

Η Εννοιολογική Αλλαγή, η εξελικτική ιστορία των επιστημονικών εννοιών και η Διδασκαλία του Προγραμματισμού των Υπολογιστών

Δ. Φουρλάς¹

¹Καθηγητής Πληροφορικής, 52^ο Γυμνάσιο Αθηνών,
M.Sc. Πληροφοριακά Συστήματα, M.Sc. Γνωσιακή Επιστήμη

fourlas@otenet.gr

Περίληψη

Η εννοιολογική αλλαγή θεωρείται από τους ερευνητές ως ένας από βασικότερους λόγους για την αποτυχία των μαθητών στην κατανόηση των εννοιών που διδάσκονται. Στο πρόβλημα αυτό θεωρούμε πως οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών είναι ενταγμένες σ' ένα διαφορετικό θεωρητικό πλαίσιο και με διαφορετική εννοιολογική δομή απ' αυτό στο οποίο είναι ενταγμένες οι καινούργιες γνώσεις που πρέπει ν' αποκτηθούν, μέσω της διδασκαλίας. Η συγκεκριμένη προσέγγιση έλκει την καταγωγή της από το έργο του Kuhn στην φιλοσοφία και στην ιστορία της επιστήμης και έχει επηρεάσει τον τρόπο ανάλυσης και αντιμετώπισης του προβλήματος της εννοιολογικής αλλαγής. Το πρόβλημα αυτό έχει παρατηρηθεί και στην διδασκαλία του προγραμματισμού των υπολογιστών και στο άρθρο αυτό προτείνεται μία προσέγγιση για την αντιμετώπισή του, η οποία βασίζεται στην αιτιότητα και στην ομοιότητα που αποτελούν βασικά στοιχεία στην αρχιτεκτονική της γνώσης.

Λέξεις κλειδιά: επιστημονικές έννοιες, εννοιολογική αλλαγή, εξελικτική στρατηγική, προγραμματισμός υπολογιστών.

1. Εισαγωγή

Από την καθημερινή εμπειρία και πρακτική των εκπαιδευτικών της Πληροφορικής στα μαθήματα του προγραμματισμού των υπολογιστών διαπιστώνεται πως ένα υψηλό ποσοστό των μαθητών δεν ανταποκρίνεται επαρκώς και ικανοποιητικά στους σκοπούς και τους στόχους που τίθενται από τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών και από τους διδάσκοντες.

Ειδικοί από τον χώρο της ψυχολογίας και των παιδαγωγικών ισχυρίζονται ότι ένας από τους βασικούς λόγους πίσω από την συχνά παρατηρούμενη αποτυχία στην κατανόηση εννοιών από τους μαθητές, αλλά ακόμα και από τους φοιτητές είναι το

πρόβλημα της *εννοιολογικής αλλαγής*, το οποίο έχει παρατηρηθεί στην διδασκαλία πολλών και διαφορετικών γνωστικών (επιστημονικών) αντικειμένων, όπως τα μαθηματικά, η φυσική και ο προγραμματισμός των υπολογιστών. Ως αποτέλεσμα του προβλήματος αυτού, οι μαθητές δεν κατακτούν τις έννοιες που διδάσκονται με αποτέλεσμα να υπάρχουν πολλές παρανοήσεις από την πλευρά τους και να περιορίζονται η ικανότητα για κριτική σκέψη και οι δυνατότητες επίλυσης προβλημάτων, που είναι απαραίτητες για την επιτυχή ανάπτυξη προγραμματιστικών δεξιοτήτων (Βοσνιάδου, Βαμβακούση, & Σκοπελίτη, 2008).

Στο πρόβλημα της *εννοιολογικής αλλαγής* θεωρούμε πως οι νέες γνώσεις που πρέπει να μάθουν οι μαθητές έρχονται σε αντίθεση με τη δομή της υπάρχουσας γνώσης τους. Πολλές από τις επιστημονικές έννοιες που καλούνται οι μαθητές να κατακτήσουν είναι δύσκολες για αυτούς, διότι είναι ενταγμένες σε επιστημονικές θεωρίες, οι οποίες είναι προϊόν μιας μακράς ιστορικής ανάπτυξης του επιστημονικού κλάδου στον οποίο είναι ενταγμένες και έχουν γίνει αποδεκτές από την αντίστοιχη επιστημονική κοινότητα (Βοσνιάδου, Βαμβακούση, & Σκοπελίτη, 2008). Η ανάπτυξη της επιστήμης, ιστορικά, σημαδεύεται από ριζικές αλλαγές θεωρίας, οι οποίες έχουν μεταβάλει δραστικά τις αναπαραστάσεις μας για τον κόσμο (Βοσνιάδου, Βαμβακούση, & Σκοπελίτη, 2008) και που δεν επήλθαν αυτόματα από την μία στιγμή στην άλλη, γεγονός που δείχνουμε να το παραγνωρίζουμε όταν καλούμαστε να διδάξουμε στους μαθητές μας, σε σύντομο χρονικό διάστημα, τις επιστημονικές έννοιες που είναι αποτέλεσμα της δουλειάς πολλών ανθρώπων σε μεγάλο βάθος χρόνου.

Επιπρόσθετα, οι επιστημονικές έννοιες που καλούνται να κατακτήσουν οι μαθητές, καθώς και οι επιστημονικές θεωρίες στις οποίες είναι ενταγμένες, παραβιάζουν θεμελιώδεις αρχές των “αφελών θεωριών” που έχουν για τον φυσικό κόσμο, την κοινωνία, την οικονομία, ακόμα και για την ίδια την επιστήμη και την τεχνολογία και ουσιαστικά έρχονται σε αντίθεση με έννοιες του “κοινού νου”. Έτσι, οι μαθητές για να μπορέσουν να κατακτήσουν τις νέες επιστημονικές έννοιες που διδάσκονται θα πρέπει να προχωρήσουν σε ριζικές *εννοιολογικές αλλαγές*, οι οποίες με την σειρά τους προϋποθέτουν αλλαγές σε οντολογικές κατηγορίες (Βοσνιάδου, Βαμβακούση, & Σκοπελίτη, 2008).

Για να μπορέσουμε να μειώσουμε ή να εξαλείψουμε την όποια αναποτελεσματικότητα των διδακτικών μας παρεμβάσεων στον προγραμματισμό των υπολογιστών, θα πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπόψη μας το πρόβλημα της *εννοιολογικής αλλαγής*, μέσα από μια εξελικτική διδακτική στρατηγική, η οποία θα προσομοιάζει την ανάπτυξη των επιστημονικών εννοιών και την εξελικτική ιστορική τους πορεία.

Εξάλλου, η ανάπτυξη νέων επιστημονικών εννοιών διακρίνεται από *σύνθεση προηγούμενων εννοιών, εμπειρικών δεδομένων και θεωρίας* (Πορτιδής, 2008) και πρακτικά, ίσως, δεν έχουμε τίποτα καλύτερο να κάνουμε από το να ωθήσουμε τους

μαθητές μας στο να βαδίσουν το ίδιο επιτυχημένο μονοπάτι, λαμβάνοντας ειδική πρόνοια για την κατάλληλη διδακτική προσαρμογή του.

2. Έννοιες και Εννοιολογική Αλλαγή

Το ζήτημα της οργάνωσης και αναπαράστασης των γνώσεων είναι περίπλοκο και οι γνωστικοί ψυχολόγοι έχουν διάφορες απόψεις για το πώς εξηγούνται και ερμηνεύονται τα πολύπλοκα φαινόμενα που χαρακτηρίζουν την λειτουργία του ανθρώπινου νου. Οι ψυχολόγοι υποθέτουν ότι τα θεμελιώδη στοιχεία από τα οποία αποτελείται το γνωστικό σύστημα είναι οι έννοιες και οι οποίες είναι οργανωμένες σε ευρύτερες εννοιολογικές δομές (Βοσνιάδου, 2001).

Η έννοια «έννοια» είναι ιδιαίτερα πρωταρχικό στοιχείο για να οριστεί με βάση άλλα πρωταρχικότερα, αλλά εμπλέκεται σε κάθε θεωρητική συζήτηση για την απόδοση ενός ορισμού (Καργόπουλος, 2008).

Στην σύγχρονη γνωστική επιστήμη (γνωστική ψυχολογία) υπάρχουν τρεις βασικές θεωρίες για τις έννοιες (Ψύλλος & Βοσνιάδου, 2008). Η *κλαστική* θεωρία διατείνεται ότι οι έννοιες είναι ορισμοί και με την βοήθεια κριτηρίων εξετάζεται αν κάτι εμπίπτει σ' ένα ορισμό ή όχι. Στο πλαίσιο της θεωρίας αυτής γίνεται αποδεκτή η άποψη ότι κάποιες έννοιες στερούνται δομής, είναι δηλαδή απλές ή πρωταρχικές έννοιες κι' αυτό γιατί διαφορετικά θα εμπίπταμε σε κατάσταση άπειρης αναδρομής. Με βάση λοιπόν ένα πρωταρχικό σύνολο απλών εννοιών μπορούμε να ορίσουμε τις υπόλοιπες (σύνθετες) έννοιες (Ψύλλος & Βοσνιάδου, 2008).

Η δεύτερη θεωρία για τις έννοιες υποστηρίζει ότι δεν έχουν δομή παρόμοια μ' αυτή ενός ορισμού και τα κριτήρια του τι εμπίπτει σε μια έννοια δεν αποτελούν αναγκαίες και ικανές συνθήκες. Στο πλαίσιο της θεωρίας αυτής, οι έννοιες είναι *πρότυπα ή πρωτότυπα ή υποδείγματα* και έχουν δομή παραδειγματικών περιπτώσεων. Θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι οι έννοιες λειτουργούν περισσότερο ως μηχανισμοί κατηγοριοποίησης και τα μέλη μιας κατηγορίας (αυτά δηλαδή που εμπίπτουν στην έννοια) αξιολογούνται βάσει της ομοιότητάς τους με το πρότυπο ή το υπόδειγμα (Ψύλλος & Βοσνιάδου, 2008).

Η τρίτη θεωρία για τις έννοιες υποστηρίζει ότι η απόκτηση εννοιών προϋποθέτει πρότερη γνώση υποβάθρου και όχι κριτήρια και ορισμούς, για το εάν εμπίπτει κάτι σ' αυτούς ή όχι. Η «*θεωρία της θεωρίας*» όπως ονομάζεται διατείνεται ότι οι έννοιες δεν προσδιορίζονται ούτε με τυπικά μοντέλα κατηγοριοποίησης, ούτε με ορισμούς, αλλά ενσωματώνουν διάφορες πεποιθήσεις για τον κόσμο και συνεπώς έχουν δυναμική και ολιστική δομή (Ψύλλος & Βοσνιάδου, 2008).

Η μάθηση και η απόκτηση καινούργιων γνώσεων και εννοιών επέρχεται μέσω των αλληλεπιδράσεων μεταξύ αυτών που ήδη ξέρει ένας μαθητής κι' αυτών που είτε διδάσκεται μέσω της συστηματικής διδασκαλίας (Posner et al., 1982), είτε αποκτά

μέσω άδηλων μηχανισμών μάθησης από την καθημερινή του ζωή και τις εμπειρίες του στο πλαίσιο του κοινωνικο-πολιτισμικού του περιβάλλοντος (Βοσνιάδου, Βαμβακούση, & Σκοπελίτη, 2008).

Όμως, η απόκτηση πραγματικά καινούργιας γνώσης (εξολοκλήρου καινούργιας) αφορά μόνο ένα μέρος αυτών που μαθαίνουμε στην ζωή μας, ενώ το μεγαλύτερο μέρος των γνώσεων μας είτε έχει να κάνει με την «αφομοίωση» (κατά Piaget) αυτών που ήδη γνωρίζουμε, είτε με την τροποποίηση των προϋπαρχουσών γνώσεών μας (η «συμμόρφωση» κατά Piaget) (Vosniadou & Brewer, 1987). Η απόκτηση νέων γνώσεων και εννοιών δεν θα είχε νόημα αν δεν υπήρχαν οι προϋπάρχουσες γνώσεις στο πλαίσιο των οποίων ερμηνεύεται η καινούργια εμπειρία (Vosniadou & Brewer, 1987). Επιπρόσθετα, πρέπει ν' αναφερθεί πως οι έννοιες παρουσιάζουν «αστάθεια» εξαρτώμενη από το πλαίσιο αναφοράς (Barsalou, 1987), γεγονός που μας οδηγεί ν' αναζητήσουμε μια πιο ολιστική θεώρηση της έννοιας «έννοια» (Καργόπουλος, 2008). Η διερεύνησή της πρέπει να λάβει υπόψη όλο το γνωστικό σύστημα, διότι με βάση τις έρευνες στο χώρο των νευροεπιστημών δεν υπάρχει ένα σημείο αποθήκευσης γνώσεων ή εννοιών στον ανθρώπινο εγκέφαλο, όπως στον υπολογιστή, με την μνήμη να είναι διάσπαρτη και καταναμημένη και να εμπλέκεται σε όλες τις λειτουργίες του ανθρώπινου νου (Καργόπουλος, 2008).

Συνεπώς, η αναδιοργάνωση ή ο εμπλουτισμός γνώσεων, εννοιών και εννοιολογικών δομών καθίστανται απαραίτητα προκειμένου να επέλθει η μάθηση. Η **εννοιολογική αλλαγή** μπορεί να ιδωθεί ως το προϊόν του εμπλουτισμού μιας γνωστικής ή εννοιολογικής δομής ή έννοιας ή ως το προϊόν μιας αναδιοργάνωσής τους (Βοσνιάδου, 2001). Οι Vosniadou & Brewer (1987) κάνουν λόγο για **ασθενή και ριζική αναδιοργάνωση (εννοιολογική αλλαγή)**.

Η ασθενής αναδιοργάνωση αναφέρεται στην επαύξηση και ρύθμιση ενός γνωστικού ή εννοιολογικού σχήματος ή μιας προϋπάρχουσας θεωρίας (Chi, Glaser, & Rees, 1982). Η απόκτηση γνώσεων και εννοιών μοιάζει σαν πρόσθεση αφηρημένων γνώσεων πάνω σε φτωχές βάσεις με την δομή αυτών των βάσεων σιγά-σιγά να τροποποιείται.

Η ριζική αναδιοργάνωση συνήθως περιγράφεται ως μια διαδικασία αλλαγής θεωρίας, με την καινούργια θεωρία να είναι διαφορετική τόσο ως προς την δομή, όσο και ως προς τα φαινόμενα που εξηγεί, με τις επιμέρους έννοιες που την απαρτίζουν να αντιλαμβάνονται και να κατανοούνται διαφορετικά, ενώ σε σύγκριση με την προηγούμενη θεωρία είναι πιο πλούσια σε γνωστικές και εννοιολογικές δομές (Carey, 1985). Ερευνητές που υποστηρίζουν τη θέση της ριζικής αναδιοργάνωσης επισημαίνουν τις αναλογίες μεταξύ των αλλαγών στις θεωρίες των ανθρώπων καθώς αποκτούν γνώσεις σ' ένα γνωστικό τομέα και των θεωρητικών αλλαγών που έχουν συμβεί στην ιστορία της επιστήμης (Βοσνιάδου, 2001).

Ο πρώτος που μίλησε για **εννοιολογική αλλαγή στον χώρο της εκπαίδευσης**, ήταν ο Posner και οι συνεργάτες του στο γνωστικό αντικείμενο της διδακτικής των φυ-

σικών επιστημών (Posner et al., 1982) επηρεασμένος από την κριτική που είχε ασκηθεί από τους Kuhn (1962) και Feyerabend (1962) στη λογικο-θετικιστική αντίληψη των επιστημονικών θεωριών. Ο Kuhn στο βιβλίο του *The Structure of Scientific Revolutions* (1962) εισηγήθηκε ένα ριζικά διαφορετικό τρόπο σκέψης σχετικά με την επιστημονική μεθοδολογία και γνώση και επηρέασε σε μεγάλο βαθμό την πρακτική της ιστορίας της επιστήμης και πυροδότησε έντονες διαμάχες στην φιλοσοφία της επιστήμης. Η φιλοσοφία του για την επιστήμη επηρέασε τους ακαδημαϊκούς κύκλους σε πάρα πολλούς επιστημονικούς κλάδους και η επιρροή που άσκησε ήταν τέτοια που οδήγησε στην ευρεία χρήση του όρου «Παράδειγμα» [“Paradigm”] (Ladyman, 2002).

Ο Kuhn στο έργο του υποστήριξε πως έχουμε *εννοιολογική αλλαγή*, όταν το θεωρητικό πλαίσιο («Παράδειγμα») αλλάζει και τότε οι επιστημονικοί όροι νοηματοδοτούνται διαφορετικά, γίνονται καινούργιες εννοιολογικές παραδοχές, διασαφηνίζονται νέα προβλήματα και λύσεις που μπορεί να προσφέρει το καινούργιο «Παράδειγμα», καθορίζονται ποια είναι τα τεκμήρια υπέρ της νέας θεωρίας και νέες τεχνικές, μέθοδοι και εργαλεία έρχονται να συμπληρώσουν το νέο πλαίσιο. Σ’ αυτή την περίπτωση έχουμε μία «επιστημονική επανάσταση» [“scientific revolution”], η οποία προκαλείται όταν τα μέλη της επιστημονικής κοινότητας ενός γνωστικού αντικειμένου αντιλαμβάνονται πως οι γνώσεις και οι έννοιες που διαθέτουν για την επίλυση προβλημάτων και ανάπτυξη της έρευνας δεν επαρκούν για την αντιμετώπισή τους. Όταν τα μέλη της κοινότητας θεωρούν πως το θεωρητικό πλαίσιο είναι επαρκές για την επίλυση προβλημάτων και ανάπτυξη της έρευνας, τότε έχουμε την περίοδο της «κανονικής επιστήμης», η οποία επιτρέπει επαύξηση, συμπλήρωση και ρύθμιση των γνώσεων και των εννοιών, χωρίς όμως να διαταράσσεται η εμπιστοσύνη τους σ’ αυτές και στο «Παράδειγμα» που είναι ενταγμένα (Βοσνιάδου, Βαμβακούση, & Σκοπελίτη, 2008).

Η Carey, μετά τον Posner, συνέβαλε στην μεταφορά της *εννοιολογικής αλλαγής* στον χώρο της ψυχολογίας και κατ’ επέκταση στον χώρο των παιδαγωγικών. Η Carey υποστηρίζει πως η *εννοιολογική αλλαγή* περιλαμβάνει τη δημιουργία νέων οντολογικών κατηγοριών, την υπαγωγή μιας έννοιας σε μια διαφορετική οντολογική κατηγορία ή τη διαφοροποίηση και την συγχώνευση εννοιών (Carey & Spelke, 1994).

Στο πλαίσιο της *εννοιολογικής αλλαγής* γίνεται η παραδοχή ότι οι αρχικές εξηγήσεις των μαθητών για τον φυσικό κόσμο και το κοινωνικο-πολιτισμικό τους περιβάλλον δεν βασίζονται σε ασύνδετες μεταξύ τους παρατηρήσεις, αλλά σχηματίζουν ένα συνεκτικό σώμα, μια *θεωρία πλαισίου* (η επιρροή από την εργασία του Kuhn είναι προφανής). Η αλλαγή της θεωρίας πλαισίου είναι δύσκολη γιατί είναι ένα σύστημα με συνοχή και βασίζεται κατά κύριο λόγο στην εμπειρία και επιβεβαιώνεται συνεχώς απ’ αυτήν. Όμως, οι επιστημονικές έννοιες με τις οποίες έρχονται σε επαφή οι μαθητές μέσω της συστηματικής διδασκαλίας είναι προϊόν μακράς ιστορικής εξέλιξης της επιστήμης, με ριζικές αλλαγές θεωρίας και διαφέρουν

πολύ από τις αφελείς θεωρίες του «κοινού νου» των μαθητών και των ανθρώπων που δεν είχαν την τύχη να παρακολουθήσουν προγράμματα συστηματικής διδασκαλίας (Βοσνιάδου, Βαμβακούση, & Σκοπελίτη, 2008).

Οι μαθητές όταν έρχονται σε επαφή με μια καινούργια έννοια ή με μία κατάσταση που αντιμετωπίζουν στο σχολείο ή στην καθημερινή τους ζωή σχηματίζουν άμεσα μία νοητική αναπαράσταση, ένα νοητικό μοντέλο, των αντικειμένων, των πεποιθήσεων, των σχέσεων ή των γεγονότων στα οποία γίνεται αναφορά και μεταφέρονται μέσω της αντίληψης (Βοσνιάδου, 2001). Μία **νοητική αναπαράσταση** είναι μία οποιαδήποτε σημείωση ή σημάδι ή σύνολο συμβόλων που «αναπαριστούν» κάτι εντός του νοητικού μας συστήματος (“inside our heads”), εν τη απουσία του από το φυσικό μας χώρο (Eysenck & Keane, 2000), ενώ η **αντίληψη** είναι η διαδικασία μέσω της οποίας, οι πληροφορίες που έρχονται από το περιβάλλον διαμέσου των αισθητηρίων οργάνων ερμηνεύονται, από τον ανθρώπινο εγκέφαλο για να σχηματίσουν εικόνες, ήχους, προτάσεις κ.λ.π. (Βοσνιάδου, 2001). Έτσι, όσο οι καινούργιες έννοιες και οι διδασκόμενες πληροφορίες είναι συμβατές με τις υπάρχουσες γνωστικές και εννοιολογικές δομές, όσο εμπίπτουν δηλαδή στην τρέχουσα θεωρία πλαισίου, τότε η απόκτησή τους μέσω μηχανισμών εμπλουτισμού της προϋπάρχουσας γνώσης τους λειτουργεί ικανοποιητικά και τα νοητικά μοντέλα που δημιουργούν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα (**ασθενής εννοιολογική αλλαγή**). Σε διαφορετική περίπτωση όμως (**ριζική εννοιολογική αλλαγή**), όταν η επιστημονική έννοια εντάσσεται σε θεωρητικό πλαίσιο μη συμβατό με την θεωρία πλαισίου του μαθητή, τότε οι μαθητές δημιουργούν εναλλακτικά νοητικά μοντέλα και μέσα από μια αργή και σταδιακή διαδικασία κατακτούν τελικά την επίμαχη έννοια. Πολλές φορές μάλιστα τα εναλλακτικά νοητικά μοντέλα των μαθητών μπορούμε να τα δούμε και ως «συνθετικά» μοντέλα, διότι οι μαθητές προσπαθούν να συνθέσουν με άδηλο τρόπο τις επιστημονικές πληροφορίες που τους παρέχονται, με την θεωρία πλαισίου που είχαν πρωταρχικά (Βοσνιάδου, Βαμβακούση, & Σκοπελίτη, 2008). Παρατηρούμε από τα παραπάνω μία αναλογία, πως οι μαθητές λειτουργούν ως εάν να είναι επιστήμονες στο βαθμό που σχηματίζουν μια θεωρία, την γενικεύουν και εντέλει μπορεί να την αναθεωρήσουν με βάση τα καινούργια δεδομένα που τους παρουσιάζονται μέσω της συστηματικής διδασκαλίας, είτε και γενικότερα μέσω της καθημερινής τους εμπειρίας (Vosniadou & Brewer, 1987). Όταν οι μαθητές σχηματίσουν μια θεωρία, η οποία λειτουργεί ως πλαίσιο, δεν δείχνουν ετοιμότητα να την αναθεωρήσουν αμέσως, αν τα καινούργια δεδομένα που τους παρουσιάζονται δεν συμφωνούν με την θεωρία τους και απαιτείται χρόνος μέχρι να την αναθεωρήσουν και να προχωρήσουν στον σχηματισμό μιας νεότερης θεωρίας που να συμπεριλαμβάνει και τα νεότερα δεδομένα και τις εξηγήσεις που δίνονται για την επίλυση των νέων προβλημάτων που τους παρουσιάστηκαν (Karmiloff-Smith & Inhelder, 1975).

Το ερώτημα που τίθεται μετά από όλα τα προαναφερθέντα είναι πως μπορεί ο εκπαιδευτικός να βοηθήσει τους μαθητές του στην απόκτηση γνώσεων και εννοιών,

λαμβάνοντας υπόψη του το πρόβλημα της *εννοιολογικής αλλαγής*. Η *εννοιολογική αλλαγή* μπορεί να προκληθεί είτε με τη χρήση «από κάτω προς τα πάνω» άδηλων, προσθετικών – εμπλουτιστικών μηχανισμών μάθησης, οι οποίοι *δεν είναι υπό τον συνειδητό έλεγχο του υποκειμένου (του μαθητή)*, είτε με τη χρήση «από πάνω προς τα κάτω» συνειδητών μηχανισμών προθετικής μάθησης με τη συνεχή αλληλεπίδραση του υποκειμένου και του ευρύτερου κοινωνικο-πολιτισμικού περιβάλλοντος (Βοσνιάδου, Βαμβακούση, & Σκοπελίτη, 2008). Οι «από κάτω προς τα πάνω» μηχανισμοί (bottom-up processing/data-driven processes) αφορούν σε γνωστική επεξεργασία που προκαλείται μ' ένα ευθύ και αποκλειστικό τρόπο από ερεθίσματα του εξωτερικού περιβάλλοντος, ενώ οι «από πάνω προς τα κάτω» μηχανισμοί (top-down processing/conceptually driven processes) αφορούν σε γνωστική επεξεργασία που ξεκινάει συνειδητά από το άτομο, με τις εμπειρίες, τις επιθυμίες και τις ήδη αποκτηθείσες γνωστικές δεξιότητές του να παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του αποτελέσματος της επεξεργασίας αυτής, πάνω στα ερεθίσματα (δεδομένα) του εξωτερικού περιβάλλοντος (Eysenck & Keane, 2000). Παραδείγματα για την «από κάτω προς τα πάνω» προσέγγιση είναι οι μηχανισμοί αφομοίωσης και συμμόρφωσης κατά Piaget και ο συλλογισμός με χρήση αναλογιών που βασίζονται στην ομοιότητα. Παραδείγματα για την «από πάνω προς τα κάτω» προσέγγιση είναι η σκόπιμη χρήση αναλογιών, η κατασκευή νοερών πειραμάτων και η διερεύνηση ειδικών παραδειγμάτων (Carey & Spelke, 1994). Επίσης, υπάρχουν και μηχανισμοί που βασίζονται στην επίδραση του κοινωνικού (σχολικού) περιβάλλοντος και που μπορούν να διευκολύνουν την εννοιολογική αλλαγή, όπως η συνεργασία (Miyake, 2008) και η συζήτηση στην τάξη (Hatano & Inagaki, 2003). Οι συζητήσεις στην τάξη μπορούν να είναι αποτελεσματικές στο ότι δημιουργούν τις προϋποθέσεις ώστε οι μαθητές να αναγνωρίσουν την αναγκαιότητα της αλλαγής των αντιλήψεών τους σε βάθος, αντί να αρκεστούν σε τοπικές, περιορισμένες παρεμβάσεις (Βοσνιάδου, Βαμβακούση, & Σκοπελίτη, 2008) και επιπλέον τους παρακινούν να επενδύσουν χρόνο και προσπάθεια για συνειδητή και σκόπιμη *εννοιολογική αλλαγή* (Miyake, 1986). Ο εκπαιδευτικός οφείλει επίσης να λάβει υπόψη του πως με βάση αρκετά δεδομένα από το χώρο της έρευνας οι μαθητές δημιουργούν εξειδικευμένες κατά γνωστικό πεδίο θεωρίες πλαισίου (Carey & Spelke, 1994) και ότι η διαδικασία της *εννοιολογικής αλλαγής* είναι κατά βάση αργή και σταδιακή, γιατί απαιτεί την επεξεργασία ενός πλήθους τμημάτων γνώσης, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους (Βοσνιάδου, Βαμβακούση, & Σκοπελίτη, 2008).

3. Εννοιολογική Αλλαγή και Πληροφορική

Διάφορες έρευνες που έχουν γίνει και στην Ελλάδα και στο εξωτερικό επιβεβαιώνουν ότι το πρόβλημα της εννοιολογικής αλλαγής παρουσιάζεται και στο εξειδικευμένο γνωστικό πεδίο της Πληροφορικής (Δουκάκης & Γρηγοριάδου, 2010). Πιο συγκεκριμένα, στις έρευνες αυτές διαπιστώνεται ότι οι μαθητές δημιουργούν εναλλακτικά / συνθετικά μοντέλα για τις έννοιες της μεταβλητής και της εντολής

εκχώρησης στον Προγραμματισμό των Υπολογιστών και η εκτίμηση που γίνεται είναι ότι οι προϋπάρχουσες γνώσεις από την εξειδικευμένη θεωρία πλαισίου των Μαθηματικών, για την μεταβλητή και τη σχέση ισότητας, στέκονται εμπόδιο για την απόκτησή τους στο πεδίο της Πληροφορικής, με τους μαθητές να προσπαθούν να συνθέσουν μία θεωρία βασιζόμενοι και σ' αυτά που γνωρίζουν από τα Μαθηματικά και σ' αυτά που μαθαίνουν στον Προγραμματισμό των Υπολογιστών.

Ως μία άλλη περίπτωση που θα μπορούσε να διερευνηθεί αν υφίσταται το πρόβλημα της εννοιολογικής αλλαγής και στο πεδίο της Πληροφορικής, με τους μαθητές να δημιουργούν εναλλακτικά / συνθετικά μοντέλα, είναι η περίπτωση κατά την οποία οι μαθητές της Α' Γυμνασίου κατηγοριοποιούν το ποντίκι ως συσκευή εξόδου. Όταν ερωτώνται οι μαθητές γιατί έχουν αυτή την άποψη, η απάντηση που δίνουν είναι πως με το ποντίκι επιλέγουν την «έξοδο» από μια οποιοδήποτε εφαρμογή και συνεπώς είναι συσκευή εξόδου. Αν οι υποψίες μας επιβεβαιωθούν, τότε η περίπτωση αυτή θα είναι ένα πολύ καλό παράδειγμα που εξηγεί γιατί οι ερευνητές στον χώρο της εννοιολογικής αλλαγής ισχυρίζονται πως τα εναλλακτικά / συνθετικά μοντέλα των μαθητών είναι δημιουργικά κατασκευάσματα που προσπαθούν να επιλύσουν το πρόβλημα της ασυμβατότητας των νέων πληροφοριών με τις προϋπάρχουσες γνώσεις και τα οποία συνιστούν σχετικά συνεκτικά συστήματα τα οποία έχουν *ερμηνευτική – εξηγητική ισχύ* (Βοσνιάδου, Βαμβακούση, & Σκοπελίτη, 2008).

Το ερώτημα που τίθεται είναι τι μπορούμε να κάνουμε, έτσι ώστε να μειώσουμε το χάσμα ανάμεσα στις αρχικές θεωρίες πλαισίου των μαθητών και στις νέες επιστημονικές γνώσεις που πρόκειται να διδαχθούν. Οι έρευνες που έχουν γίνει μας δείχνουν πως κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί αν σχεδιαστούν αναλυτικά προγράμματα με *μακροχρόνια προοπτική*, ώστε να λαμβάνονται υπόψη εκ των προτέρων οι έννοιες που θα διδαχθούν (πλήρης χαρτογράφησης τους), ο καθορισμός υπερκείμενων και υποκείμενων εννοιών (εννοιολογική ιεραρχία), καθώς και οι μελλοντικές επεκτάσεις ή αλλαγές στο νόημα των εννοιών, με το να εντοπίζονται τα σημεία στα οποία θα χρειαστεί εννοιολογική αλλαγή και να αναζητούνται εγκαίρως τρόποι για να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ εννοιών διαφορετικών θεωριών πλαισίου. *Η γεφύρωση αυτού του χάσματος έχει ως μεγάλο πλεονέκτημα οι μηχανισμοί εμπλουτισμού που χρησιμοποιούν αβίαστα (υποσυνείδητα) οι μαθητές να είναι αποτελεσματικοί* (Βοσνιάδου, Βαμβακούση, & Σκοπελίτη, 2008).

Μια καλή προσέγγιση για το πώς μπορούμε ν' ακολουθήσουμε τέτοιες κατευθύνσεις στην Διδασκαλία του Προγραμματισμού των Υπολογιστών είναι και η *Εξελικτική Στρατηγική στην Διδασκαλία του Προγραμματισμού των Υπολογιστών* (Φουρλάς, 2016). Συνοπτικά, στη στρατηγική αυτή, με την βοήθεια ενός προγραμματιστικού μικρόκοσμου και χρησιμοποιώντας ως βασική διδακτική μέθοδο την «επίλυση προβλήματος» ξεκινάμε από ένα πολύ μικρό και απλοϊκό πρόβλημα και σταδιακά επεκτείνουμε το αρχικό μας παράδειγμα σε άλλα περισσότερο σύνθετα προβλήματα. Το αρχικό μας παράδειγμα (πρόβλημα) μετατρέπεται σταδιακά σε υπο-

πρόβλημα ενός πιο σύνθετου προβλήματος κι' αυτό με την σειρά του σε υποπρόβλημα ενός ακόμη πιο σύνθετου. Σε κάθε ένα διαφορετικό «εξελικτικό στάδιο» μας δίνεται η ευκαιρία για διδασκαλία καινούργιων προγραμματιστικών εννοιών. Όμως, η «επίλυση προβλήματος» απαιτεί *αιτιακό τρόπο σκέψης*, αφού με βάση τα δεδομένα οι μαθητές πρέπει να οδηγούνται στην λύση του προβλήματος (Καργόπουλος, 2008), ενώ το αρχικό μας πρόβλημα που μετατρέπεται σταδιακά σε υποπρόβλημα ενός πιο σύνθετου προβλήματος εμπλέκει συλλογισμούς με χρήση *αναλογιών* και μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις *αναλογίες που βασίζονται στην ομοιότητα* (Vosniadou, 1989). Η αιτιότητα (αιτιακός τρόπος σκέψης) και η ομοιότητα αποτελούν βασικά στοιχεία στην αρχιτεκτονική και στη δυναμική της γνώσης, γεγονός μη αμφισβητήσιμο από τους ειδικούς στον χώρο της Ψυχολογίας και της Γνωσιακής Επιστήμης (Καργόπουλος, 2008). Με την αιτιότητα αναφερόμαστε σε «σταθερή σύνδεση ανάμεσα στα αίτια Α και στο αποτέλεσμα Β» σύμφωνα με τις εμπειρίες και τις γνώσεις μας, ακόμα κι' αν η σύνδεση αυτή δεν είναι άμεση, αλλά αφορά μία αλυσίδα συναφών αιτιών και αποτελεσμάτων (Ladyman, 2002), με την τελευταία περίπτωση αιτιότητας να παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την Διδακτική του Προγραμματισμού των Υπολογιστών, αφού η συντριπτική πλειονότητα των αναπτυσσομένων προγραμμάτων είναι «σύνθετες κατασκευές με δομικά στοιχεία που συνδέονται μεταξύ τους». Επίσης, η αναλογική σκέψη χρησιμοποιείται όταν κάποιος θέλει να μεταφέρει γνώσεις και εννοιολογικές δομές από ένα τομέα που γνωρίζει καλά, σ' ένα άλλο τομέα που προσπαθεί να τον κατανοήσει και να τον μελετήσει. Οι αναλογίες χρησιμοποιούνται συχνά από τους επιστήμονες για να τους βοηθήσουν στην διαδικασία της *επιστημονικής ανακάλυψης*. Η ικανότητα για αναλογική σκέψη θεωρείται ως μία σημαντική πλευρά της δημιουργικότητας (Βοσνιάδου, 2001).





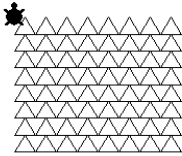
Ας δούμε πως εφαρμόζονται όλες οι παραπάνω παραδοχές. Θα ξεκινήσουμε από το σημείο στο οποίο έχει σταματήσει η υλοποίηση του παραδείγματος στο άρθρο «*Η Εξελικτική Στρατηγική στην Διδασκαλία του Προγραμματισμού των Υπολογιστών*» (Φουρλάς, 2016). Η εφαρμογή αφορά σε μαθητές της Γ' τάξης Γυμνασίου και αποτελεί την πρώτη ουσιαστική γνωριμία με τον Προγραμματισμό των Υπολογιστών, με την βοήθεια ενός προγραμματιστικού μικρόκοσμου (Logo MicroWorlds Pro). Η ανάπτυξη του παραδείγματος είχε καλύψει τους διδακτικούς στόχους των βασικών εντολών κίνησης της χελώνας *μπροστά, πίσω, αριστερά και δεξιά*, τις *αλγοριθμικές δομές ακολουθίας και επανάληψης*, τον *ορισμό και κλήση διαδικασιών* (τόσο από την γραμμή εντολών, όσο και μέσα από άλλες διαδικασίες) και το γέμισμα μιας κλειστής περιοχής με μαύρο χρώμα, έχοντας δημιουργήσει στο τέλος μία σκακιέρα 8x8, με μαύρα και άσπρα τετράγωνα.

Ο επόμενος διδακτικός στόχος (το επόμενο εξελικτικό στάδιο) θα μπορούσε να είναι η δημιουργία κανονικών πολυγώνων (όλες οι πλευρές ίσες μεταξύ τους και όλες οι γωνίες ίσες μεταξύ τους) με την βοήθεια του τύπου 360/ν, όπου ν το πλήθος των εσωτερικών γωνιών του πολυγώνου. Με την διδακτική τεχνική της *επίδει-*

ξης παρουσιάζονται στους μαθητές περιπτώσεις σχεδίασης κανονικών πολυγώνων και αμέσως μετά ζητάμε να υλοποιήσουν ένα ισόπλευρο τρίγωνο ως διαδικασία, με συγκεκριμένο μήκος πλευράς. Όταν το υλοποιήσουν, τους ζητάμε να κατασκευάσουν μία διαδικασία για την μετάβαση της χελώνας σε νέα θέση (στη κάτω δεξιά κορυφή του τριγώνου) τέτοια ώστε να σχεδιαστεί κατόπιν ένα νέο ισόπλευρο τρίγωνο, ακριβώς δίπλα. Εδώ, δίνεται η πρώτη καλή ευκαιρία για να χρησιμοποιήσουν *αναλογία μέσω ομοιότητας* και να επιλύσουν το υποπρόβλημα της «νέας_θέσης» με λογική όμοια με αυτήν που είχαν χρησιμοποιήσει, όταν το βασικό σχήμα ήταν το τετράγωνο, αλλά παράλληλα εμπλέκεται και η *αιτιότητα*, γιατί και το υποπρόβλημα και τα δεδομένα έχουν αλλάξει και πρέπει ν' αλλάξουν και οι αντίστοιχες εντολές. Στην συνέχεια, τους ζητάμε να δημιουργήσουν μια γραμμή ισόπλευρων τριγώνων σε παράθεση, με συγκεκριμένο πλήθος, όπως έκαναν και για μία γραμμή τετραγώνων. Πάλι, δίνεται η ευκαιρία στους μαθητές να χρησιμοποιήσουν *αναλογία μέσω ομοιότητας και αιτιότητα*, ώστε να επιλύσουν το νέο υποπρόβλημα με παρόμοιο τρόπο. Με παρόμοια λογική αντιμετωπίζουμε και τα υπόλοιπα υποπροβλήματα που απομένουν, έτσι ώστε να οδηγηθούμε στο τελικό σχήμα του Πίνακα 1, ένα μωσαϊκό από ισόπλευρα τρίγωνα κατ' αναλογία με μία σκακίερα 8x8, αλλά μόνο με άσπρα τρίγωνα.

Παρατηρούμε πως μ' αυτή την προσέγγιση εφαρμόζονται οι προτάσεις των ερευνητών για το πώς θα μπορούσε ν' αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της *εννοιολογικής αλλαγής* με πιο αποτελεσματικό τρόπο. Χρησιμοποιούνται οι «από κάτω προς τα πάνω» μηχανισμοί αφομοίωσης και συμμόρφωσης κατά Piaget και ο συλλογισμός με χρήση αναλογιών που βασίζονται στην ομοιότητα και έτσι αυξάνουμε την αποτελεσματικότητά τους, αφού οι μαθητές καλούνται να λύσουν τα ίδια υποπροβλήματα, όπως μ' αυτά της σκακίερας 8x8, με τις μόνες διαφορές να βρίσκονται στο βασικό «δομικό» σχήμα, δηλαδή το ισόπλευρο τρίγωνο και στις όποιες αλλαγές απαιτούνται στην επίλυση των υποπροβλημάτων, εξ αιτίας του. Συνεπώς, ο μαθητής δεν έχει να διαχειριστεί μεγάλο όγκο καινούργιας γνώσης, που σε διαφορετική περίπτωση θα επιβάρυνε την μνήμη εργασίας του και την ικανότητά του για σκέψη και κατανόηση της καινούργιας πληροφορίας, εμποδίζοντας την δημιουργία των καινούργιων δομών γνώσης (Φουρλάς, 2016). Έτσι, οι μαθητές αποκτούν έννοιες και προγραμματιστικές δεξιότητες σε βάθος χρόνου μέσα από αρκετά εξελικτικά στάδια και την δημιουργία διαδοχικών «θεωριών παισιού» και μετάβασης από το ένα στο άλλο, προσπαθώντας να μειώσουμε τις ριζικές εννοιολογικές αλλαγές (αναμφίβολα δεν μπορούμε να τις εξαλείψουμε) που θα μπορούσαν να προκαλέσουν σύγχυση και την εγκατάλειψη της προσπάθειας από την πλευρά του μαθητή.






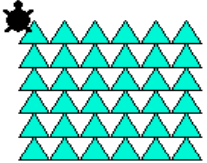
Πίνακας 1. Οι διαδικασίες για την σχεδίαση ενός μωσαϊκού ισόπλευρων τριγώνων

ΣΧΗΜΑ	ΚΩΔΙΚΑΣ
	για ισόπλευρο δε 30 επανάλαβε 3 [μπ 20 δε 120] τέλος
	για νέα_θέση επανάλαβε 2 [μπ 20 δε 120] δε 90 τέλος
	για γραμμή_ισόπλευρων επανάλαβε 8 [ισόπλευρο νέα_θέση] τέλος
	για νέα_γραμμή_μωσαϊκού στα αρ 90 μπ 160 δε 90 δε 30 μπ 20 αρ 120 μπ 20 / 2 δε 90 στκ τέλος
	για μωσαϊκό_ισόπλευρων στκ επανάλαβε 8 [γραμμή_ισόπλευρων νέα_γραμμή_μωσαϊκού] τέλος

Οι επόμενοι διδακτικοί στόχοι που θα μπορούσαν να τεθούν είναι η αλλαγή χρώματος της χελώνας (με τις δύο διαφορετικές εντολές) και η χρήση παραμέτρων στις διαδικασίες. Η χρήση όμως παραμέτρων σε διαδικασίες απαιτεί να γνωρίζει ο μαθητής την έννοια της μεταβλητής και συνακόλουθα την έννοια της εντολής εκχώρησης που είναι πάρα πολύ πιθανό ότι θα χρειαστεί εσωτερικά σε μία ή περισσότερες διαδικασίες. Μετά από τον καθορισμό των διδακτικών στόχων ξεκινάμε με την αλλαγή χρώματος και με τη χρήση της τεχνικής της επίδειξης παρουσιάζονται παραδείγματα με αλλαγές χρώματος και με την χρήση των εντολών της Logo και ζητάμε στη συνέχεια να «γεμίσουν» μ' ένα χρώμα της επιλογής τους (εκτός από μαύρο) ένα ισόπλευρο τρίγωνο. Αφού υλοποιηθεί η δραστηριότητα, στη συνέχεια, με μικρή εισήγηση και επίδειξη παρουσιάζουμε την έννοια της μεταβλητής και της εντολής εκχώρησης με πολύ απλά παραδείγματα ζητώντας από τους μαθητές να τα υλοποιήσουν κι' αυτοί. Κατόπιν, τους παρουσιάζεται η έννοια της παραμέτρου σε διαδικασία και μάλιστα ως μεταβλητή με την οποία μπορούμε να περάσουμε μέσω αυτής τιμές στο εσωτερικό μιας διαδικασίας. Ακολουθούν μικρά παραδείγματα με επίδειξη και υλοποίηση από τους μαθητές και στη συνέχεια επιστρέφουμε στο παράδειγμα του μωσαϊκού των ισόπλευρων τριγώνων ζητώντας να περάσουν παράμετρο χρώματος στο προηγούμενο έργο. Αφού το υλοποιήσουν

αυτό το στάδιο ζητάμε εν συνεχεία να περάσουν και παράμετρο μήκους πλευράς για τα ισόπλευρα τρίγωνα και μετά παράμετρο πλήθους γραμμών σε επόμενο στάδιο. Για εξάσκηση θα μπορούσαμε να ζητήσουμε από τους μαθητές να δώσουν ξεχωριστές παραμέτρους για το πλήθος γραμμών του σχήματος και για το πλήθος στηλών (Πίνακας 2).


Πίνακας 2. Η σχεδίαση ενός μωσαϊκού ισόπλευρων τριγώνων με παραμέτρους

ΣΧΗΜΑ	ΚΩΔΙΚΑΣ
	για ισόπλευρο :μήκος δε 30 επανάλαβε 3 [μπ :μήκος δε 120] τέλος
	για χρωμ_ισόπλευρο :χρ στα δε 30 μπ 5 θέσεχρώμα :χρ γέμισε θέσεχρώμα "μαύρο πίσω 5 αρ 30 σκ τέλος
	για νέα_θέση :μήκος επανάλαβε 2 [μπ :μήκος δε 120] δε 90 τέλος
	για γραμμή_ισόπλευρων :τρίγωνα :χρ :μήκος επανάλαβε :τρίγωνα [ισόπλευρο :μήκος χρωμ_ισόπλευρο :χρ νέα_θέση :μήκος] τέλος
	για νέα_γραμμή_μωσαϊκού :τρίγωνα :μήκος στα αρ 90 μπ :μήκος * :τρίγωνα δε 90 δε 30 μπ :μήκος αρ 120 μπ :μήκος / 2 δε 90 σκ τέλος
	για μωσαϊκό_ισόπλευρων :επίπεδα :μήκος :χρ σκ κάνε "τρίγωνα :επίπεδα επανάλαβε :επίπεδα [γραμμή_ισόπλευρων :τρίγωνα :χρ :μήκος νέα_γραμμή_μωσαϊκού :τρίγωνα :μήκος] τέλος

Όταν οι μαθητές μας υλοποιήσουν κι' αυτό το στάδιο θα μπορούσαμε να τους ζητήσουμε να φτιάξουν μία «πυραμίδα» από ισόπλευρα τρίγωνα (ένα ισόπλευρο τρίγωνο αποτελούμενο από ισόπλευρα τρίγωνα) και μπορεί να υλοποιηθεί με μικρές αλλαγές σε λίγες διαδικασίες απ' αυτές που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2, μόνο

που η συγκεκριμένη δραστηριότητα είναι απαιτητική στη χρήση της έννοιας της μεταβλητής και της εντολής εκχώρησης (θα μπορούσε να θεωρηθεί κι' ως διευρέυνηση ειδικού παραδείγματος, προσέγγιση «από πάνω προς τα κάτω»). Τώρα οι μαθητές μας έχουν σχηματίσει στην μακρόχρονη μνήμη τους αρκετά τμήματα γνώσεων (chunks) που παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη σκέψη (Φουρλάς, 2016) και σιγά-σιγά θα είναι σε θέση να εκδηλώσουν αναλυτικές και γενικότερα μεταγνωστικές δεξιότητες (Brown & DeLoach, 1978). Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται μόνο οι διαδικασίες που αλλάζουν.

Πίνακας 3. Ένα μέρος των διαδικασιών για την σχεδίαση μίας «πυραμίδας» από ισόπλευρα τρίγωνα με παραμέτρους χρώματος, μήκους πλευράς και επιπέδων

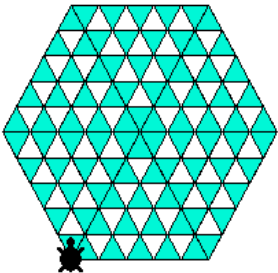
ΣΧΗΜΑ	ΚΩΔΙΚΑΣ
	για νέα_γραμμή :τρίγωνα :μήκος αρ 90 μπ :μήκος * :τρίγωνα δε 90 δε 30 μπ :μήκος αρ 30 τέλος
	για πυραμίδα :επίπεδα :μήκος :χρ στικ κάνε "τρίγωνα :επίπεδα επανάλαβε :επίπεδα [γραμμή_ισόπλευρων :τρίγωνα :χρ :μήκος νέα_γραμμή :τρίγωνα :μήκος κάνε "τρίγωνα :τρίγωνα - 1] τέλος

Ας αναλογιστεί κάποιος πόσο δυσκολότερο θα ήταν το έργο των μαθητών αν δεν είχαν παρεμβληθεί τα στάδια υλοποίησης του μωσαϊκού ισόπλευρων τριγώνων (με και χωρίς παραμέτρους) και επιχειρούσαμε να υλοποιήσουμε την συγκεκριμένη δραστηριότητα ως σχετικά απαιτητική και εκτεταμένη εργασία. Τα ενδιάμεσα στάδια λειτουργούν ως «γέφυρα» μετάβασης σε πιο απαιτητικές έννοιες εμπλέκοντας όμως εκτεταμένα τους μηχανισμούς εμπλουτισμού «από κάτω προς τα πάνω». Στο επόμενο στάδιο μπορούμε ν' αξιοποιήσουμε την «πυραμίδα» (ισόπλευρο τρίγωνο φτιαγμένο από ισόπλευρα τρίγωνα) για να κατασκευάσουμε ένα «χαρταετό» (κανονικό εξάγωνο) από «πυραμίδες». Απαιτείται η υλοποίηση μόνο μίας απλής διαδικασίας που παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.

Αυξάνοντας ακόμα περισσότερο το δείκτη δυσκολίας στη χρήση μεταβλητών και εντολών εκχώρησης θα μπορούσαμε να ζητήσουμε από τους μαθητές σε επόμενο στάδιο να γεμίσουν με ένα διαφορετικό χρώμα τα λευκά ισόπλευρα τρίγωνα του «χαρταετού» και κατόπιν να δοκιμάσουν την δημιουργία ενός χαρταετού με τυχαία χρώματα (απαιτείται επίδειξη της σχετικής εντολής της Logo). Τώρα, θα μπορούσαμε να εισάγουμε εντολές εισόδου και εξόδου για την λήψη των τιμών των παραμέτρων των διαδικασιών από τον χρήστη (θα μπορούσε να είχε γίνει και σε κάποιο

από τα αμέσως προηγούμενα στάδια στα οποία χρησιμοποιήθηκαν παράμετροι σε διαδικασίες) και αμέσως μετά μπορούμε να θέσουμε ως στόχο διδασκαλίας την έννοια της αλγοριθμικής δομής επιλογής, έτσι ώστε ο χρήστης να διαλέγει ένα από τα παραπάνω σχήματα που θα ήθελε να σχεδιαστεί.

Πίνακας 4. Η διαδικασία για την σχεδίαση ενός «χαρταετού» από «πυραμίδες» με παραμέτρους χρώματος, μήκους πλευράς και επιπέδων (πλήθους τριγώνων)

ΣΧΗΜΑ	ΚΩΔΙΚΑΣ
	για χαρταετός_από_ισόπλευρα :επίπεδα :μήκος :χρ στικ επανάλαβε 6 [πυραμίδα :επίπεδα :μήκος :χρ αρ 30 πίσω :μήκος * :επίπεδα αρ 30] τέλος

Στην πορεία θα μπορούσαν να τεθούν περισσότερο απαιτητικοί στόχοι. Ο κατάλληλος συνδυασμός του «χαρταετού» και της «πυραμίδας» μας δίνει την «σκακιέρα» του παιχνιδιού Chinese checkers, όπου η υλοποίηση του παιχνιδιού θα μπορούσε να οδηγήσει ακόμα και σε αλλαγή προγραμματιστικού παραδείγματος (αντικειμενοστραφής προγραμματισμός) ή / και σε αλλαγή προγραμματιστικού περιβάλλοντος.

4. Εκτιμήσεις – Συμπεράσματα

Η εμπειρία του διδάσκοντα από την εφαρμογή των προτάσεων των ειδικών από το χώρο της Ψυχολογίας και της Γνωσιακής Επιστήμης, πάνω στο πρόβλημα της *εννοιολογικής αλλαγής*, στη Διδασκαλία του Προγραμματισμού των Υπολογιστών, είναι θετική. Όμως, για να έχουμε περισσότερο χειροπιαστά συμπεράσματα τόσο για τις πραγματικές θετικές επιπτώσεις, όσο και για τις εναλλακτικές μακροχρόνιες προσεγγίσεις που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και τα σημεία που θα απαιτούσαν την ιδιαίτερη προσοχή του διδάσκοντα απαιτείται συστηματικότερη έρευνα.

Αναφορές

Barsalou, L. W. (1987). The instability of graded structure: Implications for the nature of concepts. In U. Neisser (Ed.), *Concepts and conceptual development* (pp. 101-140). Cambridge: Cambridge University Press.

Brown, A.L., & DeLoach, J.S. (1978). Skills, plans and self-regulation. In R.S. Siegler (Ed.), *Children's Thinking. What Develops?* (pp. 3-35). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S., & Spelke, E. (1994). Domain-specific knowledge and conceptual change. In L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Eds), *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture* (pp. 169-200). Cambridge: Cambridge University Press.
- Chi, M. T. H., Glaser, R., & Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. In Sternberg R. J. (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (Vol. 2). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2000). *Cognitive Psychology: A Student's Handbook*. Hove: Psychology Press.
- Feyerabend, P. K. (1962). Explanation, reduction, and empiricism. In H. Feigl & G. Maxwell (Eds), *Minnesota studies in the philosophy of science* (Vol. 3: Scientific explanation, space and time). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Hatano, G., & Inagaki, K. (2003). When is conceptual change intended? A cognitive-sociocultural view. In G. M. Sinatra & P. R. Pintrich (Eds), *International conceptual change* (pp. 407-427). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Karmiloff-Smith, A., & Inhelder, B. (1975). If you want to get ahead, get a theory. *Cognition*, 3, 195-211.
- Kuhn, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Ladyman, J. (2002). *Understanding Philosophy of Science*. London & New York: Routledge.
- Miyake, N. (1986). Constructive interaction and the iterative process of understanding. *Cognitive Science*, 10, 151-177.
- Miyake, N. (2008). Conceptual change through collaboration. In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 453-478). New York: Routledge.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Vosniadou, S. (1989). Analogical Reasoning and Knowledge Acquisition: A Developmental Perspective. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 413-422). New York: Cambridge University Press.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring with development. *Review of Educational Research*, 57, 51-67.

- Βοσνιάδου, Σ. (2001). *Εισαγωγή στην Ψυχολογία, Τόμος Α'*. Αθήνα: Gutenberg.
- Βοσνιάδου, Σ., Βαμβακούση, Ξ., & Σκοπελίτη, Ε. (2008). Το πρόβλημα της εννοιολογικής αλλαγής στην ψυχολογία της μάθησης. Στο Σ. Βοσνιάδου (επιμ.), *Νόησις, 03* (σσ. 137-180). Αθήνα: *τυπωθήτω*.
- Δουκάκης, Δ., & Γρηγοριάδου, Μ. (2010). Συνθετικά μοντέλα στην κατανόηση της μεταβλητής και της εντολής απόδοσης τιμής στον Προγραμματισμό. *5^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής της Πληροφορικής*, Αθήνα, 75-80.
- Καργόπουλος, Φ. (2008). Έννοιες, Επαγωγή και Απαγωγή. Στο Σ. Βοσνιάδου (επιμ.), *Νόησις, 03* (σσ. 17-44). Αθήνα: *τυπωθήτω*.
- Πορτίδης, Δ. (2008). Η ανάπτυξη των επιστημονικών εννοιών και η εξελικτική ιστορία των επιστημονικών μοντέλων. Στο Σ. Βοσνιάδου (επιμ.), *Νόησις, 03* (σσ. 115-135). Αθήνα: *τυπωθήτω*.
- Φουρλάς, Δ. (2016). Η Εξελικτική Στρατηγική στην Διδασκαλία του Προγραμματισμού των Υπολογιστών. *8th Conference on Informatics in Education 2016 - Η Πληροφορική στην Εκπαίδευση*, Πειραιάς, 504-519.
- Ψύλλος, Σ., & Βοσνιάδου, Σ. (2008). Προλεγόμενα. Στο Σ. Βοσνιάδου (επιμ.), *Νόησις, 03* (σσ. 5-15). Αθήνα: *τυπωθήτω*.

Abstract

Conceptual change is considered by the researchers as one of the most basic reasons for the failure of the students in understanding of the concepts they are taught. In this problem we consider that the preexistent knowledge and concepts of the students are framed in a different theoretical context, with a different conceptual structure than the new ones that must be acquired through teaching. This specific approach is originated from the Kuhn's work in philosophy and history of science and has influenced the way of how conceptual change is analyzed and faced as a problem. This particular one has been also noticed in the teaching of computer programming and in this article is proposed an approach in order to face it, based on causality and similarity which are considered to be basic elements of the architecture of knowledge.

Keywords: scientific concepts, conceptual change, evolutionary strategy, computer programming.