

«Αναλογικός Αναστοχασμός: Αναστοχασμός σε Αναλογικά Μοντέλα, μέσα από Μεταγνωστικές Δραστηριότητες Μοντελοποίησης σε Τεχνολογικό Περιβάλλον»

Γιώργος Κρητικός¹, Αγγελική Δημητρακοπούλου²

¹Φυσικός, MSc, MEd, Υπ. Διδάκτωρ Παν. Αιγαίου

gkritikos@sch.gr

²Καθηγήτρια Παν. Αιγαίου

adimitr@aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα σύγχρονα εκπαιδευτικά τεχνολογικά περιβάλλοντα δεν εστιάζουν τόσο στην απόκτηση γνώσης, αλλά στοχεύουν στην ενεργοποίηση των μεταγνωστικών λειτουργιών των μαθητών. Ο αναστοχασμός λειτουργεί ως προωθητικός παράγοντας για τη μεταγνώση. Στην παρούσα εργασία γίνεται ανασκόπηση διαφόρων ερευνών σχετικά με τον αναστοχασμό σε τεχνολογικά περιβάλλοντα και παράλληλα περιγράφεται το θεωρητικό πλαίσιο του αναλογικού συλλογισμού. Μέσα από την ανασκόπηση και σε συνδυασμό με τα πλεονεκτήματα του αναλογικού συλλογισμού, προτείνουμε ένα εναλλακτικό είδος αναστοχασμού, τον "αναλογικό αναστοχασμό". Ο αναλογικός αναστοχασμός αποτελεί μέρος μιας έρευνάς μας, που βρίσκεται σε πιλοτικό στάδιο, η οποία αξιοποιεί τα αναλογικά μοντέλα ως μεταγνωστικά εργαλεία. Η βασική μας υπόθεση είναι η εξής: Στον ίδιο-αναστοχασμό, είναι πολύ πιθανό κάποιο λάθος να μην αναγνωριστεί από τον ίδιο τον δημιουργό-μαθητή, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί λανθασμένο στερεότυπο. Με τον συγκριτικό αναστοχασμό η πιθανότητα αυτή είναι ίσως λίγο μικρότερη, αφού ενδεχομένως οι τρίτοι (συμμαθητές) να μην έχουν κάνει το ίδιο λάθος. Θεωρούμε ότι η πιθανότητα αυτή ελαχιστοποιείται μέσω ενεργοποίησης αναλογικού αναστοχασμού, αφού είναι πιο εύκολο να αναγνωριστεί η παράξενη συμπεριφορά στο οικείο γνωστικό πεδίο μιας αναλογίας, της οποίας η κανονική συμπεριφορά είναι γνωστή. Τέλος, παρουσιάζουμε συνοπτικά ένα διδακτικό πλαίσιο στο οποίο οι μαθητές καλούνται να συλλογιστούν αναλογικά και να αναστοχαστούν σε δραστηριότητες μοντελοποίησης, με σκοπό την αξιοποίηση και βελτίωση των μεταγνωστικών τους ικανοτήτων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: αναστοχασμός, αναλογικός συλλογισμός, μεταγνώση, μοντελοποίηση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος "μεταγνώση" χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Flavell τη δεκαετία του '70, προκειμένου να περιγράψει τη γνώση που έχει το άτομο για τις διαδικασίες της σκέψης του. Σήμερα, ο όρος μεταγνώση βρίσκεται στην κορυφή του ερευνητικού ενδιαφέροντος, τόσο στον τομέα της Διδακτικής όσο και της Γνωστικής Ψυχολογίας. Ενόψει της σύστασης του Συμβουλίου σχετικά με τις βασικές ικανότητες για τη διδασκαλία, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (26/09/2006) καθόρισε μεταξύ άλλων τις μεταγνωστικές ικανότητες, ως εξής: "Ως μεταγνωστικές ικανότητες νοούνται η ικανότητα επιδίωξης και επιμονής στη μάθηση, η ικανότητα οργάνωσης της ατομικής μάθησης, με τη βοήθεια και της αποτελεσματικής διαχείρισης του χρόνου και της πληροφορίας, σε ατομικό και συλλογικό επίπεδο. Η ικανότητα αυτή περιλαμβάνει την επίγνωση της διαδικασίας μάθησης και των αναγκών για μάθηση ενός ατόμου, προσδιορίζοντας τις διαθέσιμες ευκαιρίες, και την ικανότητα αντιμετώπισης των εμποδίων προκειμένου να αποβεί η μάθηση επιτυχής. Η εν λόγω ικανότητα σημαίνει απόκτηση, επεξεργασία και αφομοίωση των νέων γνώσεων και δεξιοτήτων καθώς και αναζήτηση και χρησιμοποίηση κατάλληλης καθοδήγησης" (europarl.europa.eu).

Σκοπός των ερευνητών είναι η μελέτη των συνιστωσών που ενισχύουν τις μεταγνωστικές ικανότητες. Ο αναστοχασμός λειτουργεί ως προωθητικός παράγοντας της μεταγνώσης και μπορεί να ενισχυθεί από τον αναλογικό συλλογισμό. Κατά τον αναλογικό συλλογισμό, ο μαθητής χρησιμοποιεί τη γνώση που κατέχει σε ένα γνωστικό πεδίο προκειμένου να κατανοήσει ένα άγνωστο πεδίο.

Ως μεταγνώση ορίζεται η γνώση της γνώσης, δηλαδή η ενημερότητα επίγνωσης ή άγνοιας. Σύμφωνα με την Κωσταρίδου-Ευκλείδη (2005) η μεταγνώση αφορά την παρακολούθηση και τον έλεγχο της γνώσης. Η μεταγνώση τοποθετείται σε ένα ανώτερο επίπεδο μετά την γνώση, στο οποίο αναπαριστάται η γνώση προκειμένου να μελετηθεί. Για παράδειγμα, στο τέλος μιας σειράς δραστηριοτήτων, οι μαθητές καλούνται να μελετήσουν την πορεία τους και να τεκμηριώσουν ή να αναθεωρήσουν τα πορίσματά τους. Ωστόσο, η μεταγνώση μπορεί με τη σειρά της να μελετηθεί σε ακόμη ανώτερα επίπεδα. Μιλάμε, δηλαδή, για τη μεταγνώση της μεταγνώσης, όπου σημαντικές συνιστώσες αποτελούν ο αναστοχασμός και η αυτορρύθμιση. Κάθε φορά που το άτομο αναστοχάζεται ανεβαίνει επίπεδα μεταγνώσης και έτσι οδηγείται στην αυτορρύθμιση.

ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΜΟΣ

Στις διερευνητικές δραστηριότητες εποικοδομητικού χαρακτήρα, σημαντική είναι η συνεισφορά του αναστοχασμού. Στη φάση του αναστοχασμού οι μαθητές μελετούν τη διαδικασία που ακολούθησαν κατά την επίλυση ενός προβλήματος. Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές ελέγχουν τη μάθησή τους, μαθαίνουν (συνειδητοποιούν) σταδιακά πώς μαθαίνουν και, συνεπώς, λειτουργούν μεταγνωστικά. Ο αναστοχασμός επιτυγχάνεται ευκολότερα και αποδοτικότερα όταν οι μαθητές αναλαμβάνουν ενεργό ρόλο, όπως για

παράδειγμα ο ρόλος του ερευνητή (Elbers, 2003). Για τον Freire (TAP, 2000), ο αναστοχασμός αποτελεί βασικό στοιχείο της εκπαίδευσης, μέσω του οποίου οι μαθητές γίνονται πρωταγωνιστές και όχι θεατές των ενεργειών τους. Ο αναστοχασμός μπορεί να οριστεί ως η νοητική διεργασία κατά την οποία ο μαθητής μελετά την πορεία των ενεργειών του προκειμένου να αναθεωρήσει ή να ενισχύσει τα συμπεράσματά του. Μέσω του αναστοχασμού ο μαθητής ανατροφοδοτείται με στοιχεία από τη δραστηριότητα, τις εμπειρίες και τις ιδέες του, καθοδηγούμενος προς την αυτοαξιολόγηση των επιδόσεών του. Η φάση του αναστοχασμού λαμβάνει χώρα είτε κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων (*reflection-in-action*) είτε μετά το πέρας αυτών (*reflection-on-action*). Επομένως, ο αναστοχασμός αποτελεί δομικό στάδιο της μεταγνωστικής διεργασίας. Σημαντικός είναι ο ρόλος της μεταγνωστικής υποστήριξης στη φάση του αναστοχασμού. Τα σύγχρονα τεχνολογικά περιβάλλοντα μάθησης μεταγνωστικού χαρακτήρα περιλαμβάνουν εργαλεία που παρωθούν τους μαθητές στον αναστοχασμό.

ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΣ ΣΥΛΛΟΓΙΣΜΟΣ

Ο αναλογικός συλλογισμός είναι η νοητική διεργασία, μέσω της οποίας ο μαθητευόμενος προσαρμόζει τις γνώσεις του από ένα οικείο γνωστικό πεδίο στο πεδίο που μελετάται, εφόσον τα δύο πεδία παρουσιάζουν ομοιότητες (Ραβάνης, 2001). Κατά τον αναλογικό συλλογισμό, ο μαθητής πρέπει να είναι σε θέση να αναλύει και να συγκρίνει. Κορυφαίοι ψυχολόγοι, όπως ο Spearman και ο Piaget, θεωρούν τον αναλογικό συλλογισμό ως βασική λειτουργία της ανθρώπινης ευφυΐας, γι' αυτό και αξιοποιείται στις ερωτήσεις των τεστ ευφυΐας (Ματσαγγούρας, 1994:37).

Τα μοντέλα που δημιουργούνται στο πλαίσιο του αναλογικού συλλογισμού ονομάζονται αναλογικά μοντέλα (ή ανάλογα). Το βασικό τους χαρακτηριστικό, που τα διακρίνει από τα υπόλοιπα μοντέλα, είναι ότι δεν αναπαριστούν το σύστημα που μελετάται, αλλά ένα άλλο σύστημα που παρουσιάζει παρόμοια συμπεριφορά. Το σύστημα που αναπαρίσταται ονομάζεται "πηγή" (ή "αναλογία"), ενώ το σύστημα που μελετάται ονομάζεται "στόχος". Ένας στόχος μπορεί να σχετίζεται με πηγές από διαφορετικά πεδία (Meyer, 2002). Για παράδειγμα, ένα δίκτυο υπολογιστών (στόχος) μπορεί να αναπαρασταθεί με διαφορετικές αναλογίες (πηγές), όπως οδικό δίκτυο, σιδηροδρομικό δίκτυο ή ταχυδρομείο. Τα χαρακτηριστικά της πηγής, τα οποία παρουσιάζουν ομοιότητες με χαρακτηριστικά του στόχου, συγκρίνονται και αντιστοιχούνται ένα προς ένα. Αυτού του είδους η σύγκριση ονομάζεται "θετική αναλογία". Αν ορισμένα χαρακτηριστικά της πηγής δεν παρουσιάζουν ομοιότητα με χαρακτηριστικά του στόχου, τότε η σύγκριση ονομάζεται "ουδέτερη αναλογία". Τέλος, αν υπάρχουν χαρακτηριστικά της πηγής που εμφανίζουν αντιθέσεις με χαρακτηριστικά του στόχου, τότε η σύγκριση ονομάζεται "αρνητική αναλογία". Οι αρνητικές αναλογίες ενδέχεται να δημιουργήσουν στους μαθητές παρανοήσεις και γι' αυτό θα πρέπει να διασαφηνίζονται με ιδιαίτερη έμφαση. Στον Πίνακα 1 (Harrison, 2002) παρουσιάζονται ορισμένες θετικές και αρνητικές

αναλογίες ανάμεσα στην επιστημονική έννοια "συνοχή και σχήματα μορίων" και το αναλογικό μοντέλο "μπαλόνια συνδεδεμένα μεταξύ τους".

	Επιστημονική έννοια Συνοχή και σχήματα μορίων η ατόμων	Αναλογικό μοντέλο Μπαλόνια συνδεδεμένα μεταξύ τους
Θετικές αναλογίες	Ένα (ή περισσότερα) κεντρικά άτομα ενώνεται με τα υπόλοιπα.	Το δέσιμο των μπαλονιών γίνεται σε ένα (ή περισσότερα) κεντρικά σημεία.
	Ένα άτομο συνδέεται στο άκρο κάθε δεσμού.	Στο κάθε άκρο των σχοινιών υπάρχει ένα μπαλόνι.
Αρνητικές αναλογίες	Υπάρχει συγκεκριμένος αριθμός ηλεκτρονίων ανά στοιβάδα.	Δεν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό μπαλονιών.
	Η ηλεκτρονική πυκνότητα δεν είναι ομοιόμορφη.	Η πυκνότητα του αέρα είναι ομοιόμορφη.

Πίνακας 1: Θετικές και αρνητικές αναλογίες ανάμεσα στην επιστημονική έννοια "συνοχή και σχήματα μορίων ή ατόμων" και το αναλογικό μοντέλο "μπαλόνια συνδεδεμένα μεταξύ τους" (Harrison, 2002).

Οι αναλογίες και τα αναλογικά μοντέλα συγκαταλέγονται στα μεταγνωστικά εργαλεία των μαθητών. Οι Else et al. (2002) υποστηρίζουν, ότι η χρήση των αναλογιών ενδείκνυται στις περιπτώσεις όπου οι μαθητές δεν μπορούν να οικοδομήσουν και να κατανοήσουν τις επιστημονικές έννοιες άμεσα με λογικές εξηγήσεις. Δίνουν προτεραιότητα στα μοντέλα των ίδιων των μαθητών όταν μπορούν να οικοδομήσουν και να κατανοήσουν τις επιστημονικές έννοιες, ενώ καταφεύγουν στις αναλογίες μόνο σε αντίθετη περίπτωση.

Ωστόσο, η συσχέτιση ανάμεσα στην πηγή και τον στόχο ενδέχεται να δημιουργήσει παρερμηνείες εξαιτίας των αρνητικών αναλογιών. Στο παράδειγμα του υδραυλικού ανάλογου για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα (το οποίο διδάσκεται και στη Φυσική Γενικής Παιδείας της Β' Λυκείου) αν ο αγωγός σπάσει σε κάποιο σημείο στο κάτω μέρος του κυκλώματος, το νερό θα διαφύγει από τον αγωγό, κάτι το οποίο δε συμβαίνει με τα ηλεκτρόνια του ηλεκτρικού κυκλώματος. Επιπλέον, θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη η ηλικία των μαθητών, καθώς σύμφωνα με την κλασσική θεωρία του Piaget που αναφέρεται στα στάδια γνωστικής ανάπτυξης, τα παιδιά που βρίσκονται στο στάδιο των συγκεκριμένων λειτουργιών (concrete operations) δεν είναι σε θέση να κάνουν λογικές αναγωγές από ένα σύστημα σε ένα άλλο.

Ο ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΜΟΣ ΣΤΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΜΑΘΗΣΗΣ

Διάφοροι ερευνητές έχουν μελετήσει τον ρόλο του αναστοχασμού στη μάθηση. Παρακάτω παρουσιάζουμε μία ανασκόπηση ερευνών, εστιάζοντας στον τρόπο με τον οποίο υποστηρίζεται ο αναστοχασμός, μέσω τεχνολογικών περιβαλλόντων μάθησης. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ο μαθητής μαθαίνει

μεταγνωστικά όταν γνωρίζει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η σκέψη του. Στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το μοντέλο μαθητή (student model), το οποίο αποθηκεύει πληροφορίες που αναφέρονται στις ενέργειές του μαθητή. Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης της προηγούμενης γενιάς "έκρυβαν" το μοντέλο μαθητή από τον χρήστη. Τα σύγχρονα συστήματα, προκειμένου να προαγάγουν τον αναστοχασμό, "φανερώνουν" το μοντέλο μαθητή και γι' αυτό χαρακτηρίζονται ως "Open Learner Modelling (OLM)". Ένα απλοϊκό σύστημα OLM είτε περιορίζει τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται στον μαθητή, είτε του παρέχει όλη την πληροφορία χωρίς καμιά ιδιαίτερη ταξινόμηση. Αν όμως ένα σύστημα διαμοιράσει το μοντέλο μαθητή σε μικρά τμήματα, ειδικά για ένα συγκεκριμένο σκοπό, τότε χαρακτηρίζεται ως "Active Open Learner Modelling" (Hansen & McCalla, 2003). Το μοντέλο μαθητή μπορεί να είναι εμφανές τόσο στον ίδιο τον μαθητή (για ιδιο-αναστοχασμό) όσο και στους συμμαθητές του (για συγκριτικό αναστοχασμό).

Το W-ReTuDiS (Web-Reflective Tutorial Dialogue System) (Tsaganou et al., 2004; Τσαγκάνου & Γρηγοριάδου, 2006) είναι ένα διαδικτυακό σύστημα OLM διαλογικού τύπου, το οποίο χρησιμοποιεί τους διαλόγους με βάση το μοντέλο μαθητή και βρίσκει εφαρμογή στη διδακτική ιστορικών κειμένων. Το σύστημα αρχικά θέτει στον μαθητή ερωτήσεις κλειστού τύπου, ενώ στο τέλος επιστρέφει στον μαθητή τις απαντήσεις του, σχολιάζοντας τις λανθασμένες και επικυρώνοντας τις ορθές. Ο μαθητής μπορεί να ζητήσει από το σύστημα να του δώσει περαιτέρω εξηγήσεις. Και σε αυτή την περίπτωση, το σύστημα ενεργοποιεί τον διάλογο με τον μαθητή, προκειμένου να τον οδηγήσει στον αναστοχασμό.

Άλλο ένα tutoring σύστημα, το DIALOG, προτείνουν οι Tsovaltzi & Fiedler (2003). Το σύστημα χρησιμοποιεί τη φυσική γλώσσα, αξιοποιώντας αλγορίθμους τεχνητής νοημοσύνης. Ο αναστοχασμός προκύπτει μέσα από τους Σωκρατικούς διαλόγους.

Οι Kor et al. (2001) υποστηρίζουν πως ο Σωκρατικός διάλογος προωθεί τον αναστοχασμό με στόχο την εννοιολογική αλλαγή. Για να ξεπεραστούν οι περιορισμοί που φέρει η φυσική γλώσσα στους Σωκρατικούς διαλόγους, προτείνουν μία εναλλακτική μορφή Σωκρατικού διαλόγου, τον εικονογραφημένο Σωκρατικό διάλογο, μέσα από το Spring Balance System (SBS). Το SBS περιλαμβάνει έτοιμα μοντέλα που σχετίζονται με την Αρχή του Αρχιμήδη, ενώ προσφέρει δύο βασικά εργαλεία: ένα για τη δημιουργία ποιοτικών καρτεσιανών γραφημάτων (graphing tool) και ένα για τη διαχείριση (manipulating tool) των μεταβλητών (όχι περισσότερες από μία ταυτόχρονα). Ο αναστοχασμός προκύπτει με έμμεση ανατροφοδότηση και μέσα από δύο προσεγγίσεις: 1) Διαφορετικό Πρόβλημα και Παρόμοια Λύση (Different Problem and Similar Solution, DPSS) και 2) Παρόμοιο Πρόβλημα και Διαφορετική Λύση (Similar Problem and Different Solution, SPDS). Και οι δύο προσεγγίσεις αξιοποιούν τα λάθη των μαθητών. Στην προσέγγιση DPSS, αφού οι μαθητές έχουν καταλήξει σε μία λανθασμένη λύση, τροφοδοτούνται με ένα νέο πρόβλημα διαφορετικής δομής και λύσης από το αρχικό, το οποίο όμως

έχει παρόμοια λύση με αυτή των μαθητών. Στην προσέγγιση SPDS, αφού οι μαθητές έχουν καταλήξει σε μία λανθασμένη λύση, τροφοδοτούνται με ένα νέο πρόβλημα παρόμοιας δομής και λύσης, το οποίο όμως έχει διαφορετική λύση από αυτή των μαθητών.

Παρόμοια προσέγγιση με τους Kor et al. (2001), όσον αφορά στην αξιοποίηση του λάθους, ακολούθησαν οι Hirashima & Horiguchi (2003) με τη βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης. Στο διδακτικό πλαίσιο που προτείνουν, ο αναστοχασμός αναδεικνύεται μέσα από την προσαρμοστική καθοδήγηση των μαθητών. Υποστηρίζουν πως αν ένας μαθητής απλώς παρακολουθεί (monitoring) τις ενέργειες του ή τα αποτελέσματα των ενεργειών του, τότε δεν είναι σίγουρο ότι θα αναστοχαστεί. Ο αναστοχασμός θα ενεργοποιηθεί όταν ο μαθητής παρατηρήσει κάτι παράξενο στις ενέργειες του ή στα αποτελέσματα των ενεργειών του. Ωστόσο, για να εντοπιστεί το παράξενο-διαφορετικό, ο μαθητής θα πρέπει να γνωρίζει το ορθό. Τότε ο μαθητής έχει "ενημερότητα παράξενης συμπεριφοράς" (conflict awareness). Ένα εργαλείο που βοηθάει προς αυτή την κατεύθυνση είναι απεικόνιση των ενεργειών (ή των αποτελεσμάτων) του μαθητή σε τέτοια διάταξη που η διαφορετικότητα είναι εμφανής (difference mapping), με αποτέλεσμα την οπτικοποίηση της διαφορετικότητας (difference visualization).

Σύμφωνα με τους Cimolino et al. (2003), οι χάρτες εννοιών υποστηρίζουν τη μάθηση μέσω του αναστοχασμού. Στην εργασία τους προτείνεται το λογισμικό σύστημα VCM (Verified Concept Mapper, Χαρτογράφος Επικυρωμένων Εννοιών) ως μία καινοτομική μορφή δημιουργίας χαρτών εννοιών. Η καινοτομία του έγκειται στην επικύρωση των εμπλεκόμενων εννοιών από τους μαθητές. Για παράδειγμα, ο εκπαιδευτικός μπορεί να προσφέρει υλικό στους μαθητές, μέσα από το οποίο να τους ζητήσει να κατασκευάσουν ένα χάρτη εννοιών. Όταν οι μαθητές ολοκληρώσουν τον χάρτη, τον υποβάλουν στο σύστημα, το οποίο με τη σειρά του ελέγχει για λάθη ή "παράξενες" ενέργειες. Σε αυτό το στάδιο, οι μαθητές επικυρώνουν ή απορρίπτουν τις επιλογές των ενεργειών τους. Σύμφωνα με τα πειραματικά αποτελέσματα, η διεπιφάνεια επικύρωσης του λογισμικού φάνηκε εξαιρετικά σημαντική για την υποστήριξη των μαθητών στη φάση του αναστοχασμού. Ώθησε τους μαθητές να επιστρέψουν πίσω στον χάρτη τους και να αποφασίσουν τι ήταν σωστό και τι λάθος πάνω σε αυτόν.

Οι Toth et al. (2002) προσέγγισαν τρία ζητήματα σχετικά με τη μάθηση: τις δραστηριότητες με τις οποίες εμπλέκονται οι μαθητές κατά την επιστημονική διερεύνηση, τα εργαλεία που χρησιμοποιούν και την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων. Η προσέγγιση έγινε μέσα από ένα διδακτικό πλαίσιο, στο οποίο εστίασαν στη συνεισφορά 1) των εργαλείων αναπαράστασης σε τεχνολογικό περιβάλλον και 2) του αναστοχασμού στην επιστημονική σκέψη. Τα εργαλεία αναπαράστασης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν είτε χάρτες εννοιών είτε κείμενα. Οι χάρτες σχεδιάστηκαν στο λογισμικό περιβάλλον Belvedere. Ο αναστοχασμός επιτεύχθηκε μέσα από διερευνητικές ρουμπρίκες με συγκεκριμένα κριτήρια αξιολόγησης. Ο σχεδιασμός της έρευνας περιελάμβανε τις εξής 2×2 συνθήκες: 1.1: χαρτογράφηση και αναστοχασμός,

1.2: χαρτογράφηση χωρίς αναστοχασμό, 2.1: κείμενο και αναστοχασμός, 2.2: κείμενο χωρίς αναστοχασμό. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι χάρτες εννοιών αποδείχθηκαν αποτελεσματικότεροι από τα κείμενα. Η υπεροχή της χαρτογράφησης ενισχύθηκε από τον αναστοχασμό στη διερευνητική διαδικασία. Συνεπώς, η συνθήκη 1.1 (χαρτογράφηση και αναστοχασμός) αποδείχθηκε ως καταλληλότερη για τις διερευνητικές δραστηριότητες.

Οι Σούλιος κ.ά. (2007), μελέτησαν την επίδραση του αναστοχασμού στις μεταγνωστικές διεργασίες και στη βελτίωση της γνωστικής επίδοσης. Το δείγμα αποτελούνταν από 34 μαθητές της Στ' τάξης Δημοτικού, από τους οποίους ζητήθηκε να επιλύσουν προβλήματα απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Στη φάση των προφορικών συνεντεύξεων, οι μαθητές κλήθηκαν να αναστοχαστούν πάνω στη διαδικασία επίλυσης των προβλημάτων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, οι μαθητές μετά τον αναστοχασμό δίνουν περισσότερο ακριβείς μεταγνωστικές εκτιμήσεις ως προς τις γνωστικές τους επιδόσεις.

Σύμφωνα με τους de Jong & van Joolingen (2007), στη διερευνητική μάθηση περιλαμβάνονται πέντε βασικά στάδια: 1) *Καθορισμός του προβλήματος*: οι μαθητές καθορίζουν και αναλύουν το πρόβλημα, 2) *Υπόθεση*: επιλέγεται ένα επιμέρους θέμα προς διερεύνηση, 3) *Πειραματισμός*: δοκιμάζεται η υπόθεση, 4) *Συμπεράσματα*: εξάγονται συμπεράσματα για την εγκυρότητα της υπόθεσης και γεννιούνται νέες ιδέες και 5) *Αξιολόγηση*: αναστοχασμός της μαθησιακής πορείας στο γνωστικό αντικείμενο. Φαίνεται, λοιπόν, ότι ο αναστοχασμός προκύπτει μέσα από το στάδιο της αξιολόγησης των ενεργειών των μαθητών κατά τη διερευνητική δράση, όπως και στην έρευνα των White et al. (1999) που θα δούμε παρακάτω. Κατά την αξιολόγηση οι μαθητές αναστοχάζονται στην πορεία τους από την αρχή μέχρι τα αποτελέσματα και προσπαθούν να μάθουν μέσα από τις εμπειρίες τους. Ο αναστοχασμός πραγματοποιείται στο τέλος των δραστηριοτήτων.

Οι van Joolingen et al. (2005) διαφοροποιούν τον "αναστοχασμό-στη-δράση" (reflection-on-action) από τον "αναστοχασμό-εν-δράσει" (reflection-in-action). Θεωρούν ότι ο αναστοχασμός-στη-δράση αποτελεί την αξιολόγηση της δραστηριότητας στο τέλος των διαφόρων σταδίων της, ενώ ο αναστοχασμός-εν-δράσει είναι ένα είδος παρακολούθησης της πορείας της δραστηριότητας κατά τη διάρκειά της. Η Manlove (2007) χρησιμοποιεί επίσης τη διάκριση του αναστοχασμού-στη-δράση από τον αναστοχασμό-εν-δράσει, όπως έχει οριστεί από τον Schön (1991). Ο αναστοχασμός-στη-δράση προκύπτει από την ανάγκη για ανακεφαλαίωση, προκειμένου να γίνει αποτίμηση των δραστηριοτήτων. Αντίθετα, ενώ με τον αναστοχασμό-εν-δράσει ελέγχεται η πορεία της δραστηριότητας σε κάποιο στάδιο και καθορίζεται η εξέλιξή της μέχρι το επόμενο στάδιο. Ως εκ τούτου, ο αναστοχασμός-στη-δράση ταυτίζεται με την αποτίμηση των ενεργειών (Reflection-on-action≡Evaluation), ενώ ο αναστοχασμός-εν-δράσει ταυτίζεται με την παρακολούθηση των ενεργειών (Reflection-in-action≡Monitoring). Τα γνωστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τα μετασχηματιστικά και τα ρυθμιστικά. Οι προσομοιώσεις και οι μοντελοποιήσεις

αποτελούν παραδείγματα μετασχηματιστικών γνωστικών εργαλείων. Τα ρυθμιστικά εργαλεία παρέχουν στους μαθητές υποδείξεις/υπενθυμίσεις και προωθούν τον αναστοχασμό, εκμαιεύοντας από αυτούς επεξηγήσεις σχετικά με την πορεία της εργασίας τους.

Όπως προέκυψε από τις εργασίες του συνεδρίου Euro-CSCL2001 (Lakkala et al., 2001), ενώ οι παραδοσιακές εκπαιδευτικές πρακτικές οδηγούν τους μαθητές στο να υιοθετούν και να απομνημονεύουν επιστημονικές θεωρίες χωρίς να αναστοχάζονται, οι συνεργατικές τεχνολογίες προάγουν, μεταξύ άλλων, τον αναστοχασμό. Έτσι, τα αποτελέσματα του αναστοχασμού ενισχύονται όταν το περιβάλλον μάθησης είναι συνεργατικό, διότι τότε ο μαθητής αντικρίζει περισσότερα πηγαία δεδομένα σε σχέση με την ατομική μάθηση. Ο εντοπισμός λαθών και, κατά συνέπεια, η εννοιολογική αλλαγή έχει μεγαλύτερες πιθανότητες να αναδειχθεί αν ο μαθητής, εκτός από τη δική του δραστηριότητα, αναστοχάζεται πάνω στις ιδέες των συμμαθητών του (Manlove, 2007).

Στην εργασία των White et al. (1999) διερευνάται η ορθότητα της εξής υπόθεσης: Τα κοινωνικογνωστικά υπολογιστικά συστήματα γίνονται περισσότερο κατανοητά όταν υποστηρίζονται από μία κοινότητα λογισμικών πρακτόρων (software agents). Η έρευνα βασίζεται στο σύστημα πρακτόρων SCI-WISE, στο οποίο κάθε πράκτορας κατέχει τον δικό του ρόλο και προσπαθεί να διεκπεραιώσει συγκεκριμένους στόχους. Παραδείγματα τέτοιων πρακτόρων είναι οι Planner, Collaborator, Assessor, Inventor, Analyzer. Οι διερευνητικές δραστηριότητες που έλαβαν χώρα στην έρευνα των White et al. (1999), ακολουθούν τον κύκλο "Ερώτημα – Υπόθεση – Διερεύνηση – Ανάλυση – Μοντελοποίηση – Αξιολόγηση". Αρχικά, τίθεται στους μαθητές ένα ερώτημα σχετικά με ένα φαινόμενο (ή διαδικασία). Οι μαθητές διατυπώνουν μία υπόθεση, η οποία στη συνέχεια διερευνάται. Στη συνέχεια αναλύονται τα αποτελέσματα της διερεύνησης και ακολουθεί η μοντελοποίηση του φαινομένου (ή της διαδικασίας). Ο κύκλος ολοκληρώνεται με την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, όπου οι μαθητές αναστοχάζονται στη συνολική πορεία των δραστηριοτήτων τους και αναζητούν τα όρια ισχύος των μοντέλων τους.

Στην έρευνά τους, χρησιμοποίησαν 3 ομάδες ελέγχου και 3 πειραματικές. Οι πειραματικές ομάδες ακολούθησαν τη Διαδικασία Αναστοχαστικής Αποτίμησης (Reflective Assessment Process), κατά την οποία δόθηκαν στους μαθητές ορισμένα κριτήρια αξιολόγησης των δραστηριοτήτων. Έτσι, οι μαθητές αναστοχάστηκαν κρίνοντας σε ποιο βαθμό επετεύχθησαν τα κριτήρια αυτά. Τα κριτήρια ταξινομήθηκαν σε τρεις κατηγορίες: υψηλού επιπέδου, γνωστικού πεδίου και κοινωνικής φύσεως.

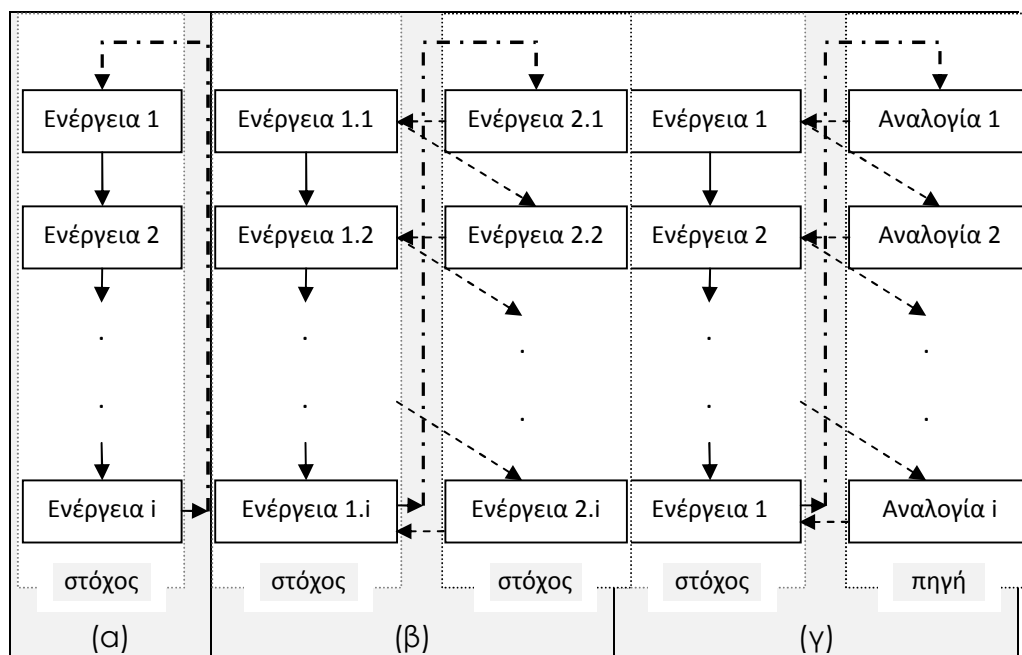
Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές που ακολούθησαν τη Διαδικασία Αναστοχαστικής Αποτίμησης πέτυχαν πολύ καλύτερη βαθμολογία στο τελικό τεστ. Ειδικότερα οι μαθητές χαμηλού γνωστικού επιπέδου ευνοήθηκαν σε μεγαλύτερο βαθμό, αφού είχαν τη μεγαλύτερη βελτίωση των επιδόσεων ανάμεσα στο αρχικό και το τελικό τεστ.

ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΣ ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΜΟΣ

Στη φάση του αναστοχασμού, οι εκπαιδευτικοί (ή τα λογισμικά) ζητούν από τους μαθητές να αναστοχαστούν πάνω στις ενέργειές τους, με σκοπό την ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων, δηλαδή, να αντιληφθούν τον τρόπο με τον οποίο μαθαίνουν και να είναι σε θέση να αναθεωρούν. Καθώς ένας μαθητής αναστοχάζεται, ξανασκέφτεται την πορεία που ακολούθησε και, με την κατάλληλη καθοδήγηση από τον εκπαιδευτή, μπορεί να αναθεωρήσει. Η καθοδήγηση μπορεί να περιλαμβάνει ερωτήσεις σχετικά με την τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων ή να επισημαίνεται το λάθος. Για παράδειγμα, σε μια δραστηριότητα σε τεχνολογικό περιβάλλον πάνω στην Αρχή Διατήρησης της Μηχανικής Ενέργειας κατά την ελεύθερη πτώση, ένας μαθητής διατυπώνει τη φράση: *"καθώς το σώμα κατεβαίνει, αυξάνεται η κινητική ενέργεια και, συνεπώς, αυξάνεται η μηχανική ενέργεια"*. Μία προσομοίωση της κίνησης του σώματος, στην οποία αναγράφεται κάθε στιγμή η τιμή της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας, οπτικοποιεί το λάθος του μαθητή, οδηγώντας τον σε πιθανή αναθεώρηση. Ωστόσο, με αυτήν την παρέμβαση ο μαθητής δεν ανακαλύπτει το λάθος του.

Αντίθετα, αν οι μαθητές παρατηρήσουν μία προσομοίωση ενός αναλογικού μοντέλου, τότε η αναθεώρηση είναι πιο ουσιαστική, καθώς ο μαθητής ανακαλύπτει το λάθος του μέσα από τις υπάρχουσες γνώσεις του στο οικείο γνωστικό πεδίο της αναλογίας. Συνεπώς, διακρίνουμε τον αναστοχασμό σε τρία είδη, ανάλογα με το αν οι μαθητές αναστοχάζονται στις ενέργειές τους, ή στις ενέργειες τρίτων, ή σε μία αναλογία. Τα είδη του αναστοχασμού που παρατηρήσαμε σε προηγούμενες έρευνες προκύπτουν μέσα από την παρατήρηση των ενεργειών του ίδιου του μαθητή (**ιδιο-αναστοχασμός, self-reflection**) ή των συμμαθητών του (**συγκριτικός αναστοχασμός, comparative reflection**). Το εναλλακτικό είδος που προτείνουμε προκύπτει από μία αντιπαραβολή των ενεργειών του μαθητή μέσα από μία αναλογία (**αναλογικός αναστοχασμός, analogical reflection**). Κατά την αντιπαραβολή, ο μαθητής καλείται να συσχετίσει την πηγή με τον στόχο (Σχήμα 1). Έτσι, αναστοχάζεται στις δικές του ενέργειες μέσα, όμως, από ένα οικείο γνωστικό πεδίο, την αναλογία.

Η βασική μας υπόθεση είναι η εξής: Στον ιδιο-αναστοχασμό, είναι πολύ πιθανό κάποιο λάθος να μην αναγνωριστεί από τον ίδιο τον δημιουργό-μαθητή, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί λανθασμένο στερεότυπο. Με τον συγκριτικό αναστοχασμό η πιθανότητα αυτή είναι ίσως λίγο μικρότερη, αφού ενδεχομένως οι τρίτοι (συμμαθητές) να μην έχουν κάνει το ίδιο λάθος. Σχεδόν μηδενική πιθανότητα μπορεί να υπάρξει με τον αναλογικό αναστοχασμό, αφού είναι πιο εύκολο να αναγνωριστεί η παράξενη συμπεριφορά στο οικείο γνωστικό πεδίο μιας αναλογίας, της οποίας η κανονική συμπεριφορά είναι γνωστή.



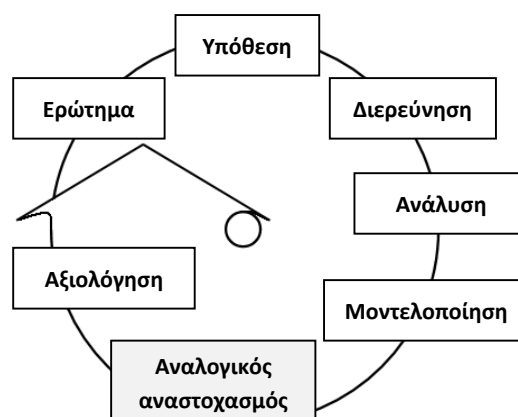
Σχήμα 1: (α) ιδιο-αναστοχασμός, (β) συγκριτικός αναστοχασμός (γ) αναλογικός αναστοχασμός.

Με τον αναλογικό αναστοχασμό αξιοποιούνται οι ορθές αντιλήψεις των μαθητών στην αναθεώρηση λανθασμένων αντιλήψεων. Ο αναλογικός αναστοχασμός, ως ιδέα για ανάπτυξη της προτεινόμενης έρευνάς μας, προέκυψε από την ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης και συγκεκριμένα από τη σύνθεση του αναλογικού συλλογισμού με τον συγκριτικό αναστοχασμό:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Αναλογικός συλλογισμός} \\ \text{Συγκριτικός αναστοχασμός} \end{array} \right\} \text{Αναλογικός αναστοχασμός}$$

Σκοπός της προτεινόμενης έρευνας είναι να μελετηθεί η συνεισφορά του αναλογικού αναστοχασμού στη μεταγνώση των μαθητών, σε σχέση με τον ιδιο-αναστοχασμό και τον συγκριτικό αναστοχασμό.

Ενδεικτική δραστηριότητα: "Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας (ΑΔΜΕ)"



Σχήμα 2: Ο κύκλος διερευνητικών δραστηριοτήτων των White et al. (1999) με επιπλέον το εμβόλιμο στάδιο "αναλογικός αναστοχασμός".

Με βάση τον διερευνητικό κύκλο των White et al (1999), προτείνουμε την παρακάτω διερευνητική δραστηριότητα για μαθητές Β' Λυκείου, στην οποία έχουμε προσθέσει το εμβόλιμο στάδιο "αναλογικός αναστοχασμός" (Σχήμα 2). Έτσι, ενώ οι White et al (1999) ανέδειξαν τον ίδιο-αναστοχασμό στο στάδιο της "αξιολόγησης", στην έρευνά μας ο αναστοχασμός προκύπτει μέσα από ένα ξεχωριστό στάδιο και με διαφορετικό τρόπο.

ΕΡΩΤΗΜΑ: Ποιες μετατροπές ενέργειας συμβαίνουν καθώς ένα σώμα ολισθαίνει σε λείο κεκλιμένο επίπεδο, κινούμενο από την κορυφή προς τη βάση;

ΥΠΟΘΕΣΗ: Ελάττωση ύψους $\Rightarrow$ ελάττωση δυναμικής ενέργειας (U)

Αύξηση ταχύτητας $\Rightarrow$ αύξηση κινητικής ενέργειας (K)

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ: Μελέτη προσομοίωσης για την ανακάλυψη των συσχετισμών μεταξύ των μεγεθών.

ΑΝΑΛΥΣΗ: Μελέτη έτοιμων γραφημάτων που περιγράφουν την κίνηση (π.χ. από το Interactive Physics).

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ: Δημιουργία μοντέλων από τους μαθητές στο εκπαιδευτικό λογισμικό μεταγνωστικής υποστήριξης MODELLINGSPACE.

ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΣ ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΜΟΣ: Δίνεται στους μαθητές το ανάλογο μετάγγισης νερού από ένα δοχείο σε ένα άλλο και τους ζητείται να εντοπίσουν και να περιγράψουν τις αναλογίες.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ: Εύρεση των ορίων ισχύος των μοντέλων, με διερεύνηση μέσα από άλλες πραγματικές καταστάσεις. Π.χ. Ύπαρξη τριβής... $\Rightarrow$ ΘΜΚΕ (Θεώρημα Μεταβολής Κινητικής Ενέργειας). Στην περίπτωση που το μοντέλο πρέπει να αναμορφωθεί, ώστε να ταιριάζει σε διαφορετικές καταστάσεις, θα ζητηθεί από τους μαθητές να αναμορφώσουν αντίστοιχα και το ανάλογο, ξεκινώντας ένα νέο διερευνητικό κύκλο.

Τονίζουμε ότι η δραστηριότητα δεν αποτελεί διδακτική προσέγγιση των γνωστικών αντικείμενων, τα οποία είναι απλώς ενδεικτικά. Η έρευνα εστιάζει στην ανάδειξη του αναστοχασμού μέσα από την δραστηριότητα, για την ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ένα από τα βασικά αντικείμενα μελέτης των ερευνητών στη σύγχρονη εκπαιδευτική τεχνολογία είναι οι συνιστώσες που ενισχύουν τις μεταγνωστικές ικανότητες. Ο αναστοχασμός (reflection), ως προωθητικός παράγοντας της μεταγνώσης, μπορεί να ενισχυθεί από τον αναλογικό συλλογισμό (analogical reasoning). Κατά τον αναλογικό συλλογισμό, ο μαθητής χρησιμοποιεί τη γνώση που κατέχει σε ένα γνωστικό πεδίο προκειμένου να κατανοήσει ένα άγνωστο πεδίο. Οι έρευνες για την ανάδειξη του αναστοχασμού βασίζονται, εν γένει, στους διαλόγους εκπαιδευτή-μαθητή. Ο εκπαιδευτής μπορεί να είναι είτε ο ίδιος ο εκπαιδευτικός σε παραδοσιακό ή τεχνολογικό περιβάλλον, είτε κάποιο λογισμικό-πράκτορας, είτε η διεπιφάνεια ενός λογισμικού. Οι διάλογοι περιλαμβάνουν ερωτήσεις προς τους μαθητές σχετικά με την πορεία που ακολούθησαν κατά τη διάρκεια μιας δραστηριότητας και την τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων τους. Εκτός από τις ερωτήσεις, οι εκπαιδευτές αντιπαραθέτουν

σχόλια-προτάσεις όταν εντοπίσουν τα λάθη των μαθητών, προκειμένου να αναθεωρήσουν.

Στις περισσότερες έρευνες, τα τεχνολογικά περιβάλλοντα βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη αξιοποιώντας το μοντέλο μαθητή, το οποίο είτε το εμφανίζουν στον μαθητή (Hansen & McCalla, 2003) είτε το αποκρύπτουν. Ο αναστοχασμός μπορεί να αφορά στις ιδέες του ίδιου του μαθητή (ιδιο-αναστοχασμός) ή και των συμμαθητών του (συγκριτικός αναστοχασμός) (Manlove, 2007). Πέρα από το μοντέλο μαθητή, άλλα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης που προάγουν τον αναστοχασμό είναι οι Σωκρατικοί διάλογοι (Tsaganou et al., 2004; Tsovaltzi & Fiedler, 2003; Kor et al., 2001), τα λογισμικά-πράκτορες (White et al., 1999) και οι χάρτες εννοιών (Cimolino et al., 2003).

Ωστόσο, χάρτες εννοιών χρησιμοποιούνται ως αναστοχαστικά εργαλεία και από τεχνολογικά περιβάλλοντα που δε βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (Toth et al., 2002). Άλλα λογισμικά εκμεταλλεύονται τα λάθη των μαθητών (Cimolino et al., 2003; Hirashima & Horiguchi, 2003) για να τους ωθήσουν στον αναστοχασμό. Εκτός από τα τεχνολογικά περιβάλλοντα, ο αναστοχασμός των μαθητών μπορεί να προκύψει και σε παραδοσιακά περιβάλλοντα (Σούλιος κ.ά., 2007) μέσα από προφορικές συνεντεύξεις, μετά από μία παραδοσιακή (μη τεχνολογικού περιβάλλοντος) δραστηριότητα επίλυσης προβλημάτων.

Στην παρούσα εργασία, παρουσιάσαμε συνοπτικά ένα διδακτικό πλαίσιο στο οποίο οι μαθητές συλλογίζονται αναλογικά, προκειμένου να αναστοχαστούν σε δραστηριότητες μοντελοποίησης, με σκοπό την αξιοποίηση και βελτίωση των μεταγνωστικών τους ικανοτήτων. Αυτού του είδους τον αναστοχασμό το ονομάσαμε αναλογικό αναστοχασμό, διαφοροποιώντας το από τον ιδιο-αναστοχασμό και τον συγκριτικό αναστοχασμό. Υποθέτουμε ότι τα λάθη των μαθητών μπορούν να αναγνωριστούν πιο εύκολα με τον αναλογικό αναστοχασμό απ' ό,τι με τα άλλα δύο είδη αναστοχασμού. Η υπόθεσή μας στηρίζεται στην ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης και συγκεκριμένα στη σύνθεση των πλεονεκτημάτων από τον αναλογικό συλλογισμό και τον συγκριτικό αναστοχασμό. Προκειμένου να διερευνηθεί η υπόθεσή μας, την τρέχουσα περίοδο σχεδιάζουμε μία έρευνα που αξιοποιεί το διδακτικό πλαίσιο που περιγράψαμε παραπάνω. Κλείνοντας, παραθέτουμε μία φράση του Oscar Wilde, η οποία αναδεικνύει αφενός την αξία του αναστοχασμού και αφετέρου το μειονέκτημα του ιδιο-αναστοχασμού.

Μου αρέσει να ακούω τον εαυτό μου να μιλάει. Είναι μία από τις μεγαλύτερες απολαύσεις μου. Συχνά έχω μεγάλους διαλόγους με τον εαυτό μου και είμαι τόσο έξυπνος που μερικές φορές δεν καταλαβαίνω ούτε λέξη από όσα λέω.

Oscar Wilde

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Cimolino L., Kay J. & Miller A. (2003). "Incremental Student Modeling and Reflection by Verified Concept-Mapping", *Proceedings of AIED2003*, July 20-24, Sydney, Australia.

2. Elbers E. (2003). "Classroom Interaction as Reflection: Learning and Teaching Mathematics in a Community of Inquiry", *Journal of Educational Studies in Mathematics*, Vol. 54, No 1, pp. 77-99.
3. Else M., Ramirez M. & Clement J. (2002). "When are Analogies the Right Tool? A Look at the Strategic Use of Analogies in Teaching Cellular Respiration to Middle-School Students", *Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science*, 10-13 January 2002.
4. Hansen C. & McCalla G. (2003). "Active Open Learner Modelling", *Proceedings of AIED2003*, 20-24 July, Sydney, Australia.
5. Harrison A. (2002). "Analogical Transfer – Interest is Just as Important as Conceptual Potential", *Annual meeting of the Australian Association for Research in Education*, Brisbane, 1-5 December 2002.
6. Hirashima T., Horiguchi T. (2003). "Difference Visualization to Pull the Trigger of Reflection", *Proceedings of AIED2003*, 20-24 July, Sydney, Australia, pp. 592-601.
7. van Joolingen W., de Jong T., Lazonder A., Savelsbergh E. & Manlove S. (2005). "Co-Lab: research and development of an on-line learning environment for collaborative scientific discovery learning", *Computers in human behavior*, Vol. 21. No 4, pp. 671-688.
8. Kor A., Self J. & Tait K. (2001). "Pictorial Socratic dialogue and conceptual change", *International Conference on Computers in Education (ICCE 2001)*, Seoul, Korea.
9. Lakkala M., Rahikainen M. & Hakkarainen K. (Eds) (2001). "Perspectives of CSCL in Europe: A Review", *ITCOLE Project*, Information Society Technologies.
10. Manlove S. (2007). *Regulative Support During Inquiry Learning with Simulation and Modeling*, Doctoral Dissertation, University of Twente.
11. Meyer C. (2002). "Hypermedia Environment for learning concepts based on inter-domain analogies as an educational strategy", *Proceedings of 6th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Cerri S., Gouardères G. & Paraguaçu F. (Eds.), Springer, pp. 281–290.
12. Schön, D. (1991). *The reflective practitioner*, 1st ed, Aldershot, Hants England: Arena Ashgate Publishing Limited.
13. TAP (2000). "TAP into Learning", *Technology Assistance Program*, Vol. 3, No 2, url: <http://www.sedl.org/pubs/tapinto/v3n2.pdf>
14. Toth, E., Suthers, D., and Lesgold, A. (2002). "Mapping to know: The Effects of Evidence Maps and Reflective Assessment on Scientific Inquiry", *Science Education*, Vol. 86, No 2, pp. 264-286.
15. Tsaganou G., Grigoriadou M. & Cavoura Th. (2004). "W-ReTuDiS: a Reflective Tutorial Dialogue System", *Proceedings of 4th Panellenic Conference with International Participation "Information and Communication Technologies in Education" (ETPE2004)*, Athens, pp. 738-746.

-
16. Tsovaltzi D. & Fiedler A. (2003). "An Approach to Facilitating Reflection in a Mathematics Tutoring System", *Proceedings of AIED2003*, 20-24 July, Sydney, Australia, pp. 278-287.
 17. White B., Shimoda T. & Frederiksen J. (1999). "Enabling Students to Construct Theories of Collaborative Inquiry and Reflective Learning: Computer Support for Metacognitive Development", *Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 10, No 2, pp. 151-182.
 18. Κωσταρίδου-Ευκλείδη Α. (2005). *Μεταγνωστικές Διεργασίες και Αυτό-ρύθμιση*, Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
 19. Μασαγγούρας Η. (1994). *Θεωρία και Πράξη της Διδασκαλίας*, τόμος 2, "Στρατηγικές Διδασκαλίας: Από την Πληροφόρηση στην Κριτική Σκέψη", Αθήνα: Συμμετρία.
 20. Ραβάνης Κ. (2001). *Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση*, Αθήνα: Τυπωθήτω.
 21. Σούλιος Ι., Γωνίδα Ε. & Ψύλλος Δ. (2007). "Αναστοχασμός και μεταγνωστικές δεξιότητες κατά την επίλυση προβλημάτων Φυσικής με απλά ηλεκτρικά κυκλώματα", *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, ΚοΔιΦΕΕΤ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Μάρτιος 15-18, Τόμος Α, σσ. 202-210.
 22. Τσαγκάνου Μ. & Γρηγοριάδου Μ. (2006). "Εξοικείωση με διαλογικά συστήματα μέσω σχεδίασης δραστηριοτήτων με το συγγραφικό εργαλείο του συστήματος ReTuDis", *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή "Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση"*, ΕΤΠΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης & Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη, σσ. 375-383.