ePublishing

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2005)

3ο Συνέδριο Σύρου στις ΤΠΕ

Αξιολόγηση ενός γραφικού περιβάλλοντος βασισμένου στην ασαφή λογική για την κατανόηση ενός λιμναίου οικοσυστήματος από μαθητές

Ειρήνη Ιωαννίδου , Στέφανος Παρασκευόπουλος , Παναγιώτης Τζιώνας

Βιβλιογραφική αναφορά:

Ιωαννίδου Ε., Παρασκευόπουλος Σ., & Τζιώνας Π. (2024). Αξιολόγηση ενός γραφικού περιβάλλοντος βασισμένου στην ασαφή λογική για την κατανόηση ενός λιμναίου οικοσυστήματος από μαθητές. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 600–608. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/6358

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΓΡΑΦΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΥ ΣΤΗΝ ΑΣΑΦΗ ΛΟΓΙΚΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΕΝΟΣ ΛΙΜΝΑΙΟΥ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΕΣ

Ιωαννίδου Ειρήνη
Υπ. Διδάκτ., Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Αριστοτέλειο Παν. Θεσ/νίκης
eioann@eled.auth.gr

Παρασκευόπουλος Στέφανος
Αναπλ. Καθηγητής Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
pstefano@uth.gr

Τζιώνας Παναγιώτης
Καθηγητής, Τμήμα Αυτοματισμού, Τ.Ε.Ι. Θεσ/νίκης
ptzionas@teithe.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση ενός υπολογιστικού γραφικού περιβάλλοντος, βασισμένου στην ασαφή λογική για την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παραγόντων επιβάρυνσης ενός λιμναίου οικοσυστήματος από μαθητές. Το δείγμα αποτέλεσαν δύο τμήματα της Ε΄ Δημοτικού. Το πρώτο τμήμα μελέτησε το οικοσύστημα με το συμβατικό τρόπο, βασισμένο στο βιβλίο του μαθητή και σύμφωνα με τις οδηγίες του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών, αποτελώντας έτσι την ομάδα ελέγχου. Το δεύτερο τμήμα μελέτησε το οικοσύστημα μέσω ενός υπολογιστικού γραφικού περιβάλλοντος, ειδικά σχεδιασμένου από τους συγγραφείς για να αποτυπώνει τις δυναμικές αλληλεξαρτήσεις των παραγόντων επιβάρυνσης και την επίπτωσή τους στον πληθυσμό των ψαριών, αποτελώντας έτσι την πειραματική ομάδα. Η αλληλεπίδραση με το προτεινόμενο γραφικό περιβάλλον απαιτεί την ενεργή συμμετοχή των μαθητών στις διαδικασίες διερεύνησης και κατανόησης. Ακολούθησε ανάλυση των γραπτών απαντήσεων των μαθητών σε ένα ειδικά διαμορφωμένο τεστ με τη χρήση απλών στατιστικών μεθόδων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Λιμναίο οικοσύστημα, αλληλεξαρτήσεις παραγόντων επιβάρυνσης, γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης, ασαφής λογική*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα οικοσυστήματα είναι δυναμικά συστήματα υψηλής πολυπλοκότητας τα οποία παρουσιάζουν πολλαπλές καταστάσεις και σημεία ισορροπίας. Έτσι, η αναλυτική μοντελοποίησή τους απαιτεί την υιοθέτηση σύνθετων μαθηματικών και υπολογιστικών προσεγγίσεων, ενώ είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα και απαιτητική σε υπολογιστικούς πόρους (Straskraba M. 2000, Chi H. 2000). Η ασαφής λογική είναι μία τεχνική του πεδίου της 'υπολογιστικής νοημοσύνης' η οποία επιτρέπει τη δημιουργία μοντέλων βασιζόμενων σε σύνολα κανόνων που αναπτύσσονται από ειδικούς και επιβεβαιώνονται από διαθέσιμες μετρήσεις (Zadeh L.A. 1965, Kosko B. 1997).

Η ανάπτυξη ενός διαδραστικού γραφικού περιβάλλοντος βασισμένου στην ασαφή λογική και η εφαρμογή του στην περιβαλλοντική εκπαίδευση παρουσιάστηκε από τους συγγραφείς σε προηγούμενη εργασία (Ιωαννίδου και άλλοι, Σύρος 2003). Σε αυτό το υπολογιστικό περιβάλλον το ασαφές μοντέλο αλληλεπίδρασης παραγόντων εγγυάται την επιστημονική ορθότητα των αποτελεσμάτων προσομοίωσης, ενώ οι δυναμικές γραφικές απεικονίσεις μεταφέρουν στους μαθητές μόνον τα κατανοητά χαρακτηριστικά των επιπτώσεων αυτών των αλληλεπιδράσεων, προστατεύοντάς τους από τη μαθηματική πολυπλοκότητα της μοντελοποίησης και των

εξειδικευμένων εργαλείων. Ένα αναλυτικό μοντέλο ασαφούς λογικής το οποίο διερευνά τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανθρωπογενών παραγόντων και τις επιπτώσεις τους στον ιχθυοπληθυσμό της λίμνης Κορώνειας στη Μακεδονία, αναπτύχθηκε από τους συγγραφείς στην εργασία (Ioannidou I. and others, 2003). Η λειτουργία του μοντέλου διερευνήθηκε και επαληθεύτηκε για μία πληθώρα συνδυασμών επιβαρύνσεων και διαφορετικών καταστάσεων του οικοσυστήματος της λίμνης. Αρχικά, αυτό το μοντέλο καλείται από το γραφικό περιβάλλον και στη συνέχεια βρίσκεται σε διαρκή επικοινωνία με αυτό, παρέχοντας τα απαραίτητα αποτελέσματα προσομοίωσης τα οποία ελέγχουν τις δυναμικές απεικονίσεις του γραφικού περιβάλλοντος. Κίνητρα για την ανάπτυξη ενός τέτοιου περιβάλλοντος αποτέλεσαν τόσο ο μικρός αριθμός τέτοιων δυναμικών γραφικών απεικονίσεων για το πεδίο της μελέτης περιβάλλοντος στα δημοτικά σχολεία, όσο και η σπανιότητα των εννοιών 'οικοσύστημα' και 'δυναμικές αλληλεπιδράσεις παραγόντων' στα αντίστοιχα βιβλία και προγράμματα (Korfiatis K. and others 2004).

Το γραφικό περιβάλλον ασαφούς λογικής που αναπτύχθηκε στην εργασία (Ιωαννίδου και άλλοι, Σύρος 2003) δοκιμάστηκε στη διδακτική πράξη και η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα της αξιολόγησης της κατανόησης των δυναμικών αλληλεπιδράσεων των παραγόντων επιβάρυνσης και των αποτελεσμάτων τους στο οικοσύστημα, από τους μαθητές. Στα πλαίσια της εργασίας, η προτεινόμενη μέθοδος συγκρίνεται με αυτήν της συμβατικής διδασκαλίας του αντικειμένου που γίνεται σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών. Ως όργανα συλλογής δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν pretest και posttest τα οποία περιελάμβαναν ερωτήσεις κλειστού και ανοικτού τύπου και έγινε ανάλυση των γραπτών απαντήσεων των μαθητών. Η νοηματική πολυπλοκότητα των ερωτήσεων του τεστ χρησιμοποιείται ως μέτρο της κατανόησης των περιβαλλοντικών εννοιών από τους μαθητές. Αναμένεται ότι το προτεινόμενο γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης θα μειώσει το νοητικό φόρτο που συνδέεται με την κατανόηση πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων, καθιστώντας τους μαθητές ικανούς να εστιάσουν στη συνολική δομή του οικοσυστήματος, παρά σε μικρές λεπτομέρειες, όπως είναι τυπικό για μαθητές του δημοτικού (Hogan K. 2002).

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι στο διάστημα που μεσολάβησε από την ανάπτυξη του μοντέλου και του γραφικού περιβάλλοντος μέχρι την αξιολόγησή του στη διδακτική πράξη, το θέμα της λίμνης Κορώνειας πήρε ιδιαίτερα αρνητική δημοσιότητα λόγω του θανάτου μεγάλου αριθμού πουλιών, αλλά και του μεγάλου αριθμού νεκρών ψαριών, σε δύο διαφορετικά επεισόδια που σημειώθηκαν στο δεύτερο εξάμηνο του 2004 (Πανελλήνια Ένωση Εκπαιδευτικών για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, 2004).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ

Η έρευνα έγινε σε δύο τμήματα της Ε' Δημοτικού του ίδιου σχολείου (N=50), στη Θεσσαλονίκη. Οι περισσότεροι μαθητές προέρχονται από ένα μέσο κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον και λίγοι από χαμηλό. Κανένα από τα παιδιά που συμμετείχαν στην έρευνα δεν είχε ιδιαίτερα μαθησιακά προβλήματα ή προβλήματα υγείας, όπως διαπιστώθηκε από τα αρχεία του σχολείου και μετά από συζήτηση με τους δασκάλους. Ο αριθμός αγοριών και κοριτσιών ήταν περίπου ο ίδιος.

Μία πρώτη αξιολόγηση του προτεινόμενου περιβάλλοντος (pilot test) είχε ήδη διενεργηθεί, με έναν μικρό αριθμό μαθητών. Η αξιολόγηση είχε γίνει με μαθητές που συμμετείχαν ενεργά στις φάσεις σχεδιασμού και ανάπτυξης του γραφικού περιβάλλοντος, για να εκτιμηθούν οι αντιδράσεις τους σε συγκεκριμένες διαδικασίες, στη χρήση της γλώσσας και τις συνθήκες αλληλεπίδρασης με το γραφικό περιβάλλον, όπως παρουσιάζεται στην εργασία (Ιωαννίδου και άλλοι, Σύρος 2003).

Με την ολοκλήρωση των φάσεων σχεδιασμού, οι μαθητές αυτοί εξαιρέθηκαν από κανονική διαδικασία αξιολόγησης (Panagiotakopoulos and Ioannidis 2002). Τα συμπεράσματα αυτής της αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκαν στην κατάρτιση των τελικών ερωτήσεων.

Η εξέταση των μαθητών γινόταν πάντα στις οικείες αίθουσές τους και τις πρωινές ώρες. Η παρουσίαση του υλικού, τόσο κατά τη συμβατική μέθοδο όσο και με τη χρήση του γραφικού περιβάλλοντος έγινε από την ίδια ερευνήτρια, που είναι και μία από τους συγγραφείς της εργασίας.

Μαθησιακό Περιβάλλον

Ομάδα Ελέγχου

Οι μαθητές της ομάδας ελέγχου (n1=24) παρακολούθησαν τη διδακτική ενότητα όπως περιγράφεται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών του Υπουργείου Παιδείας. Η συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζει τα αποτελέσματα των ανθρωπογενών παραγόντων επιβάρυνσης στα οικοσυστήματα λιμνών, βρίσκεται στο βιβλίο Γεωγραφίας της Ε' τάξης (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 2002α) και τιτλοφορείται 'Τα ποτάμια και οι λίμνες στη ζωή των Ελλήνων'. Το βιβλίο εστιάζει στην ιστορία της λίμνης Κάρλας στη Θεσσαλία και στην αποξήρανσή της. Αναφέρεται τόσο στην ιχθυοπαραγωγή της λίμνης όσο και στον αριθμό των πουλιών που διαχείμαζαν στις όχθες της. Γίνονται αναφορές στην απαίτηση των γεωργών για περισσότερες καλλιεργούμενες εκτάσεις, που οδήγησαν στην αποξήρανσή της, και οι μαθητές καλούνται να εκτιμήσουν τα οφέλη του οικοσυστήματος πριν την αποξήρανση. Πέρα από τα στοιχεία που δίνονται για διάφορες λίμνες, οι μαθητές μελετούν διεξοδικά μία εικόνα που απεικονίζει το περιβάλλον μίας λίμνης και ενός ποταμού, στην οποία απεικονίζεται μία σειρά ανθρωπογενών δραστηριοτήτων όπως: ένα εργοστάσιο που ρίχνει απόβλητα στη λίμνη, έναν αγρότη που αντλεί νερό για άρδευση, άλλον αγρότη που ψεκάζει με αγροχημικά, ένα θορυβώδες φορτηγό που περνά κοντά στη λίμνη, ψαράδες και εκδρομείς. Οι μαθητές καλούνται να προσδιορίσουν εκείνες τις δραστηριότητες που επιφέρουν τις μεγαλύτερες βλάβες στο οικοσύστημα. Οι βασικοί διδακτικοί στόχοι αυτής της ενότητας περιγράφονται στο αντίστοιχο βιβλίο του Δασκάλου (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 2002β) ως εξής: i) εντοπισμός των κυρίων παραγόντων επιβάρυνσης, ii) κατανόηση των συνεπειών της ρύπανσης και iii) πρόταση μέτρων που οδηγούν στη βιώσιμη ανάπτυξη.

Το υλικό αυτό χρησιμοποιήθηκε στη συμβατική διδασκαλία και εμπλουτίστηκε με αναφορές και παραδείγματα από το οικοσύστημα της λίμνης Κορώνειας. Η λίμνη αυτή βρίσκεται γεωγραφικά κοντά στη Θεσσαλονίκη και πήρε αρκετή αρνητική δημοσιότητα λόγω του πρόσφατου θανάτου μεγάλου αριθμού πουλιών και ψαριών. Άρθρα εφημερίδων, διαφάνειες, φωτογραφίες και πίνακες δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν ως συμπληρωματικό εκπαιδευτικό υλικό για την ομάδα ελέγχου.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας (n2=26) χρησιμοποίησαν αποκλειστικά το διαδραστικό γραφικό περιβάλλον που προσομοιώνει τη συμπεριφορά του οικοσυστήματος της λίμνης Κορώνειας, με βάση την ασαφή λογική. Το περιβάλλον αυτό αναπτύχθηκε σε διαδοχικά στάδια, με την ενεργή συμμετοχή μαθητών, όπως παρουσιάζεται αναλυτικά από τους συγγραφείς στην εργασία (Ιωαννίδου και άλλοι, Σύρος 2003). Χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον ανάπτυξης Borland Delphi ver. 5 (Borland USA 1994-2004) και η υλοποίηση των κινούμενων γραφικών βασίστηκε στο Flash Macromedia (Macromedia Inc. 1995-2004). Κατάλληλες γραφικές αναπαραστάσεις για τους παράγοντες επιβάρυνσης και την κίνηση των ψαριών στη λίμνη επιλέχθηκαν από σχεδιαστικά περιβάλλοντα όπως το CorelDraw (Corel Corporation 2003). Υπάρχει συνεχής

μεταφορά δεδομένων και επικοινωνία με το προγραμματιστικό περιβάλλον MatLab 5.3 και το Fuzzy Logic Toolbox (Mathworks Inc., 1999), τα οποία χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση και την προσομοίωση του ασαφούς μοντέλου της λίμνης Κορώνειας. Ο συνολικός έλεγχος και η αλληλεπίδραση με το γραφικό περιβάλλον γίνεται με τη χρήση των πλέον κοινών συσκευών, δηλαδή του ποντικιού και της οθόνης του υπολογιστή, επειδή πολλοί από τους μαθητές είναι εξοικειωμένοι με τη χρήση τους.

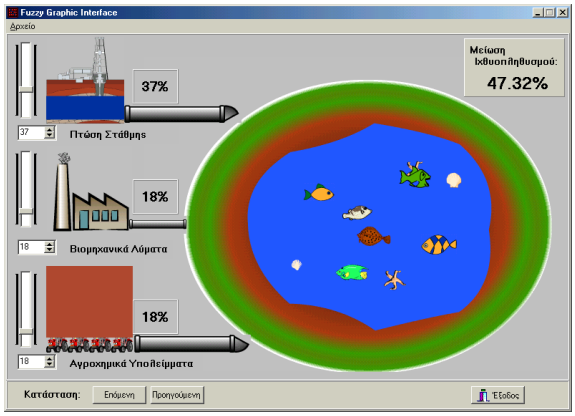
Το Σχήμα 1(α) παρουσιάζει το γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης, όπως αυτό μορφοποιήθηκε κατά τα στάδια σχεδιασμού και ανάπτυξης, λαμβάνοντας υπόψη πληθώρα σχεδίων που έγιναν από μαθητές (Ιωαννίδου και άλλοι, Σύρος 2003) αλλά και τις ζωγραφιές μαθητών που παρουσιάστηκαν σε μία διεθνή έκθεση ζωγραφικής παιδιών για το περιβάλλον (Υπουργείο Πολιτισμού, 2003). Ο παράγοντας 'Πτώση Στάθμης' αναπαριστάνεται από μία αντλία που αντλεί νερό από τον υδροφόρο ορίζοντα , με τη στάθμη του νερού να ελαττώνεται καθώς αυξάνει η άντληση. Ο παράγοντας 'Βιομηχανικά Λύματα' αναπαριστάνεται από ένα εργοστάσιο το οποίο ρίχνει απόβλητα στη λίμνη και η αύξηση των βιομηχανικών αποβλήτων συνοδεύεται από αύξηση στην ένταση του καπνού της καμινάδας του εργοστασίου. Τέλος, ο παράγοντας 'Αγροχημικά Υπολείμματα' αναπαριστάνεται με έναν αυξανόμενο αριθμό γεωργικών ελκυστήρων.

Το αποτέλεσμα της συνδυαστικής επιβάρυνσης αυτών των παραγόντων στη λίμνη γίνεται φανερό με αυξομειώσεις του μεγέθους της και αλλαγή του χρώματός της, όπου με πιο σκούρα χρώματα αναπαριστάνονται οι καταστάσεις μεγαλύτερης επιβάρυνσης. Η επιβάρυνση του οικοσυστήματος γίνεται αμεσότερα εμφανής και από τον αριθμό των ψαριών που μένουν στη λίμνη. Καθώς οι επιβαρύνσεις αυξάνουν, ο αριθμός των ψαριών μειώνεται, όπως αποτυπώνεται και στον αντίστοιχο αριθμό της μείωσης του ιχθυοπληθυσμού στο Σχήμα 1(α). Κατ' αντιστοιχία, μείωση των επιβαρύνσεων οδηγεί (όπως υπολογίζεται συνεχώς από το ασαφές μοντέλο που εκτελείται στο υπόβαθρο) σε αύξηση του αριθμού των ψαριών στη λίμνη. Για λόγους απλότητας στην αναπαράσταση επιλέχθηκε το βήμα μείωσης ή αύξησης του ιχθυοπληθυσμού που υπολογίζεται στο MatLab να αντιστοιχεί σε ένα ψάρι για κάθε μεταβολή κατά 10%. Έτσι, ο μέγιστος αριθμός των ψαριών στη λίμνη είναι 10. Η ταχύτητα και η κατεύθυνση της κίνησης των ψαριών ελέγχεται από τη διαδοχή των πλαισίων (frames) στο πρόγραμμα Flash και επιλέχθηκε έτσι ώστε να δίνει στους μαθητές μία αίσθηση αντίστοιχη αυτής που έχουν όταν παρατηρούν ένα ενυδρείο.

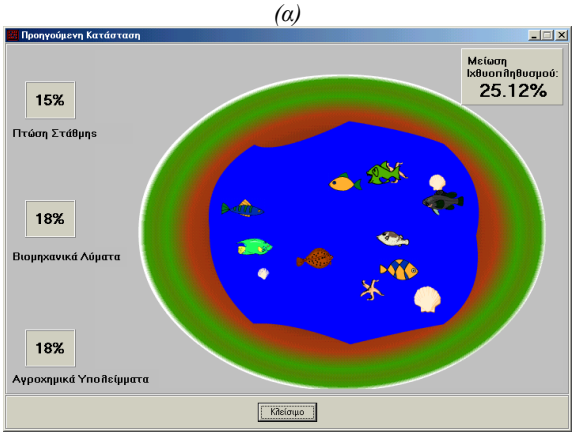
Η μεταβολή του συνδυασμού των παραγόντων επιβάρυνσης γίνεται από τους μαθητές με τη χρήση μπαρών κύλισης και το αποτέλεσμα στο οικοσύστημα γίνεται ορατό πιέζοντας το πλήκτρο 'Επόμενη' κατάσταση. Το πλήκτρο αυτό ενεργοποιεί το μοντέλο το οποίο υπολογίζει το νέο ποσοστό απομάκρυνσης ιχθυοπληθυσμού. Η νέα τιμή επιστρέφει στο γραφικό περιβάλλον και αποτυπώνεται στον αριθμό των ψαριών, στο σχήμα και το χρώμα της λίμνης. Το κουμπί 'Προηγούμενη' κατάσταση χρησιμοποιείται για να παρουσιάσει σε ένα νέο παράθυρο την προηγούμενη κατάσταση του οικοσυστήματος όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1(β), για λόγους σύγκρισης. Πολλαπλές 'προηγούμενες' καταστάσεις μπορούν να αναπαρασταθούν σε πολλαπλά παράθυρα επιτρέποντας έτσι να γίνονται πολλαπλές συγκρίσεις με διαφορετικούς συνδυασμούς παραγόντων επιβάρυνσης.

Αρχικά, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας εξοικειώνονται με τα βασικά ενεργά στοιχεία του γραφικού περιβάλλοντος και, κατόπιν, πειραματίζονται με μεταβολές είτε σε μεμονωμένους παράγοντες είτε σε συνδυασμούς τους και εξετάζουν τα αποτελέσματα αυτών των μεταβολών στον ιχθυοπληθυσμό. Παράλληλα, διερευνούν συγκεκριμένα σενάρια που οδηγούν σε επιδείνωση της λίμνης και σε κρίσιμες καταστάσεις, ενώ μπορούν ακόμη να διατυπώσουν και να

επαληθεύσουν κάποιες προβλέψεις τους. Τέλος, οι μαθητές αναλαμβάνουν ρόλους διαχειριστών του οικοσυστήματος και προσπαθούν να το αποκαταστήσουν διερευνώντας δράσεις περιορισμού των παραγόντων επιβάρυνσης. Ο πειραματισμός με το γραφικό περιβάλλον συμπεριλαμβάνει και πραγματικά δεδομένα που οδήγησαν τη λίμνη σε κρίσιμες καταστάσεις όπως ο θάνατος σχεδόν όλων των ψαριών το καλοκαίρι του 1995 (Ioannidou I. and others, 2003). Ένα 'πειραματικό' φύλλο εργασίας παρέχεται σε κάθε μαθητή και περιέχει βασικές οδηγίες για τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να εκτελέσει τα 'πειράματά' καθώς και χώρο για να καταγράφει τις παρατηρήσεις του.



(α)



(β)

Σχήμα 1. *Γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης (α) & Παράθυρο 'Προηγούμενης' κατάστασης (β)*

ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για τη συλλογή των δεδομένων διαμορφώθηκαν 16 ερωτήσεις ειδικά για την εργασία αυτήν, οι οποίες διανεμήθηκαν και συμπληρώθηκαν από όλους τους μαθητές όλων των ομάδων πριν τη διαδικασία μάθησης (pretest) και αμέσως μετά από αυτήν, (posttest). Οι ερωτήσεις ήταν πολλαπλών επιλογών, καθώς επίσης και 'ανοιχτές' ερωτήσεις. Ενώ οι πρώτες είναι σύντομες και δεν αποσπούν την προσοχή των παιδιών για μεγάλα διαστήματα (ενώ, παράλληλα, είναι σχετικά εύκολο να αξιολογηθούν), οι δεύτερες είναι ικανές να αποκαλύψουν τη γνώση των μαθητών που

μπορεί να κρύβεται στις εκφράσεις τους ή στις σχέσεις που αποτυπώνονται μεταξύ ιδεών και εννοιών (Eilam B., 2002).

Κάθε ερώτηση θεωρείται μία μονάδα ανάλυσης. Η ανάλυση έγινε σύμφωνα με έναν αριθμό κριτηρίων τα οποία σχετίζονται με την πολυπλοκότητα των εννοιών υπό διερεύνηση. Συγκεκριμένα, σχετίζονται με το επίπεδο στο οποίο ένας μαθητής μπορεί να διαφοροποιήσει μεταξύ των διαφορετικών διαστάσεων που μπορεί να έχει ένα θέμα και, κατόπιν, με το βαθμό στον οποίο μπορεί να ολοκληρώσει και να συνδέσει όλες τις διαστάσεις του θέματος μεταξύ τους (Bright A.D., and Tarrant, M.A. 2002). Έτσι, η νοηματική πολυπλοκότητα για κάθε ερώτηση αποτυπώνεται σε μία βαθμολογία από 1 έως 7, με το βαθμό 1 να ανατίθεται σε μία ερώτηση που απαιτεί χαμηλή διαφοροποίηση διαστάσεων και καθόλου ολοκλήρωση και το βαθμό 7 σε μία ερώτηση που απαιτεί υψηλό βαθμό διαφοροποίησης διαστάσεων και μεγάλη ικανότητα ολοκλήρωσης και σύνδεσης. Οι κατηγορίες των ερωτήσεων ήταν οι εξής: i) ερωτήσεις εντοπισμού των βασικότερων παραγόντων επιβάρυνσης, ii) ερωτήσεις σταδιακής αύξησης της επιβάρυνσης ενός παράγοντα, iii) ερωτήσεις σταδιακής αύξησης της επιβάρυνσης δύο ή και τριών παραγόντων σε συνδυασμό, iv) ερωτήσεις σταδιακής μείωσης (αποκατάστασης) της επιβάρυνσης ενός παράγοντα και v) ερωτήσεις σταδιακής αποκατάστασης σε δύο ή τρεις παράγοντες ταυτόχρονα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι εφόσον οι ομάδες προέρχονταν από το ίδιο σχολείο και οι μαθητές είχαν περίπου το ίδιο κοινωνικοοικονομικό υπόβαθρο, οι ομάδες θεωρούνται εξισορροπημένες. Ακόμη, πρέπει να σημειωθεί ότι διενεργήθηκε ένα pre-test, η συλλογή των δεδομένων ελέγχθηκε προσεκτικά και η ερευνήτρια εξέτασε τις δύο ομάδες με τον ίδιο τρόπο και παρουσίασε σε αυτές ακριβώς τις ίδιες ερωτήσεις, όσο το δυνατόν πανομοιότυπα. Όλες οι παραπάνω προφυλάξεις οδηγούν στην ελαχιστοποίηση του συστηματικού σφάλματος (Panagiotakopoulos, C.T. and Ioannidis, G.S. 2002).

Χρησιμοποιήθηκαν αναλύσεις διακυμάνσεων (ANOVAs) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις για να γίνουν οι συγκρίσεις στο χρόνο μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας και των μαθητών της ομάδας ελέγχου, στις ερωτήσεις του τεστ. Οι τάσεις εξετάστηκαν μέσω συσχετισμένων t-tests στα γειτονικά χρονικά σημεία. Κάθε ερώτηση βαθμολογήθηκε σύμφωνα με την πολυπλοκότητά της και οι βαθμολογίες των μαθητών κατά το pretest συγκρίνονταν με τις βαθμολογίες τους κατά το posttest.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ

Αποτελέσματα Pretest

Η ανάλυση του περιεχομένου των γραπτών απαντήσεων των μαθητών κατά το pretest αποκαλύπτει, όπως ίσως ήταν αναμενόμενο, μία απλοϊκή και στατική θεώρηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παραγόντων επιβάρυνσης του λιμναίου οικοσυστήματος, τόσο για την ομάδα ελέγχου όσο και για την πειραματική ομάδα. Διαπιστώθηκε μία έντονη αδυναμία στην κατανόηση της δυναμικής αλληλεξάρτησης μεταξύ δύο ή περισσότερων παραγόντων όπως επίσης και της έννοιας της τερματικής κατάστασης ενός οικοσυστήματος ή των μη-αναστρέψιμων επιβαρύνσεων. Τέλος, εμφανής είναι η αδυναμία διατύπωσης προτάσεων αποκατάστασης και περιορισμού του περιβαλλοντικού κινδύνου και στις δύο ομάδες, πιθανώς επειδή τα αποτελέσματα τέτοιων ενεργειών είναι μακροχρόνια και δεν μπορούν να γίνουν άμεσα αντιληπτά.

Συγκρίσεις Pretest-Posttest

Οι αναλύσεις ANOVA που χρησιμοποιήθηκαν για ποσοτικές συγκρίσεις στο χρόνο μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στις ερωτήσεις, παρουσιάζουν μία σημαντική βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας, όπως αναλύεται στον Πίνακα 1 ($F= 420.977$, $p<.000$). Ο βαθμός διαδραστικότητας και η συνολική

δομή του υπολογιστικού γραφικού περιβάλλοντος φαίνεται να συνεισφέρουν σημαντικά περισσότερο από ότι η συμβατική μέθοδος στην αλλαγή των απλοϊκών και στατικών αντιλήψεων των μαθητών που αποτυπώνονται στα pretest, ειδικά κατά το συνδυασμό πολλαπλών παραγόντων επιβάρυνσης.

Έτσι, τα πεδία στα οποία η πειραματική ομάδα έχει σημαντικά καλύτερες επιδόσεις από την αντίστοιχη ομάδα ελέγχου είναι εκείνα που απαιτούν την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παραγόντων επιβάρυνσης. Ακόμη, αξίζει να σημειωθεί ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας είχαν πολύ καλύτερες επιδόσεις σε ερωτήσεις που απαιτούσαν την κατανόηση της έννοιας της δυναμικής ισορροπίας του οικοσυστήματος. Οι δυνατότητες απεικόνισης και οπτικοποίησης των εννοιών στο προτεινόμενο γραφικό περιβάλλον και η αμεσότητα που απέκτησαν οι μαθητές στην κατανόηση των αποτελεσμάτων των επιβαρύνσεων μέσω των προσομοιώσεων παρείχαν ένα υψηλότερο επίπεδο κατανόησης των πιο σύνθετων εννοιών. Τέλος, η μακροχρόνια συμπεριφορά του οικοσυστήματος και τα αποτελέσματα των δράσεων αποκατάστασης μπορούν να γίνουν αντιληπτά μόνον μέσω των προσομοιώσεων του προτεινόμενου μοντέλου και τα αποτελέσματά τους να αναπαρασταθούν στο γραφικό περιβάλλον. Η συμβατική μέθοδος διδασκαλίας υστερεί σε αυτό το σημείο και παρόλο που το αναλυτικό πρόγραμμα διδασκαλίας προτείνει μία ‘ολιστική’ ή ‘συστημική’ προσέγγιση, θεωρούμε ότι μία τέτοια προσέγγιση είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί με το συμβατικό τρόπο ενώ, το προτεινόμενο γραφικό περιβάλλον συμβάλλει σημαντικά σε αυτήν την κατεύθυνση. Η υιοθέτηση και υλοποίηση σεναρίων αποκατάστασης και οι δυνατότητες πρόβλεψης που παρέχει το γραφικό περιβάλλον προσομοίωσης βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν βαθύτερα τις σχετικές έννοιες. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται επίσης τα αποτελέσματα της βελτίωσης των επιδόσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας σε σχέση με εκείνα της ομάδας ελέγχου για δύο παραδείγματα που ανήκουν σε δύο διαφορετικές κατηγορίες ερωτήσεων: α) ερωτήσεις επιβάρυνσης και β) ερωτήσεις αποκατάστασης. Αν και η πειραματική ομάδα παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις και στις δύο περιπτώσεις ($F=121.304$, $p<.000$ για το παράδειγμα που ανήκει στις ερωτήσεις επιβάρυνσης, $F=563.500$, $p<.000$, για το παράδειγμα που ανήκει στις ερωτήσεις αποκατάστασης), η διαφορά στις επιδόσεις για τις ερωτήσεις αποκατάστασης είναι πολύ μεγαλύτερη υπέρ της πειραματικής ομάδας. Γενικά, παρατηρείται ότι η συμβατική μέθοδος αποτυγχάνει να μεταφέρει στους μαθητές τις πολύπλοκες αλληλεξαρτήσεις των παραγόντων επιβάρυνσης σε διαφορετικές καταστάσεις ισορροπίας του οικοσυστήματος.

Πίνακας 1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων σύγκρισης των δύο μεθόδων

	Χρόνος	**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ**		**Ομάδα ελέγχου**		**F**	**p**
		M	**SD**	**M**	**SD**		
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	pretest	10.40	7.62	10.34	6.71	420.977	.000
	posttest	48.12	12.30	16.56	9.42		
Ερώτηση επιβάρυνσης	pretest	0.16	0.79	0.24	0.96	121.304	.000
	posttest	3.84	0.79	0.96	1.73		
Ερώτηση αποκατάστασης	pretest	0.36	1.44	0.36	1.44	563.500	.000
	posttest	5.88	0.85	0.36	1.44		

M=μέσος όρος, SD=τυπική απόκλιση

Τέλος, πρέπει να τονιστεί ότι το προτεινόμενο γραφικό περιβάλλον προσφέρει δυνατότητες 'εμπειρικής' μάθησης στους μαθητές. Οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά με το περιβάλλον και μαθαίνουν μέσω συνθηκών ελεύθερου πειραματισμού (Powell, K. and Wells, M. 2002). Η ευχαρίστηση των μαθητών κατά τον πειραματισμό τους με το γραφικό περιβάλλον είχε ήδη αποτυπωθεί κατά τα στάδια του σχεδιασμού και των πιλοτικών δοκιμών (Ιωαννίδου και άλλοι, Σύρος 2003) και συνεχίστηκε να αποτυπώνεται στα πλαίσια και αυτής της εργασίας. Το προτεινόμενο γραφικό περιβάλλον διαχειρίζεται τις εξωτερικές αναπαραστάσεις των στοιχείων του οικοσυστήματος, συμβάλλοντας στην ευκολότερη κατανόηση των εννοιών από τους μαθητές και παρέχει ένα εύρος δραστηριοτήτων με τρόπο που θα ήταν αδύνατο να επιτευχθεί στον 'πραγματικό' κόσμο (Scaife, M. & Rogers, Y. 1996, Ιωαννίδου και άλλοι, Σύρος 2003).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της εργασίας επιχειρήθηκε η αξιολόγηση ενός υπολογιστικού γραφικού περιβάλλοντος που βασίζεται στην ασαφή λογική και αναπτύχθηκε για τη διευκόλυνση της κατανόησης των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παραγόντων ενός λιμναίου οικοσυστήματος από μαθητές. Η αξιολόγηση έγινε σε σύγκριση με τη συμβατική διδασκαλία που προτείνεται από το αντίστοιχο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών με τη χρήση ειδικά διαμορφωμένων ερωτήσεων. Το δείγμα αποτελείται από 50 μαθητές που κατανέμονται σε δύο τμήματα της Ε' τάξης του ίδιου Δημοτικού Σχολείου.

Τα αποτελέσματα επεξεργάστηκαν με αναλύσεις ANOVA και συσχετισμένα t-test και δείχνουν μία σημαντική βελτίωση των ικανοτήτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας στο να κατανοούν τις πολύπλοκες αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των παραγόντων επιβάρυνσης και τις επιπτώσεις τους στις διεργασίες του οικοσυστήματος. Παρότι η συμβατική μέθοδος διδασκαλίας παρείχε στους μαθητές τις βασικές αρχές λειτουργίας του οικοσυστήματος, ειδικά σε απλές και στατικές συνθήκες, η συμβατική μέθοδος αποτυγχάνει να μεταφέρει στους μαθητές τις πολύπλοκες αλληλεξαρτήσεις των παραγόντων επιβάρυνσης σε διαφορετικές καταστάσεις ισορροπίας του οικοσυστήματος. Το προτεινόμενο γραφικό περιβάλλον παρείχε τα απαραίτητα εργαλεία αναπαράστασης, οπτικοποίησης και προσομοίωσης που βοηθούν τους μαθητές να διερευνήσουν ή και να προβλέψουν την κατάσταση του οικοσυστήματος κάτω από μεταβαλλόμενες συνθήκες. Οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά και δε χρησιμοποιούν μόνον τη γνώση που αποκτούν από τον πειραματισμό τους με το γραφικό περιβάλλον, αλλά μπορούν να θέσουν και να επεξεργαστούν και νέα ερωτήματα.

Από παιδαγωγικής άποψης, το προτεινόμενο περιβάλλον βασίστηκε στις αρχές του κονστρακτιβισμού, επιτρέποντας στους μαθητές να πειραματίζονται και να δημιουργούν εσωτερικές νοητικές αναπαραστάσεις (Kettanurak V. and others 2001, Ιωαννίδου και άλλοι, Σύρος 2003). Τέλος, σύμφωνα με τη θεωρία της εξωτερικής αντίληψης (external cognition, Scaife M. & Rogers Y. 1996), το γραφικό περιβάλλον διαχειρίζεται τις εξωτερικές αναπαραστάσεις των στοιχείων του οικοσυστήματος και παρέχει τα κατάλληλα εργαλεία στους μαθητές για τον πειραματισμό με τους παράγοντες επιβάρυνσης (Ιωαννίδου και άλλοι, Σύρος 2003).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Borland USA. (1994-2004). Borland Delphi, (www.borland.com/delphi).
2. Bright A.D., and Tarrant, M.A. (2002). Effect of Environmental-Based Coursework on the Nature of Attitudes Toward the Endangered Species Act. *The Journal of Environmental Education*, 33, 10-19.

3. Chi, H. (2000). 'Computer simulation models for sustainability'. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 1, 154-167.
4. Corel Corporation (2003). Coreldraw Graphics Suite, (www.corel.com).
5. Eilam B., (2002).Strata of Comprehending Ecology: Looking through the Prism of Feeding Relations. *Science Education*, 86, 645-671.
6. Hogan, K. (2002). Small group's ecological reasoning while making an environmental management decision. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 341-368.
7. Ioannidou, I., Paraskevopoulos, St., Tzionas, P., (2003). 'Fuzzy modeling of interactions among environmental stressors in the ecosystem of Lake Koronia, Greece', *Environmental Management* 32, 624-638.
8. Kettanurak, V., Ramamurthy, K. and Haseman, W. (2001). 'User attitude as a mediator of learning performance improvement in an interactive multimedia environment: an empirical investigation of the degree of interactivity and learning styles'. *International Journal of Human-Computer Studies*, 54, 541-583.
9. Korfiatis, K., Stamou, A. and Paraskevopoulos St., (2004). 'Images of Nature in Greek Primary School Textbooks'. *Science Education*, 88, 72– 89.
10. Kosko, B. (1997). *Fuzzy Engineering*. London, U.K.: Prentice Hall International.
11. Macromedia Inc. (1995-2004). Flash Features, www.macromedia .com/flash
12. Mathworks Inc. (1999). *Fuzzy Logic Toolbox - For Use with MATLAB®* , ver 5.3., The Mathworks Inc.
13. Panagiotakopoulos, C.T. and Ioannidis, G.S., (2002). Assessing children's understanding of basic time concepts through multimedia software. *Computers and Education*, 38, 331-349.
14. Powell, K. and Wells, M. (2002). The Effectiveness of Three Experiential Teaching Approaches on student Science Learning in Fifth-Grade Public School Classrooms. The Journal of Environmental Education, 33, 33-38.
15. Scaife, M. & Rogers, Y. (1996). External Cognition: how do Graphical Representations Work?. *International Journal of Human-Computer Studies*, 45, 185-213.
16. Straskraba, M. (2000). Natural control mechanisms in models of aquatic ecosystems. *Ecological Modelling*, 140,195-205.
17. Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information Control*, 8, 338-353.
18. Ιωαννίδου Ειρ., Παρασκευόπουλος Στ. και Τζιώνας Π., (2003), 'Ανάπτυξη γραφικού περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης για την εισαγωγή της ασαφούς λογικής στη μελέτη του περιβάλλοντος', 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο 'Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη', Σύρος 9-11 Μαϊου 2003, σελ. 624-635.
19. Πανελλήνια Ένωση Εκπαιδευτικών για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, (2004), 'Η Τραγωδία της λίμνης Κορώνειας', *Ημερίδα, Παιδαγωγική Σχολή Αριστοτέλειου Πανεπ. Θεσ/νίκης*, 22 Νοεμβρίου 2004.
20. Υπουργείο Παιδείας, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, (2000α), '*Γνωρίζω την Ελλάδα'*, Γεωγραφία Ε' Δημοτικού, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
21. Υπουργείο Παιδείας, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, (2000β), *'Γνωρίζω την Ελλάδα'*, Γεωγραφία Ε' Δημοτικού: *Βιβλίο Δασκάλου*, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
22. Υπουργείο Πολιτισμού (2003), 'Διεθνής έκθεση ζωγραφικής από μαθητές με τίτλο: Οικολογική Συνείδηση – Φυσικό Περιβάλλον', Ποταμοί και Λίμνες στην περιοχή των Βαλκανίων, οργάνωση στα πλαίσια της Πολιτιστικής Ολυμπιάδας, 18-19/10/2003, Θεσσαλονίκη.