

Διερεύνηση νοητικών μοντέλων για την ανάπτυξη - θρέψη των φυτών με εννοιολογική χαρτογράφηση και εκπαιδευτικό λογισμικό

Εργαζάκη Μαρίντα^(*), Κόμης Βασίλης, Ζόγκζα Βάσω
ergazaki@upatras.gr, komis@upatras.gr, zogza@upatras.gr
Πανεπιστήμιο Πατρών,

Θεματική Ενότητα: Αναπαραστάσεις και νοητικά μοντέλα μαθητών για τις Φυσικές Επιστήμες
Επίπεδο Εκπαίδευσης: Γυμνάσιο
Κατηγορία Εργασίας: Μελέτη περίπτωσης

Περίληψη: Η επινόηση και δημιουργία μοντέλων που περιγράφουν, εξηγούν ή προβλέπουν τη συμπεριφορά δυναμικών συστημάτων αποτελεί σημαντικό μέρος της επιστημονικής πρακτικής και προϋποθέτει τη διαμεσολάβηση απλών ή εξελιγμένων εργαλείων. Είναι, επίσης, εγγενές στοιχείο της μαθησιακής δραστηριότητας και κατά συνέπεια απασχολεί τους ερευνητές στη Διδακτική των Επιστημών. Η μελέτη περίπτωσης που παρουσιάζεται στο άρθρο αυτό εντάσσεται στο πλαίσιο μιας ευρύτερης πιλοτικής έρευνας και εξετάζει την πορεία μοντελοποίησης ενός ανοικτού προβλήματος Βιολογίας από μαθητές Γυμνασίου με δύο διαφορετικά εργαλεία: ανάπτυξη εννοιολογικού χάρτη με 'χαρτί-μολύβι' και δημιουργία μοντέλου με ανοικτό εκπαιδευτικό λογισμικό (Δημιουργός_Μοντέλων). Η προσέγγισή μας εστιάζει κυρίως στην αλληλουχία των επιμέρους βημάτων της πορείας οικοδόμησης του μοντέλου, η οποία μας δίνει στοιχεία για το επίπεδο – μακρο ή μικρο - στο οποίο συλλογίζονται τα παιδιά, καθώς και για την ικανότητά τους να μετακινούνται μεταξύ των δύο επιπέδων, κατά την οικοδόμηση του μοντέλου τους στα δύο διαφορετικά περιβάλλοντα.

^(*)πρόσωπο επικοινωνίας

Λέξεις Κλειδιά: νοητικό μοντέλο, μοντελοποίηση, εννοιολογική χαρτογράφηση, εκπαιδευτικό λογισμικό, ανάπτυξη – θρέψη φυτού, φωτοσύνθεση.

Exploring students' mental models about plant growth with concept mapping and educational software

Ergazaki Marida^(*), University of Patras, ergazaki@upatras.gr
Komis Vassilis, University of Patras, komis@upatras.gr
Zogza Vasso, University of Patras, zogza@upatras.gr

Conference Theme: Learner representations and conceptual models in Science
Educational Level: Lower Secondary
Paper Classification: Case Study

Abstract: The construction of models which describe, explain or predict the behavior of dynamic systems is considered to be a significant part of the scientific enterprise, and is mediated by simple or evolved tools. It is also a component inherent in the learning procedure and hence it concerns the researchers of Science Education. The case study presented here is a part of a larger pilot research and it focuses on the modeling procedure of an open biological problem solved by high-school students using two different tools: creation of a concept map by 'paper & pencil' and creation of a model using an open educational software ('Models Creator'). Our approach focuses on the sequence of the steps followed by the students. This gives us some evidence about the level – makro or mikro – on which they function and their capability to shift from a concrete level to an abstract one and vice versa, while constructing their model in two different environments.

^(*)contact person

Keywords: mental model, modeling, concept mapping, educational software, plant growth, fotosynthesis.

Θεωρητική προβληματική

Ένας από τους χώρους όπου οι σύγχρονες έρευνες στη Διδακτική των Επιστημών εστιάζουν το ενδιαφέρον τους είναι η διερεύνηση των νοητικών μοντέλων των μαθητών, στην προοπτική της κατανόησής τους ως επιστημολογικά εμπόδια και ως επεξηγηματικά συστήματα του πραγματικού κόσμου (Astolfi & Develay, 1989, Ραβάνης, 1999). Κάτω από το πρίσμα αυτό αναζητούν τόσο την προέλευση των νοητικών μοντέλων και τον τρόπο με τον οποίο οργανώνονται, όσο και τις μεθόδους και τις τεχνικές οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν στο μετασχηματισμό τους. Η διερεύνηση των νοητικών μοντέλων των μαθητών αποτελεί συνεπώς πρωταρχικό βήμα στο πλαίσιο μιας οικοδομητικής προσέγγισης της διδασκαλίας και της μάθησης.

Έρευνες σχετικά με τα νοητικά μοντέλα για την ανάπτυξη - θρέψη των φυτών έχουν αναδείξει σημαντικά γνωστικά εμπόδια μέσα σε ένα πλαίσιο προβολής του μοντέλου του ζώου (μοντέλο της ετερότροφης θρέψης) στο φυτό. Τα εμπόδια αυτά αφορούν στην έννοια της τροφής και τη σύνδεσή της με το περιβάλλον (κατά κύριο λόγο το έδαφος), την έννοια της ενέργειας και τη μετατροπή της από μία μορφή σε μία άλλη μέσα σε ένα βιολογικό σύστημα όπως το φυτό, την έννοια της χημικής μεταβολής, τη μη υλική θεώρηση των αερίων (Ζόγκζα, 1998, Ζόγκζα & Οικονομοπούλου, 1999, Χατζηνικήτα, Κουλαϊδής & Ζόγκζα, 1999).

Στο πλαίσιο των ερευνών για τη διδακτική αξιοποίηση των νοητικών μοντέλων των μαθητών με στόχο τελικά την αναδόμησή τους ώστε να προσεγγίσουν τα εννοιολογικά μοντέλα των επιστημόνων έχουν αναπτυχθεί πολλές παιδαγωγικές τεχνικές που ανατρέχουν στη χρήση απλών ή / και σύνθετων εργαλείων. Μια τέτοια τεχνική είναι η εννοιολογική χαρτογράφηση (με χαρτί – μολύβι ή υπολογιστή) και ένα σύνθετο εργαλείο είναι το ανοικτό εκπαιδευτικό λογισμικό (εκφραστικού ή διερευνητικού τύπου). Η έννοια της εννοιολογικής χαρτογράφησης αναπτύχθηκε από τον Novak (Novak, 1977, Novak, 1998) με βάση τις ψυχολογικές απόψεις του (Ausubel, 1978) και συνιστά έναν γνωστό τρόπο αναπαράστασης της γνώσης και της έκφρασης των νοητικών μοντέλων των μαθητών. Βασικά συστατικά της είναι οι κόμβοι που αναπαριστούν έννοιες και οι σύνδεσμοι που αναπαριστούν σχέσεις ανάμεσα στις έννοιες. Κόμβοι που συνδέονται με συνδέσμους σχηματίζουν έναν εννοιολογικό χάρτη (concept map) που μπορεί να έχει τη μορφή ενός σημασιολογικού δικτύου (semantic network). Η τεχνική της εννοιολογικής χαρτογράφησης υλοποιείται είτε με απλά μέσα (π.χ. χαρτί - μολύβι) είτε με κατάλληλο εκπαιδευτικό λογισμικό που επιτρέπει την ανάπτυξη και τη δυναμική τροποποίηση των εννοιολογικών χαρτών.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί υπολογιστικά περιβάλλοντα μάθησης που βασίζονται σε οικοδομητικές και κοινωνιογνωστικές προσεγγίσεις και προσφέρουν ένα ποιοτικά διαφορετικό πλαίσιο υποστήριξης της διδασκαλίας και της μάθησης, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί σε ποικίλες διδακτικές καταστάσεις. Τέτοια περιβάλλοντα επεκτείνουν και την έννοια της υπολογιστικής εννοιολογικής χαρτογράφησης επιτρέποντας στους χρήστες όχι μόνο να εκφράζουν τα νοητικά τους μοντέλα αλλά και να τα ελέγχουν (στην προοπτική της αναδόμησής τους) χρησιμοποιώντας κατάλληλα σχεδιασμένα εργαλεία προσομοίωσης. Ένα τέτοιο περιβάλλον μάθησης συνιστά το λογισμικό Δημιουργός_Μοντέλων που επιτρέπει στους χρήστες του τη δημιουργία μοντέλων που αναπαριστούν πτυχές του φυσικού κόσμου και τους προσφέρει εργαλεία ελέγχου των μοντέλων τους, όπως η δοκιμή της συμπεριφοράς τους με άμεσο χειρισμό και πολλαπλές αναπαραστάσεις (προσομοίωση, ραβδογράμματα, γραφικές παραστάσεις, πίνακες τιμών, κτλ.) (Dimitracopoulou et al, 1999, Komis et al., 2001).

Ο Δημιουργός_Μοντέλων συνιστά ένα περιβάλλον εργασίας εμπλουτισμένο με *αντικείμενα (οντότητες)* που παίζουν ένα διαμεσολαβητικό ρόλο βοηθώντας στο νοητικό χειρισμό εκ μέρους των μαθητών αφηρημένων αντικειμένων ή εννοιών (*ιδιότητες των οντοτήτων*). Οι επιμέρους ιδιότητες της ίδιας οντότητας ή διαφορετικών οντοτήτων μπορούν να συνδεθούν με *σχέσεις* ποιοτικού, ημιποσοτικού ή ποσοτικού χαρακτήρα. Η προσέγγιση της έννοιας της αλληλεξάρτησης μεταξύ μεγεθών γίνεται καταρχήν με ποιοτικό τρόπο ενώ στη συνέχεια το λογισμικό επιτρέπει το πέρασμα στον ποσοτικό συλλογισμό τόσο με τη χρήση πινάκων αντίστοιχων τιμών όσο και με τη χρήση αλγεβρικής μοντελοποίησης και γραφικών παραστάσεων

Στόχος της έρευνας

Η εργασία αυτή έχει ως στόχο τη μελέτη της πορείας μοντελοποίησης ενός ανοικτού προβλήματος Βιολογίας από μία ομάδα μαθητριών Γ' Γυμνασίου με δύο διαφορετικά εργαλεία: ανάπτυξη εννοιολογικού χάρτη με 'χαρτί-μολύβι' και δημιουργία μοντέλου με ανοικτό εκπαιδευτικό λογισμικό μοντελοποίησης (Δημιουργός_Μοντέλων). Η πορεία μοντελοποίησης του προβλήματος, με άλλα λόγια η αλληλουχία των επιμέρους βημάτων της οικοδόμησής του μοντέλου με κάθε ένα εργαλείο, μελετάται ως προς:

- το επίπεδο στο οποίο συλλογίζονται τα παιδιά (το μάκρο - επίπεδο του φαινομένου της ανάπτυξης ή το μικρο - επίπεδο της λειτουργίας της φωτοσύνθεσης) καθώς και
- την ικανότητά τους να μετακινούνται μεταξύ των δύο αυτών επιπέδων, οικοδομώντας, για παράδειγμα, κλιμακωτούς συλλογισμούς από το ένα επίπεδο στο άλλο ή βρόχους αναγωγής μάκρο-συσχετίσεων στο μικρο επίπεδο.

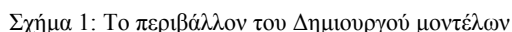
Η χρήση των δύο διαφορετικών - αλλά παρόμοιων τεχνικών ως προς την επίλυση του προβλήματος- εργαλείων μας δίνει τη δυνατότητα να μελετήσουμε πιθανές διαφοροποιήσεις ως προς τα επίπεδα συλλογισμού και τις μετακινήσεις μεταξύ αυτών κατά την πορεία μοντελοποίησης του προβλήματος, οι οποίες ενδεχομένως σχετίζονται με το ίδιο το περιβάλλον μάθησης.

Μεθοδολογία της ερευνητικής διαδικασίας

Η μελέτη περίπτωσης που παρουσιάζεται στην εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο με μία ομάδα μαθητών της Γ' γυμνασίου. Τα παιδιά συνεργάστηκαν σε ένα ανοικτό πρόβλημα Βιολογίας με στόχο να δημιουργήσουν ένα μοντέλο, που να περιγράφει τους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών και να εξηγήει με ποιο τρόπο. Το πρόβλημα αυτό το αντιμετώπισαν με δύο διαφορετικά εργαλεία: ανάπτυξη εννοιολογικού χάρτη με 'χαρτί – μολύβι' και δημιουργία μοντέλου με ανοικτό εκπαιδευτικό λογισμικό (Δημιουργός_Μοντέλων).

Στην πρώτη περίπτωση, οι μαθητές είχαν στη διάθεσή τους 14 μικρές κάρτες κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχούσε σε μία συγκεκριμένη ιδιότητα ενός 'αντικειμένου' (π.χ. ΦΥΤΟ / ανάπτυξη, ΦΥΤΟ / τροφή, ΗΛΙΟΣ / φως, ΕΔΑΦΟΣ / νερό, ΑΕΡΑΣ / οξυγόνο, ΦΥΛΛΟ / φωτοσύνθεση, ΦΥΛΛΟ / γλυκόζη κ.τ.λ.). Το ζητούμενο ήταν να δημιουργήσουν ένα μοντέλο που να δίνει απάντηση στο πρόβλημα, τοποθετώντας τις κατάλληλες κάρτες πάνω σε μία κόλλα χαρτί και συνδέοντάς τις ανά δύο με ποιοτικές σχέσεις που οι ίδιοι δημιουργούσαν. Πρόκειται συνεπώς για μία διαδικασία εννοιολογικής χαρτογράφησης, με όρους ποιοτικού συλλογισμού.

Και οι δύο πορείες βιντεοσκοπήθηκαν και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τα βίντεο αφορούν στις συζητήσεις των μαθητών και τις αντίστοιχες δράσεις τους, που συνιστούν τα επιμέρους βήματα της μοντελοποίησης στα δύο περιβάλλοντα, και ασφαλώς στα τελικά μοντέλα.



Λειτουργώντας και πάλι στο μικρό επίπεδο για να εξηγήσουν το ‘πώς’ η φωτοσύνθεση συμβάλλει στην ανάπτυξη, χρησιμοποιούν την έννοια της τροφής του φυτού και την αναγνωρίζουν ως προϊόν της φωτοσύνθεσης: φύλλο/ φωτοσύνθεση → φυτό / τροφή → φυτό / ανάπτυξη (η σχέση μεταξύ τροφής και ανάπτυξης δεν υπάρχει ως αυτόνομη σχέση στον εννοιολογικό χάρτη, αλλά περιγράφεται ρητά στο πλαίσιο της σχέσης φύλλο / φωτοσύνθεση → φυτό / τροφή). Στη συνέχεια, τους απασχολεί το ‘πώς’ η τροφή παράγεται με τη φωτοσύνθεση και απαντούν στο ερώτημά τους ορίζοντας την τροφή του φυτού στο μικρό επίπεδο: φυτό /

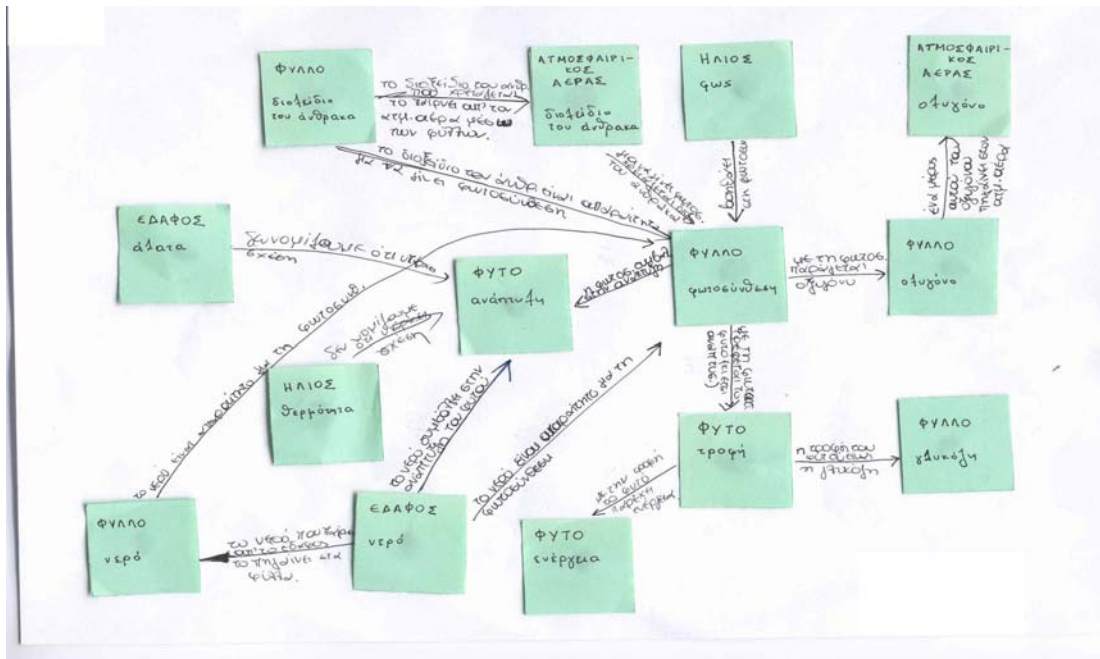
τροφή → φύλλο / γλυκόζη. Επίσης, συσχετίζουν την έννοια της τροφής με την έννοια της ενέργειας: φυτό / τροφή → φυτό / ενέργεια.

Τα επόμενα βήματα έχουν να κάνουν με τη μοντελοποίηση της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης και έτσι προσθέτουν στον εννοιολογικό χάρτη στοιχεία που αφορούν κατ' ευθείαν στο μικρό επίπεδο της αντίδρασης, χωρίς να λαμβάνουν καθόλου υπ' όψη το μακρο επίπεδο της ανάπτυξης:

- φύλλο / φωτοσύνθεση → φύλλο / οξυγόνο → αέρας / οξυγόνο
- ήλιος / φως → φύλλο / φωτοσύνθεση
- αέρας / διοξείδιο του άνθρακα → φύλλο / φωτοσύνθεση
- φύλλο / διοξείδιο του άνθρακα → αέρας / διοξείδιο του άνθρακα
- φύλλο / διοξείδιο του άνθρακα → φύλλο / φωτοσύνθεση
- φύλλο / νερό → φύλλο / φωτοσύνθεση

Στο σημείο αυτό παρατηρούμε ότι η θερμότητα του ήλιου και τα άλατα του εδάφους μένουν εκτός μοντέλου, γιατί τα παιδιά δεν μπορούν να προσδιορίσουν τη σχέση τους με την ανάπτυξη ή με τη φωτοσύνθεση.

Οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται είναι ποιοτικές σχέσεις και προσδιορίζονται από τους ίδιους τους μαθητές με λεκτική περιγραφή. Πρόκειται για μικρές φράσεις του τύπου: 'συμβάλλει', 'είναι απαραίτητο', 'χρειάζεται', 'παράγεται', 'παράγει', 'το παίρνει από', 'το πηγαίνει σε....'. Οι μαθητές λειτουργώντας με όρους ποιοτικού συλλογισμού καθορίζουν αυθόρμητα τη φορά των σχέσεων χωρίς ιδιαίτερη συζήτηση.



Σχήμα 2: Το μοντέλο της ανάπτυξης με «χαρτί – μολύβι»

Η πορεία οικοδόμησης του μοντέλου με το Δημιουργό Μοντέλων

Το πρώτο βήμα των παιδιών στην πορεία κατασκευής του ημιποσοτικού τους μοντέλου είναι μία συσχέτιση στο μακρο επίπεδο που αφορά στη συμβολή του φωτός του ήλιου στην ανάπτυξη του φυτού: ήλιος / φως → φυτό / ανάπτυξη. Η συσχέτιση αυτή είναι και η μοναδική που πραγματοποιείται στο μακρο επίπεδο της ανάπτυξης. Τα παιδιά στην προσπάθειά τους να διερευνήσουν τον τρόπο με τον οποίο το φως επιδρά στην ανάπτυξη, μετακινούνται από το μακρο στο μικρο επίπεδο της λειτουργίας της φωτοσύνθεσης: ήλιος / φως → φύλλο / φωτοσύνθεση. Ωστόσο, δεν ανακατασκευάζουν πλήρως τη μακρο συσχέτιση στο μικρο επίπεδο, αφού δεν πραγματοποιούν και την αντίστροφη μετακίνηση από το μικρο στο μακρο επίπεδο (φύλλο / φωτοσύνθεση → φυτό / ανάπτυξη).

Τα επόμενα βήματα έχουν ως αντικείμενο την αντίδραση της φωτοσύνθεσης:

- φύλλο / φωτοσύνθεση → φύλλο / γλυκόζη → φυτό τροφή (η έννοια της τροφής ορίζεται στο μικρο επίπεδο)
- έδαφος / νερό → φύλλο / φωτοσύνθεση

- φύλλο / φωτοσύνθεση → αέρας / οξυγόνο
- αέρας / διοξείδιο του άνθρακα → φύλλο / φωτοσύνθεση

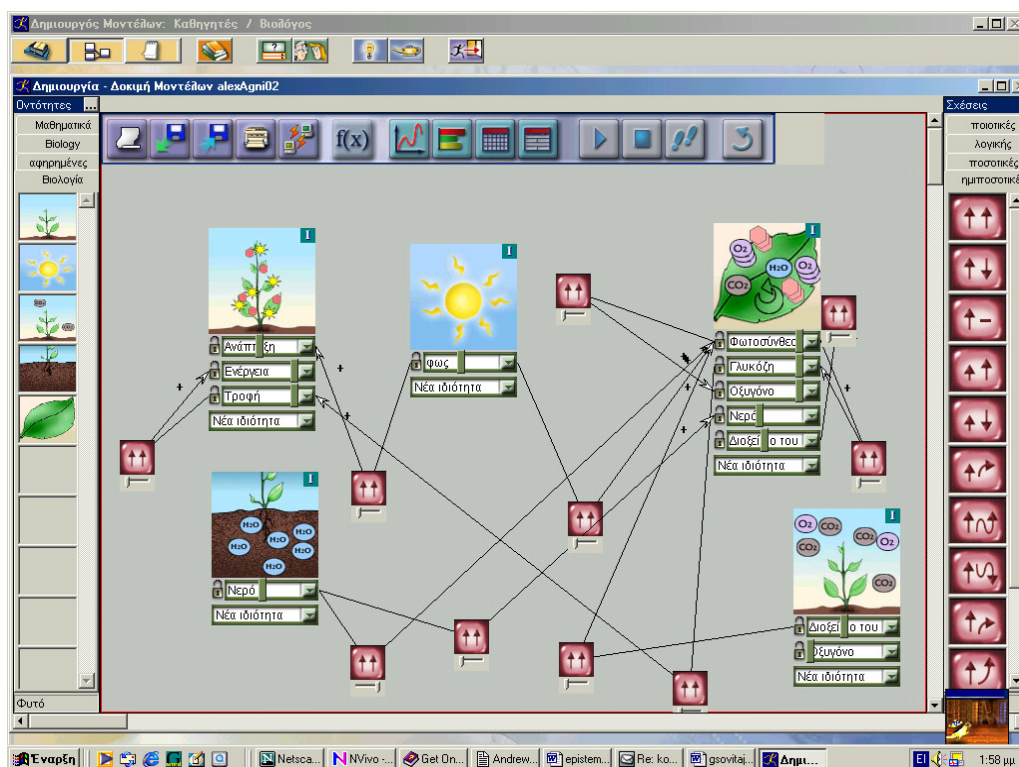
Στη συνέχεια, τα παιδιά συσχετίζουν την έννοια της τροφής με την παραγωγή ενέργειας, χωρίς όμως να προβάλουν ούτε τη νέα αυτή σχέση στο μακρο επίπεδο της ανάπτυξης: φυτό / τροφή → φυτό / ενέργεια.

Τέλος, ολοκληρώνουν τη μοντελοποίηση της αντίδρασης της φωτοσύνθεσης με τις συσχετίσεις: έδαφος / νερό → φύλλο / νερό και

φύλλο / διοξείδιο του άνθρακα → φύλλο / φωτοσύνθεση.

Η θερμότητα του ήλιου και τα άλατα του εδάφους μένουν και πάλι εκτός μοντέλου.

Όσον αφορά στις ημιποσοτικές σχέσεις που τα παιδιά ενσωματώνουν στο μοντέλο αυτό, η κυρίαρχη είναι η σχέση ‘αυξάνει – αυξάνει’. Η χρήση της σχέσης αυτής συνοδεύεται από αναγνώριση ορισμένων παραδοχών σχετικών με την έμφαση στην ποιοτική της διάσταση μέσα στο γνωστικό πλαίσιο του προβλήματος, όπου χάνει σαφώς τα χαρακτηριστικά της τυπικής αναλογίας. Η φορά των σχέσεων καθορίζεται και εδώ χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα.



Σχήμα 3: Το μοντέλο της ανάπτυξης με το λογισμικό

Συζήτηση – συμπεράσματα

Το πρόβλημα που τέθηκε προς μοντελοποίηση αφορά στο φαινόμενο της ανάπτυξης του φυτού και έτσι θα περίμενε ίσως κανείς περισσότερους συλλογισμούς σε αυτό το επίπεδο. Ωστόσο, από τα αποτελέσματά μας φαίνεται ότι τα παιδιά της συγκεκριμένης ομάδας, ανεξάρτητα από το εργαλείο που χρησιμοποιούν, λειτουργούν περισσότερο στο μικρο-επίπεδο της φωτοσύνθεσης προκειμένου να μοντελοποιήσουν το μακρο-φαινόμενο της ανάπτυξης. Πράγματι, τόσο στον εννοιολογικό τους χάρτη όσο και στο ημιποσοτικό τους μοντέλο υπάρχουν μερικές μόνο συνδέσεις με την ανάπτυξη του φυτού και πολύ περισσότερες με τη φωτοσύνθεση. Συγκεκριμένα, στην πρώτη περίπτωση η ανάπτυξη συνδέεται με το νερό του εδάφους, με τη φωτοσύνθεση και με την τροφή (τρεις συνδέσεις έναντι οκτώ στο επίπεδο της φωτοσύνθεσης), ενώ στη δεύτερη περίπτωση μόνο με το φως του ήλιου (μία σύνδεση έναντι έξι στο επίπεδο της φωτοσύνθεσης).

Σχετικά με τις μετακινήσεις μεταξύ των επιπέδων της ανάπτυξης και της φωτοσύνθεσης, φαίνεται ότι οι συλλογισμοί στο μικρο επίπεδο της φωτοσύνθεσης είναι συνήθως αυτόνομοι και δεν προκύπτουν ως ανάγκη για την ερμηνεία του μακρο φαινομένου της ανάπτυξης. Μ' άλλα λόγια, τα παιδιά δεν 'κατεβαίνουν' συχνά στο επίπεδο της φωτοσύνθεσης για να εξηγήσουν πώς διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την ανάπτυξη του φυτού, αλλά για να μοντελοποιήσουν την ίδια τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης ανεξάρτητα από την ανάπτυξη. Εξαίρεση αποτελούν τα πρώτα βήματα της εννοιολογικής χαρτογράφησης όπου οικοδομείται ένας 'βρόχος' ανακατασκευής της μακρο συσχέτισης 'έδαφος / νερό → φυτό / ανάπτυξη' στο επίπεδο της φωτοσύνθεσης

‘έδαφος / νερό → φύλλο / φωτοσύνθεση → φυτό / ανάπτυξη’. Πρόκειται για ένα ‘βρόχο’ ενδεικτικό της μετακίνησης του τύπου ‘μάκρο – μικρό – μάκρο’, όπου η φωτοσύνθεση χρησιμοποιείται για να εξηγήσει τη σχέση ενός περιβαλλοντικού παράγοντα με την ανάπτυξη του φυτού.

Συνοπτικά λοιπόν, από αυτή τη μελέτη περίπτωσης φαίνεται ότι στο πλαίσιο της μοντελοποίησης της ανάπτυξης του φυτού με τα δύο εργαλεία, τα παιδιά της δυνάδας μας λειτουργούν περισσότερο στο μικρό επίπεδο της λειτουργίας φωτοσύνθεσης χωρίς να επιχειρούν προβολές της σκέψης τους στο μάκρο επίπεδο του φαινομένου της ανάπτυξης. Η απουσία μετακινήσεων μεταξύ των δύο επιπέδων με τη μορφή κλιμακωτών συλλογισμών ή βρόχων ‘μάκρο – μικρό – μάκρο’ αντανακλά πιθανώς μία ‘στρατηγική αρχάριου’ (Kahney, 1993) στην επίλυση του προβλήματος, με την έννοια ότι τα παιδιά τείνουν να ξεχνούν το στόχο τους, δηλ. τη μοντελοποίηση της ανάπτυξης, ενώ προσθέτουν ανεξάρτητα επιμέρους στοιχεία στο μοντέλο τους οικοδομώντας αυτόνομες σχέσεις γύρω από την έννοια της φωτοσύνθεσης.

Μέσα από το πρίσμα της Διδακτικής της Βιολογίας, η απουσία μετακινήσεων μεταξύ των δύο επιπέδων είναι δυνατόν να ερμηνευτεί ως απουσία ουσιαστικής οικοδόμησης της σχέσης φωτοσύνθεσης – ανάπτυξης στο αντίστοιχο νοητικό μοντέλο των παιδιών.

Η οικοδόμηση της σχέσης αυτής δεν μπορεί παρά να συγκαταλέγεται στους βασικούς μαθησιακούς στόχους για το εν λόγω γνωστικό αντικείμενο και συνεπώς μία τέτοια διαπίστωση από τη μελέτη ενός ικανού δείγματος θα ήταν ιδιαίτερα σημαντική για το σχεδιασμό διδακτικών προσεγγίσεων του αντικειμένου αυτού.

Ευχαριστίες

Η εργασία αυτή ενισχύθηκε μερικώς από το έργο ΠΗΝΕΛΟΠΗ με χρηματοδότη το ΥΠΕΠΘ και ενδιάμεσο φορέα το Ερευνητικό Ακαδημαϊκό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και από το έργο ModellinsSpace, με χρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Βιβλιογραφία

- Astolfi J.-P. & Develay M., *La didactique des Sciences*, P.U.F., Paris, 1989.
- Ausubel D.P., *Educational psychology: A cognitive view*, Holt, Rinehart & Wilson, 1968.
- Dimitracopoulou (A.), Komis (V.), Apostolopoulos (P.), Politis (P.), “Design principles of a new modelling environment for young students, supporting various types of reasoning and interdisciplinary approaches”; in S. Lajoie & M. Vivet (edited by), *Artificial Intelligence In Education, Open Learning Environments: New Computational Technologies to Support Learning Exploration and Collaboration*, Proceedings 9th International Conference on Artificial Intelligence in Education, Le Mans, France, IOS Press, pp. 109-120
- Kahney H., *Problem Solving, Current Issues*, Open University Press, 1993.
- Komis V., Dimitracopoulou A., Politis (P.), Avouris N., “*Expérimentations sur l'utilisation d'un logiciel de modélisation par petits groupes d'élèves*”, *Sciences et techniques éducatives*, Hermes, Vol. 8, No 1-2, Avril 2001, pp. 75-86
- Novak J., *A theory of education*, Cornell University Press, 1977.
- Novak, *Learning, Creating and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations*, Lawrence Erlbaum, 1998.
- Ζόγκζα, Β. (1998). ‘Η διαδικασία της φωτοσύνθεσης και η θρέψη των φυτών: βιωματικές νοητικές παραστάσεις μαθητών Γυμνασίου’. *Επιθεώρηση Φυσικής, Περίοδος Γ’*, Τόμος Η’, Τεύχος 26, 1998.
- Ζόγκζα, Β., Οικονομοπούλου, Π. (1999). ‘Οι νοητικές παραστάσεις παιδιών ηλικίας 10-14 ετών για τη θρέψη των φυτών και τη φωτοσύνθεση’ *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 29/99, σελ. 75-96.
- Ραβάνης Κ., *Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση, Διδακτική και γνωστική προσέγγιση*, ΤΥΠΩΘΗΤΩ – Γ. ΔΑΡΔΑΝΟΣ, Αθήνα, 1999.
- Χατζηνικητά, Β., Κουλαϊδής, Β., Ζόγκζα, Β. (1999). ‘Αντιλήψεις μαθητών 5-7 χρονών για τη θρέψη και την ανάπτυξη των φυτών’ *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 29/99, σελ. 209-231.