Ταξινομία του Bloom για αξιολόγηση διδακτικών στόχων στον Προγραμματισμό

Σοφία Τζελέπη[1], Ισαβέλλα Κοτίνη[2]
[1]stzelepi@sch.gr, [2]ikotini@sch.gr
[1,2]Σχολικοί Σύμβουλοι Πληροφορικής Κεντρικής Μακεδονίας

Περίληψη

Διάφορες ταξινομήσεις διδακτικών στόχων έχουν εφαρμοστεί στον εκπαιδευτικό χώρο της Πληροφορικής για το σχεδιασμό και την αξιολόγηση μαθημάτων, την δομή και το πλαίσιο των αξιολογήσεων καθώς και για τον προσδιορισμό της δυσκολίας του γνωστικού επίπεδου των επιμέρους διδακτικών ενοτήτων. Οι ταξινομήσεις διδακτικών στόχων και ιδιαίτερα η Ταξινομία Bloom του γνωστικού τομέα φαίνεται να κυριαρχεί στον τομέα της Πληροφορικής. Αποτελεί τη βάση για την αξιολόγηση της διδασκαλίας του Προγραμματισμού και αυτό διότι οι γνωστικές ικανότητες παρουσιάζουν αρκετά κοινά στοιχεία με τις ικανότητες Υπολογιστικής Σκέψης που αναπτύσσονται στα μαθήματα του προγραμματισμού. Το άρθρο αυτό παρουσιάζει τις ερευνητικές προσπάθειες από την εφαρμογή των διαφόρων ταξινομήσεων στην διδασκαλία του Προγραμματισμού, εντοπίζει τα προβλήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή τους και προτείνει μια νέα ταξινόμηση παραθέτοντας συγχρόνως μία μεθοδολογία σχεδιασμού και αξιολόγησης διδακτικών δραστηριοτήτων και ικανοτήτων Υπολογιστικής Σκέψης.

Λέξεις Κλειδιά: Ταξινομία Bloom, Υπολογιστική Σκέψη, Πληροφορική, Προγραμματισμός

Εισαγωγή

Διάφορες ταξινομήσεις διδακτικών στόχων (educational taxonomies) έχουν εφαρμοστεί στον εκπαιδευτικό χώρο της Πληροφορικής για το σχεδιασμό και την αξιολόγηση μαθημάτων (Scott, 2003), την δομή και το πλαίσιο των αξιολογήσεων (Lister et al., 2003) καθώς και για τον προσδιορισμό της δυσκολίας του γνωστικού επίπεδου των επιμέρους διδακτικών ενοτήτων (Olivet et al., 2004). Οι ταξινομήσεις διδακτικών στόχων και ιδιαίτερα η Ταξινομία Bloom (Bloom et al., 1956) του γνωστικού τομέα φαίνεται να κυριαρχεί στον τομέα της Πληροφορικής. Αποτελεί πρόκληση για τους ερευνητές η εφαρμογή της. Καταβάλλονται προσπάθειες προσαρμογής της ιεράρχησης των επιπέδων του γνωστικού τομέα της Ταξινομίας κατά Bloom στις ιδιαίτερες ανάγκες των διδακτικών στόχων και των προσδοκώμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων.

Στο παρόν άρθρο προτείνουμε μία επέκταση της Αναθεωρημένης Ταξινομίας Bloom (Anderson et al., 2001) σε δύο διαστάσεις: Μαθησιακή Εμπειρία/Πρόοδος (Παίζω, Τροποποιώ, Δημιουργώ) και Γνωστική Ικανότητα (που ενσωματώνει ικανότητες Υπολογιστικής Σκέψης και Συμπεριφοράς). Δημιουργείται ένας δισδιάστατος πίνακας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ένα επαναληπτικό και σπειροειδή τρόπο για το σχεδιασμό και την αξιολόγηση τόσο των μαθησιακών δραστηριοτήτων όσο και της ανάπτυξης ικανοτήτων Υπολογιστικής Σκέψης. Η εφικτή υλοποίηση της προτεινόμενης ταξινόμησης έρχεται να επιλύσει σε ικανοποιητικό βαθμό αδυναμίες των μέχρι τώρα διαφόρων προτεινόμενων ταξινομήσεων. Ο τομέας εφαρμογής της δεν περιορίζεται μόνο σε αυτόν της Πληροφορικής, αλλά επεκτείνεται και σε άλλους τομείς των θετικών επιστημών όπου οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν πολύπλοκα και σύνθετα συστήματα.

Υπολογιστική Σκέψη

Ο Προγραμματισμός είναι μία σύνθετη δραστηριότητα, η υλοποίηση της οποίας απαιτεί ικανότητες Υπολογιστικής Σκέψης. Η Υπολογιστική Σκέψη αποτελεί μια θεμελιώδης και απαραίτητη ικανότητα, που κάθε άνθρωπος πρέπει να κατέχει στη σημερινή κοινωνία. Περιλαμβάνει τη χρήση της

αφαίρεσης, τη διάσπαση ενός προβλήματος σε απλούστερα, τη χρήση ευρετικών μεθόδων, τον χρονοπρογραμματισμό ενός έργου, τη χρήση μεγάλου όγκου δεδομένων κ.α. Ορίζεται γενικότερα ως η ικανότητα επίλυσης προβλημάτων, σχεδιασμού συστημάτων και κατανόησης ανθρώπινης συμπεριφοράς (Wing, 2006). Κάθε άτομο στο μέλλον και επομένως κάθε μαθητής στο παρόν, εκτός από τις ικανότητες της γραφής, της ανάγνωσης, της αριθμητικής θα πρέπει να διαθέτει και ικανότητες Υπολογιστικής Σκέψης. Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων θεωρείται απαραίτητη η αξιολόγηση ικανοτήτων Υπολογιστικής Σκέψης. Αξιολόγηση που μπορεί να επιτευχτεί με την επιτυχή εφαρμογή των ταξινομιών διδακτικών στόχων.

Ταξινομίες Διδακτικών Στόχων

Οι ταξινομήσεις διδακτικών στόχων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καθοριστούν οι στόχοι των προγραμμάτων σπουδών. Τα μαθήματα δεν περιγράφονται μόνο σε συνάρτηση με τα θέματα που θα πρέπει να καλυφθούν αλλά και σε συνάρτηση με το επιθυμητό επίπεδο κατανόησης για κάθε επιμέρους διδακτική ενότητα (Moon, 2002). Οι ταξινομήσεις διδακτικών στόχων κατηγοριοποιούν τους μαθησιακούς στόχους σε τρεις τομείς: τον γνωστικό, τον συναισθηματικό και τον ψυχοκινητικό. Η Ταξινομία του Bloom, αναπαριστά κάθε ένα τομέα ως ένα μονοδιάστατο συνεχές, ενώ η Αναθεωρημένη Ταξινομία του Bloom, περιγράφει το γνωστικό τομέα χρησιμοποιώντας έναν δισδιάστατο πίνακα. Η Ταξινομία SOLO (Biggs et al., 1982), χρησιμοποιεί μια σειρά από κατηγορίες που περιγράφουν μία σύνθεση από ποσοτικές και ποιοτικές διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών. Τέλος υπάρχουν και οι ταξινομήσεις που ισχυρίζονται ότι μπορούν να εφαρμοστούν εξίσου και στους τρείς τομείς.

Αναθεωρημένη Ταξινομία του Bloom

Η Αναθεωρημένη Ταξινομία του Bloom (RBT) αντιπροσωπεύει μια ενημερωμένη έκδοση της αρχικής Ταξινομίας του Bloom που δημιουργήθηκε το 1956 από μια ομάδα εκπαιδευτικών. Με βάση την ταξινομία αυτή καθορίζονται, μετρούνται και κατηγοριοποιούνται οι μαθησιακοί στόχοι (Ala-Mutka, 2005). Η Αναθεωρημένη Ταξινομία του Bloom ενσωματώνει νέες αντιλήψεις από τον ερευνητικό χώρο πάνω στη μάθηση, τη γνωστική επιστήμη και την παιδαγωγική. Στα χρόνια που ακολούθησαν, η Αναθεωρημένη Ταξινομία του Bloom έγινε ένα πρότυπο εργαλείο αναφοράς για εκπαιδευτικούς που τους ενδιέφερε η μάθηση από την πλευρά του γνωστικού τομέα. Η ταξινόμηση αυτή καθορίζει έξι επικαλυπτόμενα επίπεδα νοητικών ικανοτήτων, τα οποία είναι τα εξής:

- Ανακαλώ: ο μαθητής είναι ικανός να ανακαλέσει ή να ανακτήσει βασικές πληροφορίες από τη μακροπρόθεσμη μνήμη
- Κατανοώ: ο μαθητής είναι ικανός να προσδιορίσει το νόημα της νέας γνώσης
- Εφαρμόζω: ο μαθητής είναι ικανός να χρησιμοποιήσει την γνώση με ένα νέο τρόπο ή να συμπληρώσει και να εφαρμόσει μια διαδικασία
- Αναλύω: ο μαθητής είναι ικανός να συγκρίνει, να αναλύσει μια έννοια στα συστατικά της και να καθορίσει πώς τα μέρη αυτά σχετίζονται μεταξύ τους και με το σύνολο
- Αξιολογώ: ο μαθητής είναι ικανός να αξιολογήσει και να τεκμηριώσει την άποψή του
- Συνθέτω: ο μαθητής είναι ικανός να παράγει, να ανασυνθέσει εκ νέου και να δημιουργήσει ένα νέο προϊόν ή μια νέα ιδέα

Τα επίπεδα 1-3 αναγνωρίζονται ως χαμηλού επιπέδου νοητικές ικανότητές, ενώ τα επίπεδα 4-6 θεωρούνται υψηλότερου επιπέδου δεξιότητες σκέψης.

Τα αδύνατα σημεία των ταξινομήσεων κατά την εφαρμογή τους στον Προγραμματισμό

Οι ταξινομίες διδακτικών στόχων συνέβαλαν σημαντικά στη δομή των αναλυτικών προγραμμάτων καθώς και στον σχεδιασμό της αξιολόγησης τα τελευταία χρόνια. Σημαντικό κομμάτι της έρευνας στην διδασκαλία της Πληροφορικής έχει αφιερωθεί στη διερεύνηση εφαρμογής των ταξινομήσεων αυτών στα γνωστικά αντικείμενα του Προγραμματισμού. Η έρευνα εστιάστηκε κυρίως στην εφαρμογή της Ταξινομίας του Bloom καθώς και της Αναθεωρημένης Ταξινομίας Bloom. Πολλές

μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην χαρτογράφηση των γνωστικών επιπέδων του Bloom σε δραστηριότητες σχετικές με τον Προγραμματισμό.

Ο Abran (Abran et al., 2004) χρησιμοποίησε την Ταξινομία του Bloom για να κατηγοριοποιήσει τα καθήκοντα του κλασσικού προγραμματισμού και της Τεχνολογίας του Λογισμικού (software engineering). Οι Schneider και Gladkikh (Schneider and Gladkikh, 2006) εφάρμοσαν την Αναθεωρημένη Ταξινομία του Bloom για το σχεδιασμό διαγνωστικών αξιολογήσεων τόσο στον προγραμματισμό, όσο και στην ανάλυση και σχεδιασμό συστημάτων. Οι Κανίδης και Φανίκος (Κανίδης και Φανίκος, 2005) ταξινομεί και αξιολογεί την μορφή και το επίπεδο δυσκολίας των θεμάτων του μαθήματος "Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον" στις Γενικές Εξετάσεις Ενιαίων Λυκείων του σχολικού έτους 2004-2005 σύμφωνα με την ταξινομία γνωστικών στόχων του Bloom. Οι Johnson και Fuller (Johnson and Fuller, 2006) και μια ομάδα ακαδημαϊκών συνεργατών εξέτασαν το ερώτημα "Είναι η Ταξινομία Bloom κατάλληλη για την Επιστήμη των Υπολογιστών;". Τα αποτελέσματα των ερευνών δείχνουν τη σπουδαιότητα των ταξινομήσεων του Bloom, όμως η βιβλιογραφία εστιάζει επίσης και στις δυσκολίες κατά την εφαρμογή τους.

Η ταξινόμηση ενός συγκεκριμένου μαθησιακού αποτελέσματος εξαρτάται και από το υφιστάμενο πλαίσιο. Για παράδειγμα, η Δημιουργία θεωρείται περισσότερο σύνθετη και πολύπλοκη γνωστική ικανότητα από την Κατανόηση. Θα μπορούσαμε όμως να συνεχίσουμε να το ισχυριζόμαστε στην περίπτωση που έχουμε να συγκρίνουμε μεταξύ της δημιουργίας ενός προγράμματος σε Scratch που μετακινεί μία φιγούρα από το ένα σημείο στο άλλο και της κατανόησης εις βάθος μιας σύνθετης έννοιας όπως αυτή της αναδρομής; Η σύνταξη κώδικα (Mike Lopez at al, 2008) μπορεί να ανήκει σε διαφορετικά γνωστικά επίπεδα – Κατανόηση, Εφαρμογή ή Δημιουργία – σύμφωνα με την πολυπλοκότητα του κώδικα. Παρόμοια, η ανίχνευση του κώδικα (tracking code) μπορεί να ανήκει και αυτή σε διαφορετικά γνωστικά επίπεδα – Ανακαλώ, Κατανοώ ή Αναλύω – σύμφωνα με την πολυπλοκότητα του κώδικα.

Ένα έργο, το οποίο καθίσταται δύσκολο κατά την εφαρμογή της ανάλυσης και σύνθεσης από έναν αρχάριο στον προγραμματισμό, αποτελεί ρουτίνα από πιο προχωρημένους μαθητές. Κατά τον ίδιο τρόπο, ένας φοιτητής ο οποίος έχει μάθει πώς να λύνει προβλήματα παρόμοια με αυτά που έχουν γίνει στην τάξη, έχει ικανότητες, που βρίσκονται σε χαμηλότερο επίπεδο στην ιεραρχική ταξινομία, από εκείνες ενός φοιτητή, ο οποίος είναι ικανός να λύνει προβλήματα με βάση μόνο κάποιες θεμελιώδεις αρχές.

Ο Thompson (Thompson et al., 2008) ερμηνεύει την ικανότητα ανίχνευσης κώδικα (tracking code) ως Κατανόηση (Understanding), αλλά κατατάσσει τη ικανότητα σύνταξης κώδικα ως Κατανόηση επίσης. Ο Fuller (Fuller et al., 2007) προτείνει μία νέα ταξινόμηση με βάση την ταξινομία του Bloom προσαρμοσμένη στις εκπαιδευτικές ανάγκες της Πληροφορικής. Η γνωστική διάσταση ανακατασκευάζεται ως ένας δισδιάστατος πίνακας απομονώνοντας την ικανότητα ανίχνευσης κώδικα (tracking code) από αυτή της σύνταξης κώδικα (writing code). Ο Lahtinen (Lahtinen et al., 2007) υποστηρίζει ότι η διάταξη των γνωστικών επιπέδων της Ταξινομίας του Bloom δεν ταιριάζει με τις μαθησιακές διαδρομές των μαθητών που έρχονται για πρώτη φορά σε επαφή με τον Προγραμματισμό.

Από τα παραπάνω διαφαίνεται η αδυναμία κατηγοριοποίησης διδακτικών στόχων και προσδοκώμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων. Η ταξινόμηση δραστηριοτήτων του ίδιου είδους σε διαφορετικές γνωστικές κατηγορίες λόγω της πολυπλοκότητας, δεν είναι σωστή λύση και το θέμα πολυπλοκότητας θα πρέπει να αντιμετωπιστεί ρητά. Υπάρχει ανάγκη για μια αυστηρή κατάταξη τόσο σε γνωστικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο μαθησιακής δραστηριότητας στο πλαίσιο της διδασκαλίας του Προγραμματισμού που να μπορεί να άρει τις αδυναμίες και αστοχίες των μέχρι τώρα ταξινομήσεων. Μια επιτυχής εφαρμογή της Αναθεωρημένης Ταξινομίας του Bloom στην αξιολόγηση της διδασκαλίας του προγραμματισμού μπορεί να αποτελέσει την βάση πάνω στην οποία οι εκπαιδευτικοί μπορούν να στηριχτούν για να αναλύσουν και να συζητήσουν το βαθμό επίτευξης των διδακτικών στόχων.

Προτεινόμενη ταξινόμηση - Επέκταση της Αναθεωρημένης Ταξινομίας του Bloom σε δύο διαστάσεις

Στο άρθρο αυτό παρουσιάζεται μία νέα ταξινόμηση που παρέχει ένα πιο εφικτό πλαίσιο για την αξιολόγηση τόσο των διδακτικών στόχων όσο και των ικανοτήτων Υπολογιστικής Σκέψης στους τομείς της Πληροφορικής και ειδικότερα του Προγραμματισμού. Ο σχεδιασμός της ταξινόμησης αυτής για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων στο χώρο της διδασκαλίας του Προγραμματισμού είναι δυνατό να εφαρμοστεί και σε άλλους τομείς των θετικών επιστημών στους οποίους οι μαθητές σχεδιάζουν, αναλύουν και δημιουργούν πολύπλοκα συστήματα.

Η έρευνα στον τομέα της αξιολόγησης των διδακτικών στόχων και των μαθησιακών αποτελεσμάτων της διδασκαλίας του Προγραμματισμού κατέδειξε το γεγονός ότι η κατανόηση του κώδικα ενός προγράμματος και η δημιουργία ενός νέου κώδικα είναι δύο ημιανεξάρτητες ικανότητες (Johnson et al., 2006). Μαθητής που μπορεί να κατανοήσει ένα πρόγραμμα μπορεί να μην είναι σε θέση να το τροποποιήσει και να γράψει ένα δικό του. Επιπλέον, η δυνατότητα τροποποίησης ή επέκτασης ενός κώδικα δεν συνεπάγεται και τη δυνατότητα εκσφαλμάτωσης. Οι ικανότητες της ανάλυσης και της σύνθεσης θεωρούνται πιο σημαντικές από τις ικανότητες εφαρμογής ενός γενικού αλγορίθμου για την επίλυση ενός συγκεκριμένου προβλήματος.

Η επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας αποκαλύπτει ένα ευρύ φάσμα ταξινομήσεων διδακτικών στόχων. Η Ταξινομία Bloom του γνωστικού τομέα κατέχει περίοπτη θέση ανάμεσα στις άλλες ταξινομήσεις στο χώρο της Πληροφορικής όσον αφορά το σχεδιασμό και την αξιολόγηση διδακτικών στόχων και αναλυτικών προγραμμάτων. Στα βασικά πλεονεκτήματα της συγκαταλέγεται η κατανόηση της ιεραρχίας των επιπέδων της και η αποτελεσματική κατά μεγάλο βαθμό αντιστοίχιση των επιπέδων της με μαθησιακές δραστηριότητες. Αντιστοίχιση όμως που παρουσιάζει ορισμένες αδυναμίες στον σύνθετο και πολύπλοκο τομέα της διδασκαλίας του Προγραμματισμού. Για τους παραπάνω λόγους, η προτεινόμενη ταξινόμηση εμπνέεται από την Ταξινομία του Bloom. Αποτελεί επέκταση της Αναθεωρημένης Ταξινομίας σε δύο διαστάσεις όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 1 και προσδοκά να καλύψει σε μεγάλο βαθμό τα αδύνατα σημεία από την εφαρμογή της Ταξινομίας του Bloom στον Προγραμματισμό.

Μαθησιακή Εμπειρία	Δημιουργώ						
	Τροποποιώ						
	Παίζω						
		Ανακαλώ	Κατανοώ	Αναλύω	Εφαρμόζω	Αξιολογώ	Συνθέτω
		Γνωστικές Ικανότητες					

Σχήμα 1: Γραφική αναπαράσταση της επέκτασης της Αναθεωρημένης Ταξινομίας Bloom σε δύο διαστάσεις.

Οι διαστάσεις του δισδιάστατου πίνακα αντιπροσωπεύουν τις εμπειρίες μάθησης και τις προσδοκώμενες γνωστικές ικανότητες των μαθητών. Κάθε μαθησιακή εμπειρία έχει ως στόχο να βοηθήσει τους μαθητές να κατακτήσουν μια γνωστική ικανότητα μέσω δραστηριοτήτων ανάπτυξης Υπολογιστικής Σκέψης και συμπεριφοράς. Τα επίπεδα που σχετίζονται με τις γνωστικές ικανότητες είναι τοποθετημένα στον οριζόντιο άξονα και τα επίπεδα που αναφέρονται στις εμπειρίες μάθησης τοποθετούνται στον κάθετο άξονα, με τα χαμηλότερα επίπεδα στην κάτω αριστερή γωνία.

Ένα διδακτικό σενάριο αποτελείται από μαθησιακούς στόχους (ανακαλώ, κατανοώ, αναλύω, εφαρμόζω, αξιολογώ, συνθέτω) ακολουθούμενο από δραστηριότητες Υπολογιστικής Σκέψης (αφαίρεση, σύνθεση, ανάλυση αλγόριθμου) σύμφωνα με το αντίστοιχο διδακτικό αντικείμενο (π.χ. δομή επανάληψης) και την μαθησιακή εμπειρία (παίζω, τροποποιώ, δημιουργώ). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μαθησιακές εμπειρίες "παίζω – τροποποιώ -δημιουργώ" αντιμετωπίζονται ως ένα ενιαίο και

συνεχές σύνολο. Αντλούν τα θέματά τους από τους τομείς της μοντελοποίησης, της προσομοίωσης, της ρομποτικής και του σχεδιασμού και ανάπτυξης παιχνιδιών.

Η εμπειρία μάθησης "**δημιουργώ**" είναι πιο σύνθετη και τοποθετείται σε υψηλότερο μεταγνωστικό επίπεδο από τις μαθησιακές εμπειρίες "παίζω" και "τροποποιώ". Η διάταξη των κατηγοριών στον άξονα των μαθησιακών εμπειριών αντικατοπτρίζει την πρόοδο στη μάθηση τόσο σε γνωστικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο Υπολογιστικής Σκέψης. Οι μαθητές διασχίζουν τις κατηγορίες κάθε άξονα με μία σειρά. Για παράδειγμα, η δημιουργία ενός προγράμματος απαιτεί την ύπαρξη κάποιου βαθμού επάρκειας σε επίπεδο εφαρμογής. Η επιτυχής επίτευξη μιας δραστηριότητας που ανήκει στο κελί "Δημιουργώ / Συνθέτω" προϋποθέτει την κατοχή ικανοτήτων σε όλα τα υπόλοιπα επίπεδα/κελιά του δισδιάστατου πίνακα.

Στο επίπεδο "**παίζω**" της κατηγορίας των μαθησιακών εμπειριών, οι μαθητές είναι οι καταναλωτές της δημιουργίας κάποιου άλλου. Πειραματίζονται χρησιμοποιώντας υπολογιστικά μοντέλα, εκτελούν προγράμματα που ελέγχουν ρομπότ ή παίζουν ένα έτοιμο παιχνίδι στον υπολογιστή. Το επίπεδο "παίζω" επικεντρώνεται στην ικανότητα να παίξω, να χρησιμοποιήσω ένα υπάρχον "πλαίσιο" για να μάθω, να διερευνήσω και να κατανοήσω τις νέες προγραμματιστικές έννοιες. Στο επίπεδο "παίζω", ζητάμε από τους μαθητές να διερευνήσουν, να σκεφτούν, να κάνουν υποθέσεις και να ανακαλύψουν με τη βοήθεια του δασκάλου τη σύνταξη, τη λειτουργία και την αναγκαιότητα των αλγοριθμικών δομών.

Με την πάροδο του χρόνου οι μαθητές αρχίζουν να τροποποιούν το μοντέλο ή το παιχνίδι αυξάνοντας τα επίπεδα της πολυπλοκότητας. Στο στάδιο αυτό δημιουργούνται τα θεμέλια για την ανάπτυξη ικανοτήτων Υπολογιστικής Σκέψης. Στο επίπεδο "**τροποποιώ**", οι μαθητές εμβαθύνουν στο γνωστικό αντικείμενο εφαρμόζοντας αυτά που έχουν μάθει σε νέες καταστάσεις. Αρχίζουν να πειραματίζονται με την τροποποίηση προγραμμάτων. Κάθε φορά οι παρεμβάσεις τους καθίστανται ολοένα και πιο καινοτόμες και ουσιαστικές. Η "τροποποίηση" ερμηνεύεται ως την ικανότητα να μπορώ να συνοψίσω, να εξηγήσω, να δώσω παραδείγματα, να ταξινομήσω και να συγκρίνω προγραμματιστικές έννοιες. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, οι μαθητές αρχίζουν να συνειδητοποιούν πώς μπορούν να ελέγχουν τους υποκείμενους μηχανισμούς για να επιφέρουν διαφορετικά αποτελέσματα, μια ικανότητα που θα αξιοποιηθεί αργότερα στην δημιουργία πρωτότυπων έργων. Το επίπεδο "τροποποιώ" μπορεί να περιλαμβάνει δυνατότητες

- αναδιοργάνωσης προγραμματιστικών δομών και εννοιών σε ένα νέο σχέδιο ή δομή
- κατασκευής ένα τμήματος κώδικα με την εφαρμογή γνωστών αλγορίθμων καθώς και
- εκτέλεση αλγορίθμων ή κώδικα προκειμένου να αναλυθούν και να προσδιοριστούν οι στόχοι των αλγορίθμων αυτών

Για παράδειγμα, ένας μαθητής θέλει να αλλάξει το χρώμα του χαρακτήρα ενός παιχνιδιού ή κάποιο άλλο οπτικό χαρακτηριστικό του. Ο μαθητής μπορεί να τροποποιήσει τη συμπεριφορά του χαρακτήρα με τρόπο που να προϋποθέτει την ανάπτυξη νέων τμημάτων κώδικα. Η ικανότητα τροποποίησης απαιτεί την κατανόηση ενός τουλάχιστον υποσυνόλου της αφαίρεσης (abstraction) και της αυτοματοποίησης (automation) που περιέχονται στο πρόγραμμα, στο μοντέλο ή στο παιχνίδι. Μέσα από μια σειρά τροποποιήσεων και επαναληπτικών βελτιώσεων, αναπτύσσονται νέες ικανότητες και αντιλήψεις υψηλότερου επιπέδου.

Μαθητές που ενθαρρύνονται να σχεδιάσουν και να υλοποιήσουν τις δικές τους ιδέες αναπτύσσουν αυτοπεποίθηση και βελτιώνουν τις ικανότητες Υπολογιστικής Σκέψης τους (Kotini and Tzelepi, 2013). Στο επίπεδο "**δημιουργώ**" της κατηγορίας των μαθησιακών εμπειριών, οι μαθητές αξιοποιούν τις ικανότητες Υπολογιστικής Σκέψης για να δημιουργήσουν ένα καινοτόμο έργο. Η δημιουργία ερμηνεύεται ως η ικανότητα να σχεδιάζουν και να υλοποιούν προγράμματα ή αλγορίθμους. Η διαδικασία αυτή συντελεί στην βελτιστοποίηση των ικανοτήτων Υπολογιστικής Σκέψης αφαίρεσης, ανάλυσης και αυτοματοποίησης, ικανότητες που άρχισαν να καλλιεργούνται σε προηγούμενες διερευνητικές εμπειρίες.

Η δημιουργία είναι μία δυναμική διαδικασία που μετασχηματίζεται συνεχώς με αυξανόμενα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα. Εστιάζεται στις ικανότητες της:

- σύνθεσης προγραμματιστικών στοιχείων και εννοιών σε ένα συνεκτικό και λειτουργικό σύνολο

- επινόησης εναλλακτικών μεθόδων ή στρατηγικών για την επίλυση ενός προβλήματος
- κατακερματισμού ενός έργου σε μικρότερα τμήματα στα οποία μπορούν να εφαρμοστούν γνωστοί αλγόριθμοι και διαδικασίες
- δημιουργίας ενός τμήματος κώδικα ή προγράμματος με την εφαρμογή ενός πρωτότυπου αλγόριθμου

Μέσα σε αυτό το στάδιο της δημιουργίας, οι τρεις βασικές πτυχές της υπολογιστικής σκέψης: η αφαίρεση, η αυτοματοποίηση και η ανάλυση καλλιεργούνται σε ένα υψηλότερο επίπεδο μεταγνωστικής σκέψης.

Τα κελιά του δισδιάστατου πίνακα αντιστοιχούν στην επίτευξη γνωστικών ικανοτήτων που μέσω κατάλληλων μαθησιακών εμπειριών ενισχύουν την Υπολογιστική Σκέψη. Για παράδειγμα, ο συνδυασμός των επιπέδων **Παίζω – Κατανοώ** αντιστοιχεί στην ικανότητα του μαθητή μέσω της εμπειρίας του παιχνιδιού να κατανοήσει πλήρως μια σύνθετη έννοια (όπως ο συγχρονισμός) και να μπορέσει να εξηγήσει με ακρίβεια τις διάφορες πτυχές της χρησιμοποιώντας ένα υφιστάμενο πλαίσιο. Ο συνδυασμός των επιπέδων **Τροποποιώ - Εφαρμόζω** περιγράφει την ικανότητα δημιουργίας μικρών σεναρίων μέσω της εμπειρίας της τροποποίησης και της επέκτασης καθώς και της προσθήκης εντολών με τοπική δράση σε ένα υπάρχον σενάριο. Ο συνδυασμός των επιπέδων **Δημιουργώ - Εφαρμόζω** περιλαμβάνει την εν μέρει δυνατότητα ανάλυσης ενός προγράμματος, με την κατανόηση των επιμέρους τμημάτων του αλλά όχι και του συνόλου της οντότητας που σχηματίζουν τα τμήματα αυτά.

Από την άλλη μεριά, το επίπεδο δυσκολίας που αντιστοιχεί σε κάθε κελί του πίνακα είναι σχετικό. Η ανάλυση ενός κώδικα δεν θεωρείται πάντοτε ευκολότερη από την δημιουργία. Για παράδειγμα, η ανάλυση ενός προγράμματος που αποτελεί εφαρμογή μιας αναδρομικής διαδικασίας είναι σαφώς δυσκολότερη από την δημιουργία ενός προγράμματος που κινεί μία γάτα κατά 10 βήματα. Αντίθετα, λοιπόν από τα επίπεδα δυσκολίας – αξιολόγησης των κελιών του πίνακα, η ικανότητα κατανόησης της αναδρομής βρίσκεται σε υψηλότερο επίπεδο από αυτήν της δημιουργίας κώδικα χαμηλότερης πολυπλοκότητας.

Γενικότερα, η αξιολόγηση των μαθησιακών στόχων και αποτελεσμάτων δεν μπορεί να βασιστεί μόνο στην κατάκτηση γνωστικών στόχων απόρροιας μιας μαθησιακής εμπειρίας. Θα πρέπει να συνδεθεί με την πολυπλοκότητα του κώδικα και της προγραμματιστικής έννοιας. Θεωρούμε ότι η σύγκριση διαφορετικών γνωστικών επιπέδων έχει νόημα στην περίπτωση που έχουν ένα κοινό πλαίσιο αναφοράς όσον αφορά την προγραμματιστική έννοια, την πολυπλοκότητα του κώδικα και την ακολουθία εμπειριών «Παίζω – Τροποποιώ – Δημιουργώ».

Εφαρμογή της προτεινόμενης ταξινόμησης

Η προτεινόμενη ταξινόμηση μπορεί να εφαρμοστεί τόσο για τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση μαθημάτων όσο και για τον προσδιορισμό του γνωστικού επιπέδου δυσκολίας των δραστηριοτήτων. Στη συνέχεια παρατίθενται μερικά παραδείγματα από ερωτήσεις επίλυσης προβλήματος που θα μπορούσαν να υποβληθούν και αντιστοιχούν στις συνδυασμένες κατηγορίες του δισδιάστατου πίνακα. Κάθε ερώτηση συνοδεύεται και από τις αντίστοιχες ικανότητες και συμπεριφορές Υπολογιστικής Σκέψης που καλλιεργούνται.

Παίζω – Θυμάμαι

Ερώτηση 1: Κάποια πράγματα μοιάζουν μεταξύ τους… (Η ερώτηση αναφέρεται στην δομή επανάληψης repeat της γλώσσας προγραμματισμού Scratch)

Ας θεωρήσουμε ότι έχουμε μία γάτα με μία συγκεκριμένη συμπεριφορά όπως παρουσιάζεται κατά την εκτέλεση του προγράμματος Cat. Για κάθε ένα από τα ακόλουθα προγράμματα NCat1, NCat2 NCat3, NCat4 και NCat5 συζητείστε με τον συμμαθητή σας αν έχουν ή όχι την ίδια συμπεριφορά με το αρχικό πρόγραμμα Cat1. Σε περίπτωση που έχουν την ίδια συμπεριφορά, διερευνήστε τους κώδικες των προγραμμάτων και επισημάνετε τις διαφορές τους ως προς τη σύνταξη, τη δομή και την εύρεση της βέλτιστης λύσης.

Ικανότητες Υπολογιστικής Σκέψης: Αφαιρετική ικανότητα
Συμπεριφορές Υπολογιστικής Σκέψης: Εμπιστοσύνη στην αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας, ικανότητα επικοινωνίας και συνεργασίας για την επίτευξη ενός κοινού στόχου ή λύσης

Παίζω – Κατανοώ

Ερώτηση 2: Πόσες φορές μπορείς να το εκτελέσεις χωρίς να τρελαθείς; *(Η ερώτηση αναφέρεται σε δομή επανάληψης της γλώσσας προγραμματισμού Scratch)*

Θεωρήστε ότι έχετε μία γάτα που θέλει να πει "Meow" και στη συνέχεια να ακουστεί ένας ήχος και όλα αυτά να επαναληφθούν πέντε φορές. Τρέξτε το πρόγραμμα Meow που προσομοιώνει την συμπεριφορά της γάτας. Για κάθε ένα από τα επόμενα προγράμματα Meow1, Meow2, Meow3, Meow4, Meow5 και Meow6 εντοπίστε, αφού τα εκτελέσετε, εκείνα που έχουν την ίδια συμπεριφορά με το αρχικό πρόγραμμα. Για όσα διαφέρουν, διερευνήστε τους αντίστοιχους κώδικες των προγραμμάτων, επισημάνετε και δικαιολογήστε τις διαφορές τους.
Ικανότητες Υπολογιστικής Σκέψης: αναγνώριση προτύπων, κατακερματισμός προβλήματος
Συμπεριφορές Υπολογιστικής Σκέψης: Εμπιστοσύνη στην αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας, ικανότητα επικοινωνίας και συνεργασίας για την επίτευξη ενός κοινού στόχου ή λύσης

Τροποποιώ – Αναλύω

Ερώτηση 3: Σας προτείνουμε την Πληροφορική και όχι την Ιατρική *(Η ερώτηση αναφέρεται σε δομή επιλογής της γλώσσας προγραμματισμού Scratch)*

Μελετήστε το πρόγραμμα Scratch που σας δίνεται. Το πρόγραμμα αυτό προτείνει σε έναν αναποφάσιστο φοιτητή Ιατρικής την ειδικότητα Ιατρικής που πρέπει να ακολουθήσει σύμφωνα με την προσωπικότητά του. Για να απαντήσετε στις ερωτήσεις μπορεί να τροποποιήσετε τον πηγαίο κώδικα ή να σχεδιάσετε το αντίστοιχο διάγραμμα ροής.

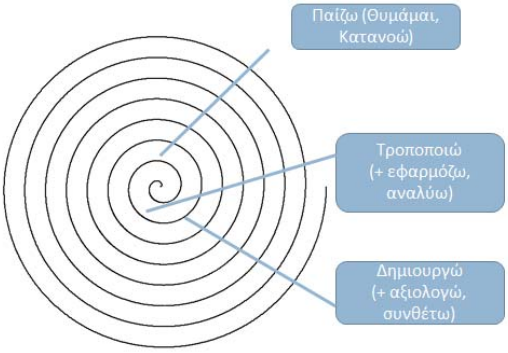
Στον μαθητή δίνονται οι απαντήσεις του φοιτητή και καλείται ο μαθητής στη συνέχεια να βρει την προτεινόμενη από το σύστημα ειδικότητα ή την επόμενη ερώτηση. Σύμφωνα με τις απαντήσεις του φοιτητή καλείται να σκιαγραφήσει την προσωπικότητά του. Τέλος, του τίθενται ερωτήσεις του στυλ "Ποιος είναι ο μικρότερος/μεγαλύτερος αριθμός των ερωτήσεων που μπορεί να τεθεί στον χρήστη; ", "Υπάρχουν τμήματα κώδικα που δεν θα εκτελεστούν ποτέ; Εάν ναι, ποιά είναι αυτά; " ή "Πόσες διαφορετικές ιατρικές ειδικότητες μπορεί αυτό το πρόγραμμα να προτείνει; "
Ικανότητες Υπολογιστικής Σκέψης: κατακερματισμός προβλήματος, ανάλυση δεδομένων, γενίκευση προτύπων και αφαιρετική ικανότητα
Συμπεριφορές Υπολογιστικής Σκέψης: Επιμονή σε διαδικασίες επίλυσης δύσκολων προβλημάτων, ικανότητα επικοινωνίας και συνεργασίας για την επίτευξη ενός κοινού στόχου ή λύσης

Σπειροειδής προσέγγιση της προτεινόμενη ταξινομίας

Η προτεινόμενη γνωστική ταξινόμηση μπορεί να εφαρμοστεί με επαναληπτικό τρόπο ακολουθώντας την σπειροειδή προσέγγιση, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 2. Οι προγραμματιστικές έννοιες προσεγγίζονται επαναληπτικά με διαφορετικό τρόπο εμβάθυνσης κάθε φορά ξεκινώντας από βασικές συγκεκριμένες έννοιες και απλές δραστηριότητες και προχωρώντας σε πιο αφηρημένες έννοιες και σύνθετες διαδικασίες. Η νέα γνώση οικοδομείται πάνω στην προγενέστερη γνώση.

Για παράδειγμα, στην αρχή ο μαθητής διδάσκεται μια συγκεκριμένη δομή επανάληψης. Διασχίζει όλα τα γνωστικά επίπεδα της Αναθεωρημένης Ταξινομίας του Bloom μέχρι να κατανοήσει εις βάθος την υπό μελέτη δομή επανάληψης. *Γνωρίζει* σε ποιές περιπτώσεις μπορεί να την χρησιμοποιήσει, *καταλαβαίνει* πως λειτουργεί και είναι ικανός να την *εφαρμόσει* και να *δημιουργήσει* αυθεντικά έργα που περιέχουν επαναληπτικές διαδικασίες. Με την δημιουργία που αποτελεί το πιο υψηλό γνωστικό επίπεδο για την συγκεκριμένη ακολουθία δραστηριοτήτων "Παίζω – Τροποποιώ - Δημιουργώ" κλείνει αυτός ο κύκλος και ξεκινάει ένας καινούριος, αυτός της "Ταξινόμησης της Φυσαλίδας". Η γνωστική διαδρομή ξεκινά πάλι από το χαμηλότερο γνωστικό επίπεδο αυτό του "Ανακαλώ" προς τα

υψηλότερο αυτό του "Δημιουργώ" αξιοποιώντας την γνώση της έννοιας της επανάληψης για την κατανόηση μιας νέας έννοιας όπως είναι η λειτουργία της "Ταξινόμησης της Φυσαλίδας".



Σχήμα 2. Σπειροειδής προσέγγιση της προτεινόμενης ταξινόμησης

Η σπειροειδής προσέγγιση των ταξινομιών διδακτικών στόχων δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως μία απόλυτα κατακόρυφη διαδικασία μάθησης από κάτω προς τα επάνω αλλά ως μία κυκλική διαδικασία επαναπροσέγγισης των ίδιων εννοιών από μία ολοένα και πιο αφαιρετική διάθεση, όπου κάθε φορά η πρωτύτερη γνώση θα αποτελέσει το θεμέλιο πάνω στο οποίο θα οικοδομηθεί η νέα γνώση.

Οι μαθητές μπορούν να διατηρούν την αίσθηση της γνωστικής ροής καθώς προχωρούν επαναληπτικά μέσα από μια σειρά κυμαινόμενης δυσκολίας δραστηριοτήτων. Στο πλαίσιο αυτό, οι μαθητές αντιμετωπίζουν σταδιακά όλο και πιο υψηλές προκλήσεις καθώς αναπτύσσονται οι κριτικές, αναλυτικές και συνθετικές τους ικανότητες. Προβλήματα που κάποτε ήταν πολύ δύσκολα να διερευνηθούν και να επιλυθούν αρχίζουν να καθίστανται προσιτά προς τους μαθητές μέσα από το βαθμιαίο "σπειροειδή κτίσιμο".

Συμπεράσματα

Οι ταξινομήσεις διδακτικών στόχων συνιστούν ένα πολύτιμο εργαλείο του εκπαιδευτικού χώρου για τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση στόχων, μαθησιακών αποτελεσμάτων και αναλυτικών προγραμμάτων. Η Αναθεωρημένη Ταξινομία του Bloom του γνωστικού τομέα φαίνεται να κυριαρχεί στον τομέα της Πληροφορικής αποτελώντας σοβαρή πρόκληση η εφαρμογή της στον Προγραμματισμό. Η εκχώρηση κατάλληλων επιπέδων της Ταξινομίας του Bloom σε διδακτικούς στόχους, προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα και τεστ αξιολόγησης δεν αποτελεί μία τετριμμένη διαδικασία. Οι διδακτικοί στόχοι του Προγραμματισμού δεν ταξινομούνται επαρκώς σε συνάφεια με τα γνωστικά επίπεδα του Bloom.

Στο άρθρο αυτό, παρουσιάστηκε μία δισδιάστατη μετάφραση της Αναθεωρημένης Ταξινομίας του Bloom. Στην μία διάσταση παρατίθενται οι μαθησιακές εμπειρίες (παίζω, τροποποιώ, δημιουργώ) και στην άλλη διάσταση οι γνωστικές ικανότητες του Bloom με ενσωματωμένες τις ικανότητες Υπολογιστικής Σκέψης. Δημιουργείται ένας δισδιάστατος πίνακας που προσεγγίζεται επαναληπτικά με σπειροειδή τρόπο και συμβάλει στον σχεδιασμό και στην αξιολόγηση ικανοτήτων Υπολογιστικής Σκέψης. Σε κάθε "κύκλο" της σπείρας, οι διδακτικοί στόχοι του Προγραμματισμού αξιολογούνται με βάση την μαθησιακή εμπειρία και την γνωστική ικανότητα. Η πολυπλοκότητα της προγραμματιστικής έννοιας και του "υπό μελέτη" κώδικα παραμένει σταθερή για τον ίδιο «κύκλο» της σπείρας. Ο τομέας εφαρμογής της προτεινόμενης ταξινόμησης επεκτείνεται σε όλες τις θετικές

επιστήμες όπου οι μαθητές καλούνται να διερευνήσουν πολύπλοκα συστήματα. Η νέα ταξινόμηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένας γενικός οδηγός που θα βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς στην ανάπτυξη, στον προσδιορισμό και στην αξιολόγηση δραστηριοτήτων των θετικών επιστημών με βάση τα γνωστικά επίπεδα της Αναθεωρημένης Ταξινομίας του Bloom.

Αναφορές

Abran, A., Moore, J., Bourque, P., DuPuis, R. & Tripp, L. (2004). *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge* - 2004 Version SWEBOK®, Los Alamitos, CA , IEEE-CS - Professional Practices Committee.

Anderson, L.W., Krathwohl, D.R., Airasian, P.W., Cruikshank, K.A., Mayer, R.E., Pintrich, P.R., Raths, J. & Wittrock, M.C. (eds.) (2001). *A taxonomy for learning and teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Addison Wesley Longman.

Ala-Mutka, K.M. (2005). A survey of automated assessment approaches for programming assignments. *Computer Science Education* 15, 83-102.

Biggs, J.B. & Collis, K.F. (1982). *Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)*. New York, Academic Press.

Bloom, B.S., Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H. & Krathwohl, D.R. (1956). *Taxonomy of educational objectives Handbook 1: cognitive domain*. London, Longman Group Ltd.

Fuller, U., Johnson, C. G., Ahoniemi, T., Cukierman, D., Hernán-Losada, I., Jackova, J., Lahtinen, E., Lewis, T. L., Thompson, D. M., Riedesel, C., & Thompson, E. (2007). Developing a computer science-specific learning taxonomy. SIGCSE Bull. 39, 4, 152-170.

Johnson, C.G. & Fuller, U. (2006). Is Bloom's taxonomy appropriate for computer science. Berglund, A. ed. *6th Baltic Sea Conference on Computing Education Research (Koli Calling 2006)*, Koli National Park, Finland, 115-118.

Mike Lopez, Jacqueline Whalley Phil Robbins, R. L. (2008). Relationships between reading, tracing and writing skills in introductory programming, in 'ICER'08'.

Moon, J. (2002). *How to use level descriptors.* Southern England Consortium for Credit Accumulation and Transfer.

Oliver, D., Dobele, T., Greber, M. & Roberts, T. (2004). This course has a Bloom Rating of 3.9. in *Proceedings of the sixth conference on Australasian computing education - Volume 30*, Dunedin, New Zealand, 227-231, Australian Computer Society Inc.

Kotini, I., & Tzelepi, S. (2013). Theoretical student-centered gamification model for the active participation of students in computational thinking - developing activities. Proceedings of the 7th Panhellenic Conference of Teachers in Informatics, Thessaloniki, Greek

Lahtinen, E. (2207). A Categorization of Novice Programmers: A Cluster Analysis Study. *Proceedings of the 19th annual Workshop of the Psychology of Programming Interest Group,* Joensuu, Finland, July 2-6, 2007, Sajaniemi,J. and Tukiainen,M., Eds. University of Joensuu Department of Computer Science and Statistics, Joensuu, Finland, 32-41.

Lister, R. & Leaney, J. (2003). Introductory programming, criterion-referencing *SIGCSE '03: Proceedings of the 34th SIGCSE technical symposium on Computer science education*, 143-147, ACM Press.

Scott, T. (2003). Bloom's taxonomy applied to testing in computer science classes. *Journal of Computing in Small Colleges*, **19** (1). 267-274.

Shneider, E. & Gladkikh, O. (2006). Designing questioning strategies for information technology courses. Mann, S. and Bridgeman, N. eds. *The 19th Annual Conference of the National Advisory Committee on Computing Qualifications: Preparing for the Future — Capitalising on IT*, Wellington, 243- 248, National Advisory Committee on Computing Qualifications.

Thompson, E., Luxton-Reilly, A., Whalley, J. L., Hu, M. & Robbins, P. (2008). Bloom's taxonomy for cs assessment, in 'ACE '08: Proceedings of the tenth conference on Australasian computing education', Australian Computer Society, Inc., Darlinghurst, Australia, Australia, pp. 155–161.

Wing, J. M. (2006). *Computational thinking*. Communications of the ACM. 49, no 3, pp. 33–35.

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