

# Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2004)

4ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»



Ευρετική αξιολόγηση από προσομοιωμένους ειδικούς σε ανοιχτά περιβάλλοντα μάθησης

Νικόλαος Τσέλιος, Βασίλης Κόμης

## Βιβλιογραφική αναφορά:

Τσέλιος Ν., & Κόμης Β. (2026). Ευρετική αξιολόγηση από προσομοιωμένους ειδικούς σε ανοιχτά περιβάλλοντα μάθησης. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 587–596. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/9023>

# Ευρετική αξιολόγηση από προσομοιωμένους ειδικούς σε ανοιχτά περιβάλλοντα μάθησης

Νικόλαος Τσέλιος, Βασίλης Κόμης, Νικόλαος Αβούρης\*  
Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, \*Τμήμα ΗΜΤΥ, Πανεπιστήμιο Πατρών  
GR-265 00 Ρίο Πάτρα  
nitse@ee.upatras.gr, komis@upatras.gr, N.Avouris@ee.upatras.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Αν και διαπιστώνεται η αυτονόητη απαίτηση για πιστοποίηση της ευχρηστίας εκπαιδευτικού λογισμικού, εντούτοις αναγνωρίζεται σημαντικό έλλειμμα σε εφαρμοσμένες τεχνικές αξιολόγησης χαμηλού κόστους. Η εκτίμηση αυτή είναι ιδιαίτερα ισχυρή σε εκπαιδευτικό λογισμικό οικοδομικού γνωσιοθεωρητικού χαρακτήρα, όπου οι προτεινόμενες τεχνικές αξιολόγησης είναι περιορισμένες και συχνά ιδιαίτερα επίπονες στην εφαρμογή τους. Στην εργασία αυτή μελετάται η εφαρμογή μιας διαδεδομένης - σε γενικού τύπου λογισμικό- μεθόδου αξιολόγησης, της ευρετικής αξιολόγησης (heuristic evaluation), τροποποιημένης ώστε να παράγει ποσοτικοποιημένα αποτελέσματα και να εφαρμόζεται από τελικούς χρήστες οι οποίοι παίζουν το ρόλο 'προσομοιωμένων ειδικών'. Μέσα από την ανάλυση μιας μελέτης περίπτωσης αξιολόγησης ανοιχτού περιβάλλοντος μάθησης, επιχειρείται η εξαγωγή συμπερασμάτων για την αξιοπιστία της προτεινόμενης μεθόδου, κύρια μέσω της παράλληλης εφαρμογής της από ειδικούς αξιολόγησης ευχρηστίας και σύγκρισης των αποτελεσμάτων.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Ευρετική αξιολόγηση, ανοιχτά περιβάλλοντα μάθησης, αξιολόγηση ευχρηστίας

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διερεύνηση της καταλληλότητας και εφαρμοσιμότητας των υπάρχουσών μεθόδων αξιολόγησης ευχρηστίας στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού λογισμικού και ιδιαίτερα στα ανοιχτά περιβάλλοντα μάθησης, αποτελεί αντικείμενο συζήτησης τα τελευταία χρόνια. Οι Squires και Preece (1999) αμφισβητούν συνολικά την εγκυρότητα μιας αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού που βασίζεται αποκλειστικά σε ερωτηματολόγια, προτείνοντας συνδυαστικού τύπου αξιολόγηση προσαρμοσμένη κατάλληλα ώστε να συνεκτιμά και παιδαγωγικές διαστάσεις του περιβάλλοντος. Παρόμοια αμφισβήτηση διατυπώνει ο Nielsen (1993) συνολικά για την αξιολόγηση ευχρηστίας λογισμικού, προτάσσοντας την παρατήρηση αντιπροσωπευτικών χρηστών ως την πλέον αξιόπιστη λύση. Η διερεύνηση όμως της καταλληλότητας των μεθόδων για το εκπαιδευτικό λογισμικό δυσχεραίνεται κύρια από τρεις παράγοντες. Τις σημαντικές διαφορές εκπαιδευτικού λογισμικού και λογισμικού γενικού σκοπού, το γεγονός ότι συχνά τα επιστημονικά πεδία της Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου Υπολογιστή και Εκπαιδευτικού Λογισμικού δεν συνεργάζονται και το γεγονός ότι διαφορετικού τύπου εκπαιδευτικό λογισμικό απαιτεί διαφορετική προσέγγιση στην αξιολόγησή του.

Πράγματι, τα φαινόμενα που παρατηρούνται κατά τη χρήση ενός εκπαιδευτικού συστήματος διαφέρουν σημαντικά σε σχέση με την τυπική αλληλεπίδραση αντιπροσωπευτικών χρηστών με περιβάλλοντα εργασίας (Inkpen, 1997). Και αυτό γιατί ο στόχος είναι ριζικά διαφορετικός: Στο εκπαιδευτικό λογισμικό σκοπός του χρήστη-εκπαιδευμένου είναι η μάθηση και όχι η διεξαγωγή

κάποιας τυπικής και συχνά μηχανικά επαναλαμβανόμενης εργασίας. Επιπλέον, ενώ οι χρήστες τυπικών περιβαλλόντων εργασίας είναι συνήθως γνώστες του αντικειμένου στο οποίο το σύστημα αναφέρεται (domain knowledge), οι μαθητές – χρήστες χαρακτηρίζονται από μικρή τέτοια γνώση καθώς επίσης και ισχυρές διαφοροποιήσεις μεταξύ των (Soloway et al., 1994). Πολλές φορές, ακόμα και η ύπαρξη κινήτρου για την ενασχόληση ή όχι με το σύστημα δεν θα πρέπει να θεωρείται δεδομένη (Soloway et al., 1996). Κατά συνέπεια, οι παραδοσιακές μετρικές που αξιολογούν την ευχρηστία μιας διεργασίας (ταχύτητα εκτέλεσης, ποσοστό λαθών, αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα κ.α.) αποκτούν δευτερεύοντα ρόλο στην αξιολόγηση της ποιότητας αλληλεπίδρασης ενός εκπαιδευτικού λογισμικού.

Παράλληλα, σύμφωνα με τον Squires (1999), παρά το γεγονός ότι η έρευνα στα πεδία αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή και εκπαιδευτικού λογισμικού έχει οδηγήσει σε εδραιωμένες πρακτικές και μεθοδολογίες, τα πεδία αυτά σπανίως επικοινωνούν αποτελεσματικά μεταξύ τους λαμβάνοντας υπ'όψην τις ιδιαιτερότητες και τους περιορισμούς που τα διακρίνουν. Τέλος, η αναγνώριση των σημαντικών διαφοροποιήσεων των διαφόρων ειδών εκπαιδευτικού λογισμικού ανάλογα με το πλαίσιο που εκφράζουν έχει οδηγήσει στη πρόταση ειδικά προσαρμοσμένων μεθόδων και πλαισίων αξιολόγησης κατά περίπτωση. Σε εκπαιδευτικό λογισμικό που εκφράζει συμπεριφοριστικό πλαίσιο μάθησης, ο μαθητής καλείται να διαμορφώσει αντίληψη για έννοιες που παρέχονται έτοιμες από τους εκπαιδευτικούς. Έτσι το περιβάλλον αυτό πρακτικά πραγματώνει ένα μοντέλο «πομπού-διαβιβαστή πληροφορίας» του εκπαιδευτικού προς τους μαθητές (Soloway et al. 1994). Με βάση τις προσδοκίες των Mayes και Fowler (1999) για τα αποτελέσματα της εφαρμογής πρωτογενούς τύπου εκπαιδευτικού λογισμικού (primary courseware, όπως τα χαρακτηρίζουν) στη μαθησιακή διαδικασία μπορεί να δημιουργηθεί ισχυρό κίνητρο για μάθηση, ενώ παράλληλα η ικανότητα πρόσβασης στην γνώση αυξάνεται άρα και της αποδοτικότητας της τεχνολογίας μάθησης. Για την παράμετρο της ευχρηστίας, θεωρούν ότι δεν εμπλέκεται άμεσα με τη διαδικασία μάθησης. Η διαπίστωση αυτή καθιστά γενικά έγκυρες τις υπάρχουσες μορφές αξιολόγησης σε αυτή τη κατηγορία εκπαιδευτικού λογισμικού και αντίστοιχες είναι οι προτάσεις που έχουν γίνει για σχετικά πλαίσια αξιολόγησης (Avouris et al., 2001, Tselios et al., 2001, Heines, 2000, Piquet and Peraya, 2000).

Δυσχερέστερη είναι η αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού που εκφράζει οικοδομιστικό γνωσιοθεωρητικό πλαίσιο μάθησης, όπως είναι τα ανοιχτά περιβάλλοντα μάθησης. Στα περιβάλλοντα αυτά η διεπιφάνεια χρήσης θα πρέπει να υποστηρίζει πολλαπλές αναπαραστάσεις κατά τη διάρκεια της εμπλοκής των μαθητών με τις έννοιες που εμπεριέχονται. Παράλληλα, οι μαθητές θα πρέπει να υπεισέρχονται σε αναστοχαστικές γνωστικές λειτουργίες οι οποίες δεν θα πρέπει να αυτοματοποιούνται από τη διεπιφάνεια χρήσης (Langer, 1997, Sedig et al., 2001), καθώς όσο μεγαλύτερος γνωστικός φόρτος καταβληθεί για τη νοηματική επεξεργασία μιας έννοιας τόσο αποτελεσματικότερη καθίσταται η μάθηση (Salomon, 1979). Αν και η έρευνα για την αξιολόγησή τους στο πεδίο θεωρείται αναντικατάστατη, υπάρχουν σημαντικά θέματα τεχνικής και παιδαγωγικής φύσεως τα οποία αφορούν στο σχεδιασμό των περιβαλλόντων αυτών ως εργαλείων όπως και ως περιβαλλόντων μάθησης τα οποία πρέπει να εντοπισθούν από ειδικούς πριν από τη μελέτη στο πεδίο. Στην κατεύθυνση αυτή έχουν προταθεί πλαίσια και μέθοδοι αξιολόγησης που να συγκεράζουν παιδαγωγικές και αλληλεπιδραστικές απαιτήσεις (Lewis et al., 1998, Squires and Preece, 1999, Tselios et al., 2002). Στα πλαίσια αυτά δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη φύση της εργασίας που καλείται να επιτελέσει ο χρήστης-μαθητής και στην κατά τη δυνατόν απλούστευσή της χωρίς να εξαλείφεται η εμπλοκή του σε γνωστικού τύπου εργασίες που αφορούν στις προς μελέτη έννοιες του πεδίου, ασχέτως της δυσχέρειας που αυτές παρουσιάζουν.

### Ευρετική αξιολόγηση

Η ευρετική αξιολόγηση (heuristic evaluation) αποτελεί μία από τις πιο διαδεδομένες τεχνικές που έχουν προταθεί για την αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού. Μερικά από τα πλεονεκτήματά της είναι η δυνατότητα εφαρμογής της σε κάθε σημείο του κύκλου σχεδιασμού και αξιολόγησης, ο περιορισμένος αριθμός κανόνων που περιλαμβάνει στην πρωτότυπη της μορφή καθώς και οι σαφείς κατευθύνσεις για την αξιοποίησή της μέσα από την εμπειρία εφαρμογής της σε διάφορων ειδών λογισμικά (Nielsen and Landauer, 1993, Nielsen, 1994). Η αξιολόγηση στην περίπτωση αυτή γίνεται από πεπειραμένους αξιολογητές ευχρηστίας οι οποίοι όμως δεν έχουν εμπλακεί στην ανάπτυξη του συστήματος. Η μέθοδος παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα της γενικευμένης εφαρμοσιμότητάς της σε διαδραστικά συστήματα ποικίλου σκοπού, ακόμη και σε πολύ αρχικά στάδια του σχεδιασμού και το σχετικά χαμηλό κόστος διεξαγωγής της. Βασίζεται επίσης σε ένα σχετικά μικρό αριθμό «ευρετικών κανόνων» (Πίνακας 1), σε αντίθεση με τη χρήση εκτεταμένου αριθμού οδηγιών (guidelines), όπου το πλήθος των οδηγιών-κανόνων καθιστούν δύσκολη την αξιοποίησή τους για σχεδιασμό ή και αξιολόγηση διεπιφάνειας χρήσης. Ενδεικτικά, τέτοιους οδηγούς έχουν διατυπώσει ο Brown με 302 οδηγίες, ο Mayhew (1992) με 288 οδηγίες και οι Smith και Mosier με 944 οδηγίες, ενώ παρόμοια προσέγγιση προτείνει και το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (Papadopoulos, 2002). Η αξιολόγηση με τη μέθοδο αυτή εστιάζεται σε δύο βασικά σημεία, τη γενική σχεδίαση των οθονών του συστήματος και τη ροή διαλόγων, μηνυμάτων και ενεργειών που απαιτούνται για να γίνει μια συγκεκριμένη διεργασία.

1) Χρήση απλών και φυσικών διαλόγων.
2) Χρήση απλής και κατανοητής γλώσσας με την οποία είναι εξοικειωμένοι οι χρήστες και όχι δυσνόητη ορολογία.
3) Ελαχιστοποίηση του φορτίου μνήμης που απαιτείται από τον χρήστη. Κάθε ενέργεια που πρέπει να κάνει ο χρήστης πρέπει να είναι όσο πιο φανερή γίνεται, χωρίς να πρέπει να θυμηθεί ο χρήστης περίπλοκες εντολές.
4) Διατήρηση συνέπειας και συνέχειας στο τρόπο παρουσίασης των μενού επιλογής, και των άλλων συστατικών των διαλόγων. Ως συνέπεια, η ίδια ενέργεια πρέπει να γίνεται πάντα με τον ίδιο τρόπο σε κάθε σημείο της διάδρασης.
5) Παροχή ανάδρασης: Το σύστημα πρέπει ανά πάσα στιγμή να ενημερώνει το χρήστη για το την πρόοδο εργασιών στα πλαίσια ενός αποδεκτού χρόνου.
6) Ύπαρξη σαφών και εύκολων διεξόδων από κάποια διεργασία που ενδεχομένως έχει καλέσει εσφαλμένα ο χρήστης χωρίς να πρέπει να ακολουθήσει εκτενείς διαλόγους. Τυπικό παράδειγμα είναι οι εντολές undo και redo.
7) Παροχή συντομεύσεων (shortcuts) που επιταχύνουν κάποιες διεργασίες για του προχωρημένους χρήστες που είναι όσο το δυνατόν «αόρατα» για τον αρχάριο χρήστη. Καλό είναι το σύστημα να παραμετροποιείται σε αυτό το σημείο με βάση τις ανάγκες του χρήστη για τις ενέργειες που θέλει να εκτελεί πιο συχνά.
8) Παροχή σαφών μηνυμάτων λάθων: θα πρέπει να παρέχονται σε απλή γλώσσα, να εστιάζουν στο πρόβλημα και να προτείνουν λύση διεξόδου.
9) Να εμποδίζονται κατά το δυνατόν τα λάθη και η κακή χρήση του συστήματος.
10) Παροχή βοήθειας και τεκμηρίωσης (εγχειρίδιο οδηγιών).

**Πίνακας 1:** Οι δέκα ευρετικοί κανόνες αξιολόγησης

Σκοπός της μεθόδου δεν είναι να υποκαταστήσει μορφές αξιολόγησης βασισμένες σε τελικούς χρήστες των οποίων η σημασία είναι διαπιστωμένη (Lewis and Rieman, 1994). Συχνά όμως, η συμπλήρωση ενός πλαισίου αξιολόγησης με μία μέθοδο αξιολόγησης από ειδικούς όπως η ευρετική αξιολόγηση προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως έγκαιρη διάγνωση προβλημάτων στη διεπιφάνεια χρήσης και επιδιόρθωσή τους και δυνατότητα προ-αξιολόγησης εναλλακτικών προτάσεων διεπιφανειών χρήσης με σημαντικά μικρότερο κόστος σε σχέση με τη παρατήρηση χρηστών στο πεδίο ή σε εργαστήριο ευχρηστίας (Holleran, 1991, Nielsen, 1993).

Ανάλογα με το τύπο του εκπαιδευτικού λογισμικού, η ευρετική αξιολόγηση έχει προταθεί είτε ως κύρια μέθοδος αξιολόγησης από ειδικούς με κατάλληλες τροποποιήσεις ώστε να συνεκτιμώνται και οι παιδαγωγικές παράμετροι του λογισμικού (Squires and Preece, 1999), είτε ως αυτόνομη μέθοδος αξιολόγησης που οδηγεί σε ουσιαστικά συμπεράσματα για τη ποιότητα της διεπιφάνειας χρήσης (Avouris et al., 2001), είτε ως μέθοδος αρχικής εκτίμησης σε συνδυασμό με αναλυτικές

μεθόδους αξιολόγησης όπως η *ιεραρχική ανάλυση εργασιών* σε ανοιχτά περιβάλλοντα μάθησης (Tselios et al., 2002). Σκοπός της μελέτης που περιγράφεται στην εργασία αυτή είναι η διερεύνηση της εφαρμοσιμότητας της ευρετικής αξιολόγησης ως αυτόνομης μεθόδου αξιολόγησης σε ανοιχτά περιβάλλοντα μάθησης τροποποιημένης με κατάλληλο τρόπο ώστε να αξιοποιείται τόσο ως ποιοτική μέθοδος ανακάλυψης προβλημάτων ευχρηστίας από ειδικούς, όσο και ως ποσοτική μέθοδος αποτίμησης της ποιότητας της διεπιφάνειας χρήσης από τελικούς χρήστες ή προσομοιωμένους τελικούς χρήστες και η διερεύνηση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων που συνάγονται. Οι πεπειραμένοι αξιολογητές, εξετάζουν διαδοχικά τη διεπιφάνεια χρήσης του προς αξιολόγηση συστήματος για ανεπάρκεια σε κάθε ένα από τους ευρετικούς κανόνες. Μελέτες (Nielsen and Landauer, 1993, Avouris et al., 2001, Tselios et al., 2001), δείχνουν ότι υπό προϋποθέσεις (ανάλυση ευρετικών κανόνων στους αξιολογητές, σχετικά υψηλό επίπεδο εμπειρίας χρήσης λογισμικού αντίστοιχου τύπου), η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί με αποτελεσματικότητα και από τελικούς χρήστες ή μη ειδικούς αξιολόγησης ευχρηστίας (προσομοιωμένους ειδικούς).

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το αντικείμενο αξιολόγησης που παρουσιάζεται στο παράδειγμα μας είναι ένα ανοιχτό περιβάλλον μάθησης, το εκπαιδευτικό λογισμικό *Δημιουργός Μοντέλων έκδοση 2 (ΔΜ2)*. Ο ΔΜ2 παρέχει τη δυνατότητα προσομοίωσης γεγονότων του πραγματικού κόσμου στους μαθητές μέσω της κατασκευής και παρατήρησης της λειτουργίας μοντέλων (Komis et al., 2001, Dimitracopoulou & Komis, 2004). Το λογισμικό ΔΜ2 συνιστά ένα ανοικτό υπολογιστικό περιβάλλον μάθησης που επιτρέπει στους μαθητές την επινόηση και το σχεδιασμό μοντέλων, τη διερεύνηση της συμπεριφοράς τους, τη βελτίωσή τους και ενδεχομένως τον έλεγχο των ορίων της εγκυρότητάς τους. Πρόκειται για περιβάλλον μοντελοποίησης, με έμφαση στον ποιοτικό και στον ημιποσοτικό τύπο συλλογισμού, καθώς και στους εναλλακτικούς τρόπους έκφρασης και οπτικοποίησης μοντέλων. Με τον όρο «ημιποσοτικός συλλογισμός» εννοείται η δυνατότητα του χρήστη να εκφράζει ποσοτικές σχέσεις με ποιοτικό τρόπο, χωρίς δηλαδή να χρησιμοποιεί μαθηματικούς φορμαλισμούς (Dimitracopoulou & Komis, 2004, Komis et al., 2001). Για να δημιουργήσει ο μαθητής ένα μοντέλο με το Δημιουργό Μοντέλων είναι απαραίτητο να καθορίσει με τη χρήση των εργαλείων του συστήματος: τις *οντότητες* του μοντέλου, τις *ιδιότητες* της κάθε οντότητας, τις *σχέσεις* ανάμεσα στις οντότητες αυτές μέσω ιδιοτήτων τους.

Η εννοιολογική του σχεδίαση παρέχει την υποστήριξη έκφρασης μέσω διαφορετικών τρόπων συλλογισμού με τη χρήση απλών και σύνθετων μεθόδων και μηχανισμών μοντελοποίησης οι οποίες απορρέουν από τη χρήση από διαφορετικά θεματικά περιεχόμενα που επιτρέπουν ποικιλότροπες προσεγγίσεις. Το σύστημα χρησιμοποιεί απεικονίσεις και αναπαραστάσεις και επιτρέπει την κατασκευή προσομοιώσεων μέσω χρήσης εργαλείων μοντελοποίησης *αλληλεπιδρώντας απ' ευθείας με τις έννοιες που καθορίζουν το μοντέλο, επιτρέποντας πολλαπλές, εναλλακτικές φόρμες αναπαραστάσεων* (Dimitracopoulou et al., 1999).

Η αξιολόγηση έγινε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη αξιολογήθηκε το περιβάλλον από δύο έμπειρους αξιολογητές. Οι αξιολογητές εκτέλεσαν αντιπροσωπευτικές εργασίες (κατασκευή, εκτέλεση μοντέλων, πολλαπλές αναπαραστάσεις μαθηματικών σχέσεων που συνέδεαν τις διάφορες οντότητες κλπ) επιθεωρώντας τη διεπιφάνεια χρήσης για προβλήματα με βάση κάθε ένα από τους δέκα ευρετικούς κανόνες. Στη δεύτερη φάση διεξήχθη παρατήρηση πεδίου, που έλαβε χώρα στο εργαστήριο του Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών του Πανεπιστημίου Πατρών, με συμμετοχή 128 φοιτητών του Τμήματος (6 αγόρια και 122 κορίτσια, ηλικίας 18-23 ετών), στα πλαίσια μαθημάτων που αφορούν σε θέματα Πληροφορικής στην Εκπαίδευση. Προηγήθηκε σύντομη περιγραφή του στόχου και του Δημιουργού Μοντέλων διάρκειας 20 λεπτών. Στη συνέχεια, στους χρήστες δόθηκε φύλλο εργασίας στο οποίο ζητήθηκε να σχεδιάσουν το μοντέλο μιας εκδρομής. Για την επιτυχή αντιμετώπιση του προβλήματος έπρεπε να σταθμιστούν όλοι οι σχετικοί παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος μιας εκδρομής (μεταφορικό μέσο, αριθμός ατόμων, τόπος

προορισμού, ημέρες διαμονής, έξοδα διατροφής κλπ). Κατ'εξάιρεση σε δύο από τις ομάδες που είχαν διαμορφωθεί, ζητήθηκε από τους χρήστες να αντιμετωπίσουν ένα πρόβλημα βιολογίας και συγκεκριμένα της κληρονομικότητας χιτίζοντας ένα μοντέλο λογικής. Επίσης, ζητήθηκε να κατασκευάσουν και δικές τους πρωτότυπες οντότητες, σενάριο χρήσης το οποίο δεν αντιμετώπισαν οι άλλες ομάδες. Στο πρώτο σκέλος της επίλυσης του προβλήματος, οι χρήστες κλήθηκαν να απαντήσουν σε ορισμένα ερωτήματα ώστε να διαμορφώσουν άποψη για τις οντότητες που θα έπρεπε να απαρτίζουν το μοντέλο του προβλήματος. Στη συνέχεια, ζητήθηκε να υλοποιήσουν το μοντέλο αυτό και να αναστοχαστούν πάνω στην κατασκευή τους με τη χρήση του Δημιουργού Μοντέλων. Για τη διαδικασία αυτή, είχαν διαθέσιμα 80 λεπτά της ώρας.

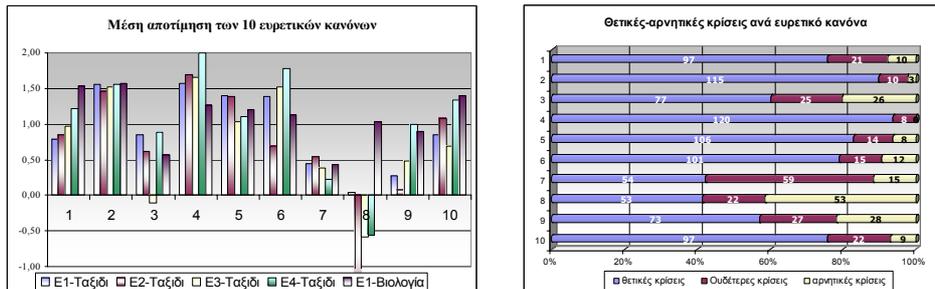
Τέλος, οι χρήστες κλήθηκαν να αξιολογήσουν το σύστημα με τη βοήθεια των δέκα ευρετικών κανόνων, οι οποίοι τους είχαν δοθεί με τη μορφή ερωτήσεων. Κάθε ερώτηση αποτελούσε αντικείμενο αξιολόγησης σε κλίμακα Likert (1-5). Στους συμμετέχοντες δόθηκαν σαφείς οδηγίες συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου, συζητήθηκε η ερμηνεία του κάθε κανόνα ξεχωριστά, ενώ τονίστηκε σε αυτούς ότι στόχος δεν ήταν η εξέταση των ιδίων αλλά η συλλογή δεδομένων και η αποκάλυψη προβλημάτων στη διεπιφάνεια χρήσης του προς αξιολόγηση συστήματος. Οι αξιολογητές δεν υποχρεώθηκαν να σημειώσουν τα στοιχεία τους στο ερωτηματολόγιο, παρά μόνο το έτος σπουδών και το πρόβλημα που επέλυσαν. Στο ερωτηματολόγιο υπήρχε επίσης ειδικός χώρος για την καταγραφή από τους φοιτητές συγκεκριμένων σφαλμάτων που διαπίστωσαν κατά τη χρήση του λογισμικού, ενώ επίσης τους ζητήθηκε προαιρετικά να συσχετίσουν τα σφάλματα που κατέγραφαν με κάποιον (ή κάποιους) από τους ευρετικούς κανόνες στον οποίο αναφέρεται.

Έτος-πρόβλημα	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M.O.
E1-Ταξίδι	47	0,79	1,55	0,85	1,57	1,40	1,38	0,45	0,04	0,28	0,85	0,92
sdev		1,00	0,75	1,16	0,65	0,80	1,28	0,88	1,49	1,35	1,02	1,04
θετικές κρίσεις	32	42	33	43	42	39	19	20	23	33	32,60	
αρνητικές κρίσεις	4	1	6	0	2	6	5	16	13	4	5,70	
E2-Ταξίδι	13	0,85	1,46	0,62	1,69	1,38	0,69	0,54	-1,46	0,08	1,08	0,69
sdev		1	0,66	1,45	0,63	0,65	1,38	1,61	0,97	1,66	0,86	1,11
θετικές κρίσεις	9	12	8	12	12	7	8	1	6	11	8,60	
αρνητικές κρίσεις	2	0	4	0	0	4	3	11	6	1	3,10	
E3-Ταξίδι	29	0,97	1,52	-0,10	1,66	1,03	1,52	0,38	-0,59	0,48	0,69	0,76
sdev		0,98	0,78	1,37	0,55	0,94	0,78	0,90	1,40	1,18	1,11	1,00
θετικές κρίσεις	21	26	13	28	21	24	14	8	14	17	18,60	
αρνητικές κρίσεις	3	1	10	0	2	0	4	18	5	4	4,70	
E4-Ταξίδι	9	1,22	1,56	0,89	2,00	1,11	1,78	0,22	-0,56	1,00	1,33	1,06
sdev		1,09	0,53	1,76	0,00	1,27	0,44	0,44	1,42	1,32	0,71	0,90
θετικές κρίσεις	7	9	6	9	7	9	2	2	6	8	6,50	
αρνητικές κρίσεις	1	0	2	0	2	0	0	5	2	0	1,20	
E1-Βιολογία	30	1,53	1,57	0,57	1,27	1,20	1,13	0,43	1,03	0,90	1,40	1,10
sdev		0,63	0,82	1,10	0,58	0,92	0,97	0,90	1,10	0,88	0,62	0,85
θετικές κρίσεις	28	26	17	28	24	22	11	22	24	28	23,00	
αρνητικές κρίσεις	0	1	4	0	2	2	3	3	2	0	1,70	
<b>Σύνολο</b>	<b>128</b>	<b>1,04</b>	<b>1,54</b>	<b>0,55</b>	<b>1,56</b>	<b>1,25</b>	<b>1,31</b>	<b>0,42</b>	<b>-0,06</b>	<b>0,50</b>	<b>1,00</b>	<b>0,91</b>
sdev		0,94	0,75	1,27	0,56	0,88	1,05	0,93	1,32	1,23	0,91	0,98
θετικές κρίσεις	97	115	77	120	106	101	54	53	73	97	89,30	
αρνητικές κρίσεις	10	3	26	0	8	12	15	53	28	9	16,40	
%θετικές κρίσεις		75,8%	89,8%	60,2%	93,8%	82,8%	78,9%	42,2%	41,4%	57,0%	75,8%	69,8%

Πίνακας 2: Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης ανά ευρετικό κανόνα, έτος και πρόβλημα

### Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της ευρετικής αξιολόγησης κατηγοριοποιημένα ανά έτος σπουδών (E1-E4) των συμμετεχόντων μαθητών και πρόβλημα συνοψίζονται στον Πίνακα 2. Συγκρίνοντας τις τέσσερις ομάδες των διαφορετικών ετών μεταξύ τους με μια μη παραμετρική μέθοδο ANOVA (Kruskal-Wallis test) προκύπτει μη στατιστικά σημαντική διαφορά στην μέση αποτίμηση της ευρησιότητας (Σχήμα 1) όπως αυτή αποτυπώθηκε με το ερωτηματολόγιο των ευρετικών κανόνων ( $P=0,2964$ ). Φαίνεται λοιπόν ότι παρά το γεγονός ότι φοιτητές μεγαλύτερων ετών έχουν μεγαλύτερη κατά κανόνα εμπειρία σε εκπαιδευτικά λογισμικά (γεγονός που απορρέει από το πρόγραμμα σπουδών) οι αποτιμήσεις τους για την ποιότητα της διεπιφάνειας χρήσης δεν επηρεάζεται από τον παράγοντα αυτό. Η διαπίστωση αυτή συμφωνεί με αντίστοιχες μελέτες με χρήση ερωτηματολογίων για αποτίμηση της ποιότητας εκπαιδευτικού λογισμικού (Koochang, 2004).



Σχήμα 1: Η μέση αποτίμηση των δέκα ευρετικών κανόνων-ερωτήσεων και θετικές-αρνητικές κρίσεις ανά ευρετικό κανόνα

Παρόλα αυτά, συνεκτιμώντας και την πέμπτη ομάδα (E1 Βιολογία), προκύπτει  $p=0,039$  που δεικνύει στατιστικά σημαντική διαφορά στα αποτελέσματα των ομάδων. Αναλύοντας περαιτέρω τα δεδομένα και ανά ζεύγη ομάδων με τη μέθοδο πολλαπλών συγκρίσεων Dunn (δέκα διαφορετικοί συνδυασμοί) προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά μόνο μεταξύ των τριτοετών φοιτητών-χρηστών και των πρωτοετών που αντιμετώπισαν το πρόβλημα της βιολογίας. Το γεγονός όμως ότι οι φοιτητές της μιας ομάδας δούλεψαν διαφορετικό πρόβλημα, εισαγάγει την εύλογη πιθανότητα να έχουν διαμορφώσει ελαφρά διαφορετική αντίληψη για τη ποιότητα του λογισμικού, κάτι που δεν ακυρώνει τη διαπίστωση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Η διαφορά αυτή αποτυπώνεται στο Σχήμα 1 όπου φαίνεται η διαφοροποίηση της αποτίμησης των φοιτητών που αντιμετώπισαν στο πρόβλημα της βιολογίας, ιδιαίτερα στον όγδοο κανόνα (παροχή σαφών μηνυμάτων λαθών). Επίσης διαφαίνεται και μια μικρή παρέκκλιση της ομάδας των φοιτητών που δούλεψαν στο πρόβλημα της βιολογίας, στον κανόνα 1 (απλοί και φυσικοί διάλογοι). Αυτό ερμηνεύεται ως εξής: Πολύ μεγάλος αριθμός χρηστών είχε πρόβλημα στο να δημιουργήσει μια σχέση μεταξύ δύο οντοτήτων. Η πεποίθηση που είχαν ήταν ότι για να εισάγουν μια σχέση μεταξύ δύο οντοτήτων αρκούσε η εισαγωγή της σχέσης και η σύνδεση των άκρων της με τις δύο οντότητες (αίτιο και αποτέλεσμα). Στην πραγματικότητα, το μοντέλο σχεδιαστή του συστήματος απαιτούσε τη σύνδεση της σχέσης με τις ιδιότητες των οντοτήτων. Αυτό προκάλεσε σημαντική σύγχυση στους χρήστες με αποτέλεσμα, να αξιολογήσουν μέτρια το λογισμικό με κριτήριο αυτό του κανόνα 1. Στην ομάδα της βιολογίας, επειδή δείχθηκε χάριν παραδείγματος ο ακριβής τρόπος εισαγωγής μιας σχέσης, αυτό επηρέασε την πεποίθησή τους για το ποιος είναι ο διαισθητικά φυσικός τρόπος για να εισάγουν μια σχέση, με αποτέλεσμα να αξιολογήσουν επιεικέστερα το σύστημα σύμφωνα με στον κανόνα αυτό.

Η γενική αποτίμηση της ποιότητας της διεπιφάνειας χρήσης κρίνεται ικανοποιητική τόσο από τη μέση τιμή (0,91, N=128, sdev=0,98), όσο και από το υψηλό ποσοστό θετικών κρίσεων (+1 και +2 στη κλίμακα Likert) σε σχέση με τις αρνητικές (-1, και -2), όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1. Η ικανοποιητική αποτίμηση επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι η συντριπτική πλειονότητα των χρηστών κατασκεύασαν ένα μοντέλο (συνχά λανθασμένο από εννοιολογική άποψη) και έλεγξαν τη λειτουργία του με χρήση γραφήματος, ραβδογράμματος και πίνακα τιμών.

### Σύγκριση με τα πορίσματα της κλασσικής εφαρμογής της ευρετικής αξιολόγησης

Επόμενος στόχος της μελέτης ήταν η προσπάθεια ερμηνείας των αποτελεσμάτων. Το ερώτημα που τίθεται είναι εάν οι αποτιμήσεις ανά ευρετικό κανόνα όντως καταδεικνύουν την ύπαρξη ή μη προβλημάτων στη διεπιφάνεια χρήσης. Για το σκοπό αυτό διεξήχθη ανεξάρτητα, από δύο έμπειρους αξιολογητές η ευρετική αξιολόγηση. Οι αξιολογητές επιθεώρησαν τη διεπιφάνεια χρήσης επιχειρώντας να ανακαλύψουν προβλήματα για κάθε ένα ευρετικό κανόνα ξεχωριστά. Ο αριθμός των προβλημάτων ανά ευρετικό κανόνα συνοψίζονται στον Πίνακα 3. Τα προβλήματα της ευρετικής αξιολόγησης που ανακαλύφθηκαν από τους δύο αξιολογητές ήταν 47 και 48 αντίστοιχα.

Ευρετικός κανόνας	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Προβλήματα (αξιολογητής α)	3	4	3	9	6	3	5	3	9	2
Προβλήματα (αξιολογητής β)	4	2	15	4	5	3	3	1	9	2
Σύνολο Προβλημάτων	7	6	18	13	11	6	8	4	18	4
Αποτίμηση κανόνων από προσομοιωμένους ειδικούς	1,04	1,54	0,55	1,56	1,25	1,31	0,42	-0,06	0,50	1,00

**Πίνακας 3:** Προβλήματα ανά ευρετικό κανόνα και η υποκειμενική αξιολόγηση από τους προσομοιωμένους χρήστες

Διαφαίνεται αναντιστοιχία του αριθμού των προβλημάτων που ανακαλύφθηκαν και της αποτίμησης του ευρετικού κανόνα από τους αξιολογητές σε ορισμένους κανόνες, ιδιαίτερα στον όγδοο (μικρός αριθμός προβλημάτων αλλά χαμηλή βαθμολογία με βάση τον κανόνα) και στους κανόνες τέσσερα και πέντε (μεγάλος αριθμός προβλημάτων αλλά υψηλή βαθμολογία από τους προσομοιωμένους ειδικούς). Σύμφωνα με τον κανόνα οκτώ, οι προσομοιωμένοι ειδικοί αποτίμησαν χαμηλά το σύστημα, εξαιτίας του γεγονότος ότι δεν υπήρχαν σαφή μηνύματα λάθους και αντίστοιχες ενδείξεις σε περίπτωση που κατασκεύαζαν ένα μοντέλο με απρόβλεπτη συμπεριφορά στην περίπτωση που μια ιδιότητα οντότητας του μοντέλου, ξεπερνούσε το προκαθορισμένο πεδίο τιμών της. Ως αποτέλεσμα, υπήρξε μεγάλη σύγχυση κατά τον έλεγχο του μοντέλου που δημιουργήθηκε. Στη πλειονότητά τους, οι προσομοιωμένοι ειδικοί-χρήστες δεν αντιλήφθηκαν ότι το πρόβλημα εδραζόταν σε λανθασμένο χειρισμό έννοιας του γνωστικού πεδίου, και όχι σε πρόβλημα χειρισμού της διεπιφάνειας χρήσης.

Αυτό το πρόβλημα, αναντίστοιχης αποτίμησης της διεπιφάνειας χρήσης παρουσιάζεται με έμφαση στα ανοιχτά περιβάλλοντα μάθησης. Η ευρετική αξιολόγηση εστιάζει σε ζητήματα σχεδίασης της διεπιφάνειας χρήσης από την άποψη της συνέπειας και συνέχειας, την ύπαρξη και την ποιότητα ανατροφοδότησης και την καταλληλότητα της χρησιμοποιούμενης ορολογίας (Tselios et al., 2002) παρά στην αξιολόγηση των μηχανισμών αλληλεπίδρασης που απαιτήθηκαν για να πραγματοποιήσουν τις εργασίες, ιδιαίτερα αυτές που χειρίζονται σημαντικές έννοιες του γνωστικού πεδίου (Sedig et al., 2001). Το γεγονός αυτό, του εσφαλμένου χειρισμού εννοιών του γνωστικού πεδίου και την απουσία μηνυμάτων σφάλματος που θα οδηγούσαν εποικοδομητικά σε

σωστή λύση, οι προσομοιωμένοι ειδικοί το ερμήνευσαν ως φτωχή ανατροφοδότηση του συστήματος.

Σχετικά αρνητικές ήταν οι κρίσεις των προσομοιωμένων ειδικών με βάση τον ευρετικό κανόνα 7 (παροχή συντομεύσεων για επιτάχυνση επαναλαμβανόμενων εργασιών). Το αποτέλεσμα είναι συμβατό και με τα συμπεράσματα των ειδικών καθώς διαπιστώθηκαν παραλείψεις σε χρήσιμες συντομεύσεις, όπως αυτόματη αντιστροφή φοράς μιας σχέσης μεταξύ δύο οντοτήτων, μη αυτόματη εισαγωγή αιτίου και αποτελέσματος σε ένα γράφημα επιλέγοντας μια σχέση και μη ύπαρξη σχέσης πολλαπλής αναλογίας (που θα ένωσε περισσότερες από δύο οντότητες ταυτόχρονα) που θα επιτάχυναν σημαντικά εργασίες ρουτίνας κατά τη διάρκεια κατασκευής ενός σύνθετου μοντέλου. Επίσης χαμηλές βαθμολογίες υπήρχαν στα κριτήρια των κανόνων 3 (ελαχιστοποίηση μνημονικού φορτίου του χρήστη) και 9 (σχεδιασμός για αποτροπή σφαλμάτων χρήστη). Και εκεί διαπιστώθηκαν ελλείψεις του λογισμικού που δυσχέραιναν τους χρήστες. Κατά της διάρκεια αλλαγής τιμής μιας ιδιότητας εμφανιζόταν διάλογος που δεν ανέφερε σε ποια ιδιότητα παρεμβαίνει ο χρήστης και χωρίς να εξηγεί ποια είναι τα όρια του πεδίου τιμών, υποχρεώνοντάς τον να θυμάται συνεχώς της πληροφορίες αυτές από τμήματα προηγούμενων διαλόγων. Επίσης οι οντότητες δεν παρουσίαζαν καμία λεκτική αναπαράσταση υποχρεώνοντας το χρήστη να αντιληφθεί έμμεσα τι αναπαριστούν, ενώ σε σχέση με τον κανόνα 9 συχνά η κατασκευή μοντέλου το οποίο δεν ήταν δυνατόν να εκτελεστεί λόγω εισαγωγής σχέσεων με αντιφατικό τρόπο το σύστημα παρουσίαζε μηνύματα προτροπής ελέγχου του συστήματος, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις οδηγούσαν σε κατάρρευση του συστήματος.

Τα σχόλια των προσομοιωμένων αξιολογητών, στην ερώτηση ανοιχτού τύπου, όπου ζητήθηκε να καταγράψουν με λεπτομέρεια προβλήματα που αντιμετώπισαν ή γενικότερα σχόλια και να επιχειρήσουν να τα συσχετίσουν με κάποιο από τους ευρετικούς κανόνες ήταν σχετικά φτωχά. Μόλις οι 49 από τους συμμετέχοντες κατέγραψαν παρατηρήσεις (38,28 %). Τα σχόλια ήταν αρκετά γενικά, και δεν ξεπέρασαν τα δύο προβλήματα ανά ερωτηματολόγιο. Πιθανές ερμηνείες για το γεγονός αυτό, είναι ο περιορισμένος χρόνος που ήταν διαθέσιμος για την αξιολόγηση και η ενδεχόμενη αδυναμία να εκφράσουν τα προβλήματα με όρους ευχρηστίας της διεπιφάνειας χρήσης παρά το γεγονός ότι διαισθητικά είχαν σχηματοποιήσει εκτίμηση για τα μειονεκτήματα της. Διαφαίνεται λοιπόν, πιθανή αδυναμία αξιοποίησης της ευρετικής αξιολόγησης από 'προσομοιωμένους ειδικούς' για την αποκομιδή συγκεκριμένων προβλημάτων συνοδευόμενα από προτάσεις για βελτιώσεις που θα οδηγούν σε επίλυση των σφαλμάτων της διεπιφάνειας χρήσης. Τα περισσότερα από τα σχόλια εστίασαν στα φτωχά μηνύματα λαθών (15), στη δυσνόητη για αυτούς εμφάνιση μιας οντότητας που ξεπερνούσε το πεδίο τιμών της σε ένα μοντέλο (12) και στο μη αποτελεσματικό και με ύπαρξη συντομεύσεων χειρισμό μιας σχέσης (10).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ευρετική αξιολόγηση αποτελεί χρήσιμο μεθοδολογικό εργαλείο για την εκτίμηση της ποιότητας της διεπιφάνειας χρήσης. Η μελέτη εφαρμογής της σε ένα ανοιχτό περιβάλλον μάθησης, κατέδειξε μερικά από τα πλεονεκτήματά της και σε αυτή τη κατηγορία εκπαιδευτικού λογισμικού. Αναντίρρητα, η αξία της ως εργαλείο που διαμορφώνει το σχεδιασμό αναδεικνύεται μόνο με την εφαρμογή της από έμπειρους αξιολογητές ευχρηστίας. Η πρόταση τροποποίησής της ως ερωτηματολόγιο ποσοτικής αποτίμησης της διεπιφάνειας χρήσης όμως οδηγεί σε αξιόπιστα αποτελέσματα, διατηρώντας μερικά από τα πλεονεκτήματά της (μικρός αριθμός κανόνων, γρήγορη και ανέξοδη συλλογή και επεξεργασία αποτελεσμάτων σε περίπτωση που συνδυάζεται με παρατήρηση πεδίου). Παράλληλα, η τεχνική αυτή παρέχει τη δυνατότητα τελικής και συγκριτικής αποτίμησης της ποιότητας εκπαιδευτικού λογισμικού που βασίζεται σε γνωσιοθεωρητικό πλαίσιο μάθησης. Ιδιαίτερη δε σημασία, παρουσιάζει η διαπίστωση της έλλειψης ευαισθησίας του δείκτη

αξιολόγηση από την ηλικία των προσομοιωμένων ειδικών. Η διαπίστωση αυτή ως προς τα όρια και τη γενικότητά της, μένει να δειχθεί και σε επόμενες μελέτες αξιολόγησης, παράλληλα με τη διερεύνηση της επίδρασης άλλων παραμέτρων όπως του φύλου και το βαθμό εξοικείωσης και χρήσης υπολογιστή.

Όπως όμως φαίνεται από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, είναι πιθανή η επιπόλαιη εξαγωγή συμπερασμάτων από τη πλευρά του υπεύθυνου αξιολόγησης, σε περίπτωση που βασιστεί αποκλειστικά στα αριθμητικά δεδομένα. Απαιτείται η σε βάθος ανάλυση των αιτιών που οδήγησαν τους χρήστες να αποτιμήσουν τον κάθε κανόνα χωριστά. Αυτό διαφαίνεται χαρακτηριστικά, στην αποτίμηση της σαφήνειας των μηνυμάτων λαθών, όπου οι χρήστες-αξιολογητές, αποτίμησαν αυστηρότερα τη διεπιφάνεια χρήσης λόγω της μη υποβοήθησης στην κατεύθυνση της ορθής κατασκευής της λύσης, γεγονός που απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή σε οικοδομικό εκπαιδευτικό λογισμικό. Συνολικά όμως, διαφαίνεται εγκυρότητα στη κρίση των χρηστών, καθώς φαίνεται να αξιολόγησαν δυσμενέστερα κανόνες στους οποίους πράγματι εντοπίστηκαν ουσιώδη προβλήματα. Παράλληλα, σύγκριση με τον αριθμό σφαλμάτων που ανακαλύφθηκαν από τους ειδικούς ανά ευρετικό κανόνα, μπορεί να οδηγήσει σε εκτίμηση της βαρύτητας και της προσοχής που απαιτείται σε κάθε ευρετικό κανόνα προκειμένου να υποστηριχθούν αποτελεσματικότερα οι εργασίες των μαθητών από τη διεπιφάνεια χρήσης. Περαιτέρω έρευνα απαιτείται όμως στις κατευθύνσεις αυτές και με άλλου τύπου λογισμικά ώστε να διαπιστωθεί το εύρος της χρησιμότητας της τροποποιημένες ευρετικής αξιολόγησης από προσομοιωμένους ειδικούς στα πλαίσια των ανοιχτών περιβαλλόντων μάθησης συνολικά.

### **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ιδιαίτερες ευχαριστίες στην Αγγελική Τζαβάρα και Ιώ Παπαδημητρίου, μεταπτυχιακές φοιτήτριες και στη Μαρίντα Εργαζάκη, Λέκτορα ΠΔ407 του Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών του Πανεπιστημίου Πατρών για τη σημαντική βοήθειά τους στη σχεδίαση, προετοιμασία και διεξαγωγή της διαδικασίας αξιολόγησης. Χωρίς τη συμβολή τους, η πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης δεν θα ήταν εφικτή.

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Avouris, N.M., Tselios, N.K., Tatakis, E.C. (2001). Development and evaluation of a computer-based laboratory teaching tool. *Journal Computer Applications in Engineering Education*, vol. 9 (1), March 2001. pp. 8-19.
- Dimitracopoulou A. & Komis V. (in press 2004). Design Principles for a modeling environment for learning, Modeling & collaboration in sciences, In C. Constantinou, Z. Zacharia, P. Commers, (Guest Editors), *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning (IJCEELL)*, Special issue on The Role of Information and Communication Technology in Science Teaching and Learning.
- Dimitracopoulou, A., Komis, V., Apostolopoulos, P., Politis P. (1999). Design principles of a new modelling environment for young students, supporting various types of reasoning and interdisciplinary approaches. *International Conference on Artificial Intelligence in Education*, Le Mans, France.
- Heines J.M. (2000). Evaluating the effect of a course web site on student performance, *J. of Computing in Higher Education*, 12 (1), pp. 57-83.
- Holleran, P.A. (1991). A methodological note on pitfalls in usability testing. *Behaviour and information technology*, 10 (5), 345-357.
- Inkpen K. (1997). Three Important Research Agendas for Educational Multimedia: Learning, Children, and Gender. *AACE World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia 97*, Calgary, AB, June 1997, pp 521-526.

- Komis V., Dimitracopoulou A., Politis P., Avouris N. (2001). Expérimentations exploratoires sur l'utilisation d'un environnement informatique de modélisation par petits groupes d'élèves, Sciences et Techniques Educatives, Vol. 8, no 1-2, April 2001, pp.75-86.
- Koohang, A. (2004). A study of users' perceptions toward e-learning courseware usability. International Journal on E-Learning, 3(2), 10-17.
- Langer, E.J. (1997). The Power of Mindful Learning. Addison-Wesley, Reading, MA.
- Lewis C., Brand C., Cherry G., Rader C. (1998). Adapting user interface design methods to the design of educational activities. In proceedings of ACM CHI 98.
- Lewis. C. and Rieman, J. (1994) Task centered User Interface Design- A practical introduction. Διαθέσιμο στο <http://www.hcibib.org>
- Mayes, J.T. and Fowler C.J. (1999). Learning technology and usability: a framework for understanding courseware, Interacting with computers, 485-497.
- Mayhew, D.J. (1992). Principles and Guidelines in Software User Interface Design. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Nielsen J. (1993). Usability Engineering, Academic Press, London 1993.
- Nielsen, J., (1994) Usability inspection methods, in J.Nielsen, R.L. Mark (ed.), Usability Inspection Methods, John Wiley, New York, 1994.
- Nielsen, J., Landauer, T. K. (1993). A mathematical model of the findings of usability problems. Proceedings ACM/IFIP INTERCHI'93 Conference (Amsterdam, The Netherlands, April 24-29), 206-213.
- Papadopoulos G. (ed), (2002), Computer and Communication Technologies in Education: Quality Evaluation of Educational Software, Pedagogical Institute Publ., Athens, Greece (in Greek)
- Piguet, A. and Peraya, D. (2000). Creating web-integrated learning environments: An analysis of WebCT authoring tools in respect to usability. Australian Journal of Educational Technology, 16(3), pp. 302-314.
- Salomon, G. (1979). Interaction of Media, Cognition, and Learning: An Exploration of How Symbolic Forms Cultivate Mental Skills and Affect Knowledge Acquisition. Jossey-Bass Inc. Publishers, San Francisco, CA.
- Sedig, K., Klawe, M., Westrom, M. (2001). Role of Interface Manipulation Style and Scaffolding on Cognition and Concept Learning in Learnware. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 8 ( 1), March 2001, pp. 34-59.
- Soloway, E., Guzdial M., and Hay K.,E. (1994). Learner-centered design: The challenge for HCI in the 21st century. Interactions, 1(2), 1994 pp. 36-48.
- Soloway, E., Jackson, S.L., Klein, J., Quintana, C., Reed, J., Spitulnik, J., Stratford, S.J., Studer, S., Eng, J., and Scala, N., (1996). Learning theory in practice: case studies of learner-centered design. Proceedings of CHI'96: Human factors in Computing Systems, April 13-18, 1996, Vancouver, B.C., Canada. ACM Press, pp.189-196.
- Squires D. (1999). Usability and Educational Software Design: Special Issue of Interacting with Computers, Editorial, Interacting with computers, v.11, n.5, 1999, pp. 463-466.
- Squires D. and Preece, J. (1999). Predicting quality in educational software: Evaluating for learning, usability and the synergy between them, Interacting with Computers, 11, pp. 467-483.
- Tselios N., Avouris N., (2004) Usability Evaluation of Educational Systems: A survey of technics according to different learning perspectives, chapter 5 in S. Retalis (Ed), Advanced Internet Technologies in Learning, Kastaniotis Publ., Athens, 2004 ( in Greek)
- Tselios N., Avouris N., Dimitracopoulou A., Daskalaki S. (2001). Evaluation of Distance-learning Environments: Impact of Usability on Student Performance. International Journal of Educational Telecommunications, 7(4), pp. 355-378.
- Tselios N., Avouris N., Kordaki M., (2002). Student Task Modeling in design and evaluation of open problem-solving environments, Journal of Education and Information Technologies, 7:1, pp. 19-42.