Χρησιμοποιώντας τελεστές, εκφράσεις και μεταβλητές λογικού τύπου κατά την ανάπτυξη της αλγοριθμικής σκέψης των μαθητών: δυσκολίες, παρανοήσεις, προτάσεις

Ν. Αδαμόπουλος

ΚΕ.ΠΛΗ.ΝΕ.Τ. Ηλείας
adamopou@gmail.com

Περίληψη

Στην εργασία αυτή επιχειρείται μία μελέτη των δυσκολιών που εμφανίζονται και των παρανοήσεων που δημιουργούνται στους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, όταν καλούνται να χρησιμοποιήσουν τελεστές, εκφράσεις και μεταβλητές λογικού τύπου κατά το σχεδιασμό και την κατασκευή αλγορίθμων. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε έρευνα μικρής κλίμακας σε μαθητές, τα αποτελέσματα της οποίας καταγράφονται. Επιπλέον, περιγράφονται διδακτικές προτάσεις και ιδέες αξιοποίησης του λογικού τύπου δεδομένων στην ανάπτυξη της αλγοριθμικής σκέψης των μαθητών.
Λέξεις κλειδιά: *αλγοριθμική σκέψη, λογικός τύπος δεδομένων, συνθήκες ελέγχου*

Abstract

In this paper a study has been attempted on the difficulties encountered and the misconceptions created to students of secondary education when asked to use operators, expressions and variables of logical type (Boolean) during the design and construction of algorithms. That is the reason why a limited scale survey on students has been conducted, the results of which are recorded herein. Moreover, teaching suggestions and ideas on the use of the logical type in the development of the students' algorithmic thinking are described.
Keywords: *algorithmic thinking, logical data type, control conditions*

1. Εισαγωγή

Στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση ο συστηματικός σχεδιασμός και η δημιουργία αλγορίθμων καλύπτεται κύρια από το μάθημα Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον (ΑΕΠΠ), που διδάσκεται στην Τεχνολογική Κατεύθυνση της τελευταίας τάξης των Γενικών Λυκείων, αλλά και από το μάθημα Δομημένος Προγραμματισμός, που διδάσκεται στην ειδικότητα «Υποστήριξη Συστημάτων, Εφαρμογές και Δίκτυα Η/Υ» της τελευταίας τάξης των Επαγγελματικών Λυκείων. Και τα δύο μαθήματα εξετάζονται σε πανελλαδικό επίπεδο για την πρόσβαση των μαθητών στην τριτοβάθμια εκπαίδευση.

Ο γενικός σκοπός του μαθήματος της ΑΕΠΠ είναι: «να αναπτύξουν οι μαθητές αναλυτική και συνθετική σκέψη, να αποκτήσουν ικανότητες μεθοδολογικού χαρακτήρα και να μπορούν να επιλύουν απλά προβλήματα σε προγραμματιστικό περιβάλλον. Σκοπός του μαθήματος δεν είναι η εκμάθηση μιας γλώσσας προγραμματισμού. Έμφαση δίνεται στις ενότητες *Ανάλυση προβλήματος* και *Σχεδίαση αλγορίθμου*, ώστε οι μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες αλγοριθμικής προσέγγισης, δημιουργικότητα, φαντασία, αναλυτικό πνεύμα και αυστηρότητα στην έκφραση» (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο [ΠΙ], 1998; Υπουργείο Εθνικής Παιδείας & Θρησκευμάτων [ΥΠΕΠΘ], 2002). Επιπλέον, «πολλές βασικές έννοιες αλγοριθμικής, αλλά και προγραμματισμού (π.χ. συνθήκες ελέγχου, λογικές προτάσεις και συμπεράσματα, κ.ά.), συνιστούν αναπόσπαστο τμήμα των γενικών γνώσεων και δεξιοτήτων που πρέπει να αποκτήσει ο μαθητής, οι οποίες δεξιότητες και γνώσεις – στην πλειονότητά τους – δεν προσεγγίζονται από άλλα μαθήματα» (Βακάλη κ.α., 1999). Παρόμοιο σκοπό έχει και το μάθημα Δομημένος Προγραμματισμός των Επαγγελματικών Λυκείων, μόνο που ο χαρακτήρας αυτών των σχολείων είναι τέτοιος ώστε στο Πρόγραμμα Σπουδών να δίνεται έμφαση και στην ενότητα *Υλοποίηση σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον*. Έτσι στο πλαίσιο του μαθήματος γίνεται εκμάθηση και της γλώσσας προγραμματισμού Pascal.

Σε ερευνητικό επίπεδο έχουν μελετηθεί σε μεγάλο βαθμό οι δυσκολίες και οι παρανοήσεις των μαθητών σε πλήθος ζητημάτων που εμπλέκονται στην ανάπτυξη αλγορίθμων, όπως για την έννοια της μεταβλητής (Τζιμογιάννης & Κόμης 2000; Τζιμογιάννης, Πολίτης & Κόμης, 2005; Φεσάκης & Δημητρακοπούλου, 2005), για τις δομές επιλογής (Τζιμογιάννης & Γεωργίου, 1999), τις επαναληπτικές δομές (Γρηγοριάδου, Γόγουλου & Γουλή, 2004), κ.λπ. Οι Εφόπουλος, Ευαγγελίδης, Δαγδιλέλης & Κλεφτοδήμος (2005) και Ξυνόγαλος (2005) έχουν συνοψίσει σχετικά συμπεράσματα που έχουν καταγραφεί στη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία.

Η εργασία αυτή εστιάζει στη μελέτη των δυσκολιών και των παρανοήσεων που δημιουργούνται στους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, όταν καλούνται να χρησιμοποιήσουν τελεστές, εκφράσεις και μεταβλητού λογικού τύπου.

2. Σκοπός και μεθοδολογική προσέγγιση της έρευνας

Για την Πληροφορική ο λογικός τύπος (boolean ή logical) αποτελεί έναν βασικό τύπο δεδομένων που διαθέτει μόνο δύο τιμές: Αληθής (True) και Ψευδής (False), με σκοπό την αναπαράσταση των αντίστοιχων τιμών αληθείας της Λογικής και της δίτιμης Άλγεβρας Boole. Σε πολλές γλώσσες προγραμματισμού υπάρχει ενσωματωμένος ειδικός λογικός τύπος δεδομένων για τη δήλωση των λογικών μεταβλητών, όπως στην Pascal και στη Java, ενώ σε άλλες μπορεί να μην υπάρχει ειδικός τέτοιος τύπος, ωστόσο για τον ίδιο σκοπό γίνεται χρήση άλλων τύπων, όπως στη C που η τιμή Ψευδής αντιστοιχίζεται στην ακέραια τιμή 0 και η Αληθής σε οποιαδήποτε μη μηδενική ακέραια τιμή. Πάντως οι περισσότερες γλώσσες, ακόμα και αν δεν διαθέτουν ειδικό λογικό τύπο δεδομένων, υποστηρίζουν τις βασικότερες λογικές πράξεις (τελεστές): σύζευξη (conjunction / and), διάζευξη (disjunction / or), άρνηση (negation / not), κ.ά.

Για τις ανάγκες του μαθήματος της ΑΕΠΠ, στο διδακτικό πακέτο έχει ορισθεί μία ψευδογλώσσα που υποστηρίζει τους βασικούς λογικούς τελεστές, δηλαδή τους: ΚΑΙ, Ή και ΟΧΙ, λογικές εκφράσεις που χρησιμοποιούνται κυρίως ως συνθήκες ελέγχου σε δομές επιλογής και επανάληψης και, επιπρόσθετα, γίνεται αναφορά και για τις λογικές μεταβλητές. Όμως η χρήση τους παρουσιάζεται μέσα από ένα μόνο παράδειγμα για τον αλγόριθμο σειριακής αναζήτησης (Βακάλη κ.α., 1999, σελ. 64) και μάλιστα με τέτοιον τρόπο που μπορεί να προκαλεί στον αναγνώστη τη σκέψη ότι είναι περιττές.

Μέσα από αυτή την εργασία επιχειρείται ο έλεγχος της υπόθεσης ότι «πολλοί μαθητές εμφανίζουν δυσκολίες να κατανοήσουν και να εφαρμόσουν επιτυχώς όλες τις μορφές του λογικού τύπου: τελεστές, εκφράσεις και μεταβλητές, κατά την αλγοριθμική επίλυση προβλημάτων».

Για αυτό το σκοπό διενεργήθηκε έρευνα μικρής κλίμακας σε μαθητές της Γ’ τάξης της Τεχνολογικής Κατεύθυνσης τεσσάρων Γενικών Λυκείων του νομού Ηλείας, εκ των οποίων τα δύο είναι μεγάλα κεντρικά σχολεία και τα άλλα δύο είναι μικρά περιφερειακά. Ο χρόνος που επιλέχθηκε ήταν λίγο μετά τις σχολικές διακοπές των Χριστουγέννων του σχολικού έτους 2009-2010, ώστε να έχει καλυφθεί σε ικανοποιητικό επίπεδο η διδασκαλία των δομών ακολουθίας, επιλογής και επανάληψης. Πιο συγκεκριμένα, με τη συνεργασία των διδασκόντων δόθηκε στους μαθητές ένα δισέλιδο φύλλο εργασίας με τρεις δραστηριότητες. Οι μαθητές συμπλήρωσαν το φύλλο ανώνυμα, κατά τη διάρκεια του μαθήματος, παρουσία του διδάσκοντος. Ο χρόνος που απαιτήθηκε ήταν περίπου 20 λεπτά και συμπληρώθηκαν συνολικά 68 ερωτηματολόγια. Η πρώτη δραστηριότητα του φύλλου εργασίας περιλάμβανε 12 προτάσεις τύπου σωστού-λάθους σχετικά με την αποτίμηση των λογικών τελεστών ΚΑΙ και Ή. Η δεύτερη δραστηριότητα αφορούσε στη δημιουργία από τους μαθητές τεσσάρων λογικών εκφράσεων. Η τρίτη δραστηριότητα διερευνούσε το βαθμό κατανόησης της λειτουργίας των διαγραμμάτων ροής, κύρια σε σχέση με τους λογικούς ελέγχους που μπορεί να περιλαμβάνουν, ζητώντας από τους μαθητές να μετατρέψουν δύο διαγράμματα σε ψευδογλώσσα.

Επιπρόσθετα, με σκοπό να εξεταστεί ο βαθμός εξοικείωσης των μαθητών με τις λογικές μεταβλητές και το πόσο εύκολα μπορούν να τις εντάξουν μέσα σε αλγοριθμικές λύσεις τους, πραγματοποιήθηκαν κατ’ ιδίαν συνεδρίες διάρκειας 30 λεπτών με 7 διαφορετικούς μαθητές οι οποίοι είχαν επιδείξει ικανότητες εφαρμογής, ανάλυσης και σύνθεσης αλγοριθμικών προσεγγίσεων. Οι συνεδρίες αυτές έγιναν αφού οι μαθητές είχαν ολοκληρώσει το κεφάλαιο 3 της εξεταστέας ύλης, ώστε να έχουν διδαχθεί τον αλγόριθμο σειριακής αναζήτησης. Κατά τις συνεδρίες ζητήθηκε από κάθε μαθητή να δημιουργήσει συγκεκριμένο αλγόριθμο, στον οποίο ήταν δυνατό να γίνει χρήση λογικής μεταβλητής, και στη συνέχεια έγινε συζήτηση πάνω στις λεπτομέρειες της προτεινόμενης λύσης.

Οι δραστηριότητες του ερωτηματολογίου, αλλά και ο τρόπος διεξαγωγής των συνεδριών, επιλέχθηκαν έτσι ώστε να αντιστοιχίζονται στα επίπεδα από διάφορες ταξινομίες γνωστικών στόχων και αξιολόγησης μαθησιακών αποτελεσμάτων (Bloom, 1956; Μπέλλου & Μικρόπουλος, 2008), όπως είναι τα επίπεδα γνώσης, κατανόησης, εφαρμογής, ανάλυσης, σύνθεσης και αξιολόγησης.

3. Περιγραφή δραστηριοτήτων και καταγραφή αποτελεσμάτων

3.1 Κατανόηση λογικών τελεστών

Η πρώτη δραστηριότητα του ερωτηματολογίου, που αφορούσε στους λογικούς τελεστές ΚΑΙ και Ή, διατυπωνόταν ως εξής: «Ας υποθέσουμε ότι έχουμε μία λογική πράξη (λογικό τελεστή) για τον συνδυασμό δύο λογικών προτάσεων (λογικών εκφράσεων). Χαρακτηρίστε ως Σωστό ή Λάθος καθένα από τα παρακάτω συμπεράσματα σε σχέση με την συνολική αποτίμηση αυτών των προτάσεων».

Οι προτάσεις αυτές και τα ποσοστά χαρακτηρισμού τους ως σωστές από τους μαθητές καταγράφονται στον Πίνακα 1 (με αστερίσκο σημειώνονται οι σωστές προτάσεις). Αυτές οι προτάσεις δίνουν έμφαση στη διαφορετική σημασία που έχουν οι εκφράσεις «μόνο όταν και οι δύο», «όταν μία τουλάχιστον» και «όταν μία μόνο», αλλά και οι λογικές τιμές Αληθής και Ψευδής. Έτσι, οι προτάσεις είναι ομαδοποιημένες ανά τριάδες σε τέσσερεις ομάδες (Α, Β, Γ και Δ) και η κάθε ομάδα εξετάζει το πότε κάποιος από τους τελεστές έχει σαν αποτέλεσμα συγκεκριμένη λογική τιμή.

Πίνακας 1: *Κατανόηση τρόπου αποτίμησης των λογικών τελεστών ΚΑΙ & Ή*

α/α	**Τρόπος αποτίμησης λογικών τελεστών**	**Ποσοστό %**
Α1	Η λογική πράξη ΚΑΙ είναι Αληθής μόνο όταν και οι δύο προτάσεις είναι Αληθείς	91*
Α2	Η λογική πράξη ΚΑΙ είναι Αληθής όταν μία τουλάχιστον από τις προτάσεις είναι Αληθής	6
Α3	Η λογική πράξη ΚΑΙ είναι Αληθής όταν μία μόνο από τις προτάσεις είναι Αληθής	6
Β1	Η λογική πράξη Ή είναι Αληθής μόνο όταν και οι δύο προτάσεις είναι Αληθείς	46
Β2	Η λογική πράξη Ή είναι Αληθής όταν μία τουλάχιστον από τις προτάσεις είναι Αληθής	69*
Β3	Η λογική πράξη Ή είναι Αληθής όταν μία μόνο από τις προτάσεις είναι Αληθής	43
Γ1	Η λογική πράξη ΚΑΙ είναι Ψευδής μόνο όταν και οι δύο προτάσεις είναι Ψευδείς	49
Γ2	Η λογική πράξη ΚΑΙ είναι Ψευδής όταν μία τουλάχιστον από τις προτάσεις είναι Ψευδής	63*
Γ3	Η λογική πράξη ΚΑΙ είναι Ψευδής όταν μία μόνο από τις προτάσεις είναι Ψευδής	40
Δ1	Η λογική πράξη Ή είναι Ψευδής μόνο όταν και οι δύο προτάσεις είναι Ψευδείς	51*
Δ2	Η λογική πράξη Ή είναι Ψευδής όταν μία τουλάχιστον από τις προτάσεις είναι Ψευδής	26
Δ3	Η λογική πράξη Ή είναι Ψευδής όταν μία μόνο από τις προτάσεις είναι Ψευδής	20

Είναι αξιοσημείωτο ότι οι μαθητές, αντί να χαρακτηρίσουν ως σωστή μόνο μία από τις τρεις προτάσεις κάθε ομάδας, σύμφωνα με την απλή λογική, τελικά αυτό το έκαναν μόνο στο 63% των περιπτώσεων. Στο 24% των περιπτώσεων επέλεξαν δύο προτάσεις ως σωστές, στο 8% επέλεξαν και τις τρεις, ενώ στο 5% χαρακτήρισαν και τις τρεις ως λανθασμένες. Έτσι, αν χαρακτηριστούν ως επιτυχημένες μόνο οι επιλογές των μαθητών που έδωσαν ορθές απαντήσεις και στις τρεις προτάσεις κάθε ομάδας, τότε τα ποσοστά κατανόησης ανά ομάδα είναι: Ομάδα Α: 80% (το ΚΑΙ πότε είναι Αληθής;), Ομάδα Β: 17% (το Ή πότε είναι Αληθής;), Ομάδα Γ: 26% (το ΚΑΙ πότε είναι Ψευδής;), Ομάδα Δ: 31% (το Ή πότε είναι Ψευδής;). Το 20% των μαθητών δεν κατάφερε να απαντήσει σωστά σε καμία ομάδα, το 37% των μαθητών απάντησε σωστά σε μία μόνο ομάδα, το 23% απάντησε σωστά σε δύο ομάδες, το 9% σε τρεις ομάδες, και το 11% των μαθητών απάντησε σωστά σε όλες τις ομάδες.

3.2 Κατανόηση λογικών εκφράσεων

Η δεύτερη δραστηριότητα αφορούσε στη δημιουργία λογικών εκφράσεων: «Παρακάτω, στη Στήλη-1 περιγράφονται μερικοί έλεγχοι που θα πρέπει να αναπαρασταθούν σε ψευδογλώσσα. α) Γράψτε στη Στήλη-2 τις λογικές εκφράσεις (συνθήκες) που αντιστοιχούν σε αυτούς τους ελέγχους. β) Επίσης, γράψτε στη Στήλη-3 τις αντίθετες λογικές εκφράσεις. Δηλαδή όταν η έκφραση της Στήλης-2 είναι Αληθής, τότε η αντίστοιχη έκφραση της Στήλης-3 θα πρέπει να είναι Ψευδής, ενώ όταν η πρώτη είναι Ψευδής τότε η δεύτερη να είναι Αληθής (π.χ., αν πρέπει να ελεγχθεί ότι “Η τιμή του Χ είναι ίση με 5”, τότε η έκφραση για τη Στήλη-2 είναι: $X=5$ και για τη Στήλη-3 είναι: $X\neq5$)». Οι έλεγχοι αυτοί και τα ποσοστά ορθής διατύπωσής τους σε ψευδογλώσσα από τους μαθητές καταγράφονται στον Πίνακα 2 (η Στήλη-3 αφορά στους αντίθετους ελέγχους).

Πίνακας 2: *Ποσοστά ορθής διατύπωσης λογικών εκφράσεων*

α/α	Περιγραφή ελέγχου που πρέπει να γίνει (Στήλη-1)	Ποσοστό % (Στήλη-2)	Ποσοστό % (Στήλη-3)
1	Η τιμή του Α είναι μεγαλύτερη του 10	89	57
2	Η τιμή του Β είναι οποιαδήποτε από το 1 έως και το 20	46	17
3	Η τιμή του Φ είναι κάποια από τις: «Α», «Κ»	26	17
4	Η τιμή του Υ είναι οποιαδήποτε από τις: 3, 5 και 10	43	23

Ο πρώτος έλεγχος ήταν αρκετά απλός. Έτσι, το 89% έδωσε τη σωστή έκφραση $A>10$, αλλά το 6% έδωσε την έκφραση $A\geq 10$. Για τον αντίθετο έλεγχο στη Στήλη-3, το 57% έδωσε τη σωστή έκφραση $A\leq 10$, αλλά το 23% την έκφραση $A<10$.

Τον δεύτερο έλεγχο διατύπωσε σωστά το 46% των μαθητών με την έκφραση *Β≥1 ΚΑΙ Β≤20*. Σωστή στο πλαίσιο της ψευδογλώσσας θα μπορούσε να θεωρηθεί και η έκφραση $1\leq B\leq 20$ που έδωσε το 14%. Το 9% έδωσε την έκφραση *Β>1 ΚΑΙ Β<20*, ενώ άλλες λύσεις είχαν ακόμα μικρότερα ποσοστά. Τον αντίθετο έλεγχο τον διατύπωσε σωστά μόλις το 17% των μαθητών με την έκφραση *Β<1 Ή Β>20*. Το 31% χρησιμοποίησε τον τελεστή ΚΑΙ, το 29% χρησιμοποίησε τους τελεστές ≤ και ≥ στη θέση των < και > αντίστοιχα, ενώ αξίζουν να αναφερθούν και οι διατυπώσεις $1\geq B\geq 20$ και $1>B>20$.

Τον τρίτο έλεγχο διατύπωσε σωστά το 26% των μαθητών με την έκφραση *Φ="Α" Ή Φ="Κ"*. Το 23% έδωσε την έκφραση *Φ=Α Ή Φ=Κ*, ενώ αξίζει να αναφερθεί και η χρήση της διατύπωσης *Φ=Α, Φ=Κ*. Τον αντίθετο έλεγχο τον διατύπωσε σωστά μόλις το 17% των μαθητών με την έκφραση *Φ≠"Α" ΚΑΙ Φ≠"Κ"*. Το 14% έδωσε την έκφραση *Φ≠Α ΚΑΙ Φ≠Κ*, το 14% χρησιμοποίησε τον τελεστή Ή, ενώ αξίζει να αναφερθεί και η χρήση των διατυπώσεων *Φ=Α ΚΑΙ Φ=Κ* και *Φ≠Α, Φ≠Κ*.

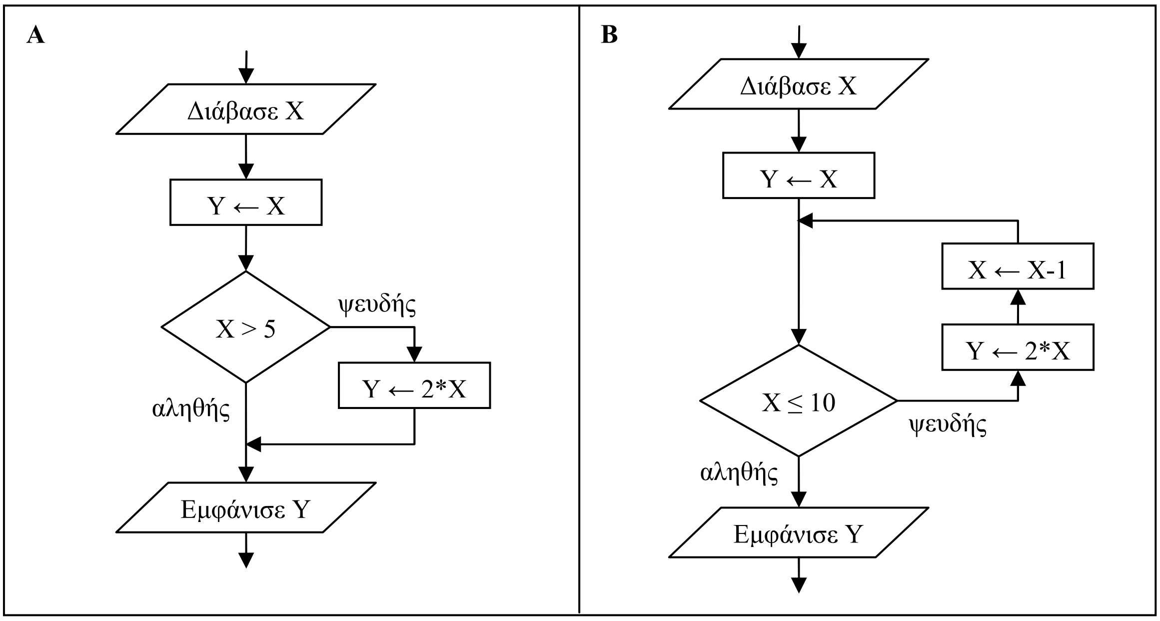
Τον τελευταίο έλεγχο διατύπωσε σωστά το 43% των μαθητών με την έκφραση *Υ=3 Ή Υ=5 Ή Υ=10*, ενώ αξιοσημείωτες διατυπώσεις είναι οι: *Υ=3, Υ=5, Υ=10* και *Υ=3 Ή Υ=(5 ΚΑΙ 10)*. Τον αντίθετο έλεγχο τον διατύπωσε σωστά το 23% με την έκφραση *Υ≠3 ΚΑΙ Υ≠5 ΚΑΙ Υ≠10*. Το 20% χρησιμοποίησε τον τελεστή Ή, ενώ αξίζει να αναφερθεί και η χρήση της διατύπωσης *Υ≠3, Υ≠5, Υ≠10*.

Θα πρέπει, επίσης, να σχολιαστεί η λύση μαθητή με τις εκφράσεις *Υ=3,5 Ή Υ=10 και Υ≠3,5 ΚΑΙ Υ≠10* αντίστοιχα. Ο μαθητής δηλαδή εξέλαβε το «3, 5» ως τον δεκαδικό αριθμό 3,5 και όχι ως δύο αριθμούς 3 και 5. Τέτοιου είδους σύγχυση, ανάμεσα στο κόμμα και την υποδιαστολή, είναι εύκολο να προκύψει γενικότερα στην ψευδογλώσσα, όπως για παράδειγμα με το αποτέλεσμα της εντολής *Εμφάνισε 3,5*. Παρόμοιες περιπτώσεις έχουν αναφερθεί ακόμα και κατά τις πανελλήνιες εξετάσεις, όπως στο Θέμα 1(Δ) του μαθήματος της ΑΕΠΠ του Ημερήσιου Γενικού Λυκείου το 2009, αλλά και στο Θέμα 2 του μαθήματος «Δομημένος Προγραμματισμός» του Επαγγελματικού Λυκείου το 2009.

3.3 Χρήση συνθηκών ελέγχου σε διαγράμματα ροής

Η τρίτη δραστηριότητα ήταν η εξής: «Γράψτε σε ψευδογλώσσα τα παρακάτω τμήματα αλγορίθμου που δίνονται σε μορφή διαγράμματος ροής» (Σχήμα 1). Και το πρώτο διάγραμμα, που αφορούσε στην εντολή *Αν...τότε*, και το δεύτερο, που αφορούσε στην εντολή *Όσο...επανάλαβε*, ήταν μικρά σε έκταση, όμως ήταν ασυνήθιστα σε ό,τι είχε να κάνει με τις συνθήκες ελέγχου, που ήταν οι αντίθετες από αυτές που θα περίμενε κάποιος, ή από αυτές που θα «βόλευε». Επιπλέον, από άποψη τοπολογίας το δεύτερο διάγραμμα είχε τον έλεγχο τοποθετημένο χαμηλότερα από τις εντολές που περιείχε ο βρόχος.

Για το πρώτο διάγραμμα, στο Σχήμα 2 φαίνονται οι επικρατέστερες λύσεις. Έτσι, μόλις το 20% των μαθητών έδωσε τη σωστή λύση Α-1, το 6% τη σωστή, αλλά όχι και τόσο κομψή, λύση Α-2, ενώ το 3% έδωσε σωστή λύση παρόμοια με την Α-2 έχοντας όμως ανάποδα τις περιπτώσεις «τότε» και «αλλιώς» και χρησιμοποιώντας τη σωστή συνθήκη $X\leq 5$. Ως προς τις λανθασμένες λύσεις, το 31% των μαθητών έδωσε τη λύση Α-3, με τους μισούς από αυτούς να έχουν προσθέσει και την εντολή *Εμφάνισε Υ* στο τέλος της λύσης, το 9% έδωσε τη λύση Α-4, ενώ το 6% έδωσε τη λύση Α-5. Από όλα αυτά προκύπτει ότι το 29% απάντησε σωστά, ενώ από το σύνολο των λύσεων, σωστών και λανθασμένων, το 26% έκανε χρήση της εντολής *Αν...τότε*, όπως θα ήταν και το πιο λογικό, και το 49% έκανε χρήση της εντολής *Αν...τότε...αλλιώς*. Συνολικά το 32% αντέστρεψε τη συνθήκη.



Σχήμα 1: *Διαγράμματα ροής για τη μετατροπή τους σε ψευδογλώσσα*

Για το δεύτερο διάγραμμα, στο Σχήμα 3 φαίνονται οι επικρατέστερες λύσεις. Έτσι, μόλις το 3% των μαθητών έδωσε τη σωστή λύση B-1, ενώ το 11% πλησίασε αρκετά αλλά τοποθέτησε ανάποδα τις εντολές του βρόχου δίνοντας τη λύση B-2. Γενικά, από τις λανθασμένες λύσεις, η πιο συνηθισμένη περίπτωση ήταν η χρήση της εντολής *Αρχή_επανάληψης...Μέχρις_ότου*, αφού το 29% των μαθητών έδωσε τη λύση B-3, εκ των οποίων οι μισοί τοποθέτησαν ανάποδα τις εντολές του βρόχου. Το 14% έκανε χρήση της εντολής *Αν...τότε...αλλιώς* δίνοντας τη λύση B-4 σε διάφορες παραλλαγές, ενώ το 11% έκανε χρήση της εντολής *Όσο...επανάλαβε* με τις λανθασμένες συνθήκες *X≤10* και *X≥10*.

!Λύση A-1*	**!Λύση A-2***	**!Λύση A-3**	**!Λύση A-4**	**!Λύση A-5**

Διάβασε X
Y ← X
Αν X≤5 τότε
  Y ← 2*X
Τέλος_αν
Εμφάνισε Y
	Διάβασε X
	Y ← X
	Αν X>5 τότε
	  Εμφάνισε Y
	αλλιώς
	  Y ← 2*X
	  Εμφάνισε Y
	Τέλος_αν
		Διάβασε X
		Y ← X
		Αν X>5 τότε
		  Εμφάνισε Y
		αλλιώς
		  Y ← 2*X
		Τέλος_αν
		[Εμφάνισε Y]
			Διάβασε X
			Y ← X
			Αν X≤5 τότε
			  Y ←2*X
			αλλιώς
			  Εμφάνισε Y
			Τέλος_αν
				Διάβασε X
				Y ← X
				Αν X>5 τότε
				  Y ←2*X
				Τέλος_αν
				Εμφάνισε Y

Σχήμα 2: *Οι επικρατέστερες λύσεις μετατροπής σε ψευδογλώσσα για το διάγραμμα ροής A*

!Λύση B-1*	**!Λύση B-2**	**!Λύση B-3**	**!Λύση B-4**

Διάβασε X
Y ← X
Όσο X>10 επανάλαβε
  Y ← 2*X
  X ← X-1
Τέλος_επανάληψης
	Διάβασε X
	Y ← X
	Όσο X>10 επανάλαβε
	  X ← X-1
	  Y ← 2*X
	Τέλος_επανάληψης
		Διάβασε X
		Y ← X
		Αρχή_επανάληψης
		  Y ← 2*X [X ← X-1]
		  X ← X-1 [Y ← 2*X]
		Μέχρις_ότου X≤10
		Εμφάνισε Y
			Διάβασε X
			Y ← X
			Αν X≤10 τότε
			  Εμφάνισε Y
			αλλιώς
			  Y ← 2*X [X ← X-1]
			  X ← X-1 [Y ← 2*X]
			  [Εμφάνισε Y]
			Τέλος_αν

Σχήμα 3: *Οι επικρατέστερες λύσεις μετατροπής σε ψευδογλώσσα για το διάγραμμα ροής B*

Ανεξάρτητα από το είδος των λύσεων, οι μισοί από τους μαθητές τοποθέτησαν ανάποδα τις εντολές του βρόχου, δηλαδή δεν έλαβαν υπόψη τους τη φορά των βελών του διαγράμματος ροής. Επίσης, ήταν περισσότεροι αυτοί που έκαναν χρήση της εντολής *Αρχή_επανάληψης...Μέχρις_ότου* από την

Όσο...επανάλαβε. Και μόλις το 14% αντέστρεψε τη συνθήκη ώστε να καταλήξει σε σωστή ή σχεδόν σωστή λύση.

3.4 Χρήση λογικών μεταβλητών

Στις κατ' ιδίαν συνεδρίες που απέβλεπαν στην εξέταση του βαθμού εξοικείωσης με τις λογικές μεταβλητές, δόθηκε στους μαθητές η δραστηριότητα: «Να γράψετε αλγόριθμο ο οποίος να διαβάζει 100 αριθμούς και στο τέλος να εμφανίζει ανάλογα το κατάλληλο μήνυμα: "Είναι όλοι άρτιοι" ή "Δεν είναι όλοι άρτιοι"», και επισημάνθηκε ότι θα πρέπει να διαβαστούν όλοι οι αριθμοί, ώστε να μην περιπλέξουν τη σκέψη τους και με το ζήτημα της επιλογής της κατάλληλης δομής επανάληψης.

!Λύση Λ-1*	**!Λύση Λ-2***	**!Λύση Λ-3**

πλ ← 0
Για i από 1 μέχρι 100
  Διάβασε α
  Αν α mod 2 = 0 τότε
    πλ ← πλ+1
  Τέλος_αν
Τέλος_επανάληψης
Αν πλ=100 τότε…
	ΕίναιΌλοιΆρτιοι ← Αληθής
	Για i από 1 μέχρι 100
	  Διάβασε α
	  Αν α mod 2 ≠ 0 τότε
	    ΕίναιΌλοιΆρτιοι ← Ψευδής
	  Τέλος_αν
	Τέλος_επανάληψης
	Αν ΕίναιΌλοιΆρτιοι [=Αληθής] τότε…
		Για i από 1 μέχρι 100
		  Διάβασε α
		  Αν α mod 2 = 0 τότε
		    Εμφάνισε "Είναι όλοι άρτιοι"
		  αλλιώς
		    Εμφάνισε "Δεν είναι όλοι άρτιοι"
		  Τέλος_αν
		Τέλος_επανάληψης

Σχήμα 4: *Έλεγχος δεδομένων εισόδου για ύπαρξη κοινής ιδιότητας*

Αρχικά, οι 2 στους 7 μαθητές πρότειναν τη λύση Λ-1 που φαίνεται στο Σχήμα 4, η οποία βασίζεται στην καταμέτρηση των άρτιων αριθμών, ενώ οι υπόλοιποι μαθητές πρότειναν τη λανθασμένη λύση Λ-3. Μετά από την επισήμανση του ερευνητή ότι με αυτόν τον τρόπο αντί για ένα μόνο μήνυμα θα εμφανιστούν 100 μηνύματα και πιθανώς αντικρουόμενα, οι 4 μαθητές σχετικά εύκολα κατέληξαν κι αυτοί στη λύση Λ-1, ενώ ο τελευταίος μαθητής δυσκολεύτηκε αρκετά.

Στη συνέχεια, με καθέναν από τους 6 μαθητές που μπόρεσαν να προτείνουν τη λύση Λ-1, πραγματοποιήθηκε ένα παιχνίδι όπου ο ερευνητής εκφωνούσε συνεχώς αριθμούς με σκοπό στο τέλος ο μαθητής να αποφανθεί αν "Ήταν όλοι άρτιοι" ή όχι. Την πρώτη φορά όλοι οι αριθμοί ήταν άρτιοι και πράγματι όλοι οι μαθητές απαντούσαν στο τέλος σχετικά, ενώ τη δεύτερη φορά υπήρχε τουλάχιστον ένας περιττός και πάντα ακολουθούσε μεταξύ ερευνητή και μαθητή περίπου η εξής στοιχομυθία: (ε): «Τελικά τι είδες; Ήταν όλοι άρτιοι;». (μ): «Δεν ήταν όλοι άρτιοι!». (ε): «Πώς το κατάλαβες; Μετρούσες όλους τους άρτιους; Πόσοι ήταν;». (μ): «Όχι, δεν τους μετρούσα!». (ε): «Τι έκανες;»... Με τη συζήτηση που ακολουθούσε οι μαθητές εύκολα συνειδητοποιούσαν ότι ακόμα και μέσα στον αλγόριθμο δεν ήταν αναγκαίο να μετρούν τους αριθμούς. Αρκεί αρχικά να υποθέτουν ότι όλοι οι αριθμοί θα είναι άρτιοι και στη συνέχεια να ελέγχουν καθέναν από αυτούς μήπως κάποιος είναι περιττός, γεγονός που θα κατέρριπτε οριστικά την αρχική υπόθεση. Έτσι, κατέληγαν σε αλγόριθμο που ήταν πιο κοντά στη μέθοδο που εφάρμοζαν και οι ίδιοι κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, δηλαδή στην εκδοχή Λ-2 του Σχήματος 4 που κάνει χρήση λογικής μεταβλητής.

4. Ανάλυση αποτελεσμάτων & συζήτηση

Από την πρώτη δραστηριότητα του ερωτηματολογίου προκύπτει ότι οι μαθητές παρουσίασαν υψηλό ποσοστό κατανόησης μόνο για την περίπτωση όπου ο τελεστής ΚΑΙ έχει σαν αποτέλεσμα την τιμή Αληθής. Αντίθετα, για το πότε ο τελεστής Ή δίνει σαν αποτέλεσμα την τιμή Αληθής, αλλά και για τις περιπτώσεις όπου και οι δύο τελεστές έχουν σαν αποτέλεσμα την τιμή Ψευδής, οι μαθητές παρουσίασαν χαμηλά ποσοστά κατανόησης. Φαίνεται πως οι μαθητές δυσκολεύονται να καταλάβουν τη λογική που διαφοροποιεί τις εκφράσεις «μόνο όταν και οι δύο», «όταν μία τουλάχιστον» και «όταν μία μόνο», ενώ σε κάποιες περιπτώσεις συσχετίζουν τον τελεστή ΚΑΙ αποκλειστικά με την έκφραση «μόνο όταν και οι δύο» και τον τελεστή Ή με την έκφραση «όταν μία τουλάχιστον», χωρίς να λαμβάνουν υπόψη αν γίνεται λόγος για τις τιμές Αληθής και Ψευδής.

Από τη δεύτερη δραστηριότητα, πέρα από την αδυναμία στη χρήση των συγκριτικών τελεστών, φαίνεται ότι για τον τρόπο χρήσης των λογικών τελεστών αρκετοί μαθητές επηρεάζονται από την ακριβή διατύπωση του προβλήματος και όχι από τη λογική που απορρέει από αυτήν. Έτσι, για παράδειγμα, παίζει ρόλο αν στη διατύπωση αναφέρεται: «να γίνεται έλεγχος του φύλου το οποίο μπορεί να είναι “Α” για τα αγόρια ή “Κ” για τα κορίτσια» ή «να γίνεται έλεγχος του φύλου ώστε να γίνονται δεκτές οι τιμές “Α” για τα αγόρια και “Κ” για τα κορίτσια». Δηλαδή εμφανίζεται το γεγονός της προσκόλλησης των μαθητών σε διατυπώσεις του διδάσκοντα και τη φρασεολογία των ασκήσεων για την προσέγγιση της σωστής λύσης ή απάντησης, χωρίς να είναι σε θέση να διαχωρίσουν το ουσιώδες από το επουσιώδες (Μηναΐδη & Χλαπάνης, 2008). Επιπλέον, από τα αποτελέσματα επαληθεύεται ότι οι θετικές λογικές εκφράσεις παρουσιάζουν λιγότερες δυσκολίες από τις αρνητικές (Rogalski & Samurcay, 1990).

Επομένως, θα πρέπει να τονίζεται περισσότερο στους μαθητές ότι η επιλογή του κατάλληλου τελεστή, ανάμεσα στους ΚΑΙ και Ή, δεν θα πρέπει να γίνεται ψάχνοντας για την ίδια ή συνώνυμη λέξη μέσα στη διατύπωση του προβλήματος, αλλά να βασίζεται στη δικιά τους ανθρώπινη λογική έχοντας, βέβαια, πρώτα κατανοήσει και αναλύσει το ίδιο το πρόβλημα. Αλλά και το σχολικό βιβλίο θα πρέπει μέσω κατάλληλα διατυπωμένων προτάσεων, παραδειγμάτων και σχετικών φύλλων εργασίας να δίνει έμφαση στην αντιμετώπιση τέτοιων παρανοήσεων και να μην παραμένει στην απλή παράθεση των πινάκων αληθείας των τελεστών αυτών (Epp, 2003).

Παράλληλα με τα προηγούμενα, θα πρέπει να προβάλλεται και η ιδιαίτερη αξία του λογικού τελεστή ΌΧΙ. Έτσι, για τους ελέγχους της συγκεκριμένης δραστηριότητας, όλες οι εκφράσεις της Στήλης-3 μπορούν να δημιουργηθούν εύκολα προσθέτοντας πριν από τις αντίστοιχες εκφράσεις της Στήλης-2 τον τελεστή ΌΧΙ. Δηλαδή χρησιμοποιώντας την έκφραση *ΌΧΙ Α>10* στη θέση τής *Α≤10*, την *ΌΧΙ (Β≥1 ΚΑΙ Β≤20)* στη θέση τής *Β<1 Ή Β>20*, την *ΌΧΙ (Φ=“Α” Ή Φ=“Κ”)* στη θέση τής *Φ≠“Α” ΚΑΙ Φ≠“Κ”*, και την *ΌΧΙ (Υ=3 Ή Υ=5 Ή Υ=10)* στη θέση τής *Υ≠3 ΚΑΙ Υ≠5 ΚΑΙ Υ≠10*. Το κέρδος θα είναι διπλό, αφού οι μαθητές θα μπορούν πολύ εύκολα να αντιστρέψουν τη λογική μιας πολύπλοκης λογικής έκφρασης, αλλά και θα έχουν έρθει σε μία πρώτη επαφή με το θεώρημα De Morgan και την «αρχή του δυϊσμού» (“duality principle”) της άλγεβρας Boole (Morris Mano, 1991).

Ομοίως, ο διδάσκων μπορεί να χρησιμοποιήσει τη 2η περίπτωση αυτής της δραστηριότητας για να δείξει ότι η λανθασμένη επιλογή των λογικών τελεστών μπορεί έχει ενδιαφέρουσες συνέπειες. Έτσι, με τη λογική έκφραση *Β≥1 Ή Β≤20* θα γίνονται δεκτοί όλοι οι αριθμοί, αφού η συνθήκη θα είναι πάντα Αληθής, ενώ αντίθετα, με τη λογική έκφραση *Β<1 ΚΑΙ Β>20* δεν θα γίνεται δεκτός κανένας αριθμός, αφού η συνθήκη θα είναι πάντα Ψευδής.

Τέλος, να σημειωθεί ότι στο διδακτικό πακέτο της ΑΕΠΠ δεν ορίζεται η προτεραιότητα των τελεστών ΚΑΙ και Ή, δηλαδή η σειρά αποτίμησής τους μέσα σε σύνθετες λογικές εκφράσεις. Αυτό έχει προκαλέσει διαφοροποιήσεις στον τρόπο παρουσίασης του σημείου αυτού στους μαθητές από τους διδάσκοντες, χωρίζοντάς τους σε δύο «στρατόπεδα». Στο πρώτο οι διδάσκοντες έχουν υιοθετήσει τη σειρά προτεραιότητας που ισχύει στις γνωστές γλώσσες προγραμματισμού, δηλαδή με τον τελεστή ΚΑΙ να έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα από τον Ή, ενώ οι υπόλοιποι θεωρούν ότι αυτοί οι δύο τελεστές έχουν την ίδια προτεραιότητα και σε σύνθετες εκφράσεις αποτιμούνται από αριστερά προς τα δεξιά. Η συγκεκριμένη ασάφεια του σχολικού βιβλίου προβληματίζει τους διδάσκοντες αφού μπορεί να επηρεάσει τη βαθμολόγηση σε επίπεδο εξετάσεων.

Η τρίτη δραστηριότητα διερευνούσε το βαθμό κατανόησης των μαθητών για το ρόλο που παίζουν οι λογικές εκφράσεις ως συνθήκες ελέγχου της ροής εκτέλεσης των εντολών μέσα σε διαγράμματα ροής, ζητώντας από τους μαθητές να μετατρέψουν δύο διαγράμματα σε ψευδογλώσσα. Όπως και στην προηγούμενη δραστηριότητα, και σε αυτήν δινόταν έμφαση στη διαχείριση των αντίθετων συνθηκών ελέγχου. Έτσι, λοιπόν, επαληθεύτηκε ξανά η δυσκολία των μαθητών στην αντιμετώπιση των αντίθετων συνθηκών, αφού μόνο το 32% των μαθητών αντέστρεψε τη συνθήκη του πρώτου διαγράμματος ροής, που αφορούσε σε δομή απλής επιλογής, ενώ μόλις το 14% αντέστρεψε τη συνθήκη του δεύτερου διαγράμματος που αφορούσε σε δομή επανάληψης.

Επιπλέον, η δραστηριότητα αυτή ανέδειξε τη σύγχυση που υπάρχει στους μαθητές για τον τρόπο λειτουργίας των επαναληπτικών δομών *Όσο...επανάλαβε* και *Αρχή_επανάληψης...Μέχρις_ότου* που περιλαμβάνει η ψευδογλώσσα του σχολικού βιβλίου, αλλά και για το πώς επιλέγουν την κατάλληλη δομή ανάλογα με την περίπτωση. Οι μαθητές μαθαίνουν ότι τα χαρακτηριστικά αυτών των εντολών είναι: α) Ο έλεγχος για τη συνέχιση των επαναλήψεων γίνεται στην αρχή του βρόχου για την

Όσο...επανάλαβε και στο τέλος για την *Αρχή_επανάληψης...Μέχρις_ότου*, β) για τον ίδιο λόγο οι εντολές του βρόχου μπορεί να μην εκτελεστούν καμία φορά στην *Όσο...επανάλαβε* ενώ θα εκτελεστούν τουλάχιστον μία φορά στην *Αρχή_επανάληψης...Μέχρις_ότου*, και γ) οι επαναλήψεις συνεχίζονται όσο η συνθήκη ελέγχου είναι Αληθής στην *Όσο...επανάλαβε* και Ψευδής στην *Αρχή_επανάληψης...Μέχρις_ότου*. Όμως, παρόλο που όλες οι προηγούμενες δραστηριότητες του φύλλου εργασίας έδιναν έμφαση και στην αντίστροφη θεώρηση των εξεταζόμενων εννοιών, επομένως οι μαθητές μπορεί να ήταν ήδη υποψιασμένοι, όμως τελικά οι περισσότεροι επέλεξαν την *Αρχή_επανάληψης...Μέχρις_ότου* από την ενδεικνυόμενη για την περίπτωση *Όσο...επανάλαβε*.

Η προτίμηση των μαθητών στην δομή *Αρχή_επανάληψης...Μέχρις_ότου* έχει καταγραφεί σε πολλές μελέτες (Rogalski & Samurcay, 1990; Κόμης, 2001, σελ. 140). Όμως, στη συγκεκριμένη δραστηριότητα, αυτή η συμπεριφορά των μαθητών ήταν αναμενόμενη, αφού σε ασκήσεις μετατροπής διαγραμμάτων ροής σε ψευδογλώσσα, όπου περιλαμβάνεται και κάποιος βρόχος, το κριτήριο που χρησιμοποιείται ευρέως για την επιλογή της κατάλληλης δομής, είναι το αν η συνθήκη ελέγχου οδηγεί στην έξοδο του βρόχου με τιμή Αληθής ή με Ψευδής. Όμως αυτή ακριβώς η συνθήκη είναι που μπορεί να τροποποιηθεί πιο εύκολα μέσα σε ένα διάγραμμα, ακόμα και με χρήση του τελεστή ΟΧΙ. Να σημειωθεί πως σε όλα τα σχετικά θέματα των πανελληνίων εξετάσεων, στα παραδείγματα του σχολικού βιβλίου, αλλά και στα περισσότερα εξωσχολικά βοηθήματα, η συνθήκη εξόδου από το βρόχο γενικά «βολεύει» ώστε η επιλογή της κατάλληλης εντολής να μην προβληματίζει. Όλα αυτά όμως έχουν συμβάλει στη δημιουργία της εσφαλμένης εντύπωσης ότι κάθε διάγραμμα ροής θα πρέπει να αντιστοιχεί ακριβώς στα χαρακτηριστικά των εντολών της ψευδογλώσσας.

Θα πρέπει, λοιπόν, να τονίζεται ότι τα διαγράμματα ροής αποτελούν αυθύπαρκτη μορφή αναπαράστασης αλγορίθμων και τα διάφορα δομικά στοιχεία τους δεν αντιστοιχούν κατ' ανάγκη στο ρεπερτόριο των εντολών που περιλαμβάνει η ψευδογλώσσα του σχολικού βιβλίου. Επομένως, πολλές φορές θα είναι αναγκαίος ο μετασχηματισμός του διαγράμματος σε κάποιο άλλο που να ταιριάζει περισσότερο με τα χαρακτηριστικά αυτών των εντολών.

Επίσης, για την αποφυγή εκείνων των συνθηκών που συμβάλουν στη δημιουργία τέτοιων παρανοήσεων, μπορεί να γίνει εμπλουτισμός της ψευδογλώσσας με δομές μεγαλύτερης ευελιξίας. Για παράδειγμα, έχει προταθεί ένα γενικότερο επαναληπτικό σχήμα, ανάλογα της Do...Loop της Visual Basic, όπου οι εντολές του βρόχου θα εκτελούνται όσο ισχύει ή μέχρις ότου να ισχύσει η συνθήκη ελέγχου, η οποία μπορεί να βρίσκεται είτε στην αρχή είτε στο τέλος του βρόχου (Κοίλιας, 2003).

Σε ό,τι αφορά την απόπειρα διερεύνησης του βαθμού εξοικείωσης των μαθητών με τις λογικές μεταβλητές, φαίνεται ότι κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα, αφού κανένας από τους μαθητές που συμμετείχαν στις συνεδρίες δεν σκέφτηκε από μόνος του να εντάξει αυτές τις μεταβλητές στην αλγοριθμική του προσέγγιση, παρόλο που στη συνέχεια δέχτηκαν σχετικά εύκολα τη χρήση τους. Ομοίως, σε ανάλογο θέμα των Γενικών Εξετάσεων Ενιαίου Λυκείου του σχολικού έτους 2004-2005, μόνο το 14% των μαθητών χρησιμοποίησε λογική μεταβλητή (Κανίδης & Φανίκος, 2005). Ωστόσο, το γεγονός αυτό πιθανώς οφείλεται στον παραγκωνισμό τους από το διδακτικό πακέτο.

Έτσι, προτείνεται να διερευνηθεί πιο συστηματικά η δυνατότητα παιδαγωγικής αξιοποίησης των λογικών μεταβλητών στο πλαίσιο μαθημάτων αλγοριθμικής και εισαγωγής στον προγραμματισμό, αφού η χρήση τους παρουσιάζει μία σειρά από πλεονεκτήματα: α) Βασίζονται σε έννοιες της Λογικής, δηλαδή του κλάδου της επιστημολογίας που ερευνά συστηματικά τη διαδικασία μέσω της οποίας οι άνθρωποι κάνουν σκέψεις και αφηρημένους συλλογισμούς υψηλού επιπέδου. Επομένως μπορούν να αξιοποιηθούν οι τελεστές/πράξεις, τα θεωρήματα, και γενικότερα τα εργαλεία που παρέχονται (Bako, 2002). β) Μπορούν να λάβουν ακριβώς δύο τιμές: Αληθής ή Ψευδής. Έτσι δεν χρειάζεται να καταφεύγει κάποιος στη χρήση μεταβλητών των άλλων τύπων, επιλέγοντας αυθαίτερα αριθμητικές (π.χ. 1 ή 0, 1 ή -1, κ.λπ.) ή αλφαριθμητικές τιμές ("Ναι" ή "Όχι", "Ισχύει" ή "Δεν ισχύει", κ.λπ.) για τον ίδιο σκοπό. γ) Μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας ως συνθήκες ελέγχου, ή και μέσα σε λογικές εκφράσεις, χωρίς την παρουσία συγκριτικών τελεστών. Έτσι, στην εκδοχή Λ-2 του Σχήματος 4 θα μπορούσε να γίνει χρήση της διατύπωσης: *Αν ΕίναιΌλοιΆρτιοι τότε…*

Βέβαια, ειδικά για το τελευταίο, πιθανώς να υπάρχουν αμφιβολίες από τους διδάσκοντες για το αν θα ήταν επιτρεπτό κάτι τέτοιο στο μάθημα της ΑΕΠΠ, αφού στο μοναδικό παράδειγμα του σχολικού βιβλίου, αυτό της σειριακής αναζήτησης, δεν γίνεται χρήση αυτού του τρόπου σύνταξης. Όμως, βλέποντας κάποιος τη σύνταξη *Όσο βρέθηκε=Ψευδής ΚΑΙ i≤n επανάλαβε* μπορεί να κατέληγε στο εσφαλμένο συμπέρασμα ότι μία λογική μεταβλητή δεν προσφέρει τίποτα περισσότερο από μία αριθμητική ή αλφαριθμητική μεταβλητή. Αντίθετα, η σύνταξη *Όσο όχι βρέθηκε και i≤n επανάλαβε* ταιριάζει απόλυτα στη φυσική γλώσσα: «Όσο ακόμα δεν βρέθηκε η τιμή και δεν εξαντλήθηκαν τα στοιχεία του πίνακα, ο έλεγχος συνεχίζεται». Ακόμα και σε γλώσσες που δεν υπάρχει ειδικός τύπος για τη δήλωση των λογικών μεταβλητών, όπως στη C, ωστόσο είναι επιτρεπτή και πολύ δημοφιλής η σύνταξη της μορφής: *if (found)*, όπου found μία μεταβλητή ακέραιου τύπου. Το πλεονέκτημα από τη συγκεκριμένη χρήση των λογικών μεταβλητών μπορεί να αναδειχθεί ακόμα περισσότερο όταν στην ίδια λογική έκφραση πρέπει να χρησιμοποιηθούν δύο ή και περισσότερες τέτοιες μεταβλητές. Έτσι, η λογική έκφραση *Νέος ΚΑΙ Ωραίος* είναι πιο εύγλωττη και κομψή από την έκφραση *Νέος=Αληθής ΚΑΙ Ωραίος=Αληθής*. Ομοίως, αν στο διδακτικό πακέτο υποστηριζόταν και ο λογικός τελεστής της αποκλειστικής διάζευξης (exclusive disjunction / xor), τότε η κωδικοποίηση σε ψευδογλώσσα της λαϊκής ρήσης «Ή παπάς παπάς ή ζευγάς ζευγάς» θα μπορούσε να χρησιμοποιεί τη λογική έκφραση: *Παπάς ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΑ_Ή Ζευγάς*, που είναι ευκρινέστερη από την: *(Παπάς=Αληθής ΚΑΙ Ζευγάς=Ψευδής) Ή (Παπάς=Ψευδής ΚΑΙ Ζευγάς=Αληθής)*.

Τέλος, σχετικά με τον τρόπο διδασκαλίας του μαθήματος, τόσο στους μαθητές που συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο όσο σε αυτούς που συμμετείχαν στις συνεδρίες, να σημειωθεί ότι αυτό γινόταν σχεδόν αποκλειστικά στην αίθουσα χωρίς αξιοποίηση του εργαστηρίου πληροφορικής. Μόλις ο ένας από τους διδάσκοντες έκανε περιστασιακή χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού για την κωδικοποίηση αλγορίθμων, εστιάζοντας κυρίως στη χρήση του προγραμματιστικού περιβάλλοντος, στη δήλωση των μεταβλητών, στην εκτέλεση έτοιμων προγραμμάτων και στην αλληλεπίδρασή τους με το χρήστη. Η διαπίστωση αυτή συμβαδίζει με τα αποτελέσματα έρευνας σε διδάσκοντες του μαθήματος της ΑΕΠΠ (Δουκάκης κ.α., 2010), σύμφωνα με τα οποία από τους 385 ερωτηθέντες το 43% δεν αξιοποιεί καθόλου το εργαστήριο, παρόλο που το 77% από αυτούς παραδέχονται ότι έχει παιδαγωγική αξία η χρήση τεχνολογικών εργαλείων, και το 70% θεωρούν ότι τα λογισμικά που γνωρίζει μπορούν να εμπλουτίσουν τη διδασκαλία του μαθήματος. Η βασική αιτία που επικαλείται το 93% από αυτούς, είναι ότι δεν αρκούν οι ώρες διδασκαλίας του μαθήματος ώστε να χρησιμοποιούν το εργαστήριο.

5. Επίλογος

Μέσα από τα αποτελέσματα της έρευνας φαίνεται να επαληθεύεται ο αρχικός ισχυρισμός, ότι οι μαθητές εμφανίζουν σημαντικές δυσκολίες, τόσο σε επίπεδο κατανόησης όσο και σε επίπεδο εφαρμογής των τελεστών, εκφράσεων και μεταβλητών λογικού τύπου κατά την αλγοριθμική επίλυση προβλημάτων. Ωστόσο, η αντιμετώπιση αυτών των δυσκολιών αποτελεί βασικό παράγοντα για την ανάπτυξη της αλγοριθμικής σκέψης των μαθητών.

Προς αυτή την κατεύθυνση μπορεί να συμβάλει η χρήση από τους διδάσκοντες κατάλληλα διαμορφωμένων και στοχευμένων φύλλων εργασίας και δραστηριοτήτων, όπως αυτές που περιγράφηκαν σε αυτή την εργασία, με αντίστοιχη αξιοποίηση των διαθέσιμων εκπαιδευτικών λογισμικών στο εργαστήριο πληροφορικής. Πολλές σχετικές ιδέες και προτάσεις διδασκαλίας μπορούν επίσης να αντληθούν μέσα από τη βιβλιογραφία (Βραχνός, 2005; Γρηγοριάδου, Γόγουλου & Γουλή, 2002; Γεωργαντάκη & Ρετάλης, 2004; Μηναΐδη & Χλαπάνης, 2008; Ξυνόγαλος, 2005; Τσιωτάκης & Δουκάκης, 2005).

Βιβλιογραφία

Bako, M. (2002). Why we need to teach logic and how can we teach it? *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*. Retrieved December 27, 2009, from http://www.cimt.plymouth.ac.uk/journal/

Bloom, B. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals: Handbook I, cognitive domain*. New York.

Epp, S.S. (2003). The role of logic in teaching proof. *American Mathematical Monthly,* 100(10), 886-899.

Morris Mano, M. (1991). Boolean Algebra & Logic Gates. In *Digital Design (2nd edition)* (pp. 36-71). New York: Prentice-Hall.

Rogalski, J. & Samurcay, R. (1990). Acquisition of programming knowledge and skills. In J.M. Hoc, T.R.G. Green, R. Samurcay, & D.J. Gillmore (Eds.), *Psychology of Programming* (pp. 157–174). London: Academic Press.

Βακάλη, Α., Γιαννόπουλος, Η., Ιωαννίδης, Χ., Κοίλιας, Χ., Μάλαμας, Κ., Μανωλόπουλος, Ι. & Πολίτης, Π. (1999). *Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον*. Αθήνα: ΥΠΕΠΘ – ΠΙ.

Βραχνός, Ε. (2005). Μια Διδακτική Προσέγγιση των Εντολών Άλματος. *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική της Πληροφορικής»*, Κόρινθος, 7-9 Οκτωβρίου 2005, σελ. 475-481.

Γεωργαντάκη, Σ. & Ρετάλης, Σ. (2004). Μια διδακτική προσέγγιση σε έννοιες του προγραμματισμού μέσω των Προτύπων Σχεδίασης (“design patterns”). *Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση»*, Αθήνα, 29 Σεπτεμβρίου - 3 Οκτωβρίου 2004, σελ. 541-543.

Γρηγοριάδου, Μ., Γόγουλου, Α. & Γουλή, Ε. (2002). Εναλλακτικές Διδακτικές Προσεγγίσεις σε Εισαγωγικά Μαθήματα Προγραμματισμού: Προτάσεις Διδασκαλίας. *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση»*, Ρόδος, 26-29 Σεπτεμβρίου 2002, σελ. 239-248.

Γρηγοριάδου, Μ., Γόγουλου, Α. & Γουλή, Ε. (2004). Μαθησιακές Δυσκολίες στις Επαναληπτικές Δομές. *Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση»*, Αθήνα, 29 Σεπτεμβρίου - 3 Οκτωβρίου 2004, σελ. 535-537.

Δουκάκης, Σ., Κοίλιας, Χ., Αδαμόπουλος, Ν., Στέργου, Σ., Τσιωτάκης, Π. & Ψαλτίδου, Α. (2010). Το μάθημα Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον: Εμπειρική έρευνα σε εκπαιδευτικούς. *Ημερίδα «Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον: Παρελθόν, Παρόν, Μέλλον»,* ΕΠΥ, Αθήνα, 29 Ιανουαρίου 2010.

Εφόπουλος, Β., Ευαγγελίδης, Γ., Δαγδιλέλης, Β. & Κλεφτοδήμος, Α. (2005). Οι Δυσκολίες των Αρχάριων Προγραμματιστών. *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική της Πληροφορικής»*, Κόρινθος, 7-9 Οκτωβρίου 2005, σελ. 51-60.

Κανίδης, Ε. & Φανίκος, Α. (2005). Αξιολόγηση των Θεμάτων του Μαθήματος «Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον» στις Γενικές Εξετάσεις Ενιαίων Λυκείων 2004-2005. *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική της Πληροφορικής»*, Κόρινθος, 7-9 Οκτωβρίου 2005, σελ. 482-491.

Κόμης, Β. (2001). *Διδακτική της Πληροφορικής*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Κοίλιας, Χ. (2003). Αναπαράσταση Αλγορίθμων με Ψευδογλώσσα. *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη»*, Σύρος, 9-11 Μαΐου 2003, σελ. 693-705.

Μηναΐδη, Α. & Χλαπάνης, Γ. (2008). Στοιχεία Διδακτικής Προσέγγισης του μαθήματος της Ανάπτυξης Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον. *2η Πανελλήνια Διημερίδα Καθηγητών Πληροφορικής Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης «Η Πληροφορική στην Εκπαίδευση – Το σχολείο της διαθεματικότητας και της ευρυζωνικότητας»*, Ρόδος, 11-12 Απριλίου 2008.

Μπέλλου, Ι. & Μικρόπουλος, Τ. (2008). Μέθοδος για την Ιεραρχική Αξιολόγηση Γνώσεων Προγραμματισμού. *Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική της Πληροφορικής»*, Πάτρα, 28-30 Μαρτίου 2008, σελ. 111-120.

Ξυνόγαλος, Σ. (2005). Η διδασκαλία των αλγοριθμικών δομών στα πλαίσια του μαθήματος «Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον». *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ*, Σύρος, 13-15 Μαΐου 2005, σελ. 115-125.

Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (1998). *Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον – Πρόγραμμα Σπουδών*.

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

Τζιμογιάννης, Α. & Κόμης, Β. (2000). Η έννοια της μεταβλητής στον Προγραμματισμό: δυσκολίες και παρανοήσεις μαθητών του Ενιαίου Λυκείου. *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση»*, Πάτρα, 13-15 Οκτωβρίου 2000, σελ. 103-114.

Τζιμογιάννης, Α., Πολίτης, Π. & Κόμης, Β. (2005). Μελέτη των Αναπαραστάσεων Τελειόφοιτων Μαθητών Ενιαίου Λυκείου για την Έννοια της Μεταβλητής. *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική της Πληροφορικής»*, Κόρινθος, 7-9 Οκτωβρίου 2005, σελ. 61-70.

Τσιωτάκης, Π. & Δουκάκης, Σ. (2005). Πρόταση διδασκαλίας των δομών επανάληψης για το μάθημα Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον στο εργαστήριο. *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ*, Σύρος, 13-15 Μαΐου 2005, σελ. 98-104.

Υπουργείο Εθνικής Παιδείας & Θρησκευμάτων (2002). *Υπουργική Απόφαση 8212/Γ2/28-1-2002 «Πρόγραμμα Σπουδών των μαθημάτων των Α', Β', Γ' τάξεων του Ενιαίου Λυκείου»*.

Φεσάκης, Γ. & Δημητρακοπούλου, Α. (2005). Γνωστικές Δυσκολίες Μαθητών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με την Έννοια της Προγραμματιστικής Μεταβλητής και Προτεινόμενες Παρεμβάσεις. *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική της Πληροφορικής»*, Κόρινθος, 7-9 Οκτωβρίου 2005, σελ. 71-79.