

# Σχεδίαση διαδικτυακού εκπαιδευτικού λογισμικού: Η μέθοδος CADMOS-D και το εργαλείο CRITON

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). Ελάχιστες είναι οι μεθοδολογίες που εξειδικεύονται στην ανάπτυξη διδακτικών συστημάτων και ΔΕΛ. Μία από αυτές είναι η CADMOS που αποτελείται από μοντέλα διαδικασιών, μεθόδους, εργαλεία, πρότυπα και έγγραφα τεκμηρίωσης. Για τη διαδικασία σχεδίασης ΔΕΛ χρησιμοποιείται η πρότυπη μέθοδος CADMOS-D, η οποία υποστηρίζεται από το εργαλείο CRITON. Στην εργασία αυτή περιγράφεται η μέθοδος σχεδίασης ΔΕΛ CADMOS-D και το εργαλείο CRITON. Το εργαλείο αυτό είναι το πρώτο που εξειδικεύεται στη σχεδίαση ΔΕΛ και στην εργασία αυτή αντιπαραβάλλεται εν συντομία με εργαλεία σχεδίασης υπερμεσικών εφαρμογών γενικού σκοπού.

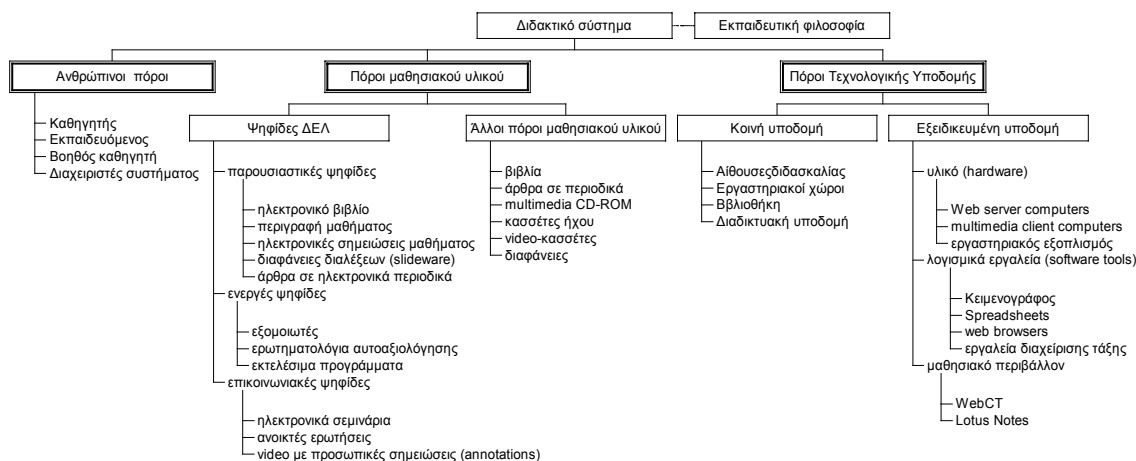
## 1 Εισαγωγή

Τα διδακτικά συστήματα (instructional systems) αποσκοπούν στην υποστήριξη και μερική αυτοματοποίηση της διδακτικής διαδικασίας ενός γνωστικού αντικείμενου. Με τον όρο διδακτική διαδικασία εννοείται ο συνδυασμός των διαδικασιών που προσβλέπουν στη μάθηση, τόσο από μέρους του εκπαιδευτή, όσο κι από μέρους του εκπαιδευόμενου. 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. Ανάλογα με την εκπαιδευτική φιλοσοφία και τους διαθέσιμους μαθησιακούς πόρους, διάφοροι 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 τους εκπαιδευτές, από μαθησιακούς πόρους και από εργαλεία που διευκολύνουν τη μάθηση.

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



**Σχήμα 1. Μαθησιακοί πόροι ενός διδακτικού συστήματος.**

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.

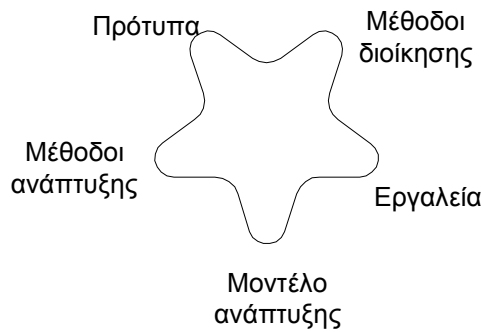
Για την κατασκευή καλής ποιότητας ΔΕΛ απαιτείται η εφαρμογή κατάλληλων μεθοδολογιών. Μία από αυτές είναι η CADMOS (web-based Courseware Development Methodology for Open Systems). Υιοθετώντας και ελαφρά τροποποιώντας τον ορισμό των μεθοδολογιών ανάπτυξης πληροφοριακών συστημάτων (information systems), 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.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η συνοπτική παρουσίαση της φιλοσοφίας της μεθοδολογίας CADMOS δίνοντας έμφαση στην πρότυπη μέθοδο σχεδίασης CADMOS-D και το εργαλείο CASE το οποίο υποστηρίζει τη διαδικασία σχεδίασης. Το εργαλείο αυτό ονομάζεται CRITON.

Η δομή της εργασίας είναι η ακόλουθη: Στην ενότητα 2 παρουσιάζονται οι βασικές αρχές της μεθοδολογίας CADMOS. Στην ενότητα 3 παρουσιάζονται τα βήματα της διαδικασίας σχεδίασης σύμφωνα με τη μέθοδο σχεδίασης CADMOS-D. 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”. Τέλος στην ενότητα 6 δίνονται στοιχεία αξιολόγησης της μεθόδου σχεδίασης και του εργαλείου και γίνεται αντιπαραβολή τους με άλλες προσεγγίσεις.



*Σχήμα 2. Το πλαίσιο περιγραφής μια μεθοδολογίας ανάπτυξης.*

## **2 Βασικές αρχές της μεθοδολογίας CADMOS**

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 τότε 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.
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).
3. Έχει δανειστεί στοιχεία από τη Τεχνολογία Λογισμικού κι ιδιαίτερα από τη μεθοδολογία ανάπτυξης λογισμικού γενικού σκοπού YASM [Skordalakis 1999].

4. Έχει υιοθετήσει από τη Τεχνολογία Λογισμικού και προσαρμόσει για ανάγκες της ανάπτυξης ΔΕΛ το εξελικτικό μοντέλο ανάπτυξης [Retalis et al. 1999].
5. Προτείνει τη μέθοδο σχεδίασης CADMOS-D, η οποία είναι μια παραλλαγή της μεθόδου αντικειμενοστραφούς σχεδίασης ΟΟΗΔΜ (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.
6. Εμπεριέχει τη μέθοδο ολικής αξιολόγησης CADMOS-E [Makrakis et al. 1997], 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:

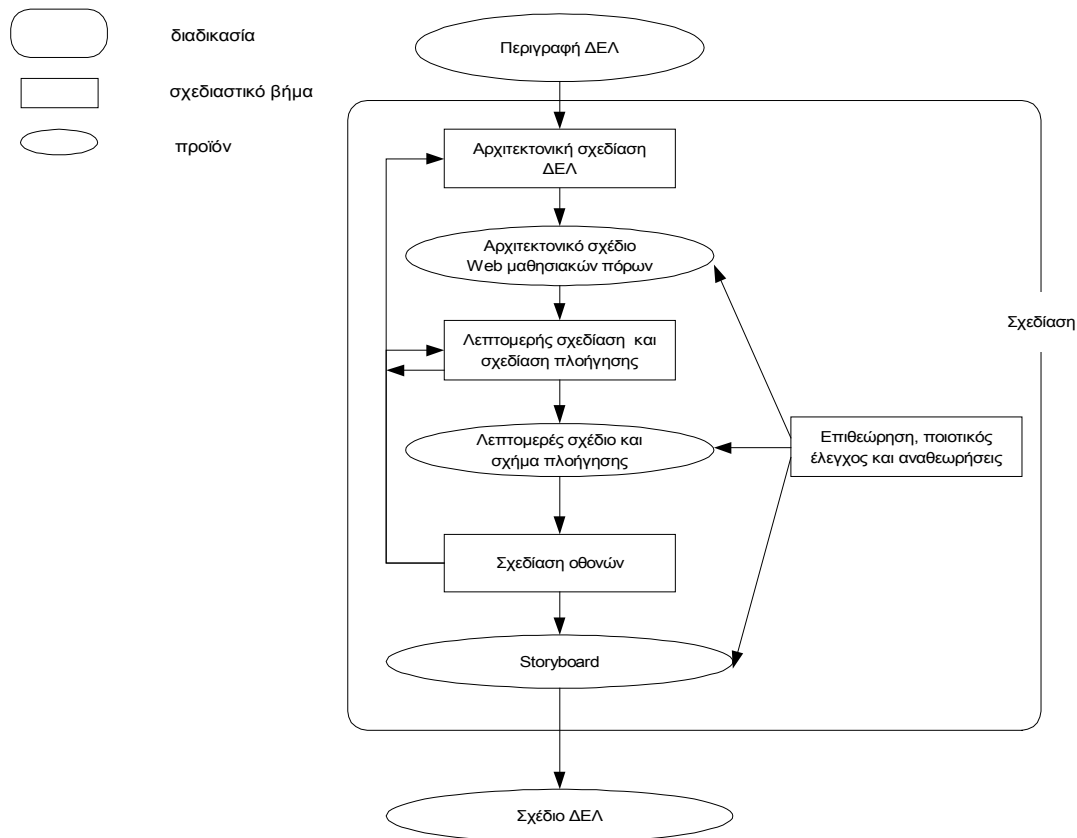
1. Να απεικονίζει τη μορφή και τη δομή που θα έχει το ΔΕΛ και οι ψηφίδες του χωριστά, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως οδηγός για την κατασκευή κάθε ψηφίδας στο συγκεκριμένο περιβάλλον υλοποίησης
2. Να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο για τον έλεγχο της λειτουργικότητας του ΔΕΛ.

Η μέθοδος σχεδίασης CADMOS-D, που αποτελεί μέρος της μεθοδολογίας CADMOS, είναι μια τροποποιημένη έκδοση της Object Oriented Hypermedia Design Method (ΟΟΗΔΜ), κατάλληλα προσαρμοσμένη 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



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

γίνουν αλλαγές ή τροποποιήσεις στα προϊόντα κάθε βήματος. Τα παραδοτέα κάθε φάσης επιθεωρούνται, ελέγχονται, και αναθεωρούνται εφόσον κριθεί απαραίτητο.

### 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 αυτή 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 OOHDM. Το εννοιολογικό πλαίσιο περιγράφεται λεπτομερώς στο [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).

**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.

**Σχεδίαση οθονών.** Το τελευταίο σχεδιαστικό βήμα ασχολείται με τη σχεδίαση οθονών των ιστοσελίδων του ΔΕΛ. Έχοντας κατασκευάσει το αρχιτεκτονικό και λεπτομερές σχέδιο του ΔΕΛ και αποτυπώσει διαγραμματικά το σχήμα πλοήγησης, σχεδιάζονται οι βασικές οθόνες των ιστοσελίδων του ΔΕΛ. Αρχικά δημιουργούνται μήτρες (templates) περιγραφής αυτών για κάθε χαρακτηριστικό είδος ιστοσελίδων του ΔΕΛ (π.χ. για τις σελίδες του διδακτικού βιβλίου, για τις σελίδες με τα περιεχόμενα, για τις σελίδες με τα θέματα εξετάσεων παλαιότερων ετών, κλπ). Στη συνέχεια αν κριθεί απαραίτητο κατασκευάζονται οθόνες για κάθε μια ιστοσελίδα ξεχωριστά.

Τα σχέδια, τα διαγράμματα και οι περιγραφές οθονών που παράγονται σε κάθε σχεδιαστικό βήμα τεκμηριώνονται στο έγγραφο σχεδίασης του ΔΕΛ. Το έγγραφο αυτό, που ονομάζεται σχέδιο ΔΕΛ, είναι το προϊόν της διαδικασίας σχεδίασης. Δυστυχώς δεν υπάρχει κάποιο τυπικό πρότυπο, κατά τα IEEE πρότυπα, και γ' αυτό η CADMOS προτείνει μια άτυπη αποτύπωσή του. Το εργαλείο CRITON βοηθά στο να ακολουθηθούν τα σχεδιαστικά βήματα και να παραχθούν τα σχέδια που θα εμπεριέχονται στα έγγραφα τεκμηρίωσης.

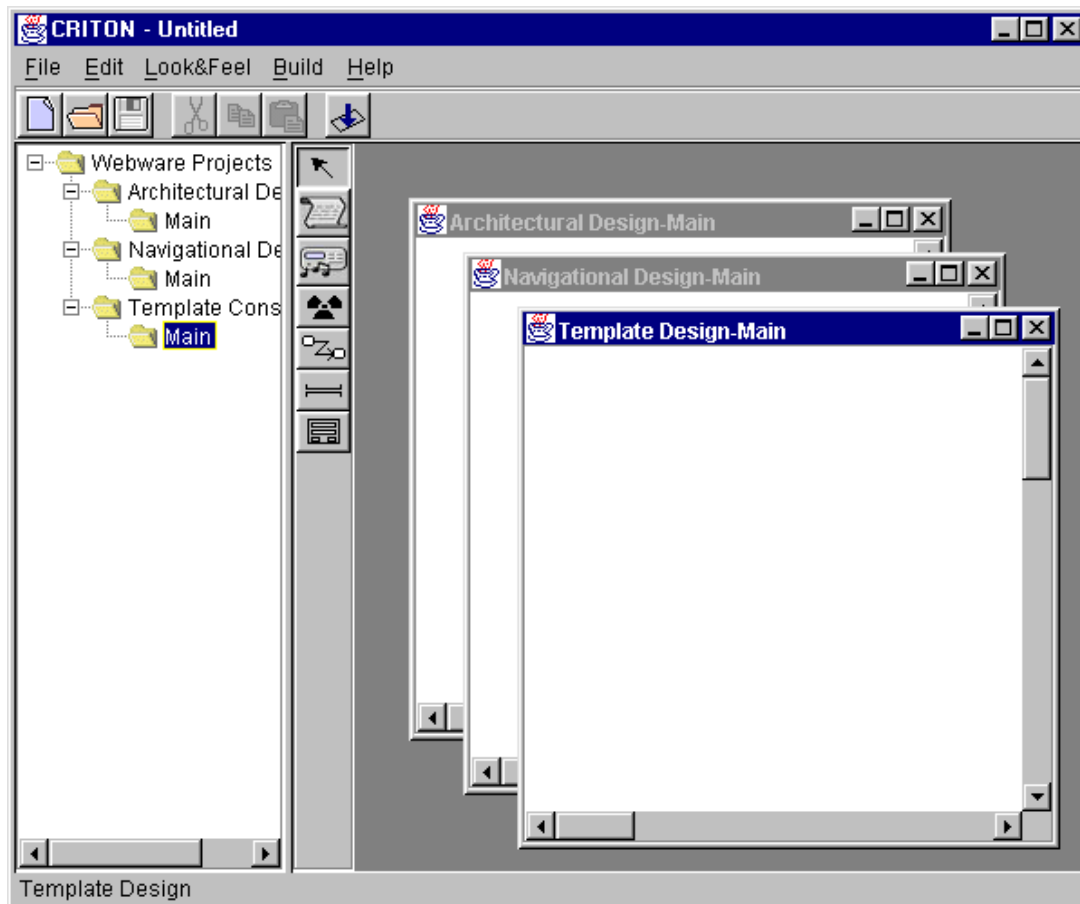
#### **4 Το εργαλείο CRITON**

Το εργαλείο CRITON [Αυγερίου 1999] έχει υλοποιηθεί με τη γλώσσα προγραμματισμού Java και προσφέρει ανεξαρτησία πλατφόρμας και λειτουργικού συστήματος για 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 4, 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.



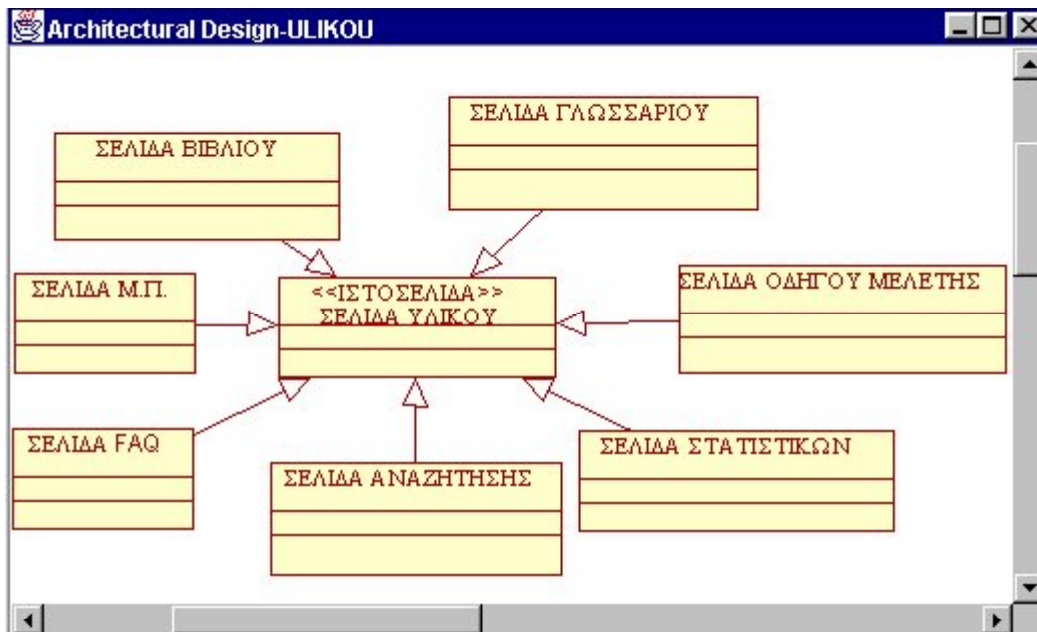
*Σχήμα 4. Μια αρχική οθόνη του εργαλείου CRITON.*

- *Λειτουργία Κατασκευής (Build)*, που παρέχει τη μοναδική επιλογή της παραγωγής της προ-επισκόπησης του δικτυακού 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 χωρίς την πρόσβαση στο κεντρικό μενού.

Το **δέντρο σχεδίασης του ΔΕΑ** είναι μια δεντρική δομή που αναπαριστά τις διάφορες κατηγορίες σχεδίων, δηλαδή την αρχιτεκτονική, την σχεδίαση πλοήγησης και τη σχεδίαση μήτρων 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.



Σχήμα 5. Οι σελίδες υλικού που θα χρησιμοποιηθούν για το ΔΕΛ της γλώσσας XML.

## 5 Η σχεδίαση με το εργαλείο CRITON

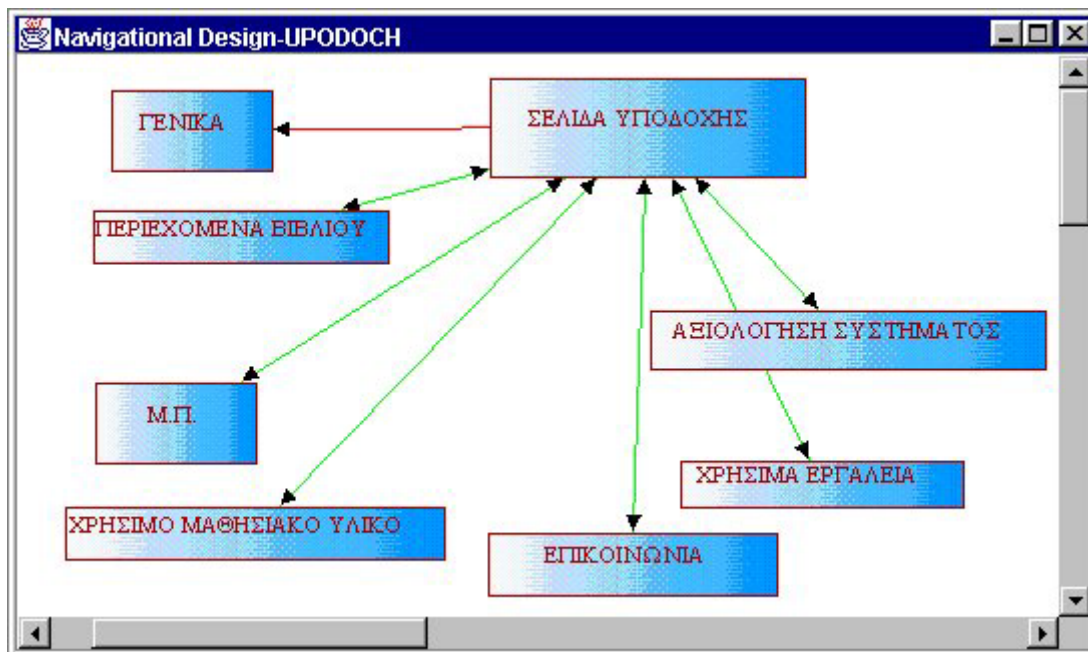
### 5.1 Αρχιτεκτονική σχεδίαση

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 αποτελείται από μια κλάση “Σελίδες Υλικού” στερεοτύπου ιστοσελίδας υλικού, 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 στατιστικών στοιχείων, σελίδα οδηγού μελέτης και σελίδα γλωσσάριου. Στο Σχήμα 5 φαίνεται ένα σχέδιο μοντελοποίησης με το CRITON.

### 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 μητρών 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





Σχήμα 6. Σχήμα πλοήγησης της σελίδας υποδοχής του ΔΕΛ “Εισαγωγή στη γλώσσα XML”.

από το μαθησιακό υλικό και όταν στη συνέχεια έχει σχεδιαστεί με πιο λεπτομέρεια το περιεχόμενο κάθε ιστοσελίδας, προσθέτονται οι σύνδεσμοι που είναι εξαρτημένοι από το μαθησιακό υλικό. Στο Σχήμα 6 φαίνεται ένα παράδειγμα ενός σχεδίου πλοήγησης που αναφέρεται στη σελίδα υποδοχής του ΔΕΛ “Εισαγωγή στη γλώσσα XML”.

### 5.3 Κατασκευή μητρών οθονών

Η διαδικασία της σχεδίασης της διαπροσωπείας αρχίζει με τη σχεδίαση των μήτρων οθόνης των τύπων ιστοσελίδων και ολοκληρώνεται με τη σχεδίαση των μήτρων οθόνης των ιστοσελίδων χωριστά. Αφού καθοριστεί λοιπόν ο τύπος σε μια ιστοσελίδα στο σχέδιο πλοήγησης, αυτόματα κάτω από τον κόμβο Template Construction 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 ορίζονται meta-data. Στο Σχήμα 7 φαίνονται τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται για τη σχεδίαση μια μήτρας οθόνης και στο Σχήμα 8 φαίνεται η μήτρα διαπροσωπείας για την ιστοσελίδα “παράγραφος Βιβλίου” του ΔΕΛ “Εισαγωγή στη γλώσσα XML”.

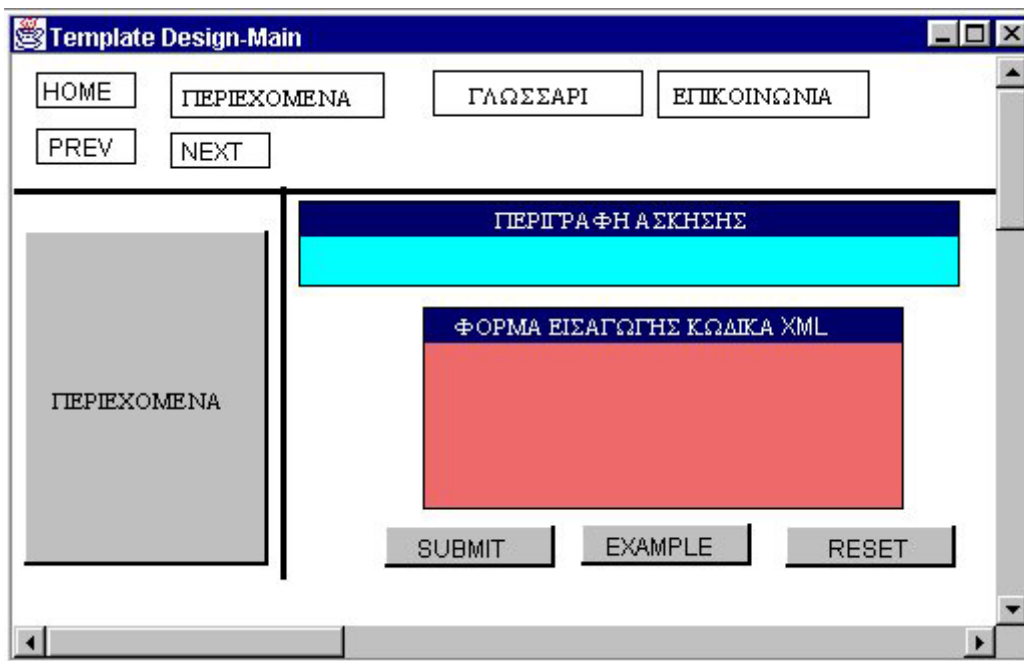
Κάθε σχέδιο που παράγεται στη διάρκεια των σχεδιαστικών βημάτων μπορεί να εξαχθεί από το εργαλείο στο γραφικό πρότυπο JPEG. Αυτό σημαίνει ότι, δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί το εργαλείο για να επεξεργαστούν τα σχέδια, αλλά αρκεί ένα πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας (όπως για παράδειγμα το Adobe 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.

## 6 Αξιολόγηση

Το ΔΕΛ ως μια πολυσύνθετη υπερμεσική εφαρμογή αποτελεί αντικείμενο έρευνας της μηχανικής διαδικτυακού εκπαιδευτικού λογισμικού (webware engineering). Η γνωστική αυτή



Σχήμα 7. Σύμβολα σχεδίασης μήτρας οθόνης.



Σχήμα 8. Η μήτρα οθόνης για τον τύπο “Παράγραφος Βιβλίου”.

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.

Η μεθοδολογία 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/>].

Το εργαλείο CRITON υποστηρίζει τη μέθοδο σχεδίασης ΔΕΛ, CADMOS-D. Ανήκει στην ειδική κατηγορία των **εργαλείων σχεδίασης-υλοποίησης** υπερμεσικών εφαρμογών. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν 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 WYSIWYG περιβάλλον 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 δικτυακών 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 μήτρων 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.

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 [Isakowitz et al. 1995] και το εργαλείο OOHDM-Web που ακολουθεί τις αρχές της μεθόδου σχεδίασης OOHDM [Scwabe & 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 όλων των παραπάνω στην αρχιτεκτονική σχεδίαση και στη σχεδίαση πλοήγησης και μητρών οθονών, καθώς επίσης και στη δυνατότητα προεπισκόπησης του διαδικτυακού τύπου.

Η βασική πρωτοτυπία, όμως, του 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 πολλά στοιχεία, όπως η εισαγωγή meta-data των ψηφίδων και των στοιχεία που περιέχονται σε αυτές.

Το εργαλείο CRITON αποτελεί οπωσδήποτε ένα χρήσιμο 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.

## **Βιβλιογραφία**

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.

- 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/>.
- T. Isakowitz, Edward. A. Stohr, & P. Balasubramanian (1995). RMM: A Methodology for Structured Hypermedia Design, *Communications of the ACM*, Vol. 35, no. 8, August.
- 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.
- 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, 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.
- D. Scwhabe & 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.
- E. Skordalakis (1999). YASM: Yet another software development methodology, Τεχνική Έκθεση, Εργαστήριο Τεχνολογίας Λογισμικού, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Διαθέσιμη στο URL <ftp://ftp.softlab.ntua.gr/pub/yasm.doc>.
- Wasson, B. (1997) Advanced Educational Technologies: The Learning Environment, *Computers in Human Behavior*, 13, 4.