

Τμήμα  
Πληροφορικής



Πανεπιστήμιο  
Πειραιώς

407

Μαρία Μουντριδου

**ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ  
ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ ΕΥΦΥΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ  
ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΧΡΗΣΤΩΝ -  
ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ**

Διδακτορική Διατριβή



00143682

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ	
ΑΡ. ΕΙΣ.	43682
COMP.	25604
ΤΑΞΙΝ.	3F13'9445 μου
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	

Πειραιώς 2002

## Πρόλογος

Η έρευνα που παρουσιάζεται στην παρούσα διατριβή διεξήχθη από τον Μάιο του 1997 ως τον Μάιο του 2002 στο Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Το θέμα της έρευνας αποτελούν τα Διαδίκτυακά Εργαλεία Συγγραφής Ευφών Διδακτικών Συστημάτων. Η περιοχή αυτή συγκεντρώνει παγκοσμίως μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον γιατί αυτά τα εργαλεία μπορούν να παρέχουν σύνθετα περιβάλλοντα ανάπτυξης πολλαπλών ευφών εκπαιδευτικών εφαρμογών στο Διαδίκτυο. Τέτοιου είδους εκπαιδευτικές εφαρμογές είναι πλέον αναγκαίες για να συμπληρώσουν τα εκπαιδευτικά μέσα σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Όμως τόσο η διαδικασία ανάπτυξης αυτών των εργαλείων όσο και τα ίδια τα εργαλεία καθώς και η αρχιτεκτονική τους αποτελούν θέματα για έρευνα δεδομένου ότι τα μέχρι τώρα αποτελέσματα είναι λίγα και ελλιπή.

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής, αναπτύχθηκε ένα τέτοιο εργαλείο για σχετικά με την Άλγεβρα γνωστικά πεδία, το οποίο ονομάζεται WEAR. Η ανάλυση απαιτήσεων που οδήγησε στο σχεδιασμό του συστήματος βασίστηκε σε μια εκτεταμένη εμπειρική μελέτη με τη συμμετοχή καθηγητών και μαθητών. Από την μελέτη αυτή προέκυψε η ιδέα της μοντελοποίησης καθηγητών ως μέσο για την υποστήριξη τους στην συγγραφή των Ευφών Διδακτικών Συστημάτων με το σύστημα. Εξετάστηκε επίσης πώς αυτή η προσέγγιση μπορεί να είναι επωφελής και για άλλα Εργαλεία Συγγραφής Ευφών Διδακτικών Συστημάτων και καθορίστηκε ένα γενικό πλαίσιο για την ενσωμάτωση τμήματος μοντελοποίησης καθηγητή στην αρχιτεκτονική των συστημάτων αυτών. Τέλος, διεξήχθησαν και περιγράφονται τρεις μελέτες αξιολόγησης του WEAR. Η πρώτη αφορά στις ειδικές δυνατότητες που παρέχει το σύστημα στους καθηγητές μέσω των μοντέλων καθηγητών που διατηρεί. Τα αποτελέσματα της μελέτης κρίνονται ιδιαίτερα ενθαρρυντικά για την πρωτότυπη αυτή προσέγγιση που ακολουθεί το WEAR. Οι άλλες δύο μελέτες αφορούν στο σύστημα διεπαφής των ΕΔΣ που παράγει το WEAR και το οποίο περιλαμβάνει έναν

ομιλούντα κινούμενο πράκτορα. Τα θετικά αποτελέσματα από αυτές τις μελέτες σχετίζονται κυρίως με την θετική εμπειρία που αισθάνονται οι μαθητές ότι έχουν όταν αλληλεπιδρούν με τον πράκτορα και στο επακόλουθο αυτού που είναι η αυξημένη δραστηριοποίησή τους στην εργασία με το σύστημα.

Η ανάπτυξη νέων συστημάτων όπως το WEAR, που υλοποιούν τα τρέχοντα ερευνητικά πορίσματα και ολοκληρώνουν τις σύγχρονες τεχνολογίες είναι σημαντική για την προαγωγή της έρευνας στην περιοχή αυτή. Αυτό συμβαίνει διότι ακόμα υπάρχει μικρός αριθμός Εργαλείων Συγγραφής Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων και ακόμα μικρότερος αριθμός Διαδικτυακών τέτοιων εργαλείων χωρίς ολοκληρωμένη άποψη για τη λειτουργικότητά τους. Επιπλέον, η εκτεταμένη εμπειρική μελέτη που διεξήχθη στο πλαίσιο της ανάλυσης και σχεδιασμού του WEAR αποτελεί ερευνητική συνεισφορά για δύο λόγους. Πρώτον, οδήγησε στον καινοτόμο σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής ενός τέτοιου εργαλείου και δεύτερον μπορεί αναμφισβήτητα να διευκολύνει και να προάγει τις μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες. Αξίζει να σημειωθεί ότι παρόλο που η χρησιμότητα τέτοιων μελετών αναγνωρίζεται από την πλειοψηφία των ερευνητών, στη διεθνή βιβλιογραφία διαπιστώνεται η σπανιότητά τους.

Η μοντελοποίηση των καθηγητών και γενικότερα η ενδυνάμωση του ρόλου τους που πραγματοποιεί το WEAR, αποτελεί καινοτόμο χαρακτηριστικό για την ερευνητική περιοχή. Η εμπειρία με το WEAR και η μελέτη της βιβλιογραφίας υπέδειξε ότι τα περισσότερα Εργαλεία Συγγραφής θα μπορούσαν να επωφεληθούν από την ενσωμάτωση στην αρχιτεκτονική τους ενός τμήματος μοντελοποίησης καθηγητών, το οποίο θα συνέβαλλε στην παραγωγή περισσότερου αποτελεσματικών Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων.

Τέλος, η αξιολόγηση των εργαλείων συγγραφής είναι μία δύσκολη διεργασία λόγω των πολυάριθμων χαρακτηριστικών που ενσωματώνουν αυτά τα συστήματα και λόγω του ότι απευθύνονται σε δύο τάξεις χρηστών, τους καθηγητές που συγγράφουν τα Ευφυή Διδακτικά Συστήματα και τους μαθητές που τα χρησιμοποιούν. Επιπλέον, δεν υπάρχει ολοκληρωμένη μεθοδολογία στην οποία να μπορεί να στηριχθεί μια τέτοια αξιολόγηση. Επομένως, η διενέργεια μελετών αξιολόγησης, όπως αυτές που

έγιναν για το WEAR, είναι ιδιαίτερα σημαντική για την έρευνα στην περιοχή γιατί τα αποτελέσματά τους μπορούν να βοηθήσουν αποτελεσματικά στην ανάπτυξη μελλοντικών συστημάτων.

Η έρευνα που παρουσιάζεται στη διατριβή αυτή δεν θα μπορούσε να έχει διεξαχθεί χωρίς την βοήθεια, την υποστήριξη και την ενθάρρυνση της επιβλέπουσας καθηγήτριάς μου κυρίας Μαρίας Βίρβου, Επίκουρου Καθηγήτριας στο Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς επιτροπής μου, οι κ.κ. Γεώργιος Βασιλακόπουλος, Καθηγητής και Θεμιστοκλής Παναγιωτόπουλος, Επίκουρος Καθηγητής, καθώς και ο Καθηγητής κος Νικόλαος Αλεξανδρής, βοήθησαν στην ομαλή και αποτελεσματική ένταξή μου ως υποψήφιας διδάκτορος στο Τμήμα Πληροφορικής και τους ευχαριστώ.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της επταμελούς επιτροπής εξέτασης της διατριβής, τους κ.κ. Θεόδωρο Καλαμπούκη, Καθηγητή και Αντιπρύτανη του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Αριστοτέλη Ράπτη, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Αθηνών, Χρήστο Δουληγέρη, Αναπληρωτή Καθηγητή του Πανεπιστημίου Πειραιώς και Νικόλαο Μαλεύρη, Επίκουρο Καθηγητή του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών για τις υποδείξεις και τα εποικοδομητικά τους σχόλια.

Ευχαριστώ ακόμα, τους υποψήφιους διδάκτορες και τους προπτυχιακούς φοιτητές του Τμήματος που συμμετείχαν σε αρκετά κουραστικές μελέτες αξιολόγησης και συμπλήρωσαν πολλές σελίδες ερωτηματολογίων!

Πολύτιμη ήταν επίσης η βοήθεια των Ηλία Μαραγκού και Βασιλή Μπελεσιώτη που προσέφεραν τη γνώμη τους ως εμπειρογνώμονες καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο πλαίσιο της ανάλυσης απαιτήσεων του WEAR. Για τον ίδιο σκοπό συνέβαλε σημαντικά και ο Παναγιώτης Βλάμος που διέθεσε τους μαθητές του φροντιστηρίου του για να συμμετάσχουν στο πείραμα.

Τα πέντε χρόνια στο Πανεπιστήμιο Πειραιά είχα την τύχη να τα μοιράζομαι με μεταπτυχιακούς και προπτυχιακούς φοιτητές που εκτιμώ βαθιά και χαίρομαι πολύ που γνώρισα. Τους ευχαριστώ που έκαναν τα χρόνια αυτά να περάσουν τόσο γρήγορα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου για την αισιοδοξία που μου μετέδιδαν και τους γονείς μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους σε όλα τα επίπεδα.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## Δημοσιεύσεις

Οι δημοσιεύσεις που αναφέρονται παρακάτω σχετίζονται με την έρευνα που παρουσιάζεται στην παρούσα διατριβή.

### (Α) Σε διεθνή περιοδικά μετά από πλήρη κρίση

1. Moundridou, M. & Virvou, M. (2002): Evaluating the persona effect of an interface agent in a tutoring system. *Journal of Computer Assisted Learning*. 18(3), 253-261.
2. Virvou, M. & Moundridou, M. (2001): Adding an instructor modelling component to the architecture of ITS authoring tools. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 12. 185-211.
3. Virvou, M. & Moundridou, M. (2000): A Web-based authoring tool for Algebra-related Intelligent Tutoring Systems. *Educational Technology & Society*. 3(2). 61-70.

Επίσης έχει γίνει δεκτή προς δημοσίευση η εξής εργασία:

4. Moundridou, M. & Virvou, M.: Analysis and design of a Web-based authoring tool generating Intelligent Tutoring Systems. *Computers and Education*.

### (Β) Σε διεθνή συνέδρια μετά από πλήρη κρίση

5. Moundridou, M. & Virvou, M. (2002): Empirical Analysis for the Design of a WWW Knowledge-based Authoring Tool. In: Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, to appear.
6. Moundridou, M. & Virvou, M. (2002): Evaluating the instructor support provided by a Web-based authoring tool for building adaptive courses. In: Petrushin, V., Kommers, P., Kinshuk & Galeev, I. (eds.): *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies; Media and the Culture of Learning –*

- ICALT 2002, IEEE Computer Society, Palmerston North, New Zealand, 408-413.
7. Moundridou, M. & Virvou, M. (2002): Authoring Intelligent Tutoring Systems over the World Wide Web. In: *Proceedings of the 2002 First International IEEE Symposium 'Intelligent Systems' - IS'2002*, Vol. 1, IEEE, 160-165.
  8. Moundridou, M. & Virvou, M. (2002): An empirical study for the development of a Web-based authoring tool for Intelligent Tutoring Systems. In: *Proceedings of 4th International Workshop on Computer Science and Information Technologies - CSIT 2002*, to appear.
  9. Moundridou, M. & Virvou, M. (2002): An authoring tool supporting instructors in the development of adaptive educational applications over the Web. In Fernstrom, K. (ed.): *Proceedings of the 3rd International Conference on Information Communication Technologies in Education*, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, 459-465.
  10. Moundridou, M. & Virvou, M. (2001): Authoring and Delivering Adaptive Web-Based Textbooks using WEAR. In: Okamoto, T., Hartley, R., Kinshuk & Klus, J.P. (eds.): *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies: Issues, Achievements, and Challenges - ICALT 2001*, IEEE Computer Society, Los Alamitos, California, 185-188.
  11. Moundridou, M. & Virvou, M. (2001): Evaluation of a Speech-Driven, Anthropomorphic Agent in the Interface of a Web-Based Intelligent Tutoring System. In: *Proceedings of TELEMATICA-2001, International Conference on Telematics and Web-Based Education*, Saint-Petersburg State Institute of Fine Mechanics and Optics, Saint-Petersburg, 51-52.
  12. Virvou, M. & Moundridou, M. (2001): Student and Instructor Models: Two Kinds of User Model and their Interaction in an ITS Authoring Tool. In: Bauer, M., Gmytrasiewicz, P. & Vassileva, J. (eds.): *User Modeling 2001: Proceedings of the 8th International Conference UM2001*, Lecture Notes in Artificial Intelligence (Subseries of Lecture Notes in Computer Science), Vol. 2109, Springer, Berlin, 158-167.

13. Virvou, M., Tsiiriga, V. & Moundridou, M. (2001): Adaptive Navigation Support in a Web-Based Software Engineering Course. In: Spyrou, C. (ed.): *Proceedings of the 2nd International Conference on Technology in Teaching and Learning in Higher Education*, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, 333-338.
14. Virvou, M. & Moundridou, M. (2000): Modelling the instructor in a Web-based authoring tool for Algebra-related ITSs. In: Gauthier, G., Frasson, C. & VanLehn, K. (eds.): *Intelligent Tutoring Systems: Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems – ITS 2000*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1839, Springer, Berlin, 635-644.
15. Virvou, M., Moundridou, M., Loizos, M., Papachristou, A. & Polyzotis, N. (2000): A Web-based educational tool for solving equations. In: Bourdeau J. & Heller R. (eds.): *Proceedings of ED-MEDLA 2000, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, AACE, Charlottesville VA, 1799.
16. Virvou, M., Sgouros, N., Moundridou, M. & Manargias, D. (2000): Using a speech-driven, anthropomorphic agent in the interface of a WWW educational application. In: Bourdeau J. & Heller R. (eds.): *Proceedings of ED-MEDLA 2000, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, AACE, Charlottesville VA, 1724-1726.
17. Virvou, M. & Moundridou, M. (1999): An authoring tool for Algebra-related domains. In: Bullinger, H.-J., Ziegler, J. (eds.): *Human-Computer Interaction: Communication, Cooperation, and Application Design, Proceedings of the 8th International Conference on Human-Computer Interaction - HCI International '99*, Vol. 2. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah NJ, 647-651.
18. Virvou, M. & Moundridou, M. (1999): Authoring tool for applied mathematics. In: Collis, B. & Oliver, R. (eds.): *Proceedings of ED-MEDLA 99, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, Vol. 2. AACE, Charlottesville VA, 1691.
19. Alexandris, N., Virvou, M. & Moundridou, M. (1998): A Multimedia Tool for Teaching Geometry at Schools. In: Ottmann, T. & Tomek, I. (eds.): *Proceedings*

(Γ) Σε ελληνικά συνέδρια μετά από πλήρη κρίση

20. Moundridou, M. & Virvou, M. (2002): WEAR: A Web-Based Authoring Tool for Building Intelligent Tutoring Systems. In Vlahavas, I.P. & Spyropoulos, C.D. (eds.): *Proceedings (Companion Volume) of the 2nd Hellenic Conference on Artificial Intelligence, SETN-2002*, A.T.E.I. of Thessaloniki, Thessaloniki, 203-214.
21. Moundridou, M. & Virvou, M. (2001): Evaluating the Impact of Interface Agents in an Intelligent Tutoring Systems Authoring Tool. In: Avouris, N. & Fakotakis, N. (eds.): *Advances in Human-Computer Interaction I: Proceedings of the Panhellenic Conference with International participation in Human-Computer interaction – PC-HCI 2001*, Typorama Publications, Patras, 371-376.



# Περιεχόμενα

<b>Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή</b> .....	<b>1</b>
1.1 Ερευνητικό πεδίο.....	1
1.1.1 Ευφυή Διδακτικά Συστήματα και Διαδίκτυο.....	2
1.1.2 Εργαλεία Συγγραφής Ευφώνων Διδακτικών Συστημάτων.....	3
1.2 Γενική περιγραφή του πρωτότυπου συστήματος WEAR.....	5
1.2.1 Ανάλυση και σχεδιασμός του WEAR.....	6
1.2.2 Αρχιτεκτονική και λειτουργικότητα του WEAR.....	8
1.2.3 Αξιολόγηση του WEAR.....	10
1.3 Δομή της δικτριβής.....	14
<b>Κεφάλαιο 2 Ευφυή Διδακτικά Συστήματα</b> .....	<b>18</b>
2.1 Εισαγωγή.....	18
2.2 Από τα Συστήματα Διδασκαλίας Βοηθούμενης από Υπολογιστή στα Ευφυή Διδακτικά Συστήματα.....	19
2.3 Αρχιτεκτονική των Ευφώνων Διδακτικών Συστημάτων.....	21
2.3.1 Γνώση Πεδίου.....	22
2.3.2 Μοντέλο Μαθητή.....	23
2.3.2.1 Μοντέλα στερεοτύπων.....	25
2.3.2.2 Μοντέλα επίστροφης.....	26
2.3.2.3 Διαφορική μοντελοποίηση.....	27
2.3.2.4 Μοντέλα παρεκκλίσεων (θεωρία λαθών).....	28
2.3.3 Τμήμα Διδασκαλίας.....	31
2.3.4 Σύστημα Διεπαφής.....	33
2.4 Ευφυή Διδακτικά Συστήματα και Διαδίκτυο.....	34
2.4.1 Τεχνολογίες προσαρμογής στα Προσαρμοστικά και Ευφυή Διαδίκτυα Εκπαιδευτικά Συστήματα.....	35
2.4.1.1 Προσαρμογή της σειράς παρουσίασης του διδακτικού υλικού.....	36
2.4.1.2 Υποστήριξη επίλυσης προβλημάτων.....	37
2.4.1.3 Προσαρμοστική παρουσίαση.....	38
2.4.1.4 Υποστήριξη προσαρμοστικής πλοήγησης.....	39
2.4.1.5 Προσαρμοστική υποστήριξη συνεργασίας.....	40
2.5 Αξιολογήσεις Ευφώνων Διδακτικών Συστημάτων.....	40
2.5.1 Αξιολογήσεις ΕΔΣ με κριτήριο τη μείωση χρόνου.....	41
2.5.2 Αξιολογήσεις ΕΔΣ με κριτήριο τη βελτίωση απόδοσης.....	42
2.6 Προβλήματα των Ευφώνων Διδακτικών Συστημάτων.....	43
<b>Κεφάλαιο 3 Εργαλεία Συγγραφής Ευφώνων Διδακτικών Συστημάτων</b> .....	<b>46</b>
3.1 Εισαγωγή.....	46
3.2 Κατηγορίες Εργαλείων Συγγραφής Ευφώνων Διδακτικών Συστημάτων.....	47
3.3 Λειτουργικότητα των Εργαλείων Συγγραφής Ευφώνων Διδακτικών Συστημάτων.....	52
3.3.1 Συγγραφή του Συστήματος Διεπαφής.....	52
3.3.2 Συγγραφή της Γνώσης Πεδίου.....	53
3.3.3 Συγγραφή του Τμήματος Διδασκαλίας.....	55
3.3.4 Συγγραφή του Μοντέλου Μαθητή.....	56
3.4 Προβλήματα χρήσης και ανάπτυξης Εργαλείων Συγγραφής Ευφώνων Διδακτικών Συστημάτων.....	56
<b>Κεφάλαιο 4 Απόκτηση Γνώσης για την Ανάπτυξη ενός Εργαλείου Συγγραφής Ευφώνων Διδακτικών Συστημάτων</b> .....	<b>58</b>
4.1 Εισαγωγή.....	58
4.2 Μελέτη για την κατασκευή των ΕΔΣ.....	62
4.2.1 Περιγραφή του πακέτου.....	62
4.2.2 Ανάλυση των αποτελεσμάτων – Σχεδιαστικές αποφάσεις.....	63

4.3 Μελέτη για τη διαδικασία συγγραφής των ΕΔΣ.....	72
4.3.1 Περιγραφή του πειράματος.....	72
4.3.2 Ανάλυση των αποτελεσμάτων – Σχεδιαστικές αποφάσεις.....	73
4.4 Αξιολόγηση των σχεδιαστικών αποφάσεων.....	76
4.5 Συμπεράσματα.....	79
<b>Κεφάλαιο 5 Το Εργαλείο Συγγραφής Ευφών Διδακτικών Συστημάτων WEAR....</b>	<b>83</b>
5.1 Εισαγωγή.....	83
5.2 Αρχιτεκτονική του WEAR.....	84
5.3 Λειτουργικότητα του WEAR.....	89
5.3.1 Λειτουργικότητα του Εργαλείου Συγγραφής.....	89
5.3.1.1 Περιγραφή του γνωστικού πεδίου.....	89
5.3.1.2 Κατασκευή προβλημάτων.....	91
5.3.1.3 Αναζήτηση και επιλογή υπαρχόντων προβλημάτων.....	97
5.3.1.4 Κατασκευή ασκήσεων πολλαπλής επιλογής.....	100
5.3.1.5 Κατασκευή προσαρμοστικών ηλεκτρονικών βιβλίων.....	100
5.3.2 Λειτουργικότητα των παραγόμενων Ευφών Διδακτικών Συστημάτων.....	103
5.3.2.1 Επίλυση προβλημάτων.....	103
5.3.2.2 Χρήση των προσαρμοστικών ηλεκτρονικών βιβλίων.....	108
5.3.2.3 Ασκήσεις πολλαπλής επιλογής.....	113
5.4 Συμπεράσματα.....	114
<b>Κεφάλαιο 6 Μοντελοποίηση Μαθητών και Καθηγητών στο WEAR.....</b>	<b>116</b>
6.1 Εισαγωγή.....	116
6.2 Μοντελοποίηση μαθητή.....	117
6.3 Μοντελοποίηση καθηγητή.....	120
6.4 Αλληλεπίδραση μεταξύ μοντέλων μαθητή - καθηγητή.....	127
6.5 Συμπεράσματα.....	129
<b>Κεφάλαιο 7 Γενικευμένη Χρησιμότητα της Μοντελοποίησης Χρηστή-Καθηγητή στα ΕΣΕΔΣ.....</b>	<b>130</b>
7.1 Εισαγωγή.....	130
7.2 Ορισμός του προβλήματος.....	131
7.3 ΕΣΕΔΣ και μοντελοποίηση καθηγητή.....	135
7.4 Γενικό πλαίσιο μοντελοποίησης καθηγητή στα ΕΣΕΔΣ.....	143
7.4.1 Χρήσεις ενός τμήματος μοντελοποίησης καθηγητή.....	143
7.4.2 Περιεχόμενα ενός μοντέλου καθηγητή.....	149
7.4.3 Πηγές πληροφόρησης για τα μοντέλα καθηγητή.....	150
7.5 Συμπεράσματα.....	153
<b>Κεφάλαιο 8 Μελέτες Αξιολόγησης του WEAR.....</b>	<b>154</b>
8.1 Εισαγωγή.....	154
8.2 Αξιολόγηση της ανάγκης ενσωμάτωσης του τμήματος μοντελοποίησης καθηγητή.....	155
8.2.1 Περιγραφή της μελέτης.....	155
8.2.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	158
8.3 Αξιολογήσεις του συστήματος διεπαφής των παραγόμενων ΕΔΣ.....	161
8.3.1 Εισαγωγή.....	161
8.3.2 Αξιολόγηση ενός ανθρωπόμορφου ομιλούντος προσώπου.....	163
8.3.2.1 Η διαδικασία του πειράματος.....	164
8.3.2.2 Η συμπεριφορά των μαθητών κατά την αλληλεπίδρασή τους με το σύστημα.....	166
8.3.2.3 Υποκειμενική εμπειρία των μαθητών από το σύστημα.....	167
8.3.2.4 Μαθησιακά αποτελέσματα.....	169
8.3.2.5 Συμπεράσματα της μελέτης.....	171
8.3.3 Αξιολόγηση ενός ομιλούντος καρτούν χαρακτήρα.....	172
8.3.3.1 Η διαδικασία του πειράματος.....	174
8.3.3.2 Σύγκριση εκδόσεων με και χωρίς τον πράκτορα.....	175
8.3.3.3 Σύγκριση εκδόσεων με τον πράκτορα-συμμεθητή και με τον πράκτορα-καθηγητή.....	177
8.3.3.4 Συμπεράσματα.....	178
<b>Κεφάλαιο 9 Συμπεράσματα.....</b>	<b>180</b>

9.1 Σύνοψη του ερευνητικού έργου.....	180
9.2 Συνεισφορά στην ερευνητική περιοχή .....	182
9.2.1 Το Εργαλείο Συγγραφής Ευφρών Διδακτικών Συστημάτων WEAR .....	183
9.2.2 Απόκτηση γνώσης για την ανάλυση και τον σχεδιασμό του WEAR .....	185
9.2.3 Μοντελοποίηση καθηγητών .....	186
9.2.4 Αποτελέσματα μελετών αξιολόγησης .....	187
9.3 Ανοιχτά ερευνητικά πεδία .....	188
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>190</b>

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Ερευνητικό πεδίο

Οι υπολογιστές χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση εδώ και πολλά χρόνια. Οι έρευνες σε αυτήν την περιοχή έχουν στραφεί στη Διδασκαλία Βοηθούμενη από Υπολογιστή (Computer Aided Instruction), στα Ευφυή Διδακτικά Συστήματα (Intelligent Tutoring Systems) και προσφάτως στην εκπαίδευση μέσω Διαδικτύου (Web-based education). Επίσης, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη για υψηλής ποιότητας εκπαιδευτικό λογισμικό που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε πραγματικές συνθήκες. Σε πολλές περιπτώσεις έχουν καταγραφεί εθνικές προσπάθειες για την εισαγωγή εκπαιδευτικού λογισμικού σε σχολεία (π.χ. Alexandris, Virvou & Moundtidou, 1998) και στην ανώτερη εκπαίδευση (π.χ. Gilbert, 1999). Επίσης, πολυάριθμα είναι και τα έργα που υλοποιούνται από Πανεπιστημιακά ιδρύματα και αφορούν στην ενσωμάτωση και χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού στα μαθήματά τους (π.χ. Berz, Erdelyi & Hoefkens, 1999).

### 1.1.1 Ευφυή Διδακτικά Συστήματα και Διαδίκτυο

Συγκεκριμένα τα Ευφυή Διδακτικά Συστήματα – ΕΔΣ που αποτελούν και την ερευνητική βάση αυτής της διατριβής, έχουν την δυνατότητα να παρουσιάζουν το διδακτικό υλικό με έναν προσαρμοστικό τρόπο και να παρέχουν στους μαθητές εξατομικευμένη διδασκαλία και ανάδραση. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση τεχνικών και μεθόδων από την περιοχή της Τεχνητής Νοημοσύνης και γι' αυτό το λόγο η ερευνητική περιοχή που ασχολείται με τα ΕΔΣ αναφέρεται και ως «Τεχνητή Νοημοσύνη στην εκπαίδευση».

Από την άλλη πλευρά, η εκπαίδευση μέσω Διαδικτύου έχει πολυάριθμα πλεονεκτήματα όπως την ευκολία της παρακολούθησης μαθημάτων από το σπίτι ή το χώρο εργασίας και το μειωμένο κόστος. Επίσης, οι δάσκαλοι και οι ερευνητές στο χώρο της εκπαίδευσης βρίσκονται μπροστά σε πρωτοφανείς ευκαιρίες και προκλήσεις να προσαρμόσουν τις τεχνολογίες δικτύων στις τάξεις και τα ερευνητικά τους πεδία (Chou, 1999). Ωστόσο οι περισσότερες εκπαιδευτικές εφαρμογές που λειτουργούν στο Διαδίκτυο είναι απλά ηλεκτρονικά βιβλία με ιδιαίτερα περιορισμένη αλληλεπιδραστικότητα και προσαρμοστικότητα. Ειδικά όμως στο περιβάλλον του Διαδικτύου, η προσαρμοστικότητα των εκπαιδευτικών εφαρμογών είναι ιδιαίτερα σημαντική για δύο κυρίως λόγους. Πρώτον, οι περισσότερες Διαδικτυακές εφαρμογές απευθύνονται σε ένα ευρύτερο σύνολο χρηστών από αυτό στο οποίο απευθύνεται μία αυτόνομη (standalone) εφαρμογή. Επομένως, μία εφαρμογή Διαδικτύου που είναι σχεδιασμένη για μία συγκεκριμένη τάξη χρηστών μπορεί να μην ταιριάζει σε άλλους χρήστες εάν δεν διαθέτει υψηλό βαθμό προσαρμοστικότητας. Δεύτερον, στις περισσότερες περιπτώσεις ο μαθητής-χρήστης μιας Διαδικτυακής εκπαιδευτικής εφαρμογής δουλεύει μόνος του με το σύστημα χωρίς την παρουσία ενός πραγματικού δασκάλου που θα μπορούσε να του παρέχει εξατομικευμένη βοήθεια.

Η προσαρμοστικότητα και η αλληλεπιδραστικότητα είναι χαρακτηριστικά που συναντάμε στα ΕΔΣ. Συνεπώς, διαφαίνεται πως η ενσωμάτωση της τεχνολογίας των ΕΔΣ στην εκπαίδευση από απόσταση (και ειδικά στην εκπαίδευση μέσω Διαδικτύου) μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευεργετική για τους διδακτικούς και μαθησιακούς στόχους. Πράγματι, στη βιβλιογραφία αναφέρεται ένας αριθμός ΕΔΣ που «μεταφέρθηκαν»

στο Διαδίκτυο (π.χ. Alpert, Singley & Fairweather, 1999; Ritter, 1997) και άλλα που κατασκευάστηκαν εξ' αρχής γι' αυτό (π.χ. Eliot, Neiman & Lamar, 1997; Peylo, Thelen, Rollinger & Gust, 2000).

Τα ΕΔΣ έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικά στο να αυξάνουν τη δραστηριοποίηση και επίδοση των μαθητών συγκριτικά με παραδοσιακές διδακτικές μεθόδους και επομένως μπορούν να βελτιώνουν σημαντικά τα μαθησιακά αποτελέσματα (Mark & Greer, 1991; Shute & Glaser, 1990). Ωστόσο τα ΕΔΣ συχνά βρίσκονται στο στόχαστρο αυστηρής κριτικής με το επιχείρημα ότι αποτελούν μόνο ερευνητικά προϊόντα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πραγματικά περιβάλλοντα (Mc Graw, 1994). Ένας λόγος για τον σκεπτικισμό με τον οποίο αντιμετωπίζονται τα ΕΔΣ είναι η δυσκολία της ανάπτυξης ενός Ευφυούς Διδακτικού Συστήματος ακόμα και για περιορισμένου εύρους γνωστικά πεδία. Για παράδειγμα, οι Woolf & Cunningham (1987) έχουν υπολογίσει ότι χρειάζονται περισσότερες από 200 ώρες ανάπτυξης ενός ΕΔΣ για να καλυφθεί διδακτικό υλικό μιας ώρας, το οποίο μάλιστα στις περισσότερες των περιπτώσεων δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Επιπλέον, η ανάπτυξη ενός ΕΔΣ απαιτεί την εμπλοκή μεγάλου αριθμού ατόμων συμπεριλαμβανομένων εμπειρογνομόνων του γνωστικού πεδίου, καθηγητών και προγραμματιστών. Τέλος, η αποδοχή των ΕΔΣ από τους δασκάλους είναι συνήθως μικρή, λόγω της ανησυχίας τους ότι τα ΕΔΣ ενσωματώνουν τις πεποιθήσεις των σχεδιαστών τους και όχι τις παιδαγωγικές θέσεις των ίδιων (Major, 1995).

### 1.1.2 Εργαλεία Συγγραφής Ευφύων Διδακτικών Συστημάτων

Μια προσέγγιση για την επίλυση των παραπάνω προβλημάτων που θα οδηγήσει στην απλούστευση της κατασκευής πολλαπλών ΕΔΣ, είναι η ανάπτυξη Εργαλείων Συγγραφής για ΕΔΣ – ΕΣΕΔΣ (ITS authoring tools). Ο κύριος στόχος αυτών των εργαλείων είναι η παροχή ενός περιβάλλοντος που θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένα ευρύτερο φάσμα χρηστών για την εύκολη ανάπτυξη ΕΔΣ με χαμηλό κόστος. Τα ΕΣΕΔΣ έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών τα τελευταία χρόνια και πάνω από είκοσι τέτοια συστήματα έχουν κατασκευαστεί και αναφερθεί στη βιβλιογραφία. Ένας σημαντικός διαχωρισμός πρέπει να γίνει μεταξύ των εργαλείων συγγραφής που μπορούν να παράγουν ευφυή διδακτικά συστήματα και άλλων

εμπορικά διαθέσιμων εργαλείων συγγραφής τα οποία επιτρέπουν την παραγωγή εκπαιδευτικών (πολυμεσικών κυρίως ή Διαδικτυακών) εφαρμογών. Τα τελευταία, δίνουν τη δυνατότητα κατασκευής οπτικής ελκυστικών και αλληλεπιδραστικών οθονών πίσω από τις οποίες όμως υπάρχει μια ρηχή αναπαράσταση του περιεχομένου και των παιδαγωγικών στρατηγικών.

Τα υπάρχοντα ΕΣΕΔΣ έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ΕΔΣ σε διάφορα γνωστικά πεδία, όπως τα μαθηματικά, η συντήρηση εξοπλισμού, η εξυπηρέτηση πελατών, κ.λπ. Τα παραγόμενα ΕΔΣ στοχεύουν σε ένα ευρύ φάσμα μαθητών: από παιδιά δημοτικού σχολείου μέχρι μαθητευόμενους σε κάποια εργασία ενήλικες. Οι ουσιώδεις διαφορές όμως μεταξύ των ΕΣΕΔΣ δεν σχετίζονται ούτε με τα διαφορετικά γνωστικά πεδία των ΕΔΣ που παράγουν ούτε με τους διαφορετικούς πληθυσμούς εκπαιδευμένων στους οποίους αυτά απευθύνονται. Οι ουσιώδεις διαφορές μεταξύ των ΕΣΕΔΣ σχετίζονται με τις ανεξαρτήτως-πεδίου (domain independent) δυνατότητές τους. Κατά τον Murray (1999), βάσει αυτών των δυνατοτήτων τους τα ΕΣΕΔΣ μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα προσανατολισμένα στην λειτουργία (performance-oriented) ΕΣΕΔΣ που παρέχουν ένα αλληλεπιδραστικό περιβάλλον στο οποίο οι μαθητές μπορούν να εξασκηθούν και να αποκτήσουν επιδεξιότητες και στα προσανατολισμένα στην παιδαγωγική (pedagogy-oriented) ΕΣΕΔΣ που ασχολούνται με τη διαχείριση της σειράς παρουσίασης του διδακτικού υλικού.

Ενώ τα προσανατολισμένα στην παιδαγωγική ΕΣΕΔΣ δίνουν τη δυνατότητα της κατασκευής ΕΔΣ για οποιοδήποτε γνωστικό πεδίο, δεν παρέχουν πολλά παραπάνω από ένα προσαρμοστικό ηλεκτρονικό βιβλίο. Οι καθηγητές που εργάζονται με αυτά μπορούν να ορίζουν τη σειρά παρουσίασης του διδακτικού υλικού σε συνάρτηση με το επίπεδο γνώσεων και τα χαρακτηριστικά των μαθητών, να κατασκευάζουν απλές ασκήσεις (π.χ. ασκήσεις πολλαπλής επιλογής) και να επιλέγουν πότε και πώς θα εξετάζονται οι μαθητές, θα τους γίνονται υποδείξεις, κτλ. Τα προσανατολισμένα στην λειτουργία ΕΣΕΔΣ αντίθετα, παράγουν περισσότερο εξειδικευμένα ΕΔΣ με δυνατότητες επίλυσης προβλημάτων, προσομοίωσης φαινομένων, κ.λπ. Το αντίτιμο αυτών των δυνατοτήτων τους είναι ότι τα ΕΣΕΔΣ αυτά δεν είναι δυνατόν να έχουν ως πεδίο εφαρμογής κάθε γνωστικό πεδίο. Συνήθως, τα προσανατολισμένα στη

λειτουργία ΕΣΕΔΣ σχεδιάζονται έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή ΕΔΣ σε ένα σύνολο γνωστικών πεδίων με κοινά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, υπάρχουν εργαλεία συγγραφής που επιτρέπουν την δημιουργία ΕΔΣ που διδάσκουν τη λειτουργία και τη συντήρηση μηχανημάτων, ή άλλα που διδάσκουν την διάγνωση σφαλμάτων σε συσκευές.

Τα ΕΣΕΔΣ μπορούν πραγματικά να μειώσουν το κόστος ανάπτυξης ΕΔΣ (Murray, 1999). Επιπλέον μπορούν να παράγουν ΕΔΣ τα οποία ενσωματώνουν σε σημαντικό βαθμό τις προτιμήσεις των καθηγητών-συγγραφέων. Επομένως, η νέα σχετικές ερευνητική περιοχή των ΕΣΕΔΣ καταφέρνει να δώσει μέχρι κάποιου σημείου λύση στα προβλήματα της κατασκευής ΕΔΣ. Υπάρχουν όμως σημαντικά προβλήματα τα οποία συνδέονται και με τα ΕΣΕΔΣ, τόσο από πλευράς λειτουργικότητας όσο και ανάπτυξής τους.

Ο υψηλός βαθμός δυσκολίας και πολυπλοκότητας της κατασκευής ενός ΕΔΣ μεταβιβάζεται στην ανάπτυξη ενός ΕΣΕΔΣ που είναι μάλιστα διαδικασία ιδιαίτερα πολύπλοκη και σαφώς περισσότερο απαιτητική. Η αιτία αυτού είναι ότι τα ΕΣΕΔΣ πρέπει να λειτουργούν αποτελεσματικά σε δύο επίπεδα: σε πρώτο επίπεδο πρέπει να λειτουργούν αποτελεσματικά για τους καθηγητές που σκοπεύουν να κατασκευάσουν με αυτά ένα ΕΔΣ και σε δεύτερο επίπεδο πρέπει να ενσωματώνουν την εμπειρογνωμοσύνη που απαιτείται για την παραγωγή ΕΔΣ που θα λειτουργούν αποτελεσματικά για τους μαθητές. Επιπλέον, τα ΕΣΕΔΣ πρέπει να χρησιμοποιούν μεθόδους ανεξάρτητες του πεδίου (domain-independent) και να είναι αρκετά γενικά ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή πολλών ΕΔΣ.

## 1.2 Γενική περιγραφή του πρωτότυπου συστήματος WEAR

Το σύστημα που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής και ονομάζεται WEAR (WEb-based authoring tool for Algebra-Related Intelligent Tutoring Systems) (Moundridou & Viniou, 2002a; 2002c), ασχολείται με την παραγωγή ΕΔΣ σε μία ομάδα γνωστικών πεδίων που χαρακτηρίζονται από την εκτεταμένη χρήση αλγεβρικών εξισώσεων, ή με άλλα λόγια, πεδίων που μπορούν να περιγραφούν σε όρους μεταβλητών, μονάδων μέτρησης τους και σχέσεων που τις συνδέουν.

Παραδείγματα τέτοιων πεδίων είναι η Φυσική, η Χημεία, τα Οικονομικά και τα ίδια τα Μαθηματικά. Μία περιγραφή ενός μικρού μέρους του πεδίου της Φυσικής παρουσιάζεται στον πίνακα 1.1.

Περιγραφή μεταβλητής	Όνομα μεταβλητής	Μονάδα μέτρησης
Ταχύτητα	$v$	Μέτρα/δευτερόλεπτο
Αρχική ταχύτητα	$v_0$	Μέτρα/δευτερόλεπτο
Επιτάχυνση	$a$	Μέτρα/δευτερόλεπτο <sup>2</sup>
Δύναμη	$F$	Newtons
Χρόνος	$t$	Δευτερόλεπτα
Μάζα	$m$	Κιλά
Ορμή	$J$	Κιλά*μέτρα/δευτερόλεπτο
Εξισώσεις		
$F=m*a$	$J=m*v$	$v=v_0+a*t$

Πίνακας 1.1: Περιγραφή μέρους του πεδίου της Φυσικής

Η υπόθεση στην οποία στηρίχθηκε η ιδέα ανάπτυξης του WEAR είναι ότι σε όλα αυτά τα πεδία τα «σχετικά με την Άλγεβρα», υπάρχει μία παρόμοια προσέγγιση διδασκαλίας καθώς και παρόμοια διαδικασία επίλυσης προβλημάτων. Επομένως, θα ήταν χρήσιμη η ύπαρξη ενός εργαλείου συγγραφής που θα είχε κωδικοποιημένη από πριν τη γνώση που είναι κοινή για όλα αυτά τα πεδία και θα ζητούσε από τους καθηγητές να του παράσχουν μόνο τα δεδομένα για το συγκεκριμένο πεδίο του ΕΔΣ που θα κατασκευαστεί. Με τον τρόπο αυτό, το ΕΣΣΕΔΣ θα έχει τη δυνατότητα να παράγει ΕΔΣ τα οποία θα διδάσκουν στους μαθητές όλα αυτά τα γνωστικά πεδία υποστηρίζοντάς τους στην επίλυση προβλημάτων αλλά και παρέχοντάς τους διδακτικό υλικό προς μελέτη προσαρμοσμένο στις γνώσεις και τις ανάγκες τους. Το WEAR είναι επομένως ένα ΕΣΣΕΔΣ που συνδυάζει χαρακτηριστικά και των δύο κατηγοριών ΕΣΣΕΔΣ: είναι προσανατολισμένο στην λειτουργία, αφού παρέχει ένα αλληλεπιδραστικό περιβάλλον στο οποίο οι μαθητές μπορούν να εξασκηθούν και να αποκτήσουν επιδεξιότητες αλλά και προσανατολισμένο στην παιδαγωγική δεδομένου ότι ασχολείται και με τη διαχείριση της σειράς παρουσίασης του διδακτικού υλικού.

### 1.2.1 Ανάλυση και σχεδιασμός του WEAR

Προκειμένου να σχεδιαστεί ένα επιτυχημένο και αποτελεσματικό ΕΣΣΕΔΣ πρέπει να προηγηθεί μία προσεκτική και εκτεταμένη φάση ανάλυσης απαιτήσεων στην οποία να εμπλέκονται και οι δύο κατηγορίες χρηστών του συστήματος: οι καθηγητές και οι

μαθητές. Στόχος μιας τέτοιας μελέτης πρέπει να είναι η απόκτηση γνώσης από τους εμπειρογνώμονες και τα αποτελέσματά της μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για τον προσδιορισμό των απαιτήσεων του ΕΣΕΔΣ. Επιπλέον, η διεξαγωγή και μόνο τέτοιων μελετών είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς μπορεί να καθοδηγήσει την ανάπτυξη μελλοντικών ΕΣΕΔΣ.

Μια τέτοια μελέτη είναι αυτή που προηγήθηκε της κατασκευής του συστήματος WEAR (Moundridou & Virvou, 2002d; 2002g). Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής εκτός του ότι οδήγησαν στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη του WEAR, αποτελούν και συνεισφορά στην ερευνητική περιοχή των ΕΣΕΔΣ λόγω του ότι είναι γενικώς αναγνωρισμένη η σπανιότητα τόσο της διενέργειας τέτοιων μελετών όσο και της αναφοράς τους (Twidale, 1992).

Στις τρεις φάσεις της μελέτης διερευνήθηκαν διάφορα ζητήματα σχετικά με την στάση και τη συμπεριφορά καθηγητών και μαθητών. Η προσπάθεια αυτή αποδείχθηκε πραγματικά χρήσιμη στο να καθοριστούν οι κατευθυντήριες γραμμές σχεδιασμού για τα περιβάλλοντα συγγραφής και μάθησης του WEAR. Πέρα από τα πρακτικά θέματα που διερευνήθηκαν (π.χ. τα είδη των λαθών των μαθητών που τα ΕΔΣ θα έπρεπε να αναγνωρίζουν), η έμφαση που δόθηκε στη διερεύνηση των απόψεων και των ενεργειών των καθηγητών οδήγησε σε συγκεκριμένες καινοτομικές σχεδιαστικές αποφάσεις αναφορικά με τη διαδικασία συγγραφής. Συγκεκριμένα, το γεγονός ότι τα περισσότερα εκπαιδευτικά ζητήματα αντιμετωπίζονται με διαφορετικό τρόπο από διαφορετικούς καθηγητές υποδήλωνε την απαίτηση της ενσωμάτωσης στην αρχιτεκτονική του WEAR ενός τμήματος υπεύθυνου να μοντελοποιεί τους καθηγητές-χρήστες του.

Πράγματι, ένα τέτοιο τμήμα μπορεί να καταστήσει το σύστημα περισσότερο ευέλικτο και προσαρμοστικό στα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες των συγκεκριμένων καθηγητών. Το τμήμα μοντελοποίησης καθηγητών αλληλεπιδρά με άλλα τμήματα του ΕΣΕΔΣ προκειμένου να διαμορφώσει ένα μοντέλο καθηγητή το οποίο χρησιμοποιείται για την παροχή εξατομικευμένων συμβουλών σε κάθε καθηγητή (Virvou & Moundridou, 2000b). Επιπλέον, η μελέτη αποκάλυψε και την ανάγκη

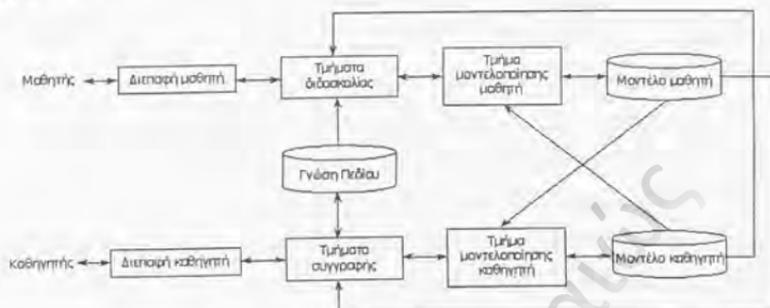
ενίσχυσης του ρόλου των καθηγητών-συγγραφέων των ΕΔΣ μέσω της παροχής σε αυτούς κατάλληλων και σχετικών πληροφοριών καθ' όλο τον κύκλο ζωής του ΕΔΣ.

Η προσέγγιση της μοντελοποίησης καθηγητών που υιοθετεί το WEAR δίνει μία λύση στα προβλήματα που συνδέονται με την χρήση των ΕΣΕΔΣ: Τα περισσότερα από τα υπάρχοντα ΕΣΕΔΣ, ανεξάρτητα από την κατηγορία στην οποία ανήκουν, βασίζουν την ποιότητα των ΕΔΣ που παράγουν στους καθηγητές-συγγραφείς που τα χρησιμοποιούν. Οι τελευταίοι όμως, αντιμετωπίζουν συχνά διάφορα προβλήματα κατά τη σχεδίαση ενός ΕΔΣ μέσω κάποιου εργαλείου συγγραφής. Για παράδειγμα, μπορεί οι καθηγητές να μην είναι σίγουροι για τη δομή που πρέπει να έχει το υπό κατασκευή μάθημα ή μπορεί να παρέχουν στο ΕΣΕΔΣ ασυνεπείς πληροφορίες οδηγώντας το να παράγει ΕΔΣ με προβληματική συμπεριφορά. Επιπλέον, οι καθηγητές παίζουν κρίσιμο ρόλο στην επιτυχία ή αποτυχία κάθε είδους εκπαιδευτικού λογισμικού. Η μη αποδοχή κάποιου λογισμικού από τους καθηγητές συνεπάγεται τις περισσότερες φορές την περιορισμένη και εσφαλμένη χρήση του σε πραγματικές συνθήκες (π.χ. στα σχολεία). Αυτό αφορά ιδιαίτερα τα ΕΣΕΔΣ τα οποία απευθύνονται κυρίως στους καθηγητές. Μελετώντας την βιβλιογραφία της περιοχής των ΕΣΕΔΣ, είναι έκδηλο ότι ελάχιστα συστήματα παρέχουν υποστήριξη στους καθηγητές ώστε να εξασφαλίζουν αφ' ενός την ποιότητα των παραγόμενων ΕΔΣ και αφ' ετέρου την αποδοχή των καθηγητών. Το σύστημα WEAR όπως αναφέρθηκε, υιοθετεί ένα πρωτότυπο τρόπο προκειμένου να παρέχει υποστήριξη στους καθηγητές-συγγραφείς των ΕΔΣ: διατηρεί μοντέλα καθηγητών και βάσει αυτών εξατομικεύει την αλληλεπίδραση κάθε καθηγητή με το σύστημα.

### 1.2.2 Αρχιτεκτονική και λειτουργικότητα του WEAR

Το WEAR είναι ένα Εργαλείο Συγγραφής Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων με κύριο στόχο να είναι χρήσιμο σε καθηγητές και μαθητές γνωστικών πεδίων που μπορούν να περιγραφούν από αλγεβρικές εξισώσεις, όπως π.χ. η Φυσική, τα Οικονομικά, η Χημεία, κλπ. Για να επιτύχει το στόχο αυτό, το WEAR ενσωματώνει γνώση για την κατασκευή προβλημάτων καθώς και έναν μηχανισμό για τη διάγνωση των λαθών των μαθητών που μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλά σχετικά με την

Άλγεβρα γνωστικά πεδία. Η αρχιτεκτονική του συστήματος παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.1.



Σχήμα 1.1: Η αρχιτεκτονική του WEAR

Το WEAR ασχολείται με την παραγωγή διδασκαλίας, προσφέρει τη δυνατότητα της κατασκευής προβλημάτων και τη δυνατότητα της δημιουργίας προσαρμοστικών ηλεκτρονικών βιβλίων. Από την άλλη πλευρά, το WEAR δίνει στους καθηγητές τη δυνατότητα να ελέγχουν τη σειρά με την οποία οι μαθητές λύνουν προβλήματα και μελετούν το διδακτικό υλικό αποδίδοντας μία τιμή στο επίπεδο δυσκολίας των προβλημάτων και καθορίζοντας σχέσεις προαπαιτούμενων μεταξύ των θεμάτων του ηλεκτρονικού βιβλίου. Επομένως, το WEAR εκτός από την παραγωγή διδασκαλίας, ασχολείται επίσης με τη διαχείριση της σειράς παρουσίασης του διδακτικού υλικού. Ένα άλλο χαρακτηριστικό του WEAR είναι ότι στη διεπαφή των ΕΔΣ που παράγει, υπάρχει ενσωματωμένος ένας ομιλών πράκτορας διεπαφής, ο οποίος είναι υπεύθυνος να μεταδίδει τα μηνύματα του συστήματος στους μαθητές.

Το WEAR στηρίζεται στα μοντέλα χρηστών που διατηρεί προκειμένου να προσαρμόζει την αλληλεπίδραση με τους καθηγητές και τους μαθητές που το χρησιμοποιούν. Συγκεκριμένα, και σε αντίθεση με τα περισσότερα ΕΔΣ και εργαλεία συγγραφής ΕΔΣ που μοντελοποιούν μόνο τους μαθητές, το WEAR μοντελοποιεί και τις δύο κατηγορίες χρηστών του: μαθητές αλλά και καθηγητές. Η μοντελοποίηση των καθηγητών και γενικότερα η ενδυνάμωση του ρόλου τους που πραγματοποιεί το WEAR, αποτελεί καινοτόμο χαρακτηριστικό για την ερευνητική περιοχή των εργαλείων συγγραφής ΕΔΣ. Επιπλέον, ένα ακόμα πρωτότυπο στοιχείο του WEAR σχετικό με τη μοντελοποίηση χρηστών είναι ότι τα μοντέλα καθηγητών και τα

μοντέλα μαθητών δεν χρησιμοποιούνται μόνο για τους καθηγητές και τους μαθητές αντίστοιχα, αλλά και αντίστροφα: το μοντέλο κάθε τάξης χρηστών στο WEAR, αλληλεπιδρά και επηρεάζει το μοντέλο της άλλης τάξης (Virvou & Moundridou, 2001b).

Η εμπειρία με το WEAR και η μελέτη της βιβλιογραφίας των ΕΣΕΔΣ οδήγησε στο συμπέρασμα ότι τα περισσότερα Εργαλεία Συγγραφής Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων θα μπορούσαν να επωφεληθούν από την ενσωμάτωση στην αρχιτεκτονική τους ενός τμήματος μοντελοποίησης καθηγητών (Virvou & Moundridou, 2001a). Ένα τέτοιο τμήμα θα συνέβαλλε στην παραγωγή περισσότερο αποτελεσματικών ΕΔΣ. Επιπλέον, η ενίσχυση του ρόλου των καθηγητών μέσω της παροχής σε αυτούς σχετικών πληροφοριών καθ' όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής του ΕΔΣ μπορεί να προάγει την ποιότητα των παραγόμενων ΕΔΣ. Αναμφισβήτητα, κάθε ΕΣΕΔΣ ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκει θα μπορούσε να διαμορφώσει το μοντέλο καθηγητή και να χρησιμοποιήσει τις πληροφορίες που αυτό περιλαμβάνει με διαφορετικούς τρόπους. Στη διατριβή αυτή υπάρχει μια εκτενής συζήτηση για τη γενικευμένη χρησιμότητα της μοντελοποίησης καθηγητών στα ΕΣΕΔΣ και επιχειρείται ο καθορισμός ενός γενικού πλαισίου για την ενσωμάτωση ενός τέτοιου τμήματος στην αρχιτεκτονική των ΕΣΕΔΣ. Ωστόσο, οι συγκεκριμένες μέθοδοι και τεχνικές απόκτησης του μοντέλου καθηγητή και οι συγκεκριμένοι τρόποι χρήσης του στα διάφορα ΕΣΕΔΣ μπορεί να αποτελέσει ανοιχτό ερευνητικό ζήτημα στην περιοχή των ΕΣΕΔΣ.

### 1.2.3 Αξιολόγηση του WEAR

Η αξιολόγηση των εργαλείων συγγραφής είναι μία δύσκολη φάση του κύκλου ζωής τους λόγω των πολυάριθμων χαρακτηριστικών που ενσωματώνουν αυτά τα συστήματα και λόγω του ότι απευθύνονται σε δύο τάξεις χρηστών, τους καθηγητές που συγγράφουν τα ΕΔΣ και τους μαθητές που τα χρησιμοποιούν. Επιπλέον, μετά από εκτενή έρευνα της βιβλιογραφίας που διεξήχθη στην παρούσα διατριβή, διαπιστώθηκε μία σοβαρή έλλειψη αξιολογήσεων ΕΣΕΔΣ. Η διαπίστωση αυτή συμπίπτει με τα συμπεράσματα που έχουν διεξαγει και άλλοι ερευνητές μετά από επισκόπηση της παρούσας διεθνούς βιβλιογραφίας (π.χ. Murtay, 1999). Επομένως, η

διεξαγωγή αξιολογήσεων και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτές, αποτελούν σημαντική ερευνητική προσφορά.

Όπως αναφέρει ο Murray (1999), λόγω του ότι η τεχνολογία των ΕΣΕΔΣ είναι ακόμα νέα, οι συνολικές αξιολογήσεις (summative evaluations) που φαινομενικά αποδεικνύουν ότι ένα ολόκληρο σύστημα «δουλεύει», μπορεί να είναι λιγότερο πολύτιμες από τις διαμορφωτικές αξιολογήσεις (formative evaluations) που παρέχουν ενδείξεις για το ποια μέρη ενός συστήματος δουλεύουν και ποια όχι και γιατί. Ακολουθώντας αυτήν την προσέγγιση, μετά την ολοκλήρωση της υλοποίησής του, το WEAR αξιολογήθηκε τμηματικά. Δεδομένου ότι το καινοτομικό χαρακτηριστικό του WEAR είναι η μοντελοποίηση των καθηγητών, αυτό αποτέλεσε ένα σημαντικό τμήμα της αξιολόγησης. Επίσης αξιολογήθηκαν τα ΕΔΣ που παράγει το WEAR κυρίως ως προς το σύστημα διεπαφής τους. Η διενέργεια μελετών αξιολόγησης είναι ιδιαίτερα σημαντική για την έρευνα στην περιοχή, γιατί τα αποτελέσματά τους μπορούν να καθοδηγούν την ανάπτυξη μελλοντικών συστημάτων.

Η μελέτη που διεξήχθη για την αξιολόγηση της προσέγγισης μοντελοποίησης καθηγητή που ακολουθεί το WEAR είχε θετικά αποτελέσματα υπέρ αυτής (Moundridou & Virvou, 2002e). Συγκεκριμένα, στο πείραμα συμμετείχαν καθηγητές από τους οποίους ζητήθηκε να κατασκευάσουν ένα μάθημα με το WEAR. Διαπιστώθηκε στο σημείο αυτό, ότι ο σχεδιασμός των μαθημάτων διέφερε σημαντικά μεταξύ των καθηγητών. Αυτό αποτέλεσε απόδειξη για την χρησιμότητα της ύπαρξης ΕΣΕΔΣ όπως το WEAR που επιτρέπουν την κατασκευή μαθημάτων τα οποία αντανακλούν τις προτιμήσεις και τη στρατηγική διδασκαλίας που υιοθετεί ο κάθε καθηγητής. Έπειτα ελέγχθηκε αν οι καθηγητές αξιοποιούν τις πληροφορίες που τους παρέχει το σύστημα προκειμένου να επανασχεδιάσουν τα μαθήματά τους για μελλοντική χρήση καθώς και αν επιθυμούν για το σκοπό αυτό να συμβουλευούνται συναδέλφους τους. Σχεδόν όλοι οι καθηγητές βρήκαν χρήσιμο το να συμβουλευόμαστε τους άλλους μέσω της κοινής χρήσης της σχεδίασης του μαθήματος. Επιπλέον, δεν προτίμησαν να δουν τυχαία το μάθημα κάποιου καθηγητή αλλά εκμεταλλεύτηκαν τα κριτήρια επιλογής που τους παρέχει το WEAR. Τα πλέον προτιμώμενα κριτήρια ήταν εκείνα που αφορούσαν στην εμπειρογνομosύνη των άλλων καθηγητών. Για να έχει τη δυνατότητα το WEAR να παρέχει αυτές τις πληροφορίες στηρίζεται στα

μοντέλα καθηγητών που διατηρεί. Τα ευρήματα του πειράματος οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή που ενσωματώνει το WEAR μπορεί να παίζει ένα κρίσιμο ρόλο στην παραγωγή και συντήρηση Διαδικτυακών μαθημάτων.

Επίσης, διεξήχθησαν δύο μελέτες για την αξιολόγηση της διεπαφής των ΕΔΣ που παράγει το WEAR και που ενσωματώνουν έναν ομιλούντα κινούμενο πράκτορα. Στην πρώτη μελέτη (Moundridou & Viniou, 2002b) ο πράκτορας ήταν ένα ανθρωπόμορφο ομιλούν πρόσωπο. Μία ομάδα μαθητών εργάστηκε με την παρουσία του πράκτορα και μία άλλη χωρίς αυτόν. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αφορούσαν στην επίδοση των μαθητών σε ένα προκαταρκτικό τεστ και σε ένα τεστ μετά την ολοκλήρωση του πειράματος, στο χρόνο που εργάστηκαν με το σύστημα και στις απαντήσεις τους σε ένα ερωτηματολόγιο. Τα συμπεράσματα προηγούμενων σχετικών εμπειρικών μελετών είναι μάλλον αντιφατικά ως προς την επίδραση των πρακτόρων διεπαφής στην επίδοση, τη συμπεριφορά και την εμπειρία των μαθητών. Επομένως, το αν η επίδραση των πρακτόρων είναι θετική ή όχι για τους μαθητές καθίσταται ένα ανοιχτό ερευνητικό ζήτημα. Η συνηγορία της μελέτης είναι το ότι επιβεβαίωσε κάποιες από τις θετικές και/ή όχι θετικές συνέπειες που έχουν αναφερθεί προηγούμενα και τόνισε κάποια από τα πλεονεκτήματα της χρήσης πρακτόρων που μπορούν να διερευνηθούν περαιτέρω.

Δύο ήταν τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκάλεσε η παρουσία του πράκτορα στην μελέτη. Το πρώτο αφορούσε στην ευχαρίστηση που ένωσαν οι μαθητές από την αλληλεπίδρασή τους με ένα σύστημα στο οποίο υπήρχε ενσωματωμένος ένας ομιλών κινούμενος πράκτορας διεπαφής. Η παρουσία αυτού του πλεονεκτήματος δεν αποτέλεσε έκπληξη αφού αυτό ήταν το συνηθέστερο εύρημα παρόμοιων προηγούμενων μελετών, (π.χ. Walker, Sproull & Subramani, 1994; Lester, Converse, Kahler, Barlow, Stone & Bhogal, 1997). Το άλλο πλεονέκτημα που προέκυψε από τη μελέτη ήταν ότι οι μαθητές που εργάστηκαν με τον πράκτορα βρήκαν τα προβλήματα που έπρεπε να λύσουν λιγότερο δύσκολα από ότι οι μαθητές που εργάστηκαν χωρίς τον πράκτορα, παρόλο που η επίδοση και των δύο ομάδων ήταν παρόμοια. Το εύρημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό: δείχνει ότι οι μαθητές που δουλεύουν με τον πράκτορα, θεωρώντας τις εργασίες που πρέπει να επιτελέσουν

όχι τόσο δύσκολες, είναι πιθανότερο να δραστηριοποιούνται περισσότερο από όσους δουλεύουν χωρίς τον πράκτορα.

Ωστόσο, υπήρξε και ένα σημαντικό αλλά όχι θετικό αποτέλεσμα από την μελέτη: το γεγονός ότι η παρουσία του πράκτορα διεπαφής δεν κατόρθωσε να βελτιώσει σημαντικά τα βραχυπρόθεσμα μαθησιακά αποτελέσματα. Επιπλέον, ούτε η προσήλωση των μαθητών στο σύστημα αυξήθηκε. Μολονότι αυτό το εύρημα δεν είναι διόλου ενθαρρυντικό αναφορικά με τα εκπαιδευτικά οφέλη τέτοιων διεπαφών, έχουν υπάρξει και άλλες εμπειρικές μελέτες που κατέληξαν σε παρόμοια συμπεράσματα (π.χ. Van Mulken, André & Müller, 1998).

Συμπερασματικά για τις βραχυπρόθεσμες επιδράσεις της αλληλεπίδρασης με έναν πράκτορα διεπαφής βρέθηκε από την μελέτη ότι η παρουσία του πράκτορα αυξάνει τη δραστηριοποίηση των μαθητών αλλά δεν προάγει απαραίτητα τα μαθησιακά αποτελέσματα. Αυτό μπορεί εκ πρώτης να μην δείχνει ενθαρρυντικό, αλλά δεν είναι αβάσιμο να θεωρηθεί ότι λόγω της αύξησης της δραστηριοποίησης των μαθητών η χρήση πρακτόρων μπορεί να προάγει σημαντικά τη μαθησιακή διαδικασία μακροπρόθεσμα.

Η δεύτερη μελέτη (Moundridou & Viniou, 2001c) διέφερε από την πρώτη στο είδος του πράκτορα που χρησιμοποιήθηκε και στο ρόλο που αυτός υποδύεται. Συγκεκριμένα, στη δεύτερη μελέτη ο πράκτορας ήταν ένας ομιλών χαρακτήρας καρτούν σε δύο ρόλους: του καθηγητή και του συμμαθητή. Η διαφορά των δύο ρόλων σχετιζόταν κυρίως με το ύφος των μηνυμάτων που μετέδιδε ο πράκτορας στους μαθητές: στην περίπτωση π.χ. που ο χαρακτήρας υποδύεται τον συμμαθητή, τα μηνύματα ήταν φιλικότερα. Τα ευρήματα αυτής της μελέτης αναφορικά με την επίδραση της παρουσίας του πράκτορα διεπαφής συμπίπτουν σε γενικές γραμμές με αυτά της προηγούμενης. Συγκεκριμένα, οι μαθητές νιώθουν περισσότερη ευχαρίστηση όταν αλληλεπιδρούν με ένα σύστημα που ενσωματώνει έναν πράκτορα που εκφωνεί τα μηνύματα του συστήματος. Επιπλέον, οι μαθητές που εργάζονται με τον πράκτορα θεωρούν τις εργασίες που πρέπει να επιτελέσουν ως λιγότερο δύσκολες απ' ό,τι οι άλλοι μαθητές. Ωστόσο, και σε αυτήν την μελέτη η παρουσία του

πράκτορα δεν κατόρθωσε να βελτιώσει σημαντικά τα μαθησιακά αποτελέσματα, ούτε και να αυξήσει την προσήλωση των μαθητών στο σύστημα.

Από τη σύγκριση των δύο διαφορετικών τύπων πράκτορα (ο πράκτορας σε ρόλο καθηγητή και ο πράκτορας σε ρόλο μαθητή) το πιο ενδιαφέρον εύρημα ήταν ότι οι μαθητές που αλληλεπιδρούν με έναν εικονικό καθηγητή δεν δείχνουν να αισθάνονται το ίδιο άνετα με αυτούς που αλληλεπιδρούν με έναν εικονικό συμμαθητή τους. Απόδειξη αυτού είναι η τάση των μαθητών που εργάστηκαν με τον πράκτορα-καθηγητή να παραιτούνται συχνά από τα προβλήματα που επιχειρούν να λύσουν.

### 1.3 Δομή της διατριβής

Όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, παρουσιάζονται στην παρούσα διατριβή με την παρακάτω δομή:

Το κεφάλαιο 2 αποτελεί μία ιστορική αναδρομή στη χρήση των υπολογιστών στην εκπαίδευση από τις αρχικές προσπάθειες της Διδασκαλίας Βοηθούμενης από Υπολογιστή ως τις τρέχουσες των Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων (ΕΔΣ). Τα τελευταία αποτελούν και το σημείο στο οποίο εστιάζει το κεφάλαιο αυτό. Συγκεκριμένα, περιγράφεται η αρχιτεκτονική των Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων και αναλύονται τα τμήματα από τα οποία απαρτίζονται τα συστήματα αυτά, κάνοντας παράλληλα αναφορές στις σημαντικότερες ερευνητικές προσεγγίσεις για το κάθε τμήμα. Έπειτα παρουσιάζεται μία νέα κατεύθυνση της έρευνας στην περιοχή αυτή, τα Διαδικτυακά Ευφυή Διδακτικά Συστήματα. Τέλος, αναφέρονται μερικές σημαντικές μελέτες αξιολόγησης των Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων και εντοπίζονται τα σημαντικότερα προβλήματα της ανάπτυξής τους.

Το κεφάλαιο 3 ασχολείται με τα Εργαλεία Συγγραφής Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων (ΕΣΕΔΣ). Συγκεκριμένα, περιγράφεται μια κατηγοριοποίηση αυτών των συστημάτων βάσει των δυνατοτήτων τους, καθώς και η λειτουργικότητα των ΕΣΕΔΣ αναφορικά με τη συγγραφή των τεσσάρων τμημάτων της αρχιτεκτονικής των ΕΔΣ (Γνώση Πεδίου, Τμήμα Διδασκαλίας, Μοντέλο Μαθητή και Σύστημα

Διεπαφής). Τέλος, αναφέρονται τα σημαντικότερα προβλήματα που σχετίζονται με τη χρήση αλλά και με την ανάπτυξη αυτών των συστημάτων.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η εμπειρική μελέτη που προηγήθηκε του σχεδιασμού και της ανάπτυξης του WEAR (WEb-based authoring tool for Algebra-Related Intelligent Tutoring Systems), ενός Διαδικτυακού ΕΣΣΕΔΣ. Ο στόχος ήταν η κατασκευή ενός Εργαλείου Συγγραφής ΕΔΣ για σχετικά με την Άλγεβρα γνωστικά πεδία. Ως σχετικά με την Άλγεβρα γνωστικά πεδία θεωρούμε τα πεδία εκείνα που κάνουν εκτεταμένη χρήση άλγεβρικών εξισώσεων, ή με άλλα λόγια, τα πεδία εκείνα που μπορούν να περιγραφούν από άλγεβρικές εξισώσεις (π.χ. Φυσική, Οικονομικά, Χημεία, κ.λπ.). Πριν τη διεξαγωγή της εμπειρικής μελέτης καθορίστηκαν οι βασικές απαιτήσεις για το υπό ανάπτυξη λογισμικό και προσδιορίστηκαν τα θέματα εκείνα που χρειαζόνταν περαιτέρω διερεύνηση. Τα θέματα αυτά αποτέλεσαν τη μελέτη που διεξήχθη και που παρουσιάζεται σε αυτό το κεφάλαιο. Συγκεκριμένα, περιγράφονται τα τρία μέρη από τα οποία απαρτίστηκε η μελέτη. Στο πρώτο μέρος της μελέτης, όπου εμπλέκονταν κυρίως μαθητές, ο στόχος ήταν να προσδιοριστούν διάφορα ζητήματα που σχετίζονται με τα ΕΔΣ που το Εργαλείο Συγγραφής θα έπρεπε να παράγει. Στο δεύτερο μέρος της μελέτης, που αφορούσε μόνο καθηγητές, στόχος ήταν ο προσδιορισμός των θεμάτων που σχετίζονται με τις ανάγκες και τις προσδοκίες των καθηγητών όταν αυτοί δημιουργούν ΕΔΣ με τη χρήση ενός Εργαλείου Συγγραφής. Το τρίτο και τελευταίο μέρος της μελέτης στόχευε στην επαλήθευση των σχεδιαστικών αποφάσεων τόσο για το περιβάλλον συγγραφής όσο και για το περιβάλλον μάθησης του WEAR. Σε αυτό το μέρος της μελέτης πήραν μέρος και οι δύο κατηγορίες χρηστών του ΕΣΣΕΔΣ: καθηγητές και μαθητές. Ολόκληρη η μελέτη που παρουσιάζεται σε αυτό το κεφάλαιο αποδείχθηκε πραγματικά χρήσιμη για τον σχεδιασμό του WEAR και αποκάλυψε σημαντικά και όχι ιδιαίτερα προφανή ζητήματα που καθόρισαν τα σημεία που το σύστημα πρέπει να δίνει έμφαση.

Το κεφάλαιο 5 ασχολείται με το σύστημα WEAR. Συγκεκριμένα, περιγράφεται η αρχιτεκτονική του συστήματος καθώς και η λειτουργικότητά του τόσο για τους καθηγητές όσο και για τους μαθητές χρήστες του.

Στο κεφάλαιο 6 περιγράφονται οι πηγές πληροφόρησης του συστήματος προκειμένου να δημιουργεί και να ενημερώνει τα μοντέλα χρηστών του και ο τρόπος που τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνται. Επιπλέον, στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται και ένα ακόμα πρωτότυπο στοιχείο του WEAR σχετικό με τη μοντελοποίηση χρηστών: το ότι τα μοντέλα καθηγητών και τα μοντέλα μαθητών δεν χρησιμοποιούνται μόνο για τους καθηγητές και τους μαθητές αντίστοιχα αλλά και αντίστροφα: το μοντέλο κάθε τάξης χρηστών στο WEAR, αλληλεπιδρά και επηρεάζει το μοντέλο της άλλης τάξης.

Η εμπειρία με το WEAR και η μελέτη της βιβλιογραφίας των ΕΣΕΔΣ υπέδειξε ότι τα περισσότερα Εργαλεία Συγγραφής Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων θα μπορούσαν να επωφεληθούν από την ενσωμάτωση στην αρχιτεκτονική τους ενός τμήματος μοντελοποίησης καθηγητών. Στο κεφάλαιο 7 υπάρχει μια εκτενής συζήτηση για τη γενικευμένη χρησιμότητα της μοντελοποίησης καθηγητών στα ΕΣΕΔΣ και επιχειρείται ο καθορισμός ενός γενικού πλαισίου για την ενσωμάτωση ενός τέτοιου τμήματος στην αρχιτεκτονική των ΕΣΕΔΣ. Συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο αυτό οριοθετείται το ζήτημα και παρατίθενται οι προβληματισμοί που οδήγησαν σε αυτό. Επίσης, περιγράφονται κάποια από τα υπάρχοντα ΕΣΕΔΣ και σχολιάζονται τα πλεονεκτήματα που θα προσέδιδε σε αυτά η μοντελοποίηση καθηγητή. Τέλος, περιγράφεται ένα γενικό πλαίσιο ενσωμάτωσης τμήματος μοντελοποίησης καθηγητή στα ΕΣΕΔΣ απαντώντας στα εξής ερωτήματα: α) πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα τέτοιο τμήμα; β) ποια στοιχεία του καθηγητή μπορούν να μοντελοποιηθούν; γ) ποιες είναι οι πηγές πληροφόρησης που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν;

Στο κεφάλαιο 8 παρουσιάζονται τρεις μελέτες αξιολόγησης του WEAR. Η πρώτη μελέτη που παρουσιάζεται αφορά στην αξιολόγηση της προσέγγισης μοντελοποίησης καθηγητή που ακολουθεί το WEAR προκειμένου να υποστηρίξει τους καθηγητές στη δημιουργία και συντήρηση των Διαδικτυακών μαθημάτων τους. Οι άλλες δύο μελέτες που παρουσιάζονται αφορούν στην αξιολόγηση του συστήματος διεπαφής των παραγόμενων από το WEAR ΕΔΣ, το οποίο όπως έχει ήδη αναφερθεί περιλαμβάνει έναν κινούμενο ομιλούντα πράκτορα.

Τέλος στο κεφάλαιο 9 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της διατριβής. Περιγράφεται συνοπτικά το ερευνητικό έργο, αναλύονται τα κύρια σημεία συνεισφοράς στην ερευνητική περιοχή και αναφέρονται τα πεδία που ανοίγει η παρούσα διατριβή για περαιτέρω έρευνα.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## ΕΥΦΥΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

### 2.1 Εισαγωγή

Η ραγδαία ανάπτυξη των τεχνολογιών της πληροφορικής που σημειώνεται κατά τα τελευταία χρόνια έχει κάνει επιτακτική αλλά και υλοποιήσιμη τη χρήση του υπολογιστή ως μέσο διδασκαλίας. Δεδομένης της πολυπλοκότητας της εκπαιδευτικής διαδικασίας, η ιδέα της δημιουργίας του ιδανικού τεχνητού δασκάλου παραμένει ακόμα στη σφαίρα της επιστημονικής φαντασίας. Παρόλα αυτά, η έρευνα στην περιοχή αυτή έχει αποδώσει καρπούς σε διάφορες κατευθύνσεις: έχει αναπτυχθεί σημαντικός αριθμός διδακτικών συστημάτων, έχουν αξιολογηθεί οι επιπτώσεις της χρήσης τέτοιων συστημάτων και έχουν θεθεί οι κατευθυντήριες γραμμές για το μέλλον της περιοχής.

Το κεφάλαιο αυτό αποτελεί μία αναδρομή στη χρήση των υπολογιστών στην εκπαίδευση από τις αρχικές προσπάθειες της Διδασκαλίας Βοηθούμενης από Υπολογιστή ως τις τρέχουσες των Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων. Τα τελευταία αποτελούν και το σημείο στο οποίο εστιάζει το κεφάλαιο αυτό. Συγκεκριμένα, θα περιγραφεί η αρχιτεκτονική των Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων και θα αναλυθούν τα τμήματα από τα οποία απαρτίζονται τα συστήματα αυτά, κάνοντας παράλληλα

αναφορές στις σημαντικότερες ερευνητικές προσεγγίσεις για το κάθε τμήμα. Έπειτα θα παρουσιαστεί μία νέα κατεύθυνση της έρευνας στην περιοχή αυτή, τα Διαδικτυακά Ευφυή Διδακτικά Συστήματα. Τέλος, θα παρουσιαστούν μερικές σημαντικές μελέτες αξιολόγησης των Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων και θα αναφερθούν τα σημαντικότερα προβλήματα στην ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων.

## 2.2 Από τα Συστήματα Διδασκαλίας Βοηθούμενης από Υπολογιστή στα Ευφυή Διδακτικά Συστήματα

Τα Συστήματα Διδασκαλίας Βοηθούμενης από Υπολογιστή – ΣΔΒΥ (Computer Assisted Instruction – CAI) έχουν τις ρίζες της ανάπτυξης τους στη δεκαετία του 1950. Συγκεκριμένα, ο Skinner (1958) πρότεινε τα απλά «Γραμμικά Προγράμματα». Το υλικό σε αυτά τα προγράμματα παρουσιαζόταν στο μαθητή βήμα-βήμα σε ακολουθίες πλαισίων. Τα περισσότερα πλαίσια περιείχαν απλές ερωτήσεις με άμεση ανάδραση. Ανεξάρτητα από την κατανόηση ή μη των προηγούμενων πλαισίων από τον μαθητή τα προγράμματα αυτά προχωρούσαν στην παρουσίαση επόμενων πλαισίων. Επιπλέον, τα προγράμματα αυτά δεν παρείχαν εξατομικευμένη διδασκαλία: το διδακτικό υλικό παρουσιαζόταν σε όλους τους μαθητές ακριβώς με τον ίδιο τρόπο και στην ίδια σειρά, ανεξάρτητα από τις ικανότητες, το γνωστικό υπόβαθρο ή την προηγούμενη γνώση κάθε μαθητή στο υπό διδασκαλία πεδίο. Ο Carbonell (1970) σχολίασε ότι με αυτού του είδους τα συστήματα «ο υπολογιστής κάνει λίγα περισσότερα απ' ότι μπορεί να κάνει ένα προγραμματισμένο βιβλίο».

Το να χρησιμοποιούνται οι απαντήσεις του μαθητή για να ελέγχεται το υλικό που παρουσιάζεται σε αυτόν ήταν πρόταση του Crowder (1959), ιδέα που οδήγησε στα «προγράμματα με διακλαδώσεις» (branching programs). Αυτά είχαν όπως και τα προηγούμενα ένα καθορισμένο αριθμό πλαισίων. Παράλληλα όμως είχαν και τη δυνατότητα να παρέχουν ένα είδος λογικής ανάδρασης σε κάθε απάντηση του μαθητή καθώς επίσης και να χρησιμοποιούν την απάντηση του μαθητή για να επιλέξουν το επόμενο πλαίσιο που θα του παρουσιάσουν. Με τον τρόπο αυτό, τα προγράμματα με διακλαδώσεις προσάρμοζαν τη διδασκαλία στο επίπεδο κάθε μαθητή όπως αυτό αντικατοπτριζόταν στις απαντήσεις που έδινε.

Παρά το ότι η προσέγγιση των ΣΔΒΥ αυτής της γενιάς ήταν συστηματική και αποδοτικότερη της προηγούμενης, ο σχεδιασμός του διδακτικού υλικού για τα συστήματα αυτά απαιτούσε τεράστια προσπάθεια, χρόνο και πόρους. Για το λόγο αυτό, αναπτύχθηκε μια νέα γενιά γλωσσών προγραμματισμού, οι «συγγραφικές γλώσσες» (authoring languages), για τη δημιουργία του διδακτικού υλικού των ΣΔΒΥ (Nwana, 1990). Το SMITH και το COURSEWRITE της IBM ήταν δύο παραδείγματα ΣΔΒΥ που βασιζόνταν στις συγγραφικές γλώσσες.

Στα τέλη του 1960 και τις αρχές του 1970 εμφανίστηκε μια νέα γενιά συστημάτων. Ήταν τα «παραγωγικά συστήματα» (generative systems) ή αλλιώς «προσαρμοστικά συστήματα» (adaptive systems). Τα συστήματα αυτά επιχειρήσαν να επιλύσουν το πρόβλημα του σχεδιασμού του διδακτικού υλικού καταργώντας το προ-αποθηκευμένο διδακτικό υλικό, τα προβλήματα, τις λύσεις και τις σχετικές με κάθε λύση διαγνώσεις προσπαθώντας να παράγουν όλα αυτά εξαρχής. Τα παραγωγικά ΣΔΒΥ μπορούσαν να κατασκευάζουν προβλήματα και μάλιστα τέτοιας δυσκολίας που να ανταποκρίνονται στις ανάγκες του μαθητή στον οποίο θα παρουσιάζονταν. Ο Uhr (1969) υλοποίησε μια σειρά τέτοιων συστημάτων που παρήγαγαν αριθμητικά προβλήματα τα οποία ήταν προσαρμοσμένα στην επίδοση του μαθητή. Συστήματα με παρόμοιες ικανότητες αναπτύχθηκαν και από τους Suppes (1967) και Woods & Hartley (1971). Όπως αναφέρεται όμως ενδεικτικά από τον Yazdani (1986) «κανένα από αυτά τα συστήματα (ΣΔΒΥ) δεν έχει 'ανθρώπινη' γνώση του πεδίου που διδάσκει, ούτε μπορεί να απαντήσει σε σοβαρές ερωτήσεις των μαθητών όπως το 'γιατί' και το 'πώς' πραγματοποιείται μία εργασία».

Τα ΣΔΒΥ κρίθηκαν ως ανεπαρκή για διάφορους λόγους (Hawkes, Sharon, Kandel & Taps Project Staff, 1986):

- επιχειρήσαν να παράγουν ολόκληρες σειρές μαθημάτων (courses) αντί να επικεντρωθούν στην ανάπτυξη συστημάτων για πιο περιορισμένα θέματα
- είχαν σοβαρά εμπόδια φυσικής γλώσσας γεγονός που περιορίζει την αλληλεπίδραση του χρήστη με αυτά
- δεν είχαν «γνώση» ή «κατανόηση» ούτε του θέματος που διδασκαν ούτε των ιδίων των μαθητών

- ήταν στατικά και όχι δυναμικά
- υπήρχε ελάχιστος πειραματισμός με τέτοια συστήματα ώστε να βελτιωθούν.

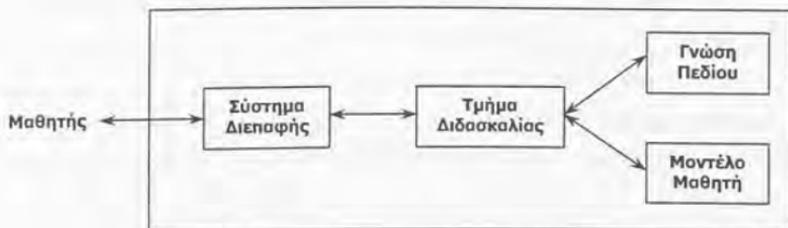
Λόγω αυτών των αδυναμιών, η έρευνα στην περιοχή στράφηκε στην Τεχνητή Νοημοσύνη σε μια προσπάθεια να επιλυθούν τα θεμελιώδη προβλήματα της «γνώσης» και της «κατανόησης». Ο Self (1974) αναφέρει πως ένα πρόγραμμα διδασκαλίας πρέπει να έχει μία αναπαράσταση του *π* διδάσκει, *ποιος* είναι ο διδασκόμενος και *πώς* πρέπει να γίνει η διδασκαλία. Τα διδακτικά συστήματα που προέκυψαν τη δεκαετία του 1980 για να ικανοποιήσουν αυτές τις απαιτήσεις ενσωμάτωναν τεχνικές Τεχνητής Νοημοσύνης και είναι γνωστά ως Ευφυή Διδακτικά Συστήματα - ΕΔΣ (Intelligent Tutoring Systems – ITSs).

Μερικά από τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ΕΔΣ είναι τα ακόλουθα:

- τα ΕΔΣ παρέχουν μια ξεκάθαρη διάρθρωση της γνώσης για ένα περιορισμένο γνωστικό πεδίο
- τα ΕΔΣ διατηρούν ένα δυναμικό μοντέλο της επίδοσης του μαθητή βάσει του οποίου κατευθύνεται η διδασκαλία
- ο σχεδιαστής του ΕΔΣ καθορίζει τη γνώση και τους κανόνες συμπερασμού, αλλά όχι και την διδακτική ακολουθία η οποία παράγεται από το πρόγραμμα
- τα ΕΔΣ δεν παρέχουν μόνο δυνατότητες εξάσκησης αλλά έχουν και διαγνωστικές ικανότητες για τα λάθη των μαθητών
- οι μαθητές μπορούν να θέτουν ερωτήσεις σε ένα ΕΔΣ.

### 2.3 Αρχιτεκτονική των Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων

Στα περισσότερα ΕΔΣ, έχει επικρατήσει να θεωρούνται κοινά τέσσερα τμήματα. Αυτά είναι ονομαστικά: η Γνώση Πεδίου (Domain Knowledge), το Τμήμα Διδασκαλίας (Tutoring Module), το Μοντέλο Μαθητή (Student Model) και το Σύστημα Διεπαφής (User Interface). Το Σχήμα 2.1 παρουσιάζει την συνήθη αρχιτεκτονική ενός ΕΔΣ.



Σχήμα 2.1: Αρχιτεκτονική ΕΔΣ

Παρόλο που αυτή η αρχιτεκτονική σε γενικές γραμμές είναι η συνήθης, πρέπει να σημειωθεί πως πολλές παραλλαγές αυτού του μοντέλου έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία των ΕΔΣ και είναι σχεδόν αδύνατο να βρεθούν δύο ΕΔΣ που βασίζονται ακριβώς στην ίδια αρχιτεκτονική (Nwana, 1990).

### 2.3.1 Γνώση Πεδίου

Η Γνώση Πεδίου αποτελεί αναπαράσταση των εννοιών και ικανοτήτων για ένα συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο που πρέπει να μεταδοθούν στον μαθητή. Στα ΕΔΣ το τμήμα αυτό είναι συνήθως ένα μοντέλο το οποίο μπορεί να παρέχει μία δυναμική μορφή της εμπειρογνωμοσύνης. Το μοντέλο αυτό είναι η πηγή της γνώσης που πρέπει να μεταδοθεί στο μαθητή, είναι δηλαδή υπεύθυνο για την παραγωγή εξηγήσεων, ερωτήσεων και απαντήσεων στο μαθητή. Επιπλέον το τμήμα αυτό παράγοντας λύσεις σε προβλήματα οι οποίες είναι συγκρίσιμες με αυτές του μαθητή, αποτελεί και το πρότυπο γνώσης που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της επίδοσης του μαθητή. Επίσης το τμήμα της Γνώσης Πεδίου πρέπει να είναι ικανό να εντοπίζει συνήθη συστηματικά λάθη και κάθε απορρέον από αυτά τα λάθη κενό στη γνώση του μαθητή. Τέλος, το τμήμα της Γνώσης Πεδίου θα πρέπει να μπορεί να παράγει πολλαπλά μονοπάτια λύσης για ένα πρόβλημα, ώστε να μπορεί να συγκρίνει ενδιάμεσα βήματα (δικά του και του μαθητή) και να ελέγχει την πορεία του μαθητή.

Η αναπαράσταση της γνώσης πεδίου στα ΕΔΣ έχει γίνει μέχρι στιγμής με διάφορους τρόπους. Σε αυτούς συμπεριλαμβάνονται τα σημασιολογικά δίκτυα (semantic networks) όπως π.χ. στο σύστημα SCHOLAR (Carbonell, 1970), τεχνικές πλαισίων

(frames), ή διαδικαστικά (procedural) σχήματα όπως π.χ. στο σύστημα SOPHIE (Brown, Burton & deKleer, 1982).

Οι αναπαραστάσεις του γνωστικού πεδίου κυμαίνονται από εντελώς αδιαφανείς ή αναπαραστάσεις «μαύρου κουτιού» (black-box) όπου μόνο τα τελικά αποτελέσματα είναι διαθέσιμα (π.χ. στο σύστημα SOPHIE I), μέχρι αναπαραστάσεις εντελώς διαφανείς ή «γυάλινου κουτιού» (glass-box), όπου κάθε βήμα αιτιολόγησε μπορεί να επιθεωρηθεί και να ερμηνευθεί (όπως π.χ. στο σύστημα SOPHIE II).

Το τμήμα Γνώσης Πεδίου αναπόφευκτα ενσωματώνει τη συγκεκριμένη άποψη που έχει ο σχεδιαστής του συστήματος για το γνωστικό πεδίο. Αυτό σημαίνει πως η διδασκαλία διακυβεύεται αν ο μαθητής δεν καταλαβαίνει τον τρόπο διδασκαλίας του συστήματος ή αν το σύστημα δεν μπορεί να ερμηνεύσει τη συμπεριφορά του μαθητή λόγω διαφορετικής οπτικής για τη γνώση του πεδίου (Wenger, 1987). Φυσικά, και οι πραγματικοί δάσκαλοι έχουν τις δικές τους απόψεις και τρόπους διδασκαλίας που οι μαθητές μπορεί να θεωρούν δυσνόητους, αλλά αυτοί έχουν παράλληλα την ικανότητα να προσαρμόζονται και να υιοθετούν τρόπους διδασκαλίας και έκφρασης που οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν.

### 2.3.2 Μοντέλο Μαθητή

Το Μοντέλο Μαθητή, αναπόσπαστο τμήμα για τη συντριπτική πλειοψηφία των ΕΔΣ, έχει οριστεί ως «...μία αναπαράσταση των πεποιθήσεων του συστήματος για τον μαθητή και ...επομένως, μια αφαιρετική (abstract) αναπαράσταση του μαθητή...» (Holt, Dubs, Jones & Greer, 1994). Ιδανικά, το μοντέλο μαθητή θα έπρεπε να περιλαμβάνει όλο το φάσμα των χαρακτηριστικών ενός μαθητή που έχουν πιθανόν αντίκτυπο στην επίδοσή και τη μάθησή του. Όμως, «η μοντελοποίηση των μαθητών δεν είναι η κατασκευή ακριβών γνωστικών μοντέλων. Αν ήταν, θα έπρεπε να επιλύσουμε όλα τα προβλήματα της γνωστικής επιστήμης πριν δημιουργήσουμε ένα μοντέλο μαθητή. Το μόνο που χρειαζόμαστε είναι να μοντελοποιήσουμε το μαθητή στο επίπεδο λεπτομέρειας που χρειάζεται για τις διδακτικές αποφάσεις που μπορούμε να πάρουμε» (Self, 1990).

Ο Wenger (1987) και ο Nwana (1990) περιέγραψαν δύο κύριες λειτουργίες των μοντέλων μαθητή: τη χρήση τους ως πηγή πληροφόρησης σχετικά με τον μαθητή και τη χρήση τους ως αναπαράσταση του μαθητή. Για την επίτευξη αυτών των λειτουργιών τα μοντέλα μαθητή έχουν **διάφορους ρόλους** που κατά τον Self (1988) μπορούν να διακρίνουν τα μοντέλα μαθητή σε έξι κατηγορίες οι οποίες είναι οι εξής:

1. Διορθωτικά (Corrective): αυτά που βοηθούν στη διόρθωση σφαλμάτων στη γνώση των μαθητών.
2. Επεξηγηματικά (Elaborative): για τη διόρθωση ατελούς γνώσης του μαθητή.
3. Στρατηγικά (Strategic): για την αναπροσαρμογή της στρατηγικής διδασκαλίας.
4. Διαγνωστικά (Diagnostic): για τη διάγνωση σφαλμάτων στη γνώση των μαθητών.
5. Προβλεπτικά (Predictive): για τον προσδιορισμό της πιθανής αντίδρασης των μαθητών σε διδακτικές ενέργειες.
6. Αξιολογικά (Evaluative): για την αξιολόγηση του μαθητή ή του ΕΔΣ.

Τα μοντέλα μαθητή ανάλογα με τη διάρκεια τους διακρίνονται σε **μοντέλα μικρής και μοντέλα μακράς διάρκειας** (Rich, 1979; 1983). Στα μοντέλα μικρής διάρκειας (short-term) οι πεποιθήσεις του συστήματος για τον μαθητή διαρκούν λίγο, είναι π.χ. επακόλουθο της προσπάθειας του μαθητή να λύσει ένα πρόβλημα. Στα μοντέλα μακράς διάρκειας (long-term) οι πεποιθήσεις του συστήματος για τον μαθητή διατηρούνται για να ενισχύσουν ένα μεγαλύτερης διάρκειας μοντέλο μαθητή. Τα περισσότερα ΕΔΣ υλοποιούν και τους δύο τύπους αναπαράστασης: έχουν ένα μοντέλο μαθητή μικρής διάρκειας που χρησιμοποιείται για να ενημερώνει το μοντέλο μαθητή μακράς διάρκειας.

Τα στοιχεία που χρειάζονται για τη δημιουργία του μοντέλου του μαθητή μπορούν να αποκτηθούν με τέσσερις τρόπους (Barr & Feigenbaum, 1982):

1. Έμμεσα (implicitly), παρατηρώντας τη συμπεριφορά των μαθητών.
2. Άμεσα (explicitly), ρωτώντας τους μαθητές.
3. Ιστορικά (historically), π.χ. κάνοντας υποθέσεις που βασίζονται στο επίπεδο εμπειρίας των μαθητών.
4. Δομικά (structurally), αντανανλώντας την έμφυτη δυσκολία του υλικού.

Ο Ohlsson (1986) αποκαλεί την μοντελοποίηση μαθητή «γνωστική διάγνωση» (cognitive diagnosis) επειδή ο σκοπός του μοντέλου μαθητή είναι να γνωρίζει κάτι για τη γνωστική κατάσταση των μαθητών, τι ξέρουν και πως σκέφτονται και πως προτιμούν να μαθαίνουν. Αντίστοιχα, το μοντέλο μαθητή περιλαμβάνει:

- Μέτρα επίδοσης, που αποτελούν ένδειξη για το μέτρο γνώσεων του μαθητή
- Περιγραφές λαθών και παρανοήσεων του μαθητή
- Προτιμήσεις που έχει ο μαθητής ως προς τη διδασκαλία.

Στη βιβλιογραφία των ΕΔΣ έχουν καταγραφεί διάφορες προσεγγίσεις για την μοντελοποίηση του μαθητή, ανάλογα με τις τεχνικές και μεθόδους κατασκευής των μοντέλων αλλά και ανάλογα με τις πληροφορίες που αυτά περιέχουν.

### 2.3.2.1 Μοντέλα στερεοτύπων

Πρόκειται για απλές γενικές κατηγοριοποιήσεις των μαθητών σε ομάδες που είναι ορισμένες είτε μόνιμα ή αρχικά. Ανάλογα με τις αντιδράσεις (ή απαντήσεις) του, κάθε μαθητής κατατάσσεται σε ένα προκαθορισμένο στερεότυπο. Ένα παράδειγμα ΕΔΣ που χρησιμοποιεί αυτή την προσέγγιση για την μοντελοποίηση των μαθητών είναι το WPS-Tutor (Wheeler & Regian, 1999), ένα ΕΔΣ για τη διδασκαλία της επίλυσης προβλημάτων άλγεβρας και γεωμετρίας σε παιδιά. Τα προβλήματα χωρίζονται σε επίπεδα και κάθε επίπεδο είναι ελαφρώς δυσκολότερο από το προηγούμενο επίπεδο. Όταν ένας μαθητής λύνει επιτυχώς και χωρίς βοήθεια δύο ή περισσότερα προβλήματα του τρέχοντος επιπέδου τότε το επίπεδο αυξάνει. Στο WPS-Tutor το επίπεδο είναι η κύρια περιγραφή του μαθητή στο μοντέλο του. Η προσέγγιση των στερεοτύπων στηρίζεται στην υπόθεση ότι όλοι οι μαθητές με το ίδιο στερεότυπο θα έχουν την ίδια συμπεριφορά στο συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο. Επιπλέον, μολονότι οι μαθητές μπορεί να αλλάζουν στερεότυπο από σύνοδο σε σύνοδο, τα ίδια τα στερεότυπα δεν αλλάζουν ούτε προσαρμόζονται.

Ένα άλλο παράδειγμα χρήσης στερεοτύπων έρχεται από το πεδίο της δεοντολογίας της Τεχνολογίας Λογισμικού (Winter & McCalla, 1999), στο οποίο προσδιορίστηκαν πέντε διαφορετικά στερεότυπα έπειτα από ανάλυση πρωτοκόλλων. Στο πεδίο αυτό δεν μοντελοποιήθηκε η γνώση των μαθητών αλλά ο τύπος της προσωπικότητάς τους. Κάθε στερεότυπο αναπαριστούσε ένα συγκεκριμένο τύπο

προσωπικότητας όσον αφορά τις ηθικές του αρχές, όπως π.χ. τον «καιροσιόπο» μαθητή ο οποίος θα αντέγραφε κώδικα από μία αντίπαλη εταιρεία αλλά δεν θα παραβίαζε τα ιδιωτικά αρχεία των συνεργατών του.

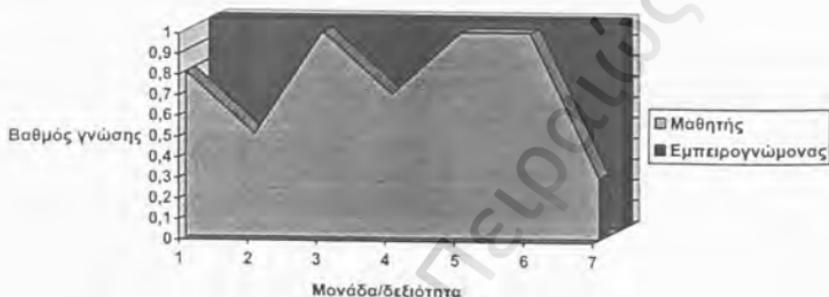
Γενικά, τα στερεότυπα είναι μία πολύ αδρή αναπαράσταση του μαθητή και η προσέγγιση αυτή δεν ενδείκνυται για περισσότερο σύνθετη ανάλυση. Επίσης, είναι αμφισβητήσιμο αν τα στερεότυπα είναι έγκυρα γιατί υπάρχει περίπτωση να διαφέρουν από ομάδα σε ομάδα μαθητών. Παρόλα αυτά, για ανοιχτά γνωστικά πεδία στα οποία η γνώση δεν μπορεί να αποσυντεθεί σε ατομικές μονάδες (όπως στην δεοντολογία της Τεχνολογίας Λογισμικού), αυτή η προσέγγιση είναι ίσως η μόνη ρεαλιστική για την μοντελοποίηση μαθητών.

Μια πιο ευέλικτη προσέγγιση είναι η χρήση στερεοτύπων μόνο για την αρχικοποίηση των τιμών του μοντέλου του μαθητή. Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές κατατάσσονται σε ένα στερεότυπο όταν χρησιμοποιούν το σύστημα για πρώτη φορά και όσο γίνονται παρατηρήσεις και συλλέγονται ενδεικτικά στοιχεία για το μαθητή, το αρχικό στερεότυπο αντικαθίσταται βαθμιαία από περισσότερο εξατομικευμένα στοιχεία. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με ένα μοντέλο επίστρωσης (βλέπε επόμενη ενότητα), όπου το μοντέλο στερεοτύπου παρέχει αρχικές τιμές για το μοντέλο επίστρωσης. Ένας αριθμός ΕΔΣ χρησιμοποιούν αυτή την προσέγγιση (Kay, 2000). Παράδειγμα τέτοιου ΕΔΣ είναι και το σύστημα WEAR (Vίνου & Μουνδρίδου, 2001b).

### 2.3.2.2 Μοντέλα επίστρωσης

Το κλασσικό μοντέλο μαθητή είναι το μοντέλο επίστρωσης (overlay model). Η προσέγγιση αυτή υποθέτει ότι όλες οι διαφορές μεταξύ της συμπεριφοράς των μαθητών και της συμπεριφοράς των εμπειρογνώμων μπορούν να ερμηνευθούν από την απουσία κάποιων ικανοτήτων από πλευράς του μαθητή (Goldstein & Carr, 1977; Goldstein, 1982). Έτσι, το μοντέλο που εκφράζει την κατάσταση της γνώσης του μαθητή θεωρείται ως υποσύνολο της Γνώσης Πεδίου (δηλαδή της γνώσης του εμπειρογνώμονα). Το μοντέλο επίστρωσης αποτελεί μία εύκολα εφαρμόσιμη προσέγγιση στην μοντελοποίηση μαθητή, υπό την προϋπόθεση ότι η γνώση του εμπειρογνώμονα μπορεί να αναλυθεί σε χαρακτηριστικές μονάδες (π.χ. κανόνες,

γεγονότα, κ.λπ.). Στο Σχήμα 2.2 απεικονίζεται το μοντέλο επίστρωσης ενός μαθητή σε ένα γνωστικό πεδίο που αναλύεται σε 7 δεξιότητες ή μονάδες. Η γνώση για κάθε μονάδα του παραδείγματος κυμαίνεται από 0 (αδράς) μέχρι 1 (έμπειρος). Ο εμπειρογνώμονας επομένως αναπαρίσταται από ένα μοντέλο επίστρωσης στο οποίο κάθε μονάδα έχει την τιμή 1, ενώ ο μαθητής αναπαρίσταται από ένα μοντέλο επίστρωσης με το πολύ 1 για κάθε μονάδα.



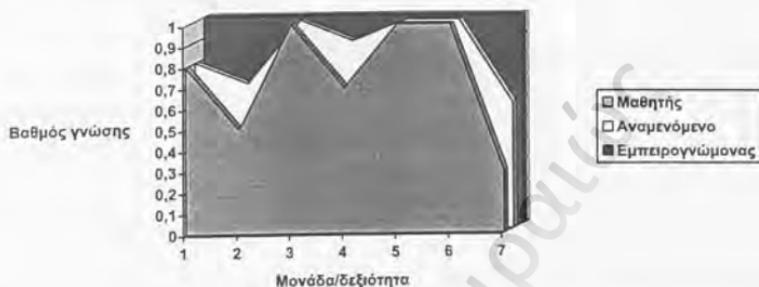
Σχήμα 2.2: Μοντέλο επίστρωσης

Σχετικά με το βαθμό γνώσης, αναφέρονται στην βιβλιογραφία τουλάχιστον δύο διαφορετικές ερμηνείες του. Σε κάποια συστήματα η γνώση θεωρείται δυαδική μεταβλητή που μπορεί να κατέχεται ή να μην-κατέχεται και ο βαθμός γνώσης αντιπροσωπεύει την πεποίθηση του συστήματος ότι η συγκεκριμένη μονάδα κατέχεται. Σε άλλα συστήματα, το μέτρο αυτό ερμηνεύεται ως η πραγματική κατάσταση του μαθητή. Αν δηλαδή ο βαθμός γνώσης για μία μονάδα είναι 0,5 αυτό σημαίνει ότι το σύστημα πιστεύει πως ο μαθητής κατέχει αυτή τη μονάδα γνώσης (ή δεξιότητα) κατά το ήμισυ και χρειάζεται περισσότερη εξάσκηση. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ συστημάτων με διαφορετικές ερμηνείες για τον βαθμό γνώσης, αφού και τα δύο είδη ενεργούν με στόχο την μεγιστοποίηση αυτού του μέτρου.

### 2.3.2.3 Διαφορική μοντελοποίηση

Η διαφορική μοντελοποίηση (differential modelling) αποτελεί μία παραλλαγή του μοντέλου επίστρωσης. Η προσέγγιση αυτή χωρίζει τη γνώση πεδίου σε δύο περιοχές: τις γνώσεις που ο μαθητής πρέπει να έχει και τις γνώσεις που ο μαθητής δεν

αναμένεται να έχει. Στο Σχήμα 2.3 απεικονίζεται το διαφορικό μοντέλο ενός μαθητή σε ένα γνωστικό πεδίο που αναλύεται σε 7 δεξιότητες ή γνωστικές μονάδες. Στην περίπτωση του παραδείγματος, το σύστημα θα εστιάσει τη διδασκαλία στις μονάδες 2, 4, και 7 τις οποίες ο μαθητής γνωρίζει λιγότερο από όσο αναμενόταν.



Σχήμα 2.3: Διαφορικό μοντέλο

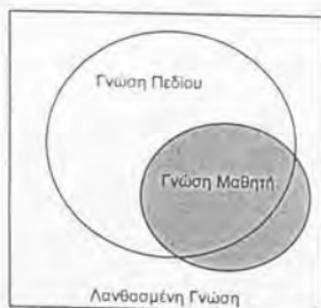
Με άλλα λόγια, η διαφορική μοντελοποίηση ενδιαφέρεται μόνο για τα κενά του μαθητή σε σχέση με τις αναμενόμενες γνώσεις του.

Παράδειγμα συστήματος που ακολουθεί την προσέγγιση της διαφορικής μοντελοποίησης αποτελεί το σύστημα WEST (Burton & Brown, 1978).

#### 2.3.2.4 Μοντέλα παρεκκλίσεων (θεωρία λαθών)

Ένα σημαντικό πρόβλημα/χαρακτηριστικό και των δύο προηγούμενων προσεγγίσεων (επίστρωσης και διαφορικής μοντελοποίησης) είναι ότι υποθέτουν ότι η γνώση του μαθητή είναι ένα υποσύνολο της γνώσης του εμπειρογνώμονα και επομένως δεν αναπαριστούν καμία πεποίθηση του χρήστη που βρίσκεται έξω από τη γνώση πεδίου του εμπειρογνώμονα. Η συμπεριφορά όμως των πραγματικών μαθητών συχνά παρεκκλίνει από τη σωστή λόγω παρανοήσεων που μπορεί να έχουν στο γνωστικό πεδίο ή λόγω λανθασμένων διαδικασιών που ακολουθούν για να καταλήξουν σε συμπεράσματα. Στα μοντέλα παρεκκλίσεων (perturbation models) το μοντέλο μαθητή μπορεί να διαφέρει από το μοντέλο της Γνώσης Πεδίου με την έννοια του ότι παρεκκλίνει από αυτό (Σχήμα 2.4). Σε αυτή την προσέγγιση επομένως μοντελοποιείται και η λανθασμένη γνώση των μαθητών και με τον τρόπο αυτό το

σύστημα μπορεί να παρέχει αποτελεσματικότερες συμβουλές στον μαθητή ώστε να διορθώσει τις πιθανές παρανοήσεις του.



Σχήμα 2.4: Μοντέλο παρεκκλίσεων

Στη βιβλιογραφία των ΕΔΣ έχουν αναφερθεί τρεις τύποι αυτής της προσέγγισης (Holt, Dubs, Jones & Greer, 1994): η απαριθμητική μοντελοποίηση, η επανακατασκευαστική και η γενετική.

#### Απαριθμητική μοντελοποίηση (enumerative modelling)

Σε αυτό τον τύπο μοντελοποίησης, η λανθασμένη γνώση (τα συχνότερα εμφανιζόμενα λάθη και παρανοήσεις των μαθητών, όπως αυτά έχουν προκύψει από ανάλυση πρωτοκόλλων μαθητών) αποτελεί μέρος της Γνώσης Πεδίου μαζί με τη γνώση του εμπειρογνώμονα. Το σύστημα DEBUGGY (Burton, 1982) είναι ένα ΕΔΣ που χρησιμοποιεί αυτή την προσέγγιση για την μοντελοποίηση του μαθητή. Πρόκειται για ένα ΕΔΣ για το γνωστικό πεδίο της Αριθμητικής και συγκεκριμένα για τη διαδικασία της αφαίρεσης. Το DEBUGGY μπορεί από τις απαντήσεις του μαθητή να διαγνώσει τόσο τις γνώσεις του όσο και τις παρανοήσεις του που τον οδηγούν σε λάθη. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του μοντέλου που διατηρεί το DEBUGGY και το οποίο περιλαμβάνει όλες τις απαιτούμενες υπο-ικανότητες της αλκικής ικανότητας (εκτέλεση αφαίρεσης) καθώς και τις πιθανές λανθασμένες εκδόσεις της κάθε υπο-ικανότητας. Αντικαθιστώντας μια μεμονωμένη υπο-ικανότητα με ένα από τα λάθη της μπορεί το σύστημα να αναπαράγει τη λανθασμένη συμπεριφορά του μαθητή. Παράδειγμα λανθασμένης απάντησης του μαθητή και η αντίστοιχη παρανόηση παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.5.

$$\begin{array}{r} 143 \\ - 28 \\ \hline 125 \end{array}$$

Ο μαθητής αφαιρεί σε κάθε στήλη το μικρότερο ψηφίο από το μεγαλύτερο, ανεξάρτητα από το ποίο βρίσκεται στην κορυφή.

**Σχήμα 2.5:** Η λανθασμένη απάντηση του μαθητή και η αντίστοιχη παρανόησή του σε ένα πρόβλημα αφαίρεσης

Συνολικά, το DEBUGGY περιέχει 110 πρωτογενή λάθη. Κάποια όμως από τα λάθη αυτά μπορεί να συνδυάζονται και να δημιουργούν σύνθετα λάθη και τότε δημιουργείται ένας τεράστιος χώρος αναζήτησης που πρέπει να εξεταστεί για να γίνει η διάγνωση. Για την ελαχιστοποίηση του προβλήματος του χώρου αναζήτησης το DEBUGGY ακολουθεί έναν ευρετικό αλγόριθμο διάγνωσης.

Εκτός του DEBUGGY, ένας αριθμός παλαιότερων αλλά και σύγχρονων ΕΔΣ ακολουθούν την απαριθμητική προσέγγιση, όπως π.χ. το σύστημα PROUST (Johnson & Soloway, 1984) για τη διδασκαλία της γλώσσας Pascal, το σύστημα LMS (Sleeman, 1982) για το γνωστικό πεδίο της Άλγεβρας, και άλλα (π.χ. Webb, Chiu & Kuzmycz, 1997; Virvou & Tsiptiga, 2000).

#### *Παραγωγική μοντελοποίηση (generative modelling)*

Στην προσέγγιση αυτή το ΕΔΣ χρησιμοποιεί ένα γνωστικό μοντέλο για να εξηγήσει τη λανθασμένη συμπεριφορά του μαθητή. Σε αντίθεση με την απαριθμητική προσέγγιση, εδώ δεν απαιτείται κατάλογος λαθών γιατί η παραγωγική μοντελοποίηση στηρίζεται στην υπόθεση ότι το σύστημα είναι ικανό να συμπεράνει τις παρανοήσεις του μαθητή που τον οδηγούν στο λάθος από το γνωστικό μοντέλο που διατηρεί.

Ο Matz (1982) διερεύνησε την παραγωγική μοντελοποίηση και στη δική του προσέγγιση η γνωστική βάση είναι ότι η επίλυση προβλημάτων αποτελείται από δύο τμήματα: βασικούς κανόνες και τεχνικές συμπερασμού. Οι βασικοί κανόνες περιλαμβάνουν τη γνώση που έχει εξαχθεί από παραδείγματα ή έχει διαβαστεί από ένα βιβλίο, ενώ οι τεχνικές συμπερασμού είναι κανόνες για την εφαρμογή των βασικών κανόνων σε άγνωστες καταστάσεις. Κατά τον Matz, τα λάθη μπορούν να ερμηνευθούν ως το αποτέλεσμα αποτυχημένου συμπερασμού. Συγκεκριμένα, ο μαθητής μπορεί να χρησιμοποιήσει έναν ακατάλληλο βασικό κανόνα σε μία νέα

κατάσταση, ή μπορεί να τροποποιήσει ένα βασικό κανόνα με ακατάλληλο τρόπο για να λύσει ένα νέο πρόβλημα. Παράδειγμα του τελευταίου είναι το εξής: Ο μαθητής έχοντας λύσει το πρόβλημα  $(X-3)(X-4)=0$  για να βρει ότι  $X=3$  ή  $X=4$ , μπορεί να έμαθε πως ο σωστός κανόνας για να λύνει προβλήματα της μορφής  $(X-A)(X-B)=0$  είναι να λύνει το  $X-A=0$  ή το  $X-B=0$ . Αν όμως του τεθεί ένα παρεμφερές πρόβλημα της μορφής  $(X-A)(X-B)=K$  ο μαθητής επιχειρεί να τροποποιήσει τον προηγούμενο κανόνα και να λύσει το  $X-A=K$  ή το  $X-B=K$ .

Επομένως, σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, αν μπορούν να προσδιοριστούν οι γενικές φόρμες των λαθών συμπερασμού, τότε η πλειοψηφία των λανθασμένων ενεργειών των μαθητών μπορεί να εξηγηθεί. Σε παρόμοιο πνεύμα με την έρευνα του Matz είναι και η θεωρία REPAIR (Van Lehn, 1982; 1990).

#### *Επανακατασκευαστική μοντελοποίηση (reconstructive modelling)*

Όπως και η προηγούμενη, η προσέγγιση της επανακατασκευαστικής μοντελοποίησης στοχεύει στην επανακατασκευή της λανθασμένης συμπερασματολογίας. Η υπόθεση στη οποία στηρίζεται η προσέγγιση αυτή είναι ότι το γνωστικό πεδίο απαρτίζεται από ένα σύνολο τελεστών, τους οποίους οι μαθητές ανεξάρτητα από το επίπεδό τους μπορούν να εφαρμόζουν σωστά σε κάθε κατάσταση προβλήματος. Μια διαδικασία στο γνωστικό πεδίο αποτελείται από μία ακολουθία τελεστών και η λανθασμένη γνώση προκύπτει όταν ο μαθητής μαθαίνει μια λάθος ακολουθία τελεστών. Ο στόχος του αλγορίθμου μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιεί η προσέγγιση αυτή είναι να επάγει την ακολουθία των τελεστών που ταιριάζει καλύτερα στα λάθη που έχει παρατηρηθεί να κάνει ο μαθητής. Παραδείγματα ΕΔΣ που χρησιμοποιούν επανακατασκευαστική μοντελοποίηση είναι τα ACM (Automated Cognitive Modeller) (Langley, Wogulis & Ohlsson, 1990) και το INSTRUCT (Mitrovic, Djordjevic-Kajan & Stoimenov, 1996).

### 2.3.3 Τμήμα Διδασκαλίας

Το Τμήμα Διδασκαλίας είναι εκείνο το οποίο σχεδιάζει και ρυθμίζει τις διδακτικές αλληλεπιδράσεις του ΕΔΣ με τους μαθητές. Συνδέεται στενά με το μοντέλο μαθητή αφού χρησιμοποιώντας τη γνώση που αυτό παρέχει για τον μαθητή, καθώς και τη

δική του δομή διδακτικών στόχων αποφασίζει ποιες εκπαιδευτικές ενέργειες θα εκτελεστούν: υποδείξεις για να ξεπεραστούν αδιέξοδα, συμβουλές, υποστήριξη, διασαφήσεις, διαφορετικές εργασίες για εξάσκηση, τεστ για την επιβεβαίωση υποθέσεων του μοντέλου του μαθητή, κλπ. (Self, 1988). Με άλλα λόγια, το τμήμα διδασκαλίας επιχειρεί να παίξει το ρόλο του πραγματικού δασκάλου: να παρακινήσει τους μαθητές, να τους κάνει ερωτήσεις και υποδείξεις, να τους ζητά να δικαιολογήσουν τις απαντήσεις τους και να τους καθοδηγήσει στην επίλυση προβλημάτων παρεμβαίνοντας στο βαθμό ακριβώς που χρειάζεται (Kaplan & Rock, 1995). Σε αυτό το τμήμα κωδικοποιούνται οι διδακτικές αποφάσεις, οι οποίες διακρίνονται σε: α) διδακτικές αποφάσεις σε σφαιρικό επίπεδο, οι οποίες αφορούν στις αλληλουχίες των διδακτικών τμημάτων και β) διδακτικές αποφάσεις σε τοπικό επίπεδο, όπου καθορίζεται αν το σύστημα πρέπει να διακόψει το μαθητή και να παρέμβει και αν παρέμβει τι θα πει στον μαθητή και με τι τρόπο. Τρία είδη παρεμβάσεων διακρίνονται συνήθως: η καθοδήγηση (guidance), η επεξήγηση (explanation) και η διόρθωση (remediation).

Ένα άλλο σημείο στο οποίο διαφέρουν τα τμήματα διδασκαλίας διαφορετικών ΕΔΣ είναι στον έλεγχο που έχουν πάνω στην αλληλεπίδραση μεταξύ μαθητή και συστήματος. Ανάλογα με το βαθμό ελέγχου, διακρίνουμε τρία είδη ΕΔΣ. Στο ένα άκρο βρίσκονται τα παρακολουθούμενα (monitoring) συστήματα που παρακολουθούν στενά τις ενέργειες των μαθητών και προσαρμόζονται στις αντιδράσεις τους χωρίς όμως να τους παραχωρούν τον έλεγχο. Τέτοιου τύπου ΕΔΣ είναι το Steamer (Hollan, Hutchins, & Weitzman, 1984) που διδάσκει τη λειτουργία της εγκατάστασης παραγωγής ατμού σε ένα πλοίο και το QUEST (White & Frederiksen, 1985) που παρέχει ποιοτική κατανόηση της επίλυσης προβλημάτων σε ένα ηλεκτρικό σύστημα. Στο άλλο άκρο, είναι τα ΕΔΣ καθοδηγούμενης ανακάλυψης (guided-discovery) όπου ο μαθητής έχει σχεδόν πλήρη έλεγχο της δραστηριότητας και ο μόνος τρόπος με τον οποίο το σύστημα μπορεί να κατευθύνει την πορεία των ενεργειών είναι τροποποιώντας το ίδιο το περιβάλλον. Παραδείγματα αυτού του τύπου των ΕΔΣ είναι τα συστήματα West (Brown, Burton & deKleer, 1982), που παρέχει on-line καθοδήγηση για ένα παιχνίδι μαθηματικών, και PROUST (Johnson & Soloway, 1984), ένα σύστημα που κάνει διάγνωση μη συντακτικών λαθών των

μαθητών σε προγράμματα Pascal. Στο μέσο του φάσματος των ΕΔΣ από πλευράς ελέγχου, βρίσκονται τα συστήματα μικτής πρωτοβουλίας (mixed-initiative) όπου ο έλεγχος μοιράζεται μεταξύ μαθητή και συστήματος καθώς αυτοί ανταλλάσσουν ερωτήσεις και απαντήσεις. Παραδείγματα συστημάτων μικτής πρωτοβουλίας είναι το SCHOLAR (Carbonell, 1970) που διδάσκει γεωγραφία της Νότιας Αμερικής και το WHY (Collins, 1976) που διδάσκει λογική μέσω διαλόγου βασισμένου στη Σωκρατική μέθοδο. Συγκεκριμένα στο WHY οι διδακτικοί διάλογοι εξετάζουν τις διαδικασίες που οδηγούν στις βροχοπτώσεις.

### 2.3.4 Σύστημα Διεπαφής

Το σύστημα διεπαφής είναι το υπεύθυνο για την επικοινωνία τμήμα ενός ΕΔΣ, το οποίο ελέγχει την αλληλεπίδραση μεταξύ μαθητή και συστήματος. Το τμήμα αυτό μεταφράζει αμφίδρομα μεταξύ της εσωτερικής αναπαράστασης του συστήματος και μιας γλώσσας διεπαφής που είναι κατανοητή από τον μαθητή. Ανεξάρτητα από το πόσο «έξυπνο» είναι το ΕΔΣ εσωτερικά, το σύστημα διεπαφής είναι καθοριστικό για την επιτυχία του συστήματος για δύο κυρίως λόγους. Πρώτον, δεδομένου ότι η διεπαφή είναι η τελική μορφή με την οποία το ΕΔΣ παρουσιάζει τον εαυτό του, ποιοτικά στοιχεία όπως η ευκολία στη χρήση, η ελκυστικότητα και ο βαθμός φιλικότητας μπορεί να είναι αποφασιστικής σημασίας για την αποδοχή ολόκληρου του ΕΔΣ από τον μαθητή. Δεύτερον, η ανάπτυξη των τεχνολογιών πολυμέσων (multimedia) παρέχει όλο και περισσότερο σύνθετα εργαλεία των οποίων η επικοινωνιακή δύναμη επηρεάζει καθοριστικά το σχεδιασμό των ΕΔΣ.

Τα πρώτα ΕΔΣ βασίζονταν σε τεχνικές επεξεργασίας φυσικής γλώσσας προκειμένου να κάνουν τις διεπαφές κειμένου όσο το δυνατόν φιλικότερες. Τα σύγχρονα ΕΔΣ έχουν υιοθετήσει για το σύστημα διεπαφής τους ό, τι πιο εξελιγμένο έχει να επιδείξει η τεχνολογία σε αυτόν τον τομέα. Έτσι, τα πολυμέσα, οι πράκτορες διεπαφής (interface agents) και η εικονική πραγματικότητα (virtual reality) έχουν επιτυχώς ενσωματωθεί σε αρκετά ΕΔΣ σημειώνοντας μάλιστα σημαντικές επιδράσεις στη στάση και δραστηριοποίηση των μαθητών που αλληλεπιδρούν με αυτά (βλ. § 8.3.1).

## 2.4 Ευφυή Διδακτικά Συστήματα και Διαδίκτυο

Η σημασία του Διαδικτύου ως εκπαιδευτικού μέσου έχει αναγνωρισθεί ευρέως τα τελευταία χρόνια. Έχει τεθεί παγκοσμίως ο ερευνητικός στόχος της χρήσης του Διαδικτύου για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Ο Stanchen (1993) προσδιόρισε πέντε ιδιότητες του Διαδικτύου που ωφελούν την μαθησιακή διαδικασία έναντι των παραδοσιακών μεθόδων, όπως (i) επικοινωνία πολλών προς πολλούς (many-to-many) (ii) ανεξαρτησία τόπου (iii) ανεξαρτησία χρόνου (iv) επικοινωνία βασισμένη σε πολυμέσα και (v) αλληλεπίδραση με τη μεσολάβηση του υπολογιστή (computer mediated interaction). Αν και αυτές οι ιδιότητες δεν είναι μοναδικές του Διαδικτύου, τουλάχιστον οι τρεις πρώτες είναι περισσότερο εύκολα διαθέσιμες μέσω αυτού.

Εκατοντάδες Διαδικτυακές εκπαιδευτικές εφαρμογές έχουν αναπτυχθεί κατά την τελευταία δεκαετία. Το πρόβλημα όμως με την πλειοψηφία αυτών είναι ότι δεν είναι τίποτα παραπάνω από ένα δίκτυο στατικών σελίδων υπερκειμένου με περιορισμένη αλληλεπιδραστικότητα και προσαρμοστικότητα. Ειδικά όμως στο περιβάλλον του Διαδικτύου, η προσαρμοστικότητα των εκπαιδευτικών εφαρμογών είναι ιδιαίτερα σημαντική για δύο κυρίως λόγους. Πρώτον, οι περισσότερες Διαδικτυακές εφαρμογές απευθύνονται σε ένα ευρύτερο σύνολο χρηστών από αυτό στο οποίο απευθύνεται μια αυτόνομη (standalone) εφαρμογή. Επομένως, μία εφαρμογή Διαδικτύου που είναι σχεδιασμένη για μία συγκεκριμένη τάξη χρηστών μπορεί να μην ταιριάζει σε άλλους χρήστες. Δεύτερον, στις περισσότερες περιπτώσεις ο μαθητής-χρήστης μιας Διαδικτυακής εκπαιδευτικής εφαρμογής δουλεύει μόνος του με το σύστημα χωρίς την παρουσία ενός πραγματικού δασκάλου που θα μπορούσε να του παρέχει εξατομικευμένη βοήθεια. Η προσαρμοστικότητα και η αλληλεπιδραστικότητα είναι χαρακτηριστικά που συναντάμε στα ΕΔΣ. Συνεπώς, διαφαίνεται πως η ενσωμάτωση της τεχνολογίας των ΕΔΣ στην εκπαίδευση από απόσταση (και ειδικά στην εκπαίδευση μέσω Διαδικτύου) μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευεργετική για τους διδακτικούς και μαθησιακούς στόχους. Πράγματι, στη βιβλιογραφία αναφέρεται ένας αριθμός ΕΔΣ που «μεταφέρθηκαν» στο Διαδίκτυο (π.χ. Alpert, Singley & Fairweather, 1999; Ritter, 1997) και άλλα που κατασκευάστηκαν εξ' αρχής γι' αυτό (π.χ. Eliot, Neiman & Lamar, 1997; Peylo et al., 2000). Για τα συστήματα αυτά

μάλιστα έχει επικρατήσει να ονομάζονται Προσαρμοστικά και Ευφυή Διαδικτυακά Εκπαιδευτικά Συστήματα (Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems) (Weber & Brusilovsky, 2001; Brusilovsky, 1999).

Τα Προσαρμοστικά και Ευφυή Διαδικτυακά Εκπαιδευτικά Συστήματα (ΠΕΔΕΣ) δεν αποτελούν εντελώς καινούριο και μοναδικό είδος συστημάτων. Έχουν τις ρίζες τους στα ΕΔΣ και στα Προσαρμοστικά Συστήματα Υπερμέσων (Adaptive Hypermedia Systems). Τα ΕΔΣ χρησιμοποιούν τη γνώση για το Πεδίο, για τον μαθητή και για τις στρατηγικές διδασκαλίας προκειμένου να υποστηρίξουν την ευέλικτη και εξατομικευμένη μάθηση και διδασκαλία. Η προσαρμοστικότητα ήταν επομένως ένας από τους βασικούς στόχους για κάθε ΕΔΣ. Τα Προσαρμοστικά υπερμέσα αποτελούν μία σχετικώς νέα κατεύθυνση έρευνας στο σταυροδρόμι των υπερμέσων και της μοντελοποίησης χρηστών (Brusilovsky, 1996; 2001). Τα Προσαρμοστικά Συστήματα Υπερμέσων διατηρούν μοντέλα χρηστών διαφόρων μορφών, τα οποία χρησιμοποιούν για να προσαρμόζουν το περιεχόμενο και τους συνδέσμους των σελίδων υπερμέσων για κάθε χρήστη. Η εκπαίδευση είναι μία από τις κύριες περιοχές εφαρμογής των προσαρμοστικών υπερμέσων και αρκετά προσαρμοστικά εκπαιδευτικά συστήματα υπερμέσων είχαν αναπτυχθεί και πριν την «κυριαρχία» του Διαδικτύου. Αν και τα τρέχοντα ΠΕΔΕΣ μπορούν να θεωρηθούν απλά σαν ΕΔΣ που έχουν υλοποιηθεί στο Διαδίκτυο, ο ίδιος ο Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web) έχει σοβαρή επίδραση στο σχεδιασμό και την υλοποίηση αυτών των συστημάτων και μας επιτρέπει να τα μεταχειριζόμαστε ως ειδική υποκατηγορία ΕΔΣ. Για παράδειγμα, ενώ πολύ λίγα αυτόνομα ΕΔΣ χρησιμοποιούν προσαρμοστικά υπερμέσα, σχεδόν όλα τα ΠΕΔΕΣ μπορούν να χαρακτηριστούν και ως ΕΔΣ αλλά και ως Προσαρμοστικά Συστήματα Υπερμέσων. Αυτή είναι η επίδραση της «υπερμεσικής» φύσης του WWW.

#### **2.4.1 Τεχνολογίες προσαρμογής στα Προσαρμοστικά και Ευφυή Διαδικτυακά Εκπαιδευτικά Συστήματα**

Τεχνολογίες προσαρμογής (adaptation technologies) ονομάζονται κατά τον Brusilovsky (1996) οι διάφοροι τρόποι που εφαρμόζονται στα ΠΕΔΕΣ για την επίτευξη της προσαρμοστικότητας. Οι περισσότερες τέτοιες τεχνολογίες έχουν

υιοθετηθεί είτε από την περιοχή των ΕΔΣ (σειρά παρουσίασης του διδακτικού υλικού και υποστήριξη επίλυσης προβλημάτων) ή από την περιοχή των προσαρμοστικών υπερμέσων (προσαρμοστική παρουσίαση και υποστήριξη προσαρμοστικής πλοήγησης). Τέλος, η φύση του Διαδικτύου παρακινεί για την ανάπτυξη και νέων τεχνολογιών (υποστήριξη συνεργασίας) (Brusilovsky, 1999). Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται οι τεχνολογίες αυτές και παρατίθενται παραδείγματα συστημάτων που τις χρησιμοποιούν.

#### 2.4.1.1 Προσαρμογή της σειράς παρουσίασης του διδακτικού υλικού

Ο στόχος της τεχνολογίας προσαρμογής της σειράς παρουσίασης του διδακτικού υλικού (curriculum sequencing technology) είναι η παροχή στον μαθητή της καταλληλότερης σειράς διδακτικών ενοτήτων προς μελέτη και μαθησιακών εργασιών (ερωτήσεων, προβλημάτων, κ.λπ.) προς εκτέλεση. Με τον τρόπο αυτό επομένως, ο μαθητής υποστηρίζεται στο να βρει τη βέλτιστη διαδρομή στο διδακτικό υλικό. Μπορούμε να διακρίνουμε δύο είδη προσαρμογής της σειράς παρουσίασης του διδακτικού υλικού: την ενεργητική και την παθητική. Η *ενεργητική προσαρμογή της σειράς* (active sequencing) προϋποθέτει ένα μαθησιακό στόχο (κάποιες έννοιες ή ενότητες του γνωστικού πεδίου που πρέπει να γνωρίζει ο μαθητής) και κατασκευάζει τη βέλτιστη διαδρομή για την επίτευξη αυτού του στόχου. Η *παθητική προσαρμογή της σειράς* (passive sequencing) αρχίζει όταν ο μαθητής δεν είναι σε θέση να λύσει ένα πρόβλημα ή να απαντήσει σε μια ερώτηση σωστά και έχει ως στόχο να προσφέρει στον μαθητή ένα υποσύνολο του διαθέσιμου διδακτικού υλικού για να διορθώσει μια παρανόησή του ή να καλύψει την ελλιπή του γνώση. Επίσης, η τεχνολογία της προσαρμογής της σειράς παρουσίασης του διδακτικού υλικού μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε: *υψηλού επιπέδου σειρά* ή *σειρά γνώσης*, που προσδιορίζει την επόμενη έννοια ή ενότητα που πρέπει να διδαχθεί και *χαμηλού επιπέδου* ή *σειρά εργασιών*, που προσδιορίζει την επόμενη μαθησιακή εργασία (παράδειγμα, πρόβλημα, ερώτηση) εντός της τρέχουσας ενότητας (Brusilovsky, 1992).

Η τεχνολογία προσαρμογής του διδακτικού υλικού είναι από τις παλαιότερες και συναντάται συχνότατα τόσο σε ΕΔΣ όσο και σε ΠΕΔΕΣ. Εκπρόσωποι των τελευταίων που εφαρμόζουν αυτή την τεχνολογία με διάφορες μορφές είναι τα

συστήματα: ELM-ART (Brusilovsky, Schwarz & Weber, 1996), CALAT (Nakabayashi, Maruyama, Kato, Touhei & Fukuhara, 1997), AST (Specht, Weber, Heitmeyer & Schöch, 1997), MANIC (Stern, Woolf & Kuroso, 1997), Medtec (Eliot, Neiman & Lamar, 1997).

#### 2.4.1.2 Υποστήριξη επίλυσης προβλημάτων

Για πολλά χρόνια το στοιχείο που προσέδιδε αξία στα ΕΔΣ αλλά και αυτό που είχε επικρατήσει να είναι το βασικό τους καθήκον ήταν η υποστήριξη της επίλυσης προβλημάτων (problem solving support). Συγκεκριμένα τρία είδη τεχνολογιών διακρίνονται σε αυτόν τον τομέα δράσης των ΕΔΣ (Brusilovsky, 1999): η έξυπνη ανάλυση των λύσεων του μαθητή, η αλληλεπιδραστική επίλυση προβλημάτων και η βασισμένη σε παραδείγματα επίλυση προβλημάτων.

##### *Έξυπνη ανάλυση των λύσεων του μαθητή*

Η τεχνολογία της έξυπνης ανάλυσης των λύσεων του μαθητή (intelligent analysis of student solutions) χειρίζεται τις τελικές λύσεις των μαθητών σε προβλήματα που μπορεί να ξεκινούν από απλές ερωτήσεις και να φτάνουν μέχρι σύνθετα προβλήματα προγραμματισμού. Τα συστήματα που εφαρμόζουν αυτή την τεχνολογία εντοπίζουν το ακριβές λάθος του μαθητή καθώς και την παρανόησή του ή την έλλειψη γνώσης που το προκάλεσε και του παρέχουν αναλυτική ανάδραση για το λάθος ενημερώνοντας παράλληλα το μοντέλο μαθητή. Παραδείγματα ΠΕΔΕΣ που υλοποιούν αυτή την τεχνολογία είναι το ELM-ART που διδάσκει προγραμματισμό σε LISP (Brusilovsky, Schwarz & Weber, 1996), το WITS με γνωστικό πεδίο τους διαφορικούς υπολογισμούς (Okazaki, Watanabe & Kondo, 1997) και το Web PVT για τη διδασκαλία της παθητικής φωνής της Αγγλικής γλώσσας (Virvou & Tsiriga, 2001).

##### *Αλληλεπιδραστική επίλυση προβλημάτων*

Στόχος της αλληλεπιδραστικής επίλυσης προβλημάτων (interactive problem solving support) είναι η παροχή στον μαθητή έξυπνης βοήθειας σε κάθε βήμα της επίλυσης ενός προβλήματος. Η βοήθεια αυτή μπορεί να έχει τη μορφή υπόδειξης ή μπορεί να είναι ακόμα και η εκτέλεση από το σύστημα του επόμενου βήματος στην επίλυση του

προβλήματος. Προκειμένου να παρέχουν αυτή τη βοήθεια, τα συστήματα που υλοποιούν αυτή την τεχνολογία παρακολουθούν τις ενέργειες του μαθητή και προσπαθούν να τις «αταναπόσουν». Ανάλογα ενημερώνουν και το μοντέλο του μαθητή που διατηρούν. Στα πρώτα ΠΕΔΕΣ η τεχνολογία της αλληλεπιδραστικής επίλυσης προβλημάτων δεν ήταν ιδιαίτερα δημοφιλής λόγω των περιορισμών υλοποίησης που έθεταν τα πρώτα εργαλεία ανάπτυξης εφαρμογών για το WWW. Αυτοί οι περιορισμοί έχουν πλέον αρθεί με την ωρίμανση του WWW και των τεχνολογιών που το υποστηρίζουν. Έτσι, αναμένεται ότι όλο και περισσότερα ΠΕΔΕΣ θα ενσωματώνουν στις λειτουργίες τους την υποστήριξη της αλληλεπιδραστικής επίλυσης προβλημάτων. Παραδείγματα υπάρχοντων συστημάτων είναι τα: Belvedere (Suthers & Jones, 1997), ADIS (Warendorf & Tan, 1997) και WEAR (Virvou & Moundridou, 2000a).

#### *Επίλυση προβλημάτων βασισμένη σε παραδείγματα*

Στο πλαίσιο της βασισμένης σε παραδείγματα επίλυσης προβλημάτων (example-based problem solving), οι μαθητές λύνουν νέα προβλήματα έχοντας ως βοήθεια παραδείγματα από προηγούμενη εμπειρία τους. Το σύστημα επομένως που υλοποιεί αυτή την τεχνολογία είναι υπεύθυνο να βοηθά τους μαθητές υποδεικνύοντάς τους τις πιο σχετικές περιπτώσεις (παραδείγματα ή προβλήματα που είχαν λύσει στο παρελθόν). Παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι το ELM-ART (Brusilovsky, Schwarz & Weber, 1996).

#### **2.4.1.3 Προσαρμοστική παρουσίαση**

Σκοπός της τεχνολογίας προσαρμοστικής παρουσίασης (adaptive presentation) είναι η προσαρμογή του περιεχομένου μια σελίδας υπερμέσων στους στόχους, τις γνώσεις και τα άλλα χαρακτηριστικά κάθε μεμονωμένου χρήστη, όπως αυτά έχουν καταγραφεί στο μοντέλο του. Σε ένα σύστημα που εφαρμόζει αυτή την τεχνολογία, οι σελίδες δεν είναι στατικές, αλλά δημιουργούνται ή συντίθενται από τμήματα ειδικά για κάθε χρήστη. Για παράδειγμα, οι έμπειροι χρήστες λαμβάνουν λεπτομερέστερες πληροφορίες ενώ οι αρχάριοι πρόσθετες εξηγήσεις. Η προσαρμοστική παρουσίαση είναι ιδιαίτερα σημαντική στο πλαίσιο του WWW όπου η ίδια σελίδα πρέπει να «ταιριάζει» σε πολύ διαφορετικούς μαθητές. Δύο παραδείγματα ΠΕΔΕΣ που

υλοποιούν πλήρως αυτή την τεχνολογία περιγράφονται από τους Kay & Kummerfeld (1994) και Calvi & De Bra (1997). Άλλα συστήματα προσαρμόζουν την παρουσίαση σε ένα κάπως διαφορετικό πλαίσιο. Για παράδειγμα, το σύστημα Medtec (Eliot, Neiman & Lamar, 1997) δημιουργεί προσαρμοσμένη περίληψη των κεφαλαίων του βιβλίου, ενώ το MetaLinks (Murray, Condit & Haugsjaa, 1998) παράγει έναν ειδικό πρόλογο σε μία σελίδα περιεχομένων ανάλογα με το που βρισκόταν ο μαθητής πριν έρθει στη σελίδα αυτή.

#### 2.4.1.4 Υποστήριξη προσαρμοστικής πλοήγησης

Ο στόχος της προσαρμοστικής πλοήγησης (adaptive navigation) είναι η υποστήριξη του μαθητή στον προσανατολισμό και την πλοήγησή του στον υπερχώρο (hyperspace) του διδακτικού υλικού. Αυτό επιτυγχάνεται με την τροποποίηση της εμφάνισης των συνδέσμων (links) και συγκεκριμένα με τις μεθόδους της προσαρμοσμένης ταξινόμησης (sorting), της επισημείωσης (annotation) ή της μερικής απόκρυψής τους (hiding). Οι μέθοδοι αυτές και άλλες παρεμφερείς περιγράφονται και σχολιάζονται λεπτομερώς από τον Brusilovsky (1996). Η υποστήριξη της προσαρμοστικής πλοήγησης και η τεχνολογία προσαρμογής της σειράς παρουσίασης του διδακτικού υλικού (βλ. §2.4.1.1) μοιράζονται τον ίδιο στόχο: να βοηθήσουν τους μαθητές να ακολουθήσουν τη βέλτιστη διαδρομή στο διδακτικό υλικό. Η τεχνολογία της προσαρμοστικής πλοήγησης διαφέρει όμως στο ότι καθοδηγεί έμμεσα τους μαθητές και τους αφήνει την επιλογή του ποια θα είναι η επόμενη ενότητα που θα μελετήσουν και ποιο θα είναι το επόμενο πρόβλημα που θα λύσουν. Η πιο δημοφιλής μορφή προσαρμοστικής πλοήγησης είναι η επισημείωση των συνδέσμων. Με αυτή τη μέθοδο οι σύνδεσμοι εμπλουτίζονται με ένα είδος σχολίων (σε μορφή κειμένου ή οπτικών ενδείξεων) που πληροφορούν τον μαθητή για την «κατάσταση» των κόμβων που βρίσκονται πίσω από τους επισημειωμένους συνδέσμούς. Αν για παράδειγμα, μια ενότητα κρίνεται πολύ δύσκολη για το τρέχον επίπεδο γνώσης του μαθητή και δεν προτείνεται για μελέτη επισημειώνεται διαφορετικά (π.χ. με ένα εικονίδιο που υποδηλώνει απαγόρευση) από αυτή που προτείνεται (ή οποία μπορεί να συνοδεύεται π.χ. με ένα εικονίδιο που σημαίνει προτροπή). Παραδείγματα συστημάτων που υλοποιούν την προσαρμοστική επισημείωση συνδέσμων είναι τα: ELM-ART (Brusilovsky, Schwarz & Weber,

1996), Software Engineering Courseware (Virvou, Tsiiriga & Moundridou, 2001), KBS HyperBook (Henze, Naceur, Nejd & Wolpers, 1999), AST (Specht, Weber, Heitmeyer & Schöch, 1997) και WEAR (Moundridou & Virvou, 2001b).

#### 2.4.1.5 Προσαρμοστική υποστήριξη συνεργασίας

Στόχος της προσαρμοστικής υποστήριξης συνεργασίας (adaptive collaboration support) είναι χρησιμοποιώντας τη γνώση που παρέχουν τα μοντέλα μαθητή για διάφορους μαθητές να δημιουργεί το σύστημα μια ομοιογενή ομάδα για διάφορες μορφές συνεργασίας. Για παράδειγμα, να δημιουργεί το σύστημα μία ομάδα για την επίλυση προβλήματος την κατάλληλη χρονική στιγμή (Horpe, 1995; Ikeda, Go & Mizoguchi, 1997) ή να βρίσκει τον πιο ικανό συμμαθητή (βάσει του μοντέλου του) να απαντήσει σε μια ερώτηση για ένα θέμα (Bishop, Greer & Cooke, 1997; McCalla et al., 1997). Τα παραδείγματα αυτά δεν εντάσσονται σε εκπαιδευτικά συστήματα. Τα τελευταία χρόνια όμως η τεχνολογία αυτή έγινε δημοφιλής και στο πλαίσιο των ΠΕΔΕΣ και έχουν υλοποιηθεί και σε κάποιες περιπτώσεις αξιολογηθεί συστήματα που ενσωματώνουν τέτοιες δυνατότητες (π.χ. Greer et al., 1998; Bull, Greer, McCalla, Kettel & Bowes, 2001).

## 2.5 Αξιολογήσεις Ευφρών Διδακτικών Συστημάτων

«Ένα γενικό πρόβλημα για τη χρήση των υπολογιστών στην εκπαίδευση είναι ότι εξαπατάται από καιρό σε καιρό, όταν συγκεκριμένες τεχνολογίες ισχυρίζονται ότι παράγουν θαυμάσια εκπαιδευτικά αποτελέσματα αλλά σαν αποτέλεσμα αυτής της τεχνολογίας – παραδείγματα αυτού είναι η LOGO, το υπερκείμενο, και τώρα το WWW, τα υπερμέσα και η εικονική πραγματικότητα» (Du Boulay, 2000). Στην περίπτωση των ΕΔΣ, ακόμα και αν τα αντιμετωπίσει κανείς με σκεπτικισμό, οι ενδείξεις για την αξία τους δεν είναι ίσως σαρωτικές αλλά φανερώουν σαφώς θετικές τάσεις. Δύο είναι τα κριτήρια με τα οποία μπορεί να εξεταστεί η εκπαιδευτική αποτελεσματικότητα ενός συστήματος (Du Boulay, 2000): (α) ο χρόνος που χρειάζονται οι μαθητές για να φτάσουν σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο γνώσης και (β) ο βαθμός βελτίωσης του επιπέδου γνώσης των μαθητών στον ίδιο χρόνο. Η εξατομίκευση της διδασκαλίας που τα ΕΔΣ επιτρέπουν παράγει πράγματι

εκπαιδευτικά οφέλη είτε μέσω ταχύτερης ή μέσω καλύτερης μάθησης. Αυτό αποδεικνύουν διάφορες αξιολογήσεις ΕΔΣ, οι οποίες και παρουσιάζονται στο υπόλοιπο αυτής της ενότητας.

### 2.5.1 Αξιολογήσεις ΕΔΣ με κριτήριο τη μείωση χρόνου

Το σύστημα Smithtown (Shute, Glaser & Raghaven, 1989) παρέχει ένα περιβάλλον στο οποίο οι μαθητές μπορούν να λύνουν προβλήματα και να εξερευνούν την επαγγελματική μάθηση στο πεδίο της μικροοικονομικής. Οι στόχοι του συστήματος είναι να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν συγκεκριμένες οικονομικές έννοιες όπως αυτή της «ασορορίας της αγοράς», καθώς και να αποκτήσουν γενικές δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Το Smithtown αξιολογήθηκε με δύο τρόπους (Shute & Glaser, 1990). Ο πρώτος τρόπος αφορούσε τη σύγκριση του ΕΔΣ με την εξερεύνηση του ίδιου υλικού χωρίς υπολογιστή (σε τάξη), ενώ ο δεύτερος ήταν η διερεύνηση των συγκεκριμένων γνωστικών και μαθησιακών παραγόντων στους οποίους θα μπορούσε να αποδοθεί η επιτυχία του συστήματος. Η συγκριτική μελέτη έγινε πάνω σε δείγμα 30 μαθητών. Σε αυτούς δόθηκε ένα προκαταρκτικό τεστ και ένα τεστ μετά την ολοκλήρωση του πειράματος. Το αποτέλεσμα της μελέτης ήταν ότι η ομάδα που χρησιμοποίησε το Smithtown βελτίωσε την απόδοσή της (από το προκαταρκτικό στο μετέπειτα τεστ) όσο και η ομάδα ελέγχου, αλλά ο χρόνος που ξόδεψε δουλεύοντας με το υλικό ήταν περίπου ο μισός (η ομάδα του Smithtown ξόδεψε 5 ώρες ενώ η ομάδα ελέγχου 11 ώρες).

Θετικά υπήρξαν και τα αποτελέσματα των αξιολογήσεων για το σύστημα LISPITS που διδάσκει τη γλώσσα LISP (Corbett & Anderson, 1992). Συγκεκριμένα, σε ένα πείραμα μία ομάδα αρχάριων προγραμματιστών που χρησιμοποίησαν το LISPITS συγκρίθηκε με μία ομάδα που δούλεψε μόνη της με ένα βιβλίο και με μία άλλη που δούλεψε με πραγματικό καθηγητή σε τάξη. Ενώ και οι τρεις ομάδες πήγαν το ίδιο καλά στο τεστ που τους δόθηκε μετά το πείραμα, η ομάδα με τον καθηγητή τελείωσε σε 12 ώρες, η ομάδα του LISPITS σε 15 και η ομάδα που εργάστηκε με το βιβλίο σε 28 ώρες. Οι συγγραφείς υποστηρίζουν σχολιάζοντας τα αποτελέσματα του πειράματος ότι το ΕΔΣ παράγει παρόμοια αποτελέσματα με αυτά της διδασκαλίας από άνθρωπο καθηγητή και για να το κατορθώσει αυτό χρειάστηκε λίγο περισσότερο

χρόνο. Σε ένα άλλο πείραμα για το ίδιο σύστημα με μαθητές λίγο πιο έμπειρους, δύο ομάδες παρακολούθησαν συμβατικά μαθήματα LISP αλλά λύσανε ασκήσεις η μία με το LISPITS και η άλλη χρησιμοποιώντας ένα βιβλίο. Παρόμοια με την προηγούμενη μελέτη, η ομάδα του LISPITS τελείωσε γρηγορότερα από την άλλη ομάδα. Μάλιστα σε αυτή την μελέτη η ομάδα του LISPITS σημείωσε καλύτερες επιδόσεις από την ομάδα με το βιβλίο και στο τεστ που ακολούθησε το πείραμα.

### 2.5.2 Αξιολογήσεις ΕΔΣ με κριτήριο τη βελτίωση απόδοσης

Το PAT (Practical Algebra Tutor) αναπτύχθηκε από τη συνεργασία μεταξύ καθηγητών μαθηματικών που συμμετείχαν στο έργο PUMP (Pittsburgh Urban Mathematics Project) και μιας ομάδας ερευνητών του Πανεπιστημίου Carnegie Mellon (Koedinger, Anderson, Hadley & Mark, 1997). Έτσι συνδυάστηκε η εμπειρία των καθηγητών από τη διδασκαλία των μαθηματικών με αυτή των ερευνητών στους τομείς της Τεχνητής Νοημοσύνης και της Γνωστικής Ψυχολογίας. Ως μέρος του έργου οι καθηγητές παρήγαγαν ένα πρόγραμμα μαθημάτων για την άλγεβρα, που εστιάζει στη μαθηματική ανάλυση πραγματικών καταστάσεων και στη χρήση υπολογιστικών εργαλείων. Με τον τρόπο αυτό τα μαθηματικά αποκτούν μεγαλύτερο νόημα και γίνονται περισσότερο προσιατά για τους μαθητές. Οι μαθητές που δουλεύουν με το PAT έρχονται αντιμέτωποι με την περιγραφή μιας κατάστασης και καλούνται να απαντήσουν σε ερωτήσεις σχετικές με αυτήν. Για να το πετύχουν αυτό, αναπαριστούν τις δοσμένες πληροφορίες σε πίνακες και γραφήματα και κατασκευάζουν μαθηματικές παραστάσεις. Όση ώρα οι μαθητές προσπαθούν να βρουν λύση στο πρόβλημα, το σύστημα παρακολουθεί τις ενέργειές τους και μπορεί ανά πάσα στιγμή να διορθώσει τα λάθη τους και να τους προσφέρει εξατομικευμένη βοήθεια. Το PAT σε συνδυασμό με το πρόγραμμα μαθημάτων PUMP αξιολογήθηκε σε περισσότερους από 100 μαθητές δημόσιων σχολείων του Pittsburgh. Η ομάδα ελέγχου της μελέτης εργάστηκε κατά το σύνθετο πρόγραμμα μαθημάτων και χωρίς το PAT, ενώ η πειραματική ομάδα χρησιμοποίησε το PAT για να ακολουθήσει το πρόγραμμα μαθημάτων PUMP. Για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των δύο ομάδων χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα είδη τεστ: δυο τυποποιημένα και δύο προετοιμασμένα ειδικά για την μελέτη. Η πειραματική ομάδα είχε σε όλα τα τεστ σημαντικά καλύτερη επίδοση από την ομάδα ελέγχου. Η

μεγαλύτερη διαφορά (1.2 τυπικές αποκλίσεις) μεταξύ των επιδόσεων των δύο ομάδων σημειώθηκε σε ένα από τα τεστ, το «τεστ αναπαραστάσεων», το οποίο ήταν σχεδιασμένο για να αποτιμήσει τις ικανότητες των μαθητών να «μεταφράζουν» μεταξύ αναπαραστάσεων αλγεβρικού περιεχομένου, όπως λεκτικών περιγραφών, γραφημάτων και συμβολικών εξισώσεων.

Το SHERLOCK I (Lesgold, Lajoie, Bunzo & Eggan, 1992) είναι ένα ΕΔΣ σχεδιασμένο να διδάσκει σε τεχνικούς αεροπλάνων τις δεξιότητες διάρθωσης ηλεκτρονικών προβλημάτων που χρειάζονται για να χειρίζονται ένα πολύπλοκο εργαλείο ελέγχου. Στο SHERLOCK το θέμα της εξατομίκευσης προσεγγίζεται κάπως διαφορετικά: όλοι οι χρήστες του συστήματος δουλεύουν στα ίδια προβλήματα, αλλά η βοήθεια και όποια άλλη πληροφορία λαμβάνουν είναι προσαρμοσμένη στο επίπεδο εμπειρογνωμοσύνης τους. Διάφορες αξιολογήσεις του SHERLOCK αναφέρονται στο (Lajoie, 1993). Για παράδειγμα, το συμπέρασμα κάποιας από αυτές ήταν ότι «οι τεχνικοί που εργάστηκαν 20-25 ώρες με το SHERLOCK ήταν τόσο ικανοί στην επίλυση προβλημάτων του σταθμού ελέγχου όσο τεχνικοί με 4 χρόνια παραπάνω εργασιακής εμπειρίας». Σε μια άλλη αξιολόγηση του συστήματος συγκρίθηκε η «πριν» με τη «μετά» επίδοση μιας ομάδας που χρησιμοποίησε το ΕΔΣ και μιας άλλης που για 12 ημέρες δούλεψε με το πραγματικό εργαλείο. Σε αυτό το πείραμα η ομάδα του SHERLOCK έλυσε στο «μετά» τεστ περισσότερα προβλήματα από την ομάδα ελέγχου και μάλιστα η ποιότητα των μεθόδων επίλυσης που χρησιμοποιούσε πλησίαζε αυτή των ειδικών.

## 2.6 Προβλήματα των Ευφών Διδακτικών Συστημάτων

Τα ερωτήματα που ανακύπτουν από όσα έχουν αναφερθεί στις προηγούμενες ενότητες αυτού του κεφαλαίου είναι τα εξής: Αν τα ΕΔΣ μπορούν να υποσχεθούν σημαντικά εκπαιδευτικά αποτελέσματα, γιατί είναι τόσο περιορισμένη έως ανύπαρκτη η χρήση τους μέχρι στιγμής σε πραγματικά περιβάλλοντα; Και γιατί δεν αποτελούν την κοινή πρακτική για το εκπαιδευτικό λογισμικό που ούτως ή άλλως κατασκευάζεται; Την απάντηση στα ερωτήματα αυτά δίνει ένα σύνολο παραγόντων που εμποδίζουν την πρόοδο της ευρείας κατασκευής ΕΔΣ.

*Το κόστος κατασκευής ενός ΕΔΣ είναι πολύ υψηλό. Οι ερευνητές/σχεδιαστές ενός ΕΔΣ υποχρεούνται να σχεδιάσουν την αρχιτεκτονική του δικού τους συστήματος, να υλοποιήσουν όλα τα τμήματα, να αναπτύξουν τις δικές τους τεχνικές αναπαράστασης γνώσης και τους μηχανισμούς συμπερασμού και να κωδικοποιήσουν τη γνώση του πεδίου και τις διδακτικές στρατηγικές. Αυτό που συνήθως συμβαίνει είναι να μελετάται και να υλοποιείται μία νέα ερευνητική ιδέα που αφορά ένα τμήμα του ΕΔΣ και τα υπόλοιπα τμήματα να αναπτύσσονται υποτυπωδώς μόνο για να υποστηρίξουν την έρευνα.*

*Η διαδικασία κατασκευής ενός ΕΔΣ είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα. Όπως εκτιμούν οι Woolf & Cunningham (1987), μία ώρα διδακτικού υλικού απαιτεί περισσότερες από 200 ώρες ανάπτυξης ΕΔΣ. Παρόμοιες εκτιμήσεις έχουν γίνει από τους Merrill, Li & Jones (1990) και τους Orey, Trent & Young (1993). Μεγάλο μέρος μάλιστα του χρόνου αυτού ξοδεύεται στην απόσπαση και μοντελοποίηση της γνώσης του πεδίου, όπως συμβαίνει και σε όλα τα βασισμένα σε γνώση (knowledge-based) συστήματα (Garg-Janardan & Salvendy, 1990; Kitto & Boose, 1989).*

Ο χρόνος ανάπτυξης ΕΔΣ θα μπορούσε να μειωθεί δραστικά αν ήταν δυνατή η επαναχρησιμοποίηση τμημάτων των υπαρχόντων ΕΔΣ για την κατασκευή νέων ΕΔΣ. Αυτό όμως καθίσταται σχεδόν αδύνατο κυρίως λόγω της έλλειψης κοινών αποδεκτών προτύπων (standards) σχεδιασμού και ανάπτυξης ΕΔΣ. Αυτή η απουσία τυποποίησης πέρα από το ότι εμποδίζει την επαναχρησιμοποιεσιμότητα του λογισμικού των ΕΔΣ, κάνει ιδιαίτερα πολύπλοκες τις διαδικασίες αξιολόγησης τους καθώς και τη σύγκριση μεταξύ διαφορετικών ΕΔΣ.

*Το κόστος συντήρησης των ΕΔΣ είναι επίσης υψηλό. Ακόμα και η τροποποίηση ή η προσθήκη λειτουργιών σε ένα ΕΔΣ δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί εύκολα. Τις περισσότερες φορές που προκύπτει η ανάγκη για τροποποίηση τμημάτων του συστήματος ή που προκύπτουν νέες λειτουργικές προδιαγραφές, μεγάλα τμήματα του ΕΔΣ επαναυλοποιούνται από την αρχή.*

*Η κατασκευή ενός ΕΔΣ απαιτεί όχι μόνο τη γνώση του πεδίου που θα διδαχθεί, αλλά επίσης γνώσεις από την περιοχή της γνωστικής επιστήμης, καθώς και γνώσεις προγραμματισμού*

(Blessing, 1995). Επομένως, για να αναπτυχθεί σωστά ένα ΕΔΣ πρέπει να εμπλακεί μεγάλος αριθμός ατόμων, όπως προγραμματιστές, δάσκαλοι και εμπειρογνώμονες του γνωστικού πεδίου για το οποίο αναπτύσσεται το ΕΔΣ και ειδικοί της γνωστικής επιστήμης.

Η επιτυχία οποιουδήποτε διδακτικού συστήματος εξαρτάται σημαντικά από την αποδοχή του ή όχι από τους δασκάλους. *Η αποδοχή των ΕΔΣ από τους δασκάλους είναι συνήθως μικρή, λόγω της ανησυχίας τους ότι τα ΕΔΣ ενσωματώνουν τις πεποιθήσεις των σχεδιαστών τους και όχι τις παιδαγωγικές θέσεις των ίδιων* (Major, 1995).

Μια προσέγγιση για την επίλυση των παραπάνω προβλημάτων και την απλούστευση επομένως της κατασκευής ΕΔΣ, είναι η ανάπτυξη εργαλείων συγγραφής ΕΔΣ (ITS authoring tools). Ο κύριος στόχος αυτών των εργαλείων είναι η παροχή ενός περιβάλλοντος που θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένα ευρύτερο φάσμα χρηστών για την εύκολη ανάπτυξη ΕΔΣ με χαμηλό κόστος. Τα Εργαλεία Συγγραφής Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων (ΕΣΕΔΣ) αποτελούν το θέμα του επόμενου κεφαλαίου αυτής της διατριβής.

## ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ ΕΥΦΥΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

### 3.1 Εισαγωγή

Τα Ευφυή Διδακτικά Συστήματα ενώ έχει αποδειχθεί ότι μπορούν να επιφέρουν σημαντικά εκπαιδευτικά αποτελέσματα δεν χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα σε πραγματικά περιβάλλοντα και συνεχίζουν από την εμφάνισή τους μέχρι και τώρα να αποτελούν προϊόντα ερευνητικών κυρίως προσπαθειών. Όπως έχει αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, το υψηλό κόστος και το χρονοβόρο της κατασκευής των ΕΔΣ, η έλλειψη κοινώς αποδεκτών προτύπων σχεδιασμού και ανάπτυξης ΕΔΣ, το υψηλό κόστος συντήρησης αυτών των συστημάτων, ο μεγάλος αριθμός διάφορων ειδικών που πρέπει να εμπλακούν προκειμένου να σχεδιαστεί και να υλοποιηθεί ένα ΕΔΣ και η μικρή αποδοχή που έχουν αυτά τα συστήματα από τους δασκάλους αποτελούν ένα σύνολο παραγόντων που λειτουργούν ως τροχοπέδη για την πρόοδο της ευρείας κατασκευής ΕΔΣ. Μια προσέγγιση για την επίλυση των παραπάνω προβλημάτων και την απλούστευση επομένως της κατασκευής ΕΔΣ, είναι η ανάπτυξη εργαλείων συγγραφής ΕΔΣ (ITS authoring tools). Ο κύριος στόχος αυτών των

εργαλείων είναι η παροχή ενός περιβάλλοντος που θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένα ευρύτερο φάσμα χρηστών για την εύκολη ανάπτυξη ΕΔΣ με χαμηλό κόστος.

Το κεφάλαιο αυτό ασχολείται με τα Εργαλεία Συγγραφής Ευφρών Διδακτικών Συστημάτων (ΕΣΕΔΣ). Συγκεκριμένα, θα περιγραφεί μια κατηγοριοποίηση αυτών των συστημάτων βάσει των δυνατοτήτων τους, καθώς και η λειτουργικότητα των ΕΣΕΔΣ αναφορικά με τη συγγραφή των τεσσάρων τμημάτων της αρχιτεκτονικής των ΕΔΣ (Γνώση Πεδίου, Τμήμα Διδασκαλίας, Μοντέλο Μαθητή και Σύστημα Διεπαφής). Τέλος, θα αναφερθούν τα σημαντικότερα προβλήματα που σχετίζονται με τη χρήση αλλά και με την ανάπτυξη αυτών των συστημάτων.

### 3.2 Κατηγορίες Εργαλείων Συγγραφής Ευφρών Διδακτικών Συστημάτων

Τα ΕΣΕΔΣ έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών σχεδόν από την εμφάνιση των ΕΔΣ. Πάνω από είκοσι τέτοια συστήματα έχουν κατασκευαστεί και αναφερθεί στη βιβλιογραφία τα τελευταία χρόνια. Ένας σημαντικός διαχωρισμός πρέπει να γίνει μεταξύ των εργαλείων συγγραφής που μπορούν να παράγουν ευρήθη διδακτικά συστήματα και άλλων εμπορικά διαθέσιμων εργαλείων συγγραφής τα οποία επιτρέπουν την παραγωγή εκπαιδευτικών (πολυμεσικών ή Διαδικτυακών) εφαρμογών. Τα τελευταία, δίνουν τη δυνατότητα κατασκευής οπτικώς ελκυστικών και αλληλεπιδραστικών υφονών πίσω από τις οποίες όμως συνήθως υπάρχει μια ρηχή αναπαράσταση του περιεχομένου και των παιδαγωγικών στρατηγικών.

Τα υπάρχοντα ΕΣΕΔΣ έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ΕΔΣ σε διάφορα γνωστικά πεδία, όπως τα μαθηματικά, η συντήρηση εξοπλισμού, η εξυπηρέτηση πελατών, κ.λπ. Τα παράγόμενα ΕΔΣ στοχεύουν σε ένα ευρύ φάσμα μαθητών: από παιδιά δημοτικού σχολείου μέχρι μαθητευόμενους σε κάποια εργασία ενήλικες. Οι ουσιαστικές διαφορές όμως μεταξύ των ΕΣΕΔΣ δεν σχετίζονται ούτε με τα διαφορετικά γνωστικά πεδία των ΕΔΣ που παράγουν ούτε με τους διαφορετικούς πληθυσμούς εκπαιδευόμενων στους οποίους αυτά απευθύνονται. Οι ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των ΕΣΕΔΣ σχετίζονται με τις ανεξαρτήτως-πεδίου (domain

independent) δυνατότητές τους. Κατά τον Murray (1999), βάσει αυτών των δυνατοτήτων τους τα ΕΣΕΔΣ μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

1. **Προσαρμογή της σειράς παρουσίασης και προγραμματισμός του διδακτικού υλικού (Curriculum Sequencing and Planning).** Τα ΕΣΕΔΣ αυτής της κατηγορίας οργανώνουν τις διδακτικές μονάδες σε μια ιεραρχία μαθημάτων, τμημάτων, παρουσιάσεων, κ.λπ. που σχετίζονται μεταξύ τους με σχέσεις προαπαιτούμενων (prerequisite), είναι μέρος του (part) και άλλες. Ο πυρήνας αυτών των συστημάτων είναι η ευφυής προσαρμογή της σειράς παρουσίασης των διδακτικών μονάδων. Η σειρά παρουσίασης του υλικού προσδιορίζεται δυναμικά βάσει της επίδοσης του μαθητή, των εκπαιδευτικών στόχων και των σχέσεων μεταξύ των τμημάτων του μαθήματος. Δεδομένου ότι η γνώση του πεδίου δεν αναπαρίσταται στα συστήματα αυτά εις βάθος, τα ΕΣΕΔΣ αυτής της κατηγορίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ένα ευρύ φάσμα πεδίων (με τον ίδιο τρόπο που ένα εκπαιδευτικό βιβλίο μπορεί να αφορά οποιοδήποτε γνωστικό πεδίο). Η ρηχή αναπαράσταση της γνώσης του πεδίου έχει από την άλλη πλευρά το μειονέκτημα της περιορισμένης διαγνωστικής και συμβουλευτικής ικανότητας των ΕΔΣ που παράγουν αυτά τα εργαλεία συγγραφής. Το γεγονός αυτό καθιστά αυτού του είδους τα ΕΣΕΔΣ περισσότερο κατάλληλα για την κατασκευή συστημάτων που διδάσκουν εννοιολογικές, δηλωτικές και αποσπασματικές μορφές γνώσης και λιγότερο κατάλληλα για την κατασκευή συστημάτων που μεταφέρουν διαδικαστικές γνώσεις (π.χ. επίλυση προβλημάτων).
2. **Στρατηγικές διδασκαλίας (Tutoring Strategies).** Τα συστήματα αυτής της κατηγορίας τείνουν να μοιάζουν με αυτά της προηγούμενης στο ότι το υλικό του μαθήματος αποτελείται από δεδομένο κείμενο και γραφικά και στο ότι η αναπαράσταση της γνώσης πεδίου είναι ρηχή. Η διαφορά των ΕΣΕΔΣ αυτής της κατηγορίας είναι ότι κωδικοποιούν λεπτομερείς διδακτικές στρατηγικές, όπως για παράδειγμα πότε και με ποιο τρόπο πρέπει να δίνονται επεξηγήσεις, παραδείγματα, περιλήψεις, αναλογίες στους μαθητές, τι είδους συμβουλές και υποδείξεις πρέπει να τους παρέχονται και τι είδους ερωτήσεις και ασκήσεις πρέπει να τους θέτει το σύστημα. Επίσης, χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτής της κατηγορίας είναι η ικανότητά τους να αναπαριστούν πολλαπλές διδακτικές

στρατηγικές καθώς και «μετά-στρατηγικές» βάσει των οποίων επιλέγεται κάθε φορά η κατάλληλη διδακτική στρατηγική. Τα ΕΔΣ που παράγονται από τα εργαλεία συγγραφής αυτής της κατηγορίας δείχνουν περισσότερο αλληλεπιδραστικά από αυτά που παράγουν τα εργαλεία της προηγούμενης κατηγορίας, λόγω της διαθεσιμότητας και ευφούς παρεμβολής μικρών τμημάτων διδακτικού υλικού όπως οι επεξηγήσεις, τα πολλαπλά επίπεδα υποδείξεων και οι αναλογίες.

3. **Προσομοίωση λειτουργίας συσκευών και εκπαίδευση χρήσης εξοπλισμού (Device Simulation and Equipment Training).** Στα ΕΔΣ που παράγονται από τα εργαλεία αυτής της κατηγορίας, οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με ένα εξάρτημα (ή μέρος του) και τους ζητείται να αναγνωρίσουν τα τμήματά του, να εκτελέσουν βήματα σχετικά με τη λειτουργία και τη συντήρησή του, να διαγνώσουν την εσφαλμένη συμπεριφορά της συσκευής και να επισκευάσουν ή να αντικαταστήσουν τα προβληματικά μέρη. Αυτού του είδους οι δεξιότητες είναι αρκετά διαδοσόμενες και γενικές και επομένως τα εργαλεία συγγραφής που εξειδικεύονται σε αυτή την περιοχή θα πρέπει να είναι ευρέως χρησιμοποιήσιμα. Η μοντελοποίηση της γνώσης του πεδίου μπορεί να γίνει εύκολα αφού οι θέσεις των τμημάτων ενός εξαρτήματος είναι δεδομένες και οι διαδικασίες λειτουργίας ή επισκευής του ευθείες. Η δυσκολότερη εργασία με τα συστήματα αυτής της κατηγορίας είναι η κατασκευή της προσομοίωσης της συσκευής. Σε αντίθεση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες, οι μαθητές που χρησιμοποιούν ΕΔΣ κατασκευασμένα από εργαλεία συγγραφής αυτής της κατηγορίας μαθαίνουν κάνοντας πρακτική ("learning by doing"). Συνήθως σε τέτοια ΕΔΣ η διδασκαλία εισαγωγικών στοιχείων και εννοιών είναι περιορισμένη και η χρήση τους από τους μαθητές προϋποθέτει ότι αυτοί έχουν από πριν κάποια βασική εξοικείωση με το γνωστικό πεδίο. Τα ΕΔΣ αυτά είναι περιβάλλοντα μάθησης στα οποία οι μαθητές εξασκούν συγκεκριμένες δεξιότητες. Σε κάθε βήμα των μαθητών το σύστημα αποκρίνεται με συγκεκριμένο τρόπο και η πρόοδος που σημειώνουν αυξάνει τη δυσκολία των εργασιών που τους τίθενται.
4. **Έμπειρα συστήματα (Expert Systems).** Μια σημαντική κατηγορία ΕΔΣ είναι αυτά που περιλαμβάνουν γνωστικά μοντέλα βασισμένα σε κανόνες (rule-based) για να κωδικοποιήσουν τη γνώση του πεδίου. Αυτά τα ΕΔΣ παρατηρούν τη

συμπεριφορά του μαθητή και χτίζουν ένα λεπτομερές μοντέλο των γνώσεων του το οποίο συγκρίνουν με το μοντέλο του εμπειρογνώμονα. Για την κατασκευή τέτοιων ΕΔΣ αναφέρονται στη βιβλιογραφία και κάποια πρωτότυπα εργαλεία συγγραφής. Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν συνήθως και κάποιους κανόνες που παράγουν λανθασμένες απαντήσεις ή απαντήσεις που θα έδινε ένας αρχάριος μαθητής. Με τον τρόπο αυτό τα ΕΔΣ που δημιουργούν τα συστήματα αυτής της κατηγορίας εντοπίζουν τα συνήθη λάθη των μαθητών και αποκρίνονται κατάλληλα. Σε αντίθεση με τα ΕΣΕΔΣ των προηγούμενων κατηγοριών, αυτά τα ΕΣΕΔΣ ενσωματώνουν ένα σχετικώς βαθύ μοντέλο εμπειρογνωμοσύνης και συνεπώς όταν ο μαθητής συναντήσει εμπόδια μπορεί να ζητήσει από το ΕΔΣ να εκτελέσει αυτό το επόμενο βήμα ή να ολοκληρώσει την επίλυση όλου του προβλήματος. Δεδομένου ότι η συγγραφή ενός έμπειρου συστήματος είναι μία ιδιαίτερα δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία, τα ΕΣΕΔΣ αυτής της κατηγορίας μοντελοποιούν συγκεκριμένες μόνο διαδικασίες.

5. **Πολλαπλοί τύποι γνώσης (Multiple Knowledge Types).** Οι θεωρίες διδακτικού σχεδιασμού κατατάσσουν τις γνώσεις και τις μαθησιακές εργασίες σε κατηγορίες και ορίζουν διδακτικές μεθόδους για κάθε κατηγορία. Οι κατηγορίες αυτές περιορίζονται σε τύπους γνώσης που μπορούν εύκολα να οριστούν, όπως π.χ. γεγονότα, έννοιες και διαδικασίες. Αν και οι διδακτικές θεωρίες διαφοροποιούνται στους τύπους γνώσης και τις διδακτικές μεθόδους που υποδεικνύουν, μία τυπική περιγραφή της διδακτικής είναι η εξής: Τα γεγονότα διδάσκονται με επαναλαμβανόμενη πρακτική και μνημονικούς κανόνες, οι έννοιες διδάσκονται με τη χρήση αναλογιών καθώς και θετικών και αρνητικών παραδειγμάτων και οι διαδικασίες διδάσκονται με ένα βήμα τη φορά. Η διδασκαλία αυτών των τύπων γνώσης περιλαμβάνει τόσο επεξηγηματικές παρουσιάσεις της γνώσης όσο και διερευνητικές ασκήσεις που επιτρέπουν την πρακτική και την αλληλεπίδραση. Για κάθε τύπο γνώσης ορίζονται επίσης διδακτικές στρατηγικές σχετικά με την σειρά εμφάνισης περιεχομένου και ασκήσεων και με τον τρόπο παροχής απόκρισης. Η προκαθορισμένη φύση των γνώσεων και των διδακτικών στρατηγικών αποτελεί ταυτόχρονα το πλεονέκτημα και την αδυναμία των ΕΣΕΔΣ αυτής της κατηγορίας. Πλεονέκτημα γιατί η διαδικασία για την κατασκευή ενός ΕΔΣ με ένα τέτοιο εργαλείο είναι απλή (σ

«συγγραφέας» απλά συμπληρώνει πρότυπα που του παρέχονται από το σύστημα για παραδείγματα, βήματα, ορισμούς, κ.λπ. και επιπλέον δεν χρειάζεται να ορίσει διδακτικές στρατηγικές αφού αυτές καθορίζονται από την θεωρία βάσει των διαφορετικών τύπων γνώσης), και αδυναμία γιατί αυτό το πλαίσιο δεν ταιριάζει απόλυτα με κάθε διδασκαλία. Για το μαθητή, τα ΕΔΣ που παράγουν τα εργαλεία αυτής της κατηγορίας είναι όπως αυτά της κατηγορίας των Στρατηγικών διδασκαλίας. Η μόνη διαφορά είναι για τον καθηγητή-συγγραφέα του ΕΔΣ, του οποίου η εργασία είναι περισσότερο περιορισμένη και επομένως ευκολότερη αλλά και λιγότερο εύκαμπτη.

6. **Ειδικού σκοπού (Special Purpose).** Τα συστήματα αυτής της κατηγορίας εστιάζουν σε περισσότερο συγκεκριμένες και λιγότερο γενικές εργασίες. Συνήθως τα ΕΣΕΔΣ αυτά προκύπτουν από τη γενίκευση του σχεδιασμού ενός συγκεκριμένου ΕΔΣ με στόχο τη δημιουργία ενός πλαισίου για τη συγγραφή παρόμοιων ΕΔΣ. Η διαδικασία της συγγραφής είναι σε αυτά τα συστήματα κυρίως βασισμένη στη συμπλήρωση προτύπων. Ένα πρόβλημα με τα εργαλεία αυτής της κατηγορίας είναι ότι τα ΕΔΣ που παράγουν αντανακλούν μία πολύ συγκεκριμένη προσέγγιση αναπαράστασης και διδασκαλίας μιας διαδικασίας που μπορεί να βρούμε σύμφωνα ένα πολύ περιορισμένο κοινό συγγραφέων-καθηγητών. Από την άλλη πλευρά, κάποιες σημαντικές παιδαγωγικές αρχές μπορούν να επιβληθούν εύκολα εφόσον ο καθηγητής δεν μπορεί να επηρεάσει αυτές τις πτυχές του παραγόμενου ΕΔΣ.
7. **Ευφυή/προσαρμοστικά υπερμέσα (Intelligent/adaptive Hypermedia).** Οι λειτουργίες των ΕΣΕΔΣ αυτής της κατηγορίας αλληλεπικαλύπτονται με αυτές των ΕΣΕΔΣ των δύο πρώτων κατηγοριών. Η διαφορά τους είναι ότι αυτά πρέπει να διαχειρίζονται και τους υπερσυνδέσμους (hyperlinks) μεταξύ των ενοτήτων του διδακτικού υλικού εκτός της μορφής και της σειράς εμφάνισης του ίδιου του υλικού. Οι σύνδεσμοι που είναι διαθέσιμοι στον μαθητή φιλτράρονται, ταξινομούνται και επισημαίνονται βάσει του μοντέλου ή του προφίλ του μαθητή. Το φιλτράρισμα των συνδέσμων βασίζεται στις προαπαιτούμενες ενότητες, την καταλληλότητα και τη δυσκολία των ενοτήτων, κ.λπ.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα περισσότερα ΕΣΕΔΣ δεν ανήκουν αμιγώς σε μία από τις παραπάνω κατηγορίες, αλλά περιέχουν σημαντικά στοιχεία και από τουλάχιστον μία από τις υπόλοιπες. Η κατηγοριοποίηση αυτή του Murray έχει κυρίως ως στόχο να σκιαγραφήσει τα «δυνατά σημεία» κάθε ΕΣΕΔΣ και δεν υποδηλώνει ότι κάθε ένα από τα συστήματα αυτά δεν ενσωματώνει χαρακτηριστικά και από άλλες κατηγορίες.

### 3.3 Λειτουργικότητα των Εργαλείων Συγγραφής Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων

Όπως έχει αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα περισσότερα ΕΔΣ αποτελούνται από τέσσερα τμήματα: τη Γνώση Πεδίου (Domain Knowledge), το Τμήμα Διδασκαλίας (Tutoring Module), το Μοντέλο Μαθητή (Student Model) και το Σύστημα Διεπαφής (User Interface). Στην ενότητα αυτή θα περιγραφεί η λειτουργικότητα των ΕΣΕΔΣ αναφορικά με τη συγγραφή αυτών των τεσσάρων τμημάτων.

#### 3.3.1 Συγγραφή του Συστήματος Διεπαφής

Η συγγραφή του συστήματος διεπαφής είναι η μόνη περιοχή στην οποία τα εργαλεία συγγραφής πολυμεσιών υπερέρχουν έναντι των ΕΣΕΔΣ. Αυτό πιθανώς συμβαίνει λόγω του ότι η ανάπτυξη ενός εργαλείου για την κατασκευή διεπαφών είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα, και δεδομένου ότι η συγγραφή γραφικών είναι «λυμένο πρόβλημα» οι περισσότεροι ερευνητές στην περιοχή των ΕΣΕΔΣ δεν έχουν ασχοληθεί εντατικά με αυτό. Υπάρχουν παρόλα αυτά ΕΣΕΔΣ που επιτρέπουν την συγγραφή της διεπαφής και μάλιστα από μηδενική βάση χρησιμοποιώντας αντικείμενα διεπαφών όπως κουμπιά, κείμενο, γραφικά, ταινίες και χαμηλού επιπέδου αντικείμενα ζωγραφικής. Τα αντικείμενα αυτά μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να αποκρίνονται σε γεγονότα (events) που δημιουργεί ο χρήστης (μαθητής) ή το ίδιο το πρόγραμμα. Επιπλέον, οι ιδιότητες αυτών των αντικειμένων (χρώμα, θέση, κ.λπ.) μπορεί να οριστούν να εξαρτώνται από τιμές συγκεκριμένων παραμέτρων του ΕΔΣ.

Το RIDES (Munro, Johnson, Pizzini, Surmon, Towne & Wogulis, 1997) είναι ένα εργαλείο για τη συγγραφή ΕΔΣ που διδάσκουν στους μαθητές τη λειτουργία συσκευών μέσω γραφικών προσομοιώσεων. Το RIDES επιτρέπει τη συγγραφή της

διεπαφής ζητώντας από τον καθηγητή-συγγραφέα του ΕΔΣ να ορίσει τμήματα, υποτμήματα και φυσικές συνδέσεις, όπως καλώδια και σωλήνες. Ένα άλλο ΕΣΕΔΣ που επιτρέπει τη συγγραφή του συστήματος διεπαφής μέσω της χρήσης αντικειμένων διεπαφής (κουμπιά, γραφικά, κείμενο, κ.λπ.) με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω, είναι το EON (Murray, 1998).

Αναμφισβήτητα, η δυνατότητα συγγραφής της διεπαφής κάνει ένα ΕΣΕΔΣ περισσότερο ευέλικτο. Από την άλλη πλευρά όμως, το γεγονός ότι ο καθηγητής-συγγραφέας είναι υπεύθυνος για τη σχεδίαση αυτού του τμήματος, αυξάνει την πιθανότητα της δημιουργίας ΕΔΣ με «φτωχό» σύστημα διεπαφής και προσθέτει και άλλες δεξιότητες στη λίστα αυτών που πρέπει ο καθηγητής-συγγραφέας να διαθέτει.

### 3.3.2 Συγγραφή της Γνώσης Πεδίου

Η φύση της γνώσης πεδίου διαφέρει μεταξύ των ΕΣΕΔΣ κάθε κατηγορίας από αυτές που αναφέρθηκαν στην ενότητα 2. Επομένως, ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκουν, τα ΕΣΕΔΣ υλοποιούν με διαφορετικό τρόπο τη συγγραφή της γνώσης πεδίου.

Διάφορα ΕΣΕΔΣ, όπως π.χ. το RIDES (Munro et al., 1997) και το EON (Murray, 1998), περιλαμβάνουν εργαλεία που βοηθούν το συγγραφέα να οπτικοποιήσει τις σχέσεις μεταξύ των στοιχείων του μαθήματος (όπως τις σχέσεις μεταξύ θεμάτων, εννοιών και διαδικασιών). Μερικά εργαλεία περιορίζονται σε αυστηρά ιεραρχικές αναπαράστασεις των μαθημάτων, των εννοιών, κ.λπ. αλλά τα περισσότερα επιτρέπουν δικτυακές αναπαράστασεις ελεύθερης μορφής. Η γνώση του μαθήματος μπορεί να περιλαμβάνει και γνώση για παιδαγωγικές ιδιότητες των θεμάτων, όπως π.χ. τη σημαντικότητα και τη δυσκολία τους. Τα περισσότερα ΕΣΕΔΣ που ανήκουν στις κατηγορίες «Προσαρμογή της σειράς παρουσίασης και προγραμματισμός του διδακτικού υλικού», «Στρατηγικές διδασκαλίας» και «Πολλαπλοί τύποι γνώσης», παρέχουν τη δυνατότητα της συγγραφής των ιδιοτήτων των θεμάτων.

Τα συστήματα RIDES (Munro et al., 1997) και SIMQUEST (Jong & Van Joolingen, 1998) περιλαμβάνουν WYSIWYG (What You See Is What You Get) εργαλεία για τη μοντελοποίηση συσκευών και άλλων φυσικών φαινομένων. Στο

RIDES οι συγγραφείς δημιουργούν ατομικά τμήματα όπως διακόπτες, μοχλούς, σωλήνες, κ.λπ. τα οποία έχουν ιδιότητες (χρώμα, τάση, κατάσταση λειτουργίας, κ.λπ.) καθώς και την ικανότητα να συνδέονται με άλλα τμήματα μέσω συνδέσεων εισόδου/εξόδου. Τα τμήματα αυτά μπορούν συνδεδεμένα να σχηματίσουν μεγαλύτερα τμήματα. Το RIDES επιτρέπει στους συγγραφείς να ορίσουν κανόνες και περιορισμούς που προσδιορίζουν πώς κάθε τμήμα επηρεάζει τα υπόλοιπα (π.χ. πώς η τιμή ενός μανόμετρου επηρεάζει τη θέση μιας βαλβίδας αέρα).

Η εμπειρογνωμοσύνη του πεδίου μπορεί να περιλαμβάνει διάφορους τύπους γνώσης, όπως την επίλυση προβλημάτων, διαδικαστικές δεξιότητες, έννοιες και γεγονότα. Τα ΕΣΕΔΣ που ανήκουν στις κατηγορίες «Προσαρμογή της σειράς παρουσίασης και προγραμματισμός του διδακτικού υλικού», «Στρατηγικές διδασκαλίας» και «Πολλαπλοί τύποι γνώσης», επιτρέπουν στους συγγραφείς να αναπαριστούν απλά γεγονότα, σχέσεις και διαδικασίες. Τα γεγονότα και οι σχέσεις αποθηκεύονται ως συσχετίσεις (π.χ. το χρώμα του Α είναι Β, η Χ είναι η πρωτεύουσα του Ψ). Οι απλές διαδικασίες αποθηκεύονται ως μια ακολουθία βημάτων και κάποια ΕΣΕΔΣ παρέχουν τη δυνατότητα της συγγραφής υπο-διαδικασιών. Τα περισσότερα συστήματα που χρησιμοποιούν δίκτυα περιεχομένου ενσωματώνουν στο μοντέλο δομής του μαθήματος πληροφορίες για το γνωστικό πεδίο. Για παράδειγμα, ένα δίκτυο θεμάτων μπορεί να συσχετίζει έννοιες με υπο-έννοιες (με συνδέσμους  $I-a$ ) και διαδικασίες με υπο-διαδικασίες. Αυτού του είδους οι πληροφορίες προσδιορίζουν τόσο το περιεχόμενο (ο μαθητής πρέπει να μάθει ότι το μανιτάρι είναι ένας μύκητας), όσο και την ακολουθία του μαθήματος (πρώτα πρέπει να διδαχθούν τα υπο-βήματα και έπειτα τα γενικά βήματα μιας διαδικασίας).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα ΕΣΕΔΣ που ανήκουν στην κατηγορία «Πολλαπλοί τύποι γνώσης» διακρίνουν διαφορετικούς τύπους γνώσης και για κάθε έναν χρησιμοποιούν διαφορετική αναπαράσταση και διαφορετική στρατηγική διδασκαλίας. Αυτή η δομή οδηγεί και περιορίζει τη συγγραφή του πεδίου γνώσης. Το σύστημα DNA (Shute, Torreano & Willis, 1998) επιτρέπει τη συγγραφή τεκμηριωμένης (factual), εννοιολογικής (conceptual) και διαδικαστικής (procedural) γνώσης. Αυτοί οι τύποι γνώσης συσχετίζονται με συνδέσμους «τι, πώς και γιατί». Για παράδειγμα, αν ένας συγγραφέας δημιουργεί μια ενότητα μαθήματος για την «τυπική

απόκλιση», του ζητείται να περιγράψει επίσης «πώς» υπολογίζεται (διαδικασία), «γιατί» είναι σημαντική (έννοια) και για «τι» χρησιμοποιείται (τεκμήριο).

### 3.3.3 Συγγραφή του Τμήματος Διδασκαλίας

Οι στρατηγικές διδασκαλίας καθορίζουν την σειρά εμφάνισης των ενοτήτων σε ένα μάθημα, το χρόνο και τον τρόπο που πρέπει να δίνονται στους μαθητές εξηγήσεις, παραδείγματα, περιλήψεις, ασκήσεις κ.λπ. Διάφορες μέθοδοι όπως διαδικασίες, σχέδια, περιορισμοί και κανόνες χρησιμοποιούνται για την μοντελοποίηση της εμπειρογνωμοσύνης διδασκαλίας. Αν και τα περισσότερα ΕΣΕΔΣ έχουν ένα σταθερό, μη-τροποποιήσιμο τμήμα διδασκαλίας, υπάρχουν και συστήματα που επιτρέπουν τη συγγραφή του.

Το σύστημα EON (Murray, 1998) χρησιμοποιεί μια γραφική γλώσσα προγραμματισμού που επιτρέπει στο χρήστη να δημιουργήσει αυθαίρετες διαδικασίες διδασκαλίας, χωρίς όμως να εξασφαλίζει ότι αυτές είναι αποτελεσματικές. Το σύστημα REDEEM (Major, Ainsworth & Wood, 1997) διαθέτει ένα σταθερό σύνολο κανόνων που καθορίζουν την παιδαγωγική συμπεριφορά του συστήματος. Παράλληλα όμως, επιτρέπει στους συγγραφείς να ορίσουν τις δικές τους στρατηγικές διδασκαλίας ορίζοντας τιμές για συγκεκριμένες παιδαγωγικές παραμέτρους όπως ο «βαθμός στον οποίο κάνει επιλογές ο μαθητής», η «προτίμηση για ειδικές (έναντι γενικών) πληροφορίες» και ο «βαθμός ανάδρασης από το σύστημα». Για παράδειγμα, μία στρατηγική με όνομα «Προχωρημένοι μαθητές» μπορεί να έχει οριστεί ώστε να επιτρέπει στους μαθητές να κάνουν οι ίδιοι αρκετές επιλογές, να τους παρέχει περισσότερο γενικές και λιγότερο ειδικές πληροφορίες και να λαμβάνουν σε μέτριο βαθμό ανάδραση από το σύστημα.

Κάποια συστήματα (π.χ. REDEEM, EON) επιτρέπουν τη συγγραφή πολλαπλών διδακτικών στρατηγικών καθώς και μετα-στρατηγικών προκειμένου να επιλέγεται δυναμικά η κατάλληλη στρατηγική βάσει του περιεχομένου και των χαρακτηριστικών του μαθητή. Στο REDEEM η δημιουργία μετα-στρατηγικών γίνεται απλά: οι συγγραφείς πρέπει να απαντήσουν σε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής που καθορίζουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάθε μία από τις ορισμένες στρατηγικές διδασκαλίας. Για παράδειγμα, ένας συγγραφέας στο

REDEEM μπορεί να ορίσει ότι η στρατηγική «Προχωρημένοι μαθητές» πρέπει να ενεργοποιηθεί όταν ο μαθητής έχει καλή επίδοση, όταν το περιεχόμενο του μαθήματος δεν είναι πολύ δύσκολο, κ.λπ.

### 3.3.4 Συγγραφή του Μοντέλου Μαθητή

Αναφορικά με τον μαθητή, τα περισσότερα ΕΣΕΔΣ χρησιμοποιούν μοντέλα επίστρωσης (overlay) όπου π.χ. στα θέματα ή στα βήματα μιας διαδικασίας αποδίδεται μια τιμή βάσει της επίδοσης του μαθητή. Το σύστημα EON επιτρέπει στον συγγραφέα να ορίσει παρανοήσεις, έτσι ώστε να μπορεί το παραγόμενο ΕΔΣ να αξιολογήσει και να διορθώσει κοινά λάθη. Επιπλέον, το EON είναι το μόνο σύστημα που επιτρέπει τη συγγραφή του μοντέλου του μαθητή με την έννοια ότι ο χρήστης-συγγραφέας μπορεί να ορίσει πώς θα υπολογίζονται οι τιμές για τα θέματα βάσει των αντιδράσεων και των ενεργειών του μαθητή.

## 3.4 Προβλήματα χρήσης και ανάπτυξης Εργαλείων Συγγραφής Ευφρών Διδακτικών Συστημάτων

Τα ΕΣΕΔΣ μπορούν πραγματικά να μειώσουν το κόστος ανάπτυξης ΕΔΣ (Murray, 1999). Επιπλέον μπορούν να παράγουν ΕΔΣ τα οποία ενσωματώνουν σε σημαντικό βαθμό τις προτιμήσεις των καθηγητών-συγγραφέων. Επομένως, η σχετικώς νέα ερευνητική περιοχή των ΕΣΕΔΣ καταφέρνει να δώσει μέχρι κάποιου σημείου λύση στα προβλήματα της κατασκευής ΕΔΣ. Και τα ίδια όμως τα ΕΣΕΔΣ, τόσο από πλευράς χρήσης όσο και ανάπτυξής τους συνδέονται με σημαντικά προβλήματα.

Τα περισσότερα από τα υπάρχοντα ΕΣΕΔΣ, ανεξάρτητα από την κατηγορία στην οποία ανήκουν, βασιάζουν την ποιότητα των ΕΔΣ που παράγουν στους καθηγητές-συγγραφείς που τα χρησιμοποιούν. Οι τελευταίοι όμως, αντιμετωπίζουν συχνά διάφορα προβλήματα κατά τη σχεδίαση ενός ΕΔΣ μέσω κάποιου εργαλείου συγγραφής. Για παράδειγμα, μπορεί οι καθηγητές να μην είναι σίγουροι για τη δομή που πρέπει να έχει το υπό κατασκευή μάθημα ή μπορεί να παρέχουν στο ΕΣΕΔΣ ασυνεπείς πληροφορίες οδηγώντας το να παράγει ΕΔΣ με προβληματική συμπεριφορά. Επιπλέον, οι καθηγητές παίζουν κρίσιμο ρόλο στην επιτυχία ή αποτυχία κάθε είδους εκπαιδευτικού λογισμικού. Η μη αποδοχή κάποιου λογισμικού

από τους καθηγητές συνεπάγεται τις περισσότερες φορές την περιορισμένη και εσφαλμένη χρήση του σε πραγματικές συνθήκες (π.χ. στα σχολεία). Αυτό αφορά ιδιαίτερα τα ΕΣΕΔΣ τα οποία απευθύνονται κυρίως στους καθηγητές. Μελετώντας την βιβλιογραφία της περιοχής των ΕΣΕΔΣ, είναι έκδηλο ότι ελάχιστα συστήματα παρέχουν υποστήριξη στους καθηγητές ώστε να εξασφαλίζουν αφ' ενός μεν την ποιότητα των παραγόμενων ΕΔΣ αφ' ετέρου δε την αποδοχή των καθηγητών. Το σύστημα WEAR που θα περιγραφεί σε αυτήν την διατριβή υιοθετεί ένα πρωτότυπο τρόπο προκειμένου να παρέχει υποστήριξη στους καθηγητές-συγγραφείς των ΕΔΣ: διατηρεί μοντέλα καθηγητών και βάσει αυτών εξατομικεύει την αλληλεπίδραση κάθε καθηγητή με το σύστημα (βλ. κεφάλαιο 6).

Ο υψηλός βαθμός δυσκολίας και πολυπλοκότητας της κατασκευής ενός ΕΔΣ μεταβιβάζεται στην ανάπτυξη ενός ΕΣΕΔΣ που είναι μάλιστα διαδικασία ιδιαίτερα πολύπλοκη και σαφώς περισσότερο απαιτητική. Η αιτία αυτού είναι ότι τα ΕΣΕΔΣ πρέπει να λειτουργούν αποτελεσματικά σε δύο επίπεδα: σε πρώτο επίπεδο πρέπει να λειτουργούν αποτελεσματικά για τους καθηγητές που σκοπεύουν να κατασκευάσουν με αυτά ένα ΕΔΣ και σε δεύτερο επίπεδο πρέπει να ενσωματώνουν την εμπειρογνωμοσύνη που απαιτείται για την παραγωγή ΕΔΣ που θα λειτουργούν αποτελεσματικά για τους μαθητές. Επιπλέον, τα ΕΣΕΔΣ πρέπει να χρησιμοποιούν μεθόδους ανεξάρτητες του πεδίου (domain-independent) και να είναι αρκετά γενικά ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή πολλών ΕΔΣ. Επομένως, προκειμένου να αναπτυχθεί ένα αποτελεσματικό ΕΣΕΔΣ απαιτείται μια εκτεταμένη μελέτη στην οποία θα εμπλέκονται και οι δύο κατηγορίες χρηστών τέτοιων συστημάτων, δηλαδή τόσο οι καθηγητές όσο και οι μαθητές. Στόχος μιας τέτοιας μελέτης πρέπει να είναι η απόκτηση γνώσης από τους εμπειρογνώμονες και τα αποτελέσματά της μπορούν να είναι η βάση για τον προσδιορισμό των απαιτήσεων του ΕΣΕΔΣ. Επιπλέον, η διεξαγωγή και μόνο τέτοιων μελετών είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς μπορεί να καθοδηγήσει την ανάπτυξη και μελλοντικών ΕΣΕΔΣ. Μια τέτοια μελέτη είναι αυτή που προηγήθηκε της κατασκευής του συστήματος WEAR και η οποία περιγράφεται στο κεφάλαιο 4 αυτής της διατριβής.

# ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΓΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΟΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ ΕΥΦΥΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

## 4.1 Εισαγωγή

Τα Εργαλεία Συγγραφής Ευφών Διδακτικών Συστημάτων (ΕΣΕΔΣ) έχουν κατά τα τελευταία χρόνια προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών στην περιοχή της βασισμένης σε υπολογιστή εκπαίδευσης. Ο λόγος για το ιδιαίτερο και αυξανόμενο ενδιαφέρον είναι ότι τα ΕΣΕΔΣ παρέχουν περιβάλλοντα στα οποία οι καθηγητές μπορούν να δημιουργήσουν τα δικά τους ΕΔΣ για διάφορα γνωστικά πεδία. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται οι χρονοβόρες και επίπονες διαδικασίες κατασκευής ΕΔΣ που δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Η ανάπτυξη όμως ενός ΕΣΕΔΣ είναι σαφώς πολύ δυσκολότερη από την ανάπτυξη ενός ΕΔΣ και επιπλέον, είναι μία περιοχή που δεν έχει πλήρως κατανοηθεί. Τα κυριότερα προβλήματα που σχετίζονται με την ανάπτυξη ΕΣΕΔΣ αφορούν στην γενικότητα των τεχνικών που αυτά ενσωματώνουν, στην ανεξαρτησία τους από γνωστικά πεδία, στην

αποτελεσματικότητα λειτουργίας τους για τους μελλοντικούς συγγραφείς (καθηγητές) και στην αποτελεσματικότητά τους για τους μαθητές που θα χρησιμοποιήσουν τα παραγόμενα ΕΔΣ.

Η ανάπτυξη επομένως ΕΣΕΔΣ είναι θέμα που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής. Για την κατασκευή των βάσεων γνώσης των ΕΔΣ απαιτείται η απόσπαση και οργάνωση της γνώσης των εμπειρογνομώνων. Στην περίπτωση δε του Εργαλείου Συγγραφής, η γνώση που θα αναπαρασταθεί πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο ανεξάρτητη πεδίου ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ΕΔΣ πολλαπλών γνωστικών πεδίων. Κατά γενική ομολογία, η διαδικασία της απόκτησης γνώσης (knowledge acquisition) αποτελεί εμπόδιο στην ανάπτυξη έμπειρων συστημάτων (π.χ. Walczak, 1998; Boose, 1993; Garg-Janardan & Salvendy, 1988; Kitto & Boose, 1989). Ωστόσο, όπως επισημαίνει ο Twidale (1992), στα ΕΔΣ η απόκτηση γνώσης είναι απαραίτητη και για τα τρία κύρια τμήματα: τη γνώση πεδίου, το τμήμα διδασκαλίας και το μοντέλο μαθητή· επομένως είναι ακόμα πιο δύσκολο απ' ό τι στα συμβατικά έμπειρα συστήματα. Κατά συνέπεια, ο βαθμός δυσκολίας για την απόκτηση γνώσης σε ΕΣΕΔΣ είναι ακόμα μεγαλύτερος αφού αυτά τα εργαλεία είναι γενικότερα από τα ΕΔΣ και απευθύνονται σε δύο κατηγορίες τελικών χρηστών (τους καθηγητές-συγγραφείς των ΕΔΣ και τους μαθητές που διδάσκονται από τα παραγόμενα ΕΔΣ) αντί για μία κατηγορία μόνο (τους μαθητές).

Οι τεχνικές τεχνολογίας γνώσης (knowledge engineering) περιλαμβάνουν ανάλυση πρωτοκόλλων, παρατηρήσεις, συνεντεύξεις και αυτοπαρατηρήσεις, ανάλυση περιπτώσεων και ερωτηματολόγια (Bell & Hardiman, 1989). Ωστόσο, συχνά το αποτέλεσμα είναι ένα ακατάστατο σύνολο δεδομένων που οδηγεί σε γνώση φτωχά δομημένη, άκαμπτη και ελλιπή (Thurman, Brann & Mitchell, 1997). Επομένως, στην περίπτωση των ΕΣΕΔΣ που είναι πολύπλοκα συστήματα, η αναφορά και μόνο των τεχνικών τεχνολογίας γνώσης που χρησιμοποιούνται μπορεί να προάγει τα επιτεύγματα στην περιοχή των ΕΣΕΔΣ. Μελετώντας όμως την σχετική βιβλιογραφία είναι φανερό η απουσία αναφορών για την ανάπτυξη ΕΣΕΔΣ. Η έλλειψη αναφορών κάθε άλλο παρά συμβάλλει στην πρόοδο των ΕΣΕΔΣ. Ο Collins (1992) σημειώνει:

«Έχουμε δει να εισάγονται παγκοσμίως πολλές τεχνολογίες στις τάξεις, αλλά αυτές οι καινοτομίες έχουν προσφέρει αξιοσημείωτα ελάχιστη συστηματική γνώση ή συσσωρευμένη σοφία για να καθοδηγήσουν την ανάπτυξη μελλοντικών καινοτομιών».

Η διεξαγωγή εμπειρικών μελετών και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων τους μπορεί αναμφισβήτητα να διευκολύνει και να προάγει τις μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες.

Η ραγδαία ανάπτυξη του Διαδικτύου και του Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web) προσφέρει νέες ευκαιρίες και προκλήσεις για πολλές περιοχές, μία εκ των οποίων είναι και η εκπαίδευση. Η εκπαίδευση μέσω Διαδικτύου έχει πολυάριθμα πλεονεκτήματα όπως την άνεση της παρακολούθησης ενός μαθήματος από το χώρο εργασίας ή το σπίτι και το χαμηλό κόστος (Berz, Erdelyi & Hoefkens, 1999). Παρόλα αυτά, οι περισσότερες εκπαιδευτικές εφαρμογές στο Διαδίκτυο είναι απλά ηλεκτρονικά βιβλία με πολύ περιορισμένη αλληλεπιδραστικότητα και διαγνωστική ικανότητα. Η ολοκλήρωση των ΕΔΣ και των τεχνολογιών του Διαδικτύου μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευεργετική για τους στόχους της εκπαίδευσης. Πράγματι, στη βιβλιογραφία αναφέρονται διάφορες επιτυχείς προσπάθειες είτε μεταφορές υπαρχόντων ΕΔΣ στο Διαδίκτυο ή κατασκευής Διαδικτυακών ΕΔΣ από το μηδέν (π.χ. Alpert, Singley & Fairweather, 1999; Ritter, 1997; Eliot, Neiman & Lamar, 1997). Τα Διαδικτυακά ΕΔΣ απευθύνονται σε ένα πολύ ετερογενές σύνολο εκπαιδευομένων σε συνθήκες όπου δεν υπάρχει διαθέσιμος δάσκαλος για να βοηθήσει τους χρήστες στην εκπαιδευτική διαδικασία. Προκειμένου να καλυφθεί το μεγάλο φάσμα αναγκών, προηγούμενων γνώσεων και ενδιαφερόντων των μαθητών, πρέπει να προηγείται της ανάπτυξης ενός Διαδικτυακού ΕΔΣ μια προσεκτική και εκτεταμένη φάση απόκτησης γνώσης. Αυτό είναι ακόμα περισσότερο επιτακτικό στην περίπτωση των Διαδικτυακών ΕΣΕΔΣ που επίσης απευθύνονται σε ένα ευρύ φάσμα καθηγητών με διαφορετικές πεποιθήσεις, προτιμήσεις και τρόπους διδασκαλίας. Εν τούτοις, όπως σημειώνεται από τους Hendler και Feigenbaum (2001), η απόκτηση γνώσης γίνεται ιδιαίτερα δυσχερής στην περίοδο του Παγκόσμιου Ιστού και συνεχίζουν λέγοντας ότι η πανταχού παρουσία των πληροφοριών που βρίσκονται

διαθέσιμες σε εκατομμύρια χρήστες θέτει μια αμείλικτη απαίτηση για παροχή από τους υπολογιστές περισσότερο ευφρούς βοήθειας.

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί η εμπειρική μελέτη που προηγήθηκε του σχεδιασμού και της ανάπτυξης του WEAR, ενός Διαδίκτυακού ΕΣΕΔΣ (Moundridou & Vίνου, 2002d). Ο στόχος ήταν η κατασκευή ενός Εργαλείου Συγγραφής ΕΔΣ για σχετικά με την Άλγεβρα γνωστικά πεδία. Ως σχετικά με την Άλγεβρα γνωστικά πεδία θεωρούμε τα πεδία εκείνα που κάνουν εκτεταμένα χρήση αλγεβρικών εξισώσεων, ή με άλλα λόγια, τα πεδία εκείνα που μπορούν να περιγραφούν από αλγεβρικές εξισώσεις (π.χ. Φυσική, Οικονομικά, Χημεία, κ.λπ.). Πριν τη διεξαγωγή της εμπειρικής μελέτης καθορίστηκαν οι βασικές απαιτήσεις για το υπό ανάπτυξη λογισμικό και προσδιορίστηκαν τα θέματα εκείνα που χρειάζονταν περαιτέρω διερεύνηση.

Συγκεκριμένα, θα περιγραφούν τα τρία μέρη από τα οποία απαρτίστηκε η μελέτη. Στο πρώτο μέρος της μελέτης, όπου εμπλέκονταν κυρίως μαθητές, ο στόχος ήταν να προσδιοριστούν διάφορα ζητήματα που σχετίζονται με τα ΕΔΣ που το Εργαλείο Συγγραφής θα έπρεπε να παράγει. Στους μαθητές δόθηκαν προβλήματα προς επίλυση και οι απαντήσεις τους δόθηκαν προς ανάλυση σε εμπειρογνώμονες καθηγητές. Από την ανάλυση αυτή προέκυψαν οι κατευθυντήριες γραμμές για τον σχεδιασμό των ΕΔΣ σε σχετικά με την Άλγεβρα γνωστικά πεδία. Στο δεύτερο μέρος της μελέτης, που αφορούσε μόνο καθηγητές, στόχος ήταν ο προσδιορισμός των θεμάτων που σχετίζονται με τις ανάγκες και τις προσδοκίες των καθηγητών όταν αυτοί δημιουργούν ΕΔΣ με τη χρήση ενός Εργαλείου Συγγραφής. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, οι καθηγητές που πήραν μέρος ρωτήθηκαν για τις προτιμήσεις, τις στρατηγικές διδασκαλίας και τις πεποιθήσεις τους. Τα αποτελέσματα αυτού του μέρους της μελέτης καθόρισαν το σχεδιασμό του περιβάλλοντος συγγραφής του WEAR. Το τρίτο και τελευταίο μέρος της μελέτης στόχευε στην επαλήθευση των σχεδιαστικών αποφάσεων τόσο για το περιβάλλον συγγραφής όσο και για το περιβάλλον μάθησης του WEAR. Σε αυτό το μέρος της μελέτης πήραν μέρος και οι δύο κατηγορίες χρηστών του ΕΣΕΔΣ: καθηγητές και μαθητές. Στους καθηγητές δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο και τους ζητήθηκε να βαθμολογήσουν τα χαρακτηριστικά του WEAR. Η ανάμειξη των μαθητών σε αυτή τη φάση

επαλήθευσης αφορούσε στην αξιολόγηση του συστήματος διεπαφής των ΕΔΣ που παράγει το WEAR. Ολόκληρη η μελέτη που θα παρουσιαστεί σε αυτό το κεφάλαιο αποδείχθηκε πραγματικά χρήσιμη για τον σχεδιασμό του WEAR και αποκάλυψε σημαντικά ζητήματα που καθόρισαν τα σημεία έμφασης του συστήματος.

## 4.2 Μελέτη για την κατασκευή των ΕΔΣ

### 4.2.1 Περιγραφή του πειράματος

Το πρώτο μέρος της μελέτης στόχευε στην έρευνα ζητημάτων που σχετίζονται με την κατασκευή ενός γενικού πλαισίου για ΕΔΣ. Συγκεκριμένα, οι βασικές ερωτήσεις που έπρεπε να απαντηθούν αφορούσαν στη γνώση πεδίου, στα μοντέλα μαθητή και στο τμήμα διδασκαλίας των ΕΔΣ που το εργαλείο συγγραφής θα παρήγαγε αυτόματα. Τα ζητήματα αυτά θα έπρεπε να διερευνηθούν με τρόπο τέτοιο που να εξασφαλίζεται όσο το δυνατόν περισσότερο η ανεξαρτησία πεδίου. Για το λόγο αυτό, το πείραμα έγινε σε δύο γνωστικά πεδία: τη Φυσική και τα Οικονομικά. Ένας από τους κύριους στόχους του πειράματος ήταν να εντοπιστούν ομοιότητες μεταξύ διαφορετικών γνωστικών πεδίων όσον αφορά στον τρόπο επίλυσης προβλημάτων και τις κατηγορίες λαθών των μαθητών. Αυτές οι κατηγορίες λαθών θα αποτελούσαν τη βάση για το σχεδιασμό του τμήματος μοντελοποίησης των μαθητών των ΕΔΣ. Τέλος, μέσω του πειράματος επιχειρήθηκε να εντοπιστούν χαρακτηριστικά των μαθητών που θα μπορούσαν να μοντελοποιηθούν και να συσχετιστούν με την τάση των μαθητών να διαπράττουν συχνά συγκεκριμένα είδη λαθών καθώς και με την γενική τους επίδοση στην επίλυση προβλημάτων. Αυτού του είδους οι πληροφορίες θα ήταν χρήσιμες για να τεθούν οι στόχοι για τις δυνατότητες συμπερασμού που θα έπρεπε να διαθέτει το τμήμα μοντελοποίησης μαθητών των ΕΔΣ.

Στο πείραμα συμμετείχαν δύο ομάδες μαθητών: η μία ομάδα απαρτιζόταν από 35 μαθητές της Β' τάξης του Ενιαίου Λυκείου που διδάσκονταν Φυσική και η άλλη από 20 μαθητές της Γ' τάξης του Ενιαίου Λυκείου που διδάσκονταν Οικονομικά. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η αμεροληψία του δείγματος οι περισσότεροι μαθητές που συμμετείχαν στο πείραμα ήταν από διαφορετικά σχολεία. Σε κάθε μία από τις ομάδες των μαθητών δόθηκαν προβλήματα προς επίλυση από το αντίστοιχο

μάθημα. Τις απαντήσεις των μαθητών σε αυτά τα προβλήματα ανέλυσαν και σχολίασαν έμπειροι καθηγητές. Τα προβλήματα ανταποκρίνονταν σε ύλη που είχαν διδαχθεί οι μαθητές πρόσφατα και τους δόθηκαν ως ανεπίσημο διαγώνισμα. Οι μαθητές ρωτήθηκαν επίσης για τους βαθμούς τους της προηγούμενης χρονιάς στα Μαθηματικά και στο αντίστοιχο μάθημα (Φυσική ή Οικονομικά). Αυτή η πληροφορία καταγράφηκε, δόθηκε στους καθηγητές που θα ανέλυαν τα πρωτόκολλα των μαθητών και τους ζητήθηκε να σχολιάσουν τη σχέση μεταξύ της προηγούμενης και της τρέχουσας επίδοσης των μαθητών.

Τέλος, οι μαθητές ρωτήθηκαν για το μάθημα που διδάσκονταν, για τον καθηγητή τους και τα ενδιαφέροντά τους. Για παράδειγμα, οι μαθητές ρωτήθηκαν αν τους ενδιαφέρει στην αρχή της σχολικής χρονιάς να γνωρίζουν στοιχεία για ένα μάθημα που πρόκειται να διδαχθούν και τον καθηγητή που θα τους το διδάξει καθώς και αν αναζητούν τέτοιες πληροφορίες από μεγαλύτερους μαθητές. Επίσης, οι μαθητές ρωτήθηκαν για την κατεύθυνση των σπουδών τους μετά το Λύκειο. Αυτού του είδους η πληροφορία θα προσδιόριζε το βαθμό ενδιαφέροντος των μαθητών για τα συγκεκριμένα μαθήματα (Φυσική και Οικονομικά) και θα υποδείκνυε πιθανές συσχετίσεις μεταξύ των ενδιαφερόντων των μαθητών και της επίδοσής τους.

#### 4.2.2 Ανάλυση των αποτελεσμάτων – Σχεδιαστικές αποφάσεις

Σχετικά με τις πιθανές ομοιότητες στις προσεγγίσεις επίλυσης προβλημάτων μεταξύ διαφορετικών γνωστικών πεδίων σχετικών με την Άλγεβρα, το πείραμα αποκάλυψε ότι υπάρχει μία κατηγορία προβλήματος που τίθεται συχνά στους μαθητές διαφόρων επιπέδων (από το δημοτικό σχολείο μέχρι το πανεπιστήμιο). Τα προβλήματα αυτά λύνονται με τον εξής τρόπο:

- Οι μαθητές πρέπει να διαβάσουν το πρόβλημα και να κατανοήσουν ποια είναι τα δεδομένα και ποια τα ζητούμενα.
- Έπειτα πρέπει οι μαθητές να βρουν τις εξισώσεις που λύνουν αυτό το πρόβλημα
- Τέλος, οι μαθητές πρέπει να λύσουν τις εξισώσεις αυτές για τις άγνωστες μεταβλητές του προβλήματος

Για παράδειγμα, ένα πρόβλημα τέτοιου είδους από το γνωστικό πεδίο της Φυσικής είναι το εξής: «Μια δύναμη 100 Newton ασκείται σε ένα αντικείμενο 25 κιλών το οποίο είναι αρχικά σταθερό. Μετά από 10 δευτερόλεπτα πόση είναι η ορμή;» Για να λύσει ένας μαθητής αυτό το πρόβλημα πρέπει να χρησιμοποιήσει τις εξισώσεις  $F=m*a$ ,  $J=m*v$  and  $v=v_0+a*t$ . Πρέπει έπειτα να αντικαταστήσει τις μεταβλητές που δίνονται με τις τιμές τους και να λύσει ως προς τις άγνωστες μεταβλητές.

Παρόμοια, στο πεδίο των Οικονομικών ένα πρόβλημα αυτής της μορφής είναι το ακόλουθο: «Δίνονται τα εξής μεγέθη μιας οικονομίας για μια χρονική περίοδο: Κατανάλωση (C) = 80, Ακαθάριστη επένδυση (I) = 30, Κρατικές δαπάνες (G) = 20, Εισαγωγές (M) = 10, Εξαγωγές (X) = 15, Καθαρό Εθνικό Προϊόν (Y) = 120. Να υπολογιστεί το ακαθάριστο εθνικό προϊόν (GNP), οι αποσβέσεις (D) και η καθαρή επένδυση ( $I_n$ ).» Και σε αυτή την περίπτωση οι μαθητές πρέπει να αντικαταστήσουν τα δεδομένα του προβλήματος στις εξισώσεις  $GNP=C+I+G+(X-M)$ ,  $Y=GNP-D$  και  $I=I_n+D$  και να λύσουν ως προς τις άγνωστες μεταβλητές. Αυτή η ομοιότητα στη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων μεταξύ διαφορετικών αλλά σχετικών με την Άλγεβρα πεδίων υποδηλώνει τη χρησιμότητα της ύπαρξης ενός εργαλείου συγγραφής για την κατασκευή ΕΔΣ με έμφαση στην επίλυση προβλημάτων σε τέτοιου είδους γνωστικά πεδία.

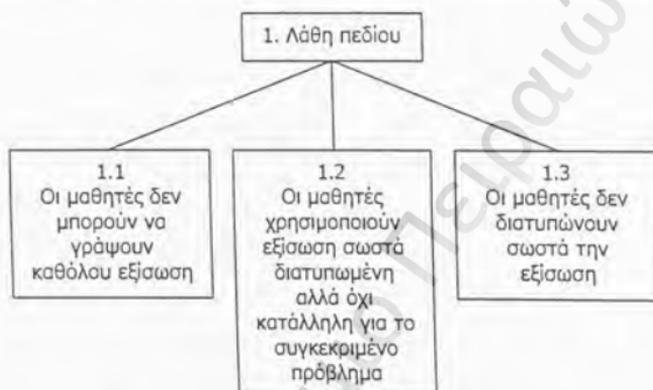
Σε προβλήματα αυτής της κατηγορίας και ανεξάρτητα από το συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο στο οποίο ανήκουν τα προβλήματα αυτά, κάθε βήμα από αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω για την επίλυση μπορεί να αποτελεί πηγή λαθών. Συγκεκριμένα, οι μαθητές είτε δεν μπορούν να βρουν τις εξισώσεις που χρειάζονται για να λυθεί το πρόβλημα, είτε δεν μπορούν να λύσουν σωστά τις εξισώσεις. Στην πρώτη περίπτωση τα λάθη που κάνουν οι μαθητές μπορούν να θεωρηθούν «λάθη πεδίου», ενώ στη δεύτερη «μαθηματικά λάθη» (Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1: Κατηγορίες λαθών των μαθητών κατά την επίλυση προβλημάτων

Αυτές οι δύο κατηγορίες λαθών αναλύθηκαν περισσότερο και προέκυψαν υποκατηγορίες των κατηγοριών αυτών.

Όσον αφορά στα «λάθη πεδίου», οι απαντήσεις των μαθητών αποκάλυψαν τρεις διαφορετικές περιπτώσεις (Σχήμα 4.2): είτε οι μαθητές δεν μπορούν να γράψουν καθόλου τις εξισώσεις και επομένως δεν λύνουν το πρόβλημα, ή επιχειρούν να χρησιμοποιήσουν κάποια εξίσωση σωστά διατυπωμένη αλλά όχι κατάλληλη για το συγκεκριμένο πρόβλημα, ή οι μαθητές δεν διατυπώνουν σωστά την εξίσωση.



Σχήμα 4.2: Υποκατηγορίες λαθών πεδίου

Σε αυτή την τελευταία περίπτωση, τα πιθανά λάθη είναι είτε ότι οι μαθητές γράφουν μία εξίσωση που περιλαμβάνει μία ή περισσότερες λάθος μεταβλητές, ή ότι από την εξίσωση που γράφουν λείπουν κάποιες μεταβλητές ή υπάρχουν κάποιες παραπάνω, ή τέλος ότι οι μαθητές γράφουν μία εξίσωση με λανθασμένη σχέση μεταξύ των μεταβλητών (Σχήμα 4.3).



Σχήμα 4.3: Υπο-υποκατηγορίες λαθών για την περίπτωση μη σωστής διατύπωσης της εξίσωσης

Από την άλλη πλευρά, τα «μαθηματικά λάθη» μπορούν να διακριθούν σε λάθη υπολογισμών, λάθη στην αντικατάσταση των μεταβλητών και λάθη στη διαδικασία απομόνωσης του αγνώστου της εξίσωσης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.4.



Σχήμα 4.4: Μαθηματικά λάθη

Προκειμένου να γίνει σαφέστερη η παραπάνω κατηγοριοποίηση των λαθών των μαθητών, ακολουθεί ένα από τα προβλήματα Φυσικής που τέθηκαν στους μαθητές που πήραν μέρος στο πείραμα και μερικά ενδεικτικά λάθη που έγιναν κατά την επίλυσή του.

**Πρόβλημα:** Δύο μικρές φορτισμένες σφαίρες έχουν ηλεκτρικά φορτία ίσα με τιμή - 0,02μC. Αν η δύναμη που ασκείται από τη μία σφαίρα στην άλλη έχει μέτρο  $9 \cdot 10^3$  N,

να υπολογιστεί η απόσταση μεταξύ των σφαιρών. Δίνεται:  $K_{ηλ} = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$

**Σωστή λύση:** Χρήση της εξίσωσης  $F = K_{ηλ} \frac{Q1 \cdot Q2}{r^2}$  και λύση ως προς  $r$

**Λάθη που έγιναν από τους μαθητές:**

-  $E = \frac{F}{q}$  Η εξίσωση αυτή είναι σωστά διατυπωμένη αλλά δεν είναι αυτή που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να λυθεί το πρόβλημα. Αυτή είναι η περίπτωση 1.2 όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2.

-  $E = K_{ηλ} \frac{Q1 \cdot Q2}{r^2}$  Η εξίσωση αυτή θα ήταν η σωστή αν στη θέση της μεταβλητής  $E$  (ένταση) υπήρχε η σωστή μεταβλητή  $F$  (δύναμη). Αυτή είναι η περίπτωση 1.3.1 όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.3.

-  $F = \frac{q1 \cdot q2}{r^2}$  Από την εξίσωση αυτή λείπει μία μεταβλητή ( $K_{ηλ}$ ). Αυτή είναι η περίπτωση 1.3.2 όπως φαίνεται επίσης στο Σχήμα 4.3.

-  $F = K_{ηλ} \frac{Q1 \cdot Q2}{r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{F}{K_{ηλ} \cdot Q1 \cdot Q2}$  Αδυναμία του μαθητή να λύσει ως προς  $r$ . Αυτή είναι η περίπτωση 2.3 όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.4.

Ένα από τα αποτελέσματα του πειράματος ήταν και η κατανομή των λαθών των μαθητών στις παραπάνω κατηγορίες και υποκατηγορίες λαθών για κάθε ένα από τα πεδία της μελέτης (Φυσική και Οικονομικά). Στα σχήματα 4.5, 4.6, και 4.7 παρουσιάζονται αυτά τα ποσοτικά αποτελέσματα. Όπως φαίνεται στα σχήματα, τα περισσότερα είδη λάθους ήταν παρόντα στις απαντήσεις των μαθητών και των δύο ομάδων. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει την ανάγκη τα ΕΔΣ που θα παράγονται από το εργαλείο συγγραφής να αναγνωρίζουν όλα αυτά τα διαφορετικά λάθη και να παρέχουν στους μαθητές τις κατάλληλες συμβουλές.



Σχήμα 4.5: Κατανομή των απαντήσεων των μαθητών



Σχήμα 4.6: Κατανομή των λαθών πεδίου

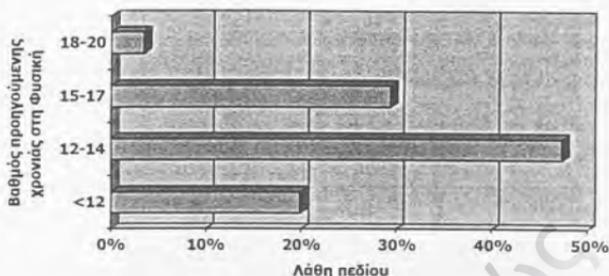


Σχήμα 4.7: Κατανομή των μαθηματικών λαθών

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο ομάδων έδειξε ότι μολονότι οι περισσότερες κατηγορίες λαθών ήταν παρούσες στις απαντήσεις και των δύο ομάδων, τα ποσοστά κάθε κατηγορίας λαθών διέφεραν μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι τα είδη

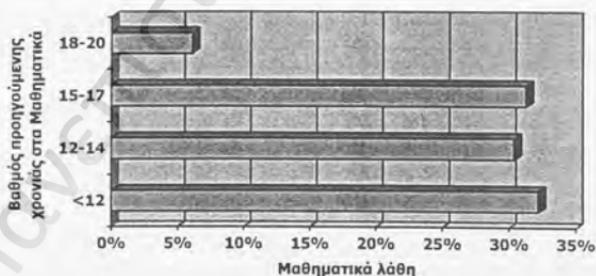
λάθους είναι ίδια για πεδία σχετικά με την Άλγεβρα αλλά η κατανομή των λαθών εξαρτάται από το συγκεκριμένο πεδίο. Το εύρημα αυτό ήταν μάλλον αναμενόμενο: για παράδειγμα, το γεγονός ότι το 50% των προβλημάτων της Φυσικής περιείχε μαθηματικά λάθη ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τα προβλήματα Οικονομικών ήταν μόλις 11%, οφείλεται πιθανόν στο ότι οι εξισώσεις που πρέπει να λύσουν οι μαθητές στη Φυσική είναι περισσότερο πολύπλοκες από αυτές των Οικονομικών και άρα οι μαθητές πέφτουν πιο συχνά σε μαθηματικά λάθη. Επομένως, η σημαντικότητα κάθε κατηγορίας λάθους διαφέρει μεταξύ διαφορετικών πεδίων και αυτό επηρεάζει τόσο την βαθμολογία των μαθητών όσο και τις διδακτικές ενέργειες στις οποίες προβάλλει ο καθηγητής.

Διερευνήθηκε ακόμα το κατά πόσο διάφορα χαρακτηριστικά των μαθητών μπορούν να συσχετιστούν με την επίδοσή τους ή ακόμα και με συγκεκριμένες κατηγορίες λάθους. Η διερεύνηση αυτή οδήγησε σε διάφορες διαπιστώσεις. Όπως ήταν αναμενόμενο, οι μαθητές που είχαν την προηγούμενη χρονιά πολύ υψηλούς βαθμούς (>18) είχαν πολύ καλύτερη επίδοση στα προβλήματα του πειράματος απ' ότι οι υπόλοιποι μαθητές. Ωστόσο, μια βαθύτερη μελέτη των αποτελεσμάτων οδήγησε και σε ευρήματα καθόλου αναμενόμενα. Αναφορικά με τα λάθη πεδίου, το 3% έγινε από μαθητές που ο περισινός βαθμός τους στη Φυσική ήταν μεταξύ 18 και 20, το 29% από μαθητές με βαθμό μεταξύ 15 και 17, το 47% από μαθητές με βαθμό μεταξύ 12 και 14 και μόνο το 20% των λαθών πεδίου έγινε από μαθητές με περισινό βαθμό Φυσικής μικρότερο από 12 (Σχήμα 4.8). Σε πρώτη ματιά τα δύο τελευταία ποσοστά φαίνονται μη αναμενόμενα αλλά μπορούν να ερμηνευθούν βάσει της υπόθεσης ότι οι ιδιαίτερα αδύναμοι μαθητές (με βαθμό μικρότερο από 12) προσπαθούν περισσότερο να απομνημονεύσουν τύπους και επομένως κάνουν λιγότερα λάθη πεδίου απ' ότι οι κάπως καλύτεροι μαθητές που μάλλον δείχνουν μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στον εαυτό τους και δεν προσπαθούν αρκετά.



Σχήμα 4.8: Κατανομή λαθών πεδίου ανάλογα με τον προηγούμενο βαθμό στη Φυσική

Το ίδιο δεν φαίνεται να συμβαίνει με τα μαθηματικά λάθη: για το 6% αυτών, ευθύνονται οι μαθητές με προηγούμενο βαθμό στα Μαθηματικά πάνω από 18, για το 31% οι μαθητές με βαθμό μεταξύ 15 και 17, για το 30% οι μαθητές του 12-14 και για το 32% οι μαθητές με βαθμό μικρότερο από 12 (Σχήμα 4.9). Αυτό που προκαλεί έκπληξη σε αυτήν την περίπτωση είναι το ότι εξαιρώντας τους άριστους μαθητές (με βαθμό μεγαλύτερο από 18), οι υπόλοιποι συνεισέφεραν σχεδόν το ίδιο στο σύνολο των μαθηματικών λαθών.



Σχήμα 4.9: Κατανομή μαθηματικών λαθών ανάλογα με τον προηγούμενο βαθμό στα Μαθηματικά

Αναφορικά με τη συσχέτιση μεταξύ των κατευθύνσεων των μαθητών και των λαθών τους, οι διαπιστώσεις από την μελέτη είναι οι εξής (Σχήμα 4.10):

- Οι μαθητές της Θετικής κατεύθυνσης ήταν υπεύθυνοι για το 18% των λαθών πεδίου και για το 17% των μαθηματικών λαθών.
- Οι μαθητές της Τεχνολογικής κατεύθυνσης ευθύνονταν για το 47% των λαθών πεδίου και για το 39% των μαθηματικών λαθών.
- Οι μαθητές της Θεωρητικής κατεύθυνσης ήταν υπεύθυνοι για το 34% των λαθών πεδίου και το 44% των μαθηματικών λαθών.



Σχήμα 4.10: Συσχέτιση μεταξύ της κατεύθυνσης των μαθητών και των κατηγοριών λάθους

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω αποτελέσματα και όπως ήταν αναμενόμενο, οι μαθητές της Θετικής κατεύθυνσης είχαν καλύτερη επίδοση και έκαναν λιγότερα λάθη από τους υπόλοιπους μαθητές. Αυτό μπορεί να αποδοθεί αφ' ενός στο γεγονός ότι αυτή η κατεύθυνση σπουδών προσελκύει τους καλύτερους μαθητές και αφ' ετέρου στο γεγονός ότι προφανώς αυτοί οι μαθητές που επέλεξαν τέτοια κατεύθυνση είναι περισσότερο ικανοί και πρόθυμοι να αντιμετωπίσουν προβλήματα Μαθηματικών και Φυσικής. Όπως ήταν αναμενόμενο επίσης, οι μαθητές της Θεωρητικής κατεύθυνσης έκαναν τα περισσότερα μαθηματικά λάθη. Ωστόσο, δεν συνέβη το ίδιο με τα λάθη πεδίου. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι οι μαθητές της Θεωρητικής κατεύθυνσης δεν συμπαθούν ιδιαίτερα τη Φυσική ή τα Μαθηματικά και συνηθίζουν να αποστηθίζουν τύπους λόγω αυτού είναι μεν ικανοί να γράψουν σωστά τις εξισώσεις που χρειάζονται αλλά δεν αποδίδουν το ίδιο καλά όταν πρέπει να λύσουν μαθηματικά τις εξισώσεις αυτές. Η Τεχνολογική κατεύθυνση φαίνεται να συγκεντρώνει τους περισσότερο αδύναμους μαθητές και αυτός είναι μάλλον ο λόγος που οι μαθητές αυτής της κατεύθυνσης ήταν υπεύθυνοι για την πλειοψηφία των λαθών πεδίου. Οι μαθητές αυτοί έκαναν επίσης πολλά από τα μαθηματικά λάθη, αλλά όχι τα

περισσότερα· η αιτία γι' αυτό μπορεί να είναι ότι οι μαθητές που θεωρούν τους εαυτούς τους όχι ιδιαίτερα ικανούς στα Μαθηματικά επιλέγουν κάποια άλλη κατεύθυνση σπουδών και όχι την Τεχνολογική η οποία απαιτεί αρκετές μαθηματικές δεξιότητες.

Οι μαθητές όταν ρωτήθηκαν τι τους ενδιαφέρει να γνωρίζουν πριν ξεκινήσουν ένα μάθημα στην αρχή της σχολικής περιόδου δήλωσαν σχεδόν ομόφωνα ότι απευθύνονται σε μεγαλύτερους μαθητές προκειμένου να μάθουν αν ο καθηγητής τους ήταν απαιτητικός, αν τους έδινε δύσκολα προβλήματα και αν ήταν αυστηρός στη βαθμολόγηση της δουλειάς τους. Οι μαθητές δήλωσαν επίσης ότι όσα έχουν ακούσει για τον καθηγητή τους, επηρεάζουν τη στάση τους απέναντι στο μάθημα.

## 4.3 Μελέτη για τη διαδικασία συγγραφής των ΕΔΣ

### 4.3.1 Περιγραφή του πειράματος

Το δεύτερο και μεγαλύτερο μέρος της μελέτης αφορούσε μόνο στους καθηγητές. Στόχος ήταν να προσδιοριστούν τα θέματα εκείνα που σχετίζονται με τις ανάγκες και τις προσδοκίες των καθηγητών όταν κατασκευάζουν ένα ΕΔΣ μέσω ενός εργαλείου συγγραφής. Με αυτόν τον τρόπο αποφασίστηκε ποια θα ήταν η τελική μορφή κάθε τμήματος των παραγόμενων από το εργαλείο συγγραφής ΕΔΣ και κυρίως πως θα έπρεπε να διενεργείται και να υποστηρίζεται η συγγραφή των ΕΔΣ.

Σε αυτό το μέρος της μελέτης έλαβαν μέρος έξι καθηγητές, διαφορετικοί από αυτούς του πρώτου μέρους. Ήταν όλοι καθηγητές Φυσικής ή Μαθηματικών με διδακτική εμπειρία από 5 ως 10 χρόνια. Επίσης ήταν όλοι έμπειροι στη χρήση υπολογιστών. Στους καθηγητές αυτούς δόθηκε μια περιγραφή του πρώτου μέρους της μελέτης και των αποτελεσμάτων της και τους ζητήθηκε να κατηγοριοποιήσουν τα πιο συχνά λάθη των μαθητών και να συσχετίσουν κάθε κατηγορία λάθους με ένα στερεότυπο μαθητή. Επιπλέον από τους καθηγητές ζητήθηκε να βαθμολογήσουν κάποια γραπτά μαθητών καθώς και να ορίσουν το επίπεδο δυσκολίας κάθε άσκησης από αυτές που έλυσαν οι μαθητές. Τέλος, στους καθηγητές τέθηκαν ερωτήσεις σχετικά με τον τρόπο διδασκαλίας και τις προτιμήσεις τους. Όλα αυτά είχαν ως στόχο τη συγκέντρωση

πληροφοριών για την στάση των καθηγητών απέναντι στη διδασκαλία και τη μάθηση σε πραγματικές συνθήκες. Οι πληροφορίες αυτές θα υποδήλωναν: (i) πώς θα έπρεπε τα παραγόμενα από το εργαλείο συγγραφής ΕΔΣ να συμπεριφέρονται ως εικονικοί καθηγητές και (ii) ποια μέρη των ΕΔΣ θα έπρεπε να παραμετροποιηθούν έτσι ώστε να είναι δυνατόν για τους καθηγητές να καθορίζουν τη δομή και τη συμπεριφορά τους.

#### 4.3.2 Ανάλυση των αποτελεσμάτων – Σχεδιαστικές αποφάσεις

Η ανάλυση των πληροφοριών που συγκεντρώθηκαν από τους καθηγητές σε αυτό το μέρος της μελέτης οδήγησε σε ένα γενικό συμπέρασμα: η στάση των καθηγητών απέναντι στην διαδικασία διδασκαλίας/μάθησης διαφέρει πολύ από καθηγητή σε καθηγητή. Όπως θα συζητηθεί στις επόμενες παραγράφους, διαφορετικοί καθηγητές συσχέτιζαν διαφορετικά τα λάθη των μαθητών με στερεότυπα μαθητών, έδιναν διαφορετικά βάρη στα είδη λαθών, βαθμολογούσαν τα γραπτά με άλλο τρόπο και το επίπεδο δυσκολίας που απέδιδαν σε κάθε πρόβλημα ήταν σε κάποιες περιπτώσεις πολύ ανόμοιο.

Συγκεκριμένα, τα επίπεδα δυσκολίας (που κυμαίνονταν από πολύ εύκολο ως πολύ δύσκολο) που απέδωσαν οι καθηγητές σε πέντε προβλήματα Φυσικής ήταν σε κάποιες περιπτώσεις πολύ διαφορετικά. Για παράδειγμα, ένα συγκεκριμένο πρόβλημα οι μισοί καθηγητές το ενέταξαν στα δύσκολα προβλήματα και οι άλλοι μισοί στα πολύ εύκολα. Βάσει αυτής της παρατήρησης, μπορεί να θεωρηθεί δεδομένο ότι υπάρχουν περιπτώσεις που ένας καθηγητής μπορεί να υπερεκτιμήσει ή να υποτιμήσει το επίπεδο δυσκολίας που θέτει στα προβλήματα. Σε πραγματικές συνθήκες μέσα στην τάξη, ο καθηγητής είναι σε θέση να αξιολογήσει αμέσως τα αποτελέσματα των διδακτικών αποφάσεών του μέσα από την αλληλεπίδραση με τους μαθητές. Επομένως, είναι σε θέση να επαναπροσδιορίσει τις διδακτικές του αποφάσεις εφόσον το κρίνει σκόπιμο. Προκειμένου να μπορεί να κάνει το ίδιο (να προσαρμόσει τις διδακτικές αποφάσεις του, όπως π.χ. το επίπεδο δυσκολίας των προβλημάτων) σε συνθήκες εκπαίδευσης από απόσταση, πρέπει το εργαλείο συγγραφής να παρέχει στον καθηγητή πληροφορίες σχετικά με την επίδοση της τάξης του.

Από τους καθηγητές ζητήθηκε επίσης να προσδιορίσουν τη συχνότητα εμφάνισης και τη σπουδαιότητα κάθε είδους λάθους σε πραγματικές συνθήκες. Οι απαντήσεις των καθηγητών μαρτυρούν πως υπάρχουν λάθη για των οποίων τη συχνότητα και τη σπουδαιότητα σχεδόν όλοι είναι σύμφωνοι και άλλα που τους βρίσκουν εντελώς σε αντίθετες πλευρές. Για παράδειγμα, για το λάθος που κάνουν οι μαθητές όταν επιχειρούν να χρησιμοποιήσουν μια σωστά διατυπωμένη εξίσωση αλλά όχι την κατάλληλη για το συγκεκριμένο πρόβλημα (Κατηγορία 1.2 στο Σχήμα 4.2), σχεδόν οι μισοί από τους καθηγητές δήλωσαν ότι αυτό είναι κάτι που συμβαίνει σπάνια, ενώ οι υπόλοιποι δήλωσαν ότι αυτό είναι ένα σύνθετο λάθος. Αντίστοιχα, κάποιοι από τους καθηγητές θεώρησαν αυτό το είδος λάθους πολύ σημαντικό και κάποιοι άλλοι όχι ιδιαίτερα σημαντικό. Ο Twidale (1992) αναφέρει ένα παρόμοιο εύρημα και σημειώνει ότι η διαφορετική βαρύτητα που προσαρτούν διαφορετικοί καθηγητές σε συγκεκριμένα λάθη επηρεάζει το βαθμό στον οποίο είναι πιθανό να παρέμβουν σε μια ενέργεια του μαθητή. Επίσης, ο ίδιος υποστηρίζει ότι φαίνεται να υπάρχουν τουλάχιστον τρεις τρόποι που οι δάσκαλοι μπορούν να κατατάξουν τα λάθη: η πολυπλοκότητα της έννοιας, η δυσκολία μάθησης του σωστού κανόνα και η προσωπική προτίμηση του δασκάλου. Βάσει αυτού και των παρατηρήσεων από την δική μας μελέτη, προκύπτει η εξής σχεδιαστική απαίτηση: *στους καθηγητές όταν κατασκευάζουν ένα ΕΔΣ με ένα εργαλείο συγγραφής πρέπει να παραχωρείται η ευθύνη του προσδιορισμού της βαρύτητας κάθε είδους λάθους δεδομένου ότι αυτή επηρεάζει τη βαθμολογία των μαθητών και αντανακλά τις προσωπικές διδακτικές προτιμήσεις των καθηγητών.*

Από τις απαντήσεις των καθηγητών σε ερωτήσεις σχετικές με τον τρόπο διδασκαλίας και τις προτιμήσεις τους προέκυψε ότι η στάση που κρατάνε απέναντι στους μαθητές τους βασίζεται κάποιες φορές σε διάφορα χαρακτηριστικά των μαθητών και όχι μόνο στην πραγματική και τρέχουσα επίδοσή τους. Για παράδειγμα, κάποιοι καθηγητές δήλωσαν ότι ο βαθμός που βάζουν σε έναν μαθητή εξαρτάται και από την προσπάθεια που αυτός καταβάλλει: κάποιοι άλλοι δήλωσαν ότι είναι περισσότερο αυστηροί στη βαθμολόγηση ενός μαθητή που επαναλαμβάνει το ίδιο λάθος συχνά και λιγότερο αυστηροί με τους αρχάριους ή τους απρόσεκτους μαθητές. *Επομένως, ένα ΕΣΕΔΣ πρέπει να παρακολουθεί στενά τους μαθητές, να συγκεντρώνει κάθε παρατηρήσιμη πληροφορία αυτού του είδους και να ζητάει από τον καθηγητή να προσδιορίσει*

τις παραμέτρους που επιθυμεί να χρησιμοποιηθούν από το σύστημα για τη βαθμολόγηση των μαθητών πέρα από την τρέχουσα και πραγματική επίδοσή τους.

Ένα άλλο ενδιαφέρον εύρημα ήταν ότι οι καθηγητές συνήθως κοιτάνε βαθιά στις απαντήσεις των μαθητών στα προβλήματα και δεν ελέγχουν απλά την ορθότητα της τελικής απάντησης. Το κάνουν αυτό προκειμένου να ανακαλύψουν πιθανές παρανοήσεις των μαθητών και ειδικά στις περιπτώσεις δύσκολων προβλημάτων και/ή αδύναμων μαθητών. Αντίστοιχα, οι καθηγητές δήλωσαν πως αν οι μαθητές τους δούλευαν με ένα ΕΛΔΣ για να λύσουν προβλήματα, θα ήθελαν το σύστημα να τους παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την επίδοση των μαθητών.

Η μελέτη αποκάλυψε επίσης ότι οι απόψεις των καθηγητών σχετικά με την αιτία κάθε είδους λάθους διέφερε σημαντικά. Το ίδιο ισχύει και για τις ενέργειες που κάθε καθηγητής θα ακολουθούσε για να βοηθήσει τον μαθητή να διορθώσει την λανθασμένη απάντησή του. Για παράδειγμα, οι καθηγητές ρωτήθηκαν ποια θα ήταν η συμβουλή τους αν ήταν δίπλα σε έναν μαθητή τους ο οποίος προσπαθώντας να λύσει ένα πρόβλημα έγραφε μια σωστά διατυπωμένη εξίσωση αλλά όχι την κατάλληλη για το συγκεκριμένο πρόβλημα. Κάποιες από τις διαφοροτικές απαντήσεις που έδωσαν οι καθηγητές ήταν οι ακόλουθες:

«Θα τον συμβούλευα να διαβάσει ξανά και περισσότερο προσεκτικά την εκφώνηση του προβλήματος»,

«Θα του έλεγα να γράψει όλες τις εξισώσεις που ξέρει και να απορρίψει όσες θεωρεί ακατάλληλες για το συγκεκριμένο πρόβλημα»,

«Θα του έλεγα ότι έχει κάνει κάποιο λάθος και θα τον ρωτούσα πως μπορεί να το διορθώσει»,

«Θα τον ρωτούσα αν όλες οι μεταβλητές που υπάρχουν στην εξίσωση που έγραψε αναφέρονται στην εκφώνηση του προβλήματος»,

«Θα τον άφηνα να συνεχίσει να λύνει το πρόβλημα προκειμένου να ανακαλύψει μόνος του ότι έχει χρησιμοποιήσει λάθος εξίσωση».

Το γεγονός ότι οι απόψεις και οι ενέργειες των καθηγητών σχετικά με τα λάθη των μαθητών διαφέρουν πολύ μεταξύ τους, οδηγεί στην παρακάτω σημαντική σχεδιαστική απόφαση: *πέρα από το να ενημερώνονται για τα λάθη των μαθητών, στους καθηγητές πρέπει να παραχωρείται η ευθύνη του προσδιορισμού της συμπεριφοράς του ΕΔΣ έπειτα από κάθε λάθος του μαθητή.*

Το πρώτο μέρος της μελέτης αποκάλυψε το γεγονός ότι οι μαθητές ενδιαφέρονται να γνωρίζουν κάποια στοιχεία για τον καθηγητή τους. Λαμβάνοντας υπ' όψη αυτό, ζητήθηκε η άποψη των καθηγητών. Οι περισσότεροι δήλωσαν ότι το πιστεύουν και περιέγραψαν διάφορες σχετικές περιπτώσεις. Για παράδειγμα, ένας καθηγητής είπε: «Οι μαθητές ενδιαφέρονται πραγματικά να καταλάβουν πώς είναι ο καθηγητής τους. Αυτό φυσικά τους επηρεάζει αλλά όχι όλους με τον ίδιο τρόπο. Οι καλοί μαθητές προκαλούνται από έναν απαιτητικό καθηγητή και συνήθως προσπαθούν περισσότερο. Αντίθετα, ένας απαιτητικός καθηγητής αποθαρρύνει τους αδύναμους μαθητές.» Επομένως, προκειμένου να είναι η αλληλεπίδραση των μαθητών με το ΕΔΣ περισσότερο προσωπική, πρέπει να τους επιτρέπεται να γνωρίζουν κάποια χαρακτηριστικά των καθηγητών τους είτε που έχουν συναχθεί από το σύστημα ή που έχουν δηλωθεί ρητώς από τους ίδιους.

#### 4.4 Αξιολόγηση των σχεδιαστικών αποφάσεων

Η τελευταία φάση της μελέτης αποτελούσε αξιολόγηση των σχεδιαστικών αποφάσεων που προέκυψαν από τις δύο προηγούμενες φάσεις. Στην φάση αυτή πήραν μέρος τόσο καθηγητές όσο και μαθητές οι οποίοι κλήθηκαν να αξιολογήσουν το σχεδιασμό του περιβάλλοντος συγγραφής και του περιβάλλοντος μάθησης του WEAR.

Στους καθηγητές δόθηκε η περιγραφή του WEAR και τους ζητήθηκε να βαθμολογήσουν τις λειτουργίες που αυτό επιτελεί δίνοντας σε καθεμία έναν βαθμό από 1 ως 5, όπου το 5 σημαίνει «πολύ χρήσιμη λειτουργία» και το 1 «εντελώς αδιάφορη λειτουργία». Οι λειτουργίες που τους ζητήθηκε να βαθμολογήσουν αντανάκλασαν στο μεγαλύτερο μέρος τους τις σχεδιαστικές αποφάσεις στις οποίες οδήγησαν τα δυο πρώτα μέρη της μελέτης. Οι μέσες τιμές των βαθμολογιών των καθηγητών για τις λειτουργίες του συστήματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1. Οι λειτουργίες εμφανίζονται στον πίνακα ταξινομημένες βάσει της βαθμολογίας των

καθηγητών με φθίνουσα σειρά (από την λειτουργία με την υψηλότερη βαθμολογία σε αυτήν με την μικρότερη).

<b>Πόσο χρήσιμο πιστεύετε ότι θα σας φαινόταν ένα εργαλείο στο Internet με τα εξής χαρακτηριστικά και λειτουργίες:</b>	<b>Μέση τιμή</b>
να καθορίζετε το επίπεδο δυσκολίας των ασκήσεων που καταχωρείτε και βάσει αυτού και του επιπέδου κάθε μαθητή, το εργαλείο να υποδεικνύει στους μαθητές ποια άσκηση να δοκιμάσουν να λύσουν	4.8
να το τροφοδοτείτε με προβλήματα (σαν αυτά που περιγράφηκαν στο πείραμα) και διδακτικό υλικό	4.5
να σας παρέχει βοήθεια στην κατασκευή μιας άσκησης (έλεγχος επιλυσιμότητας της άσκησης, κ.λπ.)	4.3
να σας δίνει τη δυνατότητα να καθορίζετε εσείς τη βαρύτητα που θα έχει κάθε είδος λάθους στη βαθμολογία των μαθητών	4.2
να δημιουργείται ένα δυναμικό μοντέλο για κάθε μαθητή και να μπορείτε να βλέπετε τις τιμές των παραμέτρων του μοντέλου αυτού	4.2
να λύνουν οι μαθητές ασκήσεις με το εργαλείο, αυτό να κάνει διάγνωση των λαθών τους και να τους παρέχει εξατομικευμένες συμβουλές	4.0
να εγγράφετε μαθητές σε μία εικονική τάξη	3.7
να συσχετίζετε ενότητες διδακτικού υλικού με έννοιες του γνωστικού πεδίου και να καθορίζετε ποιες πρέπει να προηγούνται και ποιες να έπονται. Βάσει αυτών, το εργαλείο να υποδεικνύει στους μαθητές ποια ενότητα πρέπει να μελετήσουν κάθε φορά, ανάλογα και με την πρόοδό τους	3.5
να σας ενημερώνει αν διακρίνει (με βάση την επίδοση των μαθητών σας) τη συνήθειά σας να υπερεκτιμάτε (ή να υποτιμάτε) το επίπεδο δυσκολίας που βάζετε στις ασκήσεις	3.5
να μπορείτε να ψάχνετε για ασκήσεις που δημιούργησαν άλλοι καθηγητές, να τις βλέπετε και να τις υιοθετείτε για την εικονική τάξη σας	3.2
η διεπαφή του εργαλείου με τους μαθητές να περιλαμβάνει ένα χαρακτήρα με δυνατότητες κίνησης και ομιλίας. Αυτός ο χαρακτήρας θα αναπαριστά τον εικονικό καθηγητή των μαθητών, που θα τους λέει τα λάθη τους, θα τους κάνει υποδείξεις, θα τους ξεναγεί στο περιβάλλον του εργαλείου, κ.λπ.	3.0
να συνάγει τα ενδιαφέροντά σας και να διατηρεί ένα δυναμικό μοντέλο για εσάς βάσει του οποίου να σας προτείνει να δείτε νέες ασκήσεις που έβαλε κάποιος άλλος καθηγητής και μάλλον θα σας ενδιαφέρουν	2.8

**Πίνακας 4.1:** Μέση βαθμολογία των καθηγητών για τις λειτουργίες του WEAR

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η πλειοψηφία των καθηγητών ήταν υπέρ της προτεινόμενης λειτουργικότητας του συστήματος που σχετίζεται με την κατασκευή προβλημάτων και την παροχή υποστήριξης στους μαθητές κατά την επίλυση προβλημάτων. Από την άλλη πλευρά, οι καθηγητές ήταν πιο συγκρατημένοι στη βαθμολογία που έδωσαν σε λειτουργίες που ευνοούν τη συνεργασία μεταξύ καθηγητών. Ωστόσο, αυτό που φαίνεται σημαντικό και ιδιαίτερα ενθαρρυντικό είναι

ότι όλες οι λειτουργίες που περιγράφηκαν κρίθηκαν από τους καθηγητές τουλάχιστον ως «πιθανώς χρήσιμες» (η χαμηλότερη μέση βαθμολογία ήταν 2,8, τη στιγμή που το 3 σήμαινε «πιθανώς χρήσιμη λειτουργία»).

Η ανάμειξη των μαθητών σε αυτή τη φάση επιβεβαίωσε της σχεδίασης του συστήματος αφορούσε στην αξιολόγηση του συστήματος διεπαφής των παραγόμενων από το WEAR ΕΔΣ. Αυτό το μέρος της έρευνας περιορίστηκε στην έγκριση της διεπαφής χρήστη λόγω του ότι δεν είναι δυνατόν για τους μαθητές να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα του συστήματος ως εργαλείο μάθησης ούτε και να ελέγξουν αν είναι έγκυρη η διάγνωση λαθών που πραγματοποιεί το σύστημα. Ωστόσο, η άποψη των μαθητών για τη διεπαφή ενός περιβάλλοντος μάθησης είναι: ιδιαίτερα σημαντική δεδομένου ότι η διεπαφή είναι καθοριστικός παράγοντας για την αποδοχή ή όχι του συστήματος σε πραγματικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν δύο είδη πειραμάτων, το καθένα με ένα διαφορετικό πράκτορα διεπαφής (interface agent) ενσωματωμένο στο σύστημα διεπαφής του παραγόμενου από το WEAR ΕΔΣ (Moundridou & Virvou, 2002b; Moundridou & Virvou, 2001c). Στις επόμενες παραγράφους θα περιγραφούν συνοπτικά τα δύο πειράματα και τα αποτελέσματά τους. Μια εκτενέστερη περιγραφή και ανάλυση αυτών υπάρχει επίσης στο κεφάλαιο 8 αυτής της διατριβής.

Στο πρώτο πείραμα ένας ομιλών ανθρωπόμορφος πράκτορας ενσωματώθηκε στη διεπαφή του ΕΔΣ και είχε την αρμοδιότητα να καθοδηγεί τους μαθητές στο περιβάλλον και να τους μεταδίδει τα μηνύματα του συστήματος. Δύο ομάδες, η κάθε μία με 24 μαθητές εργάστηκαν είτε με αυτή την έκδοση του ΕΔΣ ή με μία παρόμοια από την οποία απουσίαζε ο πράκτορας. Από δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από αρχεία χρήσης (log files) των δύο συστημάτων, ερωτηματολόγια και τεστ πριν και μετά τη χρήση του ΕΔΣ, βγήκε το συμπέρασμα πως δύο είναι τα κυριότερα πλεονεκτήματα της παρουσίας του πράκτορα διεπαφής. Το πρώτο πλεονέκτημα αφορούσε στην ευχαρίστηση που ένοιωθαν οι μαθητές όταν εργάζονταν με ένα ΕΔΣ που ενσωμάτωνε τον ομιλούντα πράκτορα. Το άλλο πλεονέκτημα ήταν ότι οι μαθητές αυτοί βρήκαν τα προβλήματα που έπρεπε να λύσουν λιγότερο δύσκολα απ' ό,τι οι μαθητές της άλλης (χωρίς τον πράκτορα) ομάδας, παρόλο που η επίδοση και των δύο ομάδων ήταν παρόμοια. Το εύρημα αυτό είναι σημαντικό γιατί αποδεικνύει

ότι οι μαθητές που δουλεύουν με ένα σύστημα στο οποίο η διεπαφή περιλαμβάνει έναν πράκτορα παρακινούνται περισσότερο από αυτούς που δουλεύουν χωρίς τον πράκτορα διεπαφής.

Έπειτα από μια σύντομη έρευνα σχετικά με το είδος του πράκτορα που θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί, ο ανθρωπόμορφος πράκτορας αντικαταστάθηκε από έναν χαρακτήρα καρτούν. Η έρευνα αυτή διεξήχθη μεταξύ μαθητών διαφόρων ηλικιών και γνωστικών υποβάθρων. Μεταξύ άλλων ερωτήσεων, από τους μαθητές ζητήθηκε να δηλώσουν την προτίμησή τους για το είδος του πράκτορα διεπαφής. Η πλειοψηφία των μαθητών έδειξε να προτιμά τον χαρακτήρα καρτούν από τον ανθρωπόμορφο χαρακτήρα. Οι βασικοί λόγοι για την επιλογή αυτή ήταν ότι οι μαθητές θεωρούσαν πως ο καρτούν χαρακτήρας προσέδιδε στην εφαρμογή μία δόση χιούμορ, ότι ήταν περισσότερο ευχάριστος και λιγότερο πιστικός. Στο δεύτερο πείραμα που διεξήχθη ο πράκτορας ήταν ένα καρτούν και συγκεκριμένα ο παπαγάλος της Microsoft<sup>1</sup>. Το πείραμα αυτό ήταν παρόμοιο με το πρώτο και στόχος ήταν να διερευνηθεί αν τα θετικά αποτελέσματα του πρώτου πειράματος συνέχιζαν να υφίστανται. Τα αποτελέσματα φανέρωσαν ότι αυτό ίσχυε. Μάλιστα, οι μαθητές που δούλεψαν με το ΕΔΣ που ενσωμάτωνε τον πράκτορα ήταν - κρίνοντας από το βαθμό ευχαρίστησής τους - περισσότερο ενθουσιασμένοι από αυτούς του πρώτου πειράματος.

#### 4.5 Συμπεράσματα

Την τελευταία δεκαετία ένας μεγάλος αριθμός ερευνητών στην περιοχή της εκπαίδευσης βασισμένης σε υπολογιστή έχει ασχοληθεί με το σχεδιασμό και την ανάπτυξη ΕΣΕΔΣ. Ο λόγος για το αυξημένο αυτό ενδιαφέρον είναι ότι τα εργαλεία συγγραφής παρέχουν περιβάλλοντα στα οποία οι καθηγητές μπορούν να κατασκευάσουν τα δικά τους ΕΔΣ που να αντανακλούν ακριβώς τις δικές τους διδακτικές προτιμήσεις. Ωστόσο, η κατασκευή ενός εργαλείου συγγραφής κληρονομεί τη δυσκολία κατασκευής ενός ΕΔΣ και είναι ακόμα περισσότερο πολύπλοκη λόγω του ότι τα ΕΣΕΔΣ πρέπει να λειτουργούν αποτελεσματικά τόσο για τους καθηγητές που σκοπεύουν να κατασκευάσουν ένα ΕΔΣ όσο και για τους

<sup>1</sup> Microsoft Corporation, MS Agent. Accessible at <http://msdn.microsoft.com/msagent/>

μαθητές που θα διδαχθούν από αυτό. Προκειμένου να σχεδιαστεί ένα επιτυχημένο και αποτελεσματικό ΕΣΕΔΣ πρέπει να προηγηθεί μία προσεκτική και εκτεταμένη φάση ανάλυσης απαιτήσεων στην οποία να εμπλέκονται και οι δύο κατηγορίες χρηστών του συστήματος: οι καθηγητές και οι μαθητές.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκε η εμπειρική μελέτη που διεξήχθη προκειμένου να σχεδιαστεί και να αναπτυχθεί το WEAR, ένα ΕΣΕΔΣ για σχετικά με την Άλγεβρα γνωστικά πεδία. Στις τρεις φάσεις της μελέτης διερευνήθηκαν διάφορα ζητήματα σχετικά με την στάση και τη συμπεριφορά καθηγητών και μαθητών. Η προσπάθεια αυτή αποδείχθηκε πραγματικά χρήσιμη στο να καθοριστούν οι κατευθυντήριες γραμμές σχεδιασμού για τα περιβάλλοντα συγγραφής και μάθησης του WEAR.

Πέρα από τα πρακτικά θέματα που διερευνήθηκαν (π.χ. τα είδη των λαθών των μαθητών που τα ΕΔΣ θα έπρεπε να αναγνωρίζουν), η έμφαση που δόθηκε στη διερεύνηση των απόψεων και των ενεργειών των καθηγητών οδήγησε σε συγκεκριμένες καινοτομικές σχεδιαστικές αποφάσεις αναφορικά με τη διαδικασία συγγραφής. Συγκεκριμένα, το γεγονός ότι τα περισσότερα εκπαιδευτικά ζητήματα αντιμετωπίζονται με διαφορετικό τρόπο από διαφορετικούς καθηγητές υποδήλωνε την απαίτηση της ενσωμάτωσης στην αρχιτεκτονική του WEAR ενός τμήματος υπεύθυνου να μοντελοποιεί τους καθηγητές-χρήστες του. Ένα τέτοιο τμήμα θα μπορούσε να καταστήσει το σύστημα περισσότερο ευέλικτο και προσαρμοστικό στα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες κάθε συγκεκριμένου καθηγητή. Επίσης, η μελέτη αποκάλυψε και την ανάγκη να ενισχυθεί ο ρόλος των καθηγητών-συγγραφέων των ΕΔΣ μέσω της παροχής σε αυτούς κατάλληλων και σχετικών πληροφοριών καθ' όλο τον κύκλο ζωής του ΕΔΣ.

Το σημαντικότερο ίσως προσόν του WEAR είναι το γεγονός ότι ο σχεδιασμός του βασίστηκε στα αποτελέσματα μιας εκτεταμένης και πολύπλευρης έρευνας. Η έλλειψη αναφορών για την απόκτηση γνώσης για την κατασκευή ΕΔΣ έχει ήδη αναφερθεί στη βιβλιογραφία (π.χ. Twidale, 1992). Στην περίπτωση των ΕΣΕΔΣ όμως, τέτοιες αναφορές είναι ανύπαρκτες. Η αναφορά και μόνο σε μελέτες όπως αυτή που περιγράφηκε σε αυτό το κεφάλαιο προωθεί σίγουρα την έρευνα στην περιοχή των

ΕΔΣ και των ΕΣΕΔΣ αφού τέτοιες μελέτες βοηθούν στην συσσώρευση γνώσης που θα καθοδηγήσει την ανάπτυξη μελλοντικών συστημάτων.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## ΤΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ ΕΥΦΥΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ WEAR

### 5.1 Εισαγωγή

Το σύστημα WEAR (WEb-based authoring tool for Algebra-Related Intelligent Tutoring Systems) είναι ένα Εργαλείο Συγγραφής Ευφών Διδακτικών Συστημάτων (Moundridou & Viniou, 2002a; 2002c). Κύριο στόχο του WEAR αποτελεί το να είναι χρήσιμο σε καθηγητές και μαθητές γνωστικών πεδίων που μπορούν να περιγραφούν από αλγεβρικές εξισώσεις, όπως π.χ. η Φυσική, τα Οικονομικά, η Χημεία, κλπ. Για να επιτύχει το στόχο αυτό, το WEAR ενσωματώνει γνώση για την κατασκευή προβλημάτων καθώς και έναν μηχανισμό για τη διάγνωση των λαθών των μαθητών που μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλά σχετικά με την Άλγεβρα γνωστικά πεδία.

Το WEAR ασχολείται με την παραγωγή διδασκαλίας: προσφέρει τη δυνατότητα της κατασκευής προβλημάτων και τη δυνατότητα της δημιουργίας προσαρμοστικών ηλεκτρονικών βιβλίων. Υπό αυτό το πρίσμα, μοιράζεται το ίδιο πεδίο εστίασης με

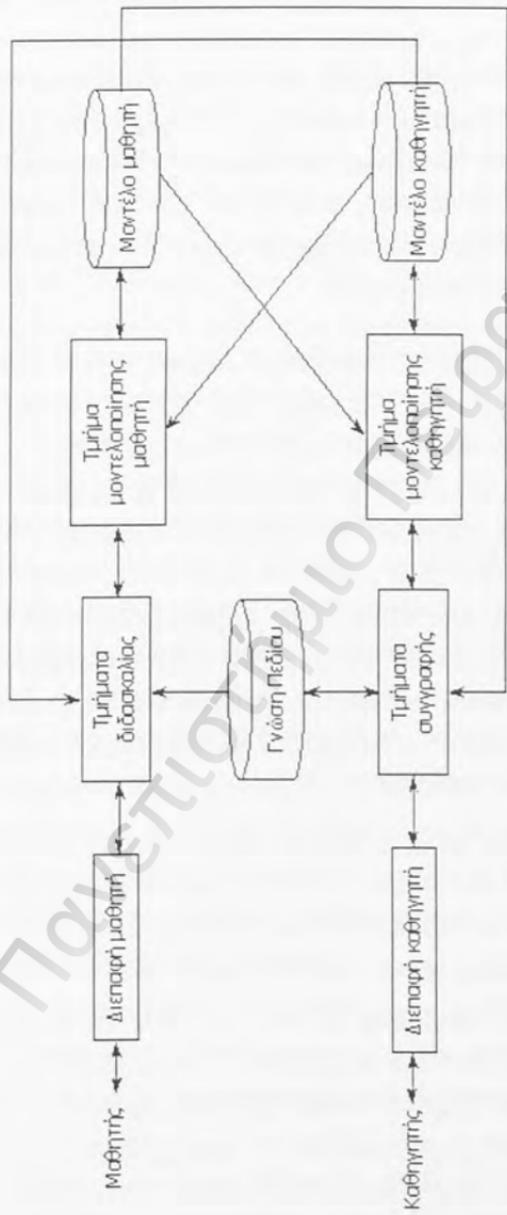
ΕΣΕΔΣ που επιτρέπουν τη συγγραφή της Γνώσης Παδίου (βλ. κεφάλαιο 3). Από την άλλη πλευρά, το WEAR δίνει στους καθηγητές τη δυνατότητα να ελέγχουν τη σειρά με την οποία οι μαθητές λύνουν προβλήματα και μελετούν το διδακτικό υλικό αποδίδοντας μία τιμή στο επίπεδο δυσκολίας των προβλημάτων και καθορίζοντας σχέσεις προσαπαιτούμενων μεταξύ των θεμάτων του ηλεκτρονικού βιβλίου. Επομένως, το WEAR εκτός του να παράγει διδασκαλία, ασχολείται επίσης με τη διαχείριση της σειράς εμφάνισης του διδακτικού υλικού. Αυτό το χαρακτηριστικό συνήθως συναντάται σε ΕΣΕΔΣ που ασχολούνται με τη συγγραφή του Τμήματος Διδασκαλίας (βλ. κεφάλαιο 3).

Επιπλέον, το WEAR φαίνεται να συνδυάζει στοιχεία και από τις δύο μεγάλες κατηγορίες ΕΣΕΔΣ που περιγράφει ο Murray (1999): είναι ένα ΕΣΕΔΣ *προσανατολισμένο στην λειτουργία* (performance-oriented) αφού παρέχει ένα αλληλεπιδραστικό περιβάλλον στο οποίο οι μαθητές μπορούν να εξασκηθούν και να αποκτήσουν επιδεξιότητες και ένα *προσανατολισμένο στην παιδαγωγική* (pedagogy-oriented) ΕΣΕΔΣ δεδομένου ότι ασχολείται και με τη διαχείριση της σειράς εμφάνισης του διδακτικού υλικού.

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του WEAR βασίστηκε στα αποτελέσματα μιας πολύπλευρης εμπειρικής μελέτης, η οποία παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4 αυτής της διατριβής. Στο παρόν κεφάλαιο θα περιγραφεί η αρχιτεκτονική του WEAR και η λειτουργικότητά του τόσο για τους καθηγητές όσο και για τους μαθητές χρήστες του. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του WEAR είναι η μοντελοποίηση των καθηγητών. Δεδομένου ότι το τμήμα της αρχιτεκτονικής του που είναι υπεύθυνο γι' αυτό αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του συστήματος, στις επόμενες ενότητες του κεφαλαίου υπάρχουν αρκετές σχετικές αναφορές. Αναλυτικά όμως, η μοντελοποίηση καθηγητή θα παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 6.

## 5.2 Αρχιτεκτονική του WEAR

Η αρχιτεκτονική του WEAR παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.4: Η αρχιτεκτονική του WEAR

Τα *τμήματα συγγραφής* περιέχουν τα εργαλεία του συστήματος που είναι υπεύθυνα για την κατασκευή και διαχείριση του μαθήματος. Αυτά είναι εργαλεία για την περιγραφή του πεδίου σε όρους μεταβλητών και εξισώσεων, για την συσχέτιση των μεταβλητών του πεδίου με τα θέματα του ηλεκτρονικού βιβλίου, για τον προσδιορισμό σχέσεων μεταξύ των θεμάτων, για την προφοδότηση διδακτικού υλικού, για τη διαχείριση των αρχείων των μαθητών, για την κατασκευή νέων προβλημάτων και για την ανάκτηση προβλημάτων που είχαν κατασκευαστεί προηγουμένως. Οι πληροφορίες που τα *τμήματα συγγραφής* λαμβάνουν από τον καθηγητή διαμορφώνουν τη *Γνώση Πεδίου*.

Το *τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή* είναι υπεύθυνο για την κατασκευή και ενημέρωση των μοντέλων των καθηγητών. Το *μοντέλο καθηγητή* περιλαμβάνει: i) πληροφορίες που έχουν αποκτηθεί άμεσα, ρωτώντας τους καθηγητές (για παράδειγμα, τέτοιες πληροφορίες μπορεί να είναι οι προτιμήσεις των καθηγητών σχετικά με το υπό κατασκευή μάθημα και η διδακτική εμπειρία τους), και ii) πληροφορίες που έχουν συναχθεί έμμεσα από το WEAR (για παράδειγμα, το ενδιαφέρον του καθηγητή για συγκεκριμένες κατηγορίες προβλημάτων). Το *μοντέλο καθηγητή* παρέχει στο σύστημα πληροφορίες προκειμένου να εξατομικεύεται η αλληλεπίδραση με κάθε έναν από τους καθηγητές. Για παράδειγμα, όταν ένας καθηγητής εξερευνά τις διαθέσιμες κατηγορίες προβλημάτων βρίσκει ήδη επιλεγμένες όσες τον ενδιαφέρουν (βάσει των πληροφοριών που παρέχονται από το μοντέλο του).

Τα *τμήματα διδασκαλίας* είναι εκείνα που αλληλεπιδρούν με τους μαθητές όταν αυτοί λύνουν προβλήματα, που παρουσιάζουν το διδακτικό υλικό με έναν προσαρμοστικό τρόπο και που παρέχουν εξατομικευμένη βοήθεια στους μαθητές. Για να επιτελέσουν αυτές τις εργασίες, τα *τμήματα διδασκαλίας* πρέπει να γνωρίζουν: α) ποιος είναι ο κάθε μαθητής και τι γνωρίζει μέχρι στιγμής, β) ποια είναι η δομή του υπό διδασκαλία γνωστικού πεδίου (π.χ. ποιες είναι οι προαπαιτούμενες έννοιες που πρέπει να ξέρει ένας μαθητής προτού μελετήσει μια συγκεκριμένη έννοια) και γ) ποιες είναι οι σωστές εξισώσεις που περιγράφουν το πεδίο. Οι πηγές για τις πληροφορίες αυτές είναι τα *μοντέλα μαθητών* και η *Γνώση Πεδίου*. Τα *μοντέλα μαθητών* ενημερώνονται από το *τμήμα μοντελοποίησης μαθητή* κάθε φορά που ένας μαθητής αλληλεπιδρά με το

σύστημα. Όταν ο μαθητής κάνει κάποιο λάθος, το τμήμα μοντελοποίησης μαθητή είναι υπεύθυνο να διαγνώσει την αιτία του λάθους αυτού.

Η διεπαφή των παραγόμενων από το WEAR ΕΔΣ ενσωματώνει έναν κινούμενο ομιλούντα πράκτορα (animated speaking agent) που μεταδίδει τα μηνύματα του συστήματος στους μαθητές (Virtou, Sgourou, Moundfidou & Maniagias, 2000). Ο πράκτορας αυτός αναπαριστά είτε έναν εικονικό καθηγητή ή έναν εικονικό συμμαθητή. Η διαφορά των δύο εκφράσεων του πράκτορα περιορίζεται στο επίπεδο της διεπαφής. Συγκεκριμένα, όταν ο πράκτορας αναπαριστά τον καθηγητή τα μηνύματα που παρέχει στον μαθητή είναι περισσότερο τυπικά, ενώ όταν αναπαριστά έναν συμμαθητή τα μηνύματα διατυπώνονται με εντελώς ανεπίσημο τρόπο. Η περίπτωση του πράκτορα που προσομοιώνει ένα συμμαθητή είναι ιδιαίτερα σημαντική για την προώθηση του πνεύματος συνεργασίας των μαθητών. Η λειτουργία αυτή είναι παρόμοια με άλλα συστήματα (π.χ. Van Lehn, Ohlsson & Nason, 1994). Επιπλέον, η παρουσία ενός χαρακτήρα στη διεπαφή μιας εκπαιδευτικής εφαρμογής καθιστά το σύστημα πιο ελκυστικό για τους μαθητές και επομένως αυξάνει την επιθυμία και το κίνητρό τους να δουλεύουν με αυτό. Πράγματι, προηγούμενες μελέτες (Lester, Converse, Kahler, Barlow, Stone & Bhogal, 1997) έχουν αποκαλύψει τη λεγόμενη «επίδραση του προσώπου» (persona effect), ότι δηλαδή «η παρουσία ενός χαρακτήρα σε ένα αλληλεπιδραστικό περιβάλλον μάθησης μπορεί να έχει ένα σημαντικό θετικό αποτέλεσμα στο πως αντιλαμβάνονται οι μαθητές τη μαθησιακή εμπειρία». Αντίστοιχα αποτελέσματα είχαν και μελέτες που έγιναν για το WEAR και παρουσιάζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 8. Από την άλλη μεριά, η διεπαφή καθηγητή δεν περιλαμβάνει κανέναν πράκτορα και λειτουργεί ως ένα συμβατικό γραφικό περιβάλλον διεπαφής.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1, το WEAR χρησιμοποιεί τα μοντέλα καθηγητή και μαθητή για τους καθηγητές και τους μαθητές αντίστοιχα αλλά και αντίθετα. Αυτό σημαίνει ότι το μοντέλο κάθε τάξης χρηστών χρησιμοποιείται επίσης και σαν πηγή πληροφοριών που θα μεταβιβαστεί στην άλλη τάξη χρηστών. Αυτό επιτυγχάνεται άμεσα, πληροφορώντας την άλλη τάξη χρηστών αλλά και έμμεσα, επηρεάζοντας το μοντέλο της άλλης τάξης χρηστών. Για παράδειγμα, οι καθηγητές μπορεί να πληροφορούνται από τα μοντέλα μαθητή για την επίδοση των μαθητών τους

προκειμένου να αξιολογήσουν οι ίδιοι τη στρατηγική διδασκαλίας που ακολουθούν. Παρόμοια, οι μαθητές μπορεί να ενημερώνονται άμεσα για τις προτιμήσεις των καθηγητών τους σχετικά με τη διδακτική τους στρατηγική προκειμένου να ανταποκρίνονται καλύτερα στις απαιτήσεις του μαθήματος.

Τα παραπάνω παραδείγματα αφορούν την περίπτωση που κάθε τάξη χρηστών λαμβάνει άμεσα πληροφορίες που προέρχονται από το μοντέλο της άλλης τάξης. Ωστόσο, τα μοντέλα των δύο τάξεων χρηστών αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και επηρεάζουν την ίδια τη διαδικασία μοντελοποίησης. Για παράδειγμα, η επίδοση των μαθητών που καταγράφεται στα μοντέλα μαθητή χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί ο βαθμός στον οποίο ένας καθηγητής έχει την τάση να υπερεκτιμά ή να υποτιμά το επίπεδο δυσκολίας που αποδίδει στα προβλήματα που κατασκευάζει. Αν φαίνεται να υπάρχει σε υψηλό βαθμό μια τέτοια τάση, τότε καταγράφεται στο μοντέλο του καθηγητή και χρησιμοποιείται για την παροχή εξατομικευμένης βοήθειας σε αυτόν (π.χ. για να του υπενθυμίσει αυτή την τάση του όταν αυτός κατασκευάζει νέα προβλήματα). Παρόμοια, τα μοντέλα καθηγητή μπορεί να επηρεάζουν τα μοντέλα μαθητή. Για παράδειγμα, το επίπεδο γνώσης των μαθητών το οποίο καταγράφεται στα μοντέλα μαθητή υπολογίζεται λαμβάνοντας υπ' όψη τα λάθη των μαθητών. Αυτά μπορεί να είναι είτε μαθηματικά λάθη ή λάθη πεδίου (βλ. κεφάλαιο 4). Ελλείψει άλλης γνώσης, το WEAR θεωρεί τα δύο είδη λάθους το ίδιο σημαντικά· ωστόσο, αν ένα μοντέλο καθηγητή υποδεικνύει την προτίμηση ενός συγκεκριμένου καθηγητή να έχει κάποια από τις κατηγορίες λάθους μεγαλύτερη βαρύτητα από τις άλλες, τότε το επίπεδο γνώσης των μαθητών θα υπολογίζεται με βάση αυτή την προτίμηση του καθηγητή.

Η υλοποίηση του συστήματος βασίζεται στην αρχιτεκτονική πελάτη-εξυπηρετητή (client-server). Το WEAR βρίσκεται σε έναν Web server. Οι μαθητές και οι καθηγητές είναι πελάτες που μπορούν να χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες διδασκαλίας και συγγραφής που τους προσφέρονται από το σύστημα μέσω ενός συμβατικού προγράμματος πλοήγησης (Web browser). Τα περισσότερα τμήματα που παρουσιάζονται στην αρχιτεκτονική του WEAR έχουν αναπτυχθεί με τη γλώσσα προγραμματισμού Java™ και συγκεκριμένα με χρήση της τεχνολογίας των Java

servlets<sup>2</sup>. Το εργαλείο των τμημάτων διδασκαλίας που ασχολείται με την επίλυση των προβλημάτων και τη διάγνωση των λαθών των μαθητών είναι υλοποιημένο σε PROLOG. Οι βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιεί το WEAR είναι σε MS-Access. Τέλος, η διεπαφή του συστήματος υλοποιήθηκε με χρήση Javascript και HTML και για τη διεπαφή μαθητή στην τελευταία έκδοση του συστήματος χρησιμοποιήθηκε επιπλέον ο Microsoft agent.

### 5.3 Λειτουργικότητα του WEAR

Το WEAR λειτουργεί για δύο κατηγορίες χρηστών: τους καθηγητές και τους μαθητές. Το περιβάλλον λειτουργίας για τους καθηγητές είναι το ίδιο το εργαλείο συγγραφής, ενώ το περιβάλλον λειτουργίας για τους μαθητές είναι τα παραγόμενα από το εργαλείο συγγραφής ΕΔΣ. Στα παραγόμενα ΕΔΣ, οι μαθητές μπορούν να λύσουν προβλήματα με τη βοήθεια του συστήματος. Επίσης, έχουν στη διάθεσή τους ένα ηλεκτρονικό βιβλίο για να μελετήσουν, το οποίο προσαρμόζεται στις ανάγκες και τις γνώσεις κάθε μαθητή. Στο περιβάλλον του εργαλείου συγγραφής, ο καθηγητής μπορεί να κατασκευάσει προβλήματα, να αναζητήσει προβλήματα που έχουν κατασκευαστεί από άλλους και να δημιουργήσει το προσαρμοστικό ηλεκτρονικό βιβλίο. Σε κάθε περίπτωση το WEAR παρέχει αυτόματη βοήθεια, όπως θα περιγραφεί στις επόμενες παραγράφους.

#### 5.3.1 Λειτουργικότητα του Εργαλείου Συγγραφής

Οι βασικές λειτουργίες του εργαλείου συγγραφής αφορούν στην περιγραφή του γνωστικού πεδίου από τον καθηγητή, στην κατασκευή προβλημάτων, στην αναζήτηση προβλημάτων και στην δημιουργία του ηλεκτρονικού βιβλίου. Αναλυτικά οι λειτουργίες αυτές περιγράφονται παρακάτω.

##### 5.3.1.1 Περιγραφή του γνωστικού πεδίου

Το πρώτο βήμα για τον καθηγητή που συγγράφει ένα ΕΔΣ με το WEAR είναι να περιγράψει το γνωστικό πεδίο (ή μέρος αυτού) σε όρους μεταβλητών και εξισώσεων. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι ο καθηγητής οφείλει να συμπληρώσει σε ειδικές φόρμες

<sup>2</sup> <http://java.sun.com/products/servlet/>

που παρέχει το σύστημα τα ονόματα, τις περιγραφές και τις μονάδες μέτρησης των μεταβλητών, καθώς και τις εξισώσεις που συνδέουν τις μεταβλητές αυτές. Το σύστημα δεν απαιτεί την πλήρη περιγραφή του πεδίου από την αρχή. Ο καθηγητής μπορεί να συνεχίζει την περιγραφή (προσθέτοντας μεταβλητές και εξισώσεις) όσο προχωράει το μάθημα. Παραδείγματα τέτοιων περιγραφών για μέρη των γνωστικών πεδίων των Οικονομικών και της Φυσικής που θα μπορούσε να έχει εισάγει ένας καθηγητής στο σύστημα παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.1, 5.2 και 5.3.

Περιγραφή μεταβλητής	Όνομα μεταβλητής
Gross Domestic Product	GDP
Gross National Product	GNP
Net Factor Payments from abroad	NFP
Private Consumption	C
Investment	I
Government consumption and investment	G
Net exports	NX
Private disposable income	DY
Transfers received from the Government	TR
Interest payments on the Government Debt	INT
Taxes paid to the Government	T
Private saving	Spvt
Government saving	Sgovt
National saving	S
Current account balance	CA
<b>Εξισώσεις</b>	
$GDP = GNP - NFP$	$Spvt = DY - C$
$GDP = C + I + G + NX$	$Sgovt = T - TR - INT - G$
$DY = GDP + NFP + TR + INT - T$	$S = Spvt + Sgovt$
$CA = NX + NFP$	$S = I + CA$

Πίνακας 5.1: Περιγραφή μέρους του πεδίου των Οικονομικών

Περιγραφή μεταβλητής	Όνομα μεταβλητής	Μονάδα μέτρησης
Ταχύτητα	v	Μέτρα/δευτερόλεπτο
Αρχική ταχύτητα	$v_0$	Μέτρα/δευτερόλεπτο
Επιτάχυνση	a	Μέτρα/δευτερόλεπτο <sup>2</sup>
Δύναμη	F	Newtons
Χρόνος	t	Δευτερόλεπτο
Μάζα	m	Κιλά
Ορμή	J	Κιλά*μέτρα/δευτερόλεπτο
<b>Εξισώσεις</b>		
$F = m \cdot a$	$J = m \cdot v$	$v = v_0 + a \cdot t$

Πίνακας 5.2: Περιγραφή μέρους του πεδίου της Φυσικής

Περιγραφή μεταβλητής	Όνομα μεταβλητής	Μονάδα μέτρησης
Περίοδος	T	Hertz
Συχνότητα	f	Hertz
Ταχύτητα	v	Μέτρα/δευτερόλεπτο
Μήκος κύματος	λ	Μέτρα
Χρόνος	t	Δευτερόλεπτα
Απόσταση	d	Μέτρα
<b>Εξισώσεις</b>		
$T=1/f$	$v=f*\lambda$	$V=d/t$

Πίνακας 5.3: Περιγραφή μέρους του πεδίου της Φυσικής

Στο Σχήμα 5.2 φαίνεται η περιγραφή του Πίνακα 5.1 όπως την εμφανίζει το WEAR στον καθηγητή που την είχε δημιουργήσει και ζήτησε να την δει.

The screenshot shows a software window titled "Περιγραφή πεδίου" (Field Description) with the subtitle "National income, Product Accounting Settings". It contains three main sections:

- Εξισώσεις (Equations):** A table listing mathematical expressions:
 

ODP=ODP-NFP
ODP=CH+O+HX
DY=ODP+NFP+TR+DIT-T
Syvt=OY-C
Syvt=I-TR+DIT-O
Syvt=Syvt
CA=HX+NFP
S=I+CA
- Μεταβλητές (Variables):** A table listing economic variables:
 

ODP Gross Domestic Product
ODP Gross National Product
NFP Net Factor Payments from abroad
C Private Consumption
I Investment
O Government consumption and investment
OXH Net exports
DY Total disposable income
TR Transfers received from the Government
DIT Interest payments on the Government Debt
T Taxes paid to the Government
Syvt Private saving
Syvt Government saving
S National saving
CA Current account balance

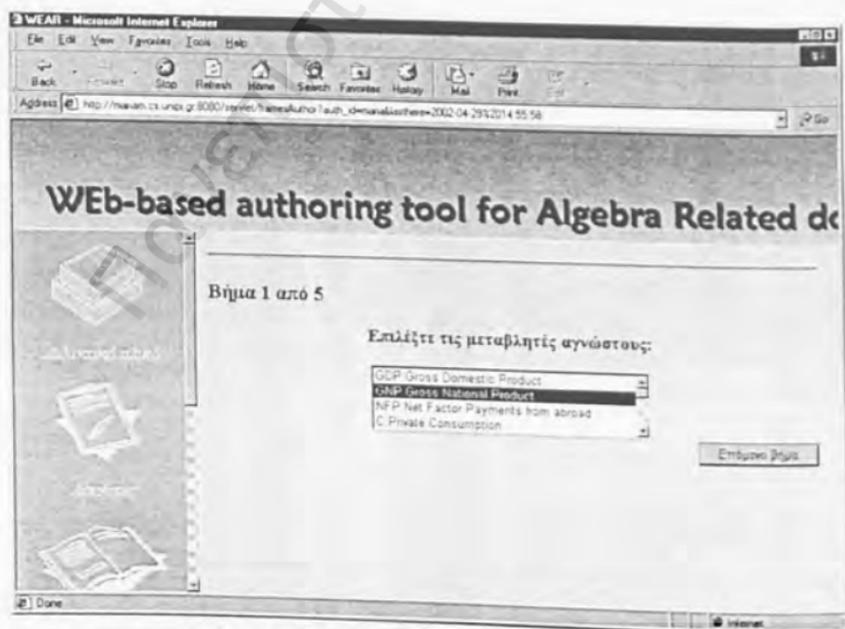
Σχήμα 5.2: Μια περιγραφή πεδίου (Οικονομικών) στο περιβάλλον συγγραφής του WEAR

### 5.3.1.2 Κατασκευή προβλημάτων

Με βάση τέτοιου είδους περιγραφές των γνωστικών πεδίων, το WEAR μπορεί να βοηθήσει τους καθηγητές στην κατασκευή προβλημάτων. Συγκεκριμένα, όταν ένας καθηγητής θέλει να κατασκευάσει ένα πρόβλημα σε ένα γνωστικό πεδίο που έχει ήδη

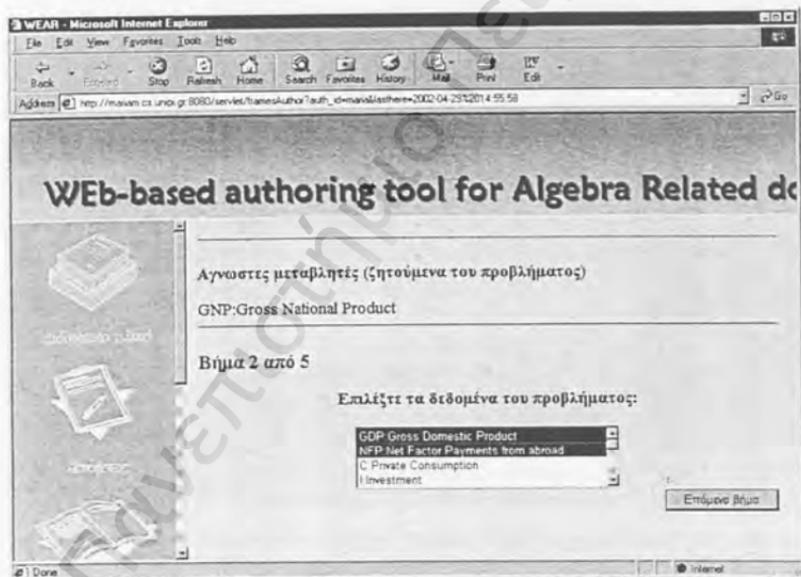
περιγράφει στο σύστημα, το WEAR του παρέχει έναν *οδηγό κατασκευής προβλήματος* που αποτελείται από πέντε βήματα. Σε κάθε ένα από τα βήματα της διαδικασίας αυτής, ζητείται από τον καθηγητή να προσδιορίσει την τιμή διάφορων παραμέτρων, όπως π.χ. ποιες είναι οι ζητούμενες και ποιες οι δεδομένες μεταβλητές στο υπό κατασκευή πρόβλημα. Στην περίπτωση που τα δεδομένα που παρέχει ο καθηγητής στο σύστημα είναι ασύμβατα ή οδηγούν στην κατασκευή μη επιλύσιμου προβλήματος, το WEAR ενημερώνει τον καθηγητή ανάλογα. Στο τέλος της διαδικασίας, το WEAR αποθηκεύει το πρόβλημα, το εντάσσει στις κατηγορίες που ανήκει όπως θα συζητηθεί παρακάτω, και προτείνει στον καθηγητή να δει τη λύση του προβλήματος από το ίδιο το σύστημα. Αναλυτικά, τα βήματα κατασκευής προβλήματος είναι τα εξής:

Στο πρώτο βήμα (Σχήμα 5.3), ο καθηγητής πρέπει να ορίσει τις άγνωστες μεταβλητές (τα ζητούμενα) του προβλήματος. Για τον σκοπό αυτό, το σύστημα εμφανίζει στον καθηγητή σε μία λίστα όλες τις μεταβλητές του πεδίου και του ζητάει να επιλέξει αυτές που θα αποτελούν τα ζητούμενα του προβλήματος. Στην οθόνη του σχήματος 5.3 ο καθηγητής επέλεξε ως άγνωστη μεταβλητή το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (GNP – Gross National Product).



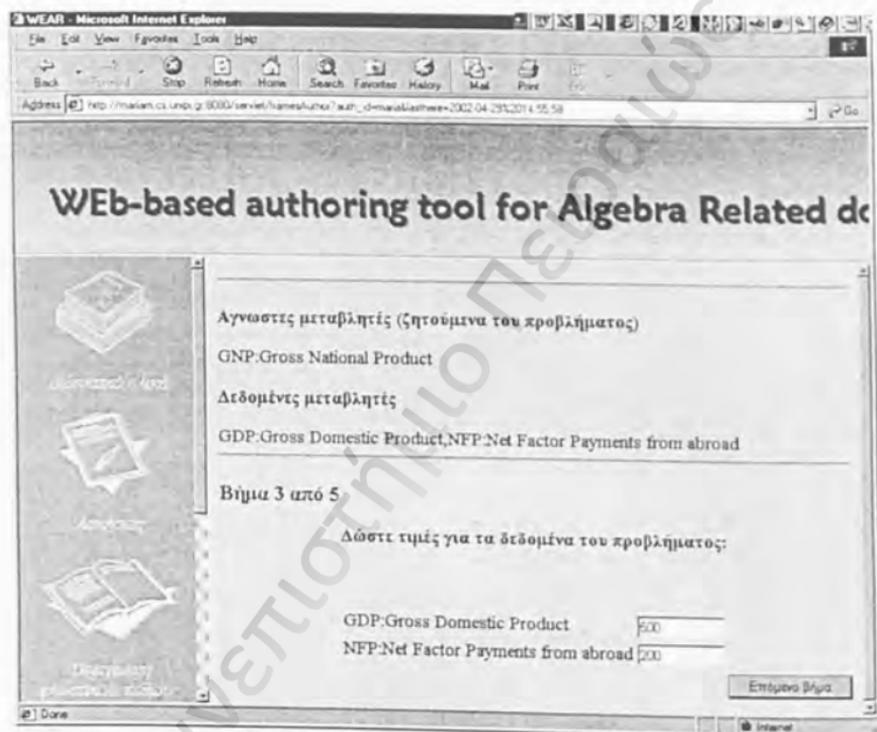
Σχήμα 5.3: Κατασκευή προβλήματος (1ο βήμα)

Στο επόμενο, δεύτερο βήμα της διαδικασίας κατασκευής προβλήματος (Σχήμα 5.4) ο καθηγητής πρέπει να ορίσει τα δεδομένα του προβλήματος. Σε αυτό το βήμα παρουσιάζονται στον καθηγητή όλες οι μεταβλητές του πεδίου εκτός αυτών που είχε ορίσει ότι θα είναι τα ζητούμενα του προβλήματος και του ζητείται να επιλέξει αυτές των οποίων οι τιμές θα δίνονται στην εκφώνηση του προβλήματος. Επίσης, σε κάθε βήμα το WEAR εμφανίζει τις επιλογές που έγιναν από τον καθηγητή στα βήματα που προηγήθηκαν. Στην περίπτωση π.χ. του δεύτερου βήματος, εμφανίζονται και οι μεταβλητές που επέλεξε ο καθηγητής να είναι τα ζητούμενα του προβλήματος. Στο παράδειγμα του σχήματος 5.4, ο καθηγητής επέλεξε ως δεδομένα του προβλήματος τις μεταβλητές GDP – Gross Domestic Product και NFP – Net Factor Payments from abroad.



Σχήμα 5.4: Κατασκευή προβλήματος (2ο βήμα)

Το τρίτο βήμα της διαδικασίας (Σχήμα 5.5) αφορά στις τιμές των δεδομένων του προβλήματος. Στον καθηγητή παρουσιάζονται οι μεταβλητές που επέλεξε στο προηγούμενο βήμα να αποτελούν τα δεδομένα του προβλήματος και του ζητείται να τους δώσει τιμές. Στο παράδειγμα του σχήματος 5.5 ο καθηγητής έδωσε στην μεταβλητή GDP – Gross Domestic Product την τιμή 500 και στην NFP – Net Factor Payments from abroad την τιμή 200.



Σχήμα 5.5: Κατασκευή προβλήματος (3ο βήμα)

Στο τέταρτο βήμα (Σχήμα 5.6) ο καθηγητής καλείται κυρίως να επιβεβαιώσει τις επιλογές του συστήματος. Συγκεκριμένα, το WEAR στο βήμα αυτό έχει δημιουργήσει μια εκφώνηση προβλήματος όπου αναφέρονται τα δεδομένα και τα ζητούμενα του προβλήματος. Ο καθηγητής μπορεί να αλλάξει την εκφώνηση αυτή με οποιοδήποτε δικό του κείμενο ή να τη διατηρήσει. Επιπλέον, στο βήμα αυτό το σύστημα έχει εντοπίσει και παρουσιάζει στον καθηγητή την εξίσωση (ή τις εξισώσεις) που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση του προβλήματος: στο παράδειγμα του σχήματος 5.6 η εξίσωση είναι η  $GDP=GNP-NFP$ . Για τον εντοπισμό των

εξισώσεων το WEAR διαθέτει έναν αναδρομικό μηχανισμό τον οποίο εφαρμόζει στις εξισώσεις του πεδίου. Επειδή υπάρχουν περιπτώσεις που οι εξισώσεις του πεδίου σε συνδυασμό με τις άγνωστες και δεδομένες μεταβλητές του προβλήματος δεν οδηγούν σε ένα μόνο σύνολο εξισώσεων για το πρόβλημα, το WEAR παρέχει τη δυνατότητα στον καθηγητή να επιλέξει μόνος του τις εξισώσεις του προβλήματος αν το ίδιο το σύστημα έχει αποτύχει να εντοπίσει τις σωστές. Να σημειωθεί ότι σε αυτό το βήμα το σύστημα εντοπίζει επίσης και τις άγνωστες μεταβλητές που δεν ορίστηκαν άμεσα από τον καθηγητή αλλά προέκυψαν από την επιλογή των δεδομένων μεταβλητών του προβλήματος.

**WEAR - Microsoft Internet Explorer**

File Edit View Favorites Tools Help

## Web-based authoring tool for Algebra Related domains

Άγνωστες μεταβλητές (ζητούμενα του προβλήματος)

GNP:Gross National Product

Δεδομένες μεταβλητές

GDP:Gross Domestic Product=500.0

NFP:Net Factor Payments from abroad=200.0

Εκφώνηση προβλήματος:

Αν θέλετε άλλη εκφώνηση για το πρόβλημα, αλλάξτε το κείμενο επίσημο και εφαρμόστε στο εκείμενο βήμα

Να υπολογίσουν το GNP:Gross National Product με δεδομένο ότι: GDP:Gross Domestic Product είναι 500.0, και NFP:Net Factor Payments from abroad είναι 200.0.

Βήμα 4 από 5

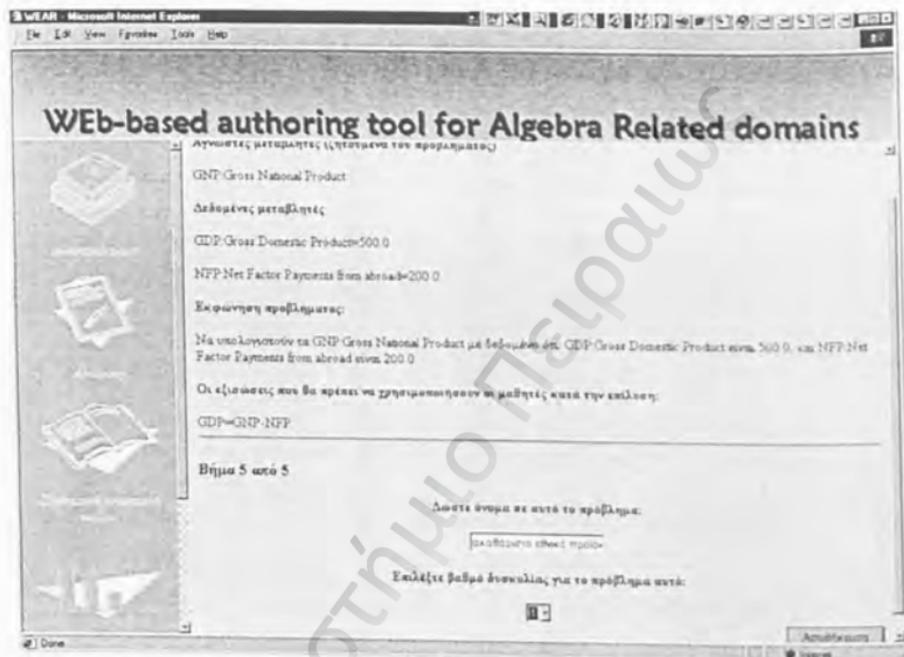
Αν οι εξισώσεις που εμφανίζονται παρακάτω είναι στίχες που πρέπει να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές να να επιλύσουν το πρόβλημα, συνεχίστε στο επόμενο βήμα. Αλλιώς επιστρέψτε στο προηγούμενο βήμα.

GNP=GNP-NFP

ΤΙΘΕΙ

Σχήμα 5.6: Κατασκευή προβλήματος (4ο βήμα)

Το τελευταίο βήμα της διαδικασίας κατασκευής προβλήματος με το WEAR (Σχήμα 5.7) αφορά στην ονομασία του προβλήματος και στον καθορισμό του βαθμού δυσκολίας. Στο παράδειγμα του σχήματος 5.7 ο καθηγητής έδωσε στο πρόβλημα το όνομα «ακαθάριστο εθνικό προϊόν» και βαθμό δυσκολίας 1.



Σχήμα 5.7: Κατασκευή προβλήματος (5ο βήμα)

Κάθε φορά που κατασκευάζεται ένα πρόβλημα το σύστημα πραγματοποιεί την *κατηγοριοποίηση του προβλήματος* αυτού. Δεδομένου ότι νέα προβλήματα διαφορετικών γνωστικών πεδίων και διαφορετικών βαθμών δυσκολίας μπορεί να προστίθενται συνεχώς στο σύστημα δεν θα ήταν δυνατό να υπάρχουν σταθερές και συγκεκριμένες κατηγορίες προβλημάτων. Το WEAR δημιουργεί αυτόματα κατηγορίες προβλημάτων βάσει του γνωστικού πεδίου και των μεταβλητών που εμπλέκονται σε κάθε πρόβλημα. Συγκεκριμένα, κάθε μεταβλητή του πεδίου μπορεί να αποτελεί και κατηγορία προβλημάτων. Για παράδειγμα, το πρόβλημα Φυσικής: «Μια δύναμη 100 Newton ασκείται σε ένα αντικείμενο 25 κιλών το οποίο είναι αρχικά σταθερό. Μετά από 10 δευτερόλεπτα ποια θα είναι η ορμή του;» ανήκει στην μεγάλη κατηγορία «Φυσική» και στις υποκατηγορίες «Ορμή», «Ταχύτητα» και «Επιτάχυνση» λόγω των

μεταβλητών που περιέχει. Το ίδιο πρόβλημα μπορεί να ανήκει και στην κατηγορία «Βαθμός δυσκολίας 1» βάσει του βαθμού δυσκολίας που του έχει αποδώσει ο καθηγητής.

Η κατηγοριοποίηση κάθε προβλήματος με βάση τις μεταβλητές που εμπλέκονται σε αυτό επιτυγχάνεται από το σύστημα μέσω του παρακάτω αλγορίθμου:

1. Τοποθέτησε το πρόβλημα στις κατηγορίες κάθε άγνωστης μεταβλητής που έχει οριστεί για το πρόβλημα αυτό  
[στο παραπάνω παράδειγμα, αυτό το βήμα οδηγεί στην κατάταξη του προβλήματος στην κατηγορία «Ορμή» που είναι η άγνωστη μεταβλητή]
2. Αναζήτησε τις εξισώσεις που πρέπει να λυθούν προκειμένου να βρεθεί η τιμή της άγνωστης μεταβλητής του προβλήματος για τις ανεξάρτητες μεταβλητές που δεν ανήκουν στα δεδομένα του προβλήματος και τοποθέτησε το πρόβλημα και σε αυτές τις κατηγορίες  
[στο παράδειγμα η εξίσωση που πρέπει να λυθεί είναι η  $J=mv$  και η ταχύτητα  $v$  δεν ανήκει στα δεδομένα του προβλήματος· επομένως το πρόβλημα τοποθετείται και στην κατηγορία «Ταχύτητα»]
3. Θεώρησε ως άγνωστες μεταβλητές αυτές του βήματος 2 και επανάλαβε το βήμα 2  
[αυτό θα καταλήξει στην τοποθέτηση του προβλήματος και στην κατηγορία «Επιτάχυνση», αφού  $v=v_0+a*t$  και η επιτάχυνση  $a$  δεν ανήκει στα δεδομένα του προβλήματος]

### 5.3.1.3 Αναζήτηση και επιλογή υπαρχόντων προβλημάτων

Εκτός από το να κατασκευάζει ο ίδιος προβλήματα, ο καθηγητής έχει τη δυνατότητα να εξερευνά προβλήματα που έχουν κατασκευαστεί από άλλους και να τα χρησιμοποιεί για τη δική του τάξη. Με τον τρόπο αυτό προάγεται η συνεργασία μεταξύ των καθηγητών, διευκολύνεται το έργο τους και αποφεύγεται η επανάληψη προβλημάτων.

Όταν ένας καθηγητής επιθυμεί να δει προβλήματα άλλων, το WEAR του εμφανίζει τις διαθέσιμες κατηγορίες προβλημάτων και τον προτρέπει να επιλέξει αυτές που τον ενδιαφέρουν (Σχήμα 5.8). Μάλιστα, όπως θα συζητηθεί και στα κεφάλαια 6, το WEAR εμφανίζει προεπιλεγμένες εκείνες τις κατηγορίες προβλημάτων που «θεωρεί» βάσει του μοντέλου που διατηρεί για κάθε καθηγητή ότι τον ενδιαφέρουν.

**WEAR - Microsoft Internet Explorer**

Δομή | Σελίδα | Γρήγορη Αναζήτηση | Εργασία | Βιβλίο

Αναζήτηση | http://www.ccs.uoi.gr/3000/... | Μετάφραση

## WEb-based authoring tool for Algebra Related doc

Κατηγορίες ασκήσεων στο πζόιο: "economics02"

Όνομα κατηγορίας	Αριθμός ασκήσεων
<input type="checkbox"/> Gross National Product	14
<input type="checkbox"/> Gross Domestic Product	14
<input type="checkbox"/> Net Factor Payments from abroad	9
<input type="checkbox"/> Private Consumption	3
<input checked="" type="checkbox"/> Private saving	9
<input type="checkbox"/> National saving	5
<input type="checkbox"/> Private disposable income	14
<input type="checkbox"/> Current account balance	5
<input type="checkbox"/> Investment	1
<input type="checkbox"/> Net exports	2

Εμφάνιση ασκήσεων των επιλεγμένων κατηγοριών

Οι κατηγορίες που εμφανίζονται με έντονα γράμματα είναι όσες εμφανίζουν ασκήσεις και έχουν προστεθεί μετά την τελευταία εισαδή σας στο WEAR.

Ολοκλήρωση | Internet

Σχήμα 5.8: Κατηγορίες προβλημάτων

Αφού ο καθηγητής επιλέξει τις κατηγορίες προβλημάτων που τον ενδιαφέρουν (έστω τις κατηγορίες 'Private saving', 'Investment' και 'Net exports') το WEAR του εμφανίζει μία λίστα με τα προβλήματα που αυτές περιέχουν (Σχήμα 5.9). Στο σημείο αυτό, ο καθηγητής μπορεί να επιλέξει κάποιο από τα προβλήματα για να δει την πλήρη περιγραφή του και αν τον ικανοποιεί να το διαθέσει και στους μαθητές της δικής του τάξης (Σχήμα 5.10).

**WEb-based authoring tool for Algebra Related dom**

Ασκήσεις σε επιλεγμένες κατηγορίες του πεδίου: "economics02"

Όνομα άσκησης	Βαθμός δυσκολίας	Κατηγορία	Δημιουργός	Ημερομηνία δημιουργίας
<input type="checkbox"/> Sprivate	1	Private saving	maria	04/09/2000 15:35:41
<input type="checkbox"/> Sprivate02	1	Private saving	maria	04/09/2000 15:35:41
<input type="checkbox"/> rprivate saving 1	2	Private saving	maria	27/10/2000 16:54:20
<input type="checkbox"/> rprivate saving 2	2	Private saving	maria	27/10/2000 17:00:19
<input type="checkbox"/> I saving	2	Private saving	maria	04/09/2000 15:35:41
<input type="checkbox"/> Εθελούσια αποταμίευση	2	Private saving	maria	04/09/2000 15:35:41
<input type="checkbox"/> Εθελούσια αποταμίευση 2	1	Private saving	maria	04/09/2000 15:35:41
<input type="checkbox"/> Διαθέσιμο εισόδημα	2	Private saving	maria	04/09/2000 15:35:41
<input type="checkbox"/> Καταπόληση	1	Private saving	maria	04/09/2000 15:35:41
<input type="checkbox"/> επενδύσεις	1	Investment	maria	04/09/2000 15:35:41
<input type="checkbox"/> gdp_px_c	3	Net exports	maria	05/03/2001 13:54:59
<input type="checkbox"/> gdp_px_c	3	Net exports	maria	05/03/2001 14:12:43

Εμφάνιση επιλεγμένης άσκησης

Σχήμα 5.9: Εμφάνιση των προβλημάτων που ανήκουν σε συγκεκριμένες κατηγορίες

**WEb-based authoring tool for Algebra Related dom**

Επιλεγμένη άσκηση του πεδίου: "economics02"

Όνομα προβλήματος:  
rprivate saving 1

Εκφώνηση προβλήματος:  
Να υπολογιστούν τα Sprivate saving με δεδομένο ότι Sgovt Government saving είναι 200 0, και S National saving είναι 800 0.

Δημιουργός προβλήματος:  
Maria Mounifidou

Κατηγορίες στις οποίες ανήκει το πρόβλημα:  
Private saving

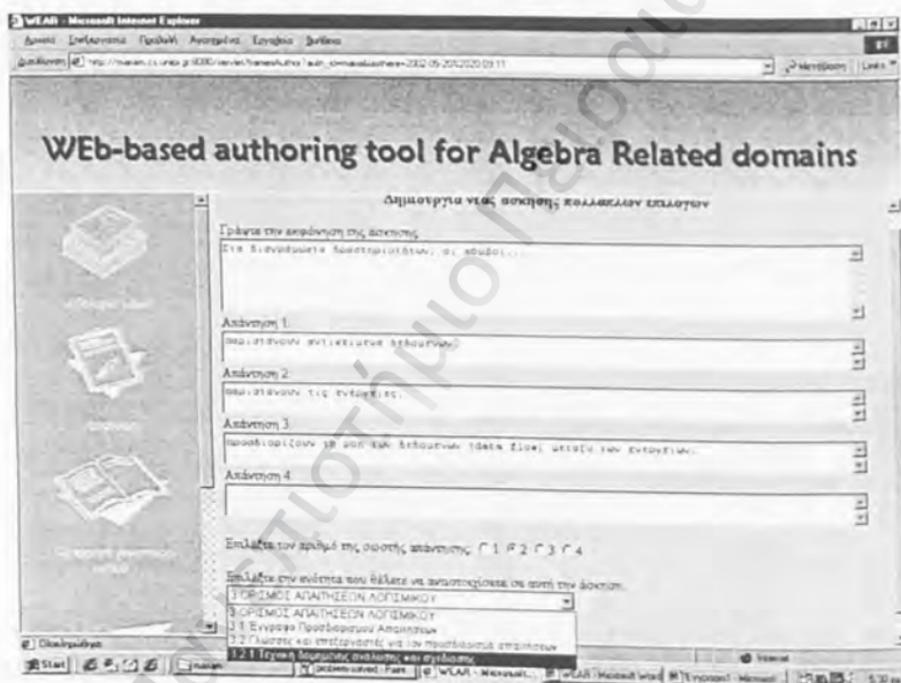
Λύση Συστήματος

Διάβασε τη λύση άσκησης στους μαθητές της τάξης

Σχήμα 5.10: Περιγραφή προβλήματος

### 5.3.1.4 Κατασκευή ασκήσεων πολλαπλής επιλογής

Τα προβλήματα που περιγράφηκαν παραπάνω δεν μπορούν να ελέγξουν τις γνώσεις των μαθητών σε κάποια τμήματα του γνωστικού πεδίου. Για τα κομμάτια αυτά της διδακτέας ύλης το WEAR δίνει τη δυνατότητα στον καθηγητή να κατασκευάσει ασκήσεις πολλαπλής επιλογής. Οι πληροφορίες που πρέπει να παράσχει ο καθηγητής στο σύστημα προκειμένου να δημιουργήσει μία άσκηση αυτού του τύπου είναι: η εκφώνηση της άσκησης, οι εναλλακτικές απαντήσεις, η σωστή απάντηση και η διδακτική ενότητα της οποίας η γνώση ελέγχεται (Σχήμα 5.11).



Σχήμα 5.11: Κατασκευή άσκησης πολλαπλής επιλογής

### 5.3.1.5 Κατασκευή προσαρμοστικών ηλεκτρονικών βιβλίων

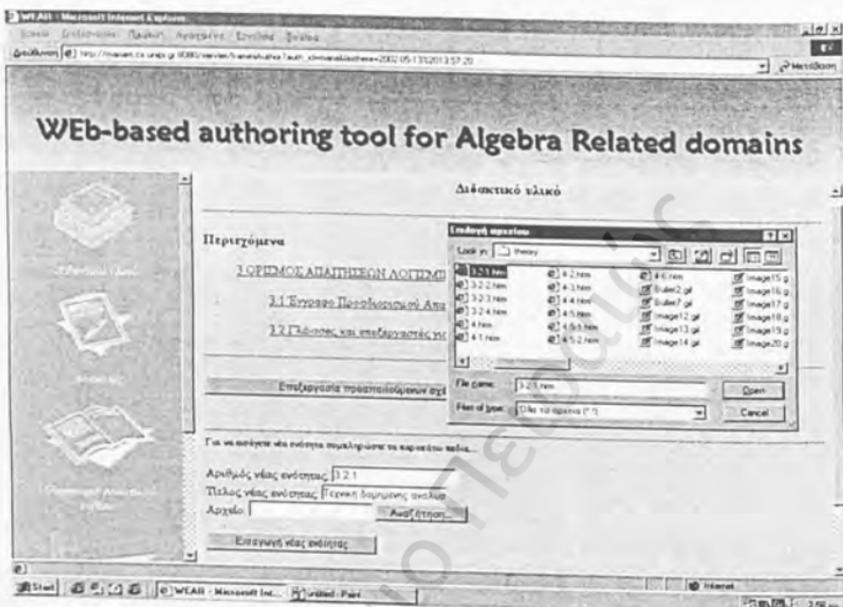
Εκτός από την κατασκευή ασκήσεων και προβλημάτων το WEAR δίνει τη δυνατότητα στον καθηγητή να δημιουργήσει προσαρμοστικά ηλεκτρονικά βιβλία (Moundridou & Virvou, 2001b). Ένα προσαρμοστικό ηλεκτρονικό βιβλίο διαφέρει από μία απλή εκπαιδευτική εφαρμογή υπερμέσων στο ότι παρέχει σε κάθε μαθητή υποστήριξη πλοήγησης (navigation support) προσαρμοσμένη στις δικές του ανάγκες και γνώσεις. Με άλλα λόγια, στους μαθητές προτείνεται κάθε φορά που βρίσκονται

στο ηλεκτρονικό βιβλίο η καταλληλότερη ενότητα προς μελέτη (βλ. § 5.3.2.2). Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η δυνατότητα του WEAR είναι ανεξάρτητη πεδίου. Αυτό σημαίνει ότι αυτό το τμήμα της λειτουργικότητας του συστήματος δεν αφορά μόνο στα σχετικά με την Άλγεβρα γνωστικά πεδία, αλλά οποιοδήποτε γνωστικό πεδίο για το οποίο θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένα Διαδικτυακό μάθημα.

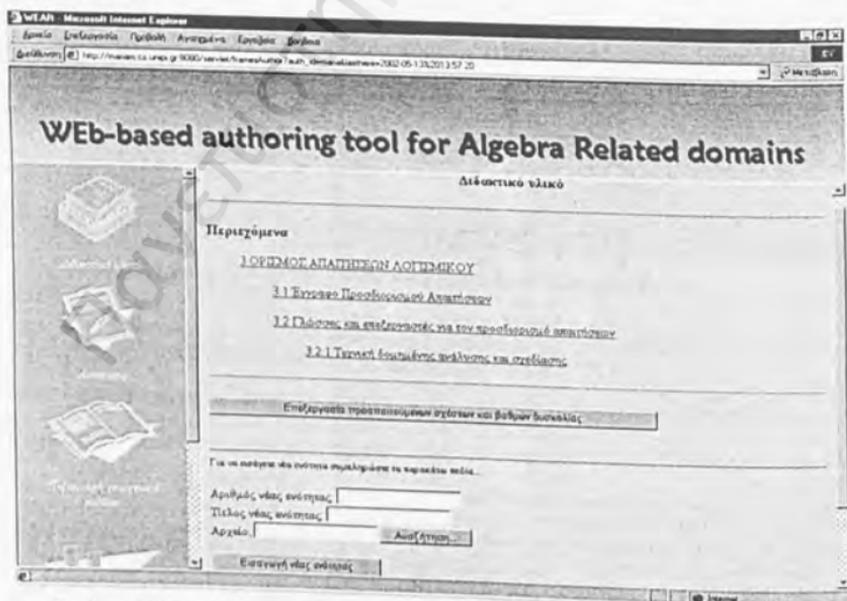
Μεταξύ των ΕΣΕΔΣ που επιτρέπουν την κατασκευή προσαρμοστικών ηλεκτρονικών βιβλίων παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στη διαδικασία συγγραφής την οποία επιβάλλουν στους χρήστες τους. Για παράδειγμα, στο σύστημα Interbook (Brusilovsky, Eklund & Schwarz, 1998) από τον καθηγητή ζητείται να παράσχει ένα ειδικά δομημένο και επισημειωμένο (annotated) αρχείο κειμένου (MS-Word). Στο σύστημα AHA (De Bra & Calvi, 1998) ο συγγραφέας πρέπει να γράψει επισημειωμένα αρχεία HTML. Το ΕΣΕΔΣ MetaLinks (Murray, Shen, Piemonte, Condit & Thibedeau, 2000) από την άλλη, παρέχει ένα γραφικό περιβάλλον για τη συγγραφή του ηλεκτρονικού βιβλίου. Στο WEAR, η προσέγγιση που ακολουθείται για την κατασκευή του ηλεκτρονικού βιβλίου θυμίζει την απλή διαδικασία που υιοθετούν συνήθως εμπορικά εργαλεία όπως π.χ. το WebCT (Goldberg, Salati & Swoboda, 1996). Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι αυτή η ομοιότητα μεταξύ του WEAR και συστημάτων σαν το WebCT αφορά μόνο στη διαδικασία συγγραφής και όχι στα παραγόμενα μαθήματα, τα οποία στην περίπτωση των εμπορικών προγραμμάτων δεν είναι από καμία άποψη προσαρμοστικά.

Συγκεκριμένα στο WEAR, προϋπόθεση για τη δημιουργία του προσαρμοστικού ηλεκτρονικού βιβλίου είναι η ύπαρξη αρχείων HTML, ένα για κάθε διδακτική ενότητα. Η απαίτηση για τον συγκεκριμένο αυτό τύπο αρχείου δεν κρίνεται ως περιορισμός δεδομένου ότι τα περισσότερα προγράμματα (π.χ. MS-Word, MS-Excel, κλπ.) παρέχουν τη δυνατότητα της μετατροπής των αρχείων που παράγουν σε αρχεία HTML. Έχοντας προετοιμάσει τα αρχεία HTML το επόμενο βήμα για τον καθηγητή είναι να χρησιμοποιήσει τα εργαλεία που παρέχει το σύστημα για να «ανεβάσει» (upload) τα αρχεία στο διακομιστή (server) του WEAR. Για κάθε αρχείο που «ανεβαίνει» στο σύστημά και που αποτελεί μία ενότητα του διδακτικού υλικού, οφείλει ο καθηγητής να ορίσει τη θέση της στην ιεραρχία των ενότητων (Σχήμα

5.12). Μετά την εισαγωγή κάθε ενότητας ανανεώνεται ο πίνακας περιεχομένων του ηλεκτρονικού βιβλίου που βλέπει ο καθηγητής (Σχήμα 5.13).

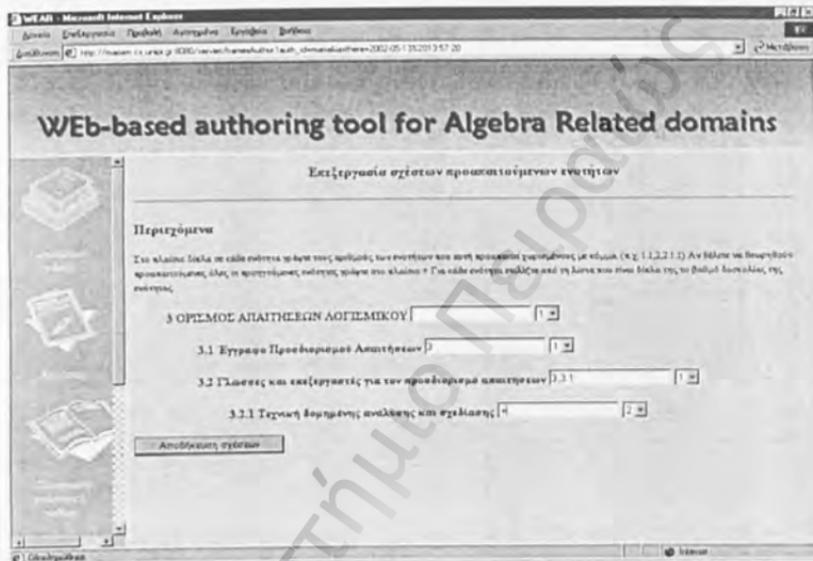


Σχήμα 5.12: Εισαγωγή μιας ενότητας του διδακτικού υλικού



Σχήμα 5.13: Πίνακας περιεχομένων με τις ενότητες του διδακτικού υλικού

Προκειμένου να λειτουργεί το ηλεκτρονικό βιβλίο προσαρμοστικά για τους μαθητές που θα το χρησιμοποιήσουν, ο καθηγητής οφείλει να παράσχει στο σύστημα και άλλες πληροφορίες. Συγκεκριμένα, πρέπει να οριστούν οι σχέσεις προαπαιτούμενων μεταξύ των ενότητων καθώς και να προσδιοριστεί για κάθε ενότητα ο βαθμός δυσκολίας της (Σχήμα 5.14).



Σχήμα 5.14: Ορισμός βαθμού δυσκολίας και σχέσεων προαπαιτούμενων μεταξύ ενότητων

### 5.3.2 Λειτουργικότητα των παραγόμενων Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων

Οι βασικές λειτουργίες που επιτελεί ένα ΕΔΣ που έχει παραχθεί από το WEAR αφορούν στην επίλυση προβλημάτων και ασκήσεων πολλαπλής επιλογής και στο προσαρμοστικό ηλεκτρονικό βιβλίο. Αναλυτικά, οι λειτουργίες αυτές περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

#### 5.3.2.1 Επίλυση προβλημάτων

Όταν ένας μαθητής επιχειρεί να λύσει ένα πρόβλημα, το σύστημα του παρέχει ένα περιβάλλον σαν αυτό που παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.15. Καταρχάς στον μαθητή

εμφανίζεται μόνο η εκφώνηση του προβλήματος και ο πράκτορας διαπαφής τον προτρέπει να αρχίσει να λύνει το πρόβλημα.

The screenshot shows a web browser window with the following content:

- Browser title: WEAR - Microsoft Internet Explorer
- Address bar: http://www.c.u.a.gr/10001/level0/anes/uzen714\_d-manos/teacher+2002/05/21/2016/27/07
- Page title: WEAR - Microsoft Internet Explorer
- Speech bubble: Σκεφτείτε να λύσετε το πρόβλημα.
- Section: Web-based authoring tool for Algebra Related domains
- Section: Περιγραφή προβλήματος
- Text: Να υπολογιστεί το GNP (Gross National Product) με δεδομένο ότι: GDP (Gross Domestic Product) είναι 500 0 και NFP (Net Factor Payments from abroad) είναι 200 0.
- Section: Μεταβλητές συστήματος
- Text: GDP=500 0 Gross Domestic Product  
GNP (Gross National Product)  
NFP=200 0 Net Factor Payments from abroad
- Text: Σκεφτείτε να λύσετε το πρόβλημα...
- Form:  Ελεγχος
- Text: Λύση Συστήματος
- Text: Επιλογή άλλου προβλήματος

Σχήμα 5.15: Επίλυση προβλημάτων σε παραγόμενο από το WEAR ΕΔΣ

Ο μαθητής είναι ελεύθερος να δώσει οποιαδήποτε απάντηση θέλει. Μπορεί για παράδειγμα να γράψει καταρχάς την εξίσωση που θα χρησιμοποιήσει σε συμβολική μορφή και έπειτα να αντικαταστήσει σε αυτήν τα δεδομένα του προβλήματος, ή να γράψει απ' ευθείας την εξίσωση με τα αριθμητικά δεδομένα του προβλήματος, ή ακόμα και να δώσει την τελική λύση του προβλήματος από το πρώτο βήμα. Κάθε φορά που ο μαθητής εισάγει μία απάντηση και πατάει το κουμπί «Ελεγχος» το σύστημα ελέγχει την ορθότητά της και τον ενημερώνει ανάλογα. Μέχρι να επιλυθεί το πρόβλημα ο μαθητής βρίσκεται στο ίδιο περιβάλλον αλλά βλέπει και όλο το ιστορικό των σωστών και λανθασμένων απαντήσεών του. Το πρόβλημα θεωρείται λυμένο όταν ο μαθητής προσδιορίσει την τιμή όλων των άγνωστων μεταβλητών. Για παράδειγμα, αν τα ζητούμενα του προβλήματος είναι οι μεταβλητές  $X$  και  $\Psi$ , το πρόβλημα θα θεωρηθεί λυμένο σωστά αν ο μαθητής εισάγει απαντήσεις της μορφής

$X$ =τιμή1 και  $\Psi$ =τιμή2, όπου η τιμή1 και η τιμή2 θα είναι πράγματι οι σωστές τιμές των μεταβλητών αυτών.

Τα λάθη που αναγνωρίζει το σύστημα στις απαντήσεις του μαθητή είναι γενικά αυτά που εντοπίστηκαν από την μελέτη που προηγήθηκε της ανάπτυξης του WEAR και αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 4. Στα Σχήματα 5.16 - 5.20 παρουσιάζονται τα βήματα του μαθητή για να επιλύσει ένα συγκεκριμένο πρόβλημα από το πεδίο των Οικονομικών.

**WEAR - Microsoft Internet Explorer**

Ανατολή Επικοινωνία Προβλήματα Απαντήσεις Ερωτήσεις Βήματα

Διεύθυνση http://www.wear.cs.uoi.gr:8080/services/framesStudent?st\_id=main&lasttime=2002-05-21%2016:37:07

Είχε κάνει λάθος. Έλεγξε τις πράξεις που συνδέουν τους όρους της εξίσωσης.

## Web-based authoring tool for Algebra Related domains

**Περιγραφή προβλήματος**

Να υπολογιστεί το GNP Gross National Product με δεδομένο ότι: GDP Gross Domestic Product είναι 500.0 και NFP Net Factor Payments from abroad είναι 200.0.

**Μεταβλητές ουστήματος**

GDP=500.0 Gross Domestic Product  
GNP Gross National Product  
NFP=200.0 Net Factor Payments from abroad

**Σωστές Απαντήσεις**

GDP=GNP+NFP

**Ανασασμένες Απαντήσεις**

GDP=GNP+NFP

**Προηγμένη απάντηση:** GDP=GNP+NFP Έχας κάνει λάθος. Έλεγξε τις πράξεις που συνδέουν τους όρους της εξίσωσης.

Αίλιαν Γεωργίου

Windows

Start Windows Internet WEAR - Microsoft Int...

Σχήμα 5.16: Επίλυση προβλήματος (περίπτωση λάθους πεδίου)

WEAR - Microsoft Internet Explorer

Δοκίμιο Επεξεργασία Προβολή Αναστροφή Εμφάνιση Σελίδα Σύνδεση Συστήματα Προβλήματα

http://marion.cs.unipg.it/8080/services/frames/student/til\_04marionclassroom-2002-09/21/2016\_37-07

## WEB-based authoring tool for Algebra Related domains

Να υπολογιστεί το GNP (Gross National Product με δεδομένο ότι GDP (Gross Domestic Product είναι 500.0 και NFP (Net Factor Payments from abroad είναι 200.0

**Μεταβλητές συστήματος**

GDP=500.0 (Gross Domestic Product  
GNP (Gross National Product  
NFP=200.0 (Net Factor Payments from abroad

**Σωστές Απαντήσεις**

GDP=GNP-NFP

**Λανθασμένες Απαντήσεις**

GDP=GNP+NFP

Προηγούμενη απάντηση: GDP=GNP-NFP Σωστά Προσέγγιση...

Σχήμα 5.17: Επίλυση προβλήματος (περίπτωση σωστής απάντησης)

WEAR - Microsoft Internet Explorer

Δοκίμιο Επεξεργασία Προβολή Αναστροφή Εμφάνιση Σελίδα Σύνδεση Συστήματα Προβλήματα

http://marion.cs.unipg.it/8080/services/frames/student/til\_04marionclassroom-2002-09/21/2016\_37-07

## WEB-based authoring tool for Algebra Related domains

**Περιγραφή προβλήματος**

Να υπολογιστεί το GNP (Gross National Product με δεδομένο ότι GDP (Gross Domestic Product είναι 500.0 και NFP (Net Factor Payments from abroad είναι 200.0

**Μεταβλητές συστήματος**

GDP=500.0 (Gross Domestic Product  
GNP (Gross National Product  
NFP=200.0 (Net Factor Payments from abroad

**Σωστές Απαντήσεις**

GDP=GNP-NFP  
GNP=GDP+NFP

**Λανθασμένες Απαντήσεις**

GDP=GNP+NFP

Προηγούμενη απάντηση: GNP=GDP+NFP Σωστά Προσέγγιση...

Σχήμα 5.18: Επίλυση προβλήματος (περίπτωση σωστής απάντησης)

The screenshot shows the WEAR web-based authoring tool interface. The browser window title is "WEAR - Microsoft Internet Explorer". The address bar shows "http://www.wear.cs.uoi.gr/3002/units/framesStudent?i\_d\_ghmarcoi&date=2002-05-21%2016:37:07". The page title is "WEB-based authoring tool for Algebra Related domains". A message box says "Είστε κάνει λάθος. Έλεγε τους αριθμούς που έχετε αντικαταστήσει στις μεταβλητές της εξίσωσης." (You are making a mistake. He said the numbers you have substituted in the variables of the equation.). The main content area displays the problem: "Να υπολογιστεί το GNP (Gross National Product με δεδομένο ότι: GDP: Gross Domestic Product είναι 500.0 και NFP: Net Factor Payments from abroad είναι 200.0". Below this, there are sections for "Μεταβλητές συστήματος" (GDP=500.0, NFP=200.0), "Εισοστές Απαντήσεις" (GNP=GNP-NFP, GNP=GDP+NFP), and "Λανθασμένες Απαντήσεις" (GNP=GNP+NFP, GNP=600+200). A "Προσφομενη απάντηση: GNP=600+200" is shown with a message "Έχεις κάνει λάθος. Έλεγξε τους αριθμούς που έχεις αντικαταστήσει στις μεταβλητές της εξίσωσης." and a "Ελέγξτε" button.

Σχήμα 5.19: Επίλυση προβλήματος (περίπτωση μαθηματικού λάθους)

The screenshot shows the WEAR web-based authoring tool interface. The browser window title is "WEAR - Microsoft Internet Explorer". The address bar shows "http://www.wear.cs.uoi.gr/3002/units/framesStudent?i\_d\_ghmarcoi&date=2002-05-21%2016:37:07". The page title is "WEB-based authoring tool for Algebra Related domains". A message box says "Συγχαρητήρια! Μόλις έλυσε το πρόβλημα" (Congratulations! You just solved the problem). The main content area displays the problem: "Να υπολογιστεί το GNP (Gross National Product με δεδομένο ότι: GDP: Gross Domestic Product είναι 500.0 και NFP: Net Factor Payments from abroad είναι 200.0". Below this, there is a section for "Μεταβλητές συστήματος" (GDP=500.0, NFP=200.0). A "Περιγραφή προβλήματος" section is visible at the top.

Σχήμα 5.20: Επίλυση προβλήματος (ο μαθητής έδωσε την απάντηση  $GNP=700$  και το σύστημα τον ενημερώνει ότι έλυσε το πρόβλημα)

Κάθε στιγμή, ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να δει την απάντηση του προβλήματος όπως διαμορφώνεται από το σύστημα (Σχήμα 5.21) ή να αφήσει το τρέχον πρόβλημα και να επιχειρήσει να λύσει ένα άλλο.

The screenshot shows a web browser window titled "WEAR - Microsoft Internet Explorer". The address bar shows the URL "http://www.csl.uoi.gr/8000/tevel/Algebra/Algebra7e\_algebraauthoring+2002-05-21%2016:37:07". The main content area displays the title "WEB-based authoring tool for Algebra Related domains" with a small image of a person's head. Below the title, there are two sections:

**Βηματική Επίλυση Προβλήματος**

- $GNP=NFP+GDP$
- $GNP=200.0+500.0$
- $GNP=700.0$
- $NFP=200.0$
- $GDP=500.0$

**Επίλυση άλλων προβλήματος**

The interface also features a sidebar with icons for "Επιλογή προβλήματος", "Επίλυση", and "Επιλογή άλλων προβλήματος". The browser's taskbar at the bottom shows the Start button, several icons, and the system clock at 5:05 PM.

Σχήμα 5.21: Λύση του συστήματος για ένα πρόβλημα

### 5.3.2.2 Χρήση των προσαρμοστικών ηλεκτρονικών βιβλίων

Ο Brusilovsky (1996) περιγράφει διάφορες μεθόδους για την υποστήριξη της προσαρμοστικής πλοήγησης (adaptive navigation support) σε μια εφαρμογή, υπεμέσων, όπως την προσαρμοστική ταξινόμηση των συνδέσμων (adaptive link sorting), την επισήμειωση (annotation), ή την απόκρυψη (hiding). Το WEAR υποστηρίζει την προσαρμοστική πλοήγηση μέσω της τεχνικής της προσαρμοστικής επισήμειωσης των συνδέσμων (adaptive link annotation). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που παρέχουν τα μοντέλα μαθητή (βλ. κεφάλαιο 6) καθώς και τη γνώση πεδίου όπως έχει διαμορφωθεί από τον καθηγητή, το WEAR παράγει έναν πίνακα περιεχομένων αποτελούμενο από συνδέσμους προς κάθε ενότητα του γνωστικού πεδίου. Αυτοί οι σύνδεσμοι είναι επισημειωμένοι προκειμένου να πληροφορούν τους μαθητές για την εκπαιδευτική καταλληλότητα της ενότητας

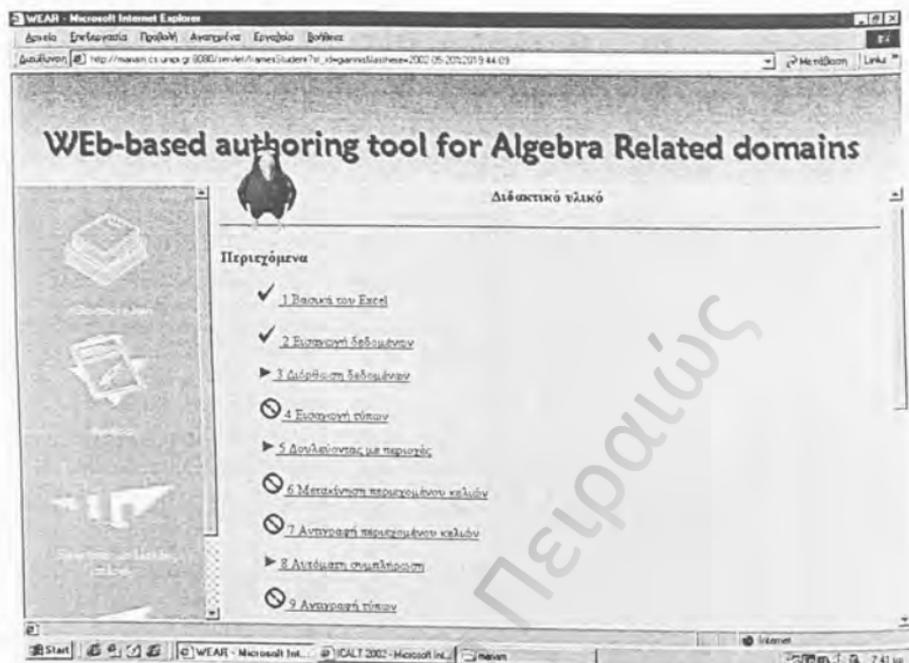
που βρίσκεται πίσω τους. Με τον τρόπο αυτό, οι σύνδεσμοι σε έναν πίνακα περιεχομένων του WEAR μπορούν να βρίσκονται σε πέντε διαφορετικές καταστάσεις (Πίνακας 5.4).

Κατάσταση	Κανόνες
Επισκεφθείσα αλλά όχι γνωστή	Αν την ενότητα αυτή την έχει επισκεφθεί ο μαθητής αλλά ο βαθμός γνώσης του για αυτήν είναι μικρότερος από μια συγκεκριμένη τιμή
Επισκεφθείσα και γνωστή	Αν την ενότητα αυτή την έχει επισκεφθεί ο μαθητής και ο βαθμός γνώσης του για αυτήν είναι μεγαλύτερος από μια συγκεκριμένη τιμή
Ακατάλληλη	Αν η ενότητα αυτή είναι είτε μη επισκεφθείσα ή επισκεφθείσα αλλά όχι γνωστή ΚΑΙ υπάρχει τουλάχιστον μία προαπαιτούμενη ενότητα που είναι είτε μη επισκεφθείσα ή επισκεφθείσα αλλά όχι γνωστή
Κατάλληλη και ιδιαίτερα συνιστώμενη	Αν η ενότητα αυτή είναι επισκεφθείσα αλλά όχι γνωστή και όλες οι προαπαιτούμενες ενότητες είναι επισκεφθείσες και γνωστές
Κατάλληλη και συνιστώμενη	Αν η ενότητα αυτή είναι μη επισκεφθείσα και όλες οι προαπαιτούμενες ενότητες είναι επισκεφθείσες και γνωστές

Πίνακας 5.4: Καταστάσεις συνδέσμων-ενοτήτων

Για την επισήμειωση των συνδέσμων το WEAR χρησιμοποιεί διαφορετικά εικονίδια. Για παράδειγμα, ένα πράσινο βέλος δίπλα σε ένα σύνδεσμο σημαίνει ότι η κατάσταση της ενότητας είναι «Κατάλληλη και ιδιαίτερα συνιστώμενη», ενώ ένα εικονίδιο που απαγορεύει την είσοδο υποδηλώνει ότι ο συγκεκριμένος μαθητής δεν είναι ακόμα έτοιμος να μελετήσει αυτή την ενότητα.

Στο Σχήμα 5.22 παρουσιάζεται ο πίνακας περιεχομένων που βλέπει ένας συγκεκριμένος μαθητής σε ένα μάθημα για το MS-Excel. Όπως φαίνεται στο σχήμα, τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή ο μαθητής αυτός ξέρει ήδη τις ενότητες «Βασικά του Excel» και «Εισαγωγή δεδομένων». Το σύστημα του προτείνει να μελετήσει τις ενότητες «Διόρθωση δεδομένων» (πράσινο βέλος), «Δουλεύοντας με περιοχές» και «Αυτόματη συμπλήρωση» (πορτοκαλί βέλος). Από αυτές τις έτοιμες προς μελέτη ενότητες, το σύστημα θεωρεί ότι η «Διόρθωση δεδομένων» πρέπει ίσως να προηγηθεί γιατί ο μαθητής την έχει ήδη επισκεφθεί αλλά δεν έχει αποδείξει ότι την γνωρίζει. Τέλος, για τις ενότητες «Εισαγωγή τύπων», «Μετακίνηση περιεχομένου κελιών», «Αντιγραφή περιεχομένου κελιών» και «Αντιγραφή τύπων» το σύστημα θεωρεί ότι ο μαθητής δεν είναι ακόμα έτοιμος να τις μελετήσει.



Σχήμα 5.22: Πίνακας περιεχομένων στο προσαρμοστικό ηλεκτρονικό βιβλίο

Κάθε φορά που ένας μαθητής λύνει μια άσκηση ή ένα πρόβλημα ή επισκέπτεται κάποια ενότητα του βιβλίου, το μοντέλο του ενημερώνεται. Η αλλαγή του μοντέλου του μαθητή σημαίνει και αλλαγή στην εκπαιδευτική καταλληλότητα κάθε ενότητας. Επομένως, ο πίνακας περιεχομένων του ηλεκτρονικού βιβλίου δημιουργείται δυναμικά και προσαρμόζεται κάθε στιγμή στις τρέχουσες γνώσεις και ανάγκες κάθε μαθητή ώστε να τον καθοδηγεί να μελετήσει τα κατάλληλα γι' αυτόν θέματα.

Για παράδειγμα, έστω ότι ο μαθητής Α κάποια χρονική στιγμή έβλεπε τον πίνακα περιεχομένων του Σχήματος 5.22. Έπειτα, επισκέφθηκε την ενότητα «Διόρθωση δεδομένων» που ήταν ιδιαίτερα συνιστώμενη και έλυσε με επιτυχία την πλειοψηφία των σχετικών ασκήσεων. Αυτές οι ενέργειες του μαθητή Α, κατέστησαν ιδιαίτερα συνιστώμενη την ενότητα «Εισαγωγή τύπων» η οποία προαπαιτούσε τη γνώση των εννοιών «Βασικά του Excel», «Εισαγωγή δεδομένων» και «Διόρθωση δεδομένων». Ακολουθώντας την προτροπή του συστήματος, ο μαθητής Α επισκέφθηκε την ενότητα «Εισαγωγή τύπων» (Σχήμα 5.23) και έλυσε με επιτυχία την πλειοψηφία των σχετικών ασκήσεων.

**WEB-based authoring tool for Algebra Related domain**

**Εισαγωγή τύπων**

Συνε τύπος είναι ένα σύνολο μαθηματικών οδηγιών τις οποίες εισάγετε σε ένα κελί ενός φύλλου εργασίας. Κάθε τύπος εκτελεί τις οδηγίες που περιέχει για να ολοκληρώσει ένα συγκεκριμένο υπολογισμό (π.χ. για να πολλαπλασιάσει το 5 με το 25 ή για να προσθέσει το 450 στο 240). Για να εισάγετε έναν τύπο σε ένα κελί του φύλλου εργασίας:

- εκκλιθείτε το επιθυμητό κελί
- πληκτρολογήστε το σύμβολο =
- πληκτρολογήστε τον επιθυμητό τύπο υπολογισμού και πατήστε Enter

Μπορείτε να δημιουργήσετε τύπους οι οποίοι θα περιέχουν σταθερούς αριθμούς (π.χ.  $=300+400$ , με αποτέλεσμα 700). Ωστόσο, θα διαπιστώσετε ότι είναι καλή και αποτελεσματική να εισάγετε τα νοήματα σε κελιά του φύλλου εργασίας και κατόνιν να δημιουργήσετε τύπους οι οποίοι θα αναφέρονται σε αυτά τα κελιά. Έτσι, το Excel θα μπορεί αυτόματα να ενημερώνει (να εκαναυτολογεί) τον τύπο σας σκοπιόδηκα αλλάζετε τα περιεχόμενα οποιουδήποτε κελίου στο οποίο αναφέρεται.

Για παράδειγμα, αν εισάγετε στο κελί B1 την τιμή 300, στο κελί B2 την τιμή 400 και στο κελί B3 τον τύπο  $=B1+B2$ , τότε στο κελί B3 θα εμφανιστεί η τιμή 700. Αν κατόνιν αλλάξετε τα περιεχόμενα του B2 και εισάγετε την τιμή 500, το Excel θα εκαναυτολογήσει αυτόματα τον τύπο και θα εμφανίσει την τιμή 800 στο κελί B3.

**Προσοχή** Όταν γράφετε τύπους πρέπει οι αναφορές στα κελιά να γράφονται με λατινικούς και όχι ελληνικούς χαρακτήρες. Σε αντίθετη περίπτωση ο τύπος δεν θα εκτελεστεί αποτελεσματικά.

Microsoft Excel - Book2

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

Windows taskbar: Start, WEAR - Microsoft Intell..., CALT 2002 - Microsoft..., main

Σχήμα 5.23: Επίσκεψη σε μία ενότητα του προσαρμοστικού ηλεκτρονικού βιβλίου

Επιστρέφοντας τώρα στον πίνακα περιεχομένων, ο μαθητής Α θα δει τον πίνακα περιεχομένων που παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.24. Όπως φαίνεται εκεί, η ενότητα «Δουλεύοντας με περιοχές» που πριν είχε δίπλα της ένα πορτοκαλί βέλος, έχει τώρα ένα πράσινο, το οποίο υποδηλώνει ότι αυτή η ενότητα είναι πλέον ιδιαίτερα συνιστώμενη για μελέτη (λόγω του ότι όλες οι προαπαιτούμενες αυτής ενότητες είναι πλέον γνωστές).

WEAR - Microsoft Internet Explorer

Δομείο: Επείξερασία Πύθωθ, Αγαπημένα, Εργασία, Θύληνα

Διεύθυνση: http://www.ccs.uoi.gr/9090/venet/ShowData.asp?op=7&\_id=panetisthree+2002-05-20%2019:44:03

## Web-based authoring tool for Algebra Related domain

Διδακτικό υλικό

Περιεχόμενα

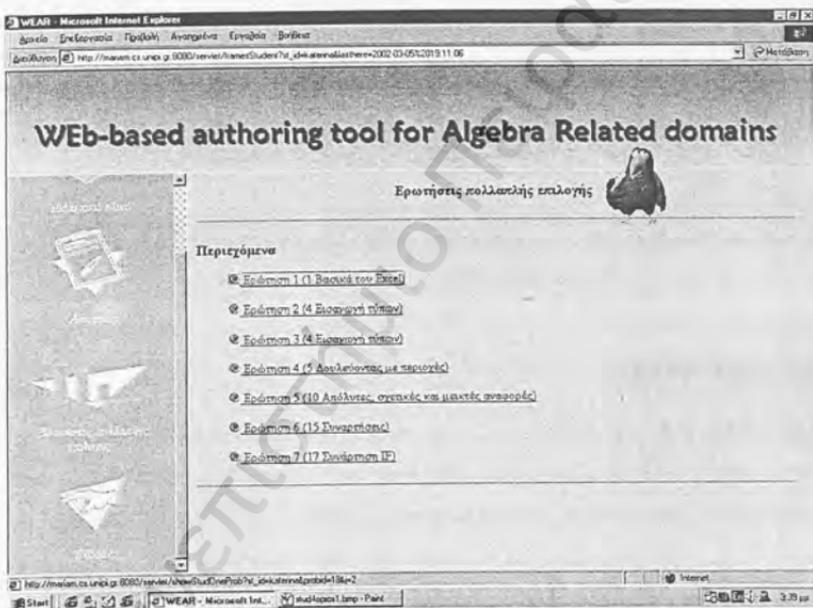
- 1 Βασικά του Excel
- 2 Εισαγωγή δεδομένων
- 3 Διάρθρωση δεδομένων
- 4 Εισαγωγή πίνακα
- ▶ 5 Δουλεύοντας με ποσοτάς
- 6 Μετακίνηση περιεχομένου κελιών
- 7 Αντιγραφή περιεχομένου κελιών
- ▶ 8 Αντίστροφη συμπύκνωση

Start | WEAR - Microsoft Int... | ICAL2 2002 - Microsoft Int... | Internet | 7:45 pm

Σχήμα 5.24: Ο πίνακας περιεχομένων του σχήματος 5.22 έπειτα από μερικές αλληλεπιδράσεις του μαθητή με το σύστημα

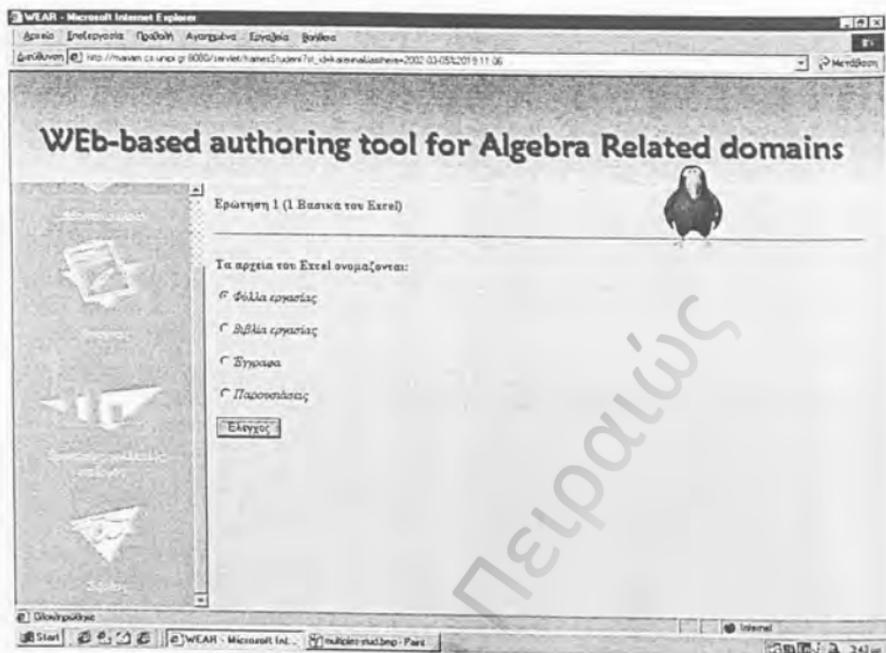
### 5.3.2.3 Ασκήσεις πολλαπλής επιλογής

Για τα κομμάτια εκείνα της ύλης που δεν μπορεί να ελεγχθούν οι γνώσεις του μαθητή μέσω των προβλημάτων που περιγράφηκαν στην ενότητα 5.3.2.1 το σύστημα παρέχει ασκήσεις πολλαπλής επιλογής. Οι ασκήσεις αυτές που τροφοδοτήθηκαν στο WEAR από τον καθηγητή και συσχετίστηκαν με τις ενότητες των οποίων τη γνώση ελέγχουν εμφανίζονται στον μαθητή σε μία λίστα για να επιλέξει αυτή που επιθυμεί να λύσει (Σχήμα 5.25).



Σχήμα 5.25: Λίστα ασκήσεων πολλαπλής επιλογής

Όταν ο μαθητής επιλέξει μία από τις διαθέσιμες ασκήσεις, αυτή του παρουσιάζεται όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.26. Για τη σωστή ή λάθος απάντησή του ο μαθητής ενημερώνεται αυτομάτως. Σε περίπτωση λανθασμένης απάντησης το σύστημα προτρέπει τον μαθητή να προσπαθήσει ξανά, ενώ σε περίπτωση σωστής απάντησης τον αφήνει να αποφασίσει ο ίδιος αν θέλει να λύσει άλλη άσκηση ή να συνεχίσει τη μελέτη του βιβλίου.



Σχήμα 5.26: Άσκηση πολλαπλής επιλογής

## 5.4 Συμπεράσματα

Το WEAR είναι ένα Εργαλείο Συγγραφής Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων με κύριο στόχο να είναι χρήσιμο σε καθηγητές και μαθητές γνωστικών πεδίων που μπορούν να περιγραφούν από αλγεβρικές εξισώσεις, όπως π.χ. η Φυσική, τα Οικονομικά, η Χημεία, κ.λπ. Για να επιτύχει το στόχο αυτό, το WEAR ενσωματώνει γνώση για την κατασκευή προβλημάτων καθώς και έναν μηχανισμό για τη διάγνωση των λαθών των μαθητών που μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλά σχετικά με την Άλγεβρα γνωστικά πεδία.

Το WEAR ασχολείται με την παραγωγή διδασκαλίας: προσφέρει τη δυνατότητα της κατασκευής προβλημάτων και τη δυνατότητα της δημιουργίας προσαρμοστικών ηλεκτρονικών βιβλίων. Από την άλλη πλευρά, το WEAR δίνει στους καθηγητές τη δυνατότητα να ελέγχουν τη σειρά με την οποία οι μαθητές λύνουν προβλήματα και μελετούν το διδακτικό υλικό αποδίδοντας μια τιμή στο επίπεδο δυσκολίας των προβλημάτων και καθορίζοντας σχέσεις προαπαιτούμενων μεταξύ των θεμάτων του

ηλεκτρονικού βιβλίου. Επομένως, το WEAR εκτός του να παράγει διδασκαλία, ασχολείται επίσης με τη διαχείριση της σειράς εμφάνισης του διδακτικού υλικού.

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφηκε η αρχιτεκτονική του WEAR και η λειτουργικότητά του και για τις δύο κατηγορίες χρηστών του: τους καθηγητές και τους μαθητές. Για την παροχή ευφυούς βοήθειας και τη δυνατότητά του να προσαρμόζει την αλληλεπίδραση με κάθε χρήστη, το WEAR χρησιμοποιεί τη γνώση πεδίου (που του έχει παράσχει ο καθηγητής) και τα μοντέλα χρηστών του. Συγκεκριμένα, όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 5.2 το WEAR μοντελοποιεί τους μαθητές αλλά και τους καθηγητές που το χρησιμοποιούν. Στο επόμενο κεφάλαιο της παρούσας διατριβής θα παρουσιαστεί αναλυτικά η μοντελοποίηση χρηστών του WEAR με έμφαση στη μοντελοποίηση του καθηγητή που αποτελεί καινοτομία στην περιοχή των ΕΣΕΔΣ.

# ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΑΘΗΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ ΣΤΟ WEAR

### 6.1 Εισαγωγή

Το σύστημα WEAR είναι ένα Εργαλείο Συγγραφής Ευφώνων Διδακτικών Συστημάτων. Στο προηγούμενο κεφάλαιο αυτής της διατριβής περιγράφηκαν η αρχιτεκτονική του συστήματος καθώς και η λειτουργικότητά του. Όπως αναφέρθηκε εκεί, το WEAR προκειμένου να προσαρμόζει την αλληλεπίδραση με κάθε χρήστη στηρίζεται στα μοντέλα χρηστών που διατηρεί. Συγκεκριμένα, και σε αντίθεση με τα περισσότερα ΕΔΣ και ΕΣΕΔΣ που μοντελοποιούν μόνο τους μαθητές, το WEAR μοντελοποιεί και τις δύο τάξεις χρηστών του: μαθητές αλλά και καθηγητές.

Το κεφάλαιο αυτό ασχολείται με την μοντελοποίηση των χρηστών του WEAR. Θα περιγραφούν εδώ οι πηγές πληροφόρησης του συστήματος προκειμένου να δημιουργεί και να ενημερώνει τα μοντέλα χρηστών του και ο τρόπος που τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνται. Επιπλέον, στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται και ένα ακόμα πρωτότυπο στοιχείο του WEAR σχετικό με τη μοντελοποίηση χρηστών: το ότι τα μοντέλα καθηγητών και τα μοντέλα μαθητών δεν χρησιμοποιούνται μόνο για τους

καθηγητές και τους μαθητές αντίστοιχα αλλά και αντίστροφα: το μοντέλο κάθε τάξης χρηστών στο WEAR, αλληλεπιδρά και επηρεάζει το μοντέλο της άλλης τάξης.

## 6.2 Μοντελοποίηση μαθητή

Το μοντέλο μαθητή που διατηρεί το WEAR είναι ένας συνδυασμός μοντέλου βασισμένου σε στερεότυπα (stereotype student model) και μοντέλου επίστρωσης (overlay student model) (βλ. κεφάλαιο 2). Αυτός ο συνδυασμός για το μοντέλο μαθητή συναντάται και σε άλλα συστήματα, όπως π.χ. στο σύστημα Hyradapter που περιγράφουν οι Hohl, Böcker & Gunzenhäuser (1996).

Το μοντέλο μαθητή βάσει στερεοτύπων διαμορφώνεται είτε άμεσα από τον καθηγητή ή μετά από ένα προκαταρκτικό τεστ που δίνεται στους μαθητές. Είτε δηλαδή ο καθηγητής κατατάσσει κάθε έναν από τους μαθητές σε ένα στερεότυπο ή οι μαθητές απαντούν σε ένα τεστ και βάσει αυτού κατατάσσονται από το σύστημα σε ένα στερεότυπο. Η αρχική αυτή κατάταξη των μαθητών σε στερεότυπα γίνεται σύμφωνα με τις γνώσεις τους στο υπό διδασκαλία γνωστικό πεδίο και τις δεξιότητές τους στα μαθηματικά. Κάθε μαθητής επομένως, ανήκει σε ένα στερεότυπο (αρχάριος, μεσαίου επιπέδου ή έμπειρος) βάσει των γνώσεών του στο πεδίο που διδάσκεται και σε ένα στερεότυπο (αρχάριος, μεσαίου επιπέδου ή έμπειρος) βάσει των δεξιοτήτων του στην επίλυση μαθηματικών εξισώσεων.

Το μοντέλο στερεοτύπων χρησιμοποιείται κυρίως για να καθορίσει τις αρχικές τιμές του μοντέλου επίστρωσης. Το τελευταίο αναπαρίσταται από ένα σύνολο ζευγαριών «έννοια-τιμή». Οι «έννοιες» είναι: α) έννοιες του γνωστικού πεδίου και β) έννοιες σχετικές με τη διαδικασία επίλυσης εξισώσεων (π.χ. μία τέτοια έννοια είναι η απομόνωση της άγνωστης μεταβλητής σε μία εξίσωση). Οι έννοιες του γνωστικού πεδίου περιλαμβάνουν τις μεταβλητές του πεδίου και τα θέματα του ηλεκτρονικού βιβλίου.

Για παράδειγμα, κάθε μεταβλητή του Πίνακα 6.1 (ο οποίος εμφανίζει την περιγραφή του γνωστικού πεδίου σε όρους μεταβλητών και εξισώσεων) αποτελεί και μία έννοια του γνωστικού πεδίου της Φυσικής.

Περιγραφή μεταβλητής	Όνομα μεταβλητής	Μονάδα μέτρησης
Περίοδος	T	Hertz
Συχνότητα	f	Hertz
Ταχύτητα	v	Μέτρα/δευτερόλεπτο
Μήκος κύματος	$\lambda$	Μέτρα
Χρόνος	t	Δευτερόλεπτα
Απόσταση	d	Μέτρα
Εξισώσεις		
$T=1/f$	$v=f*\lambda$	$v=d/t$

Πίνακας 6.1: Περιγραφή μέρους του πεδίου της Φυσικής

Η «τιμή» κάθε έννοιας είναι μία εκτίμηση της γνώσης του μαθητή γι' αυτήν την έννοια και αρχικοποιείται από το μοντέλο στερεοτύπων. Αν για παράδειγμα το μοντέλο στερεοτύπων υποδεικνύει ότι ένας μαθητής είναι σε μεσαίο επίπεδο από πλευράς μαθηματικών δεξιοτήτων και αρχάριος αναφορικά με τις γνώσεις του στο γνωστικό πεδίο, τότε οι έννοιες που αποτελούν το μοντέλο επίστροφης του μαθητή παίρνουν τις αντίστοιχες τιμές: όλες οι έννοιες που αφορούν τη διαδικασία επίλυσης εξισώσεων και δεν έχουν βαθμολογηθεί από τον καθηγητή ως «δύσκολες» ή «πολύ δύσκολες» θεωρούνται γνωστές για τον μαθητή αυτόν· όλες οι έννοιες του γνωστικού πεδίου που έχουν βαθμολογηθεί ως «πολύ εύκολες» θεωρούνται επίσης γνωστές για τον μαθητή.

Έπειτα από την αρχικοποίηση κάθε ζευγαριού «έννοιας-τιμής», το μοντέλο μαθητή ενημερώνεται λαμβάνοντας υπ' όψη την επίδοση του μαθητή στην επίλυση των προβλημάτων και των ασκήσεων που έχουν συσχετιστεί με κάθε μία από τις έννοιες και το αν ο μαθητής έχει διαβάσει ή όχι το αντίστοιχο διδακτικό υλικό. Για παράδειγμα, αν ένας μαθητής έχει λύσει επιτυχώς όλα τα προβλήματα που εξετάζουν τη γνώση της έννοιας «επιτάχυνση» του πεδίου της Φυσικής και επίσης έχει διαβάσει τα αντίστοιχα θέματα του ηλεκτρονικού βιβλίου, τότε στο μοντέλο αυτού του μαθητή η έννοια «επιτάχυνση» θα έχει την τιμή 1 και επομένως θα θεωρείται γνωστή.

Κατά τη διάρκεια της επίλυσης ενός προβλήματος οι ενέργειες του μαθητή παρακολουθούνται από το σύστημα και σε περίπτωση λανθασμένης ενέργειας η απάντηση του μαθητή διαβιβάζεται στο τμήμα μοντελοποίησης μαθητή, το οποίο είναι υπεύθυνο και για τη διάγνωση της αιτίας του λάθους. Τα λάθη που

αναγνωρίζονται από το τμήμα μοντελοποίησης μαθητή του WEAR είναι τα εξής (βλ. και κεφάλαιο 4):

1. **Λάθη πεδίου.** Αυτά περιλαμβάνουν λάθη που οφείλονται στην μη εξοικείωση του μαθητή με το υπό διδασκαλία πεδίο. Για παράδειγμα, αν ένας μαθητής εισάγει την εξίσωση  $F=m/a$  αντί της  $F=m*a$ , τότε το λάθος αποδίδεται στην κατηγορία των λαθών πεδίου και συγκεκριμένα στην υποκατηγορία «άανθασμένη σχέση μεταξύ των μεταβλητών».
2. **Μαθηματικά λάθη.** Αυτά περιλαμβάνουν λάθη που οφείλονται στην έλλειψη γνώσεων του μαθητή για το πως να λύνει μαθηματικές εξισώσεις. Αυτά τα λάθη μπορεί να είναι λάθη υπολογισμών, λάθη στην απομόνωση του αγνώστου της εξίσωσης, κ.λπ. Για παράδειγμα, αν ένας μαθητής προσπαθώντας να απομονώσει την μεταβλητή  $a$  στην εξίσωση  $F=m*a$  εισάγει  $a=m/F$  αντί για  $a=F/m$ , τότε το λάθος αποδίδεται στην κατηγορία των μαθηματικών λαθών και συγκεκριμένα στην υποκατηγορία «λάθος κατά την απομόνωση του αγνώστου».

Το μοντέλο μαθητή κρατά επίσης πληροφορίες σχετικές με τα συγκεκριμένα είδη λάθους που κάνει ο μαθητής. Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται από το WEAR για τους παρακάτω σκοπούς:

- Υπάρχουν φορές που ένα λάθος μπορεί να αποδοθεί σε περισσότερες από μία αιτίες. Για να επιλύσει μια τέτοια διαφωνία το σύστημα χρησιμοποιεί πληροφορίες από το μοντέλο μαθητή. Συγκεκριμένα, αν π.χ. οι υποψήφια αιτίες λάθους είναι η «λάθος απομόνωση αγνώστου» και η «λάθος σχέση μεταξύ των μεταβλητών» και το μοντέλο του μαθητή υποδεικνύει ότι ο συγκεκριμένος μαθητής σπάνια κάνει λάθος κατά την απομόνωση αγνώστου, τότε η υπόθεση που κάνει το σύστημα είναι ότι αυτό θα ισχύει και στην προκειμένη περίπτωση και θα αποδώσει το λάθος του μαθητή στην κατηγορία «λάθος σχέση μεταξύ των μεταβλητών».
- Το σύστημα εκμεταλλεύομενο τις πληροφορίες από το μοντέλο του μαθητή για τα συγκεκριμένα είδη λάθους που αυτός κάνει, δημιουργεί αναλυτικές αναφορές προόδου για κάθε μαθητή τις οποίες παρέχει στον ίδιο τον μαθητή αλλά και στον καθηγητή του.

- Γνωρίζοντας το σύστημα την αιτία του λάθους του μαθητή είναι σε θέση να αποκρινεται σε αυτόν με τον κατάλληλο τρόπο. Να του εμφανίζει για παράδειγμα ένα μήνυμα λάθους και μία εξήγηση για την παρανόηση που είχε και πιθανόν τον οδήγησε στη λανθασμένη απάντηση.

### 6.3 Μοντελοποίηση καθηγητή

Το τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή παρακολουθεί τις αλληλεπιδράσεις κάθε καθηγητή με το WEAR, δημιουργεί και ενημερώνει το μοντέλο του. Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 5, ένας καθηγητής είτε αναζητά ένα πρόβλημα που έχει κατασκευαστεί από άλλους ή κατασκευάζει ο ίδιος ένα πρόβλημα. Το WEAR συνάγει από αυτές τις δύο ενέργειες το ενδιαφέρον ή τη συμβολή του καθηγητή σε κάτι, αντίστοιχα. Αυτή η υπόθεση στην οποία στηρίζεται η μοντελοποίηση του καθηγητή στο WEAR ομοιάζει με αυτή ενός συστήματος που ονομάζεται InfoVine (Harvey, Smith & Lund, 1998), το οποίο συμπεραίνει ότι οι χρήστες ενδιαφέρονται για κάτι αν κατ' επανάληψη ρωτούν το σύστημα γι' αυτό, ενώ ότι είναι έμπειροι σε κάτι αν κατ' επανάληψη λένε στο σύστημα γι' αυτό. Στο WEAR, όταν ένας χρήστης αναζητά συχνά προβλήματα συγκεκριμένων κατηγοριών συνάγεται ότι αυτός ο συγκεκριμένος χρήστης «ενδιαφέρεται» γι' αυτές τις κατηγορίες προβλημάτων· όταν ένας χρήστης κατασκευάζει συχνά προβλήματα που ανήκουν στην ίδια κατηγορία το συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι αυτός ο χρήστης έχει «συνεισφέρει σημαντικά» σε αυτό το είδος προβλήματος.

Συγκεκριμένα, οι πλευρές του καθηγητή που μοντελοποιούνται στο WEAR είναι οι ακόλουθες:

- **Προτιμήσεις του καθηγητή.** Στο WEAR ο καθηγητής ρωτάται για τις μακροπρόθεσμες προτιμήσεις του σχετικά με το μάθημα που κατασκευάζει: αν επιθυμεί να είναι το μάθημα δύσκολο, μέτριο ή εύκολο ή αν επιθυμεί να είναι πολύ δημοφιλές, δημοφιλές ή αν δεν τον ενδιαφέρει αυτό το χαρακτηριστικό. Καθεμία από αυτές τις προτιμήσεις συσχετίζεται με ένα ποσοστό αποτυχίας στις επιδόσεις των μαθητών της τάξης και ενδιαφέροντος για το μάθημα (π.χ. πόσες φορές οι μαθητές επισκέπτονται το ηλεκτρονικό βιβλίο και/ή πόσα προβλήματα

έχουν λύσει). Ο καθηγητής δηλώνει επίσης στο σύστημα πόσο σημαντική θεωρεί κάθε κατηγορία λάθους των μαθητών. Με τον τρόπο αυτό το επίπεδο γνώσης των μαθητών υπολογίζεται βάσει των προτιμήσεων του καθηγητή, αποδίδοντας μεγαλύτερο βάρος στα λάθη εκείνα που ο καθηγητής όρισε ως περισσότερο σημαντικά.

- **Οι συνήθεις δραστηριότητες του καθηγητή.** Οι δραστηριότητες του καθηγητή που επαναλαμβάνονται συχνά καταγράφονται στο μοντέλο του. Για παράδειγμα, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, όταν ένας καθηγητής κατασκευάζει συχνά προβλήματα που ανήκουν στην ίδια κατηγορία καταγράφεται στο μοντέλο του ότι έχει «συνεισφέρει σημαντικά» σε αυτό το είδος προβλήματος. Συγκεκριμένα, στο μοντέλο του καθηγητή καταγράφεται το *βάρος συνεισφοράς* του σε κάθε κατηγορία προβλημάτων, το οποίο υπολογίζεται από τον αριθμό των προβλημάτων της συγκεκριμένης κατηγορίας που κατασκεύασε ο καθηγητής προς τον συνολικό αριθμό των προβλημάτων που κατασκεύασε. Αν η τιμή του *βάρους συνεισφοράς* είναι μεγαλύτερη από ένα κατώφλι (δοκιμαστικά έχει οριστεί να είναι 0.6) θεωρείται ότι ο καθηγητής έχει συνεισφέρει σημαντικά στα προβλήματα αυτής της κατηγορίας.
- **Τα ιδιαίτερα ενδιαφέροντα του καθηγητή.** Τα ενδιαφέροντα του καθηγητή συνάγονται από το σύστημα και καταγράφονται επίσης στο μοντέλο του. Όταν για παράδειγμα ένας καθηγητής αναζητά συχνά προβλήματα συγκεκριμένων κατηγοριών καταγράφεται στο μοντέλο του ότι «ενδιαφέρεται» γι' αυτές τις κατηγορίες προβλημάτων. Αντίστοιχα με το *βάρος συνεισφοράς* που αναφέρθηκε παραπάνω, εδώ υπολογίζεται και καταγράφεται το *βάρος ενδιαφέροντος* του καθηγητή σε κάθε κατηγορία προβλημάτων. Αυτό υπολογίζεται από τον αριθμό των φορών που αναζήτησε ο καθηγητής προβλήματα της συγκεκριμένης κατηγορίας προς τον συνολικό αριθμό των φορών που αναζήτησε προβλήματα. Αν η τιμή του *βάρους ενδιαφέροντος* είναι μεγαλύτερη από ένα κατώφλι (δοκιμαστικά έχει οριστεί κι εδώ να είναι 0.6) θεωρείται ότι ο καθηγητής ενδιαφέρεται ιδιαίτερα για τα προβλήματα αυτής της κατηγορίας.
- **Το επίπεδο εμπειρογνομosύνης του καθηγητή.** Στο WEAR το μοντέλο καθηγητή περιλαμβάνει και το επίπεδο εμπειρίας του καθηγητή στη διδασκαλία. Αυτή η πληροφορία δεν συνάγεται από το σύστημα αλλά δηλώνεται άμεσα από

τον ίδιο τον καθηγητή. Κάθε καθηγητής μπορεί να τοποθετήσει τον εαυτό του σε μία από τις εξής κατηγορίες: αρχάριος, με λίγη πείρα, έμπειρος. Στην περίπτωση των αρχάριων καθηγητών και αυτών με λίγη πείρα το σύστημα τους παρέχει περισσότερη βοήθεια σχετικά με τις στρατηγικές διδασκαλίας που επιλέγουν.

- **Η τάση του καθηγητή να υπερεκτιμά ή να υποτιμά το επίπεδο δυσκολίας των ασκήσεων.** Το σύστημα συγκρίνει το επίπεδο δυσκολίας που έχει αποδώσει ο καθηγητής σε κάθε πρόβλημα με τις επιδόσεις των μαθητών. Αν παρατηρείται κάποια τάση του καθηγητή να υποτιμά ή να υπερεκτιμά το επίπεδο δυσκολίας τότε αυτή η τάση καταγράφεται στο μοντέλο του. Για παράδειγμα αν η πλειοψηφία των μαθητών αποτυγχάνει σε προβλήματα που ο καθηγητής έχει θεωρήσει εύκολα το WEAR συμπεραίνει ότι ο συγκεκριμένος καθηγητής έχει την τάση να υποτιμά το βαθμό δυσκολίας που αποδίδει στα προβλήματα και καταγράφει αυτή την τάση στο μοντέλο του.

Το μοντέλο καθηγητή χρησιμοποιείται στο WEAR με τους εξής τρόπους:

### 1. Για την παροχή εξατομικευμένης βοήθειας στον καθηγητή.

Το WEAR χρησιμοποιεί το μοντέλο καθηγητή προκειμένου να παρέχει σε αυτόν εξατομικευμένη βοήθεια αναφορικά με τις στρατηγικές διδασκαλίας του. Για παράδειγμα, αν το μοντέλο ενός καθηγητή υποδεικνύει την προτίμησή του να είναι το μάθημά του δημοφιλές, το σύστημα θα ελέγξει αν οι τρέχουσες επιλογές του συμβαδίζουν ή όχι με τον στόχο του. Τα μοντέλα μαθητών παρέχουν πληροφορίες για το πόσοι μαθητές επιχειρήσαν να λύσουν τις ασκήσεις του μαθήματος και πόσες φορές επισκέφθηκαν συγκεκριμένες ενότητες του ηλεκτρονικού βιβλίου. Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται από το σύστημα για να ενημερώσουν τον καθηγητή πόσο συνεπής είναι με τον προκαθορισμένο στόχο του (αυτόν του δημοφιλούς μαθήματος). Το ίδιο συμβαίνει με την προτίμηση του καθηγητή για εύκολα ή δύσκολο μάθημα. Αν δηλαδή ένας καθηγητής έχει δηλώσει και έχει καταγραφεί στο μοντέλο του ότι επιθυμεί το μάθημα που κατασκευάζει να είναι εύκολο και η πλειοψηφία των μαθητών αποτυγχάνει να λύσει τα προβλήματα τότε το σύστημα συνάγει ότι ο στόχος του καθηγητή δεν συναντάται και τον ενημερώνει ανάλογα.

Επίσης, αν στο μοντέλο κάποιου καθηγητή έχει καταγραφεί ότι έχει την τάση να υπερεκτιμά ή να υποτιμά το επίπεδο δυσκολίας των προβλημάτων που κατασκευάζει, το WEAR του υπενθυμίζει την τάση του αυτή όταν εισάγει νέα προβλήματα. Επιπλέον, το WEAR πραγματοποιεί και πιο λεπτομερείς ελέγχους: αν για παράδειγμα, η πλειοψηφία των μαθητών δεν κατανοεί ένα συγκεκριμένο θέμα του γνωστικού πεδίου (όπως υποδεικνύουν οι χαμηλές βαθμολογίες τους στα αντίστοιχα προβλήματα), τότε ο καθηγητής ενημερώνεται και του παρέχονται κάποιες υποδείξεις για να διορθώσει την κατάσταση (π.χ. ο λόγος για την αποτυχία των μαθητών μπορεί να είναι η λάθος θέση κάποιας ενότητας στο ηλεκτρονικό βιβλίο, ή ότι τα αντίστοιχα προβλήματα ήταν ιδιαίτερα δύσκολα).

## 2. Για την προσαρμογή της αλληλεπίδρασης με τους καθηγητές.

Όταν ένας καθηγητής αναζητά προβλήματα που έχουν κατασκευαστεί από άλλους καθηγητές (προκειμένου να τα διαθέσει και στην δική του τάξη) και επιλέγει να δει τις διαθέσιμες κατηγορίες προβλημάτων, παρατηρεί ότι οι κατηγορίες που συνήθως αναζητά είναι προεπιλεγμένες γι' αυτόν από το σύστημα (Σχήμα 6.1).

Όνομα κατηγορίας	Αριθμός ασκήσεων
<input type="checkbox"/> Gross National Product	14
<input type="checkbox"/> Gross Domestic Product	14
<input type="checkbox"/> Net Factor Payments from abroad	9
<input type="checkbox"/> Private Consumption	3
<input checked="" type="checkbox"/> Private saving	9
<input type="checkbox"/> National saving	5
<input type="checkbox"/> Private disposable income	14
<input type="checkbox"/> Current account balance	5
<input type="checkbox"/> Investment	1
<input type="checkbox"/> Net exports	2

Εμφάνιση ασκήσεων των επιλεγμένων κατηγοριών

Οι κατηγορίες που εμφανίζονται με έντονα γράμματα είναι όσες περιέχουν ασκήσεις που έχουν προστεθεί μετά την τελευταία είσοδό σας στο WEAR.

Σχήμα 6.1: Προεπιλεγμένες κατηγορίες προβλημάτων βάσει των ενδιαφερομένων του καθηγητή

Το WEAR χρησιμοποιεί το βάρος ενδιαφέροντος που υπάρχει στο μοντέλο κάθε καθηγητή για να είναι σε θέση να προεπιλέγει για τον καθηγητή εκείνες τις κατηγορίες προβλημάτων που τον ενδιαφέρουν. Φυσικά, ο καθηγητής μπορεί να επιλέξει όσες επιπλέον κατηγορίες επιθυμεί ή να αποεπιλέξει κάποιες από τις ήδη επιλεγμένες.

Βάσει της ίδιας λογικής, κατά την είσοδό του στο σύστημα ο καθηγητής ενημερώνεται σε περίπτωση που μετά την τελευταία του αλληλεπίδραση με το WEAR έχουν εισαχθεί προβλήματα των κατηγοριών που τον ενδιαφέρουν (Σχήμα 6.2).

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer window titled "WEAR - Microsoft Internet Explorer". The address bar contains the URL: [http://mainam.cs.unica.gr:9080/server/frames/auth?auth\\_id=viky@asthene=2002-01-22%2013:30](http://mainam.cs.unica.gr:9080/server/frames/auth?auth_id=viky@asthene=2002-01-22%2013:30). The main content area displays the heading "WEb-based authoring tool for Algebra Related" and a notification: "Από την τελευταία επίσκεψή σας στο σύστημα (στις 22/01/2002 20:13:30) έχουν προστεθεί νέες ασκήσεις στα παρακάτω γνωστικά πεδία". Below this is a table with two columns: "Πεδίο" and "Αριθμός νέων ασκήσεων". The table contains one row with the value "economics02" in the first column and "1" in the second. A "Λεπτομέρειες..." button is located below the table. On the left side of the page, there is a vertical menu with icons and labels for "Ασκήσεις", "Αναλυτικές", and "Ασκήσεις".

Πεδίο	Αριθμός νέων ασκήσεων
economics02	1

Σχήμα 6.2: Ενημέρωση του καθηγητή για νέα ενδιαφέροντα προβλήματα κατά την είσοδό του στο σύστημα

Αν ο καθηγητής ζητήσει να δει λεπτομέρειες για τα προβλήματα αυτά, το σύστημα του εμφανίζει κατηγοριοποιημένα τα νέα προβλήματα (Σχήμα 6.3).

WEAR - Microsoft Internet Explorer

Δοχείο Επεξεργασία Προβολή Αγοραζόμενα Εργαλεία Βοήθεια

Διεύθυνση http://maxim.cs.unipi.gr/8080/service/!name/auth?auth\_devkey=lastme#2002-01-22T20:20:13.30 Μετάβαση

## WEB-based authoring tool for Algebra Related

Από την τελευταία επίσκεψή σας στο σύστημα (στις 22/01/2002 20 13:30) έχουν προστεθεί νέες ασκήσεις στις παρακάτω κατηγορίες του γνωστικού πεδίου 'economics02'

Όνομα κατηγορίας	Αριθμός νέων ασκήσεων
Gross National Product	1

Εμφάνιση νέων ασκήσεων των επιλεγμένων κατηγοριών

© Παιδεία

Internet

Σχήμα 6.3: Τα νέα ενδιαφέροντα προβλήματα σε κατηγορίες

Επίσης, υπάρχει στη διάθεση του καθηγητή ένας σύνδεσμος με τίτλο «Ενδιαφέροντα προβλήματα», που αν τον ακολουθήσει θα του παρουσιαστούν τα προβλήματα των κατηγοριών που τον ενδιαφέρουν και έχουν κατασκευαστεί από καθηγητές που έχουν «συνεισφέρει σημαντικά» σε αυτές τις κατηγορίες (Σχήμα 6.4).

**Web-based authoring tool for Algebra Related documents**

Ενδιαφέροντες ασκήσεις στο πεδίο: "economics02"

Όνομα άσκησης	Βαθμός δυσκολίας	Δημιουργός	Ημερομηνία δημοσίευσης
<input type="checkbox"/> Sprivate	1	maria	04/09/2000 15:35:41
<input type="checkbox"/> Sprivate02	1	maria	04/09/2000 15:35:41
<input type="checkbox"/> private saving 1	2	maria	27/10/2000 16:54:20
<input type="checkbox"/> private saving 2	2	maria	27/10/2000 17:00:19
<input type="checkbox"/> saving	2	maria	04/09/2000 15:35:41
<input type="checkbox"/> Εθνική αποταμίευση	2	maria	04/09/2000 15:35:41
<input type="checkbox"/> Εθνική αποταμίευση 2	1	maria	04/09/2000 15:35:41
<input type="checkbox"/> διαθέσιμο εισόδημα	2	maria	04/09/2000 15:35:41
<input type="checkbox"/> Κατανάλωση	1	maria	04/09/2000 15:35:41

Εμφάνιση επιλεγμένης άσκησης

Οι ασκήσεις με έντονα γράμματα είναι όσες έχουν δημοσιευθεί μετά την τελευταία είσοδό σας στο WEAR.

Σχήμα 6.4: Ενδιαφέροντα προβλήματα από καθηγητές με μεγάλη συνεισφορά

### 3. Για την προώθηση της συνεργασίας μεταξύ των καθηγητών.

Οι καθηγητές έχουν τη δυνατότητα να δουν τι έχουν κάνει οι υπόλοιποι καθηγητές σε δύο διαστάσεις: την δομή του μαθήματος και τα προβλήματα που έχουν κατασκευαστεί. Αναφορικά με το πρώτο, αυτό που παρουσιάζεται στον καθηγητή είναι η δομή ενός παρόμοιου μαθήματος που έχει δημιουργηθεί από έναν άλλο καθηγητή. Η ομοιότητα των μαθημάτων υπολογίζεται βάσει του πεδίου στο οποίο ανήκουν και του βαθμού δυσκολίας που τους έχει αποδώσει ο καθηγητής που τα δημιούργησε. Συγκεκριμένα, ο καθηγητής μπορεί να δει έναν εμπλουτισμένο πίνακα περιεχομένων του μαθήματος που παρουσιάζει όχι μόνο την ιεραρχία των ενοτήτων αλλά και τις σχέσεις προαπαιτούμενων που έχει ορίσει ο καθηγητής που το κατασκεύασε. Με αυτόν τον τρόπο, οι καθηγητές που μπορεί να είναι αρχάριοι στο σχεδιασμό Διαδικτυακών μαθημάτων βοηθούνται από πιο έμπειρους συναδέλφους τους που έχουν ήδη χρησιμοποιήσει το WEAR.

Όπως αναφέρθηκε ήδη, όταν ένας καθηγητής ζητήσει να δει προβλήματα άλλων, το σύστημα του παρουσιάζει τα προβλήματα εκείνα που κατασκευάστηκαν από καθηγητές που θεωρεί το WEAR ότι έχουν «μεγάλη συνεισφορά» στις κατηγορίες

που ενδιαφέρουν τον συγκεκριμένο καθηγητή. Επιπλέον, όταν ένας καθηγητής κατασκευάζει ένα νέο πρόβλημα το σύστημα ελέγχει αν το πρόβλημα αυτό ομοιάζει με κάποιο πρόβλημα που έχει κατασκευαστεί ήδη από έναν καθηγητή με «μεγάλη συνεισφορά». Αν αυτό συμβαίνει, ο καθηγητής έχει την επιλογή να δει το παρεμφερές πρόβλημα και να το χρησιμοποιήσει και για την τάξη του αντί να συνεχίσει την κατασκευή του δικού του προβλήματος. Με τον τρόπο αυτό το σύστημα αποφεύγει την επανάληψη προβλημάτων, διευκολύνει το έργο των καθηγητών και προωθεί τη συνεργασία μεταξύ τους.

#### 4. Για την παροχή ενός περισσότερο προσωπικού εκπαιδευτικού περιβάλλοντος στους μαθητές.

Όπως έδειξε η εμπειρική μελέτη που προηγήθηκε της κατασκευής του WEAR και παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4, οι μαθητές επιθυμούν να γνωρίζουν σε κάποιο βαθμό «ποιος» είναι ο καθηγητής τους: τι περιμένει από αυτούς, ποιες είναι οι προτεραιότητές του στο μάθημα, πόσο δύσκολες είναι οι ασκήσεις που τους θέτει κ.λπ. Συνήθως οι μαθητές αναζητούν τέτοιου είδους πληροφορίες από μεγαλύτερους μαθητές που έχουν ήδη παρακολουθήσει το ίδιο μάθημα, ή ρωτούν οι ίδιοι τον καθηγητή τους. Ωστόσο, αυτές οι πληροφορίες στην περίπτωση του ΕΣΕΔΣ μπορούν να διαβιβαστούν στους μαθητές από το τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή. Με τον τρόπο αυτό, η αλληλεπίδραση των μαθητών με το σύστημα γίνεται πιο προσωπική. Μέσω του πράκτορα διεπαφής (που αναπαριστά έναν εικονικό συμμαθητή) οι μαθητές ενημερώνονται για τη δυσκολία του μαθήματος που θα παρακολουθήσουν, για το βαθμό επιτυχίας του μαθήματος σε προηγούμενες τάξεις που το παρακολούθησαν, κ.λπ. Βέβαια, για την παροχή στους μαθητές αυτών των πληροφοριών από το μοντέλο του καθηγητή, προαπαιτείται η συγκατάθεσή του.

### 6.4 Αλληλεπίδραση μεταξύ μοντέλων μαθητή - καθηγητή

Όπως έχει αναφερθεί στις προηγούμενες ενότητες, τα μοντέλα καθηγητή και μαθητή αποκτούν τις πληροφορίες που χρειάζονται από τους καθηγητές και τους μαθητές αντίστοιχα, με άμεσο και έμμεσο τρόπο. Μια σημαντική πηγή έμμεσης απόκτησης πληροφοριών για το μοντέλο κάθε τάξης χρηστών είναι το μοντέλο της άλλης τάξης

χρηστών. Αυτό γίνεται ούτως ώστε κάθε τάξη χρηστών να μπορεί να λαμβάνει βοήθεια και ανάδραση από το σύστημα λαμβάνοντας υπ' όψη και σχετικά θέματα που καθορίζονται από την άλλη τάξη.

Στην περίπτωση του τμήματος μοντελοποίησης καθηγητή, τα μοντέλα μαθητή παρέχουν πληροφορίες για το πόσα προβλήματα επιχειρήσαν να λύσουν οι μαθητές και πόσες φορές επισκέφθηκαν συγκεκριμένες ενότητες του ηλεκτρονικού βιβλίου. Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται για να ενημερώνει το σύστημα τον καθηγητή αν πλησιάζει ή απομακρύνεται από το στόχο που έχει θέσει για τη δημοτικότητα του μαθήματος.

Ένα άλλο ζήτημα που αφορά στο μοντέλο του καθηγητή προκύπτει όταν οι μαθητές λύνουν προβλήματα. Σε αυτήν την περίπτωση, το σύστημα συγκεντρώνει στοιχεία για το επίπεδο δυσκολίας αυτών των προβλημάτων ώστε να ενημερώσει και πάλι τον καθηγητή. Για παράδειγμα, αν η πλειοψηφία των μαθητών ενός συγκεκριμένου επιπέδου γνώσης αποτυγχάνουν να λύσουν ένα πρόβλημα το οποίο έχει ανατεθεί από τον καθηγητή σε αυτό το επίπεδο, τότε καθηγητής ενημερώνεται για την αστοχία αυτή. Σε μια τέτοια περίπτωση, πιθανόν ο καθηγητής να επιθυμεί να επαναπροσδιορίσει το επίπεδο δυσκολίας του προβλήματος αφού υπάρχουν ενδείξεις ότι το πρόβλημα είναι υψηλότερου βαθμού δυσκολίας. Από την άλλη πλευρά, αν πολλοί μαθητές κατάφεραν να λύσουν ένα πρόβλημα υψηλότερου βαθμού δυσκολίας από αυτόν που πρότεινε ο καθηγητής τους, τότε το επίπεδο δυσκολίας μπορεί να έχει υπερεκτιμηθεί από τον καθηγητή. Και σε αυτήν την περίπτωση το σύστημα ενημερώνει τον καθηγητή. Και στις δύο περιπτώσεις, το WEAR δεν παίρνει την πρωτοβουλία να αλλάξει μόνο του το επίπεδο δυσκολίας προτείνει στον καθηγητή να αυξήσει ή να μειώσει αυτό το μέτρο ανάλογα με την παρατηρούμενη επίδοση των μαθητών σε ένα συγκεκριμένο πρόβλημα. Με τον τρόπο αυτό οι καθηγητές βοηθούνται από το σύστημα στην κατάταξη των προβλημάτων.

Στην περίπτωση της μοντελοποίησης μαθητή, το επίπεδο γνώσης των μαθητών επηρεάζεται τόσο από τα λάθη πεδίου όσο και από τα μαθηματικά λάθη που κάνουν οι μαθητές. Το επίπεδο γνώσης αυτό υπολογίζεται λαμβάνοντας υπ' όψη την προτίμηση του καθηγητή να αποδώσει μεγαλύτερο βάρος στη μία ή στην άλλη

κατηγορία λάθους. Με τον τρόπο αυτό το μοντέλο καθηγητή επηρεάζει τη διαδικασία μοντελοποίησης των μαθητών.

Μία ακόμα πληροφορία που μεταβιβάζεται έμμεσα από το μοντέλο καθηγητή στο μοντέλο μαθητή αφορά το επίπεδο δυσκολίας του μαθήματος. Συγκεκριμένα, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να μάθουν το επίπεδο γνώσης τους όχι μόνο σε απόλυτους όρους αλλά και σε σχέση με το επίπεδο δυσκολίας του μαθήματος όπως αυτό ορίστηκε από τις προτιμήσεις του καθηγητή. Για παράδειγμα, η επίδοση ενός μαθητή μπορεί να είναι μέτρια αντί για πολύ καλή λόγω του ότι ο στόχος του καθηγητή ήταν να δημιουργήσει ένα σχετικά δύσκολο μάθημα. Έχοντας τη δυνατότητα ο μαθητής να ενημερωθεί για το πραγματικό επίπεδο γνώσης του αλλά και ένα επίπεδο γνώσης επηρεασμένο από το βαθμό δυσκολίας του μαθήματος μπορεί να συνειδητοποιήσει καλύτερα ποιες είναι οι γνώσεις του στο γνωστικό πεδίο που διδάσκεται.

## 6.5 Συμπεράσματα

Το κεφάλαιο αυτό ασχολήθηκε με την μοντελοποίηση των χρηστών του WEAR (Virvou & Moundtidou, 2001b). Περιγράφηκαν οι πηγές πληροφόρησης του συστήματος προκειμένου να δημιουργεί και να ενημερώνει τα μοντέλα χρηστών του (μοντέλο μαθητή και μοντέλο καθηγητή) καθώς και ο τρόπος που τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνται. Επιπλέον, στο κεφάλαιο αυτό περιγράφηκε και ένα ακόμα πρωτότυπο στοιχείο του WEAR σχετικό με τη μοντελοποίηση χρηστών: το ότι το μοντέλο κάθε τάξης χρηστών στο WEAR, αλληλεπιδρά και επηρεάζει το μοντέλο της άλλης τάξης.

Η εμπειρία με το WEAR υπέδειξε ότι τα περισσότερα Εργαλεία Συγγραφής Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων θα μπορούσαν να επωφεληθούν από την ενσωμάτωση στην αρχιτεκτονική τους ενός τμήματος μοντελοποίησης καθηγητών. Το επόμενο κεφάλαιο αυτής της διατριβής ασχολείται με τη γενικευμένη χρησιμότητα της μοντελοποίησης καθηγητών στα ΕΣΕΔΣ και τον καθορισμό ενός γενικού πλαισίου για την ενσωμάτωση ενός τέτοιου τμήματος στην αρχιτεκτονική των ΕΣΕΔΣ.

## ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΗ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΧΡΗΣΤΗ-ΚΑΘΗΓΗΤΗ ΣΤΑ ΕΣΕΔΣ

### 7.1 Εισαγωγή

Το WEAR είναι ένα Εργαλείο Συγγραφής Ευφώνων Διδακτικών Συστημάτων που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 5 αυτής της διατριβής. Όπως αναφέρθηκε εκεί, το WEAR προκειμένου να προσαρμόζει την αλληλεπίδραση με τους μαθητές και τους καθηγητές στηρίζεται στα μοντέλα χρηστών που διατηρεί. Σε αντίθεση μάλιστα με τα περισσότερα ΕΔΣ και ΕΣΕΔΣ που μοντελοποιούν μόνο τους μαθητές, το WEAR μοντελοποιεί και τις δύο κατηγορίες χρηστών του: μαθητές αλλά και καθηγητές. Το κεφάλαιο 6 ασχολήθηκε αριβώς με την μοντελοποίηση χρηστών του WEAR εστιάζοντας στο καινοτόμο θέμα της μοντελοποίησης του καθηγητή.

Η μελέτη της βιβλιογραφίας των ΕΣΕΔΣ και η εμπειρία που αποκτήθηκε από τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη του WEAR, υπέδειξε ότι η ενσωμάτωση στην

αρχιτεκτονική των ΕΣΕΔΣ ενός τμήματος μοντελοποίησης καθηγητών θα μπορούσε να είναι επωφέλης για τα περισσότερα από αυτά τα συστήματα. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται μια εκτενής ανάλυση για τη γενικευμένη χρησιμότητα της μοντελοποίησης καθηγητών και καθορίζεται ένα γενικό πλαίσιο για την ενσωμάτωση ενός τέτοιου τμήματος στην αρχιτεκτονική των ΕΣΕΔΣ.

Συγκεκριμένα, η ενότητα 7.2 οριοθετεί το ζήτημα και παραθέτει τους προβληματισμούς που οδήγησαν σε αυτό. Στην επόμενη ενότητα (7.3) περιγράφονται κάποια από τα υπάρχοντα ΕΣΕΔΣ και σχολιάζονται τα πλεονεκτήματα που θα προσέδιδε σε αυτά η μοντελοποίηση καθηγητή. Τέλος, στην ενότητα 7.4 περιγράφεται ένα γενικό πλαίσιο ενσωμάτωσης τμήματος μοντελοποίησης καθηγητή στα ΕΣΕΔΣ απαντώντας στα εξής ερωτήματα:

- πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα τέτοιο τμήμα;
- ποια στοιχεία του καθηγητή μπορούν να μοντελοποιηθούν;
- ποιες είναι οι πηγές πληροφόρησης που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν;

## 7.2 Ορισμός του προβλήματος

Στα περισσότερα από τα υπάρχοντα ΕΣΕΔΣ η ποιότητα των παραγόμενων ΕΔΣ εξαρτάται κυρίως από τους καθηγητές-συγγραφείς. Ωστόσο, οι καθηγητές αντιμετωπίζουν τις περισσότερες φορές διάφορα προβλήματα κατά τη διαδικασία σχεδίασης (π.χ. μπορεί να μην είναι βέβαιοι για τη δομή που πρέπει να έχει το υπό κατασκευή μάθημα) και μπορεί να παρέχουν ασυνεπείς πληροφορίες στο εργαλείο συγγραφής οδηγώντας το στην παραγωγή ΕΔΣ με προβληματική συμπεριφορά. Επιπλέον, οι καθηγητές παίζουν κρίσιμο ρόλο στην επιτυχία ή στην αποτυχία οποιουδήποτε εκπαιδευτικού λογισμικού σε πραγματικές συνθήκες. Αν οι καθηγητές δεν αποδεχτούν το λογισμικό τότε αυτό δεν έχει σοβαρές πιθανότητες να χρησιμοποιηθεί σωστά στην τάξη. Αυτό είναι ακόμα πιο έντονο στην περίπτωση των ΕΣΕΔΣ που απευθύνονται κυρίως σε καθηγητές.

Ωστόσο, πολύ λίγα εργαλεία συγγραφής παρέχουν στους καθηγητές-συγγραφείς επιπλέον μέσα που θα τους βοηθήσουν στη διαδικασία κατασκευής των ΕΔΣ. Για παράδειγμα, οι Wu, Houben & De Bra (1999) περιγράφουν εργαλεία υποστήριξης

που βοηθούν τους συγγραφείς να δημιουργούν εύχρηστες και συνεπείς προσαρμοστικές εφαρμογές υπερμέσων. Ο Brusilovsky (2000) παρουσιάζει ένα σύστημα συντήρησης μαθημάτων βασισμένο σε έννοιες (concept-based) το οποίο ελέγχει τη συνέπεια ενός μαθήματος κάθε στιγμή της ζωής του και βοηθά τον σχεδιαστή του μαθήματος σε κάποιες εργασίες ρουτίνας. Μια περισσότερο πολύπλοκη προσέγγιση παρουσιάζεται από τους Nkambou, Erasson & Gauthier (1998): προκειμένου να παρέχεται στους σχεδιαστές υποστήριξη που εστιάζει στην εμπειρογνωμοσύνη της κατασκευής μαθημάτων, προτείνουν τη χρήση ενός εμπειρου συστήματος ενσωματωμένου στο περιβάλλον συγγραφής. Το εμπειρο σύστημα καταλήγει σε συμπεράσματα βάσει περιορισμών στη σχεδίαση μαθήματος που προέρχονται από διάφορες θεωρίες διδακτικού σχεδιασμού. Με τον τρόπο αυτό, το εμπειρο σύστημα επικυρώνει τα μαθήματα που παράγονται από το εργαλείο συγγραφής και συμβουλεύει τον σχεδιαστή του μαθήματος ανάλογα. Μια άλλη ενδιαφέρουσα προσέγγιση είναι αυτή που περιγράφεται στο (Barra, Negro & Scarano 1999). Πρόκειται για ένα συμμετρικό μοντέλο για προσαρμοστικά Διαδίκτυακά συστήματα: το μοντέλο αναπαριστά τους χρήστες (μαθητές) σε όρους του ενδιαφέροντος που δείχνουν για κόμβους πληροφοριών και αντίστροφα μοντελοποιεί τους κόμβους πληροφοριών σε όρους της αναμενόμενης χρησιμότητάς τους για τους χρήστες κάθε κατηγορίας. Με τον τρόπο αυτό, η προσαρμοστική συμπεριφορά μπορεί να παρουσιαστεί στον χρήστη (μαθητή) αλλά και στον συγγραφέα για να τον βοηθήσει στο σχεδιασμό και τη ρύθμιση του προσαρμοστικού συστήματος.

Παρόλο λοιπόν που παρατηρείται ένα ενδιαφέρον για την υποστήριξη των καθηγητών-συγγραφέων των ΕΣΕΔΣ, κανένα από τα υπάρχοντα συστήματα δεν ενσωματώνει τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή, το οποίο θα μπορούσε να αποδειχθεί πολύτιμο για την υποστήριξη των καθηγητών στην κατασκευή και βελτίωση των ΕΔΣ. Αυτή η παρατήρηση συμφωνεί και με ένα σχόλιο των Kinsluk & Patel (1996) αναφορικά με την ευρύτερη περιοχή των βασισμένων σε υπολογιστή περιβαλλόντων μάθησης:

«Ενώ η μοντελοποίηση μαθητή έχει ωφεληθεί από την έρευνα μοντελοποίησης χρηστών στην περιοχή της Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου-

Υπολογιστή, η έρευνα για το ρόλο του καθηγητή ως συμπράττοντα στα βασισμένα σε υπολογιστή περιβάλλοντα μάθησης είναι σχεδόν αναπαρακτική» (σελ. 222).

Στο ίδιο άρθρο οι Kinshuk & Patel αναφέρουν επίσης ότι η μοντελοποίηση χρηστών έτσι όπως διεξάγεται στα ΕΔΣ είναι ανεπαρκής, εν μέρει γιατί αποκλείει τον καθηγητή και εστιάζει αποκλειστικά στο μοντέλο μαθητή.

Πράγματι, ένα τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή θα μπορούσε να επεξεργάζεται και να καταγράφει πληροφορίες για τις προτιμήσεις των καθηγητών σχετικά με τις στρατηγικές διδασκαλίας, για τα ενδιαφέροντα και τις συνήθειες δραστηριοτήτές τους και για το επίπεδο εμπειρίας τους τόσο στη διδασκαλία ενός συγκεκριμένου γνωστικού πεδίου όσο και στην ίδια τη διαδικασία συγγραφής. Το μοντέλο καθηγητή αφού κατασκευαστεί μπορεί να παρέχει πολύτιμες συμβουλές στους καθηγητές σχετικά με τους διδακτικούς τους στόχους και τα ΕΔΣ που συγγράφουν.

Για παράδειγμα, τα τμήματα μοντελοποίησης καθηγητή θα μπορούσαν να καταστήσουν τα εργαλεία συγγραφής περισσότερο φιλικά στον καθηγητή, ευέλικτα και χρήσιμα. Με τον τρόπο αυτό, περισσότεροι καθηγητές θα ενθαρρύνονταν να εμπλακούν στη συγγραφή ΕΔΣ. Κάποιοι από αυτούς τους καθηγητές μπορεί να έχουν πολύτιμη εμπειρία στη διδασκαλία ενός συγκεκριμένου γνωστικού πεδίου. Ένα ΕΔΣ θα μπορούσε να ωφεληθεί από αυτήν την εμπειρία. Από την άλλη μεριά, αν τα ΕΣΕΔΣ απευθύνονται μόνο σε λίγους καθηγητές που συνδυάζουν τις δεξιότητες της άριστης χρήσης λογισμικού με μεγάλη διδακτική εμπειρία κινδυνεύουν να κατακριθούν ότι δεν μπορούν να ενταχθούν στην επικρατούσα τάση της εκπαίδευσης και σε πραγματικές συνθήκες σχολείου. Αυτού του είδους η κριτική συναντάται πολύ συχνά για τα ΕΔΣ (π.χ. Boyle, 1997). Ωστόσο, όπως αναφέρουν οι Andriessen & Sandberg (1999), αντί να κατακρίνουμε το παράδειγμα των ΕΔΣ θα έπρεπε να εστιάσουμε στο ρόλο που θα μπορούσε να παίξει η Τεχνητή Νοημοσύνη σε διάφορα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

Η ενσωμάτωση ενός τμήματος μοντελοποίησης καθηγητή στην αρχιτεκτονική των ΕΣΕΔΣ θα μπορούσε να συνεισφέρει και στην βελτίωση του κύκλου ζωής της ανάπτυξης των παραγόμενων ΕΔΣ. Θα μπορούσε να παρέχει στους καθηγητές τα

μέσα που θα ενθάρρυναν τις πολλαπλές επαναλήψεις της διαδικασίας συγγραφής. Σε αυτή την περίπτωση και ο κύκλος ζωής της ανάπτυξης των παραγόμενων ΕΔΣ θα βασιζόταν επίσης σε πολλαπλές επαναλήψεις, όπως υποδεικνύει η βασισμένη σε γνώση Τεχνολογία Λογισμικού (knowledge-based software engineering). Πράγματι, οι πολλαπλές επαναλήψεις του κύκλου ζωής ενός ΕΔΣ όπου εμπλέκονται και καθηγητές μπορεί να οδηγήσει σε περισσότερο αποτελεσματικά ΕΔΣ (π.χ. Βίνου & Tsigiga, 2000). Για να επιτευχθεί αυτό, ένα ΕΣΕΔΣ θα πρέπει να παρέχει συνεχώς ανάδραση στον καθηγητή σχετικά με το κατασκευασμένο ή το υπό κατασκευή ΕΔΣ. Με αυτόν τον τρόπο, ο κύκλος ζωής των παραγόμενων ΕΔΣ μπορεί να επεκταθεί ώστε να περιλαμβάνει τις αξιολογήσεις και τις βελτιώσεις που θα κάνουν οι συγγραφείς βάσει των αξιολογήσεων. Τέτοιες αξιολογήσεις θα μπορούσαν να διεξάγονται αυτόματα από το ΕΣΕΔΣ και να περιλαμβάνουν στατιστικές πληροφορίες για την ευχρηστία και την αποτελεσματικότητα των ΕΔΣ καθώς και για την επίτευξη ή όχι των αρχικών στόχων του καθηγητή.

Η ιδέα για τα ΕΔΣ που θα μπορούσαν να βελτιώνονται βάσει πληροφοριών για την πρόοδο των μαθητών δεν είναι καινούρια. Στην πραγματικότητα, οι O'Shea & Sleeman (1973) έκαναν την παρατήρηση ότι υπάρχει μεγάλο περιθώριο αυτο-βελτίωσης του συστήματος αν αυτό λαμβάνει υπόψη του την ανάδραση από τους μαθητές. Αυτή η παρατήρηση ήταν το έναυσμα για τα αυτο-βελτιούμενα ΕΔΣ (self-improving tutors) όπως το σύστημα QUADRATIC tutor ή το PROTO-TEG. Το QUADRATIC tutor (O'Shea, 1979) ασχολείται με τη βελτίωση των διδακτικών στρατηγικών που εμπλέκουν παραμέτρους για συγκρουόμενους στόχους στο έργο της διδασκαλίας. Οι παράμετροι που μπορεί να τροποποιηθούν περιλαμβάνουν τη συχνότητα των ενθαρρυντικών σχολίων, τον αριθμό των απαντήσεων του μαθητή που μπορεί να δεχτεί το σύστημα πριν δώσει αυτό τη σωστή απάντηση, κ.λπ. Ωστόσο, ο O'Shea προτείνει ότι ο μηχανισμός αυτός της αυτο-βελτίωσης θα ταίριαζε κυρίως για ένα σύστημα που θα διενεργούσε τα πειράματα αυτά σε συνεργασία με ανθρώπους δασκάλους. Αυτό είναι ακόμα πιο έντονο στην περίπτωση των ΕΣΕΔΣ που σαφώς εμπλέκουν ανθρώπους δασκάλους. Σε αυτή την περίπτωση ένα τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή θα μπορούσε να δρα ως μεσάζοντας μεταξύ του ανθρώπου δασκάλου και του εργαλείου συγγραφής στη διαδικασία βελτίωσης των

παραγόμενων ΕΔΣ. Ο καθηγητής θα μπορούσε να θέτει τις παραμέτρους και το τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή θα μπορούσε αυτόματα να παρακολουθεί την πρόοδο του παραγόμενου μαθήματος σχετικά προς αυτές τις παραμέτρους.

Μια πιο πρόσφατη έκδοση αυτο-βελτιούμενου ΕΔΣ είναι το PROTO-TEG (Dillenbourg, 1990). Πρόκειται για ένα σύστημα το οποίο είναι ικανό να ανακαλύπτει τα κριτήρια εκείνα που είναι χρήσιμα για την επιλογή των διδακτικών στρατηγικών που έχει στη διάθεσή του. Τα κριτήρια αυτά εκφράζονται σαν χαρακτηριστικά από το μοντέλο του μαθητή και κατασκευάζονται συγκρίνοντας τις καταστάσεις του μοντέλου του μαθητή που καταγράφηκαν όταν μία στρατηγική ήταν αποτελεσματική και εκείνες που καταγράφηκαν όταν η ίδια στρατηγική ήταν αναποτελεσματική. Και σε αυτή την περίπτωση, τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται στο PROTO-TEG θα μπορούσαν να παρέχουν πληροφορίες σε ένα τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή που θα βελτίωνε τη διαδικασία συγγραφής.

### 7.3 ΕΣΕΔΣ και μοντελοποίηση καθηγητή

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3 αυτής της διατριβής, την τελευταία δεκαετία τα ΕΣΕΔΣ έχουν προσελκύσει το ερευνητικό ενδιαφέρον και περισσότερα από είκοσι τέτοια συστήματα έχουν αναπτυχθεί και αναφερθεί στη βιβλιογραφία. Σε αυτήν την ενότητα θα περιγραφούν μερικά από τα υπάρχοντα ΕΣΕΔΣ υπό το πρίσμα της μοντελοποίησης καθηγητή που είναι το θέμα του τρέχοντος κεφαλαίου.

Το REDEEM (Major, Ainsworth & Wood, 1997) είναι ένα εργαλείο που επιτρέπει στους χρήστες του την συγγραφή του μοντέλου διδασκαλίας των ΕΔΣ που θα παραχθούν. Δεν ασχολείται με την παραγωγή διδασκαλίας αλλά εστιάζει στην αναπαράσταση της διδακτικής εμπειρογνωμοσύνης. Το REDEEM περιμένει από τον καθηγητή να περιγράψει υπάρχον διδακτικό υλικό («σελίδες» μαθήματος) σε όρους της δυσκολίας τους, της γενικότητάς τους, κ.λπ., να κατασκευάσει στρατηγικές διδασκαλίας (π.χ. πότε και πώς να εξεταστούν οι μαθητές, πόσο συχνά να τους προσφέρονται υποδείξεις, κ.λπ.) και να προσδιορίσει τους μαθητές. Το εργαλείο εκμεταλλεύεται τη γνώση που του παρέχεται από τον καθηγητή καθώς και την δική

του γνώση διδασκαλίας προκειμένου να παρέχει εξατομικευμένη διδασκαλία στους μαθητές. Οι Major, Ainsworth & Wood (1997) αναφέρουν για το REDEEM:

«... Ένα σημείο στο οποίο θα εσιτιάσει η έρευνά μας με τους καθηγητές θα είναι να διερευνήσουμε θέματα της διδακτικής εμπειρογνωμοσύνης... Το REDEEM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξεταστούν τα μαθήματα που παρήγαγαν έμπειροι καθηγητές σε σύγκριση με εκείνα που παρήγαγαν αρχάριοι καθηγητές. Τα περιβάλλοντα αυτά μπορούν να συσχετιστούν με οποιεσδήποτε διαφορές στα μαθησιακά αποτελέσματα» (σελ. 335)

Η διερεύνηση θεμάτων εμπειρογνωμοσύνης των καθηγητών συμφωνεί και με τις απόψεις που εκφράζονται σε αυτή τη διατριβή σχετικά με τα ΕΣΣΕΔΣ. Πράγματι, το ίδιο το σύστημα θα μπορούσε να συνάγει αν ένας καθηγητής είναι έμπειρος ή όχι βάσει των διαφορών στα μαθησιακά αποτελέσματα των ΕΔΣ που δημιούργησαν. Ο σκοπός αυτού δεν θα ήταν φυσικά ο έλεγχος της ικανότητας των καθηγητών αλλά η παροχή σε αυτούς βοήθειας και συμβουλών σε περίπτωση που τις χρειαζόνταν. Ένας αρχάριος καθηγητής ο οποίος αντιμετωπίζει δυσκολίες στην κατασκευή ενός ΕΔΣ θα μπορούσε να επωφεληθεί από ένα σύστημα που θα του επέτρεπε να δει πως κατασκεύασε ένα παρόμοιο ΕΔΣ ένας έμπειρος (βάσει των υποθέσεων του συστήματος) συνάδελφός του. Οι Ainsworth, Grimshaw & Underwood (1999) αξιολόγησαν μία περίπτωση χρήσης του REDEEM στην οποία οι καθηγητές είχαν τη δυνατότητα να δουν τα μαθήματα που έφτιαξαν άλλοι καθηγητές. Τα αποτελέσματα αυτής της αξιολόγησης επιβεβαιώνουν την άποψη που εκφράστηκε παραπάνω: οι καθηγητές που δούλεψαν με το REDEEM έδειξαν ενδιαφέρον στο να συγκρίνουν διαφορετικές εκδοχές του ίδιου μαθήματος που δημιούργησαν διαφορετικοί συγγραφείς. Υπό αυτό το πρίσμα, η ύπαρξη μοντέλου καθηγητή που θα περιελάμβανε πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των καθηγητών θα μπορούσε να είναι πολύ χρήσιμη για την παροχή εξατομικευμένης βοήθειας.

Στην ίδια μελέτη αξιολόγησης (Ainsworth, Grimshaw & Underwood, 1999), οι καθηγητές είχαν την ευκαιρία να δοκιμάσουν τις συνέπειες των δικών τους διδακτικών αποφάσεων βλέποντας τα βίντεο μιας εικονικής τάξης. Όλοι οι καθηγητές εμπνεύστηκαν αυτή την ευκαιρία και μάλιστα πρότειναν βελτιώσεις για τα

μαθήματα που δημιουργήσαν. Αυτό υποδεικνύει πως αυτή τη λειτουργία θα μπορούσε να ενσωματωθεί στο ίδιο το εργαλείο συγγραφής. Θα μπορούσε μάλιστα να επεκταθεί ώστε να προσφέρει περισσότερο αυτοματοποιημένη ανάδραση στους καθηγητές. Αν και στα περισσότερα ΕΣΕΔΣ υπεύθυνοι για τη δημιουργία των ΕΔΣ είναι οι συγγραφείς (καθηγητές συνήθως), δεν τους παρέχεται καμία ανάδραση που να αφορά στην επίδραση που το ΕΔΣ είχε στους μαθητές. Η παροχή όμως κάποιων πληροφοριών για την «επίδοση» του ΕΔΣ θα βοηθούσε τους καθηγητές να το βελτιώσουν. Οι πληροφορίες αυτές θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν αναφορές επίδοσης των μαθητών, ή καταγεγραμμένες ενέργειές τους. Επιπλέον, αυτή η ανάδραση θα μπορούσε να προσαρμόζεται στα ενδιαφέροντα κάθε καθηγητή όπως αυτά έχουν συναχθεί και καταγραφεί στο μοντέλο του. Με τον τρόπο αυτό οι καθηγητές θα μπορούσαν να λαμβάνουν μόνο σχετικές και χρήσιμες γι' αυτούς πληροφορίες και να βοηθούνται έτσι στη δημιουργία του μαθήματος. Επίσης, το μοντέλο καθηγητή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την παροχή ευφυούς βοήθειας στους καθηγητές όταν οι ενέργειές τους είναι είτε λανθασμένες είτε κατά κάποιο τρόπο ασύμβατες με τους στόχους που έχουν δηλώσει ή που έχει συνάγει το σύστημα ότι έχουν για το μάθημα. Για παράδειγμα, ένας καθηγητής μπορεί να έχει δηλώσει στο ΕΣΕΔΣ ότι επιθυμεί να είναι «αυστηρός» ή «επιεικής» ή «ουδέτερος» με τους μαθητές. Αν ένας συγκεκριμένος καθηγητής δήλωσε ότι θέλει να είναι «επιεικής» και η πλειοψηφία των μαθητών αποτυγχάνει να λύσει τα προβλήματα, τότε το σύστημα θα μπορούσε να τον ενημερώσει για την ασυνέπεια αυτή.

Ένα άλλο σύστημα είναι το **EON** (Murray, 1998). Το EON είναι στην πραγματικότητα ένα σύνολο εργαλείων συγγραφής για την κατασκευή ΕΔΣ. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του EON είναι ότι επιτρέπει την συγγραφή όλων των τμημάτων των ΕΔΣ: της διεπαφής χρήστη, της γνώσης πεδίου, του μοντέλου διδασκαλίας και του μοντέλου μαθητή. Συγκεκριμένα, το EON επιτρέπει στους συγγραφείς να κατασκευάσουν τη διεπαφή των ΕΔΣ από το μηδέν χρησιμοποιώντας αντικείμενα διεπαφής όπως κουμπιά, κείμενο, εικόνες, κ.ά. Αυτά τα αντικείμενα μπορούν να προσαρμοστούν ώστε να ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένες ενέργειες των μαθητών και με τον τρόπο αυτό οι διεπαφές που κατασκευάζονται με το EON μπορούν να είναι ιδιαίτερα αλληλεπιδραστικές. Η συγγραφή της γνώσης πεδίου

επιτυγχάνεται στο ΕΟΝ ορίζοντας θέματα, ιδιότητες γι' αυτά τα θέματα (π.χ. «σημαντικότητα» ή «δυσκολία»), και τύπους συνδέσμων μεταξύ των θεμάτων (π.χ. «προσπατούμενο», «μέρος του», κ.λπ.). Ο συγγραφέας πρέπει μετά να δημιουργήσει ένα δίκτυο θεμάτων χρησιμοποιώντας τις σχετικές με τα θέματα πληροφορίες που είχε εισάγει προηγουμένα. Για τη συγγραφή του μοντέλου διδασκαλίας (στρατηγικές διδασκαλίας) το ΕΟΝ χρησιμοποιεί μια γραφική γλώσσα προγραμματισμού βασισμένη σε διαγράμματα ροής. Με τον τρόπο αυτό ο συγγραφέας του ΕΔΣ μπορεί να προσδιορίσει τη σειρά εμφάνισης του διδακτικού υλικού, τον χρόνο και τον τρόπο που θα εξετάζονται οι μαθητές, που θα τους δίνονται εξηγήσεις, υποδεικνύει κ.λπ. Για να προσαρμόζονται τα παραγόμενα ΕΔΣ στις γνώσεις κάθε μαθητή, οι διδακτικές στρατηγικές του ΕΟΝ αναφέρονται σε τιμές του μοντέλου μαθητή που μπορεί επίσης να συγγραφεί. Αυτό επιτυγχάνεται επιτρέποντας στον συγγραφέα να αποδώσει τιμές (π.χ. «γνωστό», «πιθανή παρανόηση») σε αντικείμενα που βρίσκονται σε διάφορα επίπεδα απόφασης (Μάθημα, Θέμα, Επίπεδο θέματος, Περιεχόμενα παρουσίασης και Γεγονότα). Η τιμή αυτών των αντικειμένων καθορίζεται από τους κανόνες του μοντέλου μαθητή που έχουν γραφτεί για το επίπεδο του συγκεκριμένου αντικειμένου και προσδιορίζουν πώς η τιμή του αντικειμένου εξαρτάται από τις τιμές των αντικειμένων στο επόμενο χαμηλότερο επίπεδο.

Το ΕΟΝ είναι ένα μάλλον πολύπλοκο πρόγραμμα που χρειάζεται κάποια εκπαίδευση προκειμένου να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά. Οι χρήστες του είναι κυρίως καθηγητές των οποίων οι ικανότητες μπορεί να διαφέρουν αρκετά. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα η προσέγγιση που ακολουθούν στο ΕΟΝ είναι να παρέχουν μια ακολουθία εργαλείων συγγραφής τριών ζωνών σε τρία επίπεδα αφαίρεσης για τρεις κατηγορίες χρηστών (Murphy, 1996):

«Στην πρώτη ζώνη βρίσκεται ένα ΕΣΕΔΣ γενικού σκοπού που η χρήση του απαιτεί μέτρια εμπειρογνωμοσύνη τεχνολογίας γνώσης και διδακτικού σχεδιασμού. Στη δεύτερη ζώνη βρίσκονται ΕΣΕΔΣ ειδικού σκοπού που η χρήση τους απαιτεί ελάχιστη εμπειρογνωμοσύνη τεχνολογίας γνώσης και διδακτικού σχεδιασμού. Η τρίτη ζώνη αφορά τον μέσο δάσκαλο που χρησιμοποιεί ένα ΕΔΣ στην τάξη του» (σελ. 95)

Παρόμοια με το EON, τα περισσότερα ΕΣΕΔΣ είναι μάλλον πολύπλοκα προγράμματα που απαιτούν αρκετές ικανότητες από πλευράς των καθηγητών προκειμένου να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά. Ένας τρόπος να διευκολυνθεί η χρήση των ΕΣΕΔΣ (όπως και οποιουδήποτε άλλου λογισμικού) είναι η παροχή στους χρήστες ευφυούς, εξατομικευμένης βοήθειας. Τα μοντέλα καθηγητή μπορούν να είναι ωφέλιμα και σε αυτή την κατεύθυνση· αρκεί να έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να διαθέτουν τις κατάλληλες πληροφορίες.

Το σύστημα **RIDES** (Munro, Johnson, Pizzini, Surmon, Towne & Wogulis, 1997) χρησιμοποιείται για την κατασκευή ΕΔΣ που διδάσκουν τους μαθητές μέσω γραφικών προσομοιώσεων πώς να λειτουργούν συσκευές. Το RIDES επιτρέπει στους χρήστες να συγγράφουν τα τμήματα διεπαφής χρήστη και γνώσης πεδίου των ΕΔΣ που θα παραχθούν. Η συγγραφή και των δύο τμημάτων επιτυγχάνεται με την παροχή εργαλείων για την κατασκευή γραφικών αναπαριστάσεων των συσκευών και για τον καθορισμό της συμπεριφοράς τους. Οι προσομοιώσεις που παράγει το RIDES βασίζονται στις συσκευές που έχει κατασκευάσει ο χρήστης, στις ιδιότητες των συσκευών και τις συνδέσεις τους. Το **DIAG** (Towne, 1997) είναι ένα σύστημα που προσθέτει δυνατότητες στο RIDES παράγοντας διδασκαλία για την συντήρηση και την επίλυση σφαλμάτων των συσκευών. Το DIAG ασχολείται με τη δημιουργία της γνώσης πεδίου. Συγκεκριμένα, το DIAG ζητά από τον συγγραφέα (τον εμπειρογνώμονα) τις ποιοτικές κρίσεις του για τα πιθανά συμπτώματα (διαγνωστικά σήματα) που παράγονται από την βλάβη μιας συσκευής. Εφαρμόζοντας τη θεωρία των ασαφών συνόλων (fuzzy set theory) σε αυτές τις ποιοτικές κρίσεις, το DIAG δημιουργεί έναν πίνακα σφαλμάτων που χρησιμοποιείται για τη διάγνωση σφαλμάτων βάσει των συμπτωμάτων που παρατηρούνται. Στους μαθητές που αλληλεπιδρούν με το σύστημα παρουσιάζεται ένα σφάλμα και αυτοί προσπαθούν να διαγνώσουν την αιτία του. Το σύστημα όντας ικανό να πραγματοποιεί διάγνωση σφαλμάτων παρέχει στους μαθητές την κατάλληλη ανάδραση και τις υποδείξεις που απαιτούνται.

Στο DIAG ο εμπειρογνώμονας του πεδίου καλείται να προσδιορίσει τα πιθανά συμπτώματα που θα παράγουν οι βλάβες σε ένα εξάρτημα. Όπως είναι επόμενο, διαφορετικοί εμπειρογνώμονες μπορεί να παρέχουν στο σύστημα διαφορετικές πιθανότητες για τα συμπτώματα αυτά. Η προσέγγιση του DIAG για να κρίνει την

εγκυρότητα των βάσεων γνώσης που κατασκευάζονται είναι να ζητά από δύο ή περισσότερους εμπειρογνώμονες να παράσχουν τις απαιτούμενες κρίσεις για τα αποτελέσματα της βλάβης και να ελέγχει αν μεταξύ αυτών υπάρχουν ασυνέπειες. Αυτή η προσέγγιση θα μπορούσε να ακολουθείται από πολλά ΕΣΕΔΣ. Αλλά τι θα πρέπει να συμβαίνει στην περίπτωση που εντοπίζεται σύγκρουση απόψεων; Πώς θα πρέπει αυτή να επιλύεται; Η ύπαρξη μοντέλων χρηστών θα μπορούσε να βοηθήσει σε αυτό το δύσκολο έργο. Παίρνοντας το DIAG ως παράδειγμα, έστω ότι ένας εμπειρογνώμονας υπέδειξε ότι ένα σύμπτωμα παρουσιάζεται σπάνια, ενώ ένας άλλος ότι το ίδιο σύμπτωμα παρουσιάζεται συχνά. Ένα υποθετικό μοντέλο χρήστη στο DIAG θα μπορούσε να περιέχει πληροφορίες σχετικές με την τάση των εμπειρογνώμωνων να υπερεκτιμούν ή να υποτιμούν την παρουσία κάποιων συμπτωμάτων. Χρησιμοποιώντας αυτές τις πληροφορίες και ορισμένους κανόνες το DIAG (και κάθε ΕΣΕΔΣ που ακολουθεί παρόμοια προσέγγιση) θα μπορούσε να επιλύσει τις συγκρούσεις και να παράγει συνεπή και αξιόπιστα ΕΔΣ.

Το σύστημα LEAP (Sparks, Dooley, Meiskey & Blumenthal, 1998) αναπτύχθηκε για χρήση από συγγραφείς που θα ήταν εμπειρογνώμονες αλλά όχι προγραμματιστές. Το LEAP ασχολείται με το να διδάσκει σε εργαζόμενους στην εξυπηρέτηση πελατών, τις γνώσεις και τις δεξιότητες που χρειάζονται για να ανταποκρίνονται αποτελεσματικά στα αιτήματα και τα προβλήματα των πελατών. Το LEAP προσομοιώνει το περιβάλλον εργασίας των υπαλλήλων, στο οποίο οι τελευταίοι αναμένεται να διεξάγουν ένα τηλεφωνικό διάλογο με πελάτες ενώ παράλληλα αλληλεπιδρούν με συστήματα βάσεων δεδομένων για να εισάγουν παραγγελίες για επισκευές και να ανακτούν πληροφορίες για τους πελάτες, τους λογαριασμούς τους κ.λπ. Οι συγγραφείς στο LEAP πρέπει να δημιουργήσουν μαθήματα που μπορεί να περιλαμβάνουν πολύπλοκες γραμματικές συζήτησης, περιγραφές όλων των ενεργειών που πρέπει να εκτελεστούν σε κάθε θέμα μαθήματος, υποδείξεις για κάθε βήμα της συζήτησης, ηχογραφήσεις και κειμενικές αναπαραστάσεις των ενεργειών του πελάτη και του εμπειρογνώμονα, κ.ά.

Η ομάδα ανάπτυξης του LEAP είχε θέσει τους εξής στόχους για το σχεδιασμό του:

- i) ευκολία χρήσης, ii) γρήγορη πρωτοτυποποίηση και επαναληπτική ανάπτυξη, iii) επαναχρησιμοποίηση των τμημάτων του μαθήματος, iv) πολλαπλές αναπαραστάσεις

και μηχανισμοί εισόδου δεδομένων και ν) αλληλεπιδραστικές οπτικοποιήσεις της δομής και του περιεχομένου του μαθήματος. Συγκεκριμένα, η ευκολία χρήσης σήμαινε να είναι το εργαλείο εύκολο στην εκμάθηση για τους αρχάριους χρήστες αλλά και εύκολο και αποτελεσματικό για τους έμπειρους χρήστες. Επιπλέον, η ομάδα ανάπτυξης του συστήματος είχε διεξάγει μία μελέτη ανάλυσης απαιτήσεων βασισμένη στους εν δυνάμει συγγραφείς του LEAP, σε έναν εμπειρογνώμονα στην εκπαίδευση εργαζομένων στην εξυπηρέτηση πελατών και σε εμπειρογνώμονες σε θέματα ανθρωπίνων παραγόντων. Οι εμπειρογνώμονες του πεδίου που εκτελούσαν χρέη συγγραφέων κατά τη διάρκεια ανάπτυξης του LEAP οδήγησαν τους σχεδιαστές στο συμπέρασμα ότι διαφορετικοί συγγραφείς θα μπορούσαν να έχουν διαφορετικούς τρόπους συγγραφής και να αρχίζουν από διαφορετικά σημεία τη διαδικασία της κατασκευής του μαθήματος. Για παράδειγμα, κάποιοι συγγραφείς μπορεί να προσάρμοζαν υπάρχον διδακτικό υλικό ενώ άλλοι να άρχιζαν την κατασκευή του από το μηδέν.

Οι σχεδιαστικοί στόχοι του LEAP καθώς και τα συμπεράσματα από την ανάλυση απαιτήσεων συμφωνούν με τις θέσεις που παρουσιάζονται σε αυτή τη διατριβή σχετικά με τις σχεδιαστικές ανάγκες των ΕΣΕΔΣ. Συγκεκριμένα, η απαίτηση για την ανάγκη ευκολίας στη χρήση καθώς και την ανάγκη πολλαπλών αναπαραστάσεων και μηχανισμών εισόδου για πολλαπλούς τρόπους συγγραφής δείχνει καθαρά προς την κατεύθυνση της ανάγκης ύπαρξης ενός τμήματος μοντελοποίησης του καθηγητή. Ωστόσο, στο LEAP δεν χρησιμοποιήθηκε ένα τέτοιο. Στην αντίθετη περίπτωση, η διαδικασία συγγραφής και οι διαφορετικοί τρόποι συγγραφής θα μπορούσαν να καθορίζονται με περισσότερο αυτόματο τρόπο και επομένως θα περιοριζόταν το γνωστικό φορτίο των καθηγητών-συγγραφέων. Ένα τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή στο LEAP θα μπορούσε να συμπεραίνει και να καταγράφει τις προτιμήσεις των καθηγητών και τα στυλ συγγραφής τους. Έπειτα θα μπορούσε να χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για να βοηθά τους καθηγητές στις πολλαπλές και ανεξάρτητες συνόδους συγγραφής τόσο για την επαναληπτική ανάπτυξη όσο και για την επαναχρησιμοποίηση τμημάτων του μαθήματος. Συγκεκριμένα, η επαναχρησιμοποίηση τμημάτων του μαθήματος θα μπορούσε να επεκταθεί ώστε να

υποστηρίζει ομάδες συγγραφέων που θα συνεργάζονταν με κριτήριο την ομοιότητα των ενδιαφερόντων τους όπως αυτά έχουν καταγραφεί στα μοντέλα τους.

Το SmartTrainer/AT (Hayashi, Ikeda, Seta, Kakusho & Mizoguchi, 2000; Jin, Chen, Hayashi, Ikeda & Mizoguchi, 1999) είναι ένα ΕΣΕΔΣ με γνώση οντολογίας (ontology-aware). Η οντολογία ορίζεται ως «ένα σύστημα πρωτόγενών εννοιών/λεξιλογίου που χρησιμοποιείται για την κατασκευή τεχνητών συστημάτων» (Mizoguchi, 1993). Οι δραστηριότητες που υποστηρίζονται από το εργαλείο συγγραφής είναι η κατασκευή μιας οντολογίας από έναν συγγραφέα οντολογίας και έπειτα ο σχεδιασμός ενός μοντέλου από τον συγγραφέα του διδακτικού υλικού. Η ομάδα ανάπτυξης του SmartTrainer/AT προσδιόρισε δύο φάσεις από τις οποίες αποτελείται η διαδικασία συγγραφής: μία φάση σύνθεσης και μία φάση επαλήθευσης. Οι ίδιοι σημειώνουν ότι η υποστήριξη της δεύτερης φάσης συγκριτικά με αυτήν της πρώτης, έχει παραμεληθεί στις υπάρχουσες τεχνολογίες ΕΣΕΔΣ. Επομένως έχουν αναπτύξει ένα τμήμα το οποίο ονομάζουν προσομοίωση εννοιολογικού επιπέδου (conceptual-level simulation). Το τμήμα αυτό έχει στόχο να βοηθά τον συγγραφέα να συγκρίνει αυτά που σκέπτεται (σχεδιαστική πρόθεση) με αυτά που λαμβάνει από το σύστημα (συμπεριφορά). Ο σκοπός της προσομοίωσης εννοιολογικού επιπέδου είναι να δείχνει «ποιο μέρος του σεναρίου διδασκαλίας» προσθέτει «ποιο είδος εκπαιδευτικού αποτελέσματος» σε «ποιόν τύπο μαθητή» συστηματικά.

Το SmartTrainer/AT βοηθά τους συγγραφείς με το να τους επιτρέπει να επαληθεύουν τις σχεδιαστικές τους προθέσεις. Αυτό είναι κάτι που απασχολεί και την έρευνα που παρουσιάζεται σε αυτή την διατριβή, με τη διαφορά ότι εδώ επιτυγχάνεται μέσω ενός διαφορετικού τμήματος: αυτού της μοντελοποίησης καθηγητή. Το τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή θα μπορούσε μάλιστα να είναι γενικότερης χρησιμότητας, δεδομένου ότι θα μπορούσε να καταστήσει το σύστημα περισσότερο ευέλικτο και ικανό να βοηθά τους καθηγητές τόσο στην σύνθεση του μαθήματος και την επαλήθευσή του όσο και στη σύνθεση επόμενων, διορθωμένων εκδόσεών του. Οι διορθωμένες εκδόσεις θα μπορούσαν να βασίζονται σε στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τους μαθητές και τα οποία θα βοηθούσαν στην αξιολόγηση των διδακτικών στόχων του καθηγητή, όπως αυτοί έχουν καταγραφεί στο μοντέλο του. Επιπλέον, το τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή θα μπορούσε να λαμβάνει υπ’

όψη τα διάφορα επίπεδα εμπειρογνωμοσύνης των συγγραφέων και να προσαρμόζει τις συμβουλές του σε αυτούς ανάλογα.

## 7.4 Γενικό πλαίσιο μοντελοποίησης καθηγητή στα ΕΣΕΔΣ

Μελετώντας την υπάρχουσα βιβλιογραφία των ΕΣΕΔΣ εύκολα συμπεραίνεται ότι το θέμα της μοντελοποίησης καθηγητή έχει πλήρως αγνοηθεί. Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, η ενσωμάτωση ενός τέτοιου τμήματος στην αρχιτεκτονική των ΕΣΕΔΣ θα ενίσχυε σημαντικά την ποιότητα των παραγόμενων από αυτά ΕΔΣ. Συγκεκριμένα, ένα τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή θα μπορούσε να βοηθήσει σε διάφορες κατευθύνσεις οι οποίες θα περιγραφούν στην επόμενη υποενότητα (7.4.1). Η υποενότητα 7.4.2 ασχολείται με τα χαρακτηριστικά εκείνα του καθηγητή που θα μπορούσαν να μοντελοποιηθούν ενώ η υποενότητα 7.4.3 προσδιορίζει ποιες μπορεί να είναι οι πηγές πληροφόρησης για τα μοντέλα καθηγητή. Μέσα από την τρέχουσα ενότητα επομένως, καθορίζεται ένα γενικό πλαίσιο ενσωμάτωσης και χρήσης μοντέλων καθηγητή στα ΕΣΕΔΣ.

### 7.4.1 Χρήσεις ενός τμήματος μοντελοποίησης καθηγητή

Ένα τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα ΕΣΕΔΣ για να βελτιώσει την ποιότητά τους με διάφορους τρόπους. Αυτοί ονομαστικά είναι: η ενθάρρυνση των πολλαπλών επαναλήψεων της συγγραφικής διαδικασίας, η παροχή ευφυούς βοήθειας και εξατομικευμένης ανάδρασης, η ενθάρρυνση της συνεργασίας μεταξύ των καθηγητών, η διασφάλιση της ακρίβειας και της συνέπειας των παραγόμενων ΕΔΣ και η παραγωγή ενός φιλικότερου περιβάλλοντος για τον μαθητή. Αναλυτικότερα:

#### Πολλαπλές επαναλήψεις της διαδικασίας συγγραφής

Ένας από τους κύριους στόχους των ΕΣΕΔΣ είναι να παρέχουν περιβάλλοντα για βασισμένη σε γνώση τεχνολογία λογισμικού (knowledge-based software engineering) των παραγόμενων ΕΔΣ. Υπό αυτή την έννοια, θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμα να διευκολύνουν την επανάληψη της συγγραφικής διαδικασίας. Αυτό σημαίνει ότι τα παραγόμενα ΕΔΣ θα μπορούσαν να αξιολογούνται και ο

συγγραφέας-καθηγητής βάσει των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης θα μπορούσε να τροποποιεί διάφορα στοιχεία του μαθήματος. Σε μια τέτοια περίπτωση, κάποιες απόψεις αξιολόγησης, όπως π.χ. τα μαθησιακά αποτελέσματα μιας συγκεκριμένης στρατηγικής διδασκαλίας, θα μπορούσαν να καταγράφονται στο μοντέλο του καθηγητή ώστε να χρησιμοποιούνται για βελτιώσεις της διαδικασίας συγγραφής. Αυτό δεν σημαίνει ότι το μοντέλο καθηγητή θα ήταν υπεύθυνο για την αξιολόγηση ολόκληρης της διδακτικής στρατηγικής για ένα συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο και μια συγκεκριμένη ομάδα μαθητών. Θα μπορούσε όμως να καταγράφει στοιχεία αξιολόγησης που θα ήταν χρήσιμα στους καθηγητές, έτσι ώστε αυτοί να μπορούν να διεξάγουν την αξιολόγηση και τροποποίηση του ΕΔΣ μόνοι τους. Με κανένα τρόπο δεν θα αντικαθιστούσε το εργαλείο συγγραφής το έργο των καθηγητών. Ωστόσο, θα μπορούσε να τους βοηθά στην διαδικασία συγγραφής και στις πιθανές επαναλήψεις της.

Παραδείγματα στοιχείων αξιολόγησης του ΕΔΣ που θα μπορούσε ένα εργαλείο συγγραφής να καταγράφει στο μοντέλο καθηγητή αποτελούν τα ακόλουθα: στατιστικές πληροφορίες που έχουν συγκεντρωθεί από τα μοντέλα μαθητή σχετικά με την πρόοδο και τη βαθμολογία των μαθητών, δυσκολίες σε συγκεκριμένες ασκήσεις όπου η πλειοψηφία των μαθητών μπορεί να αντιμετωπίσει προβλήματα, κ.ά. Το μοντέλο καθηγητή θα μπορούσε να συγκρίνει αυτές τις πληροφορίες με τις επιθυμίες του καθηγητή σχετικά με το μάθημα, όπως οι τελευταίες θα είχαν καταγραφεί πριν την «παράδοση» του ΕΔΣ στους μαθητές για χρήση. Με τον τρόπο αυτό το μοντέλο καθηγητή θα μπορούσε να εντοπίζει συγκεκριμένες ασυνέπειες (π.χ. κάποιες ασκήσεις που αποδειχθηκαν δυσκολότερες από όσο αρχικά επιθυμούσε ο καθηγητής).

Επιπλέον, οι καθηγητές που δουλεύουν με ένα ΕΣΕΔΣ και δρουν ως συγγραφείς των ΕΔΣ θα έπρεπε να λαμβάνουν επαρκή ανάδραση από το σύστημα σχετικά με τα ΕΔΣ που κατασκευάζουν. Αυτό θα καθιστούσε την κατασκευή των ΕΔΣ μια επαναληπτική διαδικασία και θα είχε ως αποτέλεσμα την παραγωγή περισσότερο αποτελεσματικών συστημάτων. Η ανάδραση αυτή θα μπορούσε να προσαρμόζεται στα ενδιαφέροντα κάθε καθηγητή όπως αυτά συνάγονται από το μοντέλο του. Με τον τρόπο αυτό οι καθηγητές θα μπορούσαν να λαμβάνουν μόνο σχετικές και χρήσιμες πληροφορίες και άρα να υποστηρίζονται ουσιαστικά στην δημιουργία των ΕΔΣ. Για

παράδειγμα, ένας καθηγητής μπορεί να μην ενδιαφέρεται για την εις βάθος στατιστική ανάλυση ή για την λεπτομερή διαγνωστική ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών σε προβλήματα και ασκήσεις. Σε αυτή την περίπτωση το ΕΣΕΔΣ δεν θα έπρεπε να παίρνει μόνο του την πρωτοβουλία να πληροφορεί τον καθηγητή για τυχόν αλλαγές αναφορικά με τέτοιες αναλύσεις αλλά να το κάνει μόνο αν το ζητά ο ίδιος ο καθηγητής.

### Ευφυής και/ή εξατομικευμένη βοήθεια

Ο Murray (1996) αναφέρει: «...στο ορατό μέλλον, δεν αναμένουμε τον “μέσο” καθηγητή σχολείου ή επαγγελματικό εκπαιδευτή να μπορεί να συγγράψει ένα ΕΔΣ περισσότερο από ότι αναμένουμε έναν καθηγητή να γράψει ένα βιβλίο στο γνωστικό του πεδίο». Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, τα εργαλεία συγγραφής πρέπει να γίνουν περισσότερο «φιλικά στον καθηγητή». Αυτός μπορεί να είναι ένας τρόπος να ενθαρρυνθούν περισσότεροι καθηγητές να εμπλακούν στη συγγραφή ενός ΕΔΣ. Πράγματι οι χρήστες των ΕΣΕΔΣ είναι συνήθως καθηγητές που μπορεί να είναι ιδιαίτερα έμπειροι στο γνωστικό πεδίο που διδάσκουν αλλά όχι εξοικειωμένοι με τέτοια περιβάλλοντα. Ενώ η κανονική «Βοήθεια» που παρέχουν τα περισσότερα προϊόντα λογισμικού μάλλον δεν είναι επαρκής για την πολυπλοκότητα και ιδιαιτερότητα των ΕΣΕΔΣ, η «Ευφυής Βοήθεια» θα μπορούσε να αποδειχθεί πραγματικά ωφέλιμη. Προκειμένου η βοήθεια να είναι ευφυής, πρέπει να είναι εξατομικευμένη για κάθε καθηγητή. Για να επιτευχθεί αυτό, το ΕΣΕΔΣ πρέπει να διατηρεί και να εκμεταλλεύεται μοντέλα καθηγητή που θα κρατούν πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά και τις ικανότητες κάθε καθηγητή. Σε μια τέτοια περίπτωση, το τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή θα έπαιζε κρίσιμο ρόλο στην παραγωγή υποθέσεων σχετικά με τις δυσκολίες και τις ανάγκες του καθηγητή όταν χρησιμοποιεί το λογισμικό, παρόμοια με ότι συμβαίνει σε άλλα συστήματα (π.χ. Virvou & Du Boulay, 1999; Virvou & Kabassi, 2000).

Πέρα από την ευφυή βοήθεια που θα μπορούσε να παρέχεται στους καθηγητές αναφορικά με τη χρήση του λογισμικού (ΕΣΕΔΣ), οι καθηγητές θα μπορούσαν να βοηθηθούν από ευφυή βοήθεια σχετικά με τις διδακτικές αποφάσεις τους κατά τη συγγραφή του ΕΔΣ. Το εργαλείο συγγραφής θα μπορούσε να ελέγχει τη

συμβατότητα διδακτικών στόχων και διδακτικών στρατηγικών και χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο καθηγητή να παρέχει ευφυή βοήθεια στους καθηγητές όταν οι ενέργειές τους δεν συμβαδίζουν με τους στόχους τους. Για παράδειγμα, ένας καθηγητής μπορεί να έχει δηλώσει στο ΕΣΕΔΣ τον μακροπρόθεσμο στόχο ότι επιθυμεί να διατηρήσει υψηλό το επίπεδο στη βαθμολόγηση των μαθητών κατά τη διάρκεια ενός εξαμήνου. Αυτός ο μακροπρόθεσμος στόχος μπορεί να καταγραφεί στο μοντέλο καθηγητή και η μέση βαθμολογία των μαθητών σε κάθε διαγώνισμα να συγκρίνεται με τη μέση βαθμολογία των μαθητών σε προηγούμενα διαγωνίσματα: αν υπάρχει ασυμβατότητα με τον μακροπρόθεσμο στόχο του, ο καθηγητής μπορεί να ενημερώνεται γι' αυτήν.

Τέλος, το ΕΣΕΔΣ θα μπορούσε βάσει του μοντέλου καθηγητή να αποφασίζει για την έκταση και το είδος της βοήθειας που θα έπρεπε να παρέχει σε κάθε καθηγητή. Για παράδειγμα, ένας έμπειρος δάσκαλος αλλά όχι έμπειρος «συγγραφέας» θα έπρεπε να λαμβάνει περισσότερη βοήθεια για τη διαδικασία συγγραφής ενώ ένας έμπειρος συγγραφέας αλλά όχι έμπειρος δάσκαλος θα χρειαζόταν περισσότερη βοήθεια σχετικά με τις στρατηγικές διδασκαλίας.

### Ενθάρρυνση της συνεργασίας μεταξύ των καθηγητών

Η συνεργασία μεταξύ των καθηγητών μπορεί να προαχθεί από την ύπαρξη μοντέλων καθηγητών. Η ιδέα να επιτρέπεται και να υποστηρίζεται η συνεργασία μεταξύ των καθηγητών για την κατασκευή των μαθημάτων έχει ήδη αναφερθεί στη βιβλιογραφία των ΕΣΕΔΣ. Για παράδειγμα, οι Nkambou, Frasson & Gauthier (1998) αναφέρουν ότι τα μελλοντικά τους σχέδια αναφορικά με το εργάσιμο συγγραφής τους, είναι να συμπεριλάβουν σε αυτό μία μετα-γλώσσα συγγραφής που θα επιτρέψει τη συνεργατική συγγραφή μαθημάτων.

Η συνεργασία μεταξύ των καθηγητών μπορεί να ενθαρρυνθεί προσφέροντας στους λιγότερο έμπειρους στην κατασκευή ΕΔΣ καθηγητές την ευκαιρία να δουν και ακόμα να χρησιμοποιήσουν τα ΕΔΣ που κατασκεύασαν περισσότεροι έμπειροι συνάδελφοί τους. Η διάκριση των καθηγητών σε έμπειρους ή μη, μπορεί για παράδειγμα να βασίζεται σε στατιστικά αποτελέσματα των μαθημάτων τους καθώς και στις πεποιθήσεις που έχουν οι ίδιοι για τον εαυτό τους. Αυτοί οι χαρακτηρισμοί

(«έμπειρος», «αρχάριος», κ.λπ.) θα μπορούσαν να είναι μέρος των μοντέλων των καθηγητών. Όταν απαιτούνται πληροφορίες σχετικές με τα χαρακτηριστικά των καθηγητών, το σύστημα μπορεί να συμβουλευτεί τα μοντέλα καθηγητών και να δροα ανάλογα.

Η συνεργασία των καθηγητών μπορεί επίσης να βασίζεται στα ενδιαφέροντα και τις προτιμήσεις των καθηγητών όπως αυτά έχουν καταγραφεί στα μοντέλα τους. Για παράδειγμα, μπορεί να συγκρίνονται τα μοντέλα μεταξύ τους και οι καθηγητές να ενημερώνονται για την ύπαρξη άλλων καθηγητών με τους οποίους μοιράζονται κοινά ενδιαφέροντα και προτιμήσεις. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι καθηγητές μπορεί να επιθυμούν να επικοινωνούν άμεσα και να ανταλλάσσουν ιδέες. Σε άλλες περιπτώσεις, το ΕΣΕΔΣ μπορεί να πληροφορεί τους καθηγητές για την ύπαρξη μαθημάτων ή ασκήσεων που έχουν κατασκευαστεί από άλλους καθηγητές των οποίων τα ενδιαφέροντα ταιριάζουν με τα δικά τους.

#### **Συνέπεια και ακρίβεια των παραγόμενων ΕΔΣ**

Κυρίαρχο ενδιαφέρον για την πλειοψηφία των ερευνητών στην περιοχή των ΕΣΕΔΣ αποτελεί το πόσο ακριβή, συνεπή, αποτελεσματικά και αξιόπιστα θα είναι τα παραγόμενα από ένα εργαλείο συγγραφής ΕΔΣ. Δύο φαίνεται να είναι οι τρόποι να διασφαλιστεί ότι τα ΕΔΣ που παράγονται από ένα ΕΣΕΔΣ είναι ακριβή, συνεπή, αποτελεσματικά και αξιόπιστα: είτε το εργαλείο συγγραφής πρέπει να περιλαμβάνει μηχανισμούς που να ελέγχουν το υπό κατασκευή μάθημα και να προτείνουν διορθώσεις, ή πρέπει να συμβουλευτεί το σύστημα και άλλους καθηγητές εκτός αυτού που κατασκευάζει το μάθημα. Και στις δύο περιπτώσεις, η ύπαρξη μοντέλων καθηγητών μπορεί να βοηθήσει σημαντικά.

Τα μοντέλα καθηγητή μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε ΕΣΕΔΣ που ασχολούνται με γνωστικά πεδία που απαιτούν από τον καθηγητή πολλά και υποκειμενικά δεδομένα εισόδου, των οποίων η συνέπεια και η ακρίβεια δεν μπορεί να ελεγχθεί αυτόματα. Σε μια τέτοια περίπτωση, η εγκυρότητα του μαθήματος μπορεί να ελεγχθεί χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που διατηρούν τα μοντέλα καθηγητή. Για παράδειγμα, το εργαλείο μπορεί να επιχειρήσει να ελέγξει την εγκυρότητα των δεδομένων που εισάγει ο καθηγητής συμβουλευόμενο πολλούς καθηγητές ένα

μοντέλο καθηγητή που περιλαμβάνει πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των καθηγητών θα μπορούσε να βοηθήσει το ΕΣΕΔΣ να ξεπεράσει μία πιθανή σύγκρουση που θα μπορούσε να προκύψει από διαφορετικές και αντιφατικές απόψεις των καθηγητών (βλ. § 7.3, τον σχολιασμό για το σύστημα DIAG).

Στις περιπτώσεις που δεν είναι δυνατόν να συμβουλευτείται το σύστημα άλλους καθηγητές για να διασφαλίσει την ακρίβεια ενός ΕΔΣ, το μοντέλο καθηγητή μπορεί να παρέχει στο εργαλείο ενδείξεις για πιθανές ασυνέπειες. Για παράδειγμα, το ΕΣΕΔΣ μπορεί να παρατηρεί τους μαθητές που αλληλεπιδρούν με το σύστημα και να ψάχνει για ύποπτες ενδείξεις. Αν π.χ. η πλειοψηφία των μαθητών αποτυγχάνει να λύσει ένα πρόβλημα, αυτό πιθανόν να σημαίνει ότι η εκφώνηση του προβλήματος που είχε παράσχει ο καθηγητής στο σύστημα ήταν παραπλανητική. Ή ένα άλλο παράδειγμα: το να έχουν ελάχιστοι μαθητές επισκεφθεί μία συγκεκριμένη ενότητα του μαθήματος μπορεί να είναι ένδειξη ή ότι αυτός ο κόμβος του ηλεκτρονικού βιβλίου είναι δύσκολα προσπελάσιμος λόγω λανθασμένου ορισμού προαπαιτούμενων σχέσεων ενότητων ή ότι το θέμα της ενότητας δεν ενδιαφέρει τους μαθητές. Τέτοιες ενδείξεις μπορεί να περιλαμβάνονται στο μοντέλο καθηγητή και να χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση των συμβουλών στους καθηγητές. Αν για παράδειγμα, ένας καθηγητής έχει παρατηρηθεί να κατασκευάζει συχνά προβλήματα που οι μαθητές δεν μπορούν να λύσουν, το σύστημα μπορεί να τον προτρέψει να ελέγξει την ορθότητα των συγκεκριμένων προβλημάτων που κατασκεύασε.

### Φιλικότερο περιβάλλον για τον μαθητή

Η διδασκαλία από το Διαδίκτυο μπορεί γίνει πολύ απρόσωπη για τους μαθητές που δεν έχουν τη δυνατότητα να κατασκευάσουν ένα μοντέλο για τον καθηγητή τους. Επομένως, οι καθηγητές μπορεί να περάσουν συγκεκριμένες πληροφορίες στους μαθητές μέσω των μοντέλων καθηγητή έτσι ώστε η διαδικασία της διδασκαλίας να είναι περισσότερο προσωπική και φιλική στον μαθητή.

Κάποια από τα στοιχεία του μοντέλου καθηγητή που θα μπορούσαν να παρουσιάζονται στους μαθητές είναι: τι θεωρεί ο καθηγητής περισσότερο σημαντικό, τι περιμένει από τους μαθητές του, ποιες είναι οι προτεραιότητές του, πόσο δύσκολες είναι οι ασκήσεις που κατασκευάζει, αν απαιτούνται πολλοί υπολογισμοί για να

λυθούν τα προβλήματα που δημιουργεί (σε περίπτωση αριθμητικών προβλημάτων), κ.λπ.

#### 7.4.2 Περιεχόμενα ενός μοντέλου καθηγητή

Ένα μοντέλο χρήστη μπορεί να περιλαμβάνει μακροχρόνιες και βραχυχρόνιες πληροφορίες αναφορικά με τον χρήστη. Βάσει αυτού, διακρίνονται δύο είδη μοντέλων χρήστη: τα μοντέλα μακράς και τα μοντέλα μικρής διάρκειας (long-term and short-term user model) (Rich, 1979; 1983). Στην περίπτωση της μοντελοποίησης καθηγητή, το μοντέλο καθηγητή μακράς διάρκειας μπορεί να καταγράφει τα ενδιαφέροντα των καθηγητών, τις συνήθειες δραστηριοτήτες τους, τις προτιμήσεις, το επίπεδο εμπειρίας τους κ.λπ. Από την άλλη πλευρά, το μοντέλο καθηγητή μικρής διάρκειας μπορεί να ακολουθεί τους στόχους και τα σχέδια του καθηγητή σε μία συγκεκριμένη σύνοδο αλληλεπίδρασης με το σύστημα. Συγκεκριμένα, τα στοιχεία του καθηγητή που μπορούν να μοντελοποιηθούν σε ένα ΕΣΕΔΣ είναι τα ακόλουθα:

##### Επίπεδο εμπειρογνωμοσύνης:

- Επίπεδο εμπειρογνωμοσύνης αναφορικά με τη διδασκαλία. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την ικανότητα των καθηγητών να δημιουργούν στρατηγικές διδασκαλίας και τις γνώσεις τους στο συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο που διδάσκουν.
- Επίπεδο εμπειρογνωμοσύνης αναφορικά με τη συγγραφή του ΕΔΣ. Αυτό αφορά κυρίως στις ικανότητες των καθηγητών να χρησιμοποιούν το λογισμικό.

##### Ενδιαφέροντα και δραστηριότητες:

- Το μοντέλο καθηγητή μπορεί να καταγράφει πληροφορίες για τα ειδικά ενδιαφέροντα των καθηγητών. Για παράδειγμα, αν ενδιαφέρονται για τη διαγνωστική ανάλυση των λαθών των μαθητών σε διαγωνίσματα, ή αν τους ενδιαφέρει να συνεργάζονται με άλλους καθηγητές και αν ναι σε ποια θέματα, κ.λπ.
- Οι συνήθειες δραστηριοτήτες του καθηγητή μπορούν επίσης να καταγράφονται στο μοντέλο καθηγητή μακράς διάρκειας. Για παράδειγμα, αν ένας καθηγητής ανανεώνει συχνά το διδακτικό υλικό του μαθήματος ή όχι.

### Προτιμήσεις για στρατηγικές διδασκαλίας:

Το μοντέλο καθηγητή μπορεί να καταγράφει πληροφορίες για τις προτιμήσεις των καθηγητών σε στρατηγικές διδασκαλίας. Για παράδειγμα, το αν προτιμούν να εξετάζονται οι μαθητές τους τακτικά ή σπάνια, το επίπεδο δυσκολίας που προτιμούν για τις ασκήσεις, τον τρόπο που επιλέγουν για την παρακίνηση των μαθητών, κ.λπ.

#### 7.4.3 Πηγές πληροφόρησης για τα μοντέλα καθηγητή

Προκειμένου ένα ΕΣΕΔΣ να διατηρεί και να χρησιμοποιεί μοντέλα καθηγητή, πρέπει με κάποιο τρόπο να αποκτήσει όλες τις σχετικές πληροφορίες. Το ποιες θεωρούνται σχετικές πληροφορίες μπορεί να ποικίλει σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με τη φύση κάθε ΕΣΕΔΣ και τον τρόπο που χρησιμοποιείται το μοντέλο καθηγητή. Τα μοντέλα καθηγητή μπορεί να είναι άμεσα (explicit) ή έμμεσα (implicit) (Rich, 1983). Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα μπορεί να αποκτήσει τις πληροφορίες που χρειάζεται για να χτίσει και να διατηρήσει τα μοντέλα καθηγητή είτε ρωτώντας άμεσα τον καθηγητή ή παρατηρώντας τις ενέργειές του ώστε να συνάγει από αυτές συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του χρήστη.

Σε μία γενική περίπτωση, για το άμεσο μοντέλο καθηγητή οι απαντήσεις των καθηγητών στις ερωτήσεις του ΕΣΕΔΣ μπορούν να αποτελούν μια καλή πηγή πληροφόρησης.

Στην περίπτωση του έμμεσου μοντέλου καθηγητή, οι πηγές πληροφόρησης μπορεί να είναι οι ακόλουθες:

#### Τα μοντέλα μαθητή

Τα περισσότερα ΕΣΕΔΣ κατασκευάζουν μοντέλα μαθητή που μπορούν να παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες και για τα μοντέλα καθηγητή. Για παράδειγμα, η πρόοδος των μαθητών στο μάθημα που αποτελεί ένδειξη των μαθησιακών αποτελεσμάτων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για να κριθούν συγκεκριμένες στρατηγικές διδασκαλίας. Επίσης, η συχνότητα των επισκέψεων των μαθητών στο ΕΔΣ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο της δημοτικότητας του μαθήματος. Με τον τρόπο αυτό, τα μοντέλα μαθητή μπορούν να παρέχουν πληροφορίες στους καθηγητές τις οποίες μπορούν οι τελευταίοι να χρησιμοποιούν ώστε να βελτιώνουν την δική τους επίδοση.

Φυσικά, οι συνθήκες κάτω από τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ενδείξεις από τα μοντέλα μαθητή ποικίλουν σημαντικά. Επομένως, μπορεί να υπάρχουν συγκεκριμένες παράμετροι αναφορικά με τη χρήση του εργαλείου συγγραφής που θα έπρεπε να λαμβάνονται υπ' όψη, όπως για παράδειγμα, αν οι μαθητές επιλέγουν ένα μάθημα που επιθυμούν ή αν το μάθημα είναι υποχρεωτικό.

Επιπλέον, οι πληροφορίες από τα μοντέλα μαθητή μπορεί να περιλαμβάνουν διαφορετικά στοιχεία που θα πρέπει να συνδυαστούν προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για το μοντέλο καθηγητή. Για παράδειγμα, προκειμένου να κρίνει τη δημοτικότητα του μαθήματος το ΕΣΕΔΣ θα πρέπει να λαμβάνει υπ' όψη του τόσο την πρόοδο των μαθητών όσο και τον αριθμό των φορών που οι μαθητές επισκέπτονται το σύστημα. Το να επισκέπτονται οι μαθητές συχνά το σύστημα χωρίς όμως να έχουν σημειώσει σημαντική πρόοδο, δεν μπορεί να ερμηνευθεί ως ένδειξη ότι το μάθημα είναι δημοφιλές αλλά ως ένδειξη ότι το μάθημα είναι ιδιαίτερα δύσκολο. Παρόμοια, οι πληροφορίες που έχουν συγκεντρωθεί από τα μοντέλα μαθητή σχετικά με τον αριθμό των λαθών που κάνουν οι μαθητές και τα είδη των λαθών που διαπράττονται συχνότερα, μπορεί να αποκαλύψουν αδυναμίες στον μηχανισμό διδασκαλίας. Επομένως και αυτού του είδους οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τα μοντέλα καθηγητή γιατί μπορούν να αποτελούν χρήσιμες υποδείξεις για την αναθεώρηση των μαθημάτων.

#### **Οι ενέργειες, συνήθειες και προτιμήσεις των καθηγητών όταν αλληλεπιδρούν με το σύστημα**

Το μοντέλο καθηγητή μπορεί να αποκτήσει πληροφορίες από τις ενέργειες, τις συνήθειες και τις προτιμήσεις των καθηγητών. Για παράδειγμα, αν ένας καθηγητής ζητά να δει τη διαγνωστική ανάλυση που μπορεί να του παρέχει το εργαλείο συγγραφής για τους μαθητές, τότε συνάγεται ότι αυτού του είδους οι αναλύσεις τον ενδιαφέρουν. Αν ένας καθηγητής λαμβάνει υπ' όψη του τις υποδείξεις του εργαλείου για διάφορα ζητήματα του μαθήματος, τότε αυτός ενδιαφέρεται ιδιαίτερα για τέτοιου είδους πληροφορίες.

Σε πολλές περιπτώσεις οι έμμεσες πληροφορίες θα πρέπει να συνδυάζονται με άμεσες πληροφορίες. Η κατηγοριοποίηση για παράδειγμα των καθηγητών σε

έμπειρους/αρχάριους μπορεί να βασίζεται στην άποψη των ίδιων των καθηγητών για τον εαυτό τους καθώς επίσης σε συμπεράσματα που μπορεί να εξαχθούν βάσει στατιστικών στοιχείων για τις επιδόσεις των μαθητών. Με τον τρόπο αυτό οι πληροφορίες για τους καθηγητές που αποκτούν τα μοντέλα καθηγητή μπορεί να είναι άμεσες αλλά και έμμεσες. Οι άμεσες ερωτήσεις στους καθηγητές μπορεί να περιλαμβάνουν τις ακόλουθες: «Πόσες φορές έχετε συγγράψει το δικό σας μάθημα με χρήση ενός εργαλείου συγγραφής;» ή «Θεωρείτε τον εαυτό σας έμπειρο, μεσαίου επιπέδου ή αρχάριο συγγραφέα;»

Οι έμμεσες πληροφορίες μπορεί να βασίζονται στα αποτελέσματα στατιστικών στοιχείων για τις επιδόσεις των μαθητών σε σχέση με τους στόχους που είχε δηλώσει ότι έχει ο καθηγητής όταν κατασκεύαζε το μάθημα. Για παράδειγμα, αν ένας καθηγητής είχε δηλώσει ότι συγκεκριμένες ασκήσεις πρέπει να είναι «δύσκολες» και πρέπει να λυθούν από το 25% των μαθητών και πράγματι το 25% των μαθητών καταφέρει να λύσει αυτές τις ασκήσεις, τότε ο συγκεκριμένος καθηγητής μπορεί να θεωρηθεί έμπειρος σχετικά με την επιλογή των ασκήσεων. Αν ο ίδιος καθηγητής είχε επίσης δηλώσει ότι είναι έμπειρος στη συγγραφή μαθημάτων τότε αυτό μπορεί να καταγραφεί στο μοντέλο του.

Φυσικά, οι πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατηγοριοποίηση των καθηγητών σε έμπειρους ή μη μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάλογα με τις τεχνικές κατασκευής του μοντέλου του καθηγητή και του βαθμού λεπτομέρειας της εμπειρογνωμοσύνης του πεδίου. Για παράδειγμα, ένα εργαλείο συγγραφής μπορεί να χρησιμοποιεί ατερέωτυπα για την αρχική κατάταξη των καθηγητών και έπειτα να χρησιμοποιεί τεχνικές παρατήρησης για να συνάγει περισσότερες πληροφορίες. Η συσχέτιση των εκπαιδευτικών αποτελεσμάτων με την εμπειρογνωμοσύνη των καθηγητών είναι ένα ενδιαφέρον ερευνητικό θέμα από μόνο του, το οποίο θα μπορούσε μάλιστα να παράσχει χρήσιμα ευρήματα και για την περιοχή της παιδαγωγικής.

## 7.5 Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό συζητήθηκε η ανάγκη της ενσωμάτωσης ενός τμήματος μοντελοποίησης καθηγητή στην αρχιτεκτονική των ΕΣΕΔΣ. Ένα τέτοιο τμήμα θα συνέβαλλε, όπως περιγράφηκε, στην παραγωγή περισσότερο αποτελεσματικών και αξιόπιστων ΕΔΣ. Επιπλέον, η ενίσχυση του ρόλου των καθηγητών μέσω της παροχής σε αυτούς σχετικών πληροφοριών καθ' όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής του ΕΔΣ μπορεί να προάγει την ποιότητα των παραγόμενων ΕΔΣ.

Αναμφισβήτητα, κάθε ΕΣΕΔΣ ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκει θα μπορούσε να διαμορφώσει το μοντέλο καθηγητή και να χρησιμοποιήσει τις πληροφορίες που αυτό περιλαμβάνει με διαφορετικούς τρόπους. Στο κεφάλαιο αυτό συζητήθηκε εκτενώς η γενικευμένη χρησιμότητα της μοντελοποίησης καθηγητών στα ΕΣΕΔΣ και επιχειρήθηκε ο καθορισμός ενός γενικού πλαισίου για την ενσωμάτωση ενός τέτοιου τμήματος στην αρχιτεκτονική αυτών των συστημάτων. Ωστόσο, οι συγκεκριμένες μέθοδοι και τεχνικές απόκτησης του μοντέλου καθηγητή και οι συγκεκριμένοι τρόποι χρήσης του στα διάφορα ΕΣΕΔΣ μπορεί να αποτελέσει ανοιχτό ερευνητικό ζήτημα στην περιοχή των ΕΣΕΔΣ.

## ΜΕΛΕΤΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΟΥ WEAR

### 8.1 Εισαγωγή

Στην βιβλιογραφία των ΕΣΕΔΣ αναφέρονται σχετικώς ελάχιστες αξιολογήσεις συστημάτων. Εν μέρει αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα ΕΣΕΔΣ ενσωματώνουν πολυάριθμα χαρακτηριστικά και είναι δύσκολο να μετρηθεί η επίδραση μεμονωμένων χαρακτηριστικών καθώς και να δημιουργηθούν καταστάσεις ελέγχου έναντι των οποίων να συγκριθούν τα αποτελέσματα. Επίσης, τα περισσότερα υπάρχοντα ΕΣΕΔΣ δεν έχουν χρησιμοποιηθεί επαρκώς ώστε να αποδεικνύεται από την ύπαρξή τους και μόνο η αποτελεσματικότητά τους. Όπως αναφέρει ο Murray (1999), λόγω του ότι η τεχνολογία των ΕΣΕΔΣ είναι ακόμα νέα, οι συνολικές αξιολογήσεις (summative evaluations) που φαινομενικά αποδεικνύουν ότι ένα ολόκληρο σύστημα «δουλεύει», μπορεί να είναι λιγότερο πολύτιμες από τις διαμορφωτικές αξιολογήσεις (formative evaluations) που παρέχουν ενδείξεις για το ποια μέρη ενός συστήματος δουλεύουν και ποια όχι και γιατί.

Ακολουθώντας αυτήν την προσέγγιση, μετά την ολοκλήρωση της υλοποίησής του, το WEAR αξιολογήθηκε τμηματικά. Τα προς αξιολόγηση ζητήματα και για τις δύο τάξεις χρηστών του WEAR αφορούσαν στη συνέπεια, στην ευχρηστία, στη φιλικότητα και στην πληρότητα του συστήματος. Επιπλέον, δεδομένου ότι το καινοτομικό χαρακτηριστικό του WEAR είναι η μοντελοποίηση των καθηγητών, αυτό αποτέλεσε ένα σημαντικό τμήμα της αξιολόγησης. Κατά τη φάση του προσδιορισμού των μελετών που θα διεξάγονταν προκειμένου να αξιολογηθεί το WEAR, διαπιστώθηκε ένας μεγάλος αριθμός πιθανών και χρήσιμων συνδυασμών των παραμέτρων ελέγχου και άρα ένας μεγάλος αριθμός υποψήφιων μελετών αξιολόγησης προς διεξαγωγή. Τελικά και μέχρι στιγμής, τρεις μελέτες αξιολόγησης του WEAR έχουν ολοκληρωθεί και παρουσιάζονται στο κεφάλαιο αυτό.

Η πρώτη μελέτη που θα παρουσιαστεί αφορά στην αξιολόγηση της προσέγγισης μοντελοποίησης καθηγητή που ακολουθεί το WEAR προκειμένου να υποστηρίξει τους καθηγητές στη δημιουργία και συντήρηση των Διαδικτυακών μαθημάτων τους. Οι άλλες δύο μελέτες που θα παρουσιαστούν αφορούν στην αξιολόγηση του συστήματος διεπαφής των παραγόμενων από το WEAR ΕΔΣ, το οποίο όπως έχει ήδη αναφερθεί περιλαμβάνει έναν κινούμενο ομιλούντα πράκτορα.

## 8.2 Αξιολόγηση της ανάγκης ενσωμάτωσης του τμήματος μοντελοποίησης καθηγητή

Προκειμένου να αξιολογηθεί η προσέγγιση μοντελοποίησης καθηγητή του WEAR, αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο ελέγχου μόνο το κομμάτι εκείνο του WEAR που ασχολείται με την κατασκευή των προσαρμοστικών ηλεκτρονικών βιβλίων. Ο λόγος για την απόφαση αυτή είναι ότι σε αντίθεση με το τμήμα κατασκευής προβλημάτων που αφορά μόνο σε σχετικά με την Άλγεβρα γνωστικά πεδία, το τμήμα κατασκευής ηλεκτρονικών βιβλίων είναι εντελώς ανεξάρτητο πεδίου.

### 8.2.1 Περιγραφή της μελέτης

Στην μελέτη συμμετείχαν καθηγητές από τους οποίους ζητήθηκε να κατασκευάσουν με το WEAR ένα μάθημα για το πρόγραμμα επεξεργασίας λογιστικών φύλλων Excel της Microsoft. Το Excel επιλέχθηκε ως γνωστικό πεδίο της μελέτης έναντι άλλων

γιατί συνήθως διδάσκεται από καθηγητές με διαφορετικά υπόβαθρα και απευθύνεται σε μαθητές επίσης με διαφορετικές γνώσεις και ανάγκες.

Οι καθηγητές που συμμετείχαν στο πείραμα ήταν απόφοιτοι σχολών Πληροφορικής ή Οικονομικών. Συγκεκριμένα, το δείγμα που επιλέχθηκε αποτελείται από εννέα καθηγητές διαφορετικών επιπέδων εμπειρογνομosύνης στη διδασκαλία, στο γνωστικό πεδίο του Excel και στη σχεδίαση ενός μαθήματος εξ' αποστάσεως εκπαίδευσης. Στους καθηγητές δόθηκαν 19 θέματα (ενότητες) του Excel και τους ζητήθηκε να χρησιμοποιήσουν το WEAR για να κατασκευάσουν ένα μάθημα για αρχάριους διάρκειας δύο εβδομάδων. Πριν την έναρξη του σχεδιασμού του μαθήματος, στους καθηγητές παρουσιάστηκε το περιβάλλον συγγραφής αλλά και το περιβάλλον μάθησης του WEAR. Έπειτα κάθε καθηγητής κατασκεύασε με το εργαλείο το δικό του μάθημα.

Δύο ιδιαίτερα έμπειροι στη διδασκαλία του Excel καθηγητές κλήθηκαν να σχολιάσουν τα μαθήματα που σχεδίασαν οι εννέα συμμετέχοντες στο πείραμα. Στο εξής, οι δύο αυτοί καθηγητές θα αναφέρονται ως «σχολιαστές» για να διακρίνονται από τους εννέα καθηγητές που συμμετείχαν στο πείραμα ως συγγραφείς των μαθημάτων. Συγκεκριμένα, για κάθε μάθημα που κατασκευάστηκε από τους καθηγητές, οι σχολιαστές υπέδειξαν τα πιθανά σχεδιαστικά λάθη, όπως π.χ. την λανθασμένη θέση ενός ή περισσότερων θεμάτων ή τις μη βέλτιστες προαπαιτούμενες σχέσεις μεταξύ των εννοιών.

Μολονότι αυτό ήταν μόνο το πρώτο μέρος του πειράματος, η ποικιλία των σχεδιαστικών αποφάσεων των καθηγητών ήταν επαρκής ένδειξη για το ότι πράγματι, διαφορετικοί καθηγητές σχεδιάζουν το ίδιο μάθημα με διαφορετικούς τρόπους. Αν αυτό δεν συνέβαινε και όλα τα μαθήματα ήταν πολύ όμοια, δεν θα υπήρχε λόγος ύπαρξης ενός εργαλείου συγγραφής όπως το WEAR για την κατασκευή ΕΔΣ· αντ' αυτού θα μπορούσε να αναπτυχθεί το κατάλληλο ΕΔΣ για κάθε γνωστικό πεδίο άπαξ χωρίς τη χρήση εργαλείων συγγραφής.

Δύο εβδομάδες αργότερα, οι εννέα συγγραφείς ενημερώθηκαν ότι θα ελάμβαναν πληροφορίες για τα μαθήματα που κατασκεύασαν. Το WEAR τροφοδοτήθηκε με τα

αρχεία 10 εικονικών μαθητών για κάθε συγγραφέα μαθήματος. Αυτά τα προσομοιωμένα αρχεία τα παρείχαν οι σχολιαστές. Αυτή η προσέγγιση που ακολουθήθηκε ομοιάζει με αυτήν που ακολούθησαν οι Ainsworth, Grimshaw & Underwood (1999) που επίσης χρησιμοποίησαν για την μελέτη τους μια εικονική τάξη αντί πραγματικών ομάδων μαθητών. Παρόμοια με αυτούς, ο λόγος για τον οποίο ακολουθήθηκε αυτή η προσέγγιση ήταν το γεγονός ότι η σύγκριση των πολλαπλών περιγραφών των καθηγητών για ένα μάθημα θα απαιτούσε να έχουν κατασκευάσει το μάθημα για την ίδια ομάδα εκπαιδευομένων. Ωστόσο αυτό θα σήμαινε ότι η ίδια ομάδα μαθητών θα έπρεπε να χρησιμοποιήσει πολλαπλές εκδόσεις του ίδιου μαθήματος, επιλογή φυσικά ανεπίτρεπτη.

Οι καθηγητές είχαν τη δυνατότητα να δουν το ιστορικό και την πρόοδο των εικονικών μαθητών τους. Επίσης τους παρασχέθηκε μία αναφορά που τους υποδείκνυε τα ανεπιτυχή σημεία του μαθήματος που κατασκεύαζαν. Οι καθηγητές ρωτήθηκαν έπειτα αν επιθυμούσαν να επανασχεδιάσουν το μάθημα ώστε αυτό να χρησιμοποιηθεί ξανά από νέα ομάδα μαθητών. Για αυτούς που το επιθυμούσαν το WEAR παρείχε δύο επιλογές: είτε οι καθηγητές θα εργάζονταν μόνοι τους ή θα μπορούσαν να συμβουλευτούν τους συναδέλφους τους. Στην δεύτερη περίπτωση θα μπορούσαν να επιλέξουν τον καθηγητή του οποίου το μάθημα θα επιθυμούσαν να δουν βάσει διαφόρων κριτηρίων, όπως π.χ. το επίπεδο εμπειρογνωμοσύνης του άλλου καθηγητή, ή την επίδοση των μαθητών του, κ.λπ.

Αυτή η τελευταία σύνοδος καθόρισε το βαθμό χρησιμότητας της ύπαρξης του τμήματος μοντελοποίησης καθηγητή στην αρχιτεκτονική του WEAR. Αν πράγματι οι καθηγητές ενδιαφέρονταν να δουν πως σχεδίασαν το μάθημα άλλοι, περισσότερο έμπειροι από αυτούς συναδέλφους τους, τότε θα μπορούσε να θεωρηθεί χρήσιμο το να διατηρούνται μοντέλα καθηγητή που θα παρείχαν πληροφορίες σχετικά με την εμπειρογνωμοσύνη των καθηγητών. Επιπλέον, αν οι καθηγητές ήταν πρόθυμοι να επανασχεδιάσουν το μάθημά τους, τότε θα ήταν χρήσιμο να τους παρέχονται όλες οι σχετικές πληροφορίες προκειμένου να εστιάσουν τις προσπάθειές τους στα σημεία εκείνα του μαθήματος που χρειαζόνταν επανασχεδιασμό.

### 8.2.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Προκειμένου να ελεγχθεί αν διαφορετικοί καθηγητές σχεδιάζουν με διαφορετικό τρόπο το ίδιο μάθημα συγκρίθηκε η δομή μαθήματος των εννέα καθηγητών. Όπως ήταν αναμενόμενο αλλά και αναγνωρισμένο σε παρόμοιες μελέτες (π.χ. Ainsworth, Grimshaw & Underwood, 1999), η δομή των εννέα μαθημάτων διέφερε αρκετά. Οι διαφορές που εντοπίστηκαν αφορούσαν τόσο την σειρά με την οποία οι καθηγητές επιθυμούσαν να παρουσιάζονται οι ενότητες, όσο και τις προαπαιτούμενες ενότητες που όριζαν για κάθε ενότητα. Ενδεικτικά, στον πίνακα 8.1 εμφανίζεται η σειρά παρουσίασης των ενοτήτων από τρεις διαφορετικούς καθηγητές, ενώ στον πίνακα 8.2 παρουσιάζονται οι σχέσεις προαπαιτούμενων όπως ορίστηκαν από τρεις καθηγητές για την ενότητα «Αντιγραφή τύπων». Το γεγονός ότι οι εννέα καθηγητές σχεδίασαν το ίδιο μάθημα με διαφορετικούς τρόπους δείχνει ότι το *WEAR* είναι πράγματι χρήσιμο για παράγει ΕΔΣ που αντανακλούν τις απόψεις του συγκεκριμένου καθηγητή για το μάθημα.

Καθηγητής 1	Καθηγητής 3	Καθηγητής 4
Βασικά του Excel	Βασικά του Excel	Βασικά του Excel
Εισαγωγή δεδομένων σε κελιά	Εισαγωγή δεδομένων σε κελιά	Εισαγωγή δεδομένων σε κελιά
Επεξεργασία περιεχομένων κελιού	Αυτόματη συμπλήρωση	Επεξεργασία περιεχομένων κελιού
Αλλάζοντας το πλάτος στήλης και το ύψος γραμμής	Αλλάζοντας το πλάτος στήλης και το ύψος γραμμής	Εισαγωγή κελιών
Εισαγωγή τύπων	Μορφοποίηση	Διαγραφή κελιών
Επιλογή κελιών	Επεξεργασία περιεχομένων κελιού	Αντιγραφή κελιών
Διαγραφή κελιών	Αντιγραφή κελιών	Μετακίνηση κελιών
Εισαγωγή κελιών	Μετακίνηση κελιών	Αλλάζοντας το πλάτος στήλης και το ύψος γραμμής
Μετακίνηση κελιών	Εισαγωγή κελιών	Εισαγωγή τύπων
Αντιγραφή κελιών	Διαγραφή κελιών	Αντιγραφή τύπων
Αυτόματη συμπλήρωση	Επιλογή κελιών	Συναρτήσεις
Αντιγραφή τύπων	Εισαγωγή τύπων	Επικόλληση συνάρτησης
Σχετικές και απόλυτες αναφορές	Αντιγραφή τύπων	Αυτόματη συμπλήρωση
Μορφοποίηση	Σχετικές και απόλυτες αναφορές	Μορφοποίηση
Συναρτήσεις	Συναρτήσεις	Σχετικές και απόλυτες αναφορές
Επικόλληση συνάρτησης	Επικόλληση συνάρτησης	Επιλογή κελιών
Συνάρτηση IF	Συνάρτηση IF	Ταξινόμηση δεδομένων
Γραφήματα	Γραφήματα	Συνάρτηση IF
Ταξινόμηση δεδομένων	Ταξινόμηση δεδομένων	Γραφήματα

Πίνακας 8.1: Η σειρά των ενοτήτων από τους καθηγητές 1, 3 και 4

**Προαπαιτούμενες ενότητες για την «Αντιγραφή τύπων»**

<b>Καθηγητής 1</b>	Βασικά του Excel, Εισαγωγή δεδομένων σε κελιά, Επεξεργασία περιεχομένων κελιού, Εισαγωγή τύπων, Επιλογή κελιών, Αντιγραφή κελιών και δεδομένων
<b>Καθηγητής 5</b>	Βασικά του Excel, Εισαγωγή δεδομένων σε κελιά, Εισαγωγή τύπων
<b>Καθηγητής 6</b>	Βασικά του Excel, Εισαγωγή δεδομένων σε κελιά, Μορφοποίηση, Εισαγωγή τύπων

**Πίνακας 8.2:** Προαπαιτούμενες ενότητες για την «Αντιγραφή τύπων» από τους καθηγητές 1, 5 και 6

Η επόμενη ερώτηση που έπρεπε να απαντηθεί μέσω της μελέτης ήταν αν οι καθηγητές θα αξιοποιούσαν την υποστήριξη που το WEAR τους παρέχει προκειμένου να βελτιώσουν το μάθημά τους. Οι ενέργειες των καθηγητών έδωσαν την απάντηση σε αυτό το ερώτημα, η οποία ήταν σαφώς θετική: οκτώ από τους εννέα καθηγητές αφιέρωσαν αρκετό χρόνο μελετώντας την αναφορά προβλημάτων που τους παρείχε το WEAR και επανασχεδίασαν το ΕΔΣ τους.

Το τελευταίο ζήτημα που διερεύνησε η μελέτη αφορούσε στο βαθμό της χρησιμότητας συγκεκριμένων λειτουργιών που βασίζονται στο τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή που το WEAR ενσωματώνει. Για να εξαχθεί συμπέρασμα αναφορικά με αυτό το ζήτημα, διερευνήθηκαν τα παρακάτω:

1. *Ενδιαφέρονταν οι καθηγητές να συμβουλευτούν συναδέλφους τους πριν επανασχεδιάσουν το μάθημά τους; Αν ναι, με ποιο τρόπο προτιμούσαν να το κάνουν;* Η μελέτη αποκάλυψε ότι όλοι οι καθηγητές που επανασχεδίασαν το μάθημά τους (8 από τους 9) εκμεταλλεύτηκαν την ευκαιρία να συμβουλευτούν άλλους καθηγητές που είχαν δημιουργήσει ένα παρόμοιο μάθημα. Το WEAR παρείχε στους καθηγητές που επιθυμούσαν να συμβουλευτούν συναδέλφους τους δύο επιλογές: είτε να επικοινωνήσουν μαζί τους με ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και να τους ρωτήσουν άμεσα ό,τι ήθελαν ή να τους συμβουλευτούν έμμεσα βλέποντας το σχεδιασμό του μαθήματός τους. Έξι από τους οκτώ καθηγητές προτίμησαν να δουν τι είχαν κάνει οι άλλοι καθηγητές χωρίς τη χρήση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.
2. *Υπήρχαν καθηγητές που προτιμούσαν ως «σύμβουλοι» από άλλους;* Οι καθηγητές που ενδιαφέρονταν να δουν τι είχαν κάνει οι υπόλοιποι είχαν τη δυνατότητα είτε να

επιλέξουν από μία λίστα με τα διαθέσιμα μαθήματα εκείνο που θα ήθελαν να δουν, είτε να επιλέξουν συγκεκριμένα μαθήματα με βάση ένα ή περισσότερα κριτήρια. Όλοι οι καθηγητές προτίμησαν την εύρεση μαθημάτων βάσει κριτηρίων. Συγκεκριμένα, το WEAR επέτρεπε στους καθηγητές να επιλέξουν τα μαθήματα που θα έβλεπαν βάσει: (i) της διδακτικής εμπειρογνωμοσύνης του άλλου καθηγητή, (ii) της εμπειρογνωμοσύνης του άλλου καθηγητή στο υπό διδασκαλία γνωστικό πεδίο, (iii) της επίδοσης των μαθητών του, (iv) του επιπέδου δυσκολίας του μαθήματος όπως αυτό ορίστηκε από τον άλλο καθηγητή. Κάθε ένας από τους καθηγητές έκανε τον δικό του συνδυασμό κριτηρίων προκειμένου να δει μαθήματα άλλων. Ωστόσο, ένας ιδιαίτερα συνήθης συνδυασμός και στις περισσότερες περιπτώσεις (6 από τις 8) ο πρώτος που χρησιμοποιήθηκε ήταν εκείνος που εμπεριείχε τα κριτήρια (i) και (ii). Αυτό έδειξε ότι οι καθηγητές προτιμούσαν να βασίζονται σε συναδέλφους τους που ήταν έμπειροι ως δάσκαλοι αλλά και έμπειροι στο γνωστικό πεδίο του μαθήματος. Ένα άλλο κριτήριο που χρησιμοποιήθηκε ευρέως ήταν η επίδοση των μαθητών του άλλου καθηγητή, που επίσης σχετίζεται έμμεσα με την εμπειρογνωμοσύνη των καθηγητών.

Όλα τα προαναφερθέντα ευρήματα οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή που ενσωματώνει το WEAR μπορεί να παίξει κρίσιμο ρόλο στην παραγωγή και συντήρηση Διαδικτυακών μαθημάτων. Σχεδόν όλοι οι καθηγητές βρήκαν χρήσιμο το να συμβουλευόμαστε τους άλλους μέσω της κοινής χρήσης της σχεδίασης του μαθήματος. Επιπλέον, δεν προτίμησαν να το κάνουν αυτό «τυφλά» επιλέγοντας να δουν τυχαία το μάθημα κάποιου καθηγητή αλλά εκμεταλλεύτηκαν τα κριτήρια επιλογής που τους παρείχε το WEAR. Τα πλέον προτιμώμενα κριτήρια ήταν εκείνα που αφορούσαν στην εμπειρογνωμοσύνη των άλλων καθηγητών. Για να έχει τη δυνατότητα το WEAR να παρέχει αυτές τις πληροφορίες στηρίζεται στα μοντέλα καθηγητών που διατηρεί.

## 8.3 Αξιολογήσεις του συστήματος διεπαφής των παραγόμενων ΕΔΣ

### 8.3.1 Εισαγωγή

Οι κυριότερες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι ερευνητές στην περιοχή της βασισμένης σε υπολογιστή εκπαίδευσης είναι πως να εγγυώνται αποτελεσματική μάθηση, να παρέχουν κίνητρα στους μαθητές και γενικώς να βελτιώνουν την μαθησιακή εμπειρία. Μία ελπιδοφόρα προσέγγιση για την επίτευξη αυτών των προκλητικών στόχων αφορά στην ενσωμάτωση κινούμενων παιδαγωγικών πρακτόρων (animated pedagogical agents) στα περιβάλλοντα μάθησης.

Οι κινούμενοι παιδαγωγικοί πράκτορες είναι χαρακτηριστές ενσωματωμένοι στο εκπαιδευτικό περιβάλλον που επιδεικνύουν αληθοφανή συμπεριφορά μέσω ομιλίας, εκφράσεων του προσώπου, χειρονομιών και κινήσεων του σώματος. Παρουσιάζονται ως τρισδιάστατα γραφικά, βίντεο, ή δισδιάστατες ζωγραφιές σε στυλ καρτούν. Οι αρμοδιότητές τους κυμαίνονται από την αναγνώριση μιας ενέργειας του μαθητή ως την παροχή βοήθειας κατά την επίλυση προβλημάτων. Αρκετά εκπαιδευτικά συστήματα έχουν αναπτυχθεί τα οποία ενσωματώνουν κινούμενους παιδαγωγικούς πράκτορες. Μεταξύ αυτών και τα εξής: *Adele* (Shaw, Ganeshan, Johnson & Millar, 1999), *Herman the Bug* (Lester, Stone & Stelling, 1999) και *PPP Persona* (Rist, André & Müller, 1997). Ο αναγνώστης παραπέμπεται επίσης στο (Johnson, Rickel & Lester, 2000), όπου περιγράφεται και συζητείται ένας αριθμός τέτοιων συστημάτων που αντιπροσωπεύουν τις σύγχρονες τάσεις στην περιοχή αυτή.

Ο πράκτορας *Adele* (Agent for Distance Learning: Light Edition) λειτουργεί σε ένα Διαδίκτυακό καταμετρημένο περιβάλλον προσομοίωσης, όπου καθοδηγεί και εξετάζει τους μαθητές όσο αυτοί δουλεύουν με κλινικές περιπτώσεις. Ο *Adele* αποτελείται από δύο τμήματα: τον κινούμενο χαρακτήρα και την μηχανή συμπερασμού που παρακολουθεί τις ενέργειες του μαθητή και αποφασίζει πως πρέπει να ανταποκριθεί ο *Adele* σε αυτές. Ο *Herman the Bug* είναι ένας κινούμενος παιδαγωγικός πράκτορας που «ζει» στο *Design-A-Plant*, ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον για το γνωστικό πεδίο της βοτανολογίας. Ο *Herman* παρατηρεί τις ενέργειες των μαθητών όσο «κατασκευάζουν» φυτά τα οποία να μπορούν να επιβιώσουν σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές

συνθήκες και τους παρέχει εξηγήσεις και υποδείξεις. Στη διαδικασία των επεξηγήσεων και των υποδείξεων, ο *Herman* πραγματοποιεί διάφορες ενέργειες, όπως να περπατάει, να πετάει, να κολυμπάει, κ.λπ. Ο πράκτορας *PPP Persona* είναι ένας κινούμενος πράκτορας διαπαφής που παρουσιάζει στους χρήστες υλικό πολυμέσων. Όσο ο χρήστης βλέπει την παρουσίαση, ο πράκτορας σχολιάζει συγκεκριμένα μέρη και τα τονίζει δείχνοντας προς αυτά. Το ρεπερτόριο των χειρονομιών παρουσίασης που χρησιμοποιεί ο *PPP Persona* περιλαμβάνει χειρονομίες που εκφράζουν επιδοκιμασία ή αποδοκιμασία, προειδοποίηση ή σύσταση, κ.λπ.

Παρά την ύπαρξη αρκετών εκπαιδευτικών συστημάτων που ενσωματώνουν κινούμενους πράκτορες, οι Dehn & Van Mulken (2000) επισημαίνουν ότι οι εμπειρικές μελέτες σχετικά με την επίδραση των κινούμενων πρακτόρων στην μάθηση είναι λίγες και διαφέρουν στα αποτελέσματα που καταμετρούν. Στο συμπέρασμα αυτό έφτασαν έπειτα από την διεξαγωγή μιας συστηματικής και εκτενούς έρευνας των εμπειρικών μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι στιγμής. Πράγματι, παραδείγματα τέτοιων μελετών παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία αποτελεσμάτων. Οι Walker, Sproull & Subramani (1994) διερεύνησαν την ανταπόκριση των χρηστών σε ένα ομιλούν κεφάλι που παρουσιάζοταν σε μία οθόνη υπολογιστή ενώ οι χρήστες συμπλήρωναν ερωτηματολόγια. Τα ευρήματά τους έδειξαν ότι συγκρινόμενοι με χρήστες που απάντησαν σε ερωτήσεις που τους παρουσιάζονταν στην οθόνη σε μορφή κειμένου, οι χρήστες που απάντησαν στις ίδιες ερωτήσεις εκφωνημένες από το ομιλούν κεφάλι αφιέρωσαν περισσότερο χρόνο, έκαναν λιγότερα λάθη και έγραψαν περισσότερα σχόλια. Η μελέτη των Lester, Converse, Kahler, Barlow, Stone & Bhogal (1997) με διαφορετικές εκδόσεις του *Herman the Bug* αποκάλυψε ότι η παρουσία ενός αληθοφανούς χαρακτήρα σε ένα αλληλεπιδραστικό εκπαιδευτικό περιβάλλον μπορεί να έχει ισχυρά θετική επίδραση στον τρόπο που ο μαθητής αντιλαμβάνεται την μαθησιακή εμπειρία. Οι Van Mulken, André & Müller (1998) πραγματοποίησαν μία εμπειρική μελέτη για να εξετάσουν την επίδραση του πράκτορα *PPP Persona* τόσο με υποκειμενικά όσο και με αντικειμενικά μέτρα. Τα αποτελέσματα της μελέτης τους υποδεικνύουν ότι η παρουσία του πράκτορα δεν είχε ούτε θετική αλλά ούτε και αρνητική επίδραση στην κατανόηση και τη μνήμη των μαθητών. Ωστόσο, και μόνο η παρουσία του πράκτορα

έκανε τους χρήστες να αντιλαμβάνονται τις παρουσιάσεις και τα τεστ ως περισσότερο διασκεδαστικά και λιγότερο δύσκολα.

Η ποικιλία στα αποτελέσματα στα οποία καταλήγουν οι εμπειρικές μελέτες που έχουν διεξαχθεί μέχρι στιγμής καθώς και ο μικρός αριθμός των μελετών αυτών υποδηλώνουν ότι η αξιολόγηση της «επίδρασης του προσώπου» (persona effect) είναι ένα ανοιχτό ερευνητικό πεδίο που χρειάζεται επιπλέον διερεύνηση. Στην ενότητα αυτή αναφέρονται δύο εμπειρικές μελέτες που έγιναν για να αξιολογηθεί αντίστοιχα η επίδραση δύο διαφορετικών πρακτόρων ενσωματωμένων στη διεπαφή του συστήματος WEAR με τους μαθητές (Moundridou & Virvou, 2001a; 2002b; 2001c).

### 8.3.2 Αξιολόγηση ενός ανθρωπόμορφου ομιλούντος προσώπου

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στόχος του πειράματος ήταν να εξεταστεί πως η παρουσία του ομιλούντος ανθρωπόμορφου πράκτορα που ενσωμάτωνε αρχικά το WEAR στη διεπαφή (Σχήμα 8.1) επηρέαζε τους μαθητές.

**Problem description:**  
Workers at an oil refinery have to check the depth of the oil storage tank to see if any is leaking out. They find that the depth of the oil is currently 30 meters, and that oil is being lost at a rate of 2 meters per day. They come back to check on the oil level after  $x$  days. Write an expression for the new oil level ( $l$ ) if the rate of loss remains constant. After how many days the new oil level will be 18 meters?

**Given data:**

$l=18.0$ :oil level  
 $x$ :days

**Your correct responses so far in solving this problem:**

$l=30-2*x$   
 $2*x=30-l$

**Your wrong responses so far in solving this problem:**

$x=(30-l)*2$

**Your current response:**  $x=(30-l)*2$  Is wrong. Check the operators you used...

[I want to see the solution](#)  
[I want to try another problem](#)

Σχήμα 8.1: Περιβάλλον ενός παραγόμενου από το WEAR ΕΔΣ (με πράκτορα διεπαφής ένα ανθρωπόμορφο πρόσωπο)

Οι Dehn & Van Mulken (2000) υποστηρίζουν ότι οι πιθανές συνέπειες των πρακτόρων διαπαφής στους χρήστες μπορούν και πρέπει να διακρίνονται σε: (i) συνέπειες στην υποκειμενική εμπειρία που έχει ο χρήστης από την αλληλεπίδρασή του με το σύστημα, (ii) συνέπειες στη συμπεριφορά του χρήστη κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασής του με το σύστημα και (iii) συνέπειες στο αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης τις οποίες μαρτυρούν τα δεδομένα επίδοσης. Αυτή η κατηγοριοποίηση των συνεπειών ακολουθήθηκε στην μελέτη που παρουσιάζεται εδώ. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε η επίδραση του ανθρωπόμορφου πράκτορα αναφορικά με την εμπειρία, τη συμπεριφορά και την επίδοση των μαθητών. Στο υπόλοιπο αυτής της ενότητας θα περιγραφεί καταρχάς η διαδικασία του πειράματος και θα αναφερθούν τα αποτελέσματά του στις τρεις διαστάσεις επίδρασης.

### 8.3.2.1 Η διαδικασία του πειράματος

Οι συμμετέχοντες στο πείραμα ήταν 46 φοιτητές από το Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Οι 26 από αυτούς ήταν από το Τμήμα Πληροφορικής και οι υπόλοιποι από Οικονομικά τμήματα. Οι μαθητές χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες: την ομάδα του πράκτορα (ομάδα Agent) και την ομάδα χωρίς τον πράκτορα (ομάδα Non-Agent). Και οι δύο ομάδες συμμετείχαν στο πείραμα με τον ίδιο τρόπο. Η διαφορά μεταξύ τους ήταν στην έκδοση του ΕΔΣ με το οποίο εργάστηκαν: η έκδοση που χρησιμοποίησε η ομάδα Α ενσωμάτωνε το ομίλου κεφάλι, ενώ η ομάδα ΝΑ χρησιμοποίησε μια χωρίς πράκτορα έκδοση, στην οποία τα μηνύματα του συστήματος προς τους μαθητές ήταν σε μορφή κειμένου. Προκειμένου να εξεταστεί η επίδραση του πράκτορα στην μάθηση, το περιεχόμενο των μηνυμάτων που μετέδιδαν και οι δύο εκδόσεις στους μαθητές ήταν ακριβώς ίδιο. Τέτοια μηνύματα αφορούσαν μηνύματα ανάδρασης του συστήματος, καθοδήγηση στο περιβάλλον, κλπ. Για την παραγωγή του ΕΔΣ που θα χρησιμοποιούσαν οι μαθητές στο πείραμα, το WEAR τροποποιήθηκε με απλά μαθηματικά προβλήματα. Παράδειγμα τέτοιου προβλήματος είναι το εξής: «Ο Γιάννης αρχίζει να τρέχει από το σημείο X στο σημείο Y. Μισή ώρα αργότερα ο φίλος του ο Κώστας που τρέχει κατά 1 μίλι την ώρα αργότερα απ' ότι το διπλάσιο της ταχύτητας του Γιάννη, αρχίζει από το ίδιο σημείο και ακολουθεί την ίδια διαδρομή. Αν ο Κώστας περάσει τον Γιάννη μετά από δύο ώρες, πόσα μίλια θα έχει καλύψει;» Τα περισσότερα προβλήματα αυτού του είδους μπορούν να αναπαρασταθούν από

ένα σύστημα γραμμικών εξισώσεων. Η επίλυση του συστήματος παράγει και την λύση του προβλήματος. Αυτού του είδους η γνώση δεν είναι καινούρια για τους φοιτητές. Ωστόσο, φάνηκε στο πείραμα ότι δεν ήταν όλοι ικανοί να αντιμετωπίσουν τέτοια προβλήματα.

Το πείραμα άρχισε με ένα προκαταρκτικό τεστ, αποτελούμενο από πέντε προβλήματα. Από τους μαθητές ζητήθηκε να απαντήσουν στο τεστ χρησιμοποιώντας χαρτί και μολύβι. Για κάθε μαθητή σημειώθηκε ο χρόνος που χρειάστηκε και ο βαθμός που πήρε στο τεστ. Μετά την ολοκλήρωση του προκαταρκτικού τεστ, οι μαθητές εργάστηκαν με το σύστημα για να λύσουν παρόμοιας δυσκολίας προβλήματα. Σε αυτό το στάδιο οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να εξασκηθούν και να εδραιώσουν τις γνώσεις τους χρησιμοποιώντας το σύστημα. Οι μαθητές αφέρθηκαν ελεύθεροι να εργαστούν με το ΕΔΣ για όσο χρόνο επιθυμούσαν και να λύσουν όσα προβλήματα ήθελαν. Οι ενέργειες των μαθητών όσο εργάζονταν με το σύστημα καταγράφονταν. Τα αρχεία των ενεργειών (log files) των μαθητών παρείχαν πληροφορίες αναφορικά με τον χρόνο (ο χρόνος που δαπανήθηκε για κάθε πρόβλημα, οι χρόνοι απόκρισης, ο συνολικός χρόνος που αφιερώθηκε στην εργασία με το σύστημα) και την επίδοση (ο βαθμός που πήραν, τα λάθη ανά πρόβλημα). Επίσης, τα αρχεία ενεργειών παρείχαν και άλλες χρήσιμες πληροφορίες όπως π.χ. τον αριθμό των φορών που ένας μαθητής εγκατέλειψε ένα πρόβλημα που επιχειρούσε να λύσει, ή τον αριθμό των φορών που ένας μαθητής επέλεξε να δει τη λύση του προβλήματος πριν ή αφού το είχε λύσει μόνος του. Μετά την εργασία με το σύστημα, ακολούθησε ένα ακόμα τεστ αποτελούμενο από πέντε προβλήματα που οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν σε χαρτί. Και πάλι ο βαθμός τους και ο χρόνος που χρειάστηκαν καταγράφηκε. Τέλος, από τους μαθητές ζητήθηκε να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο σχετικά με την εμπειρία που είχαν από την αλληλεπίδρασή τους με το σύστημα.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τα τεστ με χαρτί και μολύβι, τα αρχεία ενεργειών και τα ερωτηματολόγια χρησιμοποιήθηκαν για να υπολογιστούν οι μέσες τιμές για κάθε ομάδα και οι αντίστοιχες τιμές  $\rho$ . Η «υπόθεση μηδέν» της μη διαφοράς μεταξύ των μέσων των δύο ομάδων,  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ , ελέγχθηκε έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης των διαφορετικών μέσων,  $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ . Για να αποφασιστεί η απόρριψη ή

όχι της μηδενικής υπόθεσης χρησιμοποιήθηκε η στατιστική  $t$  με δικατάληκτο κριτήριο ελέγχου και ελέγχθηκε αν η τιμή  $p$  ήταν μεγαλύτερη ή μικρότερη από ένα συγκεκριμένο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha$ , που στο πείραμα ορίστηκε σε 5%. Αν η τιμή  $p$  ήταν μικρότερη από 0.05, τότε θα αποφαιζόταν η απόρριψη της υπόθεσης μηδέν και θα συναγόταν ότι η διαφορά μεταξύ των μέσων των δύο ομάδων ήταν στατιστικά σημαντική, ενώ μεγαλύτερες τιμές (από 0.05) θα υποδείκνυαν ότι η διαφορά μεταξύ των μέσων των δύο ομάδων δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

### 8.3.2.2 Η συμπεριφορά των μαθητών κατά την αλληλεπίδρασή τους με το σύστημα

Γενικά, στη βιβλιογραφία της βοηθούμενης από υπολογιστή μάθησης, οι χρόνοι απόκρισης και/ή τα ποσοστά λάθους στις αποκρίσεις των χρηστών χρησιμοποιούνται συχνά ως δείκτες του βαθμού προσήλωσης που δείχνει ένας χρήστης. Ωστόσο, αυτοί οι δείκτες συχνά ερμηνεύονται με διαφορετικούς τρόπους. Κάποιες φορές δε, αυτοί οι δείκτες ερμηνεύονται ακόμα και αντιφατικά. Για παράδειγμα, στην μελέτη των Sproull, Subramani, Kiesler, Walker & Waters (1996) συγκρίθηκαν δύο διεπαφές: μία διεπαφή κειμένου και μία που χρησιμοποιούσε ένα ομίλουν κεφάλι σε συνδυασμό με κείμενο. Οι συγγραφείς μέτρησαν τον χρόνο που χρειάστηκαν οι συμμετέχοντες στο πείραμα για να συμπληρώσουν ερωτήσεις ενός ψυχολογικού τεστ και τον αριθμό των ερωτήσεων που παρέλειψαν. Οι μακρύτεροι χρόνοι απόκρισης που παρήγαγαν οι συμμετέχοντες που εργάστηκαν με το πρόσωπο ερμηνεύθηκαν από τους συγγραφείς ως ένδειξη υψηλότερου βαθμού προσήλωσης των χρηστών. Παρόμοια, το γεγονός ότι οι χρήστες στην περίπτωση του προσώπου άφησαν περισσότερες ερωτήσεις αναπάντητες απ' ό,τι αυτοί με τη διεπαφή κειμένου θεωρήθηκε ότι αντανάκλα υψηλότερο βαθμό προσήλωσης. Σε μια άλλη μελέτη (Takeuchi & Naito, 1995), ο επιπλέον χρόνος που χρειάστηκαν οι χρήστες στην περίπτωση του προσώπου για να αποκριθούν σε ένα παιχνίδι ταιριάσματος καρτών θεωρήθηκε ένδειξη χαμηλότερου βαθμού προσήλωσης, αφού όπως λένε οι συγγραφείς το πρόσωπο αποσπούσε την προσοχή των χρηστών από το παιχνίδι.

Όπως δείχνουν οι προαναφερθείσες μελέτες, δεν φαίνεται να υπάρχει σαφής ερμηνεία της συμπεριφοράς των μαθητών σχετικά με τον βαθμό της προσήλωσής τους στο σύστημα. Για το λόγο αυτό, ζητήσαμε από 15 καθηγητές να προσδιορίσουν τα

κριτήρια που θα χρησιμοποιούσαν για να αποφασίσουν αν ένας μαθητής είναι προσηλωμένος. Συγκεκριμένα, στους εμπειρογνώμονες δόθηκε μία λίστα με κριτήρια, τα οποία είτε είχαν χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενες μελέτες είτε ήταν συνδυασμός κριτηρίων, και τους ζητήθηκε να επιλέξουν το κριτήριο που θα χρησιμοποιούσαν για να μετρήσουν την προσήλωση των μαθητών. Το κριτήριο που επικράτησε ήταν το εξής: Ένας μαθητής Α είναι περισσότερο προσηλωμένος από έναν μαθητή Β αν ο Α ξοδεύει περισσότερο χρόνο με το σύστημα αλλά όχι «πέρα πολύ», με δεδομένο όμως ότι και οι δύο μαθητές έχουν ασχοληθεί με τον ίδιο αριθμό εργασιών. Οι καθηγητές παρείχαν επίσης την τιμή εισινη πάνω από την οποία θα έπρεπε να θεωρηθεί ο χρόνος που δαπάνησαν οι μαθητές ως «πέρα πολύ».

Βάσει του κριτηρίου που επέλεξαν οι εμπειρογνώμονες και των δεδομένων που συλλέχθηκαν από το πείραμα, το συμπέρασμα που εξήχθη ήταν ότι η παρουσία του ανθρωπόμορφου πράκτορα ούτε αυξάνει την προσήλωση των μαθητών αλλά ούτε τους αποσπά από τις εργασίες που πρέπει να φέρουν σε πέρας. Συγκεκριμένα η ομάδα Α δαπάνησε κατά μέσο όρο 19.96 λεπτά της ώρας δουλεύοντας με το σύστημα, ενώ η ομάδα ΝΑ 18.25 λεπτά. Ο μέσος χρόνος που κάθε ομάδα δαπάνησε, όπως και ο χρόνος κάθε ενός από τους συμμετέχοντες ήταν κάτω από το όριο των 30 λεπτών που είχαν ορίσει οι καθηγητές, και άρα θεωρήθηκε ότι καμία από τις ομάδες δεν φάνηκε να είναι μη προσηλωμένη. Έχοντας λύσει σχεδόν τον ίδιο αριθμό προβλημάτων, παρατηρήθηκε μια μικρή αριθμητική διαφορά μεταξύ των μέσων χρόνων των δύο ομάδων. Ωστόσο, η διαφορά αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική ( $t_{46}=0.97$ ,  $p=0.336$ ) και επομένως το συμπέρασμα ήταν ότι η προσήλωση των μαθητών δεν επηρεάζεται από την παρουσία του πράκτορα.

### 8.3.2.3 Υποκειμενική εμπειρία των μαθητών από το σύστημα

Οι απαντήσεις των μαθητών σε ένα ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκαν για να αξιολογηθεί η στάση τους απέναντι στο σύστημα. Τα αποτελέσματα (Πίνακας 8.3) είναι γενικώς σύμφωνα με τα ευρήματα από παρόμοιες μελέτες: σε όλες τις ερωτήσεις η βαθμολογία που έδωσε η ομάδα Α ήταν αριθμητικώς υψηλότερη από αυτήν της ομάδας ΝΑ. Επιπλέον, οι διαφορές των μέσων βαθμολογιών μεταξύ των δύο ομάδων είναι στατιστικά σημαντικές στις περισσότερες ερωτήσεις. Οι απαντήσεις των

μαθητών στις ερωτήσεις 1-5 μετρήθηκαν σε πέντε βαθμών κλίμακα Likert (π.χ. στην ερώτηση 2 οι πιθανές απαντήσεις ήταν: 1-πολύ δύσκολο, 2-δύσκολο, 3-μέτριο, 4-εύκολο, 5-πολύ εύκολο) και χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των αριθμητικών αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.3.

Ερωτήσεις	Ομάδα Α (n=24)		Ομάδα ΝΑ (n=24)		Μέση διαφορά t(df); p
	μ	s.d.	μ	s.d.	
1. Πόσο ευχάριστο ήταν το σύστημα στη χρήση του;	4.67	0.64	2.92	1.10	t(46)=6.74; p=0.000
2. Πόσο εύκολη ήταν η χρήση του συστήματος;	4.54	0.59	3.54	0.78	t(46)=5.02; p=0.000
3. Τα προβλήματα που κληθήκατε να λύσετε με το σύστημα ήταν δύσκολα;	4.54	0.66	3.17	0.87	t(46)=6.18; p=0.000
4. Σας βοήθησε το σύστημα να βελτιώσετε την ικανότητά σας να λύσετε τέτοια προβλήματα;	4.04	0.75	3.50	0.88	t(46)=2.29; p=0.027
5. Πόσο χρήσιμο ήταν το σύστημα συγκρινόμενο με έναν πραγματικό καθηγητή;	3.54	0.72	3.38	1.01	t(46)=0.66; p=0.515

Ομάδα Α: Ομάδα με τον πράκτορα

Ομάδα ΝΑ: Ομάδα χωρίς τον πράκτορα

n: αριθμός δείγματος

μ: μέση τιμή

s.d.: τυπική απόκλιση

df: βαθμοί ελευθερίας

t(df): η τιμή της στατιστικής t με df βαθμούς ελευθερίας

p: η πιθανότητα λανθασμένης απόρριψης της  $H_0$

**Πίνακας 8.3:** Μέση βαθμολογία για την υποκειμενική εμπειρία από το σύστημα και αποτελέσματα στατιστικής t για τη διαφορά μεταξύ των μέσων των Α και ΝΑ ομάδων

Συμπερασματικά, βάσει της υποκειμενικής εμπειρίας των μαθητών από το σύστημα (όπως συνοψίζεται στον παραπάνω πίνακα) μπορεί να ειπωθεί ότι η παρουσία του πράκτορα προσθέτει αξία σε ένα σύστημα, αφού οι χρήστες που εργάστηκαν με την έκδοση που ενσωμάτωνε τον πράκτορα βρήκαν το σύστημα περισσότερο ευχάριστο και ευκολότερο στη χρήση από όσους εργάστηκαν με την έκδοση χωρίς τον πράκτορα. Επιπλέον, ο πράκτορας φαίνεται να επηρεάζει τη στάση των μαθητών απέναντι στις εργασίες που πρέπει να φέρουν σε πέρας και στις γνώσεις που πρέπει τελικά να αποκτήσουν. Οι μαθητές που εργάστηκαν με τον πράκτορα βρήκαν τα προβλήματα που έπρεπε να λύσουν λιγότερο δύσκολα από ότι τα βρήκαν αυτοί που εργάστηκαν χωρίς τον πράκτορα. Επίσης, οι μαθητές του πράκτορα θεώρησαν ότι το σύστημα ήταν περισσότερο χρήσιμο στο να τους βοηθήσει να βελτιώσουν τις

ικανότητές τους απ' ότι θεώρησε η άλλη ομάδα. Ωστόσο, στην αρκετά κρίσιμη ερώτηση της σύγκρισης της χρησιμότητας του συστήματος με αυτήν ενός πραγματικού δασκάλου, οι μαθητές ήταν περισσότερο συγκρατημένοι στη βαθμολογία τους ανεξάρτητα από την ομάδα στην οποία ανήκαν. Αυτό το εύρημα αποτελεί έκπληξη, αφού αυτό που αναμενόταν θα ήταν η παρουσία του ανθρωπόμορφου ομιλούντος πράκτορα να δίνει στους μαθητές την αίσθηση ενός πραγματικού δασκάλου και άρα να επηρεάζει τη βαθμολογία τους σε αυτήν την ερώτηση.

Στο ερωτηματολόγιο υπήρχαν άλλες δύο ερωτήσεις που επέτρεπαν στους μαθητές να εκφράσουν περισσότερο ελεύθερα τις σκέψεις τους για το σύστημα:

6. Τι σας άρεσε περισσότερο στο σύστημα;
7. Υπάρχουν σχόλια που θα θέλατε να κάνετε;

Οι απαντήσεις των μαθητών σε αυτές τις ερωτήσεις δεν λήφθηκαν υπ' όψη για τα αριθμητικά αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω, αλλά έδειξαν την άποψη των μαθητών για τον πράκτορα και τις ιδέες τους για το πως θα μπορούσε αυτός να βελτιωθεί. Γενικά οι απαντήσεις των μαθητών που εργάστηκαν με τον πράκτορα ήταν μάλλον ενθαρρυντικές καθώς δεν υπήρξαν καθόλου αρνητικά σχόλια. Ωστόσο, αρκετοί μαθητές έκαναν σχόλια για την φωνή του πράκτορα. Αυτό είναι πιθανόν ένδειξη για το ότι η σημαντικότερη πλευρά του πράκτορα είναι η ομιλία και όχι τόσο η δυνατότητά του να κινείται.

Ενδεικτικά, μερικά σχόλια μαθητών ήταν τα εξής:

- «Μου άρεσε το πρόσωπο που μιλούσε αλλά με ενοχλούσε η φωνή του»
- «Μου άρεσε ο εικονικός καθηγητής. Ήταν διασκεδαστικός. Ένας πραγματικός καθηγητής είναι περισσότερο αυστηρός και μπορεί να κάνω λάθη από το άγχος μου»
- «Το πρόσωπο που μιλούσε ήταν καλό αλλά θα προτιμούσα μια γυναικεία φωνή»

#### 8.3.2.4 Μαθησιακά αποτελέσματα

Για να ελεγχθεί αν η παρουσία του πράκτορα βελτιώνει τα μαθησιακά αποτελέσματα, μελετήθηκαν και συγκρίθηκαν δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τα προκαταρκτικά

τεστ και τα τεστ στο τέλος του πειράματος καθώς και από την αλληλεπίδραση των μαθητών με το σύστημα (Πίνακας 8.4). Κάποια βασικά ευρήματα από την αξιολόγηση ήταν τα ακόλουθα:

- Και οι δύο ομάδες είχαν παρόμοια επίδοση στο προκαταρκτικό τεστ και χρειάστηκαν περίπου τον ίδιο χρόνο για να το ολοκληρώσουν. Αυτό ήταν ένδειξη ότι και οι δύο ομάδες ήταν στον ίδιο βαθμό ικανές να ασχοληθούν με τις εργασίες που τους είχαν ανατεθεί.
- Και οι δύο ομάδες βελτίωσαν το χρόνο και τον βαθμό τους στο τεστ μετά τη χρήση του συστήματος. Βάσει αυτού, μπορεί να θεωρηθεί ότι το ΕΔΣ (ανεξάρτητα από την παρουσία του πράκτορα) πέτυχε το στόχο του να βελτιώσει την επίδοση των μαθητών.

Μεταβλητή	Ομάδα Α (n=24)		Ομάδα ΝΑ (n=24)		Μέση διαφορά t(df); p
	μ	s.d.	μ	s.d.	
Χρόνος προκαταρκτικού τεστ (σε λεπτά)	12.50	3.31	12.96	2.84	t(46)=-0.51; p=0.609
Βαθμός προκαταρκτικού τεστ (κλίμακα από 0 ως 5)	4.38	0.77	4.46	0.59	t(46)=-0.42; p=0.675
Χρόνος τελευταίου τεστ (σε λεπτά)	9.83	1.81	10.75	2.05	t(46)=-1.64; p=0.107
Βαθμός τελευταίου τεστ (κλίμακα από 0 ως 5)	4.88	0.34	4.75	0.44	t(46)=1.10; p=0.277
Ποσοστό μεταβολής στο χρόνο από το προκαταρκτικό στο τελευταίο τεστ	-0.19	0.15	-0.14	0.22	t(46)=-0.86; p=0.394
Ποσοστό μεταβολής στο βαθμό από το προκαταρκτικό στο τελευταίο τεστ	0.15	0.25	0.08	0.15	t(46)=1.22; p=0.227
Χρόνος που δαπανήθηκε στο σύστημα (σε λεπτά)	19.96	6.60	18.25	5.53	t(46)=0.97; p=0.336
Βαθμός από την εργασία με το σύστημα (κλίμακα από 0 ως 5)	4.75	0.44	4.46	0.72	t(46)=1.69; p=0.098

Ομάδα Α: Ομάδα με τον πράκτορα

Ομάδα ΝΑ: Ομάδα χωρίς τον πράκτορα

n: αριθμός δείγματος

μ: μέση τιμή

s.d.: τυπική απόκλιση

df: βαθμοί ελευθερίας

t(df): η τιμή της στατιστικής t με df βαθμούς ελευθερίας

p: η πιθανότητα λανθασμένης απόρριψης της  $H_0$

**Πίνακας 8.4:** Μέσοι χρόνοι και βαθμολογίες στα τεστ και στην εργασία με το σύστημα, και αποτελέσματα στατιστικής t για τη διαφορά μεταξύ των μέσων των Α και ΝΑ ομάδων

Ωστόσο, η βελτίωση που σημειώθηκε στο χρόνο και τη βαθμολογία διέφερε μεταξύ των δύο ομάδων. Κατά μέσο όρο, η ομάδα Α δαπάνησε 19% λιγότερο χρόνο για να

συμπληρώσει το τελευταίο τεστ και πέτυχε 15% υψηλότερο βαθμό απ' ότι στο προκαταρκτικό τεστ. Σε αντίθεση με την ομάδα Α, η βελτίωση στο χρόνο και τον βαθμό για την ομάδα ΝΑ ήταν 14% και 8% αντίστοιχα. Μολονότι αριθμητικά υψηλότερη, η διαφορά της βελτίωσης τόσο στο χρόνο όσο και στη βαθμολογία μεταξύ των ομάδων δεν είναι στατιστικά σημαντική (βελτίωση χρόνου:  $t_{(46)} = -0.86$ ,  $p = 0.394$ , βελτίωση βαθμολογίας:  $t_{(46)} = 1.22$ ,  $p = 0.227$ ). Όσον αφορά στην επίδοση των μαθητών όταν λύνουν προβλήματα με το σύστημα, η ομάδα Α πέτυχε 6.5% υψηλότερο βαθμό από την ομάδα ΝΑ αλλά και πάλι αυτή η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική ( $t_{(46)} = 1.69$ ,  $p = 0.098$ ). Συμπερασματικά, αναφορικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα, πρέπει να σημειωθεί ότι αν και το πείραμα φανέρωσε κάποιες τάσεις υπέρ της έκδοσης του συστήματος με τον πράκτορα, καμία από αυτές δεν ήταν σημαντική στατιστικά και επομένως δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι η παρουσία ή η απουσία του πράκτορα επηρεάζει τη μάθηση.

### 8.3.2.5 Συμπεράσματα της μελέτης

Τα συμπεράσματα προηγούμενων σχετικών εμπειρικών μελετών είναι μάλλον αντιφατικά ως προς την επίδραση των πρακτόρων διαπαφής στην επίδοση, τη συμπεριφορά και την εμπειρία των μαθητών. Επομένως, το αν η επίδραση των πρακτόρων είναι θετική ή όχι για τους μαθητές καθίσταται ένα ανοιχτό ερευνητικό ζήτημα. Η συνεισφορά της μελέτης που παρουσιάστηκε στην ενότητα αυτή είναι το ότι επιβεβαιώνει κάποιες από τις θετικές και/ή όχι θετικές συνέπειες που έχουν αναφερθεί προηγούμενα και τονίζει κάποια από τα πλεονεκτήματα της χρήσης πρακτόρων που μπορούν να διερευνηθούν περαιτέρω.

Δύο ήταν τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκάλεσε η παρουσία του πράκτορα στην μελέτη που παρουσιάστηκε. Το πρώτο αφορούσε στην ευχαρίστηση που ένωσαν οι μαθητές από την αλληλεπίδρασή τους με ένα σύστημα στο οποίο υπήρχε ενσωματωμένος ένας ομιλών κινούμενος πράκτορας διαπαφής. Η παρουσία αυτού του πλεονεκτήματος δεν αποτέλεσε έκπληξη αφού αυτό ήταν το συνηθέστερο εύρημα παρόμοιων προηγούμενων μελετών, (π.χ. Walker, Sproull & Subramani, 1994; Lester et al., 1997). Το άλλο πλεονέκτημα που προέκυψε από τη μελέτη ήταν ότι οι μαθητές που εργάστηκαν με τον πράκτορα βρήκαν τα προβλήματα που έπρεπε να

λύσουν λιγότερο δύσκολα από ότι οι μαθητές που εργάστηκαν χωρίς τον πράκτορα, παρόλο που η επίδοση και των δύο ομάδων ήταν παρόμοια. Το εύρημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό: δείχνει ότι οι μαθητές που δουλεύουν με τον πράκτορα, θεωρώντας τις εργασίες που πρέπει να επιτελέσουν όχι τόσο δύσκολες, είναι πιθανότερο να δραστηριοποιούνται περισσότερο από όσους δουλεύουν χωρίς τον πράκτορα.

Ωστόσο, υπήρξε και ένα σημαντικό αλλά όχι θετικό αποτέλεσμα από την μελέτη: το γεγονός ότι η παρουσία του πράκτορα διεπαφής δεν κατάρθωσε να βελτιώσει σημαντικά τα βραχυπρόθεσμα μαθησιακά αποτελέσματα. Επιπλέον, ούτε η προσήλωση των μαθητών στο σύστημα αυξήθηκε. Μολονότι αυτό το εύρημα δεν είναι διόλου ενθαρρυντικό αναφορικά με τα εκπαιδευτικά οφέλη τέτοιων διεπαφών, έχουν υπάρξει και άλλες εμπειρικές μελέτες που κατέληξαν σε παρόμοια συμπεράσματα (π.χ. Van Mulken, André & Müller, 1998).

Συμπερασματικά για τις βραχυπρόθεσμες επιδράσεις της αλληλεπίδρασης με έναν πράκτορα διεπαφής βρέθηκε από την μελέτη ότι η παρουσία του πράκτορα αυξάνει τη δραστηριοποίηση των μαθητών αλλά δεν προάγει απαραίτητα τα μαθησιακά αποτελέσματα. Αυτό μπορεί εκ πρώτης να μην δείχνει ενθαρρυντικό, αλλά δεν είναι αβάσιμο να θεωρηθεί ότι λόγω της αύξησης της δραστηριοποίησης των μαθητών η χρήση πρακτόρων μπορεί να προάγει σημαντικά τη μαθησιακή διαδικασία μακροπρόθεσμα. Η διερεύνηση των μακροπρόθεσμων αποτελεσμάτων της αλληλεπίδρασης με έναν πράκτορα είναι μέσα στα μελλοντικά σχέδια της έρευνας που παρουσιάστηκε. Σε μια τέτοια μελέτη θα εξεταστεί πως η αύξηση της δραστηριοποίησης των μαθητών μπορεί να συνδεθεί με μακροπρόθεσμες επιδράσεις στην μάθηση.

### 8.3.3 Αξιολόγηση ενός ομιλούντος καρτούν χαρακτήρα

Το WEAR όπως περιγράφηκε παραπάνω, χρησιμοποιούσε ένα σμιλούν ανθρώπομορφο πρόσωπο στη διεπαφή του με τους μαθητές. Ωστόσο, σε μία επόμενη έκδοση του συστήματος και έπειτα από τη διενέργεια μιας εμπειρικής μελέτης αναφορικά με τον τύπο του πράκτορα που θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί, ο ανθρώπομορφος πράκτορας αντικαταστάθηκε από έναν χαρακτήρα καρτούν. Στην

εμπειρική μελέτη που πραγματοποιήθηκε συμμετείχαν μαθητές διαφόρων ηλικιών και γνωστικών υποβάθρων. Στην ερώτηση που τους τέθηκε για το είδος του πράκτορα που προτιμούν σε μια διεπαφή εκπαιδευτικού συστήματος, η πλειοψηφία των μαθητών έδειξε να προτιμά τον καρτούν χαρακτήρα από τον ανθρωπόμορφο. Οι κύριοι λόγοι για την προτίμηση αυτή ήταν ότι οι μαθητές θεωρούσαν ότι οι καρτούν χαρακτήρες προσθέτουν μία αίσθηση χιούμορ στην εφαρμογή, είναι περισσότερο ευχάριστοι και χαριτωμένοι και λιγότερο «πισετικοί». Συνέπεια αυτών ήταν ο νέος πράκτορας του WEAR να είναι ο παπαγάλος Peedy της Microsoft<sup>3</sup> (Σχήμα 8.2).

The screenshot shows the WEAR web-based authoring tool interface. The browser window title is 'WEAR - Microsoft Internet Explorer'. The address bar contains the URL 'http://www.ms.com/9000/...'. The main content area features a header 'WEB-based authoring tool for Algebra Related domains' with a small cartoon bird icon. Below the header, there are several sections: 'Περιγραφή προβλήματος' (Problem description) with text about GDP, GNP, and NFP; 'Μεταβλητές συστήματος' (System variables) with equations: GDP=500.0, GNP=Gross National Product, NFP=200.0; 'Σωστές Απαντήσεις' (Correct answers) with equations: GDP=GNP+NFP, GNP=GDP+NFP; 'Λανθασμένες Απαντήσεις' (Incorrect answers) with equation: GDP=GNP+NFP. At the bottom, there is a 'Προτεινόμενη απάντηση: GNP=GDP+NFP Σωστά Προσώρησης' and a 'Ελέγχος' button.

Σχήμα 8.2: Περιβάλλον ενός παραγόμενου από το WEAR ΕΔΣ (με πράκτορα διεπαφής έναν καρτούν χαρακτήρα)

Ένα νέο χαρακτηριστικό της έκδοσης του συστήματος με τον καρτούν πράκτορα ήταν η δυνατότητα αυτός να αναπαριστά είτε τον καθηγητή ή έναν συμμαθητή. Συγκεκριμένα, όταν ο μαθητής ξεκινά μια νέα σύνοδο αλληλεπίδρασης με το σύστημα, ρωτάται αν θέλει να εργαστεί με έναν προσομοιωμένο «συμμαθητή» του ή με τον «καθηγητή». Αυτές οι δύο επιλογές περιορίζονται στο επίπεδο της διεπαφής

<sup>3</sup> Microsoft Corporation, MS Agent. Accessible at <http://msdn.microsoft.com/msagent/>

χρήστη. Αυτό σημαίνει ότι χρησιμοποιούν τις ίδιες δυνατότητες συμπερασμού που παρέχει το διαγνωστικό τμήμα του WEAR.

Αν ο μαθητής επιλέξει να εργαστεί με τον «συμμαθητή» τότε ο Peedy του παρέχει πολύ φιλικά μηνύματα ως ομότιμός του. Αυτός ο προσομοιωμένος συμμαθητής είναι υπεύθυνος να επικροτεί τις σωστές ενέργειες του μαθητή και να του υποδεικνύει την πιθανή παρανόησή του σε περίπτωση λανθασμένων ενεργειών. Η πληροφορία για το ποιες ενέργειες θεωρούνται σωστές και ποιες όχι καθώς και τα μηνύματα που πρέπει να μεταφέρει ο προσομοιωμένος συμμαθητής παρέχονται από το διαγνωστικό τμήμα του WEAR. Ο πράκτορας ως προσομοιωμένος συμμαθητής στοχεύει να αυξήσει την προσήλωση των μαθητών και πιθανόν το συνεργατικό τους πνεύμα.

Αν ο μαθητής επιλέξει να εργαστεί με τον «καθηγητή», τότε ο Peedy παρέχει παρόμοια μηνύματα με αυτά που παρέχει ο «συμμαθητής» αλλά σε περισσότερο επίσημο ύφος. Επιπλέον, η διάγνωση των παρανοήσεων προχωρά ένα βήμα παραπάνω για να επιλύσει περιπτώσεις όπου μία λανθασμένη ενέργεια του μαθητή μπορεί να αποδοθεί σε περισσότερες από μία παρανοήσεις. Σε αυτές τις διαφορούμενες περιπτώσεις, το διαγνωστικό τμήμα συμβουλευεται πρώτα το μοντέλο μαθητή και έπειτα μέσω του πράκτορα κάνει στον μαθητή μία ερώτηση για να προσδιορίσει την πραγματική παρανόησή του. Το όφελος της άμεσης ερώτησης του μαθητή είναι διττό: πρώτον, το σύστημα μπορεί με αυτόν τον τρόπο να εντοπίσει την πραγματική αιτία της λανθασμένης ενέργειας του μαθητή και να τον συμβουλευτεί κατάλληλα και δεύτερον, ο μαθητής εξηγώντας γιατί έδρασε με έναν συγκεκριμένο τρόπο κατακτά περισσότερη γνώση και κατανοεί καλύτερα. Είναι κοινό εύρημα από πολλούς ερευνητές ότι το να εξηγεί ο μαθητής πράγματα είτε στον εαυτό του ή σε κάποιον άλλον, βοηθά στην κατανόηση (Webb, 1989; Pressley, Wood, Woloshyn, Martin, King & Menke, 1992).

### 8.3.3.1 Η διαδικασία του πειράματος

Οι στόχοι του πειράματος ήταν οι εξής: α) να εξεταστεί αν η παρουσία του πράκτορα επηρεάζει την εμπειρία, τη συμπεριφορά και την επίδοση των μαθητών (όπως και στο προηγούμενο πείραμα που περιγράφηκε στην ενότητα 8.3.2) και β) να εξεταστεί αν

υπάρχουν διαφορές σε αυτές τις παραμέτρους όταν ο πράκτορας αναπαριστά τον «καθηγητή» και όταν αναπαριστά τον «συμμαθητή».

Οι συμμετέχοντες στο πείραμα ήταν και πάλι φοιτητές Πληροφορικής και Οικονομικών. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν ακριβώς η ίδια με αυτή του πρώτου πειράματος με μόνη διαφορά ότι εδώ οι ομάδες ήταν τρεις. Η μία εργάστηκε με μια έκδοση του προγράμματος από την οποία απουσίαζε ο πράκτορας (ομάδα NA), η δεύτερη εργάστηκε με τον καρτούν χαρακτήρα σε ρόλο καθηγητή (ομάδα Instructor Agent) και η τρίτη με τον καρτούν χαρακτήρα σε ρόλο συμμαθητή (ομάδα Student Agent). Κάθε ομάδα αποτελούνταν από 10 μαθητές. Και πάλι το ΕΔΣ που χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα περιείχε προβλήματα μαθηματικών.

### 8.3.3.2 Σύγκριση εκδόσεων με και χωρίς τον πράκτορα

Σε όλες τις ερωτήσεις που τέθηκαν στους μαθητές για να εξεταστεί η εμπειρία που είχαν από το σύστημα, οι βαθμολογίες που έδωσε η ομάδα SA ήταν υψηλότερες από αυτές που έδωσε η ομάδα NA. Ωστόσο, στατιστικώς σημαντικές ήταν μόνο οι διαφορές που αφορούσαν στην ευχαρίστηση των μαθητών ( $t_{(18)}=4.98$ ;  $p=.000$ ) και στο πόσο δύσκολα θεωρούσαν τα προβλήματα που έπρεπε να λύσουν ( $t_{(18)}=4.05$ ;  $p=.001$ ).

Όσον αφορά την προσήλωση των μαθητών στο σύστημα όπως αυτή μετρήθηκε με κριτήριο τον χρόνο που δαπάνησαν οι μαθητές στο σύστημα και τα προβλήματα που έλυσαν, πάλι δεν εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων.

Σχετικά με την επίδραση της παρουσίας του πράκτορα στα μαθησιακά αποτελέσματα, τα ευρήματα του πειράματος ήταν τα ακόλουθα:

- Και οι δύο ομάδες (SA και NA) είχαν παρόμοια επίδοση στο προκαταρκτικό τεστ και χρειάστηκαν περίπου τον ίδιο χρόνο για να το ολοκληρώσουν. Αυτό ήταν ένδειξη ότι και οι δύο ομάδες ήταν στον ίδιο βαθμό ικανές να ασχοληθούν με τις εργασίες που τους είχαν ανατεθεί.

- Και οι δύο ομάδες (SA και NA) βελτίωσαν το χρόνο και τον βαθμό τους στο τεστ μετά τη χρήση του συστήματος. Βάσει αυτού, μπορεί να θεωρηθεί ότι το ΕΔΣ (ανεξάρτητα από την παρουσία του πράκτορα) πέτυχε το στόχο του να βελτιώσει την επίδοση των μαθητών.

Ωστόσο, η βελτίωση που σημειώθηκε στο χρόνο και τη βαθμολογία διέφερε μεταξύ των δύο ομάδων. Κατά μέσο όρο, η ομάδα SA δαπάνησε 30% λιγότερο χρόνο για να συμπληρώσει το τελευταίο τεστ και πέτυχε 10% υψηλότερο βαθμό απ' ό,τι στο προκαταρκτικό τεστ. Σε αντίθεση με την ομάδα SA, η βελτίωση στο χρόνο και τον βαθμό για την ομάδα NA ήταν 18% και 5% αντίστοιχα. Πιθανόντι αριθμητικά υψηλότερη, η διαφορά της βελτίωσης τόσο στο χρόνο όσο και στη βαθμολογία μεταξύ των ομάδων δεν είναι στατιστικά σημαντική (βελτίωση χρόνου:  $t_{(18)}=-0.95$ ,  $p=0.181$ , βελτίωση βαθμολογίας:  $t_{(18)}=0.59$ ,  $p=0.280$ ). Όσον αφορά στην επίδοση των μαθητών όταν λύνουν προβλήματα με το σύστημα, αυτή ήταν σχεδόν ίδια και για τις δύο ομάδες: η ομάδα A πέτυχε 6.5% υψηλότερο βαθμό από την ομάδα NA αλλά και πάλι αυτή η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική ( $t_{(46)}=1.69$ ,  $p=0.098$ ).

Στον πίνακα 8.5 συνοψίζονται τα αποτελέσματα αυτού του μέρους της μελέτης. Τα αποτελέσματα με έντονα γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Μεταβλητή	Αποτελέσματα
Εμπειρία	Ευχαρίστηση(SA) > Ευχαρίστηση(NA) Ευκολία χρήσης(SA) > Ευκολία χρήσης(NA) <b>Αντιληφθείσα δυσκολία προβλημάτων(SA) &lt; Αντιληφθείσα δυσκολία προβλημάτων(NA)</b> Χρησιμότητα(SA) > Χρησιμότητα(NA)
Συμπεριφορά	Χρόνος που δαπανήθηκε στο σύστημα(SA) > Χρόνος που δαπανήθηκε στο σύστημα(NA) Προβλήματα που επιχειρήθηκαν(SA) > Προβλήματα που επιχειρήθηκαν(NA)
Μάθηση	Βελτίωση χρόνου(SA) > Βελτίωση χρόνου(NA) Βελτίωση βαθμού(SA) > Βελτίωση βαθμού(NA)

Πίνακας 8.5: Συνοπτικά αποτελέσματα σύγκρισης ομάδων SA (πράκτορας ως συμμαθητής) και NA (καθόλου πράκτορας)

### 8.3.3.3 Σύγκριση εκδόσεων με τον πράκτορα-συμμαθητή και με τον πράκτορα-καθηγητή

Στο δεύτερο μέρος της μελέτης συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα των ομάδων SA (πράκτορας σε ρόλο συμμαθητή) και IA (πράκτορας σε ρόλο καθηγητή).

Οι απαντήσεις στα ερωτηματολόγια δεν αποκάλυψαν καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων IA και SA. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθούν κάποιες τάσεις: η ομάδα IA βαθμολόγησε τα προβλήματα ως περισσότερο δύσκολα απ' ό τι η ομάδα SA, αλλά επίσης έδωσε υψηλότερο βαθμό στο σύστημα αναφορικά με την ικανότητά του να τους βοηθά να βελτιώνουν τις γνώσεις και δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων.

Ένα ενδιαφέρον εύρημα ήταν ότι η ομάδα IA επιχειρήσε να λύσει τον ίδιο αριθμό προβλημάτων με την ομάδα SA αλλά όταν αντιμετώπιζαν δυσκολίες οι μαθητές της ομάδας IA παραιτούνταν πιο εύκολα από αυτούς της SA και είτε ζητούσαν να δουν τη λύση του προβλήματος ή προχωρούσαν σε νέο πρόβλημα. Αυτή η παρατήρηση θυμίζει έντονα πραγματικές συνθήκες, όπου οι μαθητές συχνά διστάζουν να απαντήσουν στον καθηγητή τους νιώθοντας ότι μια πιθανώς λανθασμένη απάντησή τους θα του κάνει άσχημη εντύπωση και θα οδηγήσει ενδεχομένως σε χαμηλότερο βαθμό.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του προκαταρκτικού τεστ και αυτού μετά την εργασία με το σύστημα, δεν βρέθηκαν σημαντικές μεταξύ των ομάδων SA και IA αναφορικά με την βελτίωσή τους στο χρόνο που χρειάστηκαν και το βαθμό που πέτυχαν. Όσον αφορά στην επίδοση των μαθητών κατά την επίλυση προβλημάτων με το σύστημα, η ομάδα SA σημείωσε υψηλότερη βαθμολογία από την ομάδα IA. Αυτό ήταν αναμενόμενο δεδομένου ότι οι μαθητές της ομάδας IA έχοντας δώσει μερικές λανθασμένες απαντήσεις συχνά παραιτούνταν από το πρόβλημα που είχαν ξεκινήσει να λύνουν.

Στον πίνακα 8.6 συνοψίζονται τα αποτελέσματα της σύγκρισης των ομάδων SA και IA.

Μεταβλητή	Αποτελέσματα
Εμπειρία	Ευχαρίστηση(IA) < Ευχαρίστηση(SA) Ευκολία χρήσης(IA) = Ευκολία χρήσης(SA) Αντιληφθείσα δυσκολία προβλημάτων(IA) > Αντιληφθείσα δυσκολία προβλημάτων(SA) Χρησιμότητα(IA) > Χρησιμότητα(SA)
Συμπεριφορά	Χρόνος που δαπανήθηκε στο σύστημα(IA) < Χρόνος που δαπανήθηκε στο σύστημα(SA) Προβλήματα που επιχειρήθηκαν(IA) = Προβλήματα που επιχειρήθηκαν(SA)
Μάθηση	Βελτίωση χρόνου(IA) = Βελτίωση χρόνου(SA) Βελτίωση βαθμού(IA) < Βελτίωση βαθμού(SA)

Πίνακας 8.6: Συνοπτικά αποτελέσματα σύγκρισης ομάδων SA (πράκτορας ως συμμαθητής) και IA (πράκτορας ως καθηγητής)

#### 8.3.3.4 Συμπεράσματα

Τα ευρήματα αυτής της μελέτης αναφορικά με την επίδραση της παρουσίας του πράκτορα διεπαφής συμπίπτουν σε γενικές γραμμές με αυτά της προηγούμενης (βλ. § 8.3.2). Συγκεκριμένα, οι μαθητές γνώθουν περισσότερη ευχαρίστηση όταν αλληλεπιδρούν με ένα σύστημα που ενσωματώνει έναν πράκτορα που εικονεί τα μηνύματα του συστήματος. Επιπλέον, οι μαθητές που εργάζονται με τον πράκτορα θεωρούν τις εργασίες που πρέπει να επιτελέσουν ως λιγότερο δύσκολες απ' ό,τι οι άλλοι μαθητές. Ωστόσο, και σε αυτήν την μελέτη η παρουσία του πράκτορα δεν κατόρθωσε να βελτιώσει σημαντικά τα μαθησιακά αποτελέσματα, ούτε και να αυξήσει την προσήλωση των μαθητών στο σύστημα.

Από τη σύγκριση των δύο διαφορετικών τύπων πράκτορα (ο πράκτορας σε ρόλο καθηγητή και ο πράκτορας σε ρόλο μαθητή) το πιο ενδιαφέρον εύρημα ήταν ότι οι μαθητές που αλληλεπιδρούν με έναν εικονικό καθηγητή δεν δείχνουν να αισθάνονται το ίδιο άνετα με αυτούς που αλληλεπιδρούν με έναν εικονικό συμμαθητή τους. Απόδειξη αυτού είναι η τάση των μαθητών που εργάστηκαν με τον πράκτορα-καθηγητή να παρατούν συχνά τα προβλήματα που επιχειρούσαν να λύσουν.

Όπως τονίζουν οι Dehn & Van Mulken (2000), ο τύπος του πράκτορα που χρησιμοποιείται, το είδος των πληροφοριών που αυτός παρέχει και το γνωστικό

πεδίο για το οποίο έχει κατασκευαστεί το σύστημα, είναι παράγοντες που κανονίζουν τον τρόπο με τον οποίο ένας πράκτορας διεπαφής επηρεάζει την στάση και την επίδοση των χρηστών. Επομένως, και αυτό αφορά και τις δύο μελέτες που αναφέρθηκαν σε αυτό το κεφάλαιο, δεδομένης της υψηλής πιθανότητας να είναι τα αποτελέσματα αυτά διαφορετικά σε διαφορετικές συνθήκες, η γενίκευσή τους πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

## 9.1 Σύνοψη του ερευνητικού έργου

Το ερευνητικό πεδίο της παρούσας διατριβής είναι τα Διαδικτυακά Εργαλεία Συγγραφής Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων - ΕΣΕΔΣ. Συγκεκριμένα, αναπτύχθηκε ένα τέτοιο εργαλείο το οποίο ονομάζεται WEAR (WEb-based authoring tool for Algebra-Related Intelligent Tutoring Systems) (Moundridou & Virvou, 2002a; 2002c). Το WEAR ασχολείται με την παραγωγή Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων – ΕΔΣ σε μία ομάδα γνωστικών πεδίων που χαρακτηρίζονται από την εκτεταμένη χρήση αλγεβρικών εξισώσεων, ή με άλλα λόγια, πεδίων που μπορούν να περιγραφούν σε όρους μεταβλητών, μονάδων μέτρησής τους και σχέσεων που τις συνδέουν. Παραδείγματα τέτοιων πεδίων είναι η Φυσική, η Χημεία, τα Οικονομικά και τα ίδια τα Μαθηματικά.

Η ανάπτυξη του WEAR στηρίχθηκε στα αποτελέσματα μιας εμπειρικής μελέτης που έδειξε ότι σε όλα αυτά τα «σχετικά με την Άλγεβρα» γνωστικά πεδία υπάρχει μία παρόμοια προσέγγιση διδασκαλίας καθώς και παρόμοια διαδικασία επίλυσης προβλημάτων. Επομένως, είναι χρήσιμη η ύπαρξη ενός εργαλείου συγγραφής που έχει κωδικοποιημένη από πριν τη γνώση που είναι κοινή για όλα αυτά τα πεδία και

ζητά από τους καθηγητές να του παράσχουν μόνο τα δεδομένα για το συγκεκριμένο πεδίο του ΕΔΣ που θα κατασκευαστεί. Με τον τρόπο αυτό, το ΕΣΕΔΣ έχει τη δυνατότητα να παράγει ΕΔΣ τα οποία διδάσκουν στους μαθητές όλα αυτά τα γνωστικά πεδία υποστηρίζοντάς τους στην επίλυση προβλημάτων αλλά και παρέχοντάς τους διδακτικό υλικό προς μελέτη προσαρμοσμένο στις γνώσεις και τις ανάγκες τους.

Η εκτεταμένη εμπειρική μελέτη για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη του WEAR διεξήχθη με τη συμμετοχή μαθητών και καθηγητών. Στις τρεις φάσεις της μελέτης διερευνήθηκαν διάφορα ζητήματα σχετικά με την στάση και τη συμπεριφορά καθηγητών και μαθητών. Η προσπάθεια αυτή αποδείχθηκε πραγματικά χρήσιμη στο να καθοριστούν οι κατευθυντήριες γραμμές σχεδιασμού για τα περιβάλλοντα συγγραφής και μάθησης του WEAR. Πέρα από τα πρακτικά θέματα που διερευνήθηκαν (π.χ. τα είδη των λαθών των μαθητών που τα ΕΔΣ θα έπρεπε να αναγνωρίζουν), δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στη διερεύνηση των απόψεων και των ενεργειών των καθηγητών. Η ποιαλία που διαπιστώθηκε στις απόψεις και ενέργειες των καθηγητών ήταν η αιτία της ενσωμάτωσης στην αρχιτεκτονική του WEAR ενός τμήματος που είναι υπεύθυνο να μοντελοποιεί τους καθηγητές-χρήστες του.

Το WEAR λειτουργεί για δύο κατηγορίες χρηστών: τους καθηγητές και τους μαθητές. Το περιβάλλον λειτουργίας για τους καθηγητές είναι το ίδιο το εργαλείο συγγραφής, ενώ το περιβάλλον λειτουργίας για τους μαθητές είναι τα παραγόμενα από το εργαλείο συγγραφής ΕΔΣ. Στα παραγόμενα ΕΔΣ, οι μαθητές μπορούν να λύσουν προβλήματα με τη βοήθεια του συστήματος. Επίσης, έχουν στη διάθεσή τους ένα ηλεκτρονικό βιβλίο για να μελετήσουν, το οποίο προσαρμόζεται στις ανάγκες και τις γνώσεις κάθε μαθητή. Ένα χαρακτηριστικό των ΕΔΣ που παράγει το WEAR είναι ότι στη διεπαφή με τον μαθητή υπάρχει ενσωματωμένος ένας ομιλών πράκτορας διαπαφής, ο οποίος είναι υπεύθυνος να μεταδίδει τα μηνύματα του συστήματος στους μαθητές. Στο περιβάλλον του εργαλείου συγγραφής, ο καθηγητής μπορεί να κατασκευάσει προβλήματα, να αναζητήσει προβλήματα που έχουν κατασκευαστεί από άλλους και να δημιουργήσει το προσαρμοστικό ηλεκτρονικό βιβλίο. Το WEAR προκειμένου να προσαρμόζει την αλληλεπίδραση με τους καθηγητές και τους μαθητές που το χρησιμοποιούν στηρίζεται στα μοντέλα χρηστών

που διατηρεί. Συγκεκριμένα, το WEAR μοντελοποιεί και τις δύο κατηγορίες χρηστών του: μαθητές αλλά και καθηγητές. Ειδικότερα η μοντελοποίηση χρηστών-καθηγητών είναι ένα σημαντικό καινοτομικό χαρακτηριστικό στην αρχιτεκτονική και λειτουργικότητα των ΕΣΕΔΣ δεδομένου ότι όλα τα υπάρχοντα ΕΣΕΔΣ μοντελοποιούν μόνο τους μαθητές παρόλο που απευθύνονται πρωτίστως στους καθηγητές.

Μετά την ολοκλήρωση της υλοποίησης του WEAR, διεξήχθησαν οι μελέτες αξιολόγησής του. Συγκεκριμένα, διεξήχθησαν τρεις μελέτες αξιολόγησης του WEAR. Η πρώτη αφορά στις ειδικές δυνατότητες που παρέχει το σύστημα στους καθηγητές μέσω των μοντέλων καθηγητών που διατηρεί. Τα αποτελέσματα της μελέτης κρίνονται ιδιαίτερα ενθαρρυντικά για την πρωτότυπη αυτή προσέγγιση που ακολουθεί το WEAR. Οι άλλες δύο μελέτες αφορούν στο σύστημα διεπαφής των ΕΔΣ που παράγει το WEAR και το οποίο περιλαμβάνει έναν ομιλούντα κινούμενο πράκτορα. Τα θετικά αποτελέσματα από αυτές τις μελέτες σχετίζονται κυρίως με την θετική εμπειρία που αισθάνονται οι μαθητές όταν αλληλεπιδρούν με τον πράκτορα. Το επακόλουθο αυτής της θετικής εμπειρίας είναι η αυξημένη δραστηριοποίησή τους στην εργασία με το σύστημα.

## 9.2 Συνεισφορά στην ερευνητική περιοχή

Η μελέτη της βιβλιογραφίας της περιοχής των ΕΔΣ και ΕΣΕΔΣ που παρουσιάζεται στην παρούσα διατριβή οδήγησε σε συμπεράσματα για τις ελλείψεις που έχουν αυτού του είδους τα συστήματα. Με βάση αυτές τις ελλείψεις υπάρχουν τέσσερα σημαντικά σημεία συνεισφοράς του ερευνητικού έργου της παρούσας διατριβής:

1. Η ανάπτυξη του ίδιου του ΕΣΕΔΣ αποτελεί μια προσέγγιση για την γρήγορη και αποτελεσματική κατασκευή πολλαπλών ΕΔΣ. Η ανάπτυξη του WEAR συνεισφέρει σε αυτή την κατεύθυνση ως προς τα πεδία που σχετίζονται με την Άλγεβρα. Επιπροσθέτως, συνεισφέρει στην «μεταφορά» τέτοιων εργαλείων στο Διαδίκτυο, αφού το WEAR λειτουργεί Διαδίκτυακά.
2. Η εμπειρική μελέτη και τα συμπεράσματά της ως προς την απόκτηση γνώσης και ανάλυση απαιτήσεων παρέχουν σημαντικά ευρήματα για την κατασκευή ΕΣΕΔΣ

3. Η καινοτόμος προσέγγιση της μοντελοποίησης χρήστη-καθηγητή αποτελεί σημαντική συνεισφορά στην αρχιτεκτονική και λειτουργικότητα των ΕΣΕΔΣ.
4. Οι μελέτες που διενεργήθηκαν για την αξιολόγηση του συστήματος συνεισφέρουν στην ανάπτυξη μελλοντικών ΕΣΕΔΣ.

Τα σημεία αυτά περιγράφονται πιο αναλυτικά στις επόμενες υποενότητες.

### 9.2.1 Το Εργαλείο Συγγραφής Ευφρών Διδακτικών Συστημάτων WEAR

Τα Ευφρή Διδακτικά Συστήματα έχουν ως βασικό τους στόχο την παροχή στους μαθητές εξατομικευμένης διδασκαλίας. Τα πορίσματα διάφορων μελετών αξιολόγησης ΕΔΣ αποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα αυτών των συστημάτων συγκριτικά με παραδοσιακές διδακτικές μεθόδους είτε λόγω του ότι καταφέρνουν να μειώσουν τον χρόνο που χρειάζονται οι μαθητές για να φτάσουν σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο γνώσης (Corbett & Anderson, 1992; Shute & Glaser, 1990) είτε γιατί στον ίδιο χρόνο βελτιώνουν σε υψηλότερο βαθμό το επίπεδο γνώσης των μαθητών (Lajoie, 1993; Koedinger, Anderson, Hadley & Mark, 1997).

Ωστόσο τα ΕΔΣ συχνά βρίσκονται στο στόχαστρο αυστηρής κριτικής με το επιχείρημα ότι αποτελούν μόνο ερευνητικά προϊόντα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πραγματικά περιβάλλοντα (Mc Graw, 1994). Ένας λόγος για τον σκεπτικισμό με τον οποίο αντιμετωπίζονται τα ΕΔΣ είναι η δυσκολία της ανάπτυξης ενός Ευφρούς Διδακτικού Συστήματος ακόμα και για περιορισμένου εύρους γνωστικά πεδία. Επιπλέον, η ανάπτυξη ενός ΕΔΣ απαιτεί την εμπλοκή μεγάλου αριθμού ατόμων συμπεριλαμβανομένων εμπειρογνομών του γνωστικού πεδίου, καθηγητών και προγραμματιστών. Τέλος, η αποδοχή των ΕΔΣ από τους δασκάλους είναι συνήθως μικρή, λόγω της ανησυχίας τους ότι τα ΕΔΣ ενσωματώνουν τις πεποιθήσεις των σχεδιαστών τους και όχι τις παιδαγωγικές θέσεις των ίδιων (Major, 1995).

Ένα μεγάλο μέρος του ερευνητικού ενδιαφέροντος συγκεντρώθηκε τα τελευταία χρόνια στην εύρεση λύσης στα προβλήματα που συνδέονται με την κατασκευή των ΕΔΣ. Με βάση αυτό το κίνητρο δημιουργήθηκαν τα Εργαλεία Συγγραφής ΕΔΣ – ΕΣΕΔΣ. Ο κύριος στόχος αυτών των εργαλείων είναι η παροχή ενός περιβάλλοντος

που θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένα ευρύτερο φάσμα χρηστών για την εύκολη ανάπτυξη ΕΔΣ με χαμηλό κόστος. Αν και η προσέγγιση των ΕΣΕΔΣ κρίνεται ιδιαίτερα ελπιδοφόρα, λόγω της σχετικά πρόσφατης εμφάνισής της, στην βιβλιογραφία δεν αναφέρονται πολλά τέτοια συστήματα.

Παράλληλα, η ευρεία κατά την τελευταία δεκαετία αναγνώριση της μεγάλης σημασίας του Διαδικτύου ως εκπαιδευτικού μέσου έχει επηρεάσει σημαντικά τις κατευθύνσεις έρευνας στην περιοχή των ΕΔΣ και ΕΣΕΔΣ. Ένας αριθμός ΕΔΣ μεταφέρθηκε στο Διαδίκτυο και άλλα κατασκευάστηκαν εξ' αρχής γι' αυτό. Η ανάπτυξη Διαδικτυακών ΕΔΣ είναι όμως ακόμα πιο δύσκολη, λόγω της μέριμνας που πρέπει να λαμβάνεται για το ευρύτερο και επομένως περισσότερο ανομοιογενές κοινό στο οποίο απευθύνονται οι Διαδικτυακές εφαρμογές. Επομένως, η στροφή της έρευνας στην κατεύθυνση των ΕΣΕΔΣ γίνεται ακόμα περισσότερο επιτακτική και επίκαιρη στην εποχή της ευρείας διάδοσης του Διαδικτύου ως εκπαιδευτικού μέσου. Ωστόσο, μέχρι στιγμής τα Διαδικτυακά ΕΣΕΔΣ που έχουν αναπτυχθεί είναι ελάχιστα.

Το WEAR είναι ένα Διαδικτυακό εργαλείο συγγραφής Ευφώνων Διδακτικών Συστημάτων. Λόγω του μικρού σχετικά αριθμού εργαλείων συγγραφής για ΕΔΣ και του ακόμα μικρότερου αριθμού Διαδικτυακών τέτοιων εργαλείων, είναι σημαντική για την προαγωγή της έρευνας στην περιοχή αυτή η ανάπτυξη νέων συστημάτων όπως το WEAR που υλοποιούν τα τρέχοντα ερευνητικά πορίσματα και ολοκληρώνουν τις σύγχρονες τεχνολογίες.

Το WEAR όπως έχει αναφερθεί, παρέχει τη δυνατότητα της κατασκευής ΕΔΣ σε ένα ευρύ φάσμα γνωστικών πεδίων με το κοινό χαρακτηριστικό της εκτεταμένης χρήσης αλγεβρικών εξισώσεων. Η ιδέα της ομαδοποίησης των γνωστικών πεδίων που μπορούν να «περιγραφούν» από μεταβλητές και εξισώσεις και της ανάπτυξης ενός ΕΣΕΔΣ γι' αυτή την ομάδα πεδίων δεν έχει αναφερθεί στην βιβλιογραφία της περιοχής. Επομένως, ένα σημείο πρωτοτυπίας της έρευνας που παρουσιάζεται στην παρούσα διατριβή είναι ότι εντόπισε ομοιότητες μεταξύ πεδίων φαινομενικά ανόμοιων (π.χ. Φυσική έναντι Οικονομικών) και υλοποίησε το WEAR, ένα εργαλείο συγγραφής που παράγει ΕΔΣ γι' αυτά αμοιβάς τα γνωστικά πεδία. Με αυτόν τον τρόπο παρέχει την απαιτούμενη γενικότητα για συγγραφή πολλών ΕΔΣ σε πολλά γνωστικά πεδία.

## 9.2.2 Απόκτηση γνώσης για την ανάλυση και τον σχεδιασμό του WEAR

Τα ΕΣΕΔΣ απευθύνονται σε δύο κατηγορίες χρηστών: τους καθηγητές που χρησιμοποιούν το εργαλείο συγγραφής για να κατασκευάσουν τα ΕΔΣ, και τους μαθητές που χρησιμοποιούν τα παραγόμενα ΕΔΣ. Ο στόχος για αποτελεσματική λειτουργία των ΕΣΕΔΣ και για τις δύο αυτές κατηγορίες χρηστών, καθιστά την ανάπτυξη ΕΣΕΔΣ διαδικασία ιδιαίτερα πολύπλοκη και απαιτητική. Προκειμένου να σχεδιαστεί ένα επιτυχημένο και αποτελεσματικό ΕΣΕΔΣ πρέπει να προηγηθεί μία προσεκτική και εκτεταμένη φάση ανάλυσης απαιτήσεων στην οποία να εμπλέκονται και οι δύο κατηγορίες χρηστών του συστήματος: οι καθηγητές και οι μαθητές. Στόχος μιας τέτοιας μελέτης πρέπει να είναι η *απόκτηση γνώσης από τους εμπειρογνώμονες ώστε να προσδιοριστούν οι απαιτήσεις για το υπό κατασκευή ΕΣΕΔΣ*. Παράλληλα όμως, η διεξαγωγή εμπειρικών μελετών και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων τους μπορεί αναμφισβήτητα να διευκολύνει και να προάγει τις μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες. Αντίθετα, η έλλειψη αναφορών κάθε άλλο παρά συμβάλλει στην πρόοδο των ΕΣΕΔΣ. Ο Collins (1992) σημειώνει: «Έχουμε δει να εισάγονται παγκοσμίως πολλές τεχνολογίες στις τάξεις, αλλά αυτές οι καινοτομίες έχουν προσφέρει αξι�σημείωτα ελάχιστη συστηματική γνώση ή συσσωρευμένη σοφία για να καθοδηγήσουν την ανάπτυξη μελλοντικών καινοτομιών».

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του WEAR βασίστηκε σε μία εκτεταμένη εμπειρική μελέτη στην οποία ενεπλάκησαν τόσο μαθητές όσο και καθηγητές. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής εκτός του ότι οδήγησαν στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη των WEAR, αποτελούν και συνεισφορά στην ερευνητική περιοχή των ΕΣΕΔΣ λόγω του ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο για την κατασκευή σχετικών συστημάτων. Επίσης, η συνεισφορά της μελέτης αποκτά μεγαλύτερη βαρύτητα λόγω του ότι είναι γενικώς αναγνωρισμένη (π.χ. Twidale, 1992) τόσο η σπανιότητα της διενέργειας τέτοιων μελετών όσο και της αναφοράς τους. Επιπλέον, πολλά από τα συμπεράσματα της μελέτης και κυρίως όσα αφορούν στους καθηγητές είναι ανεξάρτητα πεδίου και θα μπορούσαν επομένως να έχουν γενική εφαρμογή σε οποιοδήποτε μελλοντικό ΕΣΕΔΣ. Τέλος, λόγω του ότι στην εμπειρική αυτή μελέτη διερευνήθηκε σε μεγάλο βαθμό η στάση των μαθητών και των καθηγητών κατά την εκπαιδευτική διαδικασία και οι παράμετροι που την επηρεάζουν, τα σχετικά αποτελέσματα

*μπορούν να είναι χρήσιμα και για τον ερευνητικό χώρο που ασχολείται ευρύτερα με την Πληροφορική στην εκπαίδευση.*

### 9.2.3 Μοντελοποίηση καθηγητών

Οι καθηγητές παίζουν κρίσιμο ρόλο στην επιτυχία ή αποτυχία κάθε είδους εκπαιδευτικού λογισμικού. Η μη αποδοχή κάποιου λογισμικού από τους καθηγητές συνεπάγεται τις περισσότερες φορές την περιορισμένη και εσφαλμένη χρήση του σε πραγματικές συνθήκες. Αυτό αφορά ιδιαίτερα τα ΕΣΕΔΣ τα οποία απευθύνονται κυρίως στους καθηγητές. Επιπλέον, τα περισσότερα από τα υπάρχοντα ΕΣΕΔΣ, ανεξάρτητα από την κατηγορία στην οποία ανήκουν, βασίζουν την ποιότητα των ΕΔΣ που παράγουν στους καθηγητές-συγγραφείς που τα χρησιμοποιούν. Οι τελευταίοι όμως, αντιμετωπίζουν συχνά διάφορα προβλήματα κατά τη σχεδίαση ενός ΕΔΣ μέσω κάποιου εργαλείου συγγραφής, είτε λόγω της περιορισμένης εμπειρίας που μπορεί να έχουν στη χρήση τέτοιων συστημάτων είτε λόγω της αυξημένης πολυπλοκότητας των ιδίων των εργαλείων συγγραφής. Μελετώντας την βιβλιογραφία της περιοχής των ΕΣΕΔΣ, είναι έκδηλο ότι ελάχιστα συστήματα παρέχουν υποστήριξη στους καθηγητές ώστε να εξασφαλίζουν αφ' ενός την ποιότητα των παραγόμενων ΕΔΣ και αφ' ετέρου την αποδοχή των καθηγητών. Το σύστημα WEAR όπως αναφέρθηκε, υιοθετεί ένα πρωτότυπο τρόπο προκειμένου να παρέχει υποστήριξη στους καθηγητές-συγγραφείς των ΕΔΣ: διατηρεί μοντέλα χρηστών-καθηγητών και βάσει αυτών εξατομικεύει την αλληλεπίδραση κάθε καθηγητή με το σύστημα. Η μοντελοποίηση των χρηστών-καθηγητών και γενικότερα η ενδυνάμωση του ρόλου τους που πραγματοποιεί το WEAR, αποτελεί καινοτόμο χαρακτηριστικό για την ερευνητική περιοχή των εργαλείων συγγραφής ΕΔΣ.

Η εμπειρία με το WEAR και η μελέτη της βιβλιογραφίας των ΕΣΕΔΣ οδήγησε στο συμπέρασμα ότι τα περισσότερα Εργαλεία Συγγραφής Ευφώνων Διδακτικών Συστημάτων θα μπορούσαν να επωφεληθούν από την ενσωμάτωση στην αρχιτεκτονική τους ενός τμήματος μοντελοποίησης καθηγητών. Ένα τέτοιο τμήμα θα συνέβαλλε στην παραγωγή περισσότερο αποτελεσματικών ΕΔΣ. Επιπλέον, η ενίσχυση του ρόλου των καθηγητών μέσω της παροχής σε αυτούς σχετικών πληροφοριών καθ' όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής του ΕΔΣ μπορεί να προάγει

την ποιότητα των παραγόμενων ΕΔΣ. Αναμφισβήτητα, κάθε ΕΣΕΔΣ ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκει θα μπορούσε να διαμορφώσει το μοντέλο καθηγητή και να χρησιμοποιήσει τις πληροφορίες που αυτό περιλαμβάνει με διαφορετικούς τρόπους. Στη διατριβή αυτή υπάρχει μια εκτενής ανάλυση για τη γενικευμένη χρησιμότητα της μοντελοποίησης καθηγητών στα ΕΣΕΔΣ και καθορίζεται ένα γενικό πλαίσιο για την ενσωμάτωση ενός τέτοιου τμήματος στην αρχιτεκτονική των ΕΣΕΔΣ.

#### 9.2.4 Αποτελέσματα μελετών αξιολόγησης

Μετά την ολοκλήρωση της υλοποίησης του WEAR, ακολούθησαν τρεις μελέτες αξιολόγησής του. Γενικά, η αξιολόγηση των ΕΣΕΔΣ είναι ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία, λόγω των πολυάριθμων χαρακτηριστικών που ενσωματώνουν αυτά τα συστήματα και λόγω του ότι απευθύνονται σε δύο τάξεις χρηστών, τους καθηγητές που συγγράφουν τα ΕΔΣ και τους μαθητές που τα χρησιμοποιούν. Από την άλλη μεριά, η διενέργεια μελετών αξιολόγησης είναι αναγκαία προκειμένου να διαπιστωθεί ποια μέρη του συστήματος λειτουργούν και ποια όχι και γιατί. Επιπλέον, η διενέργεια μελετών αξιολόγησης για ένα ΕΣΕΔΣ είναι ιδιαίτερα σημαντική για την έρευνα στην περιοχή λόγω του ότι τα συμπεράσματα από τις μελέτες αυτές αποκαλύπτουν τις αποτελεσματικές και αναποτελεσματικές προσεγγίσεις που υιοθετούν τα ΕΣΕΔΣ και μπορούν με τον τρόπο αυτό να καθοδηγήσουν την ανάπτυξη μελλοντικών συστημάτων.

Δεδομένου ότι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του WEAR είναι η μοντελοποίηση των χρηστών-καθηγητών, αυτό αξιολογήθηκε ως προς την χρησιμότητά του. Τα ευρήματα του πειράματος οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι το τμήμα μοντελοποίησης καθηγητή που ενσωματώνει το WEAR μπορεί να παίξει ένα κρίσιμο ρόλο στην παραγωγή και συντήρηση Διαδραστικών μαθημάτων. Επομένως τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης ενισχύουν ακόμα περισσότερο τη συνεισφορά της μοντελοποίησης καθηγητή που αναφέρθηκε στην ενότητα 9.2.3.

Επίσης αξιολογήθηκαν τα ΕΔΣ που παράγει το WEAR κυρίως ως προς το σύστημα διεπαφής τους. Τα συμπεράσματα προηγούμενων σχετικών εμπειρικών μελετών είναι μάλλον αντιφατικά ως προς την επίδραση των πρακτόρων διεπαφής στην επίδοση, τη συμπεριφορά και την εμπειρία των μαθητών. Επομένως, το αν η επίδραση των πρακτόρων είναι θετική ή όχι για τους μαθητές καθίσταται ένα ανοιχτό ερευνητικό

ζήτημα. Η συνεισφορά της μελέτης είναι το ότι επιβεβαίωσε κάποιες από τις θετικές και/ή όχι θετικές απαντήσεις που έχουν αναφερθεί προηγουμένα και τόνισε κάποια από τα πλεονεκτήματα της χρήσης πρακτόρων που μπορούν να διερευνηθούν περαιτέρω.

### 9.3 Ανοιχτά ερευνητικά πεδία

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, η έρευνα που διεξήχθη στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής συνεισφέρει στην περιοχή των ΕΔΣ και ΕΣΕΔΣ σε διάφορες κατευθύνσεις. Παράλληλα όμως ανοίγει πεδία για περαιτέρω έρευνα. Αυτά περιγράφονται παρακάτω.

- Το WEAR είναι ένα πρωτότυπο ΕΣΕΔΣ για γνωστικά πεδία ή τμήματα γνωστικών πεδίων που μπορούν να περιγραφούν από αλγεβρικές εξισώσεις. Τέτοια πεδία είναι η Φυσική, η Χημεία, τα Οικονομικά, η Επιστήμη των Υπολογιστών και πολλά άλλα. Πρόκειται επομένως, για ένα εργαλείο συγγραφής με τη δυνατότητα της παραγωγής Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα γνωστικών πεδίων. Το σύστημα στην παρούσα μορφή του μπορεί να χειριστεί - από πλευράς μαθηματικών - συστήματα γραμμικών εξισώσεων πρώτου βαθμού. Μια πιθανή επέκταση του συστήματος θα μπορούσε να επιτρέψει το χειρισμό περισσότερο πολύπλοκων συστημάτων εξισώσεων. Με τον τρόπο αυτό, θα αίρονταν οι υπάρχοντες περιορισμοί και το ΕΣΕΔΣ θα μπορούσε να είναι ακόμα ευρύτερα εφαρμόσιμο.
- Το παράδειγμα του WEAR εισάγει στην περιοχή των ΕΣΕΔΣ την προσέγγιση της μοντελοποίησης καθηγητή. Με βάση την εμπειρία που αποκτήθηκε από την ανάπτυξη του WEAR και την βιβλιογραφική μελέτη αρκετών άλλων ΕΣΕΔΣ, καθορίστηκε στη διατριβή αυτή ένα γενικό πλαίσιο για την ενσωμάτωση στα ΕΣΕΔΣ τμήματος μοντελοποίησης καθηγητή. Ωστόσο, αυτό το εντελώς παραγνωρισμένο μέχρι στιγμής ζήτημα χρήζει περαιτέρω ερευνών. Η περίπτωση του WEAR αποδεικνύει τη χρησιμότητα αυτής της προσέγγισης και μπορεί να αποτελέσει έναυσμα για να μελετηθούν και να υλοποιηθούν διάφορες μέθοδοι και τεχνικές απόκτησης του μοντέλου καθηγητή και να εξεταστούν διάφοροι τρόποι χρήσης του στα ΕΣΕΔΣ. Τα αποτελέσματα των ερευνών στην ευρύτερη περιοχή της μοντελοποίησης χρηστών (user modelling) μπορούν να παράσχουν χρήσιμες

κατευθυντήριες γραμμές για την επέκταση της έρευνας στο θέμα της μοντελοποίησης καθηγητή στα ΕΣΕΔΣ.

- Η πολυπλοκότητα των ΕΣΕΔΣ καθιστά την αξιολόγησή τους ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία. Οι εμπειρικές μελέτες όπως αυτές που διενεργήθηκαν για την αξιολόγηση του WEAR παρέχουν χρήσιμα στοιχεία για την αποδοτικότητα του συστήματος στους τομείς μελέτης. Ωστόσο, δεν έχει καθοριστεί στη βιβλιογραφία των ΕΣΕΔΣ ένα γενικό πλαίσιο για την αξιολόγηση αυτών των συστημάτων. Ακόμα και για την αξιολόγηση των ΕΔΣ ενώ υπάρχει συζήτηση για τις μεθόδους και τεχνικές αξιολόγησής τους, η έρευνα μέχρι στιγμής δεν έχει καταλήξει σε συγκεκριμένα πρότυπα. Καθίσταται επομένως ανοιχτό ερευνητικό ζήτημα ο καθορισμός ενός γενικού πλαισίου για την αξιολόγηση τόσο των ΕΔΣ όσο και των ΕΣΕΔΣ. Ειδικά δε για τα τελευταία που αποτελούν συστήματα που ενσωματώνουν πολυάριθμα χαρακτηριστικά και απευθύνονται σε δύο διαφορετικές κατηγορίες χρηστών, καθηγητές και μαθητές, πρέπει να καταβληθεί σημαντική ερευνητική προσπάθεια προκειμένου να εξευρεθούν οι κατάλληλες μέθοδοι αξιολόγησης αυτών των συστημάτων.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ainsworth, S., Grimshaw, S. & Underwood, J. (1999). Teachers implementing pedagogy through REDEEM. *Computers & Education*, 33, 171-187.
- Alexandris, N., Virvou, M. & Moundridou, M. (1998). A Multimedia Tool for Teaching Geometry at Schools. In Ottmann, T. & Tomek, I. (Eds.): *Proceedings of ED/MEDLA 98, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, Vol. 2, Charlottesville, VA, AACE, 1595-1597.
- Alpert, S. R., Singley, M. K. & Fairweather, P. G. (1999). Deploying Intelligent Tutors on the Web: An Architecture and an Example. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10(2), 183-197.
- Andriessen, J. & Sandberg, J. (1999). Where is education heading and how about AI?. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10, 130-150.
- Barr, A. & Feigenbaum, E.A. (1982). *The Handbook of Artificial Intelligence*, 2, Kaufmann, Los Altos.
- Barra, M., Negro, A. & Searano, V. (1999). When the Teacher Learns: a Model for Symmetric Adaptivity. In Brusilovsky, P. & De Bra P. (Eds.): *Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Systems and User Modeling on the WWW*, Computing Science Report No. 99-07, Eindhoven, Eindhoven University of Technology, 21-28.
- Bell, J. & Hardiman, R.J. (1989). The third role – the naturalistic knowledge engineer. In Diaper, D. (Ed.): *Knowledge elicitation: Principles, Techniques, and Applications*, Chichester, England, Ellis Horwood Ltd., 49-85.
- Berz, M., Erdelyi, B. & Hoefkens, J. (1999). Experiences with interactive remote graduate instruction in beam physics. *Journal of Interactive Learning Research*, 10(1), 49-58.

- Bishop, A.S., Greer, J.E., & Cooke, J.E. (1997). The co-operative peer response system: CPR for students. In Müldner, T. & Reeves, T.C. (Eds.): *Proceedings of ED-MEDIA/ED-TELECOM'97 - World Conference on Educational Multimedia/Hypermedia and World Conference on Educational Telecommunications*, Charlottesville, VA, AACE, 74-79.
- Blessing, S.B. (1995). ITS authoring tools: The next generation. In Greer, J. (Ed.): *Proceedings of AI-ED 95, 7th World Conference on Artificial Intelligence and Education*, Charlottesville, VA, AACE, 567.
- Boose, J.H. (1993). A survey of knowledge acquisition techniques and tools. In Buchanan, B.G. & Wilkins, D.C. (Eds.): *Readings in Knowledge Acquisition and Learning*, San Mateo, CA, Morgan Kaufmann, 29-56.
- Boyle, T. (1997). *Design for Multimedia Learning*. New York, Prentice Hall.
- Brown, J.S., Burton, R.R. & deKleer, J. (1982). Pedagogical, natural language and knowledge engineering techniques in SOPHIE I, II and III. In Sleeman, D. & Brown, J.S. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems*, Academic Press, New York, 227-282.
- Brusilovsky, P. L. (1992). A framework for intelligent knowledge sequencing and task sequencing. In Frasson, C., Gauthier, G. & McCalla, G.I. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems - Proceedings of 2nd International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS'92*, Berlin, Springer-Verlag, 499-506.
- Brusilovsky, P. (1996). Methods and techniques of adaptive hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 6(2-3), 87-129.
- Brusilovsky, P. (1999). Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education. In C. Rollinger and C. Peylo (Eds.): *Künstliche Intelligenz, Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching*, 4, 19-25.
- Brusilovsky, P. (2000). Course Sequencing for Static Courses? Applying ITS Techniques in Large-Scale Web-Based Education. In Gauthier, G., Frasson, C. & VanLehn, K. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems, Proceedings of the 5th International*

- Conference on Intelligent Tutoring Systems-ITS 2000*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1839, Springer, Berlin, 625-634.
- Brusilovsky, P. (2001). Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11, 87-110.
- Brusilovsky, P., Eklund, J. & Schwarz, E. (1998). Web-based education for all: A tool for developing adaptive courseware. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30, 291-300.
- Brusilovsky, P., Schwarz, E. & Weber, G. (1996). ELM-ART: An intelligent tutoring system on World Wide Web. In Frasson, C., Gauthier, G. & Lesgold, A. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems -Proceedings of 3rd International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS-96*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1086, Berlin, Springer-Verlag, 261-269.
- Bull, S., Greer, J., McCalla, G., Kettel, L. & Bowes, J. (2001). User Modelling in I-Help: What, Why, When and How. In Bauer, M., Gmytrasiewicz, P. & Vassileva, J. (Eds.): *User Modeling 2001: Proceedings of the 8th International Conference - UM2001*, Lecture Notes in Artificial Intelligence (Subseries of Lecture Notes in Computer Science), Vol. 2109, Springer, Berlin, 117-126.
- Burton, J. (1982). Diagnosing bugs in a simple procedural skill. In Sleeman, D. & Brown, J. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems*, New York, NY: Academic Press.
- Burton, R. & Brown, J. (1978). A tutoring and student modelling paradigm for gaming environments. *ACM SIGCSE Bulletin*, 8(1), 236-246.
- Calvi, L. & De Bra, P. (1997) Using dynamic hypertext to create multi-purpose textbooks. In Müldner, T. & Reeves, T.C. (Eds.): *Proceedings of ED-MEDIA/ED-TELECOM'97 - World Conference on Educational Multimedia/Hypermedia and World Conference on Educational Telecommunications*, AACE, 130-135.
- Carbonell, J.R. (1970). AI in CAI: an artificial intelligence approach to computer-assisted instruction. *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*, 11, 190-202.

- Chou, C. (1999). Developing CLUE: A Formative Evaluation System for Computer Network Learning Courseware. *Journal of Interactive Learning Research*, 10(2), 179-193.
- Collins, A.M. (1976). Processes in acquiring knowledge. In Anderson, R.C., Spiro, R. & Montague, W.E. (Eds.): *Schooling and the acquisition of knowledge*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 339-363.
- Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In Scanlon, E. & O'Shea, T. (Eds.): *New directions in educational technology*, Berlin, Springer, 15-22.
- Corbett, A.T. & Anderson, J.R. (1992). LISP intelligent tutoring system: Research in skill acquisition. In Larkin, J.H. & Chabay, R.W. (Eds.): *Computer-Assisted Instruction and Intelligent Tutoring Systems: Shared Goals and Complementary Approaches*, Lawrence Erlbaum, 73-109.
- Crowder, N.A. (1959). Automatic tutoring by means of intrinsic programming. *Automatic Teaching: The State of Art*, Wiley, NY, 109-116.
- De Bra, P. & Calvi, L. (1998). AHA: a Generic Adaptive Hypermedia System. In Brusilovsky P. & De Bra, P. (Eds.): *Proceedings of 2nd Adaptive Hypertext and Hypermedia Workshop*, Computing Science Report No. 98-12, Eindhoven University of Technology, 5-11.
- Dehn, D. & Van Mulken, S. (2000). The impact of animated interface agents: a review of empirical research. *International Journal of Human-Computer Studies*, 52, 1-22.
- Dillenbourg, P. (1990). The Design of a Self-Improving Tutor: PROTO-TEG. *Instructional Science*, 18(3), 193-216.
- Du Boulay, B. (2000). Can We Learn from ITSs? In Gauthier, G., Frasson, C. & VanLehn, K. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems, Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems - ITS 2000*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1839, Springer, Berlin, 9-17.
- Eliot, C., Neiman, D. & Lamar, M. (1997). Medtec: A Web-based intelligent tutor for basic anatomy. In Lobodzinski, S. & Tomek, I. (Eds.) *Proceedings of WebNet*

- '97, *World Conference of the WWW, Internet and Intranet*, Charlottesville, VA, AACE, 161-165.
- Garg-Janardan, C. & Salvendy, G. (1988). A Structured Knowledge Elicitation Methodology for Building Expert Systems. *International Journal of Man-Machine Studies*, 29(4), 377-406.
- Gilbert, L. (1999). Some Valuable Lessons from the Teaching and Learning Technology Programme in the U.K. *Journal of Interactive Learning Research*, 10(1), 67-85.
- Goldberg, M.W., Salari, S. & Swoboda, P. (1996). World Wide Web - Course Tool: An environment for building www-based courses. *Computer Networks and ISDN Systems*, 28, 1219-1231.
- Goldstein, I.P. (1982). The genetic graph: a representation for the evolution of procedural knowledge. In Sleeman, D.H. & Brown, J.S. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems*, Academic Press, New York, 51-77.
- Goldstein, I.P. & Carr, B. (1977). The computer as coach: An athletic paradigm for intellectual education. *Proceedings of ACM77*, 227-233.
- Greer, J., McCalla, G., Cooke, J., Collins, J., Kumar, V., Bishop, A. & Vassileva, J. (1998). The intelligent helpdesk: Supporting peer-help in a university course. In Goettl, B.P., Halff, H.M., Redfield, C.L. and Shute, V.J. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems - Proceedings of the 4th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS-98*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1452, Berlin, Springer-Verlag, 494-503.
- Harvey, C.F., Smith, P. & Lund, P. (1998). Providing a networked future for interpersonal information retrieval: InfoVine and user modelling. *Interacting with Computers*, 10, 195-212.
- Hawkes, W.L., Sharon, J.D., Kandel, A. & Taps Project Staff (1986). *Fuzzy expert systems for an intelligent computer based tutor*. Technical Report No. 86-5. Learning Systems Institute, Centre for Educational Technology, Florida State University.

- Hayashi, Y., Ikeda, M., Seta, K., Kakusho, O. & Mizoguchi, R. (2000). Is What You Write What You Get?: An Operational Model of Training Scenario. In Gauthier, G., Frasson, C. & VanLehn, K. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems. Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems-ITS 2000*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1839, Springer, Berlin, 192-201.
- Hendler, J. & Feigenbaum, E.A. (2001). Knowledge Is Power: The Semantic Web Vision. In Zhong, N., Yao, Y., Liu & Ohsuga S. (Eds.): *Web Intelligence: Research and Development, Proceedings of the First Asia-Pacific Conference, WI 2001*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 2198, Springer, Berlin, 18-29.
- Henze, N., Naceur, K., Nejdil, W. & Wolpers, M. (1999). Adaptive hyperbooks for constructivist teaching. *Künstliche Intelligenz*, 4, 26-31.
- Hohl, H., Böcker, H. & Gunzenhäuser, R. (1996). Hypadapter: An Adaptive Hypertext System for Exploratory Learning and Programming. *User Modeling and User Adapted Interaction*, 6(2-3), 131-155.
- Hollan, J.D., Hutchins, E.L. & Weitzman, L. (1984). STEAMER: an interactive inspectable simulation-based training system. *AI Magazine*, 5(2), 15-27.
- Holt, P., Dubs, S., Jones, M. & Greer, J. (1994). The State of Student Modelling. In Greer, J.E., McCalla, G.I. (Eds.): *Student Modelling: the Key to Individualized Knowledge-based Instruction*, NATO-ASI Series F, Vol. 125, Berlin, Springer-Verlag, 3-35.
- Hoppe, U. (1995). Use of multiple student modeling to parametrize group learning. In Greer, J. (Ed.): *Proceedings of AI-ED'95, 7th World Conference on Artificial Intelligence in Education*, AACE, 234-249.
- Ikeda, M., Go, S. & Mizoguchi, R. (1997). Opportunistic group formation: A Theory for Intelligent Support in Collaborative Learning. In Du Boulay, B. & Mizoguchi, R. (Eds.): *Artificial Intelligence in Education: Knowledge and Media in Learning Systems - Proceedings of AI-ED'97, 8th World Conference on Artificial Intelligence in Education*, Amsterdam, IOS, 167-174.

- Jin, L., Chen, W., Hayashi, Y., Ikeda, M. & Mizoguchi, R. (1999). An Ontology-Aware Authoring Tool - Functional structure and guidance generation -. In Lajoie, S. & Vivet, M. (Eds.): *Proceedings of the 9th World Conference on Artificial Intelligence in Education -AIED'99*, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Vol. 50, IOS Press, Amsterdam, 85-92.
- Johnson, L. & Soloway, E. (1984). PROUST: Knowledge based program debugging. *Proceedings of the 7th International Software Engineering Conference*, 369-380.
- Johnson, W.L., Rickel, J. & Lester, J. (2000). Animated Pedagogical Agents: Face-to-Face Interaction in Interactive Learning Environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11, 47-78.
- Jong, T. de & Van Joolingen, W.R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179-201.
- Kaplan, R. & Rock, D. (1995). New directions for intelligent tutoring. *AI Expert*, February, 31-40.
- Kay, J. (2000). Stereotypes, Student Models and Scrutability. In Gauthier, G., Frasson, C. & VanLehn, K. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems: Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems - ITS 2000*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1839, Springer, Berlin, 19-30.
- Kay, J. & Kummerfeld, R.J. (1994). An individualised course for the C programming language. In: *Proceedings of Second International WWW Conference*, available online at: <http://www.ncsa.uiuc.edu/SDG/IT94/Proceedings/Educ/kummerfeld/kummerfeld.html>.
- Kinshuk & Patel, A. (1996). Intelligent Tutoring Tools: Redesigning ITSs for Adequate Knowledge Transfer Emphasis. In Lucas, C. (Ed.): *Proceedings of 1996 International Conference on Intelligent and Cognitive Systems*, IPM, Tehran, 221-226.

- Kitto, C.M. & Boose, J.H. (1989). Selecting Knowledge Acquisition Tools and Strategies Based on Application Characteristics. *International Journal of Man-Machine Studies*, 31(2), 149-160.
- Koedinger, K.R., Anderson, J.R., Hadley, W. & Mark, M. (1997). Intelligent Tutoring Goes to School in the Big City. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8, 30-43.
- Lajoie, S.P. (1993). Computer environments as cognitive tools for enhancing learning. In Lajoie, S. P. & Derry, S.J. (Eds.): *Computers as Cognitive Tools*, Lawrence Erlbaum, 261-288.
- Langley, P., Wogulis, J., & Ohlsson, S. (1990). Rules and principles in cognitive diagnosis. In Fredericksen, N., Glaser, R., Lesgold, A. & Shafto, M.G. (Eds.): *Diagnostic monitoring of skill and knowledge acquisition*. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum.
- Lesgold, A., Lajoie, S., Bunzo, M. & Egan, G. (1992). Sherlock: A coached practice environment for an electronics troubleshooting job. In Larkin, J. & Chabay, R. (Eds.): *Computer Based Learning and Intelligent Tutoring*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, 202-274.
- Lester, J., Converse, S., Kahler, S., Barlow, S., Stone, B. & Bhogal, R. (1997). The persona effect: affective impact of animated pedagogical agents. In Pemberton, S. (Ed.): *Human factors in computing systems, CHI'97 conference proceedings*, ACM Press, New York, 359-366.
- Lester, J., Stone, B. & Stelling, G. (1999). Lifelike Pedagogical Agents for Mixed-Initiative Problem Solving in Constructivist Learning Environments. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 9, 1-44.
- Major, N.P. (1995). Modelling Teaching Strategies. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 6, 117-152.
- Major, N., Ainsworth, S. & Wood, D. (1997). REDEEM: Exploiting Symbiosis between Psychology and Authoring Environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8, 317-340.

- Mark, M.A. & Greer, J.E. (1991). The VCR tutor: Evaluating instructional effectiveness. In Hammond, K.J. & Gentner, D.Q. (Eds.): *Proceedings of 13th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 564-569.
- Matz, M. (1982). Towards a process model for high school algebra errors. In Sleeman, D. & Brown, J. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems*, London, Academic Press, 25-50.
- McCalla, G.I., Greer, J.E., Kumar, V.S., Meagher, P., Collins, J.A., Tkatch, R. & Parkinson, B. (1997). A peer help system for workplace training. In Du Boulay, B. & Mizoguchi, R. (Eds.): *Artificial Intelligence in Education: Knowledge and Media in Learning Systems - Proceedings of AI-ED'97, 8th World Conference on Artificial Intelligence in Education*, Amsterdam, IOS, 183-190.
- McGraw, K.L. (1994). Performance Support Systems: Integrating AI, Hypermedia and CBT to Enhance User Performance. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 5(1), 3-26.
- Merrill, M.D., Li, Z., & Jones, M.K. (1990). Second generation instructional design (ID2). *Educational Technology*, 30(2), 7-14.
- Mitrovic, A., Djordjevic-Kajan, S. & Stoimenov, L. (1996). INSTRUCT: Modeling Students by Asking Questions. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 6(4), 273-302.
- Mizoguchi, R. (1993). Knowledge acquisition and ontology. In Fuchi, K. (Ed.): *Proceedings of KB&KS'93, 1st International Conference on Building and Sharing of Very Large-Scale Knowledge Bases*, JIPDEC, Tokyo, 121-128.
- Moundridou, M. & Virvou, M. (2001a): Evaluation of a Speech-Driven, Anthropomorphic Agent in the Interface of a Web-Based Intelligent Tutoring System. In *Proceedings of TELEMATICA-2001, International Conference on Telematics and Web-Based Education*, Saint-Petersburg State Institute of Fine Mechanics and Optics, Saint-Petersburg, 51-52.

- Moundridou, M. & Virvou, M. (2001b). Authoring and Delivering Adaptive Web-Based Textbooks using WEAR. In Okamoto, T., Hartley, R., Kinshuk & Klus, J.P. (Eds.): *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies: Issues, Achievements, and Challenges – ICALT 2001*, IEEE Computer Society, Los Alamitos, California, 185-188.
- Moundridou, M. & Virvou, M. (2001c). Evaluating the Impact of Interface Agents in an Intelligent Tutoring Systems Authoring Tool. In Avouris, N. & Fakotakis, N. (Eds.): *Advances in Human-Computer Interaction I: Proceedings of the Panhellenic Conference with International participation in Human-Computer interaction – PC-HCI 2001*, Typorama Publications, Patras, 371-376.
- Moundridou, M. & Virvou, M. (2002a). Authoring Intelligent Tutoring Systems over the World Wide Web. In: *Proceedings of the 2002 First International IEEE Symposium 'Intelligent Systems' – IS'2002*, Vol. I, IEEE, 160-165.
- Moundridou, M. & Virvou, M. (2002b). Evaluating the persona effect of an interface agent in a tutoring System. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18(3), 253-261.
- Moundridou, M. & Virvou, M. (2002c). WEAR: A Web-Based Authoring Tool for Building Intelligent Tutoring Systems. In Vlahavas, I.P. & Spyropoulos, C.D. (Eds.): *Proceedings (Companion Volume) of the 2nd Hellenic Conference on Artificial Intelligence, SETN-2002*, A.T.E.I. of Thessaloniki, Thessaloniki, 203-214.
- Moundridou, M. & Virvou, M. (2002d): Empirical Analysis for the Design of a WWW Knowledge-based Authoring Tool. In: *Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, to appear.
- Moundridou, M. & Virvou, M. (2002e): Evaluating the instructor support provided by a Web-based authoring tool for building adaptive courses. In: Petrushin, V., Kommers, P., Kinshuk & Galeev, I. (eds.): *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies; Media and the Culture of Learning – ICALT 2002*, IEEE Computer Society, Palmerston North, New Zealand, 408-413.

- Moundridou, M. & Virvou, M. (2002f): An authoring tool supporting instructors in the development of adaptive educational applications over the Web. In Fernstrom, K. (ed.): *Proceedings of the 3rd International Conference on Information Communication Technologies in Education*, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, 459-465.
- Moundridou, M. & Virvou, M. (2002g): An empirical study for the development of a Web-based authoring tool for Intelligent Tutoring Systems. In: *Proceedings of 4th International Workshop on Computer Science and Information Technologies - CSIT 2002*, to appear.
- Munro, A., Johnson, M., Pizzini, Q., Surmon, D., Towne, D. & Wogulis, J. (1997). Authoring Simulation-centered tutors with RIDES. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8, 284-316.
- Murray, T. (1996). Having it All, Maybe: Design Tradeoffs in ITS Authoring Tools. In Frasson, C., Gauthier, G. & Lesgold, A. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems, Proceedings of the 3rd International Conference on Intelligent Tutoring Systems-ITS'96*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1086, Springer, Berlin, 91-101.
- Murray, T. (1998). Authoring Knowledge Based Tutors: Tools for Content, Instructional Strategy, Student Model, and Interface Design. *Journal of the Learning Sciences*, 7(1), 5-64.
- Murray, T. (1999). Authoring Intelligent Tutoring Systems: An analysis of the state of the art. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10, 98-129.
- Murray, T., Condit, C. & Haugsjaa, E. (1998). MetaLinks: A preliminary framework for concept-based adaptive hypermedia. *Proceedings of Workshop "WWW-Based Tutoring" at 4th International Conference on Intelligent Tutoring Systems-ITS'98*, available online at: <http://www-aml.cs.umass.edu/~stern/webits/itsworkshop/murray.html>.
- Murray, T., Shen, T., Piemonte, J., Condit, C. & Thibedeau, J. (2000). Adaptivity in the MetaLinks Hyper-Book Authoring Framework. In Peylo, C. (Ed.): *Proceedings of the International Workshop on Adaptive and Intelligent Web-based*

- Educational Systems*, Technical Report of the Institute for Semantic Information Processing, Osnabrück, 61-72.
- Nakabayashi, K., Maruyama, M., Kato, Y., Touhei, H. & Fukuhara, Y. (1997). Architecture of an intelligent tutoring system on the WWW. In B. d. Boulay and R. Mizoguchi (Eds.): *Artificial Intelligence in Education: Knowledge and Media in Learning Systems - Proceedings of AI-ED'97, 8th World Conference on Artificial Intelligence in Education*, Amsterdam, IOS, 39-46.
- Nkambou, R., Frasson, C. & Gauthier, G. (1998). A new approach to ITS-curriculum and course authoring: the authoring environment. *Computers & Education*, 31, 105-130.
- Nwana, H.S. (1990). Intelligent Tutoring Systems: An Overview. *Artificial Intelligence Review*, 4, 251-277.
- Ohlsson, S. (1986). Some principles of intelligent tutoring. *Instructional Science*, 14, 293-326.
- Okazaki, Y., Watanabe, K. & Kondo, H. (1997). An Implementation of the WWW Based ITS for Guiding Differential Calculations. In P. Brusilovsky, J. Fink and J. Kay (Eds.): *Proceedings of Workshop "Adaptive Systems and User Modeling on the World Wide Web" at 6th International Conference on User Modeling, UM97*, Carnegie Mellon Online, 18-25, available online at: [http://www.contrib.andrew.cmu.edu/~plb/AIED97\\_workshop/Okazaki/Okazaki.html](http://www.contrib.andrew.cmu.edu/~plb/AIED97_workshop/Okazaki/Okazaki.html).
- Orey, M., Trent, A. & Young, J. (1993). Development efficiency and effectiveness of alternative platforms for intelligent tutoring. In Hyde, P.R. & Lofün, R.B (Eds.): *Proceedings of the contributed sessions: 1993 conference on intelligent computer-aided training and virtual environment technology*, Houston, TX: Software Technology Branch, NASA, 42-49.
- O'Shea, T. (1979). A self-improving quadratic tutor. *International Journal of Man-Machine Studies*, 11, 97-124.

- O'Shea, T. & Sleeman, D.H. (1973). A design for an Adaptive Self Improving Teaching system. In Rose, J. (Ed.): *Advances in Cybernetics and Systems*, 3, Gordon & Breach Publishers, London.
- Peylo, C., Thelen, T., Rollinger, C. & Gust, H. (2000). A Web-based intelligent educational system for PROLOG. In Peylo, C. (Ed.): *Proceedings of the International Workshop on Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems* (held in Conjunction with ITS 2000), Technical Report of the Institute for Semantic Information Processing, Osnabrück, 85-96.
- Pressley, M., Wood, E., Woloshyn, V.E., Martin, V., King, A. & Menke, D. (1992). Encouraging mindful use of prior knowledge: Attempting to construct explanatory answers facilitates learning. *Educational Psychologist*, 27, 91-109.
- Rich, E. (1979). User Modelling via Stereotypes. *Cognitive Science*, 3(4), 329-354.
- Rich, E. (1983). Users as Individuals: Individualizing User Models. *International Journal of Man-Machine Studies*, 18, 199-214.
- Rist, T., André, E. & Müller, J. (1997) Adding Animated Presentation Agents to the Interface. In Moore, J., Edmonds, E. & Puerta, A. (Eds.): *Proceedings of the 1997 International Conference on Intelligent User Interfaces*, ACM Press, New York, 79-86.
- Ritter, S. (1997). PAT Online: A model-tracing tutor on the World-wide Web. In Brusilovsky, P., Nakabayashi, K. & Ritter, S. (Eds.): *Proceedings of Workshop "Intelligent Educational Systems on the World Wide Web" at AI-ED '97, 8th World Conference on Artificial Intelligence in Education*, Kobe, Japan, ISIR, 11-17.
- Self, J.A. (1974). Student models in computer-aided instruction. *International Journal of Man-machine Studies*, 6, 261-276.
- Self, J.A. (1988). Student models: what use are they? In Ercoli, P. & Lewis, R. (Eds.): *Artificial Intelligence Tools in Education*, North Holland, Amsterdam, 73-86.
- Self, J.A. (1990). Bypassing the intractable problem of student modelling. In Frasson, C. & Gauthier, G. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems: At the Crossroads of AI and Education*, Ablex, Norwood, 107-123.

- Shaw, E., Ganeshan, R., Johnson, W.L. & Millar, D. (1999). Building a Case for Agent-Assisted Learning as a Catalyst for Curriculum Reform in Medical Education. In Lajoie, S. & Vivet, M. (Eds.): *Proceedings of the 9th World Conference on Artificial Intelligence in Education –AIED'99*, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Vol. 50, IOS Press, Amsterdam, 509-516.
- Shute, V. & Glaser, R. (1990). A large-scale evaluation of an intelligent discovery world: Smithtown. *Interactive Learning Environments*, 1(1), 51-77.
- Shute, V., Glaser, R. & Raghaven, K. (1989). Inference and Discovery in an Exploratory Laboratory. In Ackerman, P.L., Sternberg, R.J. & Glaser, R. (Eds.): *Learning and Individual Differences*, San Francisco, Freeman, 279-326.
- Shute, V., Torreano, L. & Willis, R. (1998). DNA – Uncorking the bottleneck in knowledge elicitation and organization. In Goettl, B. P., Half, H. M., Redfield, C. L. and Shute, V. J. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems -Proceedings of the 4th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS-98*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1452, Berlin, Springer-Verlag, 146-155.
- Skinner, B.F. (1958). Teaching Machines. *Science*, 128, 969-977.
- Sleeman, D. (1982). Assessing aspects of competence in basic algebra. In Sleeman, D. & Brown, J. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems*, Academic Press, London, 185-199.
- Sparks, R., Dooley, S., Meiskey, L. & Blumenthal, R. (1998). The LEAP Authoring Tool: Supporting complex courseware authoring through reuse, rapid prototyping, and interactive visualizations. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10, 75-97.
- Specht, M., Weber, G., Heitmeyer, S. & Schöch, V. (1997). AST: Adaptive WWW-Courseware for Statistics. In P. Brusilovsky, J. Fink and J. Kay (Eds.): *Proceedings of Workshop "Adaptive Systems and User Modeling on the World Wide Web" at 6th International Conference on User Modeling, UM97*, Carnegie Mellon Online, 91-95, available online at: [http://www.contrib.andrew.cmu.edu/~plb/UM97\\_workshop/Specht.html](http://www.contrib.andrew.cmu.edu/~plb/UM97_workshop/Specht.html).

- Sproull, L., Subramani, M., Kiesler, S., Walker, J.H. & Waters, K. (1996). When the Interface is a Face. *Human-Computer Interaction*, 11, 97-124.
- Stanchev, I. (1993). From decision support systems to computer supported cooperative work. In Barta, B.Z., Eccleston, J. & Hambusch, R. (Eds.): *Computer Mediated Education of Information Technology: Professionals and Advanced Users*, Elsevier Science Publishers B. V., North-Holland, 287-295.
- Stern, M., Woolf, B. P., and Kuroso, J. (1997). Intelligence on the Web? In Du Boulay, B. & Mizoguchi, R. (Eds.): *Artificial Intelligence in Education: Knowledge and Media in Learning Systems - Proceedings of AI-ED'97, 8th World Conference on Artificial Intelligence in Education*, Amsterdam, IOS, 490-497.
- Suppes, P. (1967). Some theoretical models for mathematics learning. *Journal of Research and Development in Education*, 1, 5-22.
- Suthers, D. & Jones, D. (1997). An architecture for intelligent collaborative educational systems. In Du Boulay, B. & Mizoguchi, R. (Eds.): *Artificial Intelligence in Education: Knowledge and Media in Learning Systems - Proceedings of AI-ED'97, 8th World Conference on Artificial Intelligence in Education*, Amsterdam, IOS, 55-62.
- Takeuchi, A. & Naito, T. (1995). Situated Facial Displays: Towards Social Interaction. In Katz, I., Mack, R., Marks, L., Rosson, M.B. & Nielsen, J. (Eds.): *Human Factors in Computing Systems: CHI'95 Conference Proceedings*, ACM Press, New York, 450-455.
- Thurman, D.A., Brann, D.M. & Mitchell, C.M. (1997). An Architecture to Support Incremental Automation of Complex Systems. In *Proceedings of the 1997 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 1174-1179.
- Twidale, M. (1992). Knowledge Acquisition for Intelligent Tutoring Systems. In Engel, F.L., Bouwhuis, D.G., Bösser, T. and d'Ydewalle, G. (Eds.): *Cognitive Modelling and Interactive Environments in Language Learning*, NATO ASI Series. SERS. F, Berlin, Springer-Verlag, 62-71.

- Towne, D. (1997). Approximate reasoning techniques for intelligent diagnostic instruction. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8, 262-283.
- Uhr, L. (1969). Teaching machine programs that generate problems as a function of interaction with students. Paper presented at the *24th National Conference of Education*, Virginia, April 2-4, 1969.
- Van Lehn, K. (1982). Bugs are not enough: Empirical studies of bugs, impasses and repairs in procedural skills. *Journal of Mathematical Behaviour*, 3, 3-72.
- Van Lehn, K. (1990). *Mind Bugs*. Cambridge, MA, MIT Press.
- Van Lehn, K., Ohlsson, S. & Nason, R. (1994). Applications of Simulated Students: An Exploration. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 5(2), 135-175.
- Van Mulken, S., André, E. & Müller, J. (1998). The Persona Effect: How Substantial Is It? In Johnson, H., Nigay, L. & Roast, C. (Eds.): *People and Computers XIII: Proceedings of HCI'98*, Springer, Berlin, 53-66.
- Virvou, M. & Du Boulay, B. (1999). Human Plausible Reasoning for Intelligent Help. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 9(4), 321-375.
- Virvou, M. & Kabassi, K. (2000). An Intelligent Learning Environment for Novice Users of a GUI. In Gauthier, G., Frasson, C. & VanLehn, K. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems, Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems-ITS 2000*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1839, Springer, Berlin, 484-493.
- Virvou, M. & Moundridou, M. (2000a). A Web-Based Authoring Tool for Algebra-Related Intelligent Tutoring Systems. *Educational Technology & Society*, 3(2), 61-70.
- Virvou, M. & Moundridou, M. (2000b): Modelling the instructor in a Web-based authoring tool for Algebra-related ITSs. In Gauthier, G., Frasson, C. & VanLehn, K. (Eds.): *Intelligent Tutoring Systems, Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems-ITS 2000*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1839, Springer, Berlin, 635-644.

- Virvou, M. & Moundridou, M. (2001a): Adding an instructor modelling component to the architecture of ITS authoring tools. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12, 185-211.
- Virvou, M. & Moundridou, M. (2001b): Student and Instructor Models: Two Kinds of User Model and their Interaction in an ITS Authoring Tool. In: Bauer, M., Gmytrasiewicz, P. & Vassileva, J. (Eds.): *User Modeling 2001: Proceedings of the 8th International Conference UM2001*, Lecture Notes in Artificial Intelligence (Subseries of Lecture Notes in Computer Science), Vol. 2109, Springer, Berlin, 158-167.
- Virvou, M., Sgouros, N., Moundridou, M. & Manargias, D. (2000): Using a speech-driven, anthropomorphic agent in the interface of a WWW educational application. In Bourdeau J. & Heller R. (Eds.): *Proceedings of ED-MEDIA 2000, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, AACE, Charlottesville VA, 1724-1726.
- Virvou, M. & Tsiriga, V. (2000). Involving effectively teachers and students in the life cycle of an Intelligent Tutoring System. *Educational Technology & Society*, 3(3), 511-521.
- Virvou, M. & Tsiriga, V. (2001). Web Passive Voice Tutor: an Intelligent Computer Assisted Language Learning System over the WWW. In Okamoto, T., Hartley, R., Kinshuk & Klus, J.P. (Eds.): *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies; Issues, Achievements, and Challenges - ICALT 2001*, IEEE Computer Society, Los Alamitos, California, 131-134.
- Virvou, M., Tsiriga, V. & Moundridou, M. (2001). Adaptive Navigation Support in a Web-Based Software Engineering Course. In Spyrou, C. (Ed.): *Proceedings of the 2nd International Conference on Technology in Teaching and Learning in Higher Education*, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, 333-338.
- Walczak, S. (1998). Knowledge acquisition and knowledge representation with class: the object-oriented paradigm. *Expert Systems with Applications*, 15, 235-244.

- Walker, J.H., Sproull, L. & Subramani, R. (1994). Using a Human Face in an Interface. In Adelson, B., Dumais, S. & Olson, J. (Eds.): *Human Factors in Computing Systems: CHI'94 Conference Proceedings*, ACM Press, New York, 85-91.
- Warendorf, K. and Tan, C. (1997). ADIS - An animated data structure intelligent tutoring system or Putting an interactive tutor on the WWW. In Brusilovsky, P., Nakabayashi, K. & Ritter, S. (Eds.): *Proceedings of Workshop "Intelligent Educational Systems on the World Wide Web" at AI-ED '97, 8th World Conference on Artificial Intelligence in Education*, Kobe, Japan, ISIR, 54-60.
- Webb, G., Chiu, B. & Kuzmycz, M. (1997). Comparative evaluation of alternative induction engines for feature based modelling. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8, 97-115.
- Webb, N. (1989). Peer interaction and learning in small groups. *International Journal of Educational Research*, 13, 21-40.
- Weber, G. & Brusilovsky, P. (2001). ELM-ART: an adaptive versatile system for web-based instruction. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12, to appear.
- Wenger, E. (1987). *Artificial Intelligence and Tutoring Systems*. Morgan Kaufmann, Los Altos, CA.
- Wheeler, J. & Regian, J. (1999). The use of a cognitive tutoring system in the improvement of the abstract reasoning component of word problem solving. *Computers in Human Behaviour*, 15, 243-254.
- White, B.Y. & Frederiksen, J.R. (1985). QUEST: Qualitative Understanding of Electrical System Trouble-shooting. *ACM SIGART Newsletter*, 93, 34-37.
- Winter, M. & McCalla, G. (1999). The emergence of student models from an analysis of ethical decision making in a scenario-based learning environment. In Kay, J. (Ed.): *Proceedings of the Seventh International Conference on User Modeling - UM99*, Springer-Verlag, 265-74.

- Woods, P. & Hartley, J.R. (1971). Some learning models for arithmetic tasks and their use in computer-based learning. *British Journal of Educational Psychology*, 41, 35-48.
- Woolf, B.P. & Cunningham, P.A. (1987). Multiple knowledge sources in intelligent teaching systems. *IEEE Expert*, 2(2), 41-54.
- Wu, H., Houben, G.J. & De Bra, P. (1999). Authoring Support for Adaptive Hypermedia Applications. In Collis, B. & Oliver, R. (Eds.): *Proceedings of EDMEDIA 2000, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, AACE, Charlottesville VA, 364-369.
- Yazdani, M. (1986). Intelligent tutoring systems survey. *Artificial Intelligence Review*, 1, 43-52.