεργασίες μέσω επαναληπτικών δομών κ.λπ.).

γ) Η αναγκαιότητα χρήσης πίνακα

Τα έργα του τρίτου άξονα στόχευαν να διερευνήσουν το κατά πόσο οι μαθητές είναι σε θέση να διακρίνουν την αναγκαιότητα και τη σημασία της χρήσης πίνακα σε ένα πρόβλημα επεξεργασίας δεδομένων του ίδιου τύπου.

3.4 Ανάλυση των απαντήσεων με χρήση της ταξινομίας SOLO

Για την αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών επιλέχθηκε η ταξινομία SOLO (Structure of the Observed Learning Outcomes) των Biggs και Collis (1982) και, συγκεκριμένα, μια εμπλουτισμένη εκδοχή της, όπως αυτή προτάθηκε για την αξιολόγηση του μαθησιακού αποτελέσματος (Chan et al. 2002). Η ταξινομία SOLO περιγράφει την αυξανόμενη πολυπλοκότητα της κατανόησης ενός αντικειμένου από τους μαθητές διακρίνοντας πέντε γνωστικά επίπεδα ως εξής:

1. Πρώτο επίπεδο: προ-δομικό, πρώιμο (pre-structural).
2. Δεύτερο επίπεδο: μονο-δομικό, μονο-παραγοντικό (uni-structural).
3. Τρίτο επίπεδο: πολύ-δομικό, πολύ-παραγοντικό (multi-structural).
4. Τέταρτο επίπεδο: συσχετιστικό, συνδυαστικό, συνθετικό (relational).
5. Πέμπτο επίπεδο: θεωρητικής γενίκευσης, εκτεταμένης θεώρησης (extended abstract).

Οι Chan et al. (2002) απέδειξαν ότι η προσθήκη υπό-επιπέδων στην ταξινομία SOLO έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της αξιοπιστίας της, διότι έτσι ελαττώνεται η ασάφεια που προκύπτει όταν πολλές απαντήσεις αντιστοιχούν σε λίγα επίπεδα, με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να οδηγηθούμε σε αξιόπιστα συμπεράσματα. Έτσι λοιπόν προτείνεται η διαίρεση του τρίτου (πολύ-δομικού) και του τέταρτου (συνθετικού) σε τρία υπό-επίπεδα (low, moderate, high).

Η ταξινομία SOLO έχει χρησιμοποιηθεί στην αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων στον προγραμματισμό, μετά από τροποποίηση και ερμηνεία των πέντε επιπέδων (Lister et al., 2006; de Raadt, 2007; Thomson, 2007). Υιοθετώντας πολλές από τις αρχές της SOLO, οι Μπέλλου και Μικρόπουλος (2008) έχουν προτείνει τη μέθοδο της Ιεραρχικής Αξιολόγησης Προγραμματισμού για την ποιοτική αξιολόγηση της επίλυσης προγραμματιστικών προβλημάτων από μαθητές. Στην παρούσα ανάλυση ακολουθήσαμε μια ανάλογη ταξινόμηση για τις απαντήσεις των μαθητών στα έργα της έρευνας. Στον Πίνακα 1 δίνεται ένα ενδεικτικό παράδειγμα ταξινόμησης αντιλήψεων των μαθητών στον προγραμματισμό, σύμφωνα με την ταξινομία SOLO, που αφορά στο ρόλο της εντολής a ← a + 1 σε μια επαναληπτική δομή.

Πίνακας 1: *Ταξινομία αντιλήψεων κατά SOLO*

Εντολή εκχώρησης: a ← a + 1	**Επίπεδο SOLO**
Υπολογίζει το α	Προ-δομικό
Εκχωρεί στο α το α + 1	Μόνο-δομικό
Η τιμή του a αυξάνεται κατά 1	Πολύ-δομικό
Μετρητής (σε επαναληπτική δομή)	Συνθετικό

Προ-δομικό επίπεδο: Σε αυτό κατατάσσονται οι απαντήσεις που δεν σχετίζονται με το πρόβλημα ή έχουν βασικά λάθη σε προγραμματιστικές δομές.

Μονο-δομικό επίπεδο: Στο επίπεδο αυτό κατηγοριοποιούνται οι απαντήσεις, στις οποίες ο μαθητής εξηγεί τι κάνει ένα τμήμα εντολών γραμμή προς γραμμή, αλλά δεν έχει οικοδομήσει λειτουργικές αναπαραστάσεις για ολόκληρο το τμήμα κώδικα που του δίνεται. Για παράδειγμα, για την εντολή a ← a + 1 δίνει την απάντηση *"Η εντολή εκχωρεί στο α το α + 1"*. Ο μαθητής δεν μπορεί να περιγράψει το ρόλο της στον αλγόριθμο, ότι δηλαδή αυξάνει το περιεχόμενο της μεταβλητής α κατά 1.

Πολύ-δομικό επίπεδο: Οι απαντήσεις που κατατάσσονται στο επίπεδο αυτό είναι παρόμοιες με αυτές του μονο-δομικού, μόνο που αφορούν όλο το τμήμα του κώδικα. Δηλαδή ο μαθητής

αντιλαμβάνεται τη λειτουργία κάθε εντολής μεμονωμένα και μπορεί να εκτελέσει τον αλγόριθμο στο χαρτί βήμα-βήμα. Δεν είναι όμως σε θέση να οικοδομήσει ολοκληρωμένες αναπαραστάσεις για το συνολικό ρόλο ενός τμήματος εντολών αλγορίθμου και, κατά συνέπεια, για το σκοπό που σχεδιάστηκε.

Συνθετικό επίπεδο: Η κατανόηση της συνολικής λειτουργίας του αλγορίθμου κατατάσσεται στο τέταρτο της ταξινομίας SOLO. Για παράδειγμα, η αναγνώριση ότι ένα δοσμένο τμήμα κώδικα αλγορίθμου σε πίνακα "εκτελεί αύξουσα ταξινόμηση" ανήκει στο συνθετικό επίπεδο.

Εκτεταμένη θεώρηση: Στο ανώτατο επίπεδο SOLO ο μαθητής συνδέει το πρόβλημα με ένα ευρύτερο πλαίσιο, έχει δηλαδή την ικανότητα να γενικεύσει το πρόβλημα αξιοποιώντας στρατηγικές γνώσεις και δεξιότητες προγραμματισμού που έχει αναπτύξει. Το επίπεδο αυτό καταγράφεται σπάνια σε έννοιες και εργαλεία που χρησιμοποιούνται στα εισαγωγικά μαθήματα του προγραμματισμού (Thomson, 2007).

4. Ανάλυση των αποτελεσμάτων

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται η ανάλυση, με βάση την ταξινομία SOLO, των απαντήσεων που δόθηκαν από τους μαθητές σε τέσσερα από τα έργα της έρευνας.

Έργο 5. *Δίνονται δύο τμήματα αλγορίθμου, τα οποία διαβάζουν τους βαθμούς 100 μαθητών, με αποδεκτές τιμές στο διάστημα [1,20], και τους καταχωρούν σε έναν πίνακα.*

Τμήμα Αλγορίθμου 1	Τμήμα Αλγορίθμου 2
Για i **από** 1 **μέχρι** N **Αρχή_Επανάληψης** **Διάβασε** βαθμός **Μέχρις_ότου** βαθμός >= 1 **και** βαθμός <=20 B[i] ← βαθμός **Τέλος_Επανάληψης**	**Για** i **από** 1 **μέχρι** N **Αρχή_Επανάληψης** **Διάβασε** B[i] **Μέχρις_ότου** B[i] >= 1 **και** B[i] <=20 **Τέλος_Επανάληψης**

Ποιο από τα παραπάνω τμήματα αλγορίθμου θα επέλεγες να γράψεις εσύ; Να αιτιολογήσεις την απόφασή σου.

Το ερώτημα αυτό στοχεύει να διερευνήσει κατά πόσο οι μαθητές χρησιμοποιούν αιτιολογημένα τη δομή πίνακα για τη διαχείριση και επεξεργασία δεδομένων του ίδιου τύπου. Στον Πίνακα 2 δίνονται οι απαντήσεις των μαθητών και η κατά SOLO ταξινόμησή τους.

Πίνακας 2: *Απαντήσεις των μαθητών για το Έργο 5*

α/α	Απάντηση	Ποσοστό %	Επίπεδο SOLO
0	Δεν απάντησαν	10	-
1	Έχω συνηθίσει/μάθει έτσι	18	Προ-δομικό
2	Απαντήσεις άσχετες με το πρόβλημα	15	Προ-δομικό
3	Το πρώτο γιατί είναι πιο κατανοητό	16	Πολύ-δομικό
4	Πρώτα ελέγχει και μετά εκχωρεί	10	Πολύ-δομικό
5	Χρησιμοποιεί μια λιγότερη θέση μνήμης	19	Συνθετικό
6	Λιγότερες εντολές, άρα πιο γρήγορο	12	Συνθετικό

Η χρήση της βοηθητικής μεταβλητής στα παραπάνω παραδείγματα αποδεικνύει ότι οι μαθητές δεν υιοθετούν αμέσως τη δομή πίνακα για την επεξεργασία δεδομένων του ίδιου τύπου. Αντίθετα, οι περισσότεροι μαθητές επιλέγουν τη χρήση μιας βοηθητικής μεταβλητής, η οποία στη συνέχεια εκχωρεί το περιεχόμενό της στο αντίστοιχο στοιχείο του πίνακα. Θεωρούν ότι κάθε νέα τιμή εισάγεται πρώτα σε μια μεταβλητή και μόνο αν είναι αποδεκτή εκχωρείται τον πίνακα. Με άλλα λόγια, κάνουν γραμμικά αυτό που περιγράφει η εκφώνηση του προβλήματος. Η άποψη αυτή ενισχύεται και από το γεγονός ότι 16 από τους μαθητές του δείγματος θεωρούν ότι ο πρώτος αλγόριθμος είναι περισσότερο κατανοητός.

Έργο 6. *Ο παρακάτω αλγόριθμος υπολογίζει τον μεγαλύτερο από τους βαθμούς 50 μαθητών μιας τάξης. Να τροποποιήσεις τον αλγόριθμο έτσι ώστε να υπολογίζει και να εμφανίζει πόσοι μαθητές έχουν*

τον μεγαλύτερο βαθμό (Στην γενική περίπτωση, μπορούν να υπάρχουν περισσότεροι του ενός μαθητές που έχουν τον μεγαλύτερο βαθμό).

```
Διάβασε βαθ
max ← βαθ
Για μαθητή Από 2 Μέχρι 50
 Διάβασε βαθ
 Αν βαθ > max Τότε
 max ← βαθ
 Τέλος_Αν
Τέλος_Επανάληψης
```

Το έργο αυτό έχει στόχο να διερευνήσει κατά πόσο οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν την αναγκαιότητα χρήσης πίνακα σε ένα πρόβλημα επεξεργασίας δεδομένων του ίδιου τύπου (ακέραιοι αριθμοί στην περίπτωση αυτή). Το σκεπτικό είναι ότι θα πρέπει πρώτα να υπολογιστεί το μέγιστο και στη συνέχεια να ελεγχθεί πόσοι βαθμοί είναι ίσοι με αυτό. Άρα θα χρειαστεί πίνακας, όπου θα αποθηκευθούν οι βαθμοί όλων των μαθητών, ώστε να προσπελαστούν στη συνέχεια. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μπορεί να σχεδιαστεί αλγόριθμος, που να υπολογίζει το πλήθος των μαθητών με τον μεγαλύτερο βαθμό χωρίς τη χρήση πίνακα, αλλά είναι αρκετά δυσκολότερος στη σύλληψη και στην υλοποίηση.

Στον Πίνακα 3 δίνονται οι απαντήσεις των μαθητών. Μόνο 22 μαθητές διέκριναν την αναγκαιότητα χρήσης πίνακα και έδωσαν πλήρη και σωστή λύση. Οι υπόλοιποι είχαν διαφορετικές προσεγγίσεις ενώ 22 μαθητές δεν έδωσαν καμία απάντηση.

Πίνακας 3: *Απαντήσεις των μαθητών για το Έργο 6*

α/α	Απάντηση	Ποσοστό %	Επίπεδο SOLO
0	Δεν απάντησαν	22	-
1	Με έναν μόνο βρόχο	26	Προ-δομικό
2	Παρανοήσεις σε βασικές δομές	5	Προ-δομικό
3	Ιστορικό μεταβλητής	19	Μόνο-δομικό
4	Επανεισαγωγή των βαθμών	8	Πολύ-δομικό
5	Σωστή με χρήση πίνακα	22	Συνθετικό

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι αλγόριθμοι που αντιστοιχούν στις απαντήσεις με ιδιαίτερο ενδιαφέρον, δηλαδή σωστή απάντηση με χρήση πίνακα, με ένα βρόχο και με χρήση ιστορικού μεταβλητής.

Με χρήση πινάκων

```
Διάβασε βαθμός[1]
max ← βαθμός[1]
Για μαθητή Από 2 Μέχρι 50
 Διάβασε βαθμός[μαθητή]
 Αν βαθμός[μαθητή] > max Τότε
  max ← βαθμός[μαθητή]
 Τέλος_Αν
Τέλος_Επανάληψης
πλήθος ← 0
Για μαθητή Από 1 Μέχρι 50
 Αν βαθμός[μαθητή] = max Τότε
  πλήθος ← πλήθος + 1
 Τέλος_Αν
Τέλος_Επανάληψης
```

Με έναν μόνο βρόχο

```
Διάβασε βαθμός
max ← βαθμός
πλήθος ← 0
Για μαθητή Από 2 Μέχρι 50
 Διάβασε βαθμός
 Αν βαθμός > max Τότε
  max ← βαθμός
  πλήθος ← πλήθος + 1
 Τέλος_Αν
Τέλος_Επανάληψης
```

Ιστορικό Μεταβλητής

```
Διάβασε βαθμός
max ← βαθμός
Για μαθητή Από 2 Μέχρι 50
 Διάβασε βαθμός
 Αν βαθμός > max Τότε
  max ← βαθμός
 Τέλος_Αν
Τέλος_Επανάληψης
πλήθος ← 0
Για μαθητή Από 1 Μέχρι 50
 Αν βαθμός = max Τότε
  πλήθος ← πλήθος + 1
 Τέλος_Αν
Τέλος_Επανάληψης
```

Η προσέγγιση των μαθητών που παρουσιάζει μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι αυτή που χαρακτηρίστηκε ως "*ιστορικό μεταβλητής*". Ο αλγόριθμος αυτός είναι ακριβώς ίδιος με τη σωστή απάντηση αλλά αντί για πίνακα χρησιμοποιεί μια και μόνο μεταβλητή. Αυτό σημαίνει ότι ο μαθητής έχει την αντίληψη ότι

στη συγκεκριμένη μεταβλητή έχουν αποθηκευθεί όλοι οι βαθμοί, δηλαδή όλες οι τιμές εισόδου κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου. Οι μαθητές που δίνουν την απάντηση αυτή δεν έχουν κατανοήσει ότι η νέα τιμή καταχωρείται πάνω στην προϋπάρχουσα τιμή, η οποία χάνεται. Ανάλογες αντιλήψεις και αναπαραστάσεις αναφέρονται στη βιβλιογραφία σχετικά με την έννοια της μεταβλητής, ότι δηλαδή μια μεταβλητή διατηρεί περισσότερες από μια τιμές ή έχει τη δυνατότητα να 'θυμάται' την ιστορία των εκχωρήσεων που έχουν προηγηθεί (Τζιμογιάννης κ.α., 2005).

Στη δεύτερη περίπτωση (ένας μόνο βρόχος), οι μαθητές δεν έχουν αναπτύξει επαρκείς αναπαραστάσεις για τον υπολογισμό του μεγίστου. Απλά προσθέτουν έναν μετρητή και, συνεπώς, η απάντηση αυτή αντιστοιχεί σε χαμηλότερο επίπεδο της ταξινομίας SOLO.

Τέλος, 8 μαθητές χρησιμοποίησαν την εξής διαδικασία: αφού υπολόγισαν το μέγιστο, έκαναν νέα εισαγωγή των βαθμών για να ελέγξουν πόσοι είναι ίσοι με το μέγιστο. Η λύση αυτή κατατάχθηκε σε υψηλότερο επίπεδο SOLO (μονο-δομικό). Παρόλο που δεν χρησιμοποίησαν πίνακα, οι μαθητές αυτοί έχουν κατανοήσει ότι μια μεταβλητή διατηρεί μια μόνο τιμή κάθε φορά. Η λύση αυτή δεν μπορεί να χαρακτηριστεί λάθος από πλευράς ορθότητας του αλγορίθμου, όμως δείχνει την αδυναμία της επίλυσης του συγκεκριμένου προβλήματος με χρήση πίνακα. Να σημειωθεί ότι είχε δοθεί διευκρίνιση στους μαθητές ότι δεν μπορούν να ξαναδιαβάσουν τους βαθμούς.

Έργο 7. *Δίνεται ο πίνακας ακέραιων αριθμών **X** με τιμές όπως παρακάτω.*

6	5	4	3	2	1

Έστω το τμήμα αλγορίθμου

```
i ← 1
Όσο i < X[i] Επανάλαβε
 X[X[i]] ← X[i]
 i ← i + 1
 Εμφάνισε i, X[i], X[X[i]]
Τέλος_Επανάληψης
```

Τι αναμένεις να εμφανιστεί στην οθόνη κατά την εκτέλεσή του; Ποιες θα είναι οι τελικές τιμές των στοιχείων του πίνακα; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

Πρόκειται για μια δομή επανάληψης, στο εσωτερικό της οποίας εκτελούνται μια εντολή εκχώρησης, μια εντολή εξόδου και μία αριθμητική πράξη, η οποία συνίσταται στην αύξηση του μετρητή της επανάληψης. Ο τρόπος δεικτοδότησης των στοιχείων του πίνακα είναι ασυνήθιστος, σε σχέση με τα τυπικά προβλήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι μαθητές στο μάθημα.

Στον Πίνακα 4 δίνονται τα αποτελέσματα των απαντήσεων των μαθητών. Μόλις 10 από τους μαθητές του δείγματος έδωσαν σωστή απάντηση στο έργο αυτό. Είναι χαρακτηριστικό στοιχείο δυσκολίας του έργου ότι 40 μαθητές δεν απάντησαν καθόλου. 8 μαθητές προσπάθησαν να υπολογίσουν τις τελικές τιμές των i, X[i], X[X[i]], όμως έκαναν λάθη που οφείλονταν σε παρανοήσεις σχετικά με τη λειτουργία της δομής επανάληψης και της εντολής εκχώρησης.

Πίνακας 4: *Απαντήσεις των μαθητών για το Έργο 7*

α/α	**Απάντηση**	**Ποσοστό %**	**Επίπεδο SOLO**
0	Δεν απάντησαν	40	-
1	Λάθη σε πράξεις	8	Προ-δομικό
2	Θεωρούν το X[i] σταθερό	42	Μόνο-δομικό
3	Σωστό αποτέλεσμα	10	Πολύ-δομικό

Σχετικά με την προσέγγιση που ταξινομήθηκε στο μονο-δομικό επίπεδο, η βασική ιδέα σχετίζεται με τη διαχείριση των στοιχείων του πίνακα X[X[i]] και X[i]. Παρόλο που το i αυξάνεται οι μαθητές διατηρούν την προηγούμενη τιμή του X[i] . Θεωρούν δηλαδή το X[i] σαν μια ενιαία παράσταση, η οποία παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της επανάληψης, παρά την μεταβολή του i. Φαίνεται ότι οι περισσότεροι μαθητές αλλάζουν μηχανικά τις τιμές των μεταβλητών χωρίς να αντιληφθούν το πραγματικό νόημα αυτών των αλλαγών.

Έργο 8. *Ο παρακάτω αλγόριθμος υπολογίζει τη μέση τιμή της πρωινής ημερήσιας θερμοκρασίας (ώρα 7 π.μ.) στην Αθήνα για τον μήνα Ιανουάριο 2009. Να τροποποιήσεις τον αλγόριθμο έτσι ώστε να υπολογίζει και να εμφανίζει το πλήθος των ημερών του Ιανουαρίου που η πρωινή ημερήσια θερμοκρασία είναι μικρότερη από τη μέση τιμή.*

```
Διάβασε θερμ
Σ ← 0
Για i από 1 Μέχρι 31
 Διάβασε θερμ
 Σ ← Σ + θερμ
Τέλος_Επανάληψης
ΜΟ ← Σ/31
```

Το έργο αυτό στοχεύει στη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για την αναγκαιότητα χρήσης πίνακα, κατά την επίλυση προγραμματιστικών προβλημάτων διαχείρισης δεδομένων του ίδιου τύπου. Σε αντίθεση με το έργο 6, το πρόβλημα αυτό δεν μπορεί να επιλυθεί χωρίς τη χρήση πίνακα, αφού πρέπει πρώτα να υπολογιστεί ο μέσος όρος και στη συνέχεια να γίνει έλεγχος για κάθε θερμοκρασία.

Στο έργο αυτό απάντησαν σωστά, εν γένει, οι ίδιοι μαθητές που απάντησαν και στο έργο 6. Ωστόσο, παρόλο που τα δύο αυτά προβλήματα ανήκουν στο ίδιο επίπεδο δυσκολίας, ο αριθμός των μαθητών που δεν απάντησαν καθόλου είναι μεγάλος (διπλάσιος από το 6^{ο} έργο). Φαίνεται ότι όσο αυξάνεται ο βαθμός δυσκολίας του αλγοριθμικού προβλήματος, οι μαθητές αποφεύγουν να ασχοληθούν με το πρόβλημα που απαιτεί τη συγγραφή κώδικα.

Πίνακας 5: *Απαντήσεις των μαθητών για το Έργο 8*

α/α	Απάντηση	Ποσοστό %	Επίπεδο SOLO
0	Δεν απάντησαν	43	-
1	Με έναν μόνο βρόχο	6	Προ-δομικό
2	Λάθη σε βασικές δομές	6	Προ-δομικό
3	Υπολογίζει άλλη τιμή (π.χ. min)	2	Προ-δομικό
4	Ιστορικό μεταβλητής	15	Μονο-δομικό
5	Επανεισαγωγή των θερμοκρασιών	5	Πολυ-δομικό
6	Σωστά, με χρήση πίνακα	25	Συνθετικό

5. Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής προκύπτει ότι η πλειονότητα των μαθητών του δείγματος δεν έχουν οικοδομήσει λειτουργικές αναπαραστάσεις για την έννοια του πίνακα και δεν μπορούν να διακρίνουν την αναγκαιότητα χρήσης του σε αλγόριθμους επεξεργασίας δεδομένων του ίδιου τύπου. Είναι ενδεικτικό ότι περίπου ένας στους τέσσερις μαθητές απάντησαν σωστά στα σχετικά έργα. Οι περισσότερες απαντήσεις των μαθητών στα έργα της έρευνας αυτής κατατάχθηκαν μεταξύ του μονο-δομικού και του πολύ-δομικού επιπέδου της ταξινομίας SOLO. Η κατάταξη των απαντήσεων στα επίπεδα αυτά δείχνει ότι, ενώ οι μαθητές μπορούν να περιγράψουν τη λειτουργία κάθε μιας εντολής μεμονωμένα δεν έχουν αναπτύξει ολοκληρωμένες αναπαραστάσεις για το ρόλο που επιτελούν συγκεκριμένα τμήματα αλγορίθμου.

Φαίνεται ότι οι μαθητές δεν έχουν οικοδομήσει επαρκείς αναπαραστάσεις για την έννοια του στοιχείου A[i] ενός πίνακα A. Δηλαδή ότι δεν διαφέρει από μια απλή μεταβλητή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εντολές και υπολογισμούς όπως και μια μεταβλητή. Μια άλλη παρανόηση που καταγράφηκε είναι η σύγχυση μεταξύ του δείκτη ενός στοιχείου του πίνακα και της τιμής του. Οι περισσότεροι μαθητές αντιμετωπίζουν την έκφραση A[i] ως ένα αντικείμενο παρότι πρόκειται για δύο οντότητες (A, i). Η παρανόηση αυτή αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως σημαντική δυσκολία για αρχάριους στον προγραμματισμό (du Boulay, 1986). Τέλος, οι περισσότεροι μαθητές του δείγματος διατηρούν την αντίληψη ότι σε μια μεταβλητή αποθηκεύεται όλο το "ιστορικό" τιμών που αυτή έχει διαχειριστεί.

Οι διδακτικές παρεμβάσεις στα σχετικά μαθήματα θα πρέπει να στοχεύουν στην ανάδειξη των βασικών χαρακτηριστικών της δομής του πίνακα, στην κατανόηση των σχετιζόμενων εννοιών (για

παράδειγμα δείκτης, κελί, δεικτοδότηση, προσπέλαση ή καταχώρηση δεδομένων κ.λπ.), καθώς και στην οικοδόμηση επαρκών αναπαραστάσεων για αλγορίθμους επεξεργασίας πινάκων. Οι μαθητές θα πρέπει να οικοδομήσουν κατάλληλα μοντέλα αναπαράστασης της δομής του πίνακα και των τρόπων χρήσης σε βασικούς αλγόριθμους επεξεργασίας. Τα μοντέλα αυτά δεν είναι εύκολο να οικοδομηθούν με την παραδοσιακή διδασκαλία στον πίνακα και με παραδείγματα που υλοποιούν οι μαθητές με χαρτί και μολύβι. Η χρήση εναλλακτικών περιβαλλόντων, όπως είναι τα περιβάλλοντα δυναμικής οπτικοποίησης αλγορίθμων (Urquiza–Fuentes & Velazquez–Iturbide, 2009; Naps et al., 2000; Flores et al., 2007; Vrachnos & Jimoyiannis, 2008), τα οποία παρέχουν στους μαθητές δυνατότητες για πειραματισμό, αλληλεπίδραση και εποικοδομιστική μάθηση μπορούν να συμβάλλουν στην οικοδόμηση επαρκών αναπαραστάσεων για τους πίνακες και τους σχετικούς αλγορίθμους επεξεργασίας.

Η προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση δίνει έμφαση στον παιδαγωγικό σχεδιασμό της μάθησης του προγραμματισμού και στη μετατόπιση από την αναπαραγωγή εντολών ή τμημάτων κώδικα στην καλλιέργεια δεξιοτήτων μέσα από την επίλυση αυθεντικού τύπου προβλημάτων. Οι μελλοντικοί στόχοι της μελέτης αυτής αφορούν στην ανάπτυξη και εφαρμογή εκπαιδευτικών σεναρίων που θα βασίζονται σε ένα ανοιχτό σύστημα αυτόματης οπτικοποίησης αλγορίθμων σε πίνακες, το οποίο βρίσκεται υπό ανάπτυξη.

Βιβλιογραφία

Adcock, B., Bucci, P., Heym D. W. & Hollingsworth E. J. (2007). Which pointers errors do students make?, *Proceedings of the 12th annual SIGCSE conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, Covington, Kentucky, pp. 118–122. USA: ACM Press.

Biggs, J. B. & Collis, K. F. (1982). *Evaluating the quality of learning. The SOLO taxonomy*. Academic Press, NY.

Chan, C. C., Chui, M. S. & Chan, M. Y. C. (2002). Applying the Structure of the Observed Learning Outcomes (SOLO) taxonomy on student's learning outcomes: an empirical study. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 27(6), 2002.

de Raadt, M. (2007). A review of Australian investigations into problem solving and the novice programmer. *Computer Science Education*, 17(3), 201–213.

Du Boulay, B. (1986). Some difficulties of learning to program. In E. Soloway & J. C. Spohrer (Eds.), *Studying the Novice Programmer* (pp. 283-299). Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates

Green, T. R. G. (1990) (Ed.). *Psychology of Programming*. London: Academic Press.

Lister, R., Simon, B., Thomson, E., Whalley, J. L. & Prasad, C. (2006). Not seeing the forest for the trees: novice programmers and the SOLO taxonomy. *Proceedings of the 11th annual SIGCSE conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, Bologna, Italy, pp. 118–122. ACM Press.

Naps, T. L., Eagan, J., R. & Norton, L. (2000). JHAVE – An environment to actively engage students in Web-based algorithm visualizations. *Proceedings of the 31st SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*, Austin, Texas, pp. 109-113. ACM Press.

Pareza-Flores, C., Urquiza-Fuentes, J. & Velazques-Iturbide, J. (2007). WinHIPE: An IDE for Functional Programming Based on Rewriting and Visualization. *ACM SIGPLAN Notices*, 42(3), 14-23.

Putnam, R. T., Sleeman, D., Baxter, J. & Kuspa, L. (1989). A summary of misconceptions of high school Basic programmers. In E. Soloway & J. C. Spohrer (Eds.), *Studying the Novice Programmer* (pp. 301-314). Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.

Sajaniemi, J. & Kuittinen, M. (2005). An experiment on using roles of variables in teaching introductory Pprogramming. *Computer Science Education*, 15(1), 59-82.

Soloway, E. & Spohrer, J. C. (1989) (Eds.). *Studying the Novice Programmer*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum

Thomson, E. (2007). Holistic assessment criteria: applying SOLO to programming projects. *Proceedings of the 9th Australian Computer Society*, Darlinghurst, Australia, pp. 155-162.

Urquiza–Fuentes, J. & Velazquez–Iturbide, J. A. (2009). A survey of successful evaluations of program visualization and algorithm animation systems. *ACM Transactions of Computing Education*, 9(2), 1-21.

Vrachnos, E. & Jimoyannis, A. (2008). DAVE: A Dynamic Algorithm Visualization Environment for novice learners. *Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, Santander, Spain, pp. 319-323.

Κόμης, Β. & Τζιμογιάννης, Α. (2006). Ο Προγραμματισμός ως μαθησιακή δραστηριότητα: από τις εμπειρικές προσεγγίσεις στη γνώση παιδαγωγικού περιεχομένου. *Θέματα στην Εκπαίδευση,* 7(3), 229-255.

Μαραγκός, Κ. & Γρηγοριάδου, Μ. (2004). Αντιλήψεις μαθητών σε βασικές λειτουργίες των πινάκων. Στο Π. Πολίτης (επιμ.), *Πρακτικά 2ης Διημερίδας με Διεθνή Συμμετοχή "Διδακτική της Πληροφορικής"*, Βόλος, σελ. 97-105.

Μπέλλου, Ι. & Μικρόπουλος, Τ. Α. (2008). Μέθοδος για την ιεραρχική αξιολόγηση γνώσεων προγραμματισμού. Στο Β. Κόμης (επιμ.), *Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου "Διδακτική της Πληροφορικής"*, Πάτρα, σελ. 111-120.

Τζιμογιάννης, Α. (2005). Προς ένα παιδαγωγικό πλαίσιο διδασκαλίας του προγραμματισμού στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Στο Α. Τζιμογιάννης (επιμ.), *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου "Διδακτική της Πληροφορικής",* Κόρινθος, σελ. 99-111.

Τζιμογιάννης, Α. & Γεωργίου, Β. (1998). Η αναγκαιότητα της διδασκαλίας του προγραμματισμού Η/Υ στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση ως μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων. Το παράδειγμα των πινάκων. *Πρακτικά Διημερίδας Πληροφορικής "Η Πληροφορική στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση"*, Αθήνα, σελ. 28-34, ΕΠΥ.

Τζιμογιάννης, Α., Πολίτης, Π. & Κόμης, Β. (2005). Μελέτη των αναπαραστάσεων τελειόφοιτων μαθητών Ενιαίου Λυκείου για την έννοια της μεταβλητής. Στο Α. Τζιμογιάννης (επιμ.), *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου "Διδακτική της Πληροφορικής"*, Κόρινθος, σελ. 61-70.