

Σχεδίαση διαδικτυακού εκπαιδευτικού λογισμικού

Συμεών Ρετάλης, Πάρης Αυγερίου και Νικόλαος Παπασπύρου

*Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Πληροφορικής, Εργαστήριο Τεχνολογίας Λογισμικού
Πολυτεχνειούπολη, 15780 Ζωγράφου, Αθήνα.
E-mail: {retal, pavger, nickie}@softlab.ntua.gr*

Περίληψη

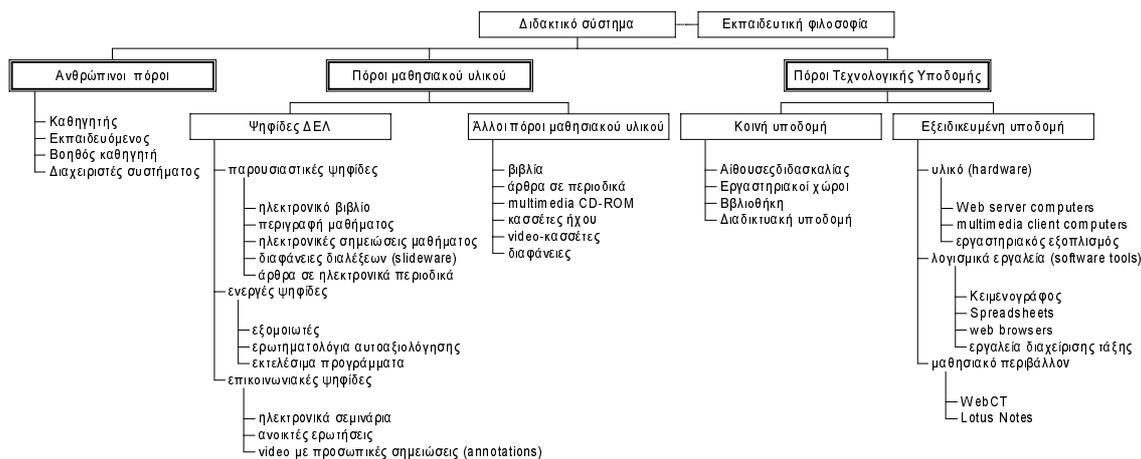
Σύγχρονη τάση στην κατασκευή διδακτικών συστημάτων είναι η χρήση των προηγμένων μαθησιακών τεχνολογιών και ειδικότερα του Διαδικτύου και του Παγκόσμιου Ιστού. Στην αναπτυξιακή προσπάθεια των διδακτικών αυτών συστημάτων δίνεται έμφαση στην ανάπτυξη διαδικτυακού εκπαιδευτικού λογισμικού (ΔΕΛ). Η ανάπτυξη όμως αυτή γίνεται συνήθως με άναρχο τρόπο και ως εκ τούτου με περιορισμένη αποτελεσματικότητα, καθώς ελάχιστες είναι οι μεθοδολογίες που εξειδικεύονται στη συστηματική ανάπτυξη διδακτικών συστημάτων και ΔΕΛ. Μία τέτοια μεθοδολογία που έχει προταθεί από τους συγγραφείς της παρούσας εργασίας είναι η CADMOS, κύρια συστατικά της οποίας είναι μοντέλα διαδικασιών, μέθοδοι, εργαλεία, πρότυπα και έγγραφα τεκμηρίωσης. Για τη διαδικασία σχεδίασης ΔΕΛ, η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιεί την πρότυπη μέθοδο CADMOS-D που υποστηρίζεται από το εργαλείο CRITON. Η περιγραφή των δυο αυτών συστατικών της CADMOS αποτελεί το κύριο αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Το εργαλείο CRITON είναι το πρώτο εργαλείο CASE που εξειδικεύεται στη σχεδίαση ΔΕΛ και αντιπαραβάλλεται εν συντομία με εργαλεία σχεδίασης υπερμεσικών εφαρμογών γενικού σκοπού.

1 Εισαγωγή

Τα διδακτικά συστήματα (instructional systems) αποσκοπούν στην υποστήριξη και μερική αυτοματοποίηση της διδακτικής διαδικασίας ενός γνωστικού αντικειμένου. Με τον όρο διδακτική διαδικασία εννοείται ο συνδυασμός των διαδικασιών, τόσο από μέρους του εκπαιδευτή, όσο κι από μέρους του εκπαιδευόμενου, που προσβλέπουν στη μάθηση. Ένα διδακτικό σύστημα αφορά τη διδασκαλία ενός μαθήματος, ενός σεμιναρίου ή, στην πιο απλή περίπτωση, μιας διάλεξης σε ένα γνωστικό αντικείμενο. Τα διδακτικά συστήματα υιοθετούνται από εκπαιδευτικά ιδρύματα (σχολεία, ΤΕΙ, Πανεπιστήμια) αλλά και οργανισμούς κατάρτισης. Σε κάθε τέτοιο ίδρυμα ή οργανισμό μπορεί να συνυπάρχουν διαφορετικά διδακτικά συστήματα.

Τα διδακτικά συστήματα αποτελούνται από μαθησιακούς πόρους που εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες: στους ανθρώπινους πόρους, στους πόρους μαθησιακού υλικού και στους πόρους τεχνολογικής υποδομής [Ford et al. 1996]. Ανάλογα με την εκπαιδευτική φιλοσοφία και τους διαθέσιμους μαθησιακούς πόρους, κάποιοι από τους οποίους φαίνονται στο Σχήμα 1, τα διδακτικά συστήματα διαφοροποιούνται.

Η σύγχρονη εκπαιδευτική φιλοσοφία υποστηρίζει ότι τα διδακτικά συστήματα πρέπει να είναι “ανοιχτά”, να διέπονται δηλαδή από μια μαθητοκεντρική εκπαιδευτική φιλοσοφία [Wasson 1997]. Ο εκπαιδευόμενος τοποθετείται στο κέντρο του μαθησιακού περιβάλλοντος και περιβάλλεται από μαθησιακούς πόρους, δηλαδή εκπαιδευτές, μαθησιακό υλικό και εργαλεία που διευκολύνουν τη μάθηση. Στον εκπαιδευόμενο προσφέρονται αρκετοί βαθμοί ελευθερίας ως προς τον τόπο και τρόπο απόκτησης γνώσης, τον τρόπο αξιολόγησής του, κ.α.



Σχήμα 1. Μαθησιακοί πόροι ενός διδακτικού συστήματος.

Η σύγχρονη τάση είναι να χρησιμοποιείται το Διαδίκτυο (Internet) και ο Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web) ως τεχνολογική υποδομή, καθώς επιτρέπουν την κατασκευή ανοιχτών διδακτικών συστημάτων. Στην ανάπτυξη τέτοιων διδακτικών συστημάτων δίνεται έμφαση στην κατασκευή διαδικτυακών πόρων μαθησιακού υλικού ή αλλιώς διαδικτυακού εκπαιδευτικού λογισμικού (ΔΕΛ). Το ΔΕΛ μοιάζει με ένα μωσαϊκό αποτελούμενο από ψηφίδες όπως: σημειώσεις ενός μαθήματος, διαφάνειες, οδηγός μελέτης, ασκήσεις αυτοαξιολόγησης, αρχεία αποτύπωσης ασύγχρονης επικοινωνίας, κ.λπ.

Η κατασκευή καλής ποιότητας διδακτικών συστημάτων και ιδιαίτερα ΔΕΛ μέσα σε προκαθορισμένα όρια χρόνου και πόρων δεν είναι εύκολη. Απαιτείται μια μεθοδολογία που να βοηθά τη συστηματική ανάπτυξή του, λαμβάνοντας υπόψη: το γνωστικό αντικείμενο, το κοινό που θα εκπαιδευτεί, το μαθησιακό περιβάλλον στο οποίο θα ενταχθεί, κ.α. [Bourdeau & Bates 1996]. Στη σύγχρονη βιβλιογραφία, αλλά και κατά τη σύγχρονη πρακτική των εταιριών που ασχολούνται με εκπαιδευτικές εφαρμογές διαμέσου του Internet και του WWW, δεν αναφέρονται μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την κατασκευή ΔΕΛ. Οι προσεγγίσεις που υιοθετούνται είναι τρεις:

1. Η χρήση ή προσαρμογή μεθοδολογιών ανάπτυξης κοινού λογισμικού (software engineering methodologies). Αυτή είναι η χειρότερη προσέγγιση [Ladhani 1996, Zhiting 1996] γιατί το ΔΕΛ διαφέρει ουσιαστικά από το τυπικό λογισμικό. Πρέπει να δίνεται μεγάλη έμφαση σε θέματα προσδιορισμού των μαθησιακών στόχων (learning objectives), των κατάλληλων παιδαγωγικών μεθόδων (pedagogical methods), της διαπροσωπείας χρήστη (user interface), καθώς και στην αξιολόγηση της μαθησιακής αποτελεσματικότητας (learning effectiveness). Οι μεθοδολογίες που προέρχονται από το χώρο της τεχνολογίας λογισμικού (software engineering) είναι ανεπαρκείς στο να προσφέρουν καθοδήγηση και λύσεις στα παραπάνω θέματα

2. Η χρήση ή προσαρμογή μεθοδολογιών ανάπτυξης εκπαιδευτικού λογισμικού μη διαδικτυακού. Μια πολύ καλή συλλογή από τέτοιες μεθοδολογίες περιγράφεται στα [Jong & Sart 1994, Dijkstra & Seel 1997]. Το μειονέκτημα της χρήσης αυτών των μεθοδολογιών είναι ότι δε δίνουν έμφαση στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ΔΕΛ. Για κάθε διαφορετικό είδος εκπαιδευτικού λογισμικού, π.χ. εξομοιώσεις, παιδαγωγικά (tutorials), πρακτικής άσκησης (drill and practice), κ.κ., πρέπει να ακολουθούνται μεθοδολογίες που να δίνουν έμφαση στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, τα οποία άλλωστε προσθέτουν αξία στην εκπαιδευτική τους χρήση [Goodyear 1994].

3. Η χρήση ή προσαρμογή μεθοδολογιών ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών, όχι όμως εκπαιδευτικών. Μια έξοχη συλλογή από τέτοιες μεθοδολογίες είναι [Isakowitz & Thuring 1994, ACM 1995, Lowe & Hall 99]. Οι μεθοδολογίες αυτές αν και είναι προτιμητέες

από τις προηγούμενες προσεγγίσεις, εντούτοις δεν καλύπτουν επαρκώς τις ανάγκες των κατασκευαστών ΔΕΛ. Κι αυτό γιατί επικεντρώνονται στη φάση σχεδίασης και παραμελούν φάσεις όπως την ανάλυση και την αξιολόγηση. Καμία από αυτές δεν αποτελεί μια πλήρη μεθοδολογία ανάπτυξης, με την έννοια να καλύπτει όλες τις φάσεις ανάπτυξης και να προσφέρει μεθόδους και εργαλεία για την αποτελεσματική εκτέλεση των δραστηριοτήτων κάθε φάσης.

Μια μεθοδολογία ανάπτυξης διδακτικών συστημάτων που δίνει έμφαση στην κατασκευή ΔΕΛ και η χρήση της οποίας έχει δώσει θετικά αποτελέσματα είναι η CADMOS (web-based Courseware Development Methodology for Open Systems). Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η συνοπτική παρουσίαση της φιλοσοφίας αυτής της μεθοδολογίας, δίνοντας έμφαση στην πρότυπη μέθοδο σχεδίασης CADMOS-D(esign) και το εργαλείο CASE το οποίο την υποστηρίζει. Το εργαλείο αυτό ονομάζεται CRITON. Η δομή της εργασίας είναι η ακόλουθη: Στην ενότητα 2 γίνεται μια εκτενής εισαγωγή στις μεθοδολογίες ανάπτυξης διδακτικών συστημάτων και παρουσιάζονται οι βασικές αρχές της μεθοδολογίας CADMOS. Στην ενότητα 3 παρουσιάζονται τα βήματα της διαδικασίας σχεδίασης σύμφωνα με τη μέθοδο σχεδίασης CADMOS-D και στην ενότητα 4 παρουσιάζεται το εργαλείο CRITON. Στην ενότητα 5 εξηγείται ο τρόπος σχεδίασης με το εργαλείο CRITON και γίνονται αναφορές στη σχεδίαση ενός ΔΕΛ με τίτλο “Εισαγωγή στη γλώσσα XML”. Στην ενότητα 6 παρουσιάζεται η ερευνητική προσπάθεια που επιτελείται τόσο από πλευράς μεθοδολογιών, μεθόδων και μοντέλων όσο και από πλευράς εργαλείων που υποστηρίζουν την ανάπτυξη υπερμεσικών εφαρμογών και γίνεται αντιπαραβολή τους με την CADMOS-D και το CRITON. Τέλος στην ενότητα 7 δίνονται στοιχεία αξιολόγησης της μεθόδου σχεδίασης και του εργαλείου καθώς και σκέψεις για τη μελλοντική τους βελτίωση και επέκταση.

2 Μεθοδολογίες ανάπτυξης διδακτικών συστημάτων και CADMOS

Υποθετώντας και ελαφρά τροποποιώντας τον ορισμό των μεθοδολογιών ανάπτυξης πληροφοριακών συστημάτων (information systems), μια **μεθοδολογία ανάπτυξης διδακτικών συστημάτων** είναι:

μια συλλογή από διαδικασίες, μεθόδους, εργαλεία και έγγραφα τεκμηρίωσης τα οποία βοηθούν την αναπτυξιακή ομάδα στην προσπάθειά της να κατασκευάσει ένα διδακτικό σύστημα. Η αναπτυξιακή διαδικασία αποτελείται από φάσεις, κι αυτές από δραστηριότητες, στις οποίες εφαρμόζονται συγκεκριμένες μέθοδοι, χρησιμοποιούνται εργαλεία και υπάρχουν κάποια παραδοτέα σύμφωνα με συγκεκριμένα πρότυπα.
[Avison & Fitzgerald 1995]

Μια μεθοδολογία δεν είναι μια απλή συλλογή από στοιχεία. Βασίζεται σε κάποιες “φιλοσοφικές” αρχές οι οποίες τη χαρακτηρίζουν και πολλές φορές τη διαφοροποιούν από άλλες. Οι αρχές αυτές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: α) τις αρχές που σχετίζονται με παιδαγωγικά θέματα, όπως το πόσο “ανοικτά” ή “κλειστά” είναι τα διδακτικά συστήματα, και β) τις αρχές που αφορούν στον τρόπο ανάπτυξης, π.χ. το μοντέλο ανάπτυξης, τους ρόλους των εμπλεκόμενων ειδικών (σχεδιαστών, παιδαγωγών, προγραμματιστών) στην αναπτυξιακή διαδικασία. Τα μοντέλα ανάπτυξης διδακτικών συστημάτων (από το 1940) έχουν εξελιχθεί σε τέσσερις γενιές, με την τέταρτη να έχει εμφανιστεί σχετικά πρόσφατα [Tennyson & Morrison 1997]. Η ανάπτυξη διδακτικών συστημάτων έχει εξελιχθεί από μια διαισθητική διαδικασία σε μια ολοένα και πιο συστηματική διαδικασία, η οποία εσωκλείνει στοιχεία από θεωρίες μάθησης, εκπαιδευτικής τεχνολογίας και τεχνολογίας λογισμικού (software engineering).

Πρωτοπόροι στη συστηματική καταγραφή και χρήση διαδικασιών που απαιτούνταν για την κατασκευή διδακτικών συστημάτων στα πλαίσια προγραμμάτων κατάρτισης των στρατιωτών και των αεροπόρων ήταν ο D. Wolfle (με άρθρα του το 1945) και ο R. Gagné (με άρθρα του το 1947). Αναφέρονταν στα μοντέλα της πρώτης γενιάς, **ISD¹**, που ήταν γραμμικά, και επέβαλαν μια διαδικασία κατασκευής διδακτικών συστημάτων βήμα-βήμα. Τα συστήματα

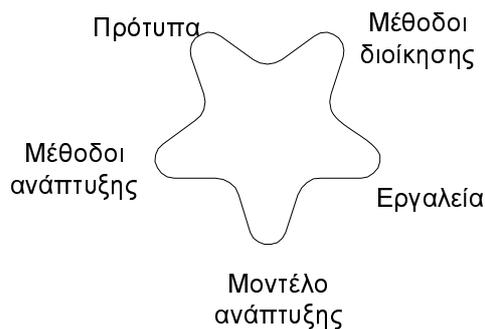
αυτά ήταν μικρής έκτασης και αποσκοπούσαν στο να χρησιμοποιούνται από τους καθηγητές (που ήταν οι κατασκευαστές τους συνήθως) στην τάξη (π.χ. ένα βιβλίο, εργαστηριακές ασκήσεις).

Η δεκαετία του '70 συνέβαλε ουσιαστικά στην εξέλιξη του πεδίου ανάπτυξης διδακτικών συστημάτων. Ανάμεσα στους κύριους λόγους ήταν η μαθησιακή θεωρία του Skinner που τεκμηριώνει πως οι μηχανές, εννοώντας το ραδιόφωνο και την τηλεόραση, μπορούσαν να αντικαταστήσουν τον καθηγητή και να προσφέρουν εκπαίδευση μέσα από ένα σύστημα ανεξάρτητο του καθηγητή. Ως επακόλουθο ήταν η εξέλιξη των μοντέλων ανάπτυξης διδακτικών συστημάτων της πρώτης γενιάς, σε αυτά της δεύτερης γενιάς **ISD²**. Τα μοντέλα αυτά ήταν γραμμικά. Το προϊόν ενός βήματος αποτελούσε δεδομένο εισόδου για το επόμενο. Σε κάθε βήμα μια σειρά από δραστηριότητες με τη χρήση τεχνικών έπρεπε να συμβούν. Στο μοντέλο ανάπτυξης αυτής της γενιάς χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι αξιολόγησης: *ενδιάμεση* και *ολική*.

Η είσοδος των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των πολυμέσων και η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση δημιουργίας μαθησιακού υλικού μεγαλύτερης έκτασης, ώθησαν τους κατασκευαστές στην υιοθέτηση νέων μοντέλων, των μοντέλων της τρίτης γενιάς, **ISD³**. Η τρίτη γενιά μοντέλων ανάπτυξης διδακτικών συστημάτων διαφέρει από την προηγούμενη στο ότι η διαδικασία ανάπτυξης ενός συστήματος χωρίζεται σε φάσεις κι όχι βήματα. Κάθε μια φάση ανάπτυξης αποτελείται από συγκεκριμένες ενέργειες, και απαιτείται η συνέργια πολλών ανθρώπων-ειδικών από διαφορετικούς τομείς ειδίκευσης (σχεδιαστές συστημάτων, παιδαγωγούς, ειδικούς στο γνωστικό αντικείμενο, προγραμματιστές) για να παρασκευαστεί καλής ποιότητας τελικό προϊόν. Επίσης, η διαδικασία ανάπτυξης ακολουθεί την *προσέγγιση επίλυσης προβλημάτων (problem solving approach)*. Εμφανίζεται η ανάγκη ύπαρξης ατόμων που θα παίζουν τον εξειδικευμένο ρόλο του σχεδιαστή διδακτικών συστημάτων (instructional designer). Αυτός πρέπει να έχει γνώσεις από τρία διαφορετικά γνωστικά πεδία: θεωρία της μάθησης (για τη επιλογή των κατάλληλων μέσων, σχεδίαση των δραστηριοτήτων των μαθητών, κ.α.), τεχνολογία ανάπτυξης εκπαιδευτικού λογισμικού (courseware engineering, π.χ. για να αξιολογεί το ρίσκο που υπάρχει στην αναπτυξιακή προσπάθεια, για να χρησιμοποιεί τεχνικές σχεδίασης, για να σχεδιάζει τον τρόπο ελέγχου κι αξιολόγησης του συστήματος), και πληροφορικής (για να γνωρίζει τις δυνατότητες κι αδυναμίες των εργαλείων συγγραφής, και για να κατευθύνει την ομάδα των προγραμματιστών). Το μοντέλο ανάπτυξης της τρίτης γενιάς, **ISD³**, είναι και το πλέον διαδεδομένο σήμερα.

Τα μοντέλα της τέταρτης γενιάς ανάπτυξης διδακτικών συστημάτων, **ISD⁴**, έχουν εμφανιστεί τα τελευταία πέντε χρόνια. Εμφανίστηκαν ως αποτέλεσμα της έρευνας: α) στο πεδίο των θεωριών μάθησης και ιδιαίτερα την κατασκευαστική θεωρία (constructivism), β) στο πεδίο των δυναμικών συστημάτων και στην εκτεταμένη χρήση αντικειμενοστραφών τεχνικών σχεδίασης συστημάτων, και γ) την εμφάνιση εργαλείων CASE που υποστηρίζουν αποτελεσματικά πολλές δραστηριότητες της αναπτυξιακής διαδικασίας. Η βασική διαφορά των μοντέλων τρίτης και τέταρτης γενιάς είναι ότι η αναπτυξιακή διαδικασία είναι δυναμική. Οι φάσεις συσχετίζονται και υπάρχει ανατροφοδότηση από τη μια στην άλλη. Αντίθετα από την **ISD³**, η **ISD⁴** διακυβεύει ότι κάθε διδακτικό πρόβλημα είναι ξεχωριστό και οι φάσεις και δραστηριότητες που πρέπει να γίνουν είναι διαφορετικές ανά περίπτωση. Η διαδικασία ανάπτυξης, δηλαδή, προσαρμόζεται σύμφωνα με το πρόβλημα κάθε φορά. Ο ρόλος πλέον του σχεδιαστή συστήματος είναι πολύ σημαντικός. Είναι αυτός, που μαζί με το διοικητή του έργου ανάπτυξης, συντονίζουν και αποφασίζουν για την όλη πορεία του έργου. Η ομάδα ανάπτυξης πλαισιώνεται από ειδικούς στο γνωστικό αντικείμενο, παιδαγωγούς, προγραμματιστές, ειδικούς στα πολυμέσα και αξιολογητές. Τα συστήματα που αναπτύσσονται με τη χρήση των μοντέλων τέταρτης γενιάς είναι πολύπλοκα, αποτελούνται από διαφορετικούς εκπαιδευτικούς πόρους και κάνουν συχνή χρήση εξειδικευμένης τεχνολογίας (π.χ. video conferencing, learning environments).

Το μοντέλο ανάπτυξης διδακτικών συστημάτων που υποστηρίζει η μεθοδολογία CADMOS, ανήκει στην τρίτη γενιά μοντέλων. Όμως, διαφέρει σε ορισμένα σημεία τα οποία έχει υιοθετήσει από τα μοντέλα της τέταρτης γενιάς. Συνεπώς, το μοντέλο της CADMOS



Σχήμα 2. Το πλαίσιο περιγραφής μια μεθοδολογίας ανάπτυξης.

μπορεί να θεωρηθεί ως εξέλιξη της τρίτης γενιάς ISD³⁺. Οι κύριες διαφορές από την τρίτη γενιά είναι ότι η ανάπτυξη του διδακτικού συστήματος ξεκινά με τη διαδικασία επίλυσης ενός συγκεκριμένου διδακτικού προβλήματος που πηγάζει από ανάγκες κυρίως των εκπαιδευτών και εκπαιδευομένων. Η διαδικασία αυτή μοιάζει με την “αξιολόγηση κατάστασης” της ανάπτυξης διδακτικών συστημάτων τέταρτης γενιάς ISD⁴, όμως έχει διαφορετικό τρόπο αναπαράστασης της επιθυμητής λύσης του διδακτικού προβλήματος. Επίσης, η ανάπτυξη του συστήματος είναι ιδιαίτερα δυναμική, χωρίς βέβαια, να υιοθετείται το μοντέλο της δυναμικής συστημάτων (systems dynamics). Η βασική, όμως, πρωτοτυπία της CADMOS είναι ότι ολιστικά προσπαθεί να καλύψει όλες τις φάσεις ανάπτυξης ενός διδακτικού συστήματος με συγκεκριμένες μεθόδους, εργαλεία και έγγραφα τεκμηρίωσης, σύμφωνα με τις αρχές της τεχνολογίας λογισμικού.

Πιο συγκεκριμένα η μεθοδολογία CADMOS έχει πέντε συστατικά, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2:

1. Δύο μοντέλα ανάπτυξης (development process models). Το πρώτο περιγράφει τις διαδικασίες ανάπτυξης ενός διδακτικού συστήματος μακροσκοπικά και το δεύτερο εστιάζεται στις διαδικασίες ανάπτυξης ενός ΔΕΛ.
2. Εργαλεία CASE (Computer Aided Software Engineering Tools) τα οποία διευκολύνουν τη διαδικασία ανάπτυξης ακολουθώντας τις μεθόδους που υποστηρίζονται από τη μεθοδολογία. Χρησιμοποιούνται σε κάθε φάση ανάπτυξης, και κατατάσσονται σε εργαλεία σχεδίασης, συγγραφής και επεξεργασίας, ψηφιοποίησης πολυμέσων, εργαλεία αξιολόγησης, κ.α.
3. Μέθοδοι διοίκησης που περιγράφουν πώς πρέπει να γίνει ο χρονοπρογραμματισμός του έργου ανάπτυξης, πώς πρέπει να γίνει η κατανομή εργασίας στα διάφορα μέλη της αναπτυξιακής ομάδας εργασίας, πώς και πότε να ελέγχεται ότι η αναπτυξιακή διεργασία ακολουθεί το χρονοδιάγραμμα, κ.λπ. Υιοθετούνται μέθοδοι και τεχνικές από την Τεχνολογία Λογισμικού.
4. Πρότυπα που προσφέρουν λύσεις σε ανακύπτοντα προβλήματα που παρουσιάζονται ξανά και ξανά.
5. Μέθοδοι ανάπτυξης που σχετίζονται με τον τρόπο εκτέλεσης των διαφόρων ενεργειών που προβλέπει η κάθε διαδικασία.

Τα πρωτότυπα στοιχεία της μεθοδολογίας CADMOS είναι ότι:

1. Δίνει έμφαση στην ανάπτυξη ΔΕΛ, ορίζοντας και τα πέντε συστατικά στοιχεία που πρέπει να έχει μια μεθοδολογία, ακολουθώντας πρακτικές της Τεχνολογίας Λογισμικού.
2. Πρεσβεύει ρητά ότι ένα διδακτικό σύστημα που βασίζεται στις νέες τεχνολογίες αποτελείται από τέσσερα διακριτά αλλά συσχετιζόμενα υποσυστήματα τα οποία πρέπει

να αναπτύσσονται με διαφορετικές μεθοδολογίες. Τα υποσυστήματα αυτά είναι: το ανθρώπινο υποσύστημα (*human agents*) που έχει συγκεκριμένους ρόλους στη διδακτική διαδικασία, το υποσύστημα του ΔΕΛ, το υποσύστημα των άλλων πόρων μαθησιακού υλικού, όπου συμπεριλαμβάνονται οι μαθησιακοί πόροι που είναι σε έντυπη, αναλογική και ψηφιακή μορφή, και το υποσύστημα της τεχνολογικής υποδομής που αποτελείται από υλικό (*hardware*) και λογισμικό (*software*) που προσφέρουν εξειδικευμένες υπηρεσίες στη διδακτική διαδικασία (π.χ. σύγχρονη επικοινωνία, αυτόματη διόρθωση ασκήσεων) [Retalis & Skordalakis 2000].

3. Έχει υιοθετήσει από τη Τεχνολογία Λογισμικού και προσαρμόσει για τις ανάγκες της ανάπτυξης ΔΕΛ το εξελικτικό μοντέλο ανάπτυξης [Retalis et al. 1999].
4. Προτείνει τη μέθοδο σχεδίασης CADMOS-D(*esign*), η οποία είναι μια παραλλαγή της μεθόδου αντικειμενοστραφούς σχεδίασης OOHDM (Object Oriented Hypermedia Design Method) [Schwabe & Rossi 1995]. Η πρωτοτυπία της CADMOS-D στηρίζεται στη χρήση ενός εννοιολογικού πλαισίου αντικειμενοστρεφούς σχεδίασης που λειτουργεί ως οδηγός κατασκευής του αρχιτεκτονικού σχεδίου ενός ΔΕΛ. Με αυτό τον τρόπο, ο σχεδιαστής ενός ΔΕΛ έχει ένα τυποποιημένο τρόπο περιγραφής των συστατικών στοιχείων του ΔΕΛ, όπως ιστοσελίδες (είτε πρόσβασης είτε μαθησιακού υλικού), πολυμέσα, ενεργά στοιχεία, κ.α. Η μέθοδος σχεδίασης CADMOS-D χρησιμοποιεί για την τεκμηρίωση του σχεδίου τη γλώσσα μοντελοποίησης σχεδίων Unified Modelling Language (UML) [Fowler & Scott 1997] και προτείνει τη χρήση του CASE εργαλείου CRITON για τη διευκόλυνση της σχεδίασης.
5. Εμπεριέχει τη μέθοδο ολικής αξιολόγησης CADMOS-E(*valuation*) [Makrakis et al. 1998], και χρησιμοποιεί ερωτηματολόγια που διευκολύνουν στην εξαγωγή συμπερασμάτων για την ποιότητα ενός διδακτικού συστήματος. Η μέθοδος βασίζεται σε συγκεκριμένα κριτήρια ποιότητας που έχουν προκύψει από θεωρητικές και εμπειρικές μελέτες, βάσει των οποίων αξιολογείται η μαθησιακή αποτελεσματικότητα ενός διδακτικού συστήματος ως “όλον” και η ολική ποιότητα του ΔΕΛ που εμπεριέχεται σ’ αυτό ως υποσύστημα.

Στην εργασία αυτή δίνεται έμφαση στην παρουσίαση της μεθόδου σχεδίασης CADMOS-D και στην παρουσίαση του εργαλείου CRITON. Περισσότερες πληροφορίες για τη μεθοδολογία CADMOS βρίσκονται στο [Ρετάλης 1998].

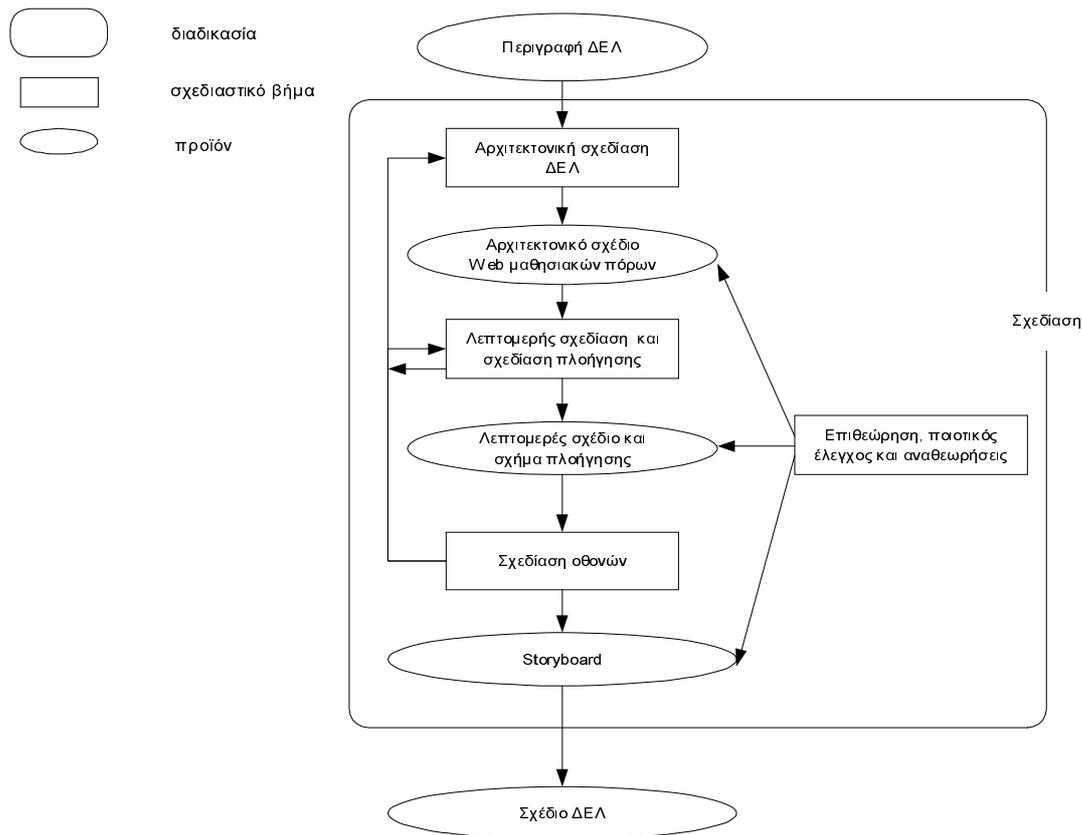
3 Η μέθοδος σχεδίασης CADMOS-D

Σκοπός της διαδικασίας σχεδίασης είναι η κατασκευή σχεδίου του ΔΕΛ που διακρίνεται σε αρχιτεκτονικό και λεπτομερές σχέδιο. Το αρχιτεκτονικό σχέδιο περιλαμβάνει τη δομή και οργάνωση του μαθησιακού υλικού σε ψηφίδες του ΔΕΛ. Το λεπτομερές σχέδιο περιγράφει το περιεχόμενο των ιστοσελίδων των ψηφίδων του ΔΕΛ και περιλαμβάνει λεπτομέρειες για το συγκεκριμένο περιβάλλον υλοποίησης σχετικά με την εσωτερική δομή των ιστοσελίδων, τις διασυνδέσεις μεταξύ τους, τη μορφή των οθονών τους και τη συμπεριφορά τους σε σχέση με εξωτερικούς χρήστες.

Το σχέδιο είναι μια προσέγγιση του τελικού προϊόντος κατ’ εικόνα και ομοίωση και πρέπει να πληροί δύο προϋποθέσεις για να είναι χρήσιμο:

1. Να απεικονίζει τη μορφή και τη δομή που θα έχει το ΔΕΛ και οι ψηφίδες του χωριστά, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως οδηγός για την κατασκευή κάθε ψηφίδας στο συγκεκριμένο περιβάλλον υλοποίησης
2. Να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο για τον έλεγχο της λειτουργικότητας του ΔΕΛ.

Η μέθοδος σχεδίασης CADMOS-D, που αποτελεί μέρος της μεθοδολογίας CADMOS, είναι μια τροποποιημένη έκδοση της OOHDM [Schwabe 1995], κατάλληλα προσαρμοσμένη



Σχήμα 3. Βήματα της διαδικασίας σχεδίασης ΔΕΛ σύμφωνα με τη CADMOS-D.

για σχεδίαση ΔΕΛ. Η CADMOS-D ακολουθεί την τυπολογία και τη σημειολογία σχεδίασης με χρήση της γλώσσας UML για την περιγραφή του σχεδίου.

Τα βήματα της CADMOS-D, παρουσιάζονται εποπτικά στο Σχήμα 3, και είναι τα εξής τρία:

1. Αρχιτεκτονική σχεδίαση
2. Λεπτομερής Σχεδίαση και σχεδίαση πλοήγησης (navigational schema)
3. Σχεδίαση οθονών

Η σειρά εκτέλεσης των βημάτων δεν είναι κατ' ανάγκη ακολουθιακή. Η σχεδίαση είναι αναδρομική και πολλές φορές απαιτείται οπισθοδρόμηση σε προηγούμενα βήματα για να γίνουν αλλαγές ή τροποποιήσεις στα προϊόντα κάθε βήματος. Τα παραδοτέα κάθε φάσης επιθεωρούνται, ελέγχονται, και αναθεωρούνται εφόσον κριθεί απαραίτητο.

3.1 Τα σχεδιαστικά βήματα της CADMOS-D

Το δεδομένο εισόδου στη φάση της σχεδίασης είναι η περιγραφή του ΔΕΛ, που έχει δημιουργηθεί στο πρώτο στάδιο της κατασκευαστικής διαδικασίας του διδακτικού συστήματος. Στην περιγραφή αυτή έχουν προσδιοριστεί οι ψηφίδες που αποτελούν το ΔΕΛ. Έχουν επίσης δοθεί λεπτομέρειες σχετικά με τη διδακτέα ύλη που θα εμπεριέχουν, τους μαθησιακούς στόχους, το είδος τους ανάλογα με το τι διάδραση επιτρέπουν (παρουσιαστικοί, ενεργοί, επικοινωνιακοί), καθώς και τις συσχετίσεις μεταξύ τους.

Αρχιτεκτονική σχεδίαση. Στο πρώτο βήμα της σχεδίασης του ΔΕΛ, η περιγραφή του μετατρέπεται σε ένα αρχιτεκτονικό σχέδιο σύμφωνα με ένα εννοιολογικό πλαίσιο

αντικειμενοστρεφούς σχεδίασης. Το εννοιολογικό αυτό πλαίσιο αποτελείται από πακέτα κλάσεων (packages), κλάσεις (classes), και σχέσεις (relationships) που περιγράφουν αναλυτικά τη δομή του ΔΕΛ. Η χρήση ενός τέτοιου πλαισίου είναι το βασικό πρωτότυπο στοιχείο της μεθόδου σχεδίασης κι αυτό που ουσιαστικά τη διαφοροποιεί από την ΟΟΗΔΜ [Retalis et al. 1999].

Ο σχεδιαστής καλείται να σχεδιάσει το ΔΕΛ σύμφωνα με το πλαίσιο αυτό που δρα ως καθοδηγητής του, κι όχι να κατασκευάσει αυθαίρετα ένα αντικειμενοστρεφές σχέδιο των ψηφίδων του ΔΕΛ. Το μοντέλο βασίζεται στις αρχές σχεδίασης με βάση τις ιστοσελίδες (page metaphor) και στην αρχή της κατηγοριοποίησης των ψηφίδων του ΔΕΛ ανάλογα με τον τρόπο διάδρασης του χρήστη. Κάθε ψηφίδα, δηλαδή, αποτελείται από ιστοσελίδες (web pages) και κάθε μια από αυτές αποτελείται από διακριτά στοιχεία: πολυμέσα, συνδέσμους, ενεργά στοιχεία (π.χ. scripts) και τον κώδικα σε κάποια γλώσσα περιγραφής (π.χ. HTML).

Το εννοιολογικό πλαίσιο υποστηρίζει τα εξής:

1. Το ΔΕΛ αποτελείται από δύο είδη ψηφίδων. Οι ψηφίδες χωρίζονται στις διδασκτικές ψηφίδες (instructional resources) που εμπεριέχουν τις παρουσιαστικές ψηφίδες και τις ενεργές ψηφίδες, και στις επικοινωνιακές ψηφίδες (communication resources). Οι παρουσιαστικές ψηφίδες είναι υπερμεσικά έγγραφα στα οποία ο χρήστης πλοηγείται ακολουθώντας συνδέσμους. Αντίθετα οι ενεργές ψηφίδες περιέχουν ενεργά αντικείμενα (active elements) όπου η διάδραση χρήστη με το υπερμεσικό έγγραφο είναι πιο πλούσια σε γεγονότα (events). Ο χρήστης εισάγει δεδομένα τα οποία επεξεργάζονται από τον Η/Υ και επιστρέφεται το αποτέλεσμα σε υπερμεσική μορφή. Έτσι μια παρουσιαστική ψηφίδα είναι π.χ. η περιγραφή ενός μαθήματος, που έχει συνδέσμους στο πρώτο κεφάλαιο ενός ηλεκτρονικού βιβλίου ή στη βιβλιογραφία. Αντίθετα οι ασκήσεις αυτοαξιολόγησης που δίνονται με τη μορφή φόρμας είναι ενεργές ψηφίδες. Στη γενικότερη περίπτωση μια διδακτική ψηφίδα μπορεί να έχει από 0 ως n ενεργά αντικείμενα. Το ΔΕΛ (webware) μπορεί να έχει τουλάχιστον μια διδακτική ψηφίδα, η οποία έχει κάποιο προκαθορισμένο μαθησιακό στόχο, και καμία ή πολλές επικοινωνιακές ψηφίδες. Επισημαίνεται ότι επικοινωνιακές ψηφίδες είναι οι ψηφίδες ΔΕΛ που θα κατασκευαστούν ειδικά για να παρέχουν υλικό προς επικοινωνία.
2. Κάθε ψηφίδα ΔΕΛ αποτελείται από *ιστοσελίδες (Web pages)*, οι οποίες μπορεί να περιέχουν: πολυμέσα (multimedia elements, ήχος, κείμενο, εικόνες, animation, video), ενεργά στοιχεία (active elements, όπως Javascripts), κώδικα σε κάποια Markup Language (π.χ. HTML, ή VRML), και συνδέσμους πλοήγησης (links, όπως μπροστά, πίσω, πίσω στην κεντρική σελίδα). Οι σύνδεσμοι αυτοί είναι ανεξάρτητοι από το μαθησιακό υλικό που θα εμπεριέχεται σε κάθε σελίδα των ψηφίδων. Για κάθε ένα σύνδεσμο ορίζεται το όνομά του και η ιστοσελίδα στην οποία ο χρήστης μπορεί να μεταβεί ακολουθώντας τον.
3. Οι ιστοσελίδες των διδασκτικών ψηφίδων είναι τριών τύπων:
 - *Ιστοσελίδες πρόσβασης (Access pages)*, που το περιεχόμενο σε μαθησιακό υλικό είναι περιορισμένο ή ανύπαρκτο και χρησιμοποιούνται για λόγους πλοήγησης και πρόσβασης σε σελίδες με μαθησιακό υλικό. Από μία ιστοσελίδα πρόσβασης ο χρήστης μπορεί να μεταβεί σε ιστοσελίδες υλικού ή σε ιστοσελίδες ερωτηματολογίου ή σε άλλη ιστοσελίδα πρόσβασης (π.χ. από τα περιεχόμενα ενός διδακτικού βιβλίου μεταβαίνει μέσω ενός συνδέσμου στην κεντρική σελίδα του μαθήματος, που είναι μια σελίδα πρόσβασης σε άλλες ψηφίδες του ΔΕΛ)
 - *Ιστοσελίδες υλικού (Content page)* που περιέχουν μαθησιακό υλικό
 - *Ιστοσελίδες ερωτηματολογίων* (ανοικτών ή κλειστών), που έχουν ιδιαίτερη δομή και λειτουργικότητα στο ΔΕΛ.
4. Οι επικοινωνιακές ψηφίδες χωρίζονται σε σύγχρονης και ασύγχρονης επικοινωνίας. Για κάθε ένα είδος επικοινωνίας πρέπει να προσδιοριστούν οι ιστοσελίδες που θα δημιουργηθούν για την ενεργοποίηση της επικοινωνίας (π.χ. θέματα συζήτησης σε ηλεκτρονικό σεμινάριο), ή που μπορεί να δημιουργηθούν στην πορεία της διδακτικής

διαδικασίας (on the fly). Επίσης, πρέπει να προσδιοριστούν συγκεκριμένα στοιχεία που αφορούν τον τρόπο επικοινωνίας, όπως: α) το επικοινωνιακό σύστημα (communication system) που είναι ένα σύστημα λογισμικού το οποίο διαφέρει από υλοποίηση σε υλοποίηση, και β) λεπτομέρειες για το επικοινωνιακό γεγονός (communication event) της επικοινωνίας, που είναι υπεύθυνο για την καταγραφή κι ενημέρωση στοιχείων διαδραμάτισης της επικοινωνίας (πότε, πώς, με ποιους, κ.α.). Το επικοινωνιακό σύστημα (το οποίο συνοδεύεται από το μηχανισμό υλοποίησης του επικοινωνιακού γεγονότος) εξαρτάται από το περιβάλλον χρήσης του ΔΕΛ και από την τεχνολογική υποδομή όλου του διδακτικού συστήματος. Είτε αγοράζεται έτοιμο και τροποποιείται κατάλληλα (π.χ. το σύστημα HyperNews για ασύγχρονη επικοινωνία ή κάποιο εργαλείο τηλε-διάσκεψης, όπως το CUSEEME), είτε παρέχεται από κάποιο ολοκληρωμένο μαθησιακό περιβάλλον (όπως το WebCT ή το Lotus Notes, κλπ). Ανάλογα με το είδος επικοινωνίας που χρησιμοποιείται (σύγχρονη και ασύγχρονη) διαφέρουν και τα χαρακτηριστικά του επικοινωνιακού συστήματος. Έτσι έχουμε τρία βασικά είδη τέτοιων συστημάτων: συστήματα σύγχρονης επικοινωνίας, συστήματα δενδρικής ασύγχρονης επικοινωνίας και συστήματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

5. Οι ιστοσελίδες των ερωτηματολογίων χωρίζονται σε ανοικτού τύπου (open questionnaires) και κλειστού τύπου (closed questionnaires). Τα τελευταία χρησιμοποιούνται ως ασκήσεις αυτο-αξιολόγησης. Για τα ερωτηματολόγια κλειστού τύπου (π.χ. πολλαπλής επιλογής, σύζευξης λέξεων, κ.α.) υπάρχει μια ερώτηση και πολλές πιθανές απαντήσεις, εκ των οποίων μια είναι η σωστή. Έτσι, σε αυτού του τύπου τα ερωτηματολόγια προσδιορίζονται αρχικά οι ερωτήσεις (που περιγράφονται ως μια σελίδα υλικού-content page), κι έπειτα για κάθε μια από αυτές οι πιθανές απαντήσεις και σημειώνεται η μόνη σωστή. Με αυτό τον τρόπο το σύστημα διεξαγωγής αξιολόγησης έχει δεδομένα για να επεξεργαστεί τις απαντήσεις των εκπαιδευόμενων. Το περιεχόμενο των ασκήσεων ανοιχτού τύπου είναι, επίσης, ιστοσελίδες υλικού (content pages).
6. Το σύστημα διεξαγωγής αξιολόγησης καθορίζει τον τρόπο εξέτασης και της αξιολόγησης των εκπαιδευόμενων. Αρχικά για κάθε τύπο ερωτηματολογίων προσδιορίζονται (όχι υποχρεωτικά) τα χαρακτηριστικά της διάρκειας και της ημερομηνίας εξέτασης ή καταληκτικής παράδοσης εργασίας. Επίσης, ορίζεται η μέθοδος αξιολόγησης (π.χ. αρνητική βαθμολόγηση στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής ή ειδικά βάρη σε ορισμένες ερωτήσεις). Η μέθοδος της αξιολόγησης πιθανά θα προσδιορίζει το τι πρέπει να κάνει ο εκπαιδευόμενος μετά την εξέταση, π.χ. να προχωρήσει σε επόμενη άσκηση, να επιστρέψει στη μελέτη κάποιων θεμάτων, κλπ. Μπορεί η μέθοδος αυτή να ενσωματώσει ένα μοντέλο του μαθητή (student model). Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν πολλά έτοιμα συστήματα αυτόματης αυτο-αξιολόγησης με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, τα οποία είτε είναι ενσωματωμένα σε ένα ολοκληρωμένο μαθησιακό περιβάλλον, π.χ. WebCT είτε είναι εντελώς αυτόνομα και με κατάλληλη τροποποίηση μπορούν να προσαρμοστούν στις ανάγκες του ΔΕΛ.
7. Κάθε ιστοσελίδα περιέχει, όπως προαναφέρθηκε: πολυμέσα (multimedia elements), ενεργά στοιχεία (active elements, όπως Javascripts), κώδικα σε κάποια markup language (π.χ. HTML), και συνδέσμους πλοήγησης (links). Για κάθε είδος μέσου αναπαράστασης πληροφορίας (multimedia element), πρέπει να προσδιορίζονται κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (συγγραφέας, μέγεθος, περιγραφή του περιεχομένου), τα οποία βοηθούν στην επαναχρησιμοποίησή τους. Επίσης, κάθε ένα από αυτά μπορεί να περιέχει ενσωματωμένους συνδέσμους που εξαρτώνται από το περιεχόμενο του αντικειμένου κι όχι από το γενικό σχήμα πλοήγησης. Επίσης για κάθε μέσο αναπαράστασης πληροφορίας (συνήθως όχι για κείμενο) πρέπει να υπάρχει ή να κατασκευαστεί ένα σύστημα λογισμικού το οποίο είναι υπεύθυνο για την παρουσίασή του. Για παράδειγμα, για το video χρειάζεται το Quick movie ή για τον ήχο το Real Audio κλπ. Συνήθως δεν είναι στην αρμοδιότητα του σχεδιαστή να το σχεδιάσει με λεπτομέρεια αλλά πρέπει όμως να το προδιαγράψει με ακρίβεια.

8. Τέλος, για τα ενεργά αντικείμενα (active elements) που περιέχονται σε μια ιστοσελίδα, ο σχεδιαστής πρέπει να χρησιμοποιήσει το μοντέλο αντικειμένων της γλώσσας στην οποία θα το υλοποιήσει. Για παράδειγμα αν είναι ένα Java applet, τότε πρέπει να χρησιμοποιήσει το μοντέλο αντικειμένων της Java. Αντίθετα αν πρόκειται να χρησιμοποιήσει κάποιο έτοιμο script ή active-X control τότε απλά πρέπει να το ονοματίσει και να περιγράψει τη λειτουργικότητά του.

Είναι προφανές ότι ένα ΔΕΛ μπορεί να μην περιέχει όλα τα είδη των ψηφίδων που περιγράφηκαν στο πλαίσιο αντικειμενοστραφούς σχεδίασης αλλά ούτε κι όλα τα συστατικά των ιστοσελίδων. Παρόλα' αυτά το πλαίσιο κατασκευάστηκε για να συμπεριλάβει όλα τα πιθανά συστατικά στοιχεία που αποτελούν ένα ΔΕΛ. Γι' αυτό αποτελεί ένα οδηγό για την αρχιτεκτονική σχεδίαση του ΔΕΛ. Αυτό που έχει να κάνει ο σχεδιαστής, επομένως, είναι να "κρεμάσει" αντικείμενα στις αφηρημένες κλάσεις και να τα προσδιορίσει επακριβώς. Έτσι δημιουργείται το μοντέλο αντικειμένων για το υπό κατασκευή ΔΕΛ το οποίο αποτελεί τη μικροσκοπική οπτική του τελικού προϊόντος.

3.2 Ένα παράδειγμα σχεδίασης

Έστω για παράδειγμα ότι έχει αποφασιστεί να κατασκευαστεί ένα διδακτικό σύστημα για τη διδασκαλία του γνωστικού αντικείμενου "Εισαγωγή στη γλώσσα XML". Το διδακτικό αυτό σύστημα θα περιέχει αντίστοιχο μαθησιακό υλικό σε μορφή ΔΕΛ. Στην περιγραφή του, αναφέρθηκε ότι το ΔΕΛ θα αποτελείται από τις εξής ψηφίδες:

- Γνωσιολογικές: βιβλίο το οποίο αποτελείται από θεωρία για τη γλώσσα με αναλυτικά παραδείγματα, χωρισμένα σε ενότητες, γλωσσάρι, μια μελέτη περίπτωσης για τη γλώσσα XML και ερωτήσεις που διατυπώνονται συχνά (frequently asked questions — FAQ).
- Δεξιότητες: ασκήσεις αυτοαξιολόγησης, όπου ο χρήστης, είτε θα δίνει απαντήσεις σε θέματα πολλαπλής επιλογής, είτε θα γράφει κώδικα στη συγκεκριμένη γλώσσα. Και στις δύο περιπτώσεις το σύστημα θα αποκρίνεται για την ορθότητα των απαντήσεών του.
- Επικοινωνιακές: ανοικτές ερωτήσεις με τις οποίες οι χρήστες θα προσκαλούνται να συμμετέχουν σε διάλογο μέσω του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail), των ασύγχρονων συνεδριών, και με το εργαλείο σύγχρονης συνομιλίας (on-line chat) και τέλος βιβλίο επισκεπτών (guest book).
- Πληροφοριακές: περιγραφή των στόχων του μαθήματος, οδηγός μελέτης, προσωπικές σελίδες χρηστών και στατιστικά στοιχεία χρήσης.
- Εργαλεία: Ερωτηματολόγιο αξιολόγησης του ΔΕΛ και μηχανή αναζήτησης.

Ο διαχωρισμός των ψηφίδων έγινε βάσει των μαθησιακών στόχων κάθε μιας από αυτές. Ο σχεδιαστής έχοντας την περιγραφή αυτή, καθώς και τα άλλα στοιχεία που αφορούν τη διδακτέα ύλη, και το πόσο διαδραστικές θα είναι οι ψηφίδες, αποφασίζει να σχεδιάσει το ΔΕΛ ακολουθώντας τις οδηγίες του εννοιολογικού πλαισίου που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Καταρχήν χωρίζει το ΔΕΛ σε δύο είδη ψηφίδων:

- Τις διδακτικές, που περιέχουν τις ακόλουθες ψηφίδες: τις ενότητες θεωρίας, τα παραδείγματα, τις ασκήσεις, τις ερωτήσεις FAQ, την αναζήτηση, το γλωσσάρι, την περιγραφή στόχων και τον οδηγό μελέτης και τέλος τις ψηφίδες πρόσβασης σε όλα τα παραπάνω.
- Τις επικοινωνιακές, που αποτελούνται από τα θέματα για συζήτηση, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, τη σύγχρονη συζήτηση και το βιβλίο επισκεπτών

Στη συνέχεια αναλύει κάθε μια από τις ψηφίδες στα συστατικά τους. Για παράδειγμα, για τις ενότητες θεωρίας αποφασίζει ότι θα υπάρχει μια ιστοσελίδα πρόσβασης σε αυτές που θα μοιάζει με ένα κατάλογο (menu) ή πίνακα περιεχομένων. Η ιστοσελίδα αυτή θα συνδέεται με τις ενότητες. Στο σημείο αυτό προσδιορίζεται ο αριθμός των ενοτήτων.

Η ιστοσελίδα κάθε ενότητας θα αποτελείται, με τη σειρά της, από τρία διαφορετικά πλαίσια (frames). Το πρώτο θα περιέχει το ίδιο το υλικό της θεωρίας, το δεύτερο θα περιέχει τον πίνακα περιεχομένων και το τρίτο ένα σύνολο από συνδέσμους και εργαλεία. Οι παραπάνω σύνδεσμοι θα οδηγούν στην επόμενη ενότητα, στην προηγούμενη, στον πίνακα περιεχομένων και στην αρχική σελίδα του ΔΕΛ. Τα εργαλεία θα ανοίγουν άλλους πόρους του ΔΕΛ, όπως το γλωσσάρι, τη μηχανή αναζήτησης και τα εργαλεία σύγχρονης και ασύγχρονης επικοινωνίας. Τέλος οι ιστοσελίδες κάθε ενότητας εκτός από το κείμενο της θεωρίας θα περιέχουν και εικόνες οι οποίες θα συμπληρώνουν το μαθησιακό υλικό.

Ο σχεδιαστής συνεχίζει και προσδιορίζει τη μορφή όλων των ψηφίδων σχεδιάζοντας τα βασικά τους δομικά στοιχεία (πολυμέσα, συνδέσμοι, ενεργά στοιχεία). Ενεργά στοιχεία θα έχουν οι ασκήσεις αξιολόγησης, όπου ο χρήστης θα εισάγει στοιχεία τα οποία θα επεξεργαστούν από τον υπολογιστή. Φυσικά, ο σχεδιαστής λαμβάνει υπόψη του ότι θα υπάρχει μια κεντρική σελίδα του ΔΕΛ, όπου θα περιέχεται κάποιο εισαγωγικό κείμενο ή ήχος ή video, το λογότυπο του μαθήματος και σύνδεσμοι στις ψηφίδες που αποτελούν το ΔΕΛ.

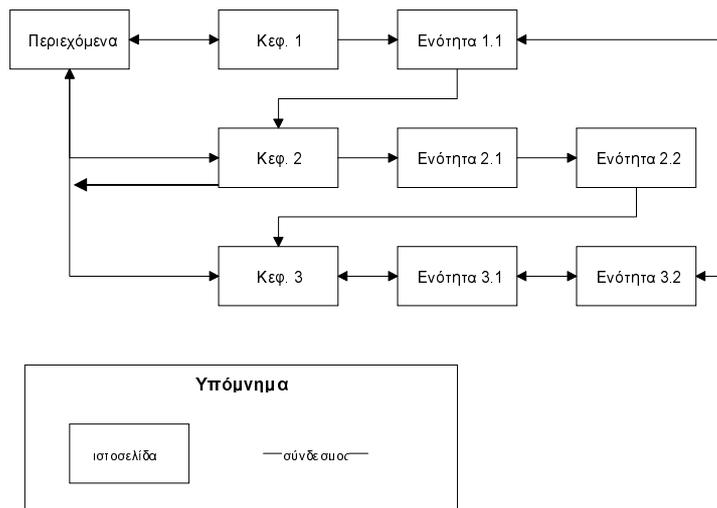
Λεπτομέρειες για τον τρόπο αναπαράστασης του αρχιτεκτονικού σχεδίου με τη χρήση του εργαλείου σχεδίασης CRITON δίνονται στην επόμενη ενότητα. Στη συνέχεια, ο σχεδιαστής προχωρά σε πιο λεπτομερή σχεδίαση που αφορούν τη μορφή των ιστοσελίδων και την πλοήγηση.

Λεπτομερής σχεδίαση και σχεδίαση πλοήγησης. Με δεδομένο το αρχιτεκτονικό σχέδιο του ΔΕΛ, στο δεύτερο σχεδιαστικό βήμα προσδιορίζονται: α) το περιεχόμενο κάθε ιστοσελίδας των ψηφίδων του ΔΕΛ, β) οι λεπτομέρειες σχετικά με το κείμενο κάθε ιστοσελίδας και τα πολυμέσα αυτής, οι σύνδεσμοι που εξαρτώνται μόνο από το περιεχόμενο της μαθησιακής ύλης, και περιγράφεται με λεπτομέρεια πως ο χρήστης θα προσπελαύνει το μαθησιακό υλικό που εμπεριέχεται στις ψηφίδες αυτές. Κατασκευάζονται, επίσης, διαγράμματα που απεικονίζουν τον τρόπο πλοήγησης ανάμεσα στις ιστοσελίδες του ΔΕΛ.

Πιο συγκεκριμένα, στο βήμα της λεπτομερούς σχεδίασης του ΔΕΛ και της σχεδίασης του σχήματος πλοήγησης εκτελούνται δύο ενέργειες:

1. Προσδιορίζεται με ακρίβεια το περιεχόμενο του μαθησιακού υλικού των ιστοσελίδων του ΔΕΛ (που έχουν σχεδιαστεί στο προηγούμενο βήμα), τα πολυμέσα που θα περιέχονται σε κάθε μια από αυτές, το ύφος παρουσίασης του μαθησιακού υλικού (με χιούμορ ή τυπικό), οι ενσωματωμένοι σύνδεσμοι των πολυμεσικών αντικειμένων που εξαρτώνται από το μαθησιακό υλικό, κλπ. Στην ουσία, με την ενέργεια αυτή του δεύτερου σχεδιαστικού βήματος συμπληρώνονται λεπτομέρειες των ιστοσελίδων του ΔΕΛ και συγκεκριμενοποιούνται οι οντότητες των ιστοσελίδων (π.χ. οι εικόνες που θα περιέχονται στις ενότητες ενός διδακτικού βιβλίου). Δεν υπάρχει τυποποιημένος τρόπος κατασκευής του λεπτομερούς σχεδίου. Αυτό που συμβαίνει στην πράξη είναι ότι από κοινού ο σχεδιαστής και οι ειδικοί στο γνωστικό αντικείμενο βγάζουν προδιαγραφές για τις οντότητες κάθε ιστοσελίδας, δηλαδή έκταση κειμένου, ύφος, είδος γραμματοσειρών, αριθμός εικόνων και περιγραφή αυτών, κοκ, ώστε οι ειδικοί στο γνωστικό αντικείμενο να προχωρήσουν στη κατασκευή αυτών (π.χ. γράψιμο κειμένων, παροχή εικόνων, αρχείων ήχου, κλπ.). Ο σχεδιαστής έχει υπόψη του συγκεκριμένες οδηγίες καλής πρακτικής για τη σχεδίαση των οντοτήτων, με πιο γνωστές αυτές που περιγράφονται στα [Nielsen 1998].
2. Κατασκευάζονται διαγράμματα πλοήγησης για το ΔΕΛ, σαν αυτό του Σχήματος 4, τα οποία συγκεκριμενοποιούν το σχήμα πλοήγησης του χρήστη στο ΔΕΛ. Η μέθοδος σχεδίασης είναι χρήσιμη για να ελεγχθεί η υλοποίηση όλων των συνδέσμων στο ΔΕΛ, αλλά κυρίως για τη διευκόλυνση του έργου της συντήρησης του ΔΕΛ. Είναι γνωστό ότι ένα από τα κύρια προβλήματα στις υπερμεσικές εφαρμογές είναι η συντήρηση των συνδέσμων. Με τη μέθοδο αυτή εάν ένας σύνδεσμος χαθεί, τότε εύκολα ενημερώνονται οι συνδεδεμένες με αυτόν ιστοσελίδες. Αποφεύγονται, έτσι, οι “κρεμασμένοι σύνδεσμοι”.

Το διάγραμμα πλοήγησης του Σχήματος 4 απεικονίζει ένα τύπο πλοήγησης που ονομάζεται “καταλογοποιημένος κατευθυνόμενος γύρος (indexed guided tour)”. Μια κεντρική ιστοσελίδα περιέχει συνδέσμους σε κύριες ιστοσελίδες. Συνήθως επιτρέπεται η επιστροφή σε



Σχήμα 4. Διάγραμμα όπου απεικονίζεται ο τρόπος πλοήγησης.

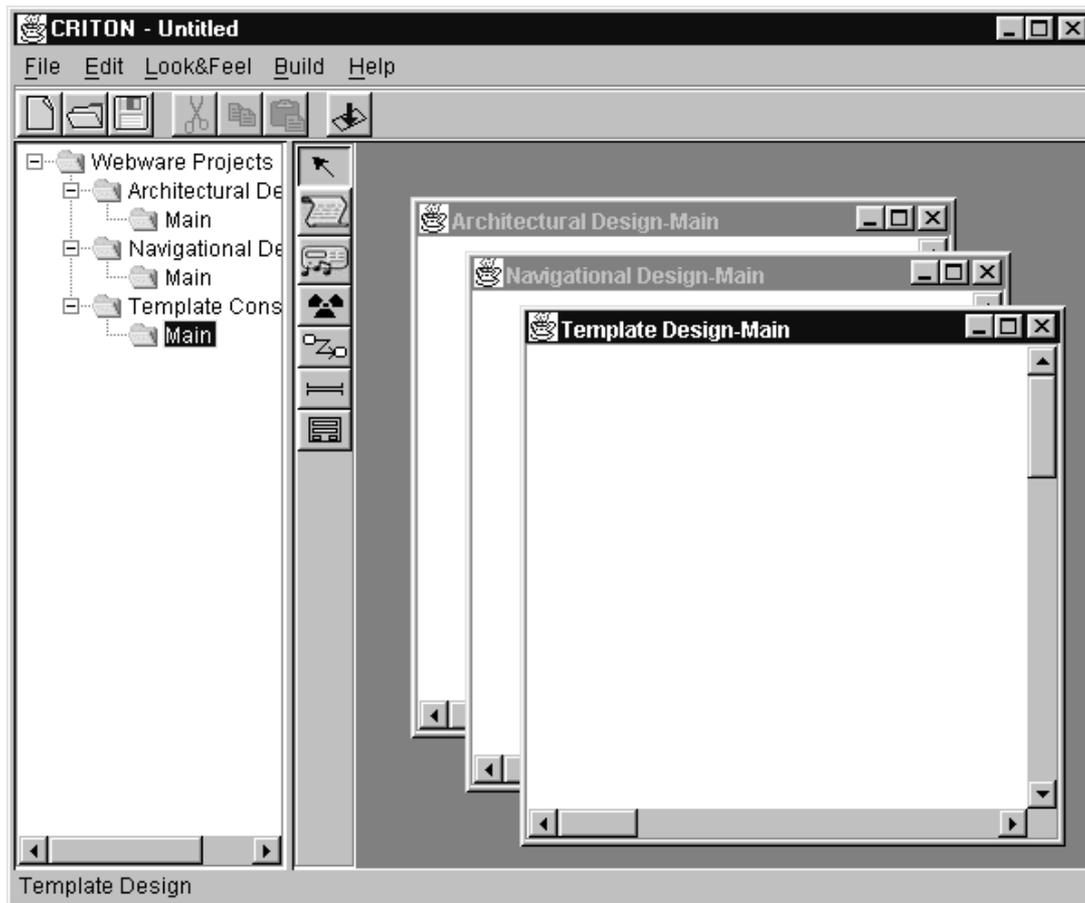
αυτή (back to main). Ο χρήστης μπορεί, επίσης, να ακολουθήσει ένα μονοπάτι από ιστοσελίδες. Η πλοήγηση στο μονοπάτι γίνεται με συνδέσμους “επόμενο” ή “προηγούμενο”. Στην περίπτωση που υπάρχουν ενσωματωμένοι σύνδεσμοι, όπως μεταξύ ενότητας 1.1 και ενότητας 3.2, τότε η μετάβαση γίνεται ακολουθώντας το σύνδεσμο και η επιστροφή επιτυγχάνεται με τη μέθοδο “retrace”. Η μέθοδος αυτή υλοποιεί το “back” των browsers.

Για τη σχεδίαση της πλοήγησης ενός ΔΕΛ, η μεθοδολογία CADMOS προτείνει να ακολουθηθούν, όπως και για τη λεπτομερή σχεδίαση, οι οδηγίες καλής πρακτικής που αναφέρονται στα [www.goooddocuments.com]. Οι οδηγίες αυτές τονίζουν τη σημασία της αποφυγής δόμησης κειμένων σε ενότητες / παραγράφους σε μεγάλο βάθος, της κατάλληλης επιλογής του όγκου του μαθησιακού υλικού που πρέπει να εμφανίζεται σε κάθε ιστοσελίδα, του αριθμού των συνδέσμων που πρέπει να ενσωματώνονται σε κάθε ιστοσελίδα, των ειδών πλοήγησης που επιτρέπονται, κ.α.

Σχεδίαση οθονών. Σκοπός αυτού του βήματος είναι η σχεδίαση των οθονών των ιστοσελίδων του ΔΕΛ. Η σχεδίαση αυτών περιλαμβάνει σχεδιαστικές αποφάσεις για την τοποθέτηση των διάφορων πολυμέσων στις οθόνες καθώς κι άλλων στοιχείων όπως το φόντο των οθονών, κ.α.

Το αποτέλεσμα αυτού του βήματος είναι μια σειρά καρτών, όπου κάθε κάρτα είναι ένα προσχέδιο οθόνης για συγκεκριμένες, τις πιο χαρακτηριστικές ιστοσελίδες του ΔΕΛ. Η αλληλουχία καρτών επιδεικνύει την πλήρη δομή και λειτουργικότητα του ΔΕΛ.

Για τη σχεδίαση της διαπροσωπείας χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές που εξαρτώνται από το περιβάλλον υλοποίησης του ΔΕΛ. Η πιο συνηθισμένη τεχνική, η οποία έχει υιοθετηθεί από τη μεθοδολογία CADMOS, είναι η χρήση των μητρών (templates) οθονών. Μοιάζουν με τις σχεδιαστικές κάρτες που χρησιμοποιούνται από το Toolbook. Συνεπώς, αυτό που μένει στο σχεδιαστή είναι να σχεδιάσει τις μήτρες χαρακτηριστικών οθονών. Ενώ όσο αφορά στις διαπροσωπείες των ενεργών αντικειμένων που περιέχονται στις ιστοσελίδες, τότε η γλώσσα ανάπτυξης θέτει συγκεκριμένους περιορισμούς ως προς τις τεχνικές σχεδίασης των διαπροσωπειών τους, με τις οποίες πρέπει να συμμορφωθεί ο σχεδιαστής. Τόσο οι μήτρες οθονών, όσο και οι περιγραφές των διαπροσωπειών των ενεργών στοιχείων αποτελούν τη **σκηνοθεσία (storyboard)** του ΔΕΛ. Η σκηνοθεσία αποτελείται επομένως από μήτρες οθονών και σχηματική περιγραφή διαπροσωπειών των ενεργών αντικειμένων που περιγράφουν τη λειτουργικότητα του ΔΕΛ. Η σκηνοθεσία είναι πολύ βασικό προϊόν της διαδικασίας σχεδίασης γιατί ο σχεδιαστής και ο πελάτης του ΔΕΛ μπορούν να έχουν ένα ομοίωμα του ΔΕΛ στο χαρτί και να αποφασίσουν εάν αυτό ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές του.



Σχήμα 5. Η αρχική οθόνη του εργαλείου CRITON.

Για την υποστήριξη και μερική αυτοματοποίηση της παραγωγής σχεδίου ΔΕΛ σύμφωνα με τη μέθοδο σχεδίασης CADMOS-D κατασκευάστηκε το εργαλείο CRITON.

4 Το εργαλείο CRITON

Το εργαλείο CRITON [Αυγερίου 1999] έχει υλοποιηθεί με τη γλώσσα προγραμματισμού Java και προσφέρει ανεξαρτησία πλατφόρμας και λειτουργικού συστήματος για την εκτέλεσή του. Χρησιμοποιεί ένα γραφικό περιβάλλον που ακολουθεί τις αρχές της σύγχρονης σχεδίασης της Γραφικής Διαπροσωπείας Χρήστη (Graphical User Interface). Προκειμένου να είναι εφικτή η παράλληλη χρήση των λειτουργιών του εργαλείου, ώστε τα τρία σχεδιαστικά βήματα της CADMOS-D να μπορούν να εναλλάσσονται επί τόπου, υιοθετήθηκε το μοντέλο της Διαπροσωπείας Πολλαπλών Εγγράφων (Multiple Document Interface). Το τελευταίο υλοποιείται με τη χρήση πολλαπλών εσωτερικών παραθύρων, καθένα από τα οποία αντιστοιχεί σε ξεχωριστή διαδικασία, δηλαδή σε ξεχωριστό σχέδιο. Χρησιμοποιήθηκαν πολλά νέα στοιχεία της Java, όπως το API του Swing για την σχεδίαση του GUI και το API 2D Graphics για την σχεδίαση των γραφικών [<http://java.sun.com/>]. Αυτό επιτεύχθηκε χωρίς να επηρεαστεί η επεκτασιμότητα του εργαλείου και η ανεξαρτησία του από την πλατφόρμα εκτέλεσης.

Το εργαλείο CRITON, μια αρχική οθόνη του οποίου φαίνεται στο Σχήμα 5, ακολουθεί τη φιλοσοφία σχεδίασης που συναντάται συχνά σε τέτοιου είδους περιβάλλοντα. Ξεκινώντας από το πάνω μέρος του παράθυρου διακρίνουμε το κεντρικό μενού (main menu) και την εργαλειοθήκη του κεντρικού μενού (menu bar). Στο μεσαίο τμήμα διακρίνουμε από τα

αριστερά προς τα δεξιά, το δέντρο σχεδίασης του ΔΕΛ, την εργαλειοθήκη της σχεδίασης και το χώρο σχεδίασης με τα παράθυρα σχεδίασης. Τέλος στο κάτω μέρος υπάρχει το πεδίο με τις βοηθητικές πληροφορίες.

Στο **κεντρικό μενού** περιέχονται:

- *Λειτουργίες Αρχείου (File)*, δηλαδή Δημιουργία (New), Άνοιγμα (Open), Αποθήκευση (Save), Αποθήκευση ως (Save as), και Έξοδος (Exit).
- *Λειτουργίες Επεξεργασίας (Edit)*, δηλαδή Αποκοπή (Cut), Αντιγραφή (Copy), Επικόλληση (Paste), Διαγραφή (Delete).
- *Λειτουργία Όψης και Αίσθησης (Look And Feel)*, που αλλάζει την γενική εμφάνιση της εφαρμογής σύμφωνα με τις δυνατότητες της Java.
- *Λειτουργία Κατασκευής (Build)*, που παρέχει τη μοναδική επιλογή της παραγωγής της προ-επισκόπησης του διαδικτυακού τόπου (generate preview of webware).

Στην **εργαλειοθήκη του κεντρικού μενού** υπάρχουν κάποιες από τις λειτουργίες του μενού Αρχείο, του μενού Επεξεργασία και του μενού Κατασκευή, ώστε να υπάρχει γρήγορη πρόσβαση σε αυτές, παρακάμπτοντας την πρόσβαση από το κεντρικό μενού.

Το **δέντρο σχεδίασης του ΔΕΛ** είναι μια δεντρική δομή που αναπαριστά τις διάφορες κατηγορίες σχεδίων, δηλαδή την αρχιτεκτονική, την σχεδίαση πλοήγησης και τη σχεδίαση μητρών οθόνης. Ανάλογα με τον κόμβο του δένδρου, είναι δυνατό να γίνουν κάποιες λειτουργίες, για παράδειγμα από τον κόμβο – πατέρα της κάθε σχεδίασης είναι δυνατό να δημιουργήσουμε ένα καινούριο σχέδιο της κατηγορίας αυτής. Επίσης ανάλογα με την κατηγορία σχεδίασης ο χρήστης μπορεί να δει διαφορετικά πράγματα. Για παράδειγμα στη σχεδίαση πλοήγησης κάτω από κάθε κόμβο-σχεδίου “κρέμονται” οι ιστοσελίδες ως φύλλα.

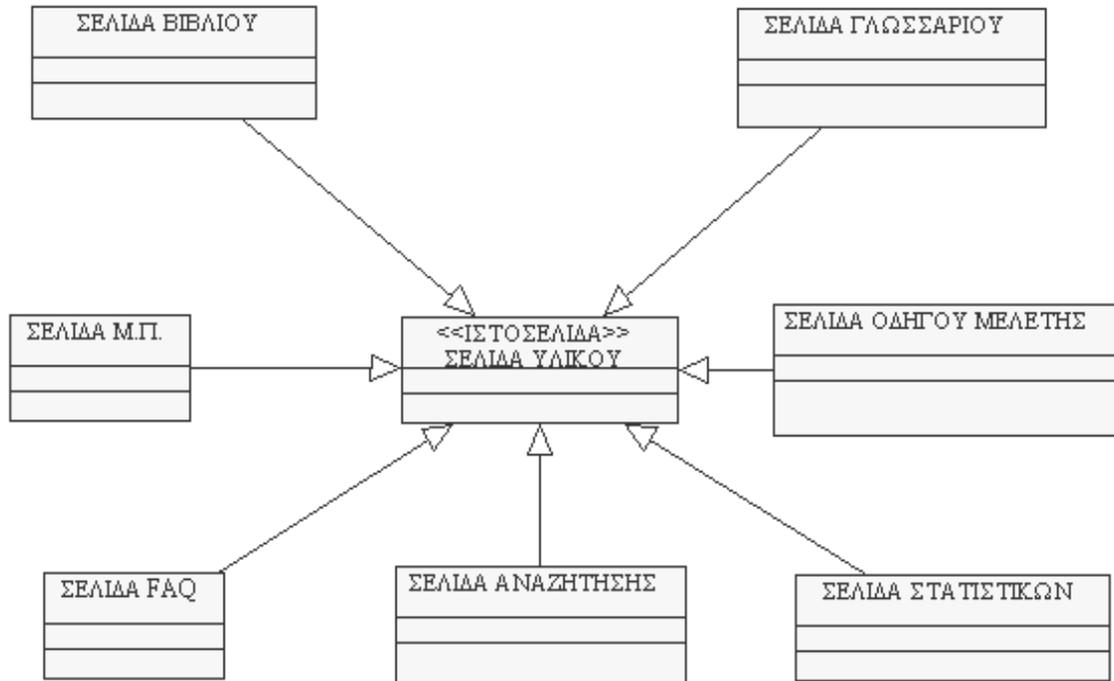
Η **εργαλειοθήκη σχεδίασης (design toolbar)**, περιέχει τα εργαλεία εκείνα, από τα οποία επιλέγει ο σχεδιαστής για υλοποίηση του σχεδίου. Ουσιαστικά πρόκειται για τρεις διαφορετικές εργαλειοθήκες, μια για κάθε τύπο σχεδίου, οι οποίες εναλλάσσονται, ανάλογα με τον τύπο του παραθύρου που είναι ενεργό. Ο χρήστης επιλέγει εργαλεία και σχεδιάζει με αυτά στα **παράθυρα σχεδίασης**. Για τα τελευταία δεν υπάρχει περιορισμός ως προς το πόσα από αυτά μπορεί να είναι ταυτόχρονα ανοιχτά. Τέλος το **πεδίο με τις βοηθητικές πληροφορίες** παρέχει κάποιες πληροφορίες γενικού περιεχομένου, όπως π.χ. σε τι τύπο σχεδίασης βρισκόμαστε ή πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί το εργαλείο που επιλέχθηκε.

5 Η σχεδίαση με το εργαλείο CRITON

5.1 Αρχιτεκτονική σχεδίαση

Χρησιμοποιώντας την εργαλειοθήκη αρχιτεκτονικής σχεδίασης και έχοντας ως οδηγό το εννοιολογικό πλαίσιο σχεδίασης της CADMOS-D, ο σχεδιαστής μοντελοποιεί το ΔΕΛ ορίζοντας κλάσεις (με τη σημειολογία της UML) και συσχετίσεις μεταξύ τους. Ξεκινά ορίζοντας το ΔΕΛ ως μια κλάση στερεοτύπου “ΔΕΛ” το οποίο αποτελείται από κλάσεις ψηφίδων. Η μοντελοποίηση προχωρά σε βάθος ανά κλάση ψηφίδας η οποία αποτελείται από κλάσεις ιστοσελίδων διαφόρων στερεοτύπων, όπως τα στερεότυπα “ιστοσελίδα πρόσβασης” ή “ιστοσελίδα υλικού”. Για παράδειγμα, για το ΔΕΛ με τίτλο “Εισαγωγή στη γλώσσα XML”, έχει οριστεί ότι το ΔΕΛ θα περιέχει μια κλάση “Σελίδα Υλικού” του στερεοτύπου “ιστοσελίδα”, η οποία θα αποτελείται από επιμέρους κλάσεις που κληρονομούν χαρακτηριστικά της κι είναι οι εξής: σελίδα βιβλίου, σελίδα Μ.Π. (μελέτης περίπτωσης), σελίδα FAQ, σελίδα αναζήτησης, σελίδα στατιστικών στοιχείων, σελίδα οδηγού μελέτης και σελίδα γλωσσάριου. Στο Σχήμα 6 φαίνεται το αρχιτεκτονικό σχέδιο για τις σελίδες υλικού.

Αφού λοιπόν γίνει ο διαχωρισμός του ΔΕΛ σε ψηφίδες και προσδιοριστούν όλες οι σελίδες που ανήκουν στην κάθε ψηφίδα, το επόμενο βήμα είναι να αναλυθούν όλες οι

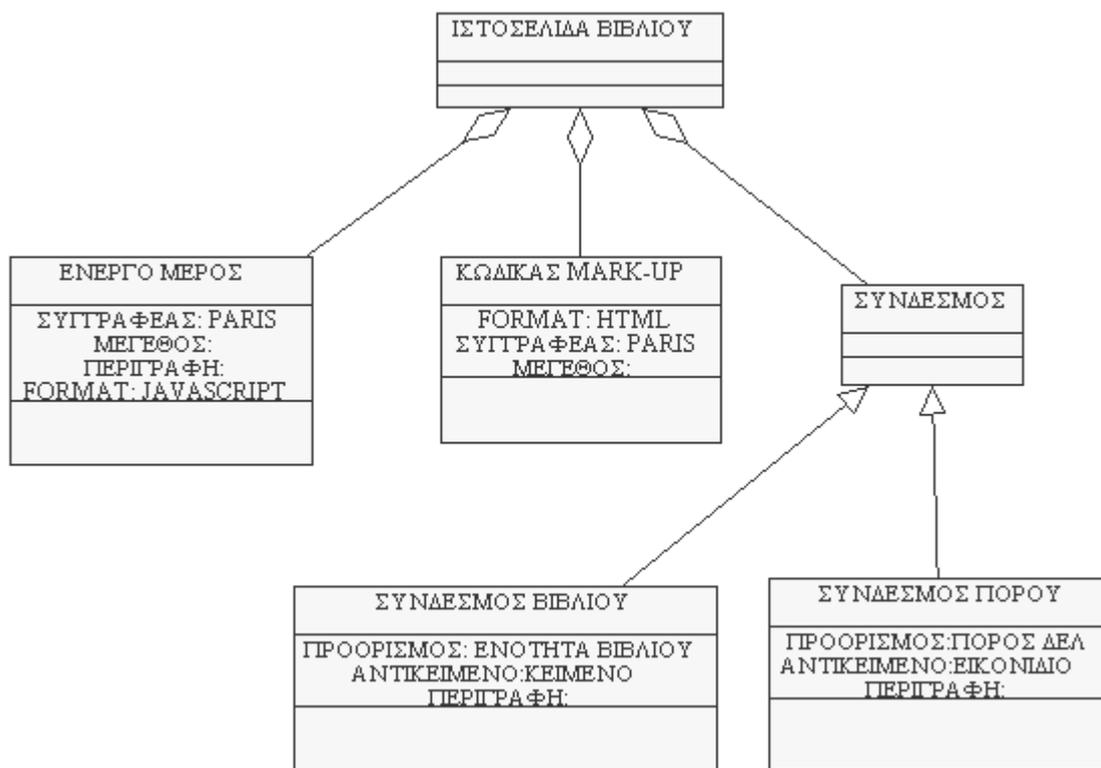


Σχήμα 6. Οι σελίδες υλικού που θα χρησιμοποιηθούν για το ΔΕΛ “Εισαγωγή στη γλώσσα XML”.

παραπάνω κλάσεις σελίδων στα συστατικά τους. Με τον τρόπο αυτό προχωράμε σε δεύτερο επίπεδο στη λεπτομερή σχεδίαση όλων των ιστοσελίδων που θα περιέχει το ΔΕΛ. Για παράδειγμα η σελίδα βιβλίου θα περιέχει: κώδικα mark-up σε HTML, ενεργά στοιχεία JavaScript όπως π.χ. οι on-line ασκήσεις και τέλος δύο ειδών συνδέσμους, αυτούς που υπάρχουν στα περιεχόμενα και οδηγούν στις ενότητες του βιβλίου και αυτούς που υπάρχουν ως εικονίδια και ενεργοποιούν άλλους μαθησιακούς πόρους. Όλα τα παραπάνω φαίνονται στο λεπτομερές σχέδιο του Σχήματος 7.

5.2 Σχεδίαση της πλοήγησης

Το σχέδιο πλοήγησης του ΔΕΛ περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να γίνει η περιήγηση στις διάφορες ιστοσελίδες του, καθορίζοντας τους συνδέσμους που συνδέουν τις ιστοσελίδες μεταξύ τους. Η σχεδίαση ακολουθεί τις βασικές δομές πλοήγησης, δηλαδή τους κατευθυνόμενους γύρους (guided tours), τους καταλόγους (indices) και τους καταλογοποιημένους κατευθυνόμενους γύρους (indexed guided tours). Τα διαγράμματα πλοήγησης που κατασκευάζονται περιέχουν ιστοσελίδες, μονούς και διπλούς υπερ-συνδέσμους. Για κάθε ιστοσελίδα προσδιορίζονται στοιχεία όπως η μήτρα διαπροσωπείας της, το URL της (εφόσον είναι ήδη έτοιμη), κ.α. Για τη σχεδίαση μητρώων διαπροσωπείας θα γίνει αναφορά παρακάτω. Η CADMOS-D προσδιορίζει ότι στο σχέδιο πλοήγησης υπάρχουν σύνδεσμοι που δεν εξαρτώνται από το μαθησιακό υλικό και σύνδεσμοι που εξαρτώνται από αυτό. Κατά τη διαδικασία της σχεδίασης, σε πρώτη φάση, περιγράφονται οι σύνδεσμοι που είναι ανεξάρτητοι από το μαθησιακό υλικό και όταν στη συνέχεια έχει σχεδιαστεί με περισσότερη λεπτομέρεια το περιεχόμενο κάθε ιστοσελίδας, προσθέτονται οι σύνδεσμοι που είναι εξαρτημένοι από το μαθησιακό υλικό. Στο Σχήμα 8 φαίνεται ένα παράδειγμα ενός σχεδίου πλοήγησης που αναφέρεται στη σελίδα υποδοχής του ΔΕΛ “Εισαγωγή στη γλώσσα XML”.

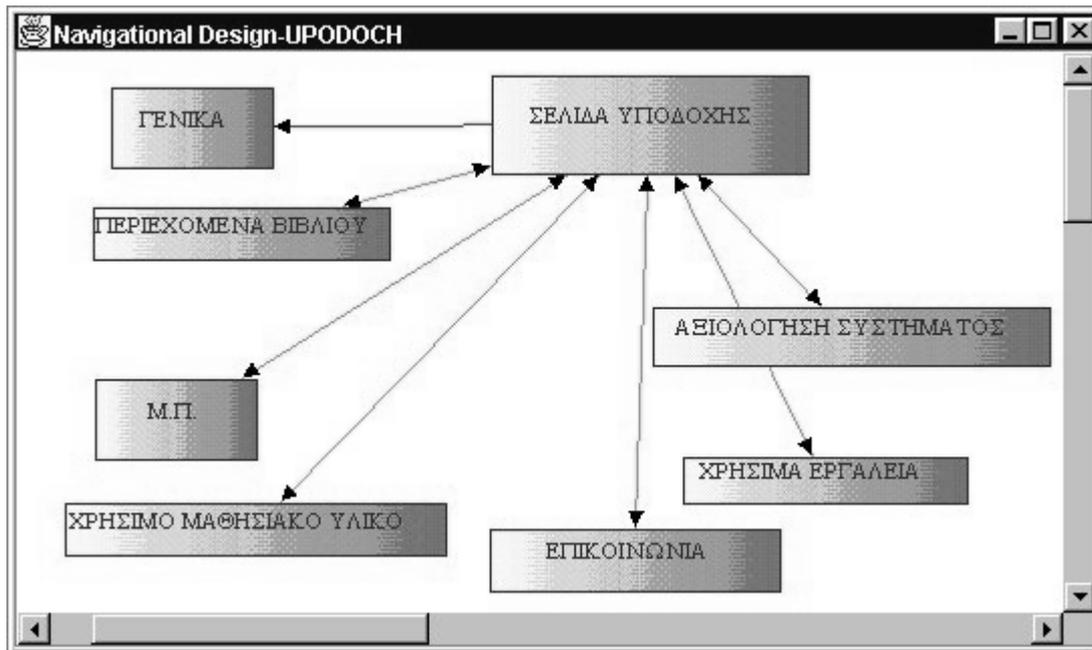


Σχήμα 7. Τα συστατικά της ιστοσελίδας βιβλίου στο ΔΕΛ “Εισαγωγή στη γλώσσα XML”.

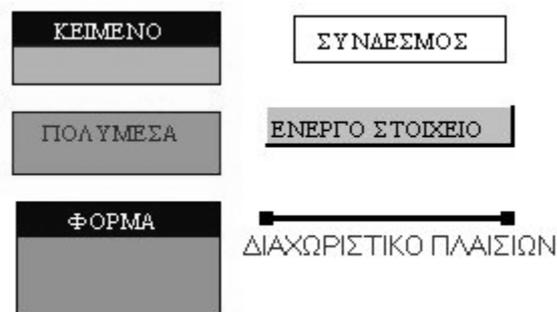
5.3 Κατασκευή μητρών οθονών

Η διαδικασία της σχεδίασης της διαπροσωπείας αρχίζει με τη σχεδίαση των μητρών οθόνης των τύπων όλων των ιστοσελίδων και ολοκληρώνεται με τη σχεδίαση των μητρών οθόνης των ιστοσελίδων χωριστά. Αφού καθοριστεί λοιπόν ο τύπος σε μια ιστοσελίδα στο σχέδιο πλοήγησης, αυτόματα κάτω από τον κόμβο Template Construction στο δέντρο σχεδίασης, δημιουργείται ένας καινούριος κόμβος που έχει το όνομα του τύπου και αντιπροσωπεύει το σχέδιο της μήτρας οθόνης του. Στο σχέδιο αυτό θα απεικονιστεί η μήτρα οθόνης του γενικού τύπου, δηλαδή ο αριθμός και ο τύπος των συστατικών της οθόνης και η διάταξη τους. Οι μήτρες οθόνης που κατασκευάζονται περιέχουν τα εξής στοιχεία : Κείμενο, Πολυμέσα, Ενεργά στοιχεία, Υπερ-συνδέσμους, Διαχωριστές των Πλαισίων και Φόρμες. Για κάθε ένα στοιχείο εκτός από τους διαχωριστές πλαισίων ορίζονται meta-data καθότι όλα αυτά θεωρούνται εκπαιδευτικά αντικείμενα είτε σύνθετα είτε απλά. Στο Σχήμα 9 φαίνονται τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται για τη σχεδίαση μια μήτρας οθόνης και στο Σχήμα 10 φαίνεται η μήτρα διαπροσωπείας για την ιστοσελίδα “Παράγραφος Βιβλίου” του ΔΕΛ “Εισαγωγή στη γλώσσα XML”.

Κάθε σχέδιο που παράγεται στη διάρκεια των σχεδιαστικών βημάτων μπορεί να εξαχθεί από το εργαλείο στο γραφικό πρότυπο JPEG. Αυτό σημαίνει ότι, δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί το εργαλείο για να επεξεργαστούν τα σχέδια, αλλά αρκεί ένα πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας (όπως για παράδειγμα το Adobe PhotoShop, ή το Corel Draw) ή ακόμα κι ένας φυλλομετρητής ιστοσελίδων (web browser). Αυτή η λειτουργία είναι χρήσιμη, προκειμένου η αναπτυξιακή ομάδα να μπορεί να παράγει αναφορές κατά τη φάση της σχεδίασης και ιδιαίτερα να δημιουργεί υλικό για το παραδοτέο του σχεδίου ΔΕΛ.



Σχήμα 8. Σχήμα πλοήγησης της σελίδας υποδοχής του ΔΕΛ “Εισαγωγή στη γλώσσα XML”.

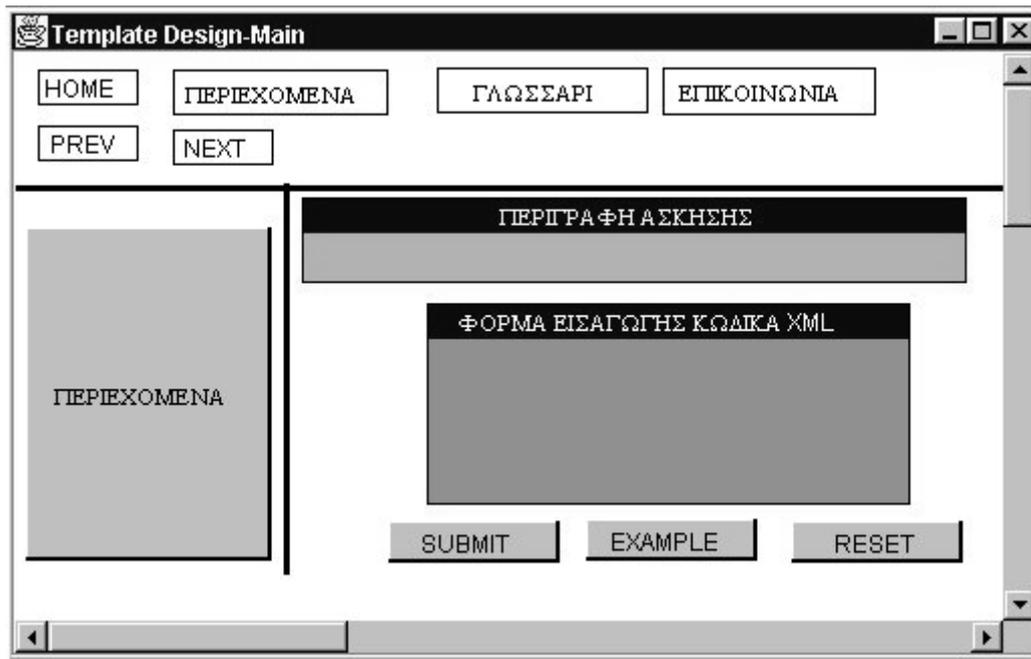


Σχήμα 9. Σύμβολα σχεδίασης μήτρας οθόνης.

5.4 Η παραγωγή της Προ-επισκόπησης του Διαδικτυακού Τόπου

Τα τρία σχεδιαστικά βήματα που υποστηρίζει το εργαλείο έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή τριών διαφορετικών προϊόντων: το αρχιτεκτονικό σχέδιο, το σχήμα πλοήγησης και τα σχέδια των μήτρων οθονών (διαπροσωπεία ΔΕΛ). Τα σχέδια αυτά περιέχουν επαρκή στοιχεία για να τα πάρει η ομάδα ανάπτυξης και να υλοποιήσει το ΔΕΛ. Ο CRITON προχωράει ένα βήμα ακόμα για την περαιτέρω υποστήριξη της φάσης υλοποίησης δημιουργώντας την προ-επισκόπηση του ΔΕΛ (webware preview). Η προ-επισκόπηση του ΔΕΛ είναι ένα σύνολο από ιστοσελίδες διασυνδεδεμένες μεταξύ τους με υπερ-συνδέσμους. Ουσιαστικά απεικονίζει μια τελική σχεδιαστική μορφή, παρόμοια με αυτή που θα έχει το ΔΕΛ όταν ολοκληρωθεί η φάση υλοποίησης.

Για την παραγωγή της προ-επισκόπησης του ΔΕΛ, το εργαλείο συνδυάζει δύο πράγματα: το σχήμα πλοήγησης και τα σχέδια των μήτρων οθονών των ιστοσελίδων. Χρησιμοποιεί το σχήμα πλοήγησης για να εντοπίσει τους υπερ-συνδέσμους με τους οποίους συνδέεται κάθε σελίδα που έχει δηλωθεί στο σχήμα πλοήγησης. Αντίστοιχα παράγει τις εικόνες των οθονών



Σχήμα 10. Η μήτρα οθόνης για τον τύπο “Παράγραφος Βιβλίου”.

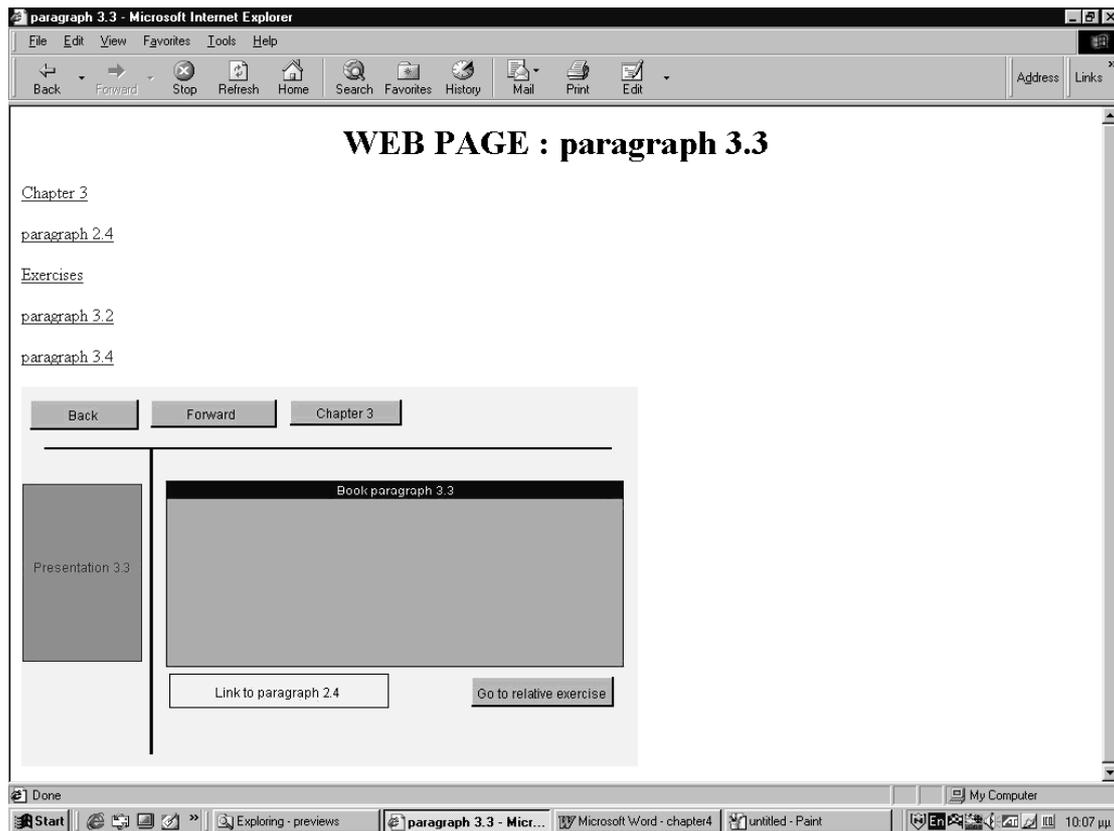
στο πρότυπο JPEG για κάθε σελίδα για την οποία έχει δηλωθεί μια μήτρα σελίδας. Έτσι δημιουργεί μια σελίδα HTML για κάθε σελίδα του σχήματος πλοήγησης, δηλαδή για κάθε σελίδα που πρόκειται να υλοποιηθεί στο ΔΕΛ. Σε αυτή τη σελίδα HTML δίνεται ως τίτλος το όνομα της αντίστοιχης σελίδας από την οποία προήλθε, το οποίο γράφεται και μέσα στη σελίδα ώστε να διακρίνεται καθαρά για ποια σελίδα πρόκειται. Έπειτα δημιουργούνται οι υπερσύνδεσμοι προς όλες τις σελίδες με τις οποίες έχει συνδεθεί η εν λόγω σελίδα στο σχήμα πλοήγησης. Τέλος εισέρχεται η εικόνα της μήτρας οθόνης της ώστε να φαίνεται ποια συστατικά περιέχει η σελίδα αυτή, αν έχει πλαίσια και πώς είναι αυτά και τέλος πώς διατάσσονται όλα τα παραπάνω. Στο Σχήμα 11 φαίνεται η προ-επισκόπηση για την παράγραφο 3.3 του βιβλίου από το ΔΕΛ “Εισαγωγή στη γλώσσα XML”.

Η παραγωγή της προ-επισκόπησης του ΔΕΛ είναι το τελικό προϊόν πριν αρχίσει η φάση υλοποίησης του. Το μόνο που απομένει στην ομάδα ανάπτυξης είναι να κατασκευάσει τα συστατικά των σελίδων και να τα “κρεμάσει” στις ιστοσελίδες, εφόσον τα έχει ήδη προδιαγράψει. Η προ-επισκόπηση του ΔΕΛ παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση της σχεδίασης καθώς αποτελεί το πρότυπο της τελικής υλοποίησης και πολλά χρήσιμα συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν από αυτήν.

6 Σχετική ερευνητική εργασία

Το ΔΕΛ ως μια πολυσύνθετη υπερμεσική εφαρμογή αποτελεί αντικείμενο έρευνας της τεχνολογίας ανάπτυξης διαδικτυακού εκπαιδευτικού λογισμικού (webware engineering). Η γνωστική αυτή περιοχή άρχισε να αναπτύσσεται πολύ πρόσφατα, γι αυτό άλλωστε και δεν υπάρχει μια καλά τεκμηριωμένη και δοκιμασμένη μεθοδολογία ανάπτυξης ΔΕΛ στη διεθνή βιβλιογραφία. Η CADMOS είναι μια μεθοδολογία που μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη ποιοτικών τελικών προϊόντων ΔΕΛ εξασφαλίζοντας συνάμα μια ποιοτική αναπτυξιακή διαδικασία.

Ειδικά για τη φάση σχεδίασης ΔΕΛ, η μέθοδος CADMOS-D προσφέρει λύσεις στην τυποποίηση του τρόπου περιγραφής του σχεδίου. Είναι γεγονός ότι λίγη ερευνητική εργασία



Σχήμα 11. Σελίδα HTML που δημιουργείται από την παραγωγή της προ-επισκόπησης του ΔΕΑ για την παράγραφο 3.3 του βιβλίου.

έχει γίνει στο πεδίο της υπερμεσικής σχεδίασης κι ειδικά σχεδίασης ΔΕΑ [Lowe & Hall 1999]. Η μέθοδος CADMOS-D μοιάζει με την προσέγγιση μοντελοποίησης υπερμεσικών εφαρμογών με χρήση αντικειμενοστραφών τεχνικών της OOHDM [Schwabe & Rossi 1995]. Η διαφορά έγκειται στη χρήση ενός συγκεκριμένου εννοιολογικού πλαισίου. Άλλες προσεγγίσεις μοντελοποίησης της σχεδίασης είναι η HDM [Garzotto et al. 95] και οι απόγονοί της, όπου αναγνωρίζεται η σημασία συγκεκριμενοποίησης ενός εννοιολογικού σχήματος της εφαρμογής πριν την υλοποίησή της. Η HDM δεν υποστηρίζει όμως την κατασκευή αφηρημένων τύπων διαπροσωπείας αλλά παρέχει πλούσιο μηχανισμό περιγραφής του σχήματος πλοήγησης.

Μια μέθοδος σχεδίασης βήμα προς βήμα είναι η RMM [Isakowitz et al. 1995] η οποία εμπλουτίζει τις αναπαραστάσεις του εννοιολογικού σχήματος και του σχήματος πλοήγησης της υπερμεσικής εφαρμογής που είναι υπό κατασκευή. Η σχεδίαση ακολουθεί το μοντέλο οντοτήτων-συσχετίσεων και τυποποιούνται το αρχιτεκτονικό σχέδιο και το σχέδιο πλοήγησης της εφαρμογής. Αντίθετα, η τυποποίηση της διαπροσωπείας δεν είναι πλήρης ώστε η αναπτυξιακή ομάδα να παράγει εύκολα τις οθόνες της εφαρμογής.

Παρόμοιες προσεγγίσεις αντικειμενοστραφούς σχεδίασης έχουν προταθεί από το [Lange 1994] όπου επεκτείνεται το μοντέλο της OMT [Rumbaugh et al. 91] για να παραχθεί το σχεδιαστικό μοντέλο EORM. Η προσπάθεια όμως περαιτέρω επέκτασης και εφαρμογής του δεν έγινε. Πολύ ενδιαφέρουσες προσεγγίσεις που ακόμα είναι στο στάδιο ανάπτυξης διεξάγονται στα πλαίσια των ερευνητικών έργων Matilda (University of Technology, Sydney) [http://ise.ee.uts.edu.au/], GENTLE (Institute for Information Processing and Computer Supported New Media, Graz-Austria) [http://www.iicm.edu/], the Amsterdam Hypermedia Model (AHM) στο CWI [http://www.cwi.nl/mmpapers/].

Το εργαλείο CRITON υποστηρίζει την ανάπτυξη ΔΕΛ, αυτοματοποιεί τη μέθοδο σχεδίασης CADMOS-D και ανήκει στην κατηγορία CACE Tools (Computer Aided Courseware Engineering Tools). Ειδικότερα πρόκειται για ένα εργαλείο σχεδίασης και όχι υλοποίησης. Για τη φάση της υλοποίησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα **περιβάλλοντα υλοποίησης** των υπερμεσικών εφαρμογών, τα οποία συνήθως δεν υποστηρίζουν κάποια μεθοδολογία ανάπτυξης. Τα περιβάλλοντα αυτά μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες [Scwabe & Pontes 1998]:

- *Συντάκτες σελίδων (page editors)*, οι οποίοι απλώς συντάσσουν σελίδες HTML, είτε με οπτικό περιβάλλον (visual programming) είτε όχι, και δεν λαμβάνουν υπόψη την έννοια του διαδικτυακού τύπου.
- *Συντάκτες διαδικτυακών Τόπων (web site editors)*, οι οποίοι εκτός από την σύνταξη των σελίδων επιτρέπουν την διαχείριση ενός συνόλου σελίδων, παρόμοια με τη δουλειά που κάνει ένα σύστημα διαχείρισης αρχείων (π.χ. το FrontPage της Microsoft). Μερικοί από αυτούς επιτρέπουν επίσης μια περισσότερο δομημένη ανάπτυξη (π.χ. το Fusion της NetObjects), ορίζοντας μια κοινή εμφάνιση (π.χ. ομοιόμορφο background), ή δημιουργώντας ένα υποτυπώδες σχήμα πλοήγησης (π.χ. κουμπιά Εμπρός, Πίσω, επιστροφή στην αρχική σελίδα).
- *Περιβάλλοντα κατασκευής διαδικτυακών τόπων (web site building environments)*, τα οποία προχωρούν ένα βήμα παραπάνω, δημιουργώντας σελίδες δυναμικά (π.χ. το StoryServer της Vignette ή το Cold Fusion της Allaire). Τα περιβάλλοντα αυτά περιέχουν βιβλιοθήκες με μήτρες (templates) σελίδων, και δημιουργούν στιγμιότυπα αυτών των μητρών κατασκευάζοντας έτσι σελίδες. Μάλιστα αυτές οι μήτρες είναι δυνατό να επεκτείνουν την HTML φτιάχνοντας δικούς τους τύπους και δικές τους ετικέτες (tags).

Κανένα από τα περιβάλλοντα αυτά δεν υποστηρίζει κάποια μέθοδο σχεδίασης ή κάποιο μοντέλο δεδομένων, και η σχεδίαση πλοήγησης είναι εντελώς στοιχειώδης, καθώς οι σελίδες αντιμετωπίζονται απλά σαν αρχεία σε σύστημα αρχείων. Δίνεται έμφαση στην υλοποίηση των ιστοσελίδων και των δικτυακών τόπων παραβλέποντας τη διαδικασία σχεδίασης. Συνίσταται λοιπόν η χρήση τους σε συνδυασμό με εργαλεία σχεδίασης, όπως ο CRITON έτσι ώστε πρώτα να σχεδιαστεί η υπερμεσική εφαρμογή ή το ΔΕΛ σύμφωνα με κάποια μεθοδολογία και έπειτα να υλοποιηθεί.

Εργαλεία που υποστηρίζουν πλήρως τη φάση της σχεδίασης (εννοιολογική, πλοήγησης, διαπροσωπείας) αλλά υστερούν στη φάση της υλοποίησης είναι το εργαλείο RM-CASE που βασίζεται στη μεθοδολογία ανάπτυξης υπερμεσικών εφαρμογών RMM [Diaz et al. 1995] και το εργαλείο OOHDM-Web που ακολουθεί τις αρχές της μεθόδου σχεδίασης OOHDM [Schwabe & Pontes 1998]. Το εργαλείο CRITON μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υπερμεσικές εφαρμογές γενικού σκοπού. Όμως είναι το πρώτο εργαλείο που εξειδικεύεται στη σχεδίαση ΔΕΛ. Το εργαλείο CRITON υπερτερεί έναντι των παραπάνω εργαλείων στην αρχιτεκτονική σχεδίαση και στη σχεδίαση πλοήγησης και μητρών οθονών, καθώς επίσης και στη δυνατότητα προεπισκόπησης του διαδικτυακού τύπου.

7 Αξιολόγηση

Η μεθοδολογία CADMOS έχει ήδη δοκιμαστεί με επιτυχία σε τρία (3) έργα ανάπτυξης ΔΕΛ τα οποία αφορούν στα εξής γνωστικά αντικείμενα: Μεταγλωττιστές, Διδασκαλία της γλώσσας XML, και Ηλεκτρονικές εκδόσεις στο Διαδίκτυο. Τα τρία διδακτικά συστήματα χρησιμοποιούνται από προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Ε.Μ.Π. Βρίσκονται σε ένα WWW server του Εργαστηρίου Τεχνολογίας Λογισμικού [<http://webct.softlab.ntua.gr/>] και έχουν ως υποδομή το μαθησιακό περιβάλλον WebCT [<http://www.webct.com/>].

Η μέχρι στιγμής χρήση της μεθοδολογίας CADMOS αποφέρει τόσο αισιόδοξα μηνύματα για την αποτελεσματικότητα της, όσο και προβληματισμούς για τη βελτίωση και επέκταση της.

Η μελλοντική δουλειά που μέλλει να γίνει αφορά κυρίως τη μέθοδο σχεδίασης CADMOS-D και περιλαμβάνει τη βελτίωση του εννοιολογικού πλαισίου της αρχιτεκτονικής σχεδίασης, ώστε να οριστεί αυστηρά ο διαχωρισμός του ΔΕΛ στις διάφορες ψηφίδες και αυτών τελικά σε ιστοσελίδες. Το μοντέλο πλοήγησης πρέπει να τροποποιηθεί ώστε να οριστούν οι προδιαγραφές για τις ιστοσελίδες και να ληφθεί υπόψη η πλοήγηση σε σελίδες που περιέχουν πλαίσια.

Η βασική πρωτοτυπία του εργαλείου CRITON είναι ότι έχει κατασκευαστεί για τη σχεδίαση ΔΕΛ ακολουθώντας μια συγκεκριμένη μέθοδο. Κανένα από τα προαναφερόμενα εργαλεία CASE δεν κατασκευάστηκε από την ανάγκη για υποστήριξη της διαδικασίας σχεδίασης ΔΕΛ. Για το λόγο αυτό δεν έχουν προβλεφθεί σε αυτά πολλά στοιχεία, όπως η εισαγωγή meta-data των ψηφίδων και των στοιχείων που περιέχονται σε αυτές. Αντίθετα ο CRITON πρωτοτυπεί, καταρχήν στη σχεδίαση πλοήγησης με τις δομές πλοήγησης που χρησιμοποιούνται καθώς επίσης και στον καθορισμό των προδιαγραφών των ιστοσελίδων. Ακόμα όμως πιο σημαντικό είναι η σχεδίαση της διαπροσωπείας με τη φιλοσοφία της μεταφοράς σελίδας και τον καθορισμό των meta-data των εκπαιδευτικών αντικειμένων. Τέλος, η πρωτοτυπία του εργαλείου περιλαμβάνει και την παραγωγή της προ-επισκόπησης του διαδικτυακού τόπου ως απεικόνιση της τελικής μορφής του ΔΕΛ.

Το εργαλείο CRITON έχει ήδη χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια κατασκευής του ΔΕΛ “Διδασκαλία της γλώσσας XML” και τριών άλλων έργων κατασκευής ΔΕΛ με ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Οι αναπτυξιακές ομάδες παρατήρησαν ότι είναι πολύ σημαντικό να χρησιμοποιούν ένα ενιαίο περιβάλλον που αγκαλιάζει ολόκληρη την διαδικασία σχεδίασης της μεθόδου που ακολουθούν. Επίσης η ανεξαρτησία στην πλατφόρμα εκτέλεσης το καθιστά ικανό να τρέξει σε H/Y με διαφορετικές αρχιτεκτονικές ενώ θετικά σχόλια έγιναν για την ικανότητα του να εξάγει τα σχέδια στο γραφικό πρότυπο JPEG, ώστε να ενσωματώνονται εύκολα σε ιστοσελίδες. Ωστόσο υπήρξαν παράπονα για την απόδοση του, η οποία βεβαίως είναι ικανοποιητική σε ένα δυνατό μηχάνημα με γρήγορο επεξεργαστή, αλλά ενδεχομένως να εμφανίζει απώλειες σε κάποιο μέτριο H/Y, ιδίως όταν τα σχέδια παρα-φορτωθούν με συστατικά. Αυτή η ατέλεια, που οφείλεται στη γλώσσα υλοποίησης Java, δύναται να διορθωθεί με βελτιστοποίηση του κώδικα και την εκτέλεση της εφαρμογής σε πιο γρήγορα περιβάλλοντα.

Ο CRITON αποτελεί οπωσδήποτε ένα χρήσιμο και ολοκληρωμένο περιβάλλον σχεδίασης ΔΕΛ. Σε αυτήν την πρώτη του έκδοση έγινε προσπάθεια να καλυφθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος από την διαδικασία σχεδίασης ενός ΔΕΛ. Οι επόμενες εκδόσεις θα περιέχουν βελτιώσεις σε σημεία όπως στη σχεδίαση των ενεργών αντικειμένων (CGI, JavaScript, κλπ), την αυτοματοποίηση παραγωγής αναφορών, τη βελτιστοποίηση του μοντέλου σχεδίασης της διαπροσωπείας των οθονών και στην παραγωγή της προ-επισκόπησης του ΔΕΛ. Εξάλλου προβλέπεται στο άμεσο μέλλον να ενσωματωθεί η λειτουργία on-line βοήθειας, να ολοκληρωθεί η σύνδεση της αρχιτεκτονικής σχεδίασης με τα δύο επόμενα σχεδιαστικά βήματα με πιο αυστηρό και δομημένο τρόπο καθώς και να γίνει η παραγωγή της προ-επισκόπησης του ΔΕΛ τέτοια ώστε να είναι πιο εύκολη η τελική υλοποίηση του ΔΕΛ από αυτήν. Τέλος σημαντικό θεωρείται η τροποποίηση των meta-data των εκπαιδευτικών αντικειμένων ώστε αυτά να συμμορφωθούν με καθιερωμένα πρότυπα (π.χ. Dublin Core Metadata Element Set [<http://purl.org/dc/>]) ή με επίσημα πρότυπα (π.χ. IEEE LTSC Learning Object Metadata, [<http://ltsc.ieee.org/>]).

8 Συμπεράσματα

Οι νέες τεχνολογίες, των δικτύων υπολογιστών (computer networks), και των υπερμέσων (hypermedia), πιο συγκεκριμένα το Διαδίκτυο (Internet) και ο Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web, WWW) είναι πρόσφορα και δυναμικά μέσα για την παροχή ουσιαστικής και καλής ποιότητας εκπαίδευσης και κατάρτισης ικανοποιώντας τις απαιτήσεις των καιρών μας. Πολλές και σημαντικές είναι οι επιστημονικές και εκπαιδευτικές προσπάθειες που γίνονται ώστε να εμπλουτιστεί το μαθησιακό σκηνικό με μαθησιακά περιβάλλοντα που στηρίζονται στις νέες τεχνολογίες. Οι εταιρείες κατασκευής πολύμεσου εκπαιδευτικού λογισμικού (multimedia

educational software), έχουν επιδείξει πολύ μεγάλη κινητικότητα αφού οι νέες τεχνολογίες είναι προσοδοφόρα μέσα παροχής εκπαιδευτικών εργαλείων και υλικού.

Είναι όμως κρίσιμη η εποχή μας, μιας και οι ερευνητικές και αναπτυξιακές προσπάθειες πρέπει να γίνονται μεθοδικά και ακολουθώντας ποιοτικά κριτήρια. Δεν υπάρχουν τα περιθώρια πειραματισμών σε βάρος των εκπαιδευομένων. Μπορεί να λείπουν οι μέθοδοι και τα πρότυπα ποιότητας στην κατασκευή διδακτικών συστημάτων και ΔΕΛ, όμως η χρήση μεθοδολογιών όπως η CADMOS είναι ιδιαίτερα χρήσιμη. Εξίσου χρήσιμη είναι και η ύπαρξη εργαλείων CASE που υποστηρίζουν τις μεθοδολογίες αυτές, όπως το εργαλείο σχεδίασης CRITON, καθώς διευκολύνουν και επιταχύνουν την αναπτυξιακή διαδικασία.

Ήδη διεθνώς, γίνεται μεγάλη ερευνητική προσπάθεια για την τυποποίηση (standardisation) της σχεδίασης υπερμεσικών εφαρμογών (hypermedia applications) [Duval et al. 1998] αλλά και ειδικότερα υπερμεσικών εκπαιδευτικών εφαρμογών. Για παράδειγμα έχουν συσταθεί διεθνείς ερευνητικές ομάδες (Special Interest Groups) με συμμετοχή ερευνητών και κορυφαίων στελεχών εταιρειών, όπως οι Prometheus SIG Design [http://www.igd.fhg.de/~lindner/PROMETEUS/SIG9/Mission/SIG9 - Mission_990709.html], ACM Special Interest Group on Hypertext and Hypermedia, working group on Web Engineering-SIGWEB [<http://www.acm.org/sigs>].

Βιβλιογραφία

Communications of the ACM (1995), Special Issue, 38 (8), August.

D. Avison & G. Fitzgerald (1995). *Information Systems Development: Methodologies, Techniques and Tools*, McGraw-Hill.

Π. Αυγερίου (1999). CRITON: Ένα εργαλείο σχεδίασης διαδικτυακού εκπαιδευτικού λογισμικού, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών.

J. Bourdeau & A. Bates (1996). Instructional Design for Distance Learning, *Tutorial Notes*, Fourth International Conference in Intelligent Tutoring Systems (ITS'96), Montreal-Canada.

A. Díaz, T. Isakowitz, V. Maiorana, G. Gilabert (1995), RMCASE: A Tool To Design WWW Applications, *Fourth International World Wide Web Conference*, Boston, 1995.

S. Dijkstra & N. Seel (1997). *Instructional Design: International perspectives*, LEA, New Jersey.

E. Duval, K. Hendrikx, H. Olivie' (1998). Building Hypermedia with Objects and Sets, *Journal of Universal Computer Science*, Vol. 4 (4).

P. Ford, P. Goodyear, R. Heseltine, R. Lewis, J. Darby, J. Graves, P. Sartorius, D. Harwood, & T. King (1996). *Managing Change in Higher Education: A Learning Environment Architecture*, London: Open University Press

M. Fowler and K. Scott (1997). *UML Distilled: Applying the Standard Object Modeling Language*, Addison-Wesely, 1997. Also UML web site: <http://www.rational.com/uml/>.

F. Garzotto, L. Mainetti, P. Paolini (1995). Hypermedia Design, Analysis and Evaluation Issues, *Communications of the ACM*, Vol. 38, No 8.

P. Goodyear (1994). Foundations for Courseware Engineering, In *Automating Instructional Design, Development and Delivery*, Automating Instructional Design, Development and Delivery, R. Tennyson (ed.), Berlin: Springer-Verlag.

T. Isakowitz & M. Thuring (1994). *Methodologies for designing and developing hypermedia applications*, Working paper series, Stern New York University.

- T. Isakowitz, Edward. A. Stohr, & P. Balasubramanian (1995). RMM: A Methodology for Structured Hypermedia Design, *Communications of the ACM*, Vol. 35, no. 8, August.
- T. de Jong & L. Sart (1994). *Design and Production of Multimedia and Simulated-based Learning Material*, Kluwer Academic Publishers.
- Al-Noor Ladhani (1996). Modelling and Using Performance Knowledge for Courseware Design, *PhD thesis*, University of Twente, Netherlands.
- D. Lange (1994). An Object-Oriented design method for hypermedia information systems, *Proceedings of the 27th Annual Hawaii International Conference on Systems Science*, January.
- D. Lowe & Hall (1999). *Hypermedia & the Web: An Engineering Approach*, Wiley & Sons Ltd.
- V. Makrakis, S. Retalis, A. Koutoumanos, N. Papaspyrou, M. Skordalakis (1998). Evaluating the effectiveness of an ODL Hypermedia System and Courseware at the National Technical University of Athens: A Case Study, *Journal for Universal Computer Science*, Vol. 4, no. 3, February 1998.
- Nielsen, J. (1998). *Sun's New Web Design*, www.sun.com cover story for January 13, 1998: <http://www.sun.com/980113/sunonnet/>
- Σ. Ρετάλης (1998). CADMOS: Μια μεθοδολογία ανάπτυξης διδακτικών συστημάτων που δίνει έμφαση στην κατασκευή διαδικτυακού εκπαιδευτικού λογισμικού, *Διδακτορική διατριβή*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών.
- S. Retalis & E. Skordalakis (2000). CAMDOS: a methodology for developing web-based instructional systems, *Journal of Computers in Human Behavior*, in press.
- S. Retalis, V. Vescoukis & E. Skordalakis. (1999) An object oriented data model for Web-based courseware detailed design, in N. Mastorakis (ed), *Software and Hardware Engineering for the 21st Century*, pp. 98-104, World Scientific Publishing, ISBN: 960-8052-06-8.
- J. Rumbaugh, M. Blaha, W. Premerlani, F. Eddy & F. Lorensen (1991), *Object-Oriented Modeling and Design*, Prentice Hall.
- D. Schwabe & G. Rossi (1995). The Object-Oriented Hypermedia Design Model (OOHDM) *Communications of the ACM*, Vol. 35, no. 8, August.
- D. Schwabe & R. de Almeida Pontes (1998). OOHDM-WEB: Rapid Prototyping of Hypermedia Applications in the WWW, *Tech. Report MCC 08/98*, Dept. of Informatics, PUC-Rio.
- R. D. Tennyson & G. R Morrison (1997). *Instructional Development: A Problem-Oriented Approach*, Merrill Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, Columbus, Ohio.
- Z. Zhiting (1996). Cross-Cultural Portability of Educational Software: A Communication-Oriented Approach, *PhD thesis*, University of Twente.
- Wasson, B. (1997) Advanced Educational Technologies: The Learning Environment, *Computers in Human Behavior*, 13, 4.