

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΓΡΑΦΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ
ΑΣΑΦΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Ιωαννίδου Ειρήνη
Παιδαγωγικό Τμήμα
Δημοτικής Εκπ/σης,
Αριστοτέλειο Παν.
Θεσ/νίκης
eioann@eled.auth.gr

Παρασκευόπουλος
Στέφανος
Παιδαγωγικό Τμήμα
Δημοτικής Εκπ/σης,
Αριστοτέλειο Παν.
Θεσ/νίκης
pstefano@eled.auth.gr

Τζιώρας Παναγιώτης
Τμήμα Αυτοματισμού,
ΑΤΕΙ-Θεσσαλονίκης
ptzionas@teithe.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ασαφής λογική βασίζεται σε κανόνες οι οποίοι είναι άμεσα κατανοητοί από τους μαθητές λόγω της ομοιότητάς τους με τη φυσική γλώσσα. Η εισαγωγή της, στα πλαίσια της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, κρίνεται σκόπιμη για την κατανόηση των σύνθετων περιβαλλοντικών αλληλεπιδράσεων. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αναπτύχθηκε ένα γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης το οποίο ενσωματώνει τα μαθηματικά εργαλεία ανάλυσης της ασαφούς λογικής, εξασφαλίζοντας έτσι την επιστημονική αρτιότητα των αποτελεσμάτων, αλλά παρουσιάζει στους μαθητές μόνον τα βασικά και κατανοητά χαρακτηριστικά των παραγόντων επιβάρυνσης ενός λιμναίου οικοσυστήματος. Το προτεινόμενο γραφικό περιβάλλον αναπτύχθηκε σε διαδοχικά στάδια, με τη συμμετοχή των μαθητών. Συμπεριλαμβάνει κινούμενα γραφικά για την αναπαράσταση της λίμνης και των ψαριών και αναπαραστάσεις παραγόντων επιβάρυνσης όπως αντλίες, τρακτέρ και εργοστάσια, που αποδίδονται με έντονες χρωματικές και σχηματικές αντιθέσεις. Η αποδοχή του γραφικού περιβάλλοντος από τους μαθητές ήταν ένθερμη και η δυνατότητα πειραματισμού που τους προσέφερε, ιδιαίτερα για τη διερεύνηση κρίσιμων σεναρίων επιβάρυνσης, αποδείχθηκε ιδιαίτερα επικοινωνιακή.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μελέτη περιβάλλοντος, γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης, ασαφής λογική

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη του περιβάλλοντος είναι ένα πολυσύνθετο αντικείμενο που απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις και διεπιστημονική προσέγγιση. Στις περισσότερες περιπτώσεις η πολυπλοκότητα των περιβαλλοντικών προβλημάτων είναι υψηλή, ο αριθμός των παραγόντων επιβάρυνσης είναι μεγάλος και ο τρόπος αλληλεπίδρασής τους είναι ιδιαίτερα σύνθετος και δεν μπορούν να αναπτυχθούν αναλυτικά μαθηματικά μοντέλα ελέγχου (Muller, and others, 2000). Η ασαφής λογική είναι μια 'ευφυής τεχνική' ελέγχου η οποία δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης μοντέλων που ενσωματώνουν τόσο την εμπειρία των ειδικών, όσο και τις διαθέσιμες μετρήσεις, σε ένα σύνολο εύκολα κατανοητών κανόνων. Έτσι παρέχει τη δυνατότητα ανάπτυξης

δυναμικών μοντέλων σε περιπτώσεις που άλλες τεχνικές αδυνατούν λόγω υψηλής μαθηματικής πολυπλοκότητας. Ενώ η βάση της ασαφούς μοντελοποίησης μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητή ακριβώς επειδή παρουσιάζεται με τη μορφή γλωσσικών κανόνων παρόμοιων της φυσικής γλώσσας, η υλοποίηση των μοντέλων απαιτεί τη χρήση σύνθετων υπολογιστικών εργαλείων για τις διεργασίες ασαφοποίησης, συμπερασμού και απο-ασαφοποίησης (Kosko, 1997).

Η εισαγωγή της ασαφούς λογικής στα πλαίσια της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης κρίνεται σκόπιμη για την κατανόηση των σύνθετων περιβαλλοντικών αλληλεπιδράσεων από τους μαθητές μέσω των ασαφών κανόνων, ενώ κρίνεται πως είναι απολύτως αναγκαία η ανάπτυξη ενός απλού γραφικού περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης το οποίο θα προφυλάσσει τους μαθητές από την πολυπλοκότητα των υπολογιστικών εργαλείων. Η εισαγωγή ενός τέτοιου γραφικού περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης είναι απαραίτητη και λόγω της απουσίας πολλών αντίστοιχων γραφικών περιβάλλοντων για το αντικείμενο της μελέτης περιβάλλοντος, σε αντίθεση με άλλα αντικείμενα όπως η διδασκαλία της φυσικής, των μαθηματικών κλπ. (Κυνηγός & Δημαράκη, 2002).

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αναπτύχθηκε ένα γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης το οποίο ενσωματώνει ένα σύνολο μαθηματικών εργαλείων ανάλυσης της ασαφούς λογικής, παρουσιάζοντας στους μαθητές μόνο τα βασικά και κατανοητά χαρακτηριστικά των παραγόντων επιβάρυνσης ενός οικοσυστήματος λίμνης. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκε το οικοσύστημα της λίμνης Κορώνειας, λόγω της επικαιρότητάς του, μετά τη σταδιακή μείωση της στάθμης σε επικίνδυνα επίπεδα. Ένα πλήρες μοντέλο ασαφούς λογικής το οποίο διερευνά την επίδραση παραγόντων επιβάρυνσης στον ιχθυοπληθυσμό της λίμνης παρουσιάζεται στις εργασίες (Ιωαννίδου και άλλοι, 2002, Ioannidou and others, 2003). Το μοντέλο αυτό καλείται και επικοινωνεί συνεχώς με το γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, ενώ οι μαθητές προφυλάσσονται από την πολυπλοκότητα των μαθηματικών αναπαραστάσεων. Το προτεινόμενο γραφικό περιβάλλον, το οποίο αναπτύχθηκε σταδιακά και με τη συμμετοχή των μαθητών, ενσωματώνει κινούμενες αναπαραστάσεις του οικοσυστήματος (ψάρια που διαρκώς κινούνται μέσα στη λίμνη, σε μορφή Flash movies), κυλιόμενους δρομείς, και εύκολα κατανοητά γραφικά όπως αναπαραστάσεις αντλιών νερού, γεωργικών ελκυστήρων και βιομηχανικών μονάδων. Με απλές μεταβολές σε γραφικά αντικείμενα όπως π.χ. στους κυλιόμενους δρομείς, οι μαθητές μπορούν να πειραματιστούν σε διαφορετικά υποθετικά σενάρια επιβάρυνσης του οικοσυστήματος.

ΑΣΑΦΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ

Η ασαφής λογική είναι μια 'ευφυής τεχνική' του πεδίου της υπολογιστικής νοημοσύνης η οποία δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης μοντέλων που ενσωματώνουν τόσο την εμπειρία των ειδικών, όσο και τις διαθέσιμες μετρήσεις, σε ένα σύνολο εύκολα κατανοητών κανόνων. Οι κανόνες βασίζονται σε σχέσεις αιτίου - αποτελέσματος, της μορφής:

ΕΑΝ Πτώση-Στάθμης είναι *σημαντική* **ΚΑΙ** Αύξηση-Λυμάτων είναι *μικρή* **ΚΑΙ** Αύξηση-Καλλιεργειών είναι *σημαντική* **ΤΟΤΕ** Απομάκρυνση-Ψαριών είναι *μεγάλη*

Ο συνδυασμός πολλών αντίστοιχων κανόνων δημιουργεί τον ασαφή αλγόριθμο (Kosko, 1997). Τα γλωσσικά περιγράμματα *μικρή, μεγάλη, σημαντική* είναι ασαφή σύνολα τα οποία περιγράφουν κάθε μεταβλητή αιτίου και αποτελέσματος.

Η διαδικασία της σύνθεσης των ασαφών κανόνων μεταξύ τους και της εξαγωγής του ασαφούς αποτελέσματος υλοποιείται σύμφωνα με μαθηματικές σχέσεις ασαφούς συμπερασμού και απο-ασαφοποίησης (Altrock, von, 1995).

Στις εργασίες (Ιωαννίδου Ειρ. και άλλοι, 2002, Ioannidou Ir. and others, 2003) παρουσιάζεται η πλήρης ανάπτυξη ενός ασαφούς μοντέλου προσομοίωσης των παραγόντων επιβάρυνσης του οικοσυστήματος της λίμνης Κορώνειας. Η λίμνη Κορώνεια (ή Λαγκαδά ή Αγ. Βασιλείου) βρίσκεται 12 Km B-A της Θεσσαλονίκης και αποτελεί ένα από τα χαρακτηριστικά παραδείγματα οικοσυστήματος που επιβαρύνεται ιδιαίτερα σημαντικά από ανθρωπογενείς παράγοντες. Οι σημαντικότεροι παράγοντες επιβάρυνσης είναι η πτώση στάθμης λόγω υπεράντλησης, η αύξηση της βιομηχανικής μόλυνσης και η αύξηση των αγροχημικών υπολειμμάτων (Υπουργείο Γεωργίας 2001). Η κατάσταση του οικοσυστήματος εξετάζεται με βάση το ποσοστό απομάκρυνσης του ιχθυοπληθυσμού της λίμνης. Οι αλληλεπιδράσεις των παραγόντων επιβάρυνσης είναι ιδιαίτερα ισχυρές και αποτυπώνονται δυναμικά με σχέσεις ανάδρασης-απόσβεσης στο προτεινόμενο ασαφές μοντέλο. Το ασαφές μοντέλο παρέχει τη δυνατότητα πειραματισμού και διερεύνησης υποθετικών σεναρίων επιβάρυνσης του οικοσυστήματος. Για την υλοποίηση του συνολικού δυναμικού μοντέλου προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκαν τα εργαλεία του Fuzzy Logic Toolbox του περιβάλλοντος MatLab (The Mathworks Inc., 1999).

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας παρουσιάζεται η ανάπτυξη ενός γραφικού περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης για την εισαγωγή της ασαφούς λογικής στη μελέτη περιβάλλοντος. Το προτεινόμενο γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης βασίζεται στη χρήση ευχάριστων αναπαραστάσεων και κινούμενων γραφικών για την απόδοση των παραγόντων επιβάρυνσης και της κατάστασης του οικοσυστήματος. Το γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης βρίσκεται σε διαρκή συνεργασία με τα υπολογιστικά εργαλεία και το ασαφές μοντέλο. Οι σύνθετες διεργασίες του πραγματικού ασαφούς μοντέλου καλούνται και εκτελούνται στο υπόβαθρο, χωρίς να είναι ορατές στους μαθητές, και εξασφαλίζουν την ακρίβεια και την επιστημονική αρτιότητα των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στο γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης, με τη μορφή των κινούμενων γραφικών.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ ΓΡΑΦΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των γραφικών περιβαλλόντων αλληλεπίδρασης είναι ότι προσφέρουν δυνατότητες για την αλληλεπίδραση των μαθητών με αντικείμενα και διεργασίες με τρόπο που θα ήταν αδύνατον να πραγματοποιηθεί στον πραγματικό κόσμο. Έτσι, επιφέρουν ως αποτέλεσμα την ευκολότερη μάθηση, τη βαθύτερη κατανόηση, την αύξηση της ενεργητικής συμμετοχής και την αύξηση της ικανοποίησης των μαθητών. Ειδικά από παιδαγωγικής

άποψης, έχει προταθεί ότι τα περιβάλλοντα αυτά ενθαρρύνουν τους μαθητές να είναι περισσότερο ενεργοί στις αλληλεπιδράσεις τους με εξωτερικές αναπαραστάσεις (Scaife & Rogers.,1996).

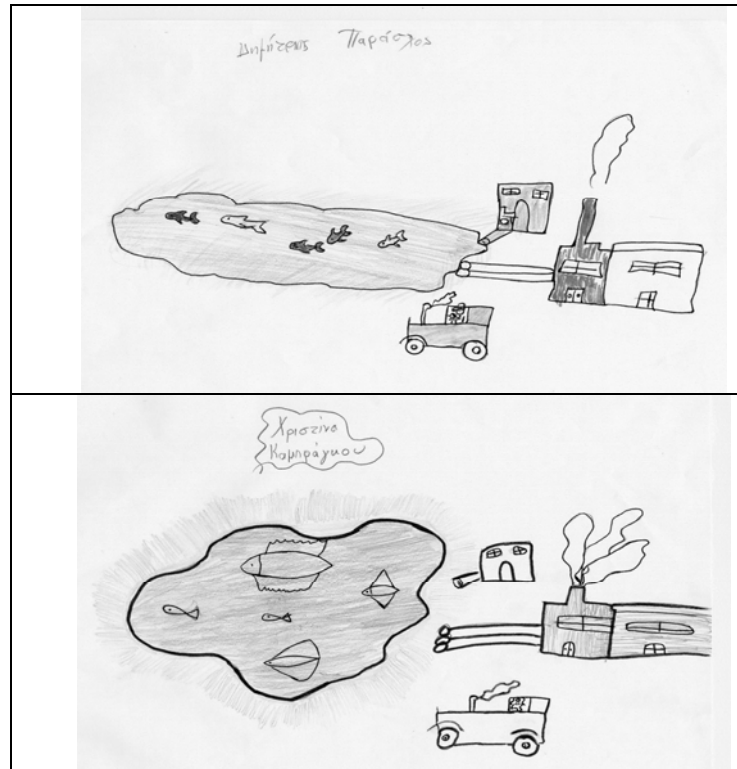
Σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη ενός γραφικού περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης είναι ο καθορισμός αποτελεσματικών τρόπων αναπαράστασης και απεικόνισης των αντικειμένων, των δεδομένων και των διεργασιών ώστε να υποστηρίζουν αποτελεσματικά τις απαιτούμενες δραστηριότητες. Συχνά, είναι δύσκολο να εξηγηθούν πλήρως όλες οι αποφάσεις σχεδιασμού των λεπτομερειών ενός τέτοιου περιβάλλοντος ή να αποδοθούν με σαφήνεια τα διλήμματα και οι πιθανές αντικρουόμενες απαιτήσεις σχεδιασμού που αντιμετωπίζονται κατά την ανάπτυξη του περιβάλλοντος (Scaife & Rogers, 2001). Η φιλοσοφία σχεδιασμού του γραφικού περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης που παρουσιάζεται σε αυτήν την εργασία υιοθετεί μία μαθητοκεντρική άποψη, δίνοντας ιδιαίτερη βαρύτητα στη θεωρία του κονστрукτιβισμού, δηλαδή στη σταδιακή οικοδόμηση της γνώσης επί τη βάσει του τι είναι ήδη γνωστό (Ψύλλος, και άλλοι, 1993).

Η διαδικασία ανάπτυξης του γραφικού περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης διακρίνεται σε τρία στάδια.

Στο πρώτο στάδιο έγινε η παρουσίαση του οικοσυστήματος της λίμνης και εντοπίστηκαν από τους μαθητές οι βασικότεροι ανθρωπογενείς παράγοντες επιβάρυνσης. Κατόπιν, αναπτύχθηκε ένα πρωτότυπο περιβάλλον αναπαράστασης του οικοσυστήματος της λίμνης χρησιμοποιώντας σχήματα από χαρτόνι και αναπαραστάσεις σε χαρτί (πλήρης απουσία υπολογιστή). Στο στάδιο αυτό διερευνήθηκαν οι βασικές απαιτήσεις αναπαράστασης του οικοσυστήματος αλλά και η διαδικασία και ο βαθμός αλληλεπίδρασης που είναι επιθυμητός από τους μαθητές. Μερικές αντιπροσωπευτικές αναπαραστάσεις που δημιούργησαν οι μαθητές παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.

Στο δεύτερο στάδιο αναπτύχθηκε ένα πρώιμο γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης σε υπολογιστή, με στόχο τη διερεύνηση των απαιτήσεων των χρηστών, την αποτύπωση των προτιμήσεών τους και την εκτίμηση του βαθμού κατανόησής τους. Το πρώιμο αυτό πρωτότυπο ήταν απλό για να μπορεί να μεταβάλλεται εύκολα και να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις των μαθητών κατά την χρήση, χωρίς να απαιτείται ιδιαίτερα μεγάλος προγραμματιστικός φόρτος.

Εφόσον δημιουργήθηκαν τα πρώιμα πρωτότυπα των προηγούμενων σταδίων και διερευνήθηκαν οι απαιτήσεις και οι αντιλήψεις των μαθητών γύρω από το γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης, ξεκίνησε η ανάπτυξη του τελικού γραφικού περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης, κατά το τρίτο στάδιο ανάπτυξης. Τα αποτελέσματα των προηγούμενων σταδίων χρησιμοποιήθηκαν ως συγκεκριμένες κατευθύνσεις σχεδιασμού για την ανάπτυξη του συνολικού περιβάλλοντος.



Σχήμα 1: Αναπαραστάσεις του περιβάλλοντος της λίμνης σε χαρτί, από τους μαθητές

Πολύ χρήσιμα συμπεράσματα που προέκυψαν από τα προηγούμενα στάδια αφορούσαν στο βαθμό ρεαλισμού που θα έπρεπε να αποδίδεται από το προτεινόμενο γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης αλλά και στο βαθμό συμμετοχής και ελέγχου του περιβάλλοντος που είναι επιθυμητός. Ακόμη, καταγράφηκαν οι προτιμήσεις των μαθητών σε θέματα χρωματικών αντιθέσεων, αποτύπωσης των καταστάσεων του οικοσυστήματος και η ιδιαίτερα ένθερμη αποδοχή της εισαγωγής των κινούμενων έγχρωμων γραφικών (κίνηση ενός μεταβαλλόμενου αριθμού διαφορετικών ειδών ψαριών μέσα σε μία λίμνη).

Στα στάδια της ανάπτυξης του γραφικού περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης χρησιμοποιήθηκε μικρός αριθμός μαθητών, με στόχο κυρίως την ποιοτική εκτίμηση των απαιτήσεων σχεδιασμού, παρά κάποια ποσοτική εκτίμηση ότι π.χ. κάποιο ποσοστό μαθητών αλληλεπιδρούν με έναν τρόπο και κάποιο άλλο ποσοστό με άλλον τρόπο. Έτσι, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην παρακολούθηση και καταγραφή των απόψεων και αντιδράσεων μικρού αριθμού παιδιών, για μεγάλα διαστήματα πλοήγησης και δοκιμών με το γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης. Δέκα μαθητές, ηλικίας 10 ως 11 ετών αποτέλεσαν τους χρήστες που δοκίμασαν με καθοδήγηση τα

πρωτότυπα περιβάλλοντα αλληλεπίδρασης που αναπτύχθηκαν κατά το δεύτερο στάδιο, σε συνεδρίες διάρκειας 20-30 λεπτών. Οι ίδιοι μαθητές πειραματίστηκαν και με το τελικό γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης.

Ένα από τα κύρια συμπεράσματα που προέκυψαν από τα δύο πρώιμα στάδια ανάπτυξης είναι ότι το τελικό γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης πρέπει να είναι απλό στη χρήση ώστε να μην απαιτείται σημαντική εκπαίδευση για την δημιουργία ενός νοητικού μοντέλου των στοιχείων του συστήματος. Οι μαθητές είναι ικανοί να κατανοούν καλύτερα τις βασικές έννοιες του οικοσυστήματος χρησιμοποιώντας αφαιρετικές και σχηματικές αναπαραστάσεις παρά ένα πλήρως ρεαλιστικό και απόλυτα λεπτομερές σκηνικό, κυρίως επειδή δεν αποσπάται η προσοχή τους από τις λεπτομέρειες και μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα τα σενάρια πειραματισμού. Ακόμη, περιορίζοντας το βαθμό ρεαλισμού και απόδοσης λεπτομερειών, οι μαθητές χρησιμοποιούν περισσότερο την φαντασία τους (Scaife & Rogers, 2001).

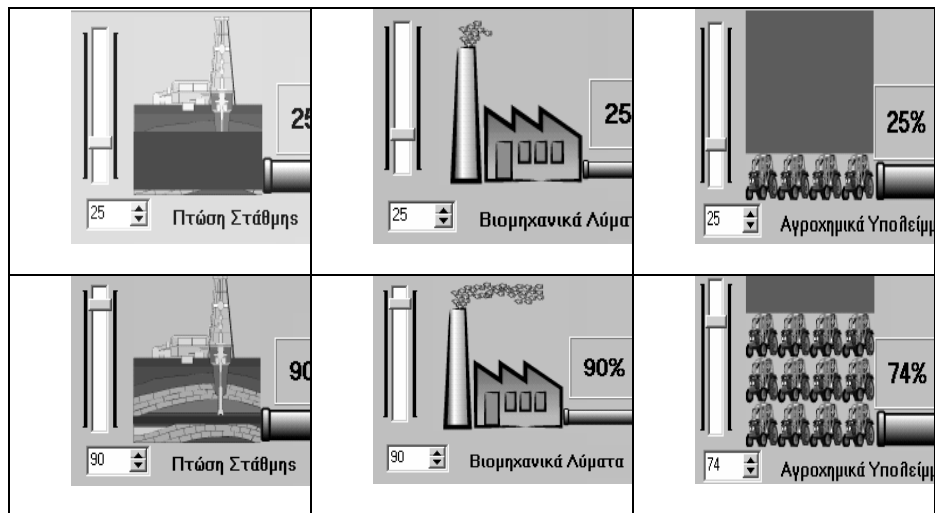
Τα στοιχεία της ευχαρίστησης που αντλούν οι μαθητές αλλά και του αιφνιδιασμού κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον είναι ιδιαίτερα σημαντικά. Δίνοντας την ευκαιρία στους μαθητές να πειραματιστούν σε διαφορετικά σενάρια περιβαλλοντικού κινδύνου για το οικοσύστημα και να δημιουργήσουν μη-αναμενόμενους συνδυασμούς παραγόντων επιβάρυνσης, το γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης φαίνεται να συνεισφέρει σημαντικά στην κατανόηση σύνθετων περιβαλλοντικών εννοιών. Έτσι, το γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης θα πρέπει να είναι αρκετά σύνθετο ώστε να παρέχει διαφορετικά επίπεδα αλληλεπίδρασης και συμμετοχής με τα οποία οι μαθητές να μπορούν να πειραματίζονται σε διαδοχικές συνεδρίες (π.χ. μεταβολή μεμονωμένων παραγόντων, μεταβολή πολλαπλών παραγόντων, διερεύνηση σεναρίων κλπ.).

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΓΡΑΦΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ

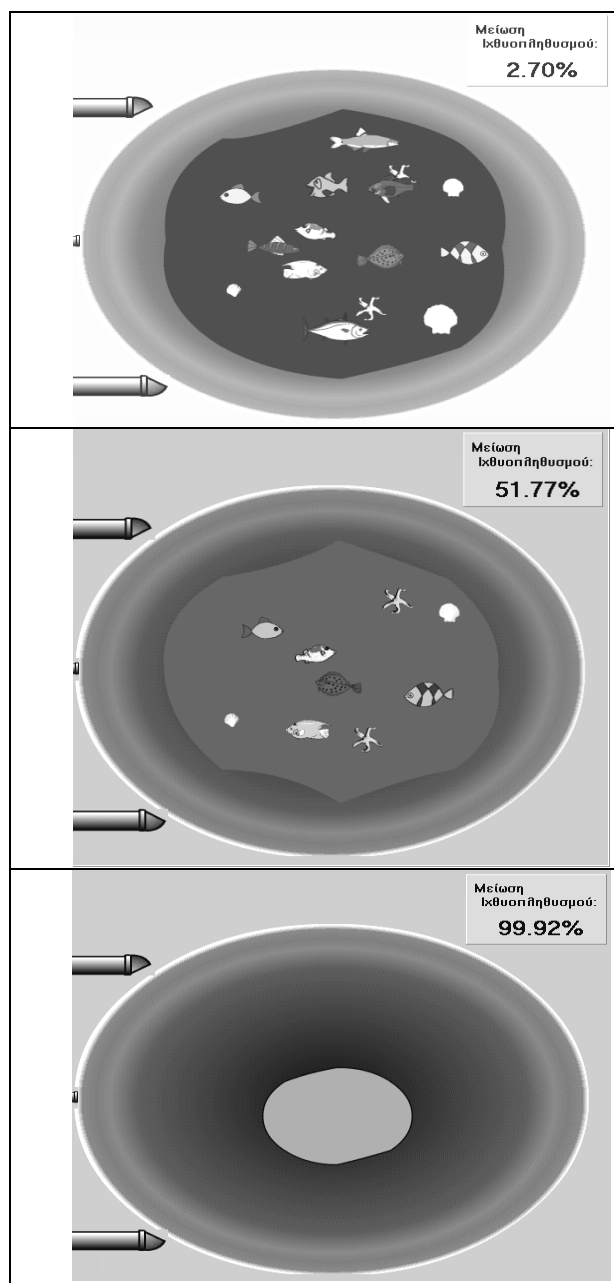
Η ανάπτυξη του γραφικού περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης βασίστηκε κυρίως στη γλώσσα οπτικού προγραμματισμού Delphi 5. Με τη γλώσσα αυτή δημιουργήθηκαν οι κατάλληλες φόρμες αναπαράστασης οι οποίες ενσωματώνουν όλες τις αναπαραστάσεις των παραγόντων επιβάρυνσης, του οικοσυστήματος, των κουμπιών ενεργειών, των κυλιόμενων δρομέων και των κινούμενων γραφικών. Για την υλοποίηση των κινούμενων γραφικών χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Flash Macromedia, το οποίο καλείται στο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού και παρουσιάζει την κατάσταση του οικοσυστήματος με ταινίες κινούμενων γραφικών, τύπου Flash movies. Η επιλογή των γραφικών για τους παράγοντες επιβάρυνσης αλλά και την αναπαράσταση των ψαριών στα κινούμενα γραφικά έγινε από βιβλιοθήκες γραφικών όπως το CorelDraw. Υπάρχει συνεχής επικοινωνία με το πρόγραμμα MatLab 5.3 και την εργαλειοθήκη Fuzzy Logic Toolbox με τη βοήθεια της οποίας εκτελείται συνεχώς το ασαφές μοντέλο προσομοίωσης της λίμνης Κορώνειας. Οι τιμές εισόδου στο γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης μεταφέρονται προς το ασαφές μοντέλο προσομοίωσης το οποίο εγγύεται την επιστημονική ορθότητα των αποτελεσμάτων εξόδου, τα οποία με τη σειρά τους αποτυπώνονται στα κινούμενα γραφικά. Ο συνολικός έλεγχος και η αλληλεπίδραση διεξάγονται με τις πλέον κοινές συσκευές, την οθόνη του υπολογιστή και το ποντίκι, με τις οποίες πολλά από τα παιδιά είναι εξοικειωμένα.

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται οι αναπαραστάσεις των παραγόντων επιβάρυνσης του οικοσυστήματος, με διαδοχικά αυξανόμενες τιμές. Αξίζει να σημειωθεί η ύπαρξη κυλιόμενων δρομέων για τη μεταβολή της επιρροής κάθε παράγοντα επιβάρυνσης, αλλά και η δυνατότητα απευθείας εισαγωγής του εκτιμώμενου ποσοστού επιβάρυνσης. Για τον παράγοντα 'πτώση στάθμης' χρησιμοποιήθηκε, σύμφωνα με αυτά που προέκυψαν από τα πρώιμα στάδια ανάπτυξης, η αναπαράσταση ενός αντλιοστασίου το οποίο αντλεί νερό από τον υδροφόρο ορίζοντα. Καθώς ολοένα και περισσότερο νερό αντλείται για καλλιέργειες, η στάθμη του νερού πέφτει. Ο παράγοντας 'βιομηχανικά λύματα' συμβολίζεται με τη σχηματική αναπαράσταση μίας βιομηχανικής μονάδας με καμινάδα. Η ένταση του καπνού που βγαίνει από την καμινάδα συμβολίζει την επιδείνωση και την αύξηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης. Τέλος, ο παράγοντας 'αγροχημικά υπολείμματα' συμβολίζεται με έναν αριθμό γεωργικών ελκυστήρων, το πλήθος των οποίων αυξάνεται καθώς εντατικοποιείται η διαδικασία παραγωγής και αυξάνονται τα υπολείμματα.

Η επίδραση των παραγόντων επιβάρυνσης αποτυπώνεται στο περιβάλλον της λίμνης, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3. Η επιφάνεια της λίμνης, η οποία είναι αντίστοιχη της στάθμης, συρρικνώνεται για αυξανόμενη πτώση στάθμης ενώ το χρώμα μεταβάλλεται για επιδείνωση λόγω αυξανόμενης μόλυνσης. Για λόγους απλότητας μέσα στη λίμνη κινούνται δέκα ψάρια, ο πληθυσμός των οποίων μειώνεται κατά ένα ψάρι σε βήματα 10% και είναι αυτός που απομένει στη λίμνη αφού αφαιρεθεί το ποσοστό απομάκρυνσης. Η κίνηση των ψαριών επιτυγχάνεται με τη χρήση διαδοχικών frames στο Flash movie και η ταχύτητα κίνησής τους καθορίζεται από την ταχύτητα εναλλαγής των frames, ώστε να αποδίδει την αίσθηση κίνησης που έχουν οι μαθητές παρατηρώντας ένα ενυδρείο.



Σχήμα 2: Αναπαραστάσεις των μεταβολών των παραγόντων επιβάρυνσης στο γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης



Σχήμα 3: Αναπαραστάσεις της λίμνης και του ιχθυοπληθυσμού στο γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης, για διαφορετικές καταστάσεις επιβάρυνσης

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΤΟ ΓΡΑΦΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ

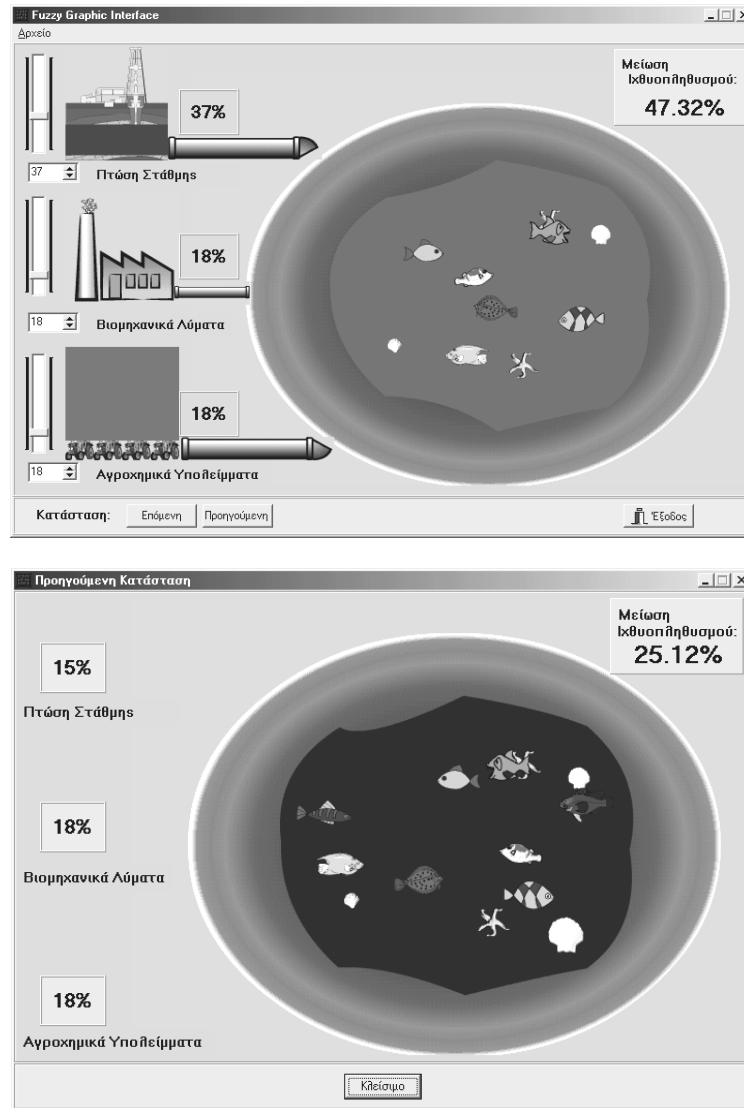
Το συνολικό γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης παρουσιάζεται στο Σχήμα 4. Αρχικά, οι μαθητές αποκτούν εξοικείωση με τα στοιχεία του περιβάλλοντος, κάτω από καθοδήγηση, ενώ στη συνέχεια μπορούν να πειραματιστούν μόνοι τους, σε διαδοχικές συνεδρίες. Οι μαθητές μεταβάλλουν την επίπτωση των παραγόντων επιβάρυνσης στο οικοσύστημα χρησιμοποιώντας είτε τους κυλιόμενους δρομείς (μεταβολή από λίγο σε πολύ από κάτω προς τα επάνω) είτε εισάγοντας απευθείας το ποσοστό επιβάρυνσης, εάν το επιθυμούν. Πιέζοντας το πλήκτρο 'Επόμενη' κατάσταση ενεργοποιείται το ασαφές μοντέλο του Fuzzy Logic Toolbox του Matlab, το οποίο υπολογίζει και επιστρέφει την ακριβή επίπτωση των παραγόντων επιβάρυνσης στον ιχθυοπληθυσμό της λίμνης. Τα αποτελέσματα του ασαφούς μοντέλου αποτυπώνονται ως ποσοστό στο αντίστοιχο πλαίσιο, αλλά και ρυθμίζουν τον αριθμό των ψαριών που θα εμφανιστούν να κινούνται μέσα στη λίμνη, καθώς και το μέγεθος και το χρώμα της λίμνης.

Το πλήκτρο 'Προηγούμενη' κατάσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρουσιάσει την προηγούμενη κατάσταση του οικοσυστήματος σε ένα διαφορετικό παράθυρο, για λόγους σύγκρισης όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4. Πέραν των πλήκτρων ελαχιστοποίησης και προσαρμογής μεγέθους παραθύρου, δημιουργήθηκε ένα πλήκτρο για την έξοδο από το σύστημα, το οποίο τερματίζει τη λειτουργία του γραφικού περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης και την επικοινωνία με το MatLab. Ακόμη, όπως παρουσιάζεται κάτω από την γραμμή επικεφαλίδας του παραθύρου, δημιουργήθηκε ένα μενού με όνομα 'Αρχείο'. Το μενού αυτό προσφέρει κυρίως επιλογές απαραίτητες για την εγκατάσταση και ορθή λειτουργία του περιβάλλοντος.

Κατά τη διάρκεια των συνεδριών οι μαθητές πειραματίστηκαν τόσο με την μεταβολή μεμονωμένων παραγόντων επιβάρυνσης όσο και με συνδυασμούς μεταβολής παραγόντων και εξέτασαν τις επιπτώσεις που είχαν οι μεταβολές αυτές στον ιχθυοπληθυσμό. Ακόμη, διερευνήθηκαν σενάρια που οδηγούν σε κρίσιμες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις, αλλά και σενάρια αποκατάστασης του οικοσυστήματος. Τα σημαντικά συμπεράσματα που εξήχθησαν κατά τη διάρκεια των συνεδριών παρουσιάζονται παρακάτω:

Καταρχήν, ήταν προφανής η ευχαρίστηση των μαθητών όταν διαπίστωσαν τις ομοιότητες του γραφικού περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης με τα δικά τους σκαριφήματα κατά το πρώτο στάδιο σχεδιασμού. Έτσι, η εξοικείωσή τους με τις αναπαραστάσεις των οντοτήτων του γραφικού περιβάλλοντος ήταν άμεση, ενώ οι χρωματικές αντιθέσεις και κυρίως η διαρκής κίνηση των ψαριών στη λίμνη δημιούργησαν ένα ιδιαίτερα ελκυστικό γραφικό περιβάλλον που έτυχε ένθερμης αποδοχής.

Οι μαθητές πειραματίστηκαν με τις μεταβολές μεμονωμένων παραγόντων επιβάρυνσης, χρησιμοποιώντας τους κυλιόμενους δρομείς για κάθε παράγοντα με τη σειρά και ερμηνεύοντας το αποτέλεσμα με βάση τον αριθμό των ψαριών που απομένουν στη λίμνη και τις χρωματικές αλλαγές. Η επίδραση στον ιχθυοπληθυσμό της λίμνης ήταν εμφανής. Τα αποτελέσματα ήταν πολύ πιο εντυπωσιακά όταν μετέβαλαν ταυτόχρονα τους δύο ή και τους τρεις παράγοντες επιβάρυνσης. Πολύ σύντομα, το οικοσύστημα οδηγείται σε οριακές καταστάσεις μέχρι του σημείου που απομακρύνεται όλος ο ιχθυοπληθυσμός (όπως πραγματικά συνέβη το 1995).



Σχήμα 4: Το γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης (τρέχουσα και προηγούμενη κατάσταση)

Ο εντοπισμός των κρίσιμων καταστάσεων του οικοσυστήματος, όπου σημαντικό ποσοστό του ιχθυοπληθυσμού έχει απομακρυνθεί λόγω των αυξανόμενων επιβαρύνσεων, είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την εισαγωγή των μαθητών στην έννοια του περιβαλλοντικού κινδύνου και την αξιολόγηση των οικοσυστημάτων σύμφωνα με αυτό το κριτήριο. Οι μαθητές ενθαρρύνονται να δοκιμάσουν σενάρια υπερβολικών,

οριακών και ίσως μη-αναμενόμενων μεταβολών των παραγόντων επιβάρυνσης και να εξαγάγουν συμπεράσματα μελετώντας την κατάσταση του οικοσυστήματος, όπως αποτυπώνεται στον αριθμό των ψαριών.

Στο αμέσως επόμενο στάδιο οι μαθητές εισάγονται στις έννοιες της περιβαλλοντικής διαχείρισης, υιοθετώντας ρόλους διαχειριστών και προσπαθώντας να αποκαταστήσουν το οικοσύστημα εκτελώντας ενέργειες μείωσης των επιβαρύνσεων. Ανακαλύπτουν τη δυσκολία στην επαναφορά σημαντικού αριθμού ψαριών στη λίμνη με τη μεταβολή μεμονωμένων παραγόντων, ενώ εντυπωσιάζονται με τη βελτίωση που προκύπτει όταν μειωθεί ταυτόχρονα η επίδραση πολλών παραγόντων. Διερευνούν, έτσι, τις δυνατότητες αναστρεψιμότητας των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και αντιλαμβάνονται άμεσα την αναγκαιότητα ανάληψης διαχειριστικών δράσεων.

Τέλος, δόθηκε η δυνατότητα στους μαθητές να προβληματιστούν με τους ασαφείς κανόνες που ελέγχουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων επιβάρυνσης στο ασαφές μοντέλο. Οι μαθητές κατάφεραν να εντοπίσουν τους κρισιμότερους από αυτούς.

Βασικό κίνητρο για την ανάπτυξη του προτεινόμενου γραφικού περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης αποτέλεσε η δυνατότητά του να παρέχει ένα εύρος δημιουργικών δραστηριοτήτων στους μαθητές με τρόπο που θα ήταν αδύνατον να επιτευχθούν στον 'πραγματικό' φυσικό κόσμο. Σύμφωνα και με τη θεωρία της εξωτερικής αντίληψης (external cognition, Scaife & Rogers., 1996), το γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης διαχειρίζεται τις εξωτερικές αναπαραστάσεις των στοιχείων του οικοσυστήματος και παρέχει τα κατάλληλα εργαλεία στους μαθητές για τη μεταβολή του αποτελέσματος που επιφέρει ο πειραματισμός με συνδυασμούς παραγόντων επιβάρυνσης.

Έτσι, το βασικό πλεονέκτημα αυτών των εξωτερικών αναπαραστάσεων είναι ότι συμβάλλουν στη διευκόλυνση της αντίληψης των σύνθετων αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των παραγόντων επιβάρυνσης του οικοσυστήματος και παρέχουν στους μαθητές τη δυνατότητα να εστιάσουν στη συνολική δομή του οικοσυστήματος ως μία ολότητα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το προτεινόμενο γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης για τη διερεύνηση των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των παραγόντων επιβάρυνσης στο οικοσύστημα μιας λίμνης παρέχει στους μαθητές ένα εύρος δραστηριοτήτων, με τρόπο που θα ήταν αδύνατον να επιτευχθούν στο φυσικό περιβάλλον. Η ανάπτυξή του ενσωματώνει τις αρχές της ασαφούς λογικής οι οποίες είναι εύκολα κατανοητές λόγω της ομοιότητάς τους με τη φυσική γλώσσα. Η συνεργασία του με τα μαθηματικά εργαλεία ασαφούς λογικής εξασφαλίζει την επιστημονική αρτιότητα των αποτελεσμάτων, ενώ παρουσιάζονται στους μαθητές μόνον τα βασικά και κατανοητά χαρακτηριστικά των παραγόντων επιβάρυνσης του οικοσυστήματος μιας λίμνης. Η χρήση κινούμενων γραφικών αναπαραστάσεων και μεταβαλλόμενων χρωματικών και σχηματικών αντιθέσεων, όπως διαμορφώθηκαν και με τη συνεργασία των μαθητών κατά τα πρώιμα στάδια ανάπτυξής του, συνεισφέρει στην ένθερμη αποδοχή του και την άμεση εξοικείωση των μαθητών με αυτό.

Η εισαγωγή των μαθητών στα σενάρια πειραματισμού με τους παράγοντες επιβάρυνσης και την εξέταση και σύγκριση των αποτελεσμάτων στα διαδοχικά παράθυρα του γραφικού περιβάλλοντος, συνεισφέρει σημαντικά στην κατανόηση των

άμεσων περιβαλλοντικών προβλημάτων της λίμνης. Ακόμη, ο εντοπισμός των κρίσιμων καταστάσεων του οικοσυστήματος εισάγει τους μαθητές στην έννοια του περιβαλλοντικού κινδύνου και την αξιολόγηση των οικοσυστημάτων σύμφωνα με αυτό το κριτήριο. Επίσης, με τη βοήθεια του γραφικού περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης, οι μαθητές εισάγονται στις έννοιες της περιβαλλοντικής διαχείρισης υιοθετώντας ρόλους διαχειριστών και προσπαθώντας να αποκαταστήσουν το οικοσύστημα εκτελώντας ενέργειες μείωσης των επιβαρύνσεων. Έτσι, επικοινωνούν μία ολοκληρωμένη άποψη για το οικοσύστημα, αποκομίζοντας σταδιακά περισσότερη γνώση μέσα από τον πειραματισμό τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Altrock, C. von. (1995), *Fuzzy Logic and NeuroFuzzy Applications Explained*, Prentice Hall PTR, New Jersey.
2. Ioannidou Ir., Paraskevopoulos St. and Tzionas P. (2003), A fuzzy inference system modelling the interactions among environmental stressors in the ecosystem of lake Koronia, Greece, accepted in the 4th *International Conference on Ecosystems and Sustainable Development*, to be held in Siena, Italy, 4-6 June 2003, *to appear*.
3. Kosko, B. (1997), *Fuzzy Engineering*, Prentice Hall International, London.
4. Muller, F. Hoffman-Kroll, R. and Wiggering, H. (2000), Indicating ecosystem integrity –theoretical concepts and environmental requirements, *Ecological modelling*, 130, 13-23.
5. Scaife, M. & Rogers, Y. (2001), Informing the design of a virtual environment to support learning in children, *International Journal of Human-Computer Studies*, 55, 115-143.
6. Scaife, M. & Rogers, Y. (1996). External Cognition: how do Graphical Representations Work?, *International Journal of Human-Computer Studies*, 45, 185-213.
7. The Mathworks Inc. (1999), *Fuzzy Logic Toolbox - For Use with MATLAB®* ver. 5.3 (R11).
8. Ιωαννίδου Ειρ., Παρασκευόπουλος Στ. και Τζιόννας Π., (2002), Εισαγωγή του ασαφούς ελέγχου στη δυναμική περιβαλλοντική εκπαίδευση, 4^ο *Διεθνές Συνέδριο Τεχνολογίας και Αυτοματισμού*, Θεσσαλονίκη 5-6 Οκτωβρίου 2002, σελ.436-442.
9. Κυνηγός Χ. και Δημαράκη Ε., (επιμέλεια, 2002), *Νοητικά εργαλεία και πληροφοριακά μέσα: Παιδαγωγική αξιοποίηση της σύγχρονης τεχνολογίας για τη μετεξέλιξη της εκπαιδευτικής πρακτικής*, Εκδόσεις Καστανιώτη.
10. Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Τμήμα Προστασίας Αρδευτικών Υδάτων (2001), *Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Υδάτων των Ποταμών και Λιμνών της Χώρας*, www.minagric.gr.
11. Ψύλλος Δ., Κουμαράς, Π. και Καριώτογλου, Π. (1993), Επικοινωνία της γνώσης στην τάξη με συνέντευνα Δασκάλου και Μαθητή, *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 70, 34-42.