

Ευχρηστία Εκπαιδευτικού Λογισμικού: Προβλήματα και Προτάσεις

Νικόλαος Τσέλιος¹, Μαρία Κομνηνού² και Νικόλαος Αβούρης¹

Πανεπιστήμιο Πατρών

¹Τμήμα ΗΜΤΥ, ²Τμήμα ΠΤΔΕ,

nitse@ee.upatras.gr, mkom@pi-schools.gr, N.Avouris@ee.upatras.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ευχρηστία ενός εκπαιδευτικού λογισμικού αποτελεί σημαντικό κριτήριο ποιότητας και επιλογής του ώστε να χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη της μάθησης. Στην εργασία αυτή επιχειρείται αφενός μία συνοπτική αναφορά και σχολιασμός των κυριότερων προσεγγίσεων αξιολόγησης ευχρηστίας εκπαιδευτικού λογισμικού και αφετέρου ο καθορισμός κριτηρίων επιλογής μεθόδων αξιολόγησης με βάση το γνωσιοθεωρητικό πλαίσιο του λογισμικού. Τα προτεινόμενα κριτήρια βασίζονται στην εμπειρία της ερευνητικής κοινότητας με διαφορετικές μεθόδους αξιολόγησης σε διάφορες κατηγορίες εκπαιδευτικού λογισμικού, καθώς και συμπεράσματα της ερευνητικής μας ομάδας από μελέτες αξιολόγησης με χρήση διαφορετικών τεχνικών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ευχρηστία, εκπαιδευτικό λογισμικό, μέθοδοι αξιολόγησης ευχρηστίας

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ευχρηστία λογισμικού σύμφωνα με το πρότυπο ISO 9241-11 ορίζεται ως «ο βαθμός στον οποίο ένα σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από συγκεκριμένους χρήστες για να επιτύχουν συγκεκριμένους στόχους υπό καθορισμένες συνθήκες χρήσης με αποτελεσματικότητα, αποδοτικότητα, παρέχοντας υποκειμενική ικανοποίηση στους χρήστες του». Με βάση τον ορισμό αυτό, η έννοια της ευχρηστίας μπορεί να αναλυθεί περαιτέρω σε άξονες που μπορούν να μετασχηματιστούν σε ποιοτικούς και ποσοτικούς στόχους ευχρηστίας κατά τη διάρκεια αξιολόγησης. Τέτοιοι είναι, σύμφωνα με τον Nielsen (1993), η ευκολία εκμάθησης από νέους χρήστες, η υψηλή απόδοση εκτέλεσης εργασιών από πεπειραμένους χρήστες, η διατηρησιμότητα της ικανότητας χρήσης του συστήματος με την πάροδο του χρόνου από τον χρήστη, ο μικρός αριθμός εσφαλμένων χειρισμών κατά την χρήση του συστήματος, ο εύκολος τρόπος ανάνηψης από αυτά και η υποκειμενική ικανοποίηση των χρηστών από την επαφή τους με το σύστημα.

Οι παράμετροι αυτές εξακολουθούν, σε διαφορετικό η καθεμία βαθμό, να διέπουν την ευχρηστία του εκπαιδευτικού λογισμικού. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι η έννοια της προσδοκώμενης ωφέλειας στην περίπτωση αυτή διαφέρει. Σύμφωνα με τον Grudin (1992), η χρησιμότητα ενός συστήματος αναλύεται σε δύο έννοιες: την ωφέλεια που παρέχει στον τελικό χρήστη (utility) και την ευχρηστία (usability) του. Η ωφέλεια αφορά στη λειτουργικότητα του συστήματος και η ευχρηστία στην ευκολία με την οποία οι χρήστες αντιλαμβάνονται τη λειτουργικότητα αυτή. Οι δύο έννοιες είναι αλληλένδετες άλλα δεν προϋποθέτει η μία την άλλη. Το εκπαιδευτικό λογισμικό, μπορεί να κριθεί ωφέλιμο για τον χρήστη, αν συμβάλλει στη διαδικασία μάθησης και όχι αν επιτρέπει την εκτέλεση συγκεκριμένων τυπικών εργασιών με αποδοτικότερο τρόπο. Συνέπεια του γεγονότος αυτού, είναι σε ορισμένες περιπτώσεις η αύξηση της ευχρηστίας της διεπιφάνειας χρήσης να επηρεάζει αρνητικά τη διαδικασία μάθησης, αφού

αύξηση της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας, δεν συμβάλλουν απαραίτητα στο μαθησιακό αποτέλεσμα. Έτσι, στο εκπαιδευτικό λογισμικό η έννοια της ευχρηστίας συνδέεται πιο άμεσα με την έννοια της ωφέλειας. Η τελευταία χρειάζεται να προσδιοριστεί με μεγαλύτερη σαφήνεια. Κατά συνέπεια η ανάπτυξη κατάλληλων μεθόδων για τη μέτρηση ευχρηστίας θα πρέπει να γίνει, αφού ληφθεί υπόψη η επίδραση που έχει η ευχρηστία στην ωφέλεια του συστήματος.

Σχέση ευχρηστίας και εκπαιδευτικού αποτελέσματος

Η ευχρηστία, αποτελεί αυτονόητη απαίτηση για όλα τα είδη λογισμικού (Αβούρης 2000). Ειδικότερα όμως, όσον αφορά στα μαθησιακά περιβάλλοντα δεν είναι αρκετό να παρέχονται εύχρηστα εργαλεία που διευκολύνουν την εκτέλεση συγκεκριμένων εργασιών, όπως συμβαίνει με άλλα είδη λογισμικού. Το εκπαιδευτικό λογισμικό, ενώ πρέπει να διευκολύνει την εκτέλεση εργασιών από τους μαθητές, παράλληλα είναι αναγκαίο να διευκολύνει καθώς και να υποστηρίζει μέσα από τις δραστηριότητες αυτές τη διαδικασία μάθησης (Soloway et al., 1994, Sedig et al., 2001). Κατά συνέπεια, τα σχετικά πορίσματα του πεδίου αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή πρέπει να εξειδικευτούν για την περίπτωση του εκπαιδευτικού λογισμικού (Soloway et al., 1994, Inkpen, 1997). Στη συνέχεια γίνονται διαπιστώσεις που αφορούν τις ιδιαιτερότητες του πεδίου.

Κατ' αρχάς οι χρήστες τυπικών περιβαλλόντων εργασίας είναι συνήθως γνώστες του αντικειμένου στο οποίο το σύστημα αναφέρεται (domain knowledge), ενώ οι μαθητές –χρήστες περιβαλλόντων μάθησης χαρακτηρίζονται από μικρή τέτοια γνώση καθώς επίσης και ισχυρές διαφοροποιήσεις και ετερογένεια στα εν γένει χαρακτηριστικά τους (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 ευχρηστίας (ταχύτητα εκτέλεσης, ποσοστό λαθών, αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα κ.α.) αποκτούν δευτερεύοντα ρόλο στην αξιολόγηση της ποιότητας αλληλεπίδρασης ενός εκπαιδευτικού λογισμικού.

Επίσης, οι κοινωνικές και εποικοδομιστικές θεωρήσεις για τη γνώση και τη μάθηση (Jonassen, 1994, Cobb, 1994), προτάσσουν την διαδικασία αυτόβουλης κατασκευής γνώσης από τους μαθητές, όπου ο πειραματισμός και τα λάθη κατά τη διαδικασία αυτή κατέχουν πρωτεύοντα ρόλο. Στο λογισμικό γενικού σκοπού, αντιθέτως, βασική απαίτηση ευχρηστίας είναι να ελαχιστοποιηθεί, κατά το δυνατόν, η πιθανότητα "εσφαλμένης χρήσης". Οι δύο αυτές αρχές φαίνονται καταρχάς αντικρουόμενες. Στην πραγματικότητα η διαφορά έγκειται στα διαφορετικά επίπεδα διάδρασης στα οποία, σύμφωνα με το μοντέλο αλληλεπίδρασης του Norman (1986), αυτά λαμβάνουν χώρα. Ο μαθητής δύναται να έχει σχηματίσει λανθασμένη αντίληψη για το μαθησιακό πλαίσιο το οποίο απαιτείται για να επιλύσει ένα συγκεκριμένο πρόβλημα. Τέτοια λάθη στο *σημασιολογικό επίπεδο* της διάδρασης θα πρέπει να επιτρέπονται από το σύστημα να εκφραστούν, ώστε σταδιακά ο μαθητής να αναστοχάζεται πάνω σε αυτά και να κατασκευάζει νέα γνώση. Από την άλλη πλευρά, το σύστημα πρέπει να είναι κατάλληλα σχεδιασμένο, ώστε να αποκλείει κατά το δυνατόν λάθη στο *λεκτικό επίπεδο* της διάδρασης, που αφορούν δηλαδή την ακριβή ακολουθία ενεργειών που απαιτείται για να εκτελεστεί μια διεργασία. Αυτή η απαίτηση όμως δεν μειώνει την παιδαγωγική αξία του συστήματος, τουναντίον αυξάνει την διαφάνεια του εργαλείου σε σχέση με την προσφερόμενη από αυτό γνώση, δίνοντας την δυνατότητα εφαρμογής με ακρίβεια ποικίλων αναπαραστάσεων και πολλαπλών λύσεων.

Ως συνέπεια της ανωτέρω διαπίστωσης προκύπτει η απαίτηση παροχής ικανού αριθμού επιλογών και εργαλείων ακόμη και αν η χρήση αυτών των εργαλείων οδηγεί σε λανθασμένες κατασκευές (Lewis et al., 1998). Τούτο έρχεται όμως σε αντίθεση με βασική απαίτηση ευχρηστίας λογισμικού γενικού σκοπού, η οποία ορίζει ότι το φορτίο μνήμης θα πρέπει να ελαχιστοποιείται, παρέχοντας ανά πάσα στιγμή μόνο τα απαραίτητα εργαλεία στον χρήστη για την επιτυχή διεκπεραίωση της διεργασίας. Όμως προσεκτική μελέτη της αντίφασης αυτής αποδεικνύει ότι οι απαιτήσεις δεν είναι αντικρουόμενες καθώς τα εργαλεία στη περίπτωση αυτή αποτελούν μέρος

του μαθησιακού χώρου (learning space) και δεν είναι απλώς μέρος των τυπικών ενεργειών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση μια τυπικής διεργασίας.

Στα επόμενα, με βάση τις ιδιαιτερότητες και τους στόχους του εκπαιδευτικού λογισμικού που περιγράφτηκαν, επιχειρείται μια συνοπτική και κριτική αναφορά μεθόδων που έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία και μπορούν να υποστηρίξουν τη φάση σχεδίασης εκπαιδευτικού λογισμικού και στη συνέχεια κατά τη φάση αξιολόγησης ευχρηστίας του συστήματος. Ακολούθως, προτείνονται προσεγγίσεις αξιολόγησης ευχρηστίας εκπαιδευτικού λογισμικού που μπορούν να ικανοποιούν τις ιδιαιτερότητες αυτές.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΥΧΡΗΣΤΙΑΣ

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται πολλές τεχνικές ελέγχου της ευχρηστίας λογισμικού γενικού σκοπού (Nielsen, 1993). Επιχειρώντας μια ομαδοποίηση των μεθοδολογιών αξιολόγησης, μπορεί να διακρίνει κανείς τρεις μεγάλες κατηγορίες: τις *μεθόδους επιθεώρησης από ειδικούς* (usability inspection methods), τις *μεθόδους ελέγχου και δοκιμής* από αντιπροσωπευτικούς, χρήστες (user testing methods), και τις *αναλυτικές μεθόδους αξιολόγησης* (analytic methods). Στα επόμενα περιγράφονται συνοπτικά οι μέθοδοι αυτές.

Μέθοδοι επιθεώρησης χαρακτηριστικών (Inspection Methods)

Σύμφωνα με τους Lewis και Rieman (1994), το βασικότερο κριτήριο αξιολόγησης ποιότητας της διεπιφάνειας χρήσης λογισμικού είναι η αποτελεσματική ή όχι χρήση του από πραγματικούς χρήστες. Η διαπίστωση αυτή, που δεν διαφέρει από τη γενική τάση που διαφαίνεται στη σχετική με το πεδίο βιβλιογραφία, δεν αναιρεί τη χρησιμότητα μιας εναλλακτικής κατηγορίας μεθόδων αξιολόγησης ευχρηστίας, αυτής των μεθόδων αξιολόγησης από ειδικούς. Στις μεθόδους αυτές το κοινό χαρακτηριστικό είναι οι αξιολογητές: άτομα με γνώση κανόνων και μεθοδολογιών σχεδιασμού που αξιολογούν την διεπιφάνεια με τη χρήση μεθόδων που συχνά προσομοιώνουν την αναμενόμενη τυπική χρήση του συστήματος. Οι μέθοδοι αυτές μπορεί να έχουν διαφορετικό χαρακτήρα, καθώς μπορούν να εφαρμοστούν σε αρχικά στάδια του κύκλου σχεδιασμού, με συγκριτικά χαμηλότερο κόστος από την παρατήρηση χρηστών. Οι κυριότερες μέθοδοι επιθεώρησης είναι:

Η *ευρετική αξιολόγηση* (heuristic evaluation, Nielsen, 1994) πραγματοποιείται από ειδικούς αξιολογητές οι οποίοι ελέγχουν τη διεπιφάνεια χρήσης με άξονα ένα σύνολο ευρετικών κανόνων (heuristics).

Το *γνωσιακό περιδιάβαση* (cognitive walkthrough, Lewis et al., 1990) ακολουθεί μια λεπτομερή διαδικασία προσομοίωσης της εκτέλεσης ορισμένης εργασίας στην πορεία αλληλεπίδρασης με το σύστημα, καθορίζοντας αν οι προσομοιούμενοι στόχοι του χρήστη και η ανάδραση του συστήματος, μπορούν θεωρητικά να οδηγήσουν στην επόμενη σωστή κίνηση. Η μέθοδος αφορά κύρια στην ανάλυση διαδραστικών συστημάτων στα οποία ο χρήστης μαθαίνει τη χρήση του συστήματος κατά διερευνητικό τρόπο (exploratory learning) ενώ αλληλεπιδρά με αυτό. Αυτή είναι τυπική περίπτωση σε πολλά σύγχρονα συστήματα που προορίζονται για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Το *πολλαπλό περιδιάβαση* (pluralistic walkthrough, Nielsen, 1994) προϋποθέτει ομαδικές συναντήσεις μαθητών, των σχεδιαστών και των ειδικών στην αξιολόγηση ευχρηστίας οι οποίοι από κοινού συζητούν μέσα από σενάρια μάθησης κάθε στοιχείο αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον διεπαφής.

Η *επιθεώρηση χαρακτηριστικών* (features inspection, Nielsen, 1994) είναι μια μέθοδος κατά την οποία επιλέγεται από τους αξιολογητές μία σειρά από χαρακτηριστικά του συστήματος τα οποία εμπλέκονται κατά την εκτέλεση τυπικών εργασιών, γίνεται έλεγχος ύπαρξης πολύ μακρών ακολουθιών, δυσκολίες στην πλοήγηση, βήματα που δε θα ήταν φυσικό να κάνουν οι χρήστες καθώς και βήματα που απαιτούν εκτεταμένη γνώση ή εμπειρία για να προσδιοριστεί ένα προτεινόμενο σύνολο χαρακτηριστικών.

Η *επιθεώρηση προτύπων τυποποίησης* (standards inspection) αφορά στον έλεγχο συμφωνίας της διεπιφάνειας χρήσης με ορισμένα πρότυπα (checklists). Τα πρότυπα αυτά μπορούν να αναφέρονται σε ειδικού τύπου λογισμικό, και αφορούν κύρια στη γενική σχεδίαση των οθονών του συστήματος και τη ροή διαλόγων, μηνυμάτων και ενεργειών που απαιτούνται για να γίνει μια συγκεκριμένη διεργασία. Για παράδειγμα χρησιμοποιούνται οι λίστες κριτηρίων φορέων αξιολόγησης, όπως το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, κλπ. Πρόβλημα της μεθόδου αποτελεί συχνά ο μεγάλος αριθμός των κριτηρίων που αποτελούν μια τέτοια λίστα.

Στον *έλεγχο συνέπειας* (consistency inspection), η διεπιφάνεια χρήσης ελέγχεται προκειμένου να διαπιστωθεί αν τηρούνται διαδεδομένες συμβάσεις και πρότυπα που απαντώνται στο σύνολο των εφαρμογών ενός λειτουργικού συστήματος.

Μέθοδοι δοκιμής

Κατά τη διαδικασία της αξιολόγησης της ευχρηστίας με μεθόδους δοκιμής επιλεγμένοι χρήστες εκτελούν αντιπροσωπευτικές εργασίες χρησιμοποιώντας το λογισμικό, κατά προτίμηση σε κατάλληλα οργανωμένο εργαστήριο αξιολόγησης ευχρηστίας, ενώ στη συνέχεια, οι αξιολογητές συλλέγουν τα αποτελέσματα και εξετάζουν πώς η διεπιφάνεια χρήσης υποστηρίζει τους χρήστες και εκπληρώνει τις προσδοκίες τους κατά την εκτέλεση των εργασιών αυτών. Αν και η αξία των μεθόδων αξιολόγησης με τη συμμετοχή τελικών χρηστών είναι σημαντική, είναι δύσκολη η διεξαγωγή τους σε αρχικά στάδια του σχεδιασμού δεδομένου ότι απαιτείται υλοποιημένο πρωτότυπο του συστήματος και σημαντικός αριθμός υποψήφιων αντιπροσωπευτικών χρηστών. Επίσης παρουσιάζονται δυσκολίες στην επιλογή των "αντιπροσωπευτικών" χρηστών – ώστε συνολικά να παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά με τους αναμενόμενους τελικούς χρήστες, και μεθοδολογικές αδυναμίες στον προγραμματισμό, την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των μετρήσεων (Holleran, 1991). Τεχνικές της κατηγορίας αυτής είναι οι ακόλουθες:

Η *μέτρηση της απόδοσης* (performance measurement). Με την τεχνική αυτή προκύπτουν ποσοτικά δεδομένα σχετικά με την εκτέλεση εργασιών κατά τη διάρκεια δοκιμής ευχρηστίας.

Η απόδοση των χρηστών μετριέται συνήθως ζητώντας από μια ομάδα χρηστών την εκτέλεση ενός προκαθορισμένου συνόλου στοιχειωδών εργασιών, συλλέγοντας στοιχεία που αφορούν σε σφάλματα που διαπιστώνονται, καθώς και χρόνους εκτέλεσης διεργασιών. Είναι επιθυμητό να διεξάγεται σε οργανωμένο εργαστήριο μέτρησης της ευχρηστίας, ώστε τα δεδομένα να συλλέγονται με ακρίβεια και να ελαχιστοποιείται οποιαδήποτε απροσδόκητη παρεμβολή. Η μέτρηση αυτή συνήθως υποστηρίζεται από τεχνικές λεπτομερούς καταγραφής της αλληλεπίδρασης σε *αρχεία πληκτρολογήσεων* (logfiles).

Στο *πρωτόκολλο ομιλούντος υποκειμένου* (thinking aloud protocol) οι χρήστες εκφράζουν με λόγια τις σκέψεις τους χρησιμοποιώντας το σύστημα. Μέσω αυτής της μεθόδου, οι χρήστες αφήνουν τον εκτιμητή να αντιληφθεί το πώς αντιλαμβάνονται την αλληλεπίδραση με το προς εξέταση σύστημα. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη μέθοδος δεδομένου ότι είναι εφικτή η άμεση ποιοτικού χαρακτήρα ανατροφοδότηση από τους χρήστες, η καλύτερη κατανόηση του γνωστικού μοντέλου του χρήστη και η ορολογία που χρησιμοποιεί ο χρήστης για να εκφράσει μια ιδέα ή λειτουργία η οποία θα πρέπει να ενσωματώνεται στο σχεδιασμό (Jorgensen, 1990). Μειονέκτημα της μεθόδου αποτελεί το γεγονός ότι δεν είναι πολύ φυσικό για τους χρήστες να σκεφτούν μεγαλοφώνως, ενώ είναι δύσκολο για τους πεπειραμένους χρήστες να εκφράσουν με λόγια τη διαδικασία απόφασής τους δεδομένου ότι εκτελούν μέρος της εργασίας τους αυτόματα. Η εφαρμογή του πρωτοκόλλου ομιλούντος υποκειμένου ακόμα και σε μαθητές χρήστες μικρής ηλικίας φαίνεται αποτελεσματική (Donker and Markopoulos, 2001). Μια παραλλαγή της μεθόδου αποτελεί η *μέθοδος της συναποκάλυψης* (co-discovery test) κατά την οποία δύο χρήστες επιχειρούν να πραγματοποιήσουν εργασίες μαζί ενώ εφοπίζονται και ενθαρρύνονται να εκφράζουν με λόγια τις σκέψεις τους.

Τέλος το *πρωτόκολλο ερωτήσεων* (Question-asking Protocol) επιτρέπει στους χρήστες να κάνουν ερωτήσεις σχετικά με το σύστημα σ' έναν ειδικό που απαντά και παρατηρεί την αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών και του συστήματος. Η τεχνική αυτή στοχεύει στην ανίχνευση της πληροφόρησης που χρειάζονται οι χρήστες, ώστε να παρέχεται καλύτερη εκπαίδευση και τεκμηρίωση του συστήματος καθώς και πιθανός ανασχεδιασμός του περιβάλλοντος για την κατά το δυνατό αποφυγή ερωτήσεων.

Διερευνητικές μέθοδοι

Με τις διερευνητικές μεθόδους οι αξιολογητές πληροφορούνται για τις προτιμήσεις, τις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες των χρηστών, παρατηρώντας τους σε πραγματικές συνθήκες χρήσης ή δίνοντάς τους την ευκαιρία να εκφράσουν την άποψή τους. Οι μέθοδοι αυτές περιλαμβάνουν τεχνικές όπως:

Παρατήρηση πεδίου (Field Observation). Η παρατήρηση στο πεδίο είναι πολύ σημαντική και μερικές φορές υπερκαλύπτει τη μελέτη ενός εργαστηρίου ευχρηστίας. Ειδικότερα, μέρος της παρατήρησης είναι και η έρευνα με συνεντεύξεις των συμμετεχόντων για τις εργασίες τους που αφορούν το προς αξιολόγηση σύστημα. Σημαντική είναι επίσης, η καταγραφή του τρόπου με τον οποίο εργάζονται οι συμμετέχοντες, των εργαλείων που χρησιμοποιούν, της επικοινωνίας τους και πώς αυτές επηρεάζουν το τρόπο και το αντικείμενο εργασίας τους σε σχέση με το αξιολογούμενο σύστημα. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης ενός προϊόντος, όπου πρέπει να καταγραφούν στοιχεία που χαρακτηρίζουν συνολικά τη χρήση ενός συστήματος παρά συγκεκριμένες μετρικές.

Ερωτηματολόγια (Questionnaires). Αποτελεί μια χρήσιμη μέθοδο για ζητήματα σχετικά με πιθανές ανησυχίες-παρανοήσεις των χρηστών και την καταγραφή υποκειμενικής ικανοποίησης τους (Nielsen, 1993). Η αντικειμενικότητα των συμπερασμάτων όμως συχνά αμφισβητείται δεδομένου ότι οι απαντήσεις των χρηστών είναι συνήθως βασισμένες σε αυτό που έχουν την αίσθηση ότι κάνουν και όχι σε αυτό που κάνουν πραγματικά (Nielsen, 1993). Σε περιπτώσεις αξιολόγησης διαδικτυακών τόπων (web sites), τα ερωτηματολόγια χρησιμοποιούνται ευρύτατα αφού το ίδιο το μέσο συμβάλλει στην εύκολη διανομή τους και αυτόματη συλλογή και επεξεργασία των αποτελεσμάτων (Tselios et al., 2001, Avouris et al, 2003). Αποτελεσματικά ερωτηματολόγια όσον αφορά στην εγκυρότητα (validity) και αξιοπιστία (reliability) των παραγόμενων αποτελεσμάτων, θεωρούνται τα WAMMI (Kirakowski and Claridge, 1998) καθώς και QUIS και SUMI (Schneiderman, 1998).

Συνεντεύξεις και εστιασμένες ομάδες (focus groups). Αποτελεί μια μέθοδο συλλογής απαντήσεων σχετικών με τις εμπειρίες των χρηστών σε κάποιο λογισμικό. Επιδιώκεται όχι μια απλή καταγραφή απαντήσεων στα τεθέντα ερωτήματα, αλλά η μέσω διαλόγου ανακάλυψη ερμηνειών που οδηγούν τους χρήστες σε κάποιες συγκεκριμένες δράσεις. Είναι δυνατόν να προκύψουν επιπλέον χρήσιμες παρατηρήσεις από τη καταγραφή της αλληλεπίδρασης μεταξύ των χρηστών ή να δοθεί ισχυρότερη έμφαση στα πιο σημαντικά προβλήματα που ενσκήπτουν. Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε στάδιο της ανάπτυξης με διαφορετική εστίαση στις ερωτήσεις. Σε αρχικά δε στάδια χρησιμοποιείται ως μέθοδος καταγραφής απαιτήσεων.

Έρευνα συνθηκών χρήσης (Contextual inquiry) Είναι μια μέθοδος δομημένης συνέντευξης που διέπεται από κάποιες αρχές που τη διαφοροποιούν από την κλασική συνέντευξη. Αποτελεί περισσότερο μέθοδο παρατήρησης και ανακάλυψης συνθηκών μέσα στις οποίες χρησιμοποιείται το προϊόν που είναι αντικείμενο αξιολόγησης.

Αναλυτικές μέθοδοι αξιολόγησης

Οι μέθοδοι αυτές αφορούν την ανάπτυξη μοντέλων που προβλέπουν ή καταγράφουν τη συμπεριφορά των χρηστών ενός λογισμικού. Τα μοντέλα αυτά περιγράφουν στόχους και ακολουθίες ενεργειών που εκτελεί ο τυπικός χρήστης κατά την αλληλεπίδραση με το λογισμικό.

Τα μοντέλα που εμπλέκονται στις μεθόδους αυτές διακρίνονται σε προβλεπτικά μοντέλα που παράγονται από τον σχεδιαστή (*μοντέλα σχεδιαστή*) και καταγραφικά μοντέλα που παράγονται μετά από παρατήρηση χρήσης (*μοντέλα χρήστη*). Μια τυπική μέθοδος της κατηγορίας αυτής είναι η *ανάλυση εργασιών* (Task Analysis - TA). Η TA περιλαμβάνει μελέτη, συλλογή και ανάλυση δεδομένων τα οποία αφορούν τον τρόπο με τον οποίο οι χρήστες εκτελούν συγκεκριμένες διεργασίες ώστε να προκύψει βαθύτερη κατανόηση των αλληλεπιδράσεων που λαμβάνουν χώρα. Ο κύριος στόχος της ανάλυσης διεργασιών είναι η συστηματική κατανόηση των διεργασιών που επιτελούν οι χρήστες (Kieras, 1996). Η ευκολία και η ακρίβεια με την οποία ο χρήστης μπορεί να αντιστοιχίσει τις δραστηριότητες μιας διεργασίας με τη λειτουργικότητα του συστήματος, που καταγράφεται με τη μέθοδο αυτή, αποτελεί από μόνη της μια μετρική ευχρηστίας (Edmondson and Simone, 1994). Επιπροσθέτως, εξετάζεται ο βαθμός ελευθερίας στους διαλόγους χρήστη συστήματος που υποστηρίζει η διεπιφάνεια και οι προσφερόμενοι εναλλακτικοί τρόποι χειρισμού, στοιχείο ιδιαίτερα σημαντικό σε ανοιχτά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Η πλέον διαδεδομένη μέθοδος ανάλυσης διεργασιών είναι η *Ιεραρχική Ανάλυση Διεργασιών* (Hierarchical Task Analysis- HTA) (Shepherd, 1989). Είναι μια μέθοδος ανάλυσης των στόχων υψηλού επιπέδου σε δευτερεύουσες εργασίες και πλάνα που ορίζουν τον τρόπο με τον οποίο εκτελούνται οι εργασίες αυτές. Οι εργασίες περιγράφονται με ιεραρχικό τρόπο. Η HTA χρησιμοποιείται για την ανάλυση και τον προσδιορισμό των βημάτων που απαιτούνται για να εκτελεστεί μια στοιχειώδης εργασία. Η μέθοδος αυτή σε συνδυασμό με την ευρετική αξιολόγηση, έχει εφαρμοστεί με σημαντικά αποτελέσματα για την αξιολόγηση ανοιχτών περιβαλλόντων μάθησης, και για την αναγνώριση προβλημάτων ευχρηστίας και επανασχεδιασμό τους (Tselios et al. 2002). Οι αναλυτικές μέθοδοι συνήθως συνδυάζονται και βασίζονται σε μεθόδους δοκιμής, όπως η μέτρηση απόδοσης τυπικών χρηστών.

ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΥΧΡΗΣΤΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Η επιλογή κατάλληλης μεθόδου αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού, πέραν των περιορισμών και των ιδιαιτεροτήτων που περιγράφηκαν στην εισαγωγική ενότητα, επηρεάζεται από το γνωσιοθεωρητικό πλαίσιο που διέπει τη σχεδίαση του. Συνεπώς κατά τη διαδικασία σχεδίασης και αξιολόγησης εκπαιδευτικών συστημάτων θα πρέπει να έχει διερευνηθεί συστηματικά ο ρόλος τους καθώς και το προτιθέμενο πλαίσιο χρήσης (Jones et al., 1999). Οι Mayes και Fowler (1999) επιχειρώντας έναν διαχωρισμό στις κατηγορίες εκπαιδευτικού λογισμικού ορίζουν τα εκπαιδευτικά συστήματα βασισμένα σε πολυμέσα κύρια ως πρωτογενή τύπου εκπαιδευτικό λογισμικό (primary courseware). Το θεωρητικό πλαίσιο τέτοιων περιβαλλόντων είναι κύρια συμπεριφοριστικό και ο μαθητής καλείται να διαμορφώσει αντίληψη για έννοιες που παρέχονται έτοιμες από τους εκπαιδευτικούς. Έτσι πρακτικά το περιβάλλον αυτό εξυπηρετεί ένα ρόλο «πομπού-διαβιβαστή πληροφορίας» προς τους μαθητές (Soloway et al., 1994). Όσον αφορά στην παράμετρο της ευχρηστίας, θεωρείται ότι αυτή παρουσιάζει δευτερεύουσα σημασία για την πιστοποίηση της ωφελιμότητας του συστήματος, αφού δεν εμπλέκεται άμεσα στη διαδικασία μάθησης. Η θεώρηση αυτή σε ένα βαθμό καθιστά έγκυρη την εφαρμοσιμότητα παραδοσιακών τεχνικών αξιολόγησης ευχρηστίας, δοθέντος του γεγονότος ότι οι διεργασίες και το στυλ αλληλεπίδρασης με το μαθητή δεν επηρεάζει τη μάθηση. Παράλληλα όμως, οι Squires και Preece (1999) αμφισβητούν την εγκυρότητα μιας αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού που βασίζεται αποκλειστικά σε λίστες κριτηρίων, προτείνοντας την ευρετική 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 χρήση μιας μεθοδολογίας βασισμένης σε αξιολόγηση από ειδικούς, όπως η *ευρετική*, παράλληλα με δοκιμές με τη συμμετοχή αντιπροσωπευτικών

χρηστών, φαίνεται να δίνει σημαντικά αποτελέσματα σύμφωνα και με την πρόσφατη δική μας εμπειρία (Avouris et al. 2001, Tselios et al., 2000, 2001).

Οι εποικοδομιστικές σε συνδυασμό με τις κοινωνικές θεωρήσεις για τη γνώση και τη μάθηση συνδέουν την αξιολόγηση της μάθησης με την εξέλιξή του μαθητή σε κάποιο περιβάλλον (Jonassen, 1994), έτσι ώστε ενεργητικά να κατασκευάζει τις προσωπικές του στρατηγικές προκειμένου να λύνει προβλήματα τα οποία έχουν σημασία για αυτόν (Gurney, 1989, Brown et al., 1989). Ακόμη η αξιολόγηση συνδέεται με την ανάπτυξη συνεργατικότητας σ' ένα περιβάλλον όπου οι μαθητές μοιράζονται κοινές πρακτικές, γλώσσα και αντιλήψεις με συνέπεια να αναπτύσσουν ένα κοινό μοντέλο αντίληψης για την προσλαμβανόμενη γνώση (Vygotsky, 1978, Cobb, 1994, Rogoff, 1994). Σε αντίθεση με εκπαιδευτικό λογισμικό που εκφράζει συμπεριφοριστικό πλαίσιο μάθησης, ο μαθητής δύναται να έχει σχηματίσει λανθασμένη αντίληψη για το μαθησιακό πλαίσιο το οποίο απαιτείται για να επιλύσει ένα συγκεκριμένο πρόβλημα.

Οι Mayes και Fowler (1999) υποστηρίζουν ότι η σχεδίαση των περιβαλλόντων μάθησης αυτής της κατηγορίας πρέπει να εστιάζει στην σχεδίαση αποτελεσματικών στοιχειωδών εργασιών παρά στη διεπιφάνεια χρήσης γενικά. Κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον, ο μαθητής πρέπει να κινηθεί αβίαστα προς το εννοιολογικό επίπεδο, αλλά έπειτα πρέπει να εμπλακεί με τις υφιστάμενες έννοιες πίσω από τα αντικείμενα που διαχειρίζεται, μέσω των ενεργών κατασκευών και της έκφρασης των προσωπικών ιδεών του. Αναφέρουν επίσης ότι η μάθηση δεν μπορεί να προσεγγιστεί ως συμβατική στοιχειώδης εργασία, σαν να ήταν ακριβώς ένα άλλο είδος εργασίας, με σκοπό την αποκομιδή κάποιων αποτελεσμάτων, διότι η διαδικασία μάθησης είναι ένα *παράπλευρο προϊόν* που προκύπτει κατά τη διαδικασία ενεργειών επίτευξης συγκεκριμένου στόχου. Επομένως, οι Mayes και Fowler (1999) τονίζουν τη σημασία της αξιολόγησης της καταλληλότητας των στοιχειωδών εργασιών για τον εκπαιδευτικό σκοπό που προορίζονται. Επίσης οι Sedig et al. (2001), προτείνουν ότι το εκπαιδευτικό λογισμικό είναι αποτελεσματικό όταν ενσωματώνεται ανεπιφύλακτα η γνώση στις στοιχειώδεις εργασίες. Τονίζουν την ανάγκη σχεδιασμού με άξονα τις πραγματευόμενες έννοιες ώστε να είναι εφικτή η κατανόηση και ο χειρισμός της εννοιολογικής αφαίρεσης. Υποστηρίζουν ότι τα οφέλη από το στιλ *απ-ευθείας χειρισμού* (άμεση εμπλοκή με τις οπτικές αναπαραστάσεις εννοιών) πρέπει να διατηρηθούν – σε συνδυασμό με έλεγχο των παραδοσιακών προβλημάτων ευχρηστίας - αλλά ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στο να στρέψει τους μαθητές σε χειρισμούς των εννοιών παρά σε αντικείμενα που επιδρούν έμμεσα στις έννοιες. Από την άποψη αυτή, οι αναλυτικές μέθοδοι *μοντελοποίησης εργασιών* φαίνονται κατάλληλες στο να αξιολογήσουν την παρουσία των εννοιών, καθώς και τη ρητή παρουσίασή τους, χειριζόμενες και προσφερόμενες με έναν τρόπο που προάγει το κίνητρο χρήσης στα διαλογικά περιβάλλοντα αλληλεπίδρασης.

Όπως ήδη αναφέρθηκε στην εισαγωγική ενότητα, λάθη που αποτελούν εκφράσεις παρανοήσεων του χρήστη σχετικών με το γνωστικό αντικείμενο και επηρεάζουν το *σημσιολογικό* επίπεδο της αλληλεπίδρασης, δηλαδή της σημασίας των εντολών του μαθητή, θα πρέπει να επιτρέπονται από το σύστημα να εκφραστούν έτσι ώστε σταδιακά ο μαθητής να αναστοχάζεται πάνω σε αυτά και να κατασκευάζει γνώση αλληλεπιδρώντας με πιθανά τέτοια προϊόντα διάδρασης. Από την άλλη το σύστημα πρέπει να είναι κατάλληλα σχεδιασμένο ώστε να αποκλείει κατά το δυνατόν λάθη στο *λεκτικό* επίπεδο, δηλαδή στην ακολουθία ενεργειών που απαιτούνται για να εκτελεστεί μια εργασία, καθώς επίσης και στο *συντακτικό* επίπεδο, δηλαδή της ακολουθίας διαλόγου που απαιτούνται ώστε να δοθούν σωστές εντολές στο σύστημα (Foley et al., 1990). Σχετικά με το ζήτημα αυτό, οι Squires και Preece (1999) έχουν προτείνει μία προσέγγιση αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού από ειδικούς, που βασίζεται σε ένα σύνολο διαδεδομένων και αποδεκτών ευρετικών κανόνων (heuristics) οι οποίοι ενσωματώνουν στοιχεία ευχρηστίας και σύγχρονων θεωριών μάθησης. Μια άλλη προσέγγιση αφορά συνδυασμό μεθόδου *επιθεώρησης από ειδικούς* με αναλυτική κατασκευή *μοντέλων εργασιών* μαθητών με βάση παρατήρηση πεδίου. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει τη βαθύτερη κατανόηση της φύσης των

στοιχειωδών εργασιών κατά τη διάρκεια της αποδόμησής τους καθώς και τον συστηματικό έλεγχο συνέπειας στις δομές των μοντέλων μαθητή (Tselios and Anouris 2003, Tselios et al., 2002). Στην περίπτωση αυτή, η μέθοδος αξιολόγησης από ειδικούς όπως η ευρετική αξιολόγηση, μπορεί να διαδραματίσει ένα σημαντικό υποστηρικτικό ρόλο αναδεικνύοντας περιορισμούς της διεπιφάνειας, διευκολύνοντας τη συναγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την αιτία των παρατηρηθέντων σφαλμάτων και τις συνέπειες που έχει το χάσμα μεταξύ του μοντέλου σχεδιαστή και του μοντέλου χρήστη στη διαδικασία μάθησης. Τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι η ευρετική αξιολόγηση εστιάζει σε ζητήματα σχεδίασης της διεπιφάνειας χρήσης ενώ εστιάζει λιγότερο σε μηχανισμούς αλληλεπίδρασης που απαιτήθηκαν, ιδιαίτερα αυτές που χειρίζονται σημαντικές έννοιες του γνωστικού πεδίου (Sedig et al., 2001), ζητήματα τα οποία αναδεικνύονται με χρήση τεχνικών αξιολόγησης όπως η *ανάλυση εργασιών*.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι αποδεκτό ότι η ευχρηστία αποτελεί σημαντικό κριτήριο ποιότητας και επιλογής εκπαιδευτικού λογισμικού. Οι ιδιαιτερότητες όμως του εκπαιδευτικού λογισμικού σε σχέση με γενικού σκοπού λογισμικό, είναι σημαντικές, όπως περιγράφηκε. Κατά συνέπεια, η επιλογή κατάλληλων μεθόδων αξιολόγησης, θα πρέπει να διασφαλίζει την ποιότητα της διεπιφάνειας χρήσης, λαμβάνοντας κυρίως υπόψη τη δυνατότητα που προσφέρει στο χρήστη για μάθηση, καθώς και τη διατήρηση των στοιχείων εκείνων που επιτρέπουν στο μαθητή να αναστοχαστεί και να μετακινηθεί με αποτελεσματικότητα από τη διαχείριση των εννοιών του γνωστικού αντικείμενων στο αντιληπτικό επίπεδο, με στόχο την κατανόηση των υπό μελέτη εννοιών.

Ανεξάρτητα από το γνωσιοθεωρητικό πλαίσιο μάθησης που εκφράζει το εκπαιδευτικό λογισμικό, είναι αναγκαίο να υπάρχει αντιστοιχία μεταξύ του νοητικού μοντέλου του σχεδιαστή και του μαθητή. Στο μεν εκπαιδευτικό λογισμικό συμπεριφοριστικού τύπου, σε μεγάλο βαθμό απεμπλέκονται οι διεργασίες του μαθητή με το περιβάλλον από πιθανές επιδράσεις στη διαδικασία μάθησης, γεγονός που καθιστά παραδοσιακές τεχνικές αξιολόγησης ευχρηστίας εφαρμόσιμες, δοθέντος του γεγονότος ότι οι διεργασίες και το στιλ αλληλεπίδρασης με το μαθητή δεν επηρεάζει τη μάθηση. Έτσι η χρήση μιας μεθοδολογίας βασισμένης σε επιθεώρηση χαρακτηριστικών από ειδικούς, όπως η *ευρετική αξιολόγηση*, παράλληλα με δοκιμές με τη συμμετοχή αντιπροσωπευτικών χρηστών ή μεθόδους παρατήρησης φαίνεται να δίνει σημαντικά αποτελέσματα. Γενικά στην περίπτωση αυτή παρατηρείται ευελιξία επιλογής μεθόδου ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης και συμπληρωματικότητα στα αποτελέσματα των μεθόδων (Karat, 1988).

Ένα λογισμικό που εκφράζει κοινωνικο-εποικοδομητικό γνωσιοθεωρητικό πλαίσιο μάθησης πρέπει να είναι κατάλληλα σχεδιασμένο ώστε να αποκλείει κατά το δυνατόν λάθη χειρισμών, δηλαδή λάθη λεκτικού επιπέδου αλληλεπίδρασης. Παράλληλα όμως, θα πρέπει να επιτρέπονται λάθη που αποτελούν εκφράσεις παρανοήσεων του χρήστη σχετικών με το γνωστικό αντικείμενο που επηρεάζουν το σημασιολογικό επίπεδο αλληλεπίδρασης. Η λεπτομερής ανάλυση της αλληλεπίδρασης των σπουδαστών κατά τη διάρκεια επίλυσης ενός προβλήματος με τη χρήση ενός περιβάλλοντος αυτής της κατηγορίας, η κατασκευή των μοντέλων μαθητή και η ανάλυσή τους, μπορεί να οδηγήσει σε ένα αναθεωρημένο μοντέλο σχεδιασμού. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μείωση του *χάσματος εκτίμησης και εκτέλεσης* (Norman, 1986), δηλαδή της απόστασης μεταξύ των αποκρίσεων του συστήματος και των προσδοκιών του χρήστη αφενός καθώς και του χάσματος μεταξύ των στόχων του χρήστη και των παρεχόμενων εργαλείων. Στην περίπτωση αυτή, μέθοδοι αξιολόγησης από ειδικούς, μπορούν να διαδραματίσουν ένα συμπληρωματικό υποστηρικτικό ρόλο, διευκολύνοντας τη συναγωγή συμπερασμάτων σχετικών με την αιτία των παρατηρηθέντων προβλημάτων αλληλεπίδρασης όπως προκύπτουν από παρατηρούμενη τυπική συμπεριφορά χρηστών.

Εν κατακλείδι η ευχρηστία των κατηγοριών εκπαιδευτικού λογισμικού που αναφέρθηκαν είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το κατά πόσο υποστηρίζεται η μάθηση. Η αξιολόγηση της ευχρηστίας του εκπαιδευτικού λογισμικού, πέραν της πρακτικής επικύρωσης και πιστοποίησης, θα πρέπει να

παρέχει σημαντικές πληροφορίες ερμηνευτικού χαρακτήρα και να εφαρμόζεται όχι μόνο μετά την ολοκλήρωση ανάπτυξης του, αλλά επαναληπτικά κατά τις διάφορες φάσεις της ανάπτυξής του.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οικονομική ενίσχυση της έρευνας αυτής έχει γίνει από το έργο IST-ModellingSpace 2000-25385

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αβούρης, Ν.Μ., (2000). Εισαγωγή στην Επικοινωνία Ανθρώπου-Υπολογιστή, Διάυλος, Αθήνα.
- Avouris, N. (2001). An Introduction to software usability. In Avouris, N.M., Fakotakis, N., (eds.) *Advances in Human Computer Interaction 2001*, proceedings of PC HCI 2001, pp. 237-242, Patras, Greece, Typorama Publ.
- 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.
- Avouris N., Tselios N., Fidas C., Papahristos E., (2003). Website evaluation: A usability-based perspective, in Y. Manalopoulos et al. (ed.) *Lecture Notes in Computer Science*, Springer Verlag, Berlin.
- Brown, J. S., Collins, A., Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, January-February, 32-42.
- Cobb, P. (1994). Where is the mind? Constructivist and sociocultural perspectives on mathematical development. *Educational Researcher* 23, 13-20.
- Dimitracopoulou, A. (2001). Design issues in Learning Environments for young students: The importance and the limits of general usability criteria. In Avouris, N.M., Fakotakis, N., (eds.) *Advances in Human Computer Interaction 2001*, pp. 237-242, Patras, Greece, Typorama Publ.
- Donker, A., Markopoulos, P. (2001). Assessing the effectiveness of usability evaluation methods for children. *Proc PCHCI 2001*, Patras, Greece, pp. 409-410, Typorama publ.
- Edmondson, K.A. and Simone, H.A. (1994). Putting Task Analysis into context. *SIGCHI Bulletin*, vol 26, no.4, pp.59-63.
- Foley, J.D., van Dam, A., Feiner, S.K., Hughes, J.F. (1990). *Computer Graphics: Principles and Practice* (2nd edition), Addison-Wesley, Reading MA, 1990.
- Grudin J. (1992). Utility and usability: Research issues and development contexts, *Interacting with Computers*, 4(2), 209-217.
- Gurney, B. (1989). Constructivism and professional development: A stereoscopic view. *ERIC Document ED 305 259*, 1-28.
- 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, June 1997, pp 521-526.
- Jonassen, D. H. (1994). Thinking technology: Toward a constructivist design model. *Educational Technology*, 34 (3), 34-37.
- Jones, A., Scanlon, E., Tosunoglu, C., Morris, E., Ross, S., Butcher, P. and Greenberg, J., (1999). Contexts for evaluating educational software. *Interacting with Computers* 11 (3), pp. 499-516.
- Jorgensen, A.H. (1990). Thinking-aloud in user interface design: a method promoting cognitive ergonomics. *Ergonomics*, 33, (4), 501-507.
- Karat, J. (1988) *Software Evaluation Methodologies*, Handbook of Human-Computer Interaction, M. Helander (ed.), Elsevier Science Publishers, B.V. (North-Holland), pp. 891-903.
- Kieras, D. (1996). Task analysis and the design of functionality, *CRC Handbook of Computer Science and Engineering*, CRC Press.

- Kirakowski, J. and Claridge, N. (1998). Human Centered Measures of Success in Web Site Design. Fifth Human Factors and the Web meeting, June 1998, NY.
- Laurillard, D. (1994). The role of formative evaluation in the process of multimedia. In: K. Beattie, et al. (Eds.), *Interactive multimedia in university education*, Amsterdam, Elsevier, pp. 287-293.
- 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., Polson, P., Wharton, C., Rieman, J. (1990) Testing a Walkthrough methodology for Theory-Based Design of Walk-Up-and-Use Interfaces. *Proc. of ACM CHI1990*, Seattle, Washington. pp: 235-242.
- Lewis. C. and Rieman, J. (1994) Task centered User Interface Design- A practical introduction. Διαθέσιμο στο <http://www.hcibib.org>.
- Mayes, J. T., Fowler, C. J. (1999) *Learning Technology and Usability: A Framework for Understanding Courseware Usability and Educational Software Design*. *Interacting with Computers* 1999, v.11 n.5 p.485-497.
- 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.
- Norman, D.,A (1986). Cognitive Engineering. In: Norman, D.A and Draper, S.W. (eds.) *User Centered Systems Design*, 31-61. Lawrence Erlbaum.
- Rogoff, B. (1994). Developing understanding of the idea of communities of learners. *Mind, Culture and Activity* 1, 209-29.
- Schneiderman B.(1998). *Designing the User Interface*, Addison Wesley, 1998.
- 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.
- Shepherd, A. (1989). Analysis and training in information technology tasks. In D.Diaper (Ed.), *Task Analysis for Human Computer Interaction* (pp. 15-55). Chichester, Ellis Horwood.
- 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. *Proc. of CHI'96*, April 13-18, 1996, Vancouver, B.C., Canada. ACM Press, pp.189-196.
- 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. K. and Avouris N. M., (2003). Cognitive Task modeling for system design and evaluation in non-routine task domains. In Erik Hollnagel's (Senior editor), *Handbook of Cognitive Task Design*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. (in press).
- 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.K, Avouris, N.M., Fotopoulos, E. (2000). Usability evaluation of educational software supporting distance learning, *Proceedings 2nd Panhellenic Conference on Information and Communication Technologies in Education*, pp. 361-370, Patras, October 2000 (in Greek).
- Tselios, N.K, Avouris, N.M., Kordaki M. (2002). Student task modeling in design and evaluation of open-problem solving environments. *J. of Education and Information Technologies*, vol. 7:1, pp. 19-42, 2002
- Tselios, N.K., Fidas, C., Avouris, N.M. (2001). Usability evaluation of web based applications. *Proceedings of 8th Panhellenic Conference on Informatics*, pp. 108-117, Nicosia, Cyprus
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. MA: Harvard University Press.