

Τμήμα
Πληροφορικής



Πανεπιστήμιο
Πειραιώς

49

Αικατερίνη Καμπάση

ΕΥΦΥΕΙΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
ΕΞΑΤΟΜΙΚΕΥΣΗΣ ΒΟΗΘΕΙΑΣ ΣΕ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΗ ΓΡΑΦΙΚΑ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΔΙΕΠΑΦΗΣ ΜΕ
ΤΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ

Διδακτορική Διατριβή



00146748

Πειραιώς 2003

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ	
ΑΡ. ΕΙΣ.	46748
COMP.	26.632
ΤΑΞΗ	621.367 ΚΑΜ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	

Τριμελής Επιτροπή

Μαρία Βίβου,
Επίκουρος Καθηγήτρια,
Τμήμα Πληροφορικής,
Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Θεμιστοκλής Παναγιωτόπουλος,

Αναπληρωτής Καθηγητής,
Τμήμα Πληροφορικής,
Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Γεώργιος Τσιχριντζής,

Επίκουρος Καθηγητής,
Τμήμα Πληροφορικής,
Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Επταμελής Επιτροπή

Νικόλαος Αβούρης,
Καθηγητής,
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Μηχανικών Η/Υ,
Πανεπιστήμιο Πατρών.

Νικόλαος Αλεξανδρής,

Καθηγητής,
Τμήμα Πληροφορικής,
Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Σέργιος Θεοδορίδης,

Καθηγητής,
Τμήμα Πληροφορικής &
Τηλεπικοινωνιών,
Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Δημήτριος Δεσπότης,

Αναπληρωτής Καθηγητής,
Τμήμα Πληροφορικής,
Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Θεμιστοκλής Παναγιωτόπουλος,

Αναπληρωτής Καθηγητής,
Τμήμα Πληροφορικής,
Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Μαρία Βίβου,

Επίκουρος Καθηγήτρια,
Τμήμα Πληροφορικής,
Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Γεώργιος Τσιχριντζής,

Επίκουρος Καθηγητής,
Τμήμα Πληροφορικής,
Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Πρόλογος

Η έρευνα που παρουσιάζεται στην παρούσα διατριβή διεξήχθη από το Νοέμβριο του 1999 ως το Σεπτέμβριο του 2003 στο Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Η έρευνα αυτή αναφέρεται στη χρήση ευφυών μεθόδων για την παροχή εξατομικευμένης βοήθειας σε χρήστες που αλληλεπιδρούν με αντικειμενοστρεφή, γραφικά συστήματα διεπαφής. Η μεγάλη αύξηση των χρηστών λογισμικού ανά τον κόσμο κάνει πιο εμφανή την ανάγκη εξατομίκευσης της Αλληλεπίδρασης του Ανθρώπου-Υπολογιστή και την παροχή βοήθειας. Δεδομένης της αναγκαιότητας αλλά και της έλλειψης ευφυών συστημάτων βοήθειας που να αναφέρονται σε αντικειμενοστρεφή, γραφικά συστήματα διεπαφής, η ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος καλύπτει ένα ερευνητικό κενό.

Στο πλαίσιο της παρούσης διατριβής αναπτύχθηκε ένα Ευφύες Σύστημα Βοήθειας για ένα αντικειμενοστρεφές, γραφικό σύστημα διεπαφής. Το σύστημα ονομάζεται IFM και παρέχει βοήθεια στους χρήστες ηλεκτρονικών υπολογιστών καθώς διαχειρίζονται το σύστημα αρχείων τους. Η ανάπτυξη του συστήματος έχει γίνει βάσει της Rational Unified Process [Kruchten 1999; Quatrafi 1998]. Η εφαρμογή αυτού του νέου αντικειμενοστρεφούς μοντέλου, το οποίο συνιστά πολλαπλές επαναλήψεις στον κύκλο ζωής του λογισμικού, έχει γίνει με την προσαρμογή σε αυτό πολλών εμπειρικών μελετών για την ανάλυση απαιτήσεων και την επαναληπτική αξιολόγηση του συστήματος.

Η έρευνα που διεξήχθη στα πλαίσια της παρούσης διατριβής αποτελεί συνέχεια της έρευνας που διεξήχθη από την Virvou [1992]. Από την έρευνα εκείνη προέκυψε ένα ΕΣΒ για τον τομέα του UNIX, το RESCUER [Virvou 1992; Virvou 1998; Virvou 1999; Virvou & Du Boulay 1999], το οποίο

συνεχώς παρακολουθεί τους χρήστες του και αιτιολογεί κάθε ενέργειά τους χρησιμοποιώντας ένα μηχανισμό αναγνώρισης στόχων. Στην περίπτωση που ο χρήστης κάνει κάποιο λάθος, το σύστημα παράγει εναλλακτικές εντολές βασιζόμενο σε μια εφαρμογή της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης, ως ένα μέσο μοντελοποίησης της ανθρώπινης συμπερασματολογίας.

Στο IFM έχει χρησιμοποιηθεί τόσο ο μηχανισμός αναγνώρισης στόχων όσο και η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση. Η εφαρμογή όμως της θεωρίας σε ένα γραφικό σύστημα διεπαφής παρουσιάζει αρκετές διαφορές από την εφαρμογή της σε ένα σύστημα διεπαφής γραμμής εντολών, όπως είναι το UNIX, αφού το είδος της αλληλεπίδρασης είναι εντελώς διαφορετικό στις δύο αυτές περιπτώσεις. Για παράδειγμα, στα συστήματα διεπαφής γραμμής εντολών η αλληλεπίδραση του χρήστη γίνεται μέσω απλών λέξεων ενώ στα γραφικά συστήματα διεπαφής η αλληλεπίδραση λαμβάνει χώρα μέσω αντικειμένων. Η εφαρμογή της θεωρίας και σε ένα γραφικό σύστημα διεπαφής επιτρέπει τη δημιουργία ενός γενικότερου πλαισίου της θεωρίας για την παροχή «ανθρώπινης» αιτιολόγησης.

Ένα θέμα που είχε μείνει όμως ανοιχτό από την Virvou [1992] σχετικά με την εφαρμογή της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης σε Ευφυή Συστήματα Βοήθειας ήταν το πρόβλημα της θεωρίας αναφορικά με τις παραμέτρους βεβαιότητας που ορίζει. Συγκεκριμένα, ενώ η θεωρία ορίζει κάποιες παραμέτρους βεβαιότητας, οι οποίες επηρεάζουν τα εξαγόμενα συμπεράσματα, δεν ορίζει και τον ακριβή μαθηματικό τύπο υπολογισμού των τιμών τους. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, εξετάστηκε η καταλληλότητα των θεωριών λήψης αποφάσεων ως μέσου συμπλήρωσης της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης. Από τη μελέτη που διεξήχθη, η οποία αφορούσε τη διαδοχική εφαρμογή τριών διαφορετικών θεωριών λήψης αποφάσεων, προέκυψε ότι οι θεωρίες λήψης αποφάσεων φαίνεται ότι παρέχουν συμπληρωματικότητα ως προς την Ανθρώπινη Ευλογοφανή Αιτιολόγηση. Αυτό οφείλεται στο ότι καθορίζουν ακριβείς μαθηματικές μεθόδους συνδυασμού κάποιων κριτηρίων (αλλά δεν καθορίζουν τα κριτήρια). Αντίθετα, η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση παρέχει ένα γενικό πλαίσιο κανόνων συμπερασμού και καθορισμού κριτηρίων.

Ένα άλλο θέμα που είχε μείνει ανοιχτό στα περισσότερα Ευφυή Συστήματα Βοήθειας είναι το θέμα της αρχικοποίησης των μοντέλων των χρηστών. Στο IFM χρησιμοποιείται ένας καινοτόμος συνδυασμός των στερεοτύπων με τις παραμέτρους βεβαιότητας της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης. Η μέθοδος που προτείνεται μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την απόδοση του συστήματος βοήθειας, αφού το μοντέλο του χρήστη αρχικοποιείται γρήγορα και το σύστημα δεν καθυστερεί στην παροχή εξατομικευμένης βοήθειας.

Μια επιπλέον βελτίωση της διαδικασίας μοντελοποίησης επετεύχθη μέσω της χρήσης του Διαδικτύου. Το βασικό πρόβλημα που αντιμετώπιζαν τα περισσότερα συστήματα βοήθειας ήταν ότι όταν ένας χρήστης άλλαζε τον υπολογιστή που χρησιμοποιούσε τότε το μοντέλο του έπρεπε να αρχικοποιηθεί από την αρχή. Έτσι το σύστημα δεν ήταν σε θέση να παρακολουθήσει ένα χρήστη που εργαζόταν στο εργαστήριο μιας σχολής, αφού ο χρήστης χρησιμοποιούσε το πρόγραμμα από διαφορετικό υπολογιστή κάθε φορά. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα κάθε υπολογιστής να έχει περιορισμένες πληροφορίες για το χρήστη και κανένας δεν είχε ολοκληρωμένη εικόνα γι' αυτόν.

Επιχειρώντας να λύσει αυτό το πρόβλημα, η παρούσα έρευνα παρουσιάζει μια νέα αρχιτεκτονική μοντελοποίησης χρηστών, η οποία βασίζεται στα Web Services. Έτσι στο IFM τα μοντέλα των χρηστών διατηρούνται σε έναν κεντρικό εξυπηρέτη και η επικοινωνία, μεταξύ του συστήματος και του εξυπηρέτη, για τη διαχείριση των μοντέλων γίνεται μέσω των Web Services. Η νέα αυτή μέθοδος αλληλεπίδρασης χρησιμοποιείται για πρώτη φορά για τη μοντελοποίηση χρηστών.

Η εκπόνηση αυτής της έρευνας δεν θα ήταν δυνατή χωρίς τη συνεισφορά της επιβλέπουσας καθηγήτριάς μου κυρίας Μαρίας Βίρβου, Επίκουρου Καθηγήτριας στο τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Η βοήθεια, η ενθάρρυνση και η υποστήριξη που μου προσέφερε ήταν ανεκτίμητης αξίας.

Σημαντική ήταν και η ενθάρρυνση που έλαβα και από τα υπόλοιπα μέλη

της τριμελούς επιτροπής μου, τους κ.κ. Θεμιστοκλή Παναγιωτόπουλο, Αναπληρωτή Καθηγητή, και Γεώργιο Τσιχριντζή, Επίκουρο Καθηγητή, κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Δημήτριο Δεσπότη, Αναπληρωτή Καθηγητή του Πανεπιστημίου Πειραιώς, για την εποικοδομητική συνεργασία σχετικά με την Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων και τη μέθοδο της Καθολικής Αποδοτικότητας καθώς και τον κύριο Νικόλαο Αλεξανδρή που βοήθησε στην ομαλή ένταξή μου ως υποψήφιας διδάκτορος στο τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Ευχαριστώ, ακόμα, τα υπόλοιπα μέλη της επιταμελούς επιτροπής εξέτασης της διατριβής, τους κ.κ. Νικόλαο Αβούρη, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Πατρών και Σέργιο Θεοδορίδη, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Αθηνών, για τις υποδείξεις και τα εποικοδομητικά τους σχόλια.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά όλους τους φίλους μου για τη συμπαράστασή τους και την υποστήριξή τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Πολύτιμη ήταν και η βοήθεια της καθηγήτριας της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, κυρίας Διονυσίας Αντιόχου, που ήταν πάντα διαθέσιμη για να λύσει όλες τις απορίες μου σχετικά με την ελληνική γλώσσα. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και την αδελφή μου για την αγάπη και τη συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια.

Δημοσιεύσεις

Οι δημοσιεύσεις που παρουσιάζονται παρακάτω σχετίζονται με την έρευνα που διεξήχθη στα πλαίσια της παρούσης διατριβής.

(Α) Σε διεθνή περιοδικά μετά από πλήρη κρίση

1. Kabassi, K. & Virvou M. (2004). Personalised Adult e-Training on Computer Use based on Multiple Attribute Decision Making. *Interacting with Computers*, to appear.
2. Virvou, M. & Kabassi, K. (2004). Evaluating an Intelligent Graphical User Interface by Comparison with Human Experts. *Knowledge-Based Systems*, 17(1), pp. 31-37.
3. Kabassi, K. & Virvou, M. (2003). Using Web Services for Personalised Web-based Learning. *Educational Technology & Society, Journal of International Forum of Educational Technology & Society and IEEE Learning Technology Task Force*, 6(3), pp. 61-71. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση http://ifets.ieee.org/periodical/6_3/8.html (ISSN 1436-4522).
Το συγκεκριμένο άρθρο μεταφράστηκε από το ίδιο το περιοδικό στα ρωσικά και δημοσιεύθηκε στην έκδοση του περιοδικού για την Ανατολική Ευρώπη.
4. Virvou, M. & Kabassi, K. (2003). Experimental Studies within the Software Engineering Process for Intelligent Assistance in a GUI. *Journal of Universal Computer Science*, 8(1), pp. 51-85.
5. Virvou, M. & Kabassi, K. (2002). Reasoning about Users' Actions in a Graphical User Interface. *Human-Computer Interaction*, 17(4), pp. 369-399.

(B) Σε βιβλία με συλλογές άρθρων μετά από πλήρη κρίση

6. Kabassi, K. & Virvou, M. (2003). Combination of a Cognitive Theory with the Multi-Attribute Utility Theory. In V. Palade, R. J. Howlett, L. Jain (eds.): *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems – KES 2003*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, subseries of Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2773, Springer, Berlin, Part I, pp. 944-950.
7. 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, pp. 484-493.
8. Virvou, M. & Kabassi, K. (2000). An Object-Oriented Approach in Knowledge Based Software Engineering of an Intelligent GUI. In Hruska T. & Hashimoto M. (eds): *Knowledge-Based Software Engineering, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications (Proceedings of the Fourth Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering JCKBSE 2000)*, Vol. 62, IOS Press, Amsterdam, pp. 285-292.

(Γ) Σε διεθνή συνέδρια μετά από πλήρη κρίση

9. Kabassi, K., Virvou, M. & Despotis D.K. (2003). Dynamic Reasoning in an Intelligent User Interface by an Index-Maximizing LP Model. In *Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, to appear.
10. Kabassi, K. & Virvou, M. (2003). Learner Modelling in a Multi-Agent System through Web Services. In V. Devedzic, J.M. Spector, D. Sampson, Kinshuk (eds.) *Proceedings of 2003 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies: Technology Enhanced*

- Learning – ICALT 2003*, IEEE Computer Society, Los Alamitos, California, pp. 115-119.
11. Kabassi, K. & Virvou, M. (2003). Adaptive Help for e-mail Users. In C. Stephanidis & J. Jacko (eds.) *Human Computer Interaction: Theory and Practice - Part II (Proceedings of the 10th International Conference on Human Computer Interaction - HCIT2003)*, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, New Jersey, pp. 405-409.
 12. Virvou, M. & Kabassi, K. (2002). Intelligent Help in a Graphical User Interface. In *Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics* (IEEE Catalog number: 02CH37349C, ISBN: 0-7803-7438-X), Vol. 2, pp. 170-175.
 13. Virvou, M. & Kabassi, K. (2002). F-SMILE: An Intelligent Multi-Agent Learning Environment. In Petrushin V., Kommers P., Kinshuk, Galeev I. (eds.): *Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies: Media and the Culture of Learning – ICALT 2002*, IEEE Computer Society, pp. 144-149.
 14. Virvou, M. & Kabassi, K. (2002). Improving Agent Control for User Modeling. In *Proceedings of 2002 first International IEEE Symposium 'Intelligent Systems' (IS'2002)*, IEEE (IEEE Catalog Number 02EX499, ISBN 0-7803-7601-3), Volume I, pp. 73-78.
 15. Virvou, M. & Kabassi, K. (2002). Intelligent On-Line Training for a GUI. In K. Fernstrom (ed.): *Proceedings of the International Conference on Information Communication Technologies in Education*, National and Kapodistrian University of Athens (ISBN: 960-8313-03-1, ISSN: 1109-2084), pp. 257-262.
 16. Virvou, M. & Kabassi, K. (2002). A Multi-Agent System for Intelligent Assistance in a GUI. In *Proceedings of the 3rd International NAISO Symposium on Engineering of Intelligent Systems*, NAISO Academic Press, Canada/The Netherlands.
 17. Virvou, M. & Kabassi, K. (2002). Rendering the Interaction more Human-Like in an Intelligent GUI. In Glavinic V., Dobric V.H., Simic

- D. (eds.): *Proceedings of the 24th International Conference on Information Technology Interfaces (ITI 2002) – Collaboration and Interaction in Knowledge-Based Environments* (ISSN 1330-1012, ISBN: 953-96769-5-9, IEEE Catalog Number: 02EX534), pp. 197-204.
18. Virvou, M. & Kabassi, K. (2002). Combining Stereotypes and a Cognitive Theory for Human-Like Advice in an Intelligent GUI. In P. Groumos (ed.): *Proceedings of the International Workshop on Computer Science and Information Technologies CSIT' 2002*, Patras, Greece.
19. Virvou, M. & Kabassi, K. (2001). Evaluation of the advice generator of an intelligent learning environment. 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, pp. 339-342.
20. Virvou, M. and Kabassi K. (2000). An Empirical Study Concerning Graphical User Interfaces that Manipulate Files. In Bourdeau J. & Heller R. (eds.): *Proceedings of ED-MEDIA 2000*, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, AACE, Charlottesville VA, pp.1724-1726.

(Δ) Σε ελληνικά συνέδρια μετά από πλήρη κρίση

21. Virvou, M. & Kabassi, K. (2002). IFM: An Intelligent Graphical User Interface Offering Advice. In I.P. Vlahavas & C.D. Spyropoulos (eds.): *Proceedings of the Hellenic Conference on Artificial Intelligence (SETN-02)* organized by HAIS (Hellenic Society of Artificial Intelligence), A.T.E.I, Thessaloniki, Companion Volume, pp. 155-164.
22. Βίρβου Μ. & Καμπάση Κ. (2002). Διάγνωση Λαθών σε ένα Ευφυές Διδακτικό Σύστημα για τη Χρήση του Υπολογιστή. Στα *πρακτικά του 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση»* (επιμέλεια:

Αγγελική Δημητρακοπούλου), Εκδόσεις Καστανιώτη · inter@ctive, Τόμος Α', σελίδες 649-658.

23. Βίρβου Μ. & Καρπάση Κ. (2002). Κύκλος Ζωής Λογισμικού για ένα Ευφυές Περιβάλλον Εκμάθησης. *3ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τη "Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και την Εφαρμογή των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση"*, Ρέθυμνο, Κρήτη, Ελλάδα.
24. Virvou, M. & Kabassi, K. (2001). Human Plausible Reasoning for Simulating Experts' Reasoning in an Intelligent User Interface. 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, pp. 205-210.

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	iii
Περιεχόμενα.....	xiii
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Ερευνητικό πεδίο.....	1
1.2 Αντικειμενοστρεφή Γραφικά Συστήματα Διεπαφής.....	3
1.3 Ευφυή Συστήματα Βοήθειας.....	5
1.4 Μηχανισμοί αιτιολόγησης στα μοντέλα χρηστών.....	8
1.5 Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση.....	9
1.6 Θεωρίες λήψης αποφάσεων και Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση.....	11
1.7 Το σύστημα IFM.....	12
1.7.1 Ερευνητικοί στόχοι του IFM.....	13
1.7.2 Γενική περιγραφή του συστήματος.....	15
1.8 Διαδικασία ανάπτυξης του IFM.....	19
1.9 Δομή της διατριβής.....	21
1.9.1 Μέρος I: Θεωρητικό υπόβαθρο.....	21
1.9.2 Μέρος II: Ανάπτυξη και περιγραφή του προτύπου συστήματος.....	21
2. Ευφυή Συστήματα Βοήθειας.....	23
2.1 Ιστορική αναδρομή.....	23
2.2 Βασικές απαιτήσεις των συστημάτων βοήθειας.....	25
2.3 Κατηγορίες Ευφών Συστημάτων Βοήθειας.....	25
2.4 Ενεργητικά συστήματα βοήθειας.....	27
2.5 Περιορισμοί στα υπάρχοντα ΕΣΒ.....	29
3. Μοντελοποίηση Χρηστών.....	33
3.1 Εισαγωγή.....	33
3.2 Κατασκευή μοντέλων χρηστών.....	35
3.3 Στερεότυπα για την αρχικοποίηση των μοντέλων των χρηστών.....	36
3.4 Θέματα Υλοποίησης σχετικά με τον Παγκόσμιο Ιστό.....	38
3.5 Τα μοντέλα χρηστών στα ΕΣΒ.....	42
3.6 Μηχανισμοί Αιτιολόγησης.....	44
3.7 Αξιολόγηση των μοντέλων.....	47
4. Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση.....	49
4.1 Εισαγωγή.....	49
4.2 Η θεωρία.....	50
4.2.1 Στόχος.....	50
4.2.2 Σύντομη περιγραφή.....	52
4.2.3 Ιεραρχίες.....	54
4.2.4 Τα βασικά στοιχεία της θεωρίας.....	55
4.2.5 Δηλώσεις και σχέσεις.....	56
4.2.6 Παράμετροι βεβαιότητας.....	60
4.2.7 Μετασχηματισμοί δηλώσεων.....	63

4.3 Σχολιασμός των μετασχηματισμών δηλώσεων της ΑΕΑ.....	68
4.3.1 Μετασχηματισμοί δηλώσεων για την απάντηση ερωτήσεων.....	69
4.3.2 Εσωτερική δομή των μετασχηματισμών δηλώσεων.....	70
4.4 Εφαρμογές της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης σε Ευφυή Συστήματα Βοήθειας και Διδασκαλίας.....	71
4.5 Συμπεράσματα.....	74
5. Θεωρίες Λήψης Αποφάσεων.....	77
5.1 Εισαγωγή.....	77
5.2 Βασικά στοιχεία των θεωριών λήψης αποφάσεων.....	78
5.3 Απλό Σταθμισμένο Άθροισμα.....	80
5.4 Πολυκριτήρια Θεωρία Χρηστικότητας.....	81
5.5 Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων.....	83
5.5.1 Το βασικό μοντέλο της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων.....	84
5.5.2 Διασταύρωση αποδοτικότητας.....	85
5.5.3 Καθολική αποδοτικότητα.....	86
5.6 Εφαρμογές των θεωριών λήψης αποφάσεων.....	88
5.7 Συμπεράσματα.....	90
6. Εμπειρική Μελέτη.....	93
6.1 Εισαγωγή.....	93
6.2 Στόχοι του πειράματος.....	95
6.3 Το πείραμα.....	96
6.4 Προβλήματα ευχρηστίας.....	99
6.5 Περιπτώσεις χρήσης.....	106
6.6 Σχεδιασμός της βάσης γνώσης.....	108
6.7 Κατηγοριοποίηση λαθών.....	109
6.8 Συμπεράσματα της μελέτης.....	111
7. Το Ευφύες Σύστημα Βοήθειας IFM.....	115
7.1 Εισαγωγή.....	115
7.2 Συνοπτική παρουσίαση του συστήματος.....	116
7.2.1 Ένα απλό παράδειγμα λειτουργίας του IFM.....	117
7.2.2 Οι βασικοί μηχανισμοί αιτιολόγησης.....	119
7.3 Πολυπρακτορική Αρχιτεκτονική.....	120
7.4 Αναπαράσταση πεδίου.....	125
7.5 Συμπεράσματα.....	129
8. Μοντελοποίηση Χρηστών στο IFM.....	131
8.1 Εισαγωγή.....	131
8.2 Αναγνώριση Στόχων.....	133
8.2.1 Η έννοια της «ασάθειας».....	133
8.2.2 Οι «ασάθειες» ως μέσο για την επιβεβαίωση των στόχων και σχεδίων του χρήστη.....	135
8.2.3 Κατηγοριοποίηση των ενεργειών των χρηστών και οι υποθέσεις του IFM.....	137
8.3 Εξατομικευμένη βοήθεια μέσω Web Services.....	141
8.3.1 Αλληλεπίδραση των μοντέλων του χρήστη στον πελάτη και εξυπηρετή.....	142

8.3.2 Διαχείριση των μοντέλων των χρηστών στον πελάτη.....	145
8.3.3 Μοντελοποίηση στον Server.....	148
8.4 Συμπεράσματα.....	151
9. Εξατομικευμένη Εκπαίδευση στο IFM.....	155
9.1 Προβλήματα στην εκπαίδευση για τη χρήση υπολογιστών.....	155
9.2 Ο εκπαιδευτικός πράκτορας.....	156
9.3 Τεχνολογίες προσαρμογής.....	157
9.3.1 Βασικές τεχνικές.....	157
9.3.2 Εφαρμογή των τεχνικών από τον εκπαιδευτικό πράκτορα.....	158
9.4 Συμπεράσματα.....	163
10. Εφαρμογή της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης στο IFM...	165
10.1 Εισαγωγή.....	165
10.2 Μετασχηματισμοί δηλώσεων.....	166
10.2.1 Η βασική αρχή.....	167
10.2.2 Είδη εσφαλμένων αντιλήψεων.....	168
10.3 Παράμετροι βεβαιότητας.....	171
10.3.1 Περιγραφή των παραμέτρων.....	172
10.3.2 Στερέοτυπα για την αρχικοποίηση των τιμών των παραμέτρων.....	175
10.4 Συμπεράσματα.....	176
11. Εφαρμογή των Θεωριών Λήψης Αποφάσεων στο IFM.....	179
11.1 Εισαγωγή.....	179
11.2 Αξιοποίηση των θεωριών λήψης αποφάσεων στο IFM.....	180
11.3 Εφαρμογή ενός Απλού Σταθμιζόμενου Αθροιστικού μοντέλου.....	181
11.4 Εφαρμογή της Πολυκριτήριας Θεωρίας Χρησιμότητας.....	185
11.4.1 Επιλογή παραδειγμάτων.....	186
11.4.2 Υπολογισμός των βαρών των παραμέτρων βεβαιότητας.....	191
11.4 Εφαρμογή της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων.....	195
11.4.1 Εφαρμογή του κλασσικού μοντέλου της ΠΑΔ.....	195
11.4.2 Διασταύρωση των βαθμών βεβαιότητας.....	197
11.4.3 Υπολογισμός του καθολικού βαθμού βεβαιότητας για την κατάταξη των εναλλακτικών ενεργειών.....	197
11.5 Συμπεράσματα.....	199
12. Αξιολόγηση.....	203
12.1 Εισαγωγή.....	203
12.2 Αξιολόγηση της Αιτιολογικής Διαδικασίας του IFM σε σχέση με εμπειρογνώμονες.....	205
12.2.1 Ένα δείγμα αλληλεπίδρασης.....	207
12.2.2 Συνολικά αποτελέσματα.....	212
12.3 Αξιολόγηση του μηχανισμού αξιολόγησης των ενεργειών.....	218
12.3.1 Δείγμα αλληλεπίδρασης.....	219
12.3.2 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα.....	228
12.4 Αξιολόγηση της αλληλεπίδρασης των χρηστών με το IFM.....	231
12.4.1 Δείγμα αλληλεπίδρασης.....	232
12.4.2 Ανάλυση των πρωτοκόλλων.....	235

12.5 Συμπεράσματα	238
13. Συμπεράσματα	241
13.1 Συνεισφορά στην έρευνα	245
13.1.1 Συνεισφορά στον τομέα των Αντικειμενοστρεφών, Γραφικών Συστημάτων Διεπαφής.....	245
13.1.2 Συνεισφορά στον τομέα ανάπτυξης των Ευφυών Συστημάτων Βοήθειας.....	246
13.1.3 Ευφυή Συστήματα Βοήθειας για γραφικά συστήματα διεπαφής και Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση	247
13.1.4 Καινοτόμος συνδυασμός της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης με κάποια θεωρία λήψης αποφάσεων	248
13.1.5 Συνεισφορά στην αρχικοποίηση και διατήρηση των μοντέλων χρηστών	249
13.1.6 Αξιολόγηση Ευφυών Συστημάτων Βοήθειας με τη συμμετοχή εμπειρογνομόνων	250
13.2 Ανοιχτά ερευνητικά πεδία	252
Βιβλιογραφία.....	261

Εισαγωγή

1.1 Ερευνητικό πεδίο

Καθώς ο αριθμός των χρηστών λογισμικού ανά τον κόσμο αυξάνει δραματικά, η ανάγκη βελτίωσης της Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου-Υπολογιστή γίνεται όλο και πιο εμφανής και απαραίτητη. Κατά καιρούς, όλοι οι χρήστες των υπολογιστών είναι πιθανό να αντιμετωπίσουν προβλήματα στην αλληλεπίδρασή τους με τον υπολογιστή. Τα πιο συνηθισμένα προβλήματα αφορούν στην απώλεια χρήσιμων δεδομένων κατά λάθος, στην έλλειψη γνώσης των απαραίτητων εντολών για την ολοκλήρωση των σχεδίων των χρηστών, στη μετάβαση των συστημάτων σε καταστάσεις, από τις οποίες οι χρήστες δεν γνωρίζουν πως να εξέλθουν, κλπ. Μερικά από τα παραπάνω προβλήματα οδηγούν και σε σοβαρά λάθη, για τα οποία πολλές φορές είναι πιθανό να μην έχει προηγηθεί καν μήνυμα λάθους. Έτσι οι χρήστες μπορεί να έχουν παγιδευτεί σε μια προβληματική κατάσταση χωρίς καν να το έχουν αντιληφθεί ώστε να προσπαθήσουν να εξέλθουν από αυτή.

Τα προβλήματα είναι ακόμα περισσότερα στα είδη λογισμικού που απευθύνονται σε μεγάλο πλήθος χρηστών διαφορετικών ηλικιών, μορφωτικών επιπέδων, δεξιοτήτων, προτιμήσεων και συνηθειών. Σε αυτά τα είδη λογισμικού, είναι πολύ δύσκολο να σχεδιαστεί εκ των προτέρων ένα σύστημα διεπαφής με τους χρήστες το οποίο να καλύπτει τις διαφορετικές ανάγκες που μπορεί να έχουν τόσες πολλές διαφορετικές κατηγορίες χρηστών. Αυτό σημαίνει ότι είναι επίσης πολύ δύσκολο να σχεδιαστεί on-line βοήθεια για χρήστες ποικίλων εφαρμογών. Για παράδειγμα, οι Matthews et al. [2000] τονίζουν το γεγονός ότι τα on-line εγχειρίδια πρέπει να εξηγούν τα πάντα και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να προκαλούν σύγχυση στους άπειρους χρήστες, ενώ οι έμπειροι χρήστες το βρίσκουν αρκετά ενοχλητικό να πρέπει να ψάχνουν μέσα σε αρκετό άσχετο υλικό.

Ως εκ τούτου, επιπροσθέτως των βασικών οδηγιών σχεδίασης των συστημάτων διεπαφής, οι σχεδιαστές θα πρέπει να λάβουν υπόψη και τα πλεονεκτήματα χρήσης ευφυών τεχνικών ως μέσου δυναμικής εξατομικευσης τους. Συγκεκριμένα τα Ευφυή Συστήματα Βοήθειας παρέχουν ένα δυναμικό τρόπο για την παρακολούθηση των ενεργειών των χρηστών και έχουν την δυνατότητα να προσαρμόζουν την βοήθεια που παρέχουν ανάλογα με την περίπτωση. Αυτή η δυνατότητα οφείλεται κυρίως στην μοντελοποίηση χρηστών την οποία πραγματοποιούν. Οι μηχανισμοί που έχουν χρησιμοποιηθεί για την μοντελοποίηση χρηστών βασίζονται σε μηχανική μάθηση, Μπεϋζιανά Δίκτυα (Bayesian Networks), νευρωνικά δίκτυα, γνωστικές θεωρίες κλπ. Όμως η εύρεση κατάλληλων μηχανισμών για την αποτελεσματικότερη μοντελοποίηση χρηστών παραμένει ένα πρόβλημα ανοικτό για περαιτέρω έρευνα.

Στην παρούσα διατριβή για να διερευνηθεί η δυνατότητα βελτίωσης της αλληλεπίδρασης ανθρώπου - υπολογιστή με χρήση ευφυών τεχνικών αναζητήθηκε κάποιο είδος λογισμικού που να απευθύνεται σε μεγάλο πλήθος χρηστών με πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά. Τέτοιου είδους λογισμικό περιλαμβάνει μεταξύ άλλων και προγράμματα για τη διαχείριση του συστήματος αρχείων, όπως είναι η «Εξερεύνηση των Windows». Προγράμματα, όπως η «Εξερεύνηση των Windows», χρησιμοποιούνται από

οποιονδήποτε επιθυμεί να δημιουργήσει νέα αρχεία για να τα χρησιμοποιήσει στη συνέχεια σε προγράμματα επεξεργασίας κειμένων, λογιστικών φύλλων ή άλλα πακέτα λογισμικού, να δημιουργήσει δικά του προγράμματα, να αντιγράψει και να μεταφέρει αρχεία από ένα δίσκο σε άλλον, κλπ. Προφανώς, τέτοιες εργασίες διενεργούνται από το μεγαλύτερο ποσοστό των χρηστών είτε αυτοί είναι άπειροι είτε όχι.

Το λογισμικό της κατηγορίας της «Εξερεύνησης των Windows» έχει ένα αντικειμενοστρεφές γραφικό σύστημα διεπαφής με τους χρήστες. Αυτού του είδους τα συστήματα διεπαφής θεωρούνται πιο φιλικά προς τον χρήστη σε σχέση με άλλα συστήματα διεπαφής όπως είναι αυτά που χρησιμοποιούν γραμμές εντολών (π.χ. MS-DOS ή UNIX). Όμως και τα γραφικά συστήματα διεπαφής μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στους χρήστες. Στην παρούσα διατριβή διερευνήθηκε ο βαθμός ευχρηστίας τέτοιων συστημάτων και εντοπίστηκαν τα προβλήματά τους. Στη συνέχεια διερευνήθηκε η χρήση μιας γνωστικής θεωρίας σε συνδυασμό με θεωρίες λήψης αποφάσεων για την κατασκευή αποτελεσματικών μοντέλων χρηστών, ώστε να παρέχεται ευφυής και εξατομικευμένη βοήθεια στους χρήστες όλων των κατηγοριών και δυνατοτήτων.

1.2 Αντικειμενοστρεφή Γραφικά Συστήματα Διεπαφής

Παλιότερα, τα περισσότερα προβλήματα που αντιμετώπιζαν οι χρήστες κατά την αλληλεπίδρασή τους με ένα σύστημα αποδιδονταν στα συστήματα διεπαφής γραμμής εντολών. Η ανάπτυξη των γραφικών συστημάτων διεπαφής φάνηκε να βελτιώνει την αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή και πολλοί παρασύρθηκαν και πίστεψαν ότι όλα τα προβλήματα που αντιμετώπιζαν οι χρήστες λύθηκαν. Πράγματι τα γραφικά συστήματα διεπαφής αναβαθμίζουν την αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή κάνοντάς την πιο «ανθρώπινη» και φιλική προς το χρήστη.

Προς αυτή την κατεύθυνση έχει συνεισφέρει πολύ η αντικειμενοστρεφής προσέγγιση που χρησιμοποιείται τελευταία. Όπως αναφέρει και η Βίρβου [2001], στην αντικειμενοστρεφή προσέγγιση, ο μηχανικός λογισμικού

πρέπει πρώτα να βρει τα αντικείμενα που συνθέτουν το χώρο του προβλήματος και μετά να χτίσει κάποιες διαδικασίες γύρω από αυτά, σε αντίθεση με την πιο παραδοσιακή λειτουργική (functional) προσέγγιση [DeMarco 1979], όπου ο χώρος του προβλήματος αναλύεται στις κύριες λειτουργίες που τον συνθέτουν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μεταξύ άλλων και τη βελτίωση της σχεδίασης του συστήματος διεπαφής του συστήματος, το οποίο γίνεται πλέον πιο κατανοητό από το χρήστη αφού μοιάζει περισσότερο με το περιβάλλον που αλληλεπιδρά καθημερινά.

Παρόλα, όμως, τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα γραφικά συστήματα διεπαφής έναντι των υπολοίπων, ακόμα και αυτά μπορεί να αποδειχθούν δύσκολα στη χρήση και διαχείρισή τους αν δεν έχουν σχεδιαστεί σωστά [McGraw 1994]. Ως εκ τούτου, πολλοί είναι οι χρήστες που εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν πλήθος προβλημάτων κατά την αλληλεπίδρασή τους με κάποιο σύστημα.

Γενικά οι χρήστες αντιμετωπίζουν πολλά προβλήματα κατά την εξοικειώσή τους με τα αντικείμενα του γραφικού συστήματος διεπαφής, π.χ. τα μενού εντολών. Το πρόβλημα των αντικειμένων γίνεται ακόμα πιο έντονο στους χρήστες που είχαν κάποια εμπειρία με τα συστήματα αρχείων γραμμής εντολών. Σε αυτούς τους χρήστες φαίνεται δύσκολο να συνειδητοποιήσουν ότι οι εντολές, που παλαιότερα είχαν αναπαρασταθεί με απλές λέξεις, περιέχονται πλέον μέσα στα αντικείμενα. Η δυσκολία των χρηστών στην εξοικειώση τους είναι ακόμα πιο εμφανής μεταξύ των διαφορετικών εκδόσεων του λογισμικού, π.χ. οι χρήστες που είναι συνηθισμένοι σε ένα πρόγραμμα όπου όλα τα μενού εντολών είναι στα αγγλικά μετά τείνουν να μπερδεύονται όταν οι εντολές παρουσιάζονται στα ελληνικά ή σε άλλη γλώσσα. Ένα άλλο πρόβλημα αφορά στα λάθη απροσεξίας που γίνονται μεταξύ γειτονικών εντολών λόγω λανθασμένης χρήσης του ποντικιού. Μια άλλη κατηγορία λαθών που συνδέεται άμεσα με τα αντικειμενοστρεφή γραφικά συστήματα διεπαφής αφορούν στις εντολές που εκτελούνται μέσω πλήκτρων καθώς και στη γραφική αναπαράσταση διαφόρων συστημάτων, π.χ. του συστήματος αρχείων ή του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Οι χρήστες δυσκολεύονται να αντιληφθούν τη δομή που

υιοθετούν τέτοιου είδους συστήματα και πολλές φορές έχουν προβλήματα στην πλοήγησή τους αλλά και στην εύρεση των αρχείων τους.

Για τον εντοπισμό και την καταγραφή των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι χρήστες όταν αλληλεπιδρούν με γραφικά συστήματα διεπαφής διεξήχθη μια εμπειρική μελέτη, κατά την οποία χρήστες διαφορετικών επιπέδων στη χρήση των υπολογιστών αλληλεπίδρασαν με ένα κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Από τη μελέτη αυτή έγινε εμφανές ότι η παροχή ευφυούς βοήθειας θα μπορούσε δώσει μια λύση στα προβλήματα των χρηστών και να αυξήσει την αποτελεσματικότητά τους.

1.3 Ευφυή Συστήματα Βοήθειας

Τελευταία, πολλοί ερευνητές ασχολούνται με την ανάπτυξη Ευφυών Συστημάτων Βοήθειας (Intelligent Help Systems), τα οποία αποτελούν ένα μέσο αντιμετώπισης των προβλημάτων των κλασικών συστημάτων διεπαφής. Βασικός στόχος αυτών των συστημάτων είναι η παροχή εξατομικευμένης αλληλεπίδρασης και βοήθειας ώστε να αυξηθεί η ευελιξία και η φιλικότητα του λογισμικού.

Η ευφυής βοήθεια μπορεί να παρέχεται μετά από αίτηση του χρήστη ή με πρωτοβουλία του συστήματος, αφού αυτό διαγνώσει ότι ο χρήστης αντιμετωπίζει κάποιο πρόβλημα στην επίτευξη των στόχων του. Τα συστήματα που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία (π.χ. [Jones & Virvou 1991]) ως παθητικά ευφυή συστήματα βοήθειας (passive intelligent help systems) και μπορούν να βοηθήσουν μόνο τους χρήστες που αντιλαμβάνονται ότι έχουν κάνει κάποιο λάθος και ζητούν βοήθεια. Γνωστά συστήματα σε αυτή την κατηγορία είναι το AQUA [Quilici 1989], το OSCON consultant [Mc Kevitt 2000], το UNIX Consultant (UC) [Chin 1989; Mayfield 1992; Wilensky et al.: 2000] και το SINIX Consultant [Hecking 2000; Kemke 2000]. Τα συστήματα που ανήκουν στη δεύτερη κατηγορία αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία (π.χ. [Jones & Virvou 1991]) ως ενεργητικά ευφυή συστήματα βοήθειας (active intelligent help systems) και επεμβαίνουν, όταν κρίνουν ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα,

χωρίς ο χρήστης να έχει δηλώσει ρητά κάτι τέτοιο. Γνωστά συστήματα σε αυτήν την κατηγορία είναι το RESCUER [Virvou 1992; Virvou 1998; Virvou 1999; Virvou & Du Boulay 1999], το CHORIS [Tyler et al. 1991], το USCSH [Matthews et al. 2000], το ACTIVIST [Fischer et al. 1985], το PAL [Silber 1990] και το Office Assistant [Horvitz et al. 1998].

Σε σύγκριση μεταξύ των δύο κατηγοριών, τα ενεργητικά συστήματα υπερέχουν των παθητικών στην αντιμετώπιση προβληματικών καταστάσεων όπου ο χρήστης δεν έχει αντιληφθεί τι πραγματικά συμβαίνει. Πράγματι, όπως έχει φανεί από εμπειρικές μελέτες (π.χ. [Virvou, Jones & Millington 2000]), οι χρήστες πολλές φορές δεν αντιλαμβάνονται ότι έχουν εμπλακεί σε μια προβληματική κατάσταση παρά μόνο όταν τα αποτελέσματα της κατάστασης αυτής είναι εμφανή και μη αναστρέψιμα. Για παράδειγμα, αν διαγράψουν ένα αρχείο κατά λάθος, θα αντιληφθούν το λάθος τους μόνο όταν χρειαστούν το συγκεκριμένο αρχείο και το αναζητήσουν. Εν τω μεταξύ, όμως, ο χρήστης μπορεί να έχει αδειάσει τον κάδο ανακύκλωσης και έτσι το πρόβλημα να είναι μη αναστρέψιμο. Αλλά ακόμα και αν αντιληφθούν εγκαίρως ότι έχει γίνει κάποιο λάθος, δεν είναι πάντοτε σε θέση να εντοπίσουν την πραγματική αιτία του λάθους τους και να βρουν τον τρόπο για να το διορθώσουν. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης αντιγράψει ένα αρχείο, το διαγράψει και μετά πάει να το επικολλήσει θα αντιληφθεί ότι το αρχείο δεν μπορεί να επικολληθεί. Δεν είναι όμως βέβαιο ότι θα καταλάβει ότι το λάθος δημιουργήθηκε επειδή μόνος του ο χρήστης διέγραψε το αρχείο και στο πρόχειρο αποθηκεύεται η διεύθυνση του αρχείου που αντιγράφεται και όχι το ίδιο το αρχείο. Ως εκ τούτου, τα ενεργητικά συστήματα βοήθειας μπορεί να αποδειχθούν πολύ χρήσιμα. Για παράδειγμα, ένα ενεργητικό σύστημα βοήθειας θα μπορούσε να εντοπίσει το λάθος όταν ο χρήστης διέγραψε το αρχείο και να τον ειδοποιήσει σχετικά ή θα του εξηγούσε τον ακριβή λόγο για τον οποίο δεν γίνεται η επικόλληση ώστε να προσπαθήσει να ανακτήσει το αρχείο από τον κάδο ανακύκλωσης και να μην επαναλάβει το λάθος του.

Υπάρχουν όμως τρία βασικά προβλήματα, όπως διατυπώθηκαν από την Virvou [1992], τα οποία πρέπει να λύσει ένα ενεργό ευφυές σύστημα

βοήθειας για να παρέχει χρήσιμες συμβουλές:

- Αναγνώριση μιας προβληματικής κατάστασης.
Η βασική δυσκολία που αντιμετωπίζει ένα σύστημα βοήθειας είναι να εντοπίσει πότε μια κατάσταση είναι προβληματική αφού ο ίδιος ο χρήστης δεν αντιλαμβάνεται ότι έχει κάνει κάποιο λάθος. Αυτό το πρόβλημα γίνεται εντονότερο όταν η ενέργεια που προσπαθεί να εκτελέσει ο χρήστης είναι σωστή βάσει του γενικού πλαισίου του συστήματος.
- Διάγνωση της αιτίας του προβλήματος.
Ακόμα όμως και αν ένα σύστημα εντοπίσει ότι μια ενέργεια είναι μη επιθυμητή από το χρήστη, αυτό δε σημαίνει ότι και η αιτία του προβλήματος είναι γνωστή. Είναι δυνατό να υπάρχουν διάφορες εξηγήσεις για την αιτία δημιουργίας του λάθους. Το σύστημα βοήθειας οφείλει να είναι σε θέση να εντοπίσει την πραγματική αιτία του λάθους και να παρέχει κατάλληλη βοήθεια.
- Διαμόρφωση της απόκρισης του συστήματος.
Ανάλογα με τις υποθέσεις που έχουν γίνει σχετικά με τις προθέσεις και τα λάθη ενός χρήστη, ένα σύστημα πρέπει να αποφασίσει αν θα επέμβει ή όχι, και αν επέμβει, το είδος της συμβουλής που θα δώσει ώστε να βοηθήσει το χρήστη.

Για να λυθούν τα προβλήματα που περιγράφηκαν παραπάνω, ένα σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίζει τα σχέδια και τους στόχους του χρήστη. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω διαφόρων τεχνικών αναγνώρισης σχεδίων (plan recognition) ή στόχων (goal recognition). Οι τεχνικές αυτές επιτρέπουν στα συστήματα αυτά να κάνουν υποθέσεις σχετικά με τα σχέδια και τους στόχους των χρηστών χρησιμοποιώντας τα στοιχεία που παρέχουν οι χρήστες στις προηγούμενες αλληλεπιδράσεις τους με το σύστημα. Επιπροσθέτως, αφού εντοπιστεί ότι μια ενέργεια ενός χρήστη είναι μη επιθυμητή, το σύστημα πρέπει να μπορεί να εντοπίσει την αιτία της παρανόησης και στη συνέχεια να διαμορφώσει τις συμβουλές που θα δώσει. Αυτά μπορούν να επιτευχθούν μέσω διαφόρων μηχανισμών αιτιολόγησης. Όλες αυτές οι πληροφορίες καθώς και στοιχεία σχετικά με τα «πιστεύω», τις

εσφαλμένες αντιλήψεις και τις προτιμήσεις του χρήστη περιέχονται σε ένα μοντέλο του χρήστη που ενσωματώνεται σε όλα τα συστήματα που θέλουν να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους σε κάθε χρήστη.

1.4 Μηχανισμοί αιτιολόγησης στα μοντέλα χρηστών

Πολλές διαφορετικές ερευνητικές περιοχές έχουν συνεισφέρει στη βελτίωση της διαδικασίας μοντελοποίησης χρηστών. Για παράδειγμα, έχουν χρησιμοποιηθεί τεχνικές μηχανικής μάθησης [Chia, Webb & Kuzmycz 1997; Doux, Laurent & Nadal 1997; Gori et al. 1997; Ambrosini et al. 1997; Sison & Shimura 1998, Τσιχριντζής 2000], τα Μπεύζιανά Δίκτυα [Petrushin & Sinitza 1993; Martin & VanLehn 1995; Noh & Gmytrasiewicz 1997; Conati et al. 1997; Horvitz et al. 1998], τα νευρωνικά δίκτυα [Paranagama, Burstein & Arnott. 1997; Gori et al. 1997; Ambrosini et al. 1997, Τσιχριντζής 2000, Theodoridis & Koutroumbas 2003, Neagu et al. 2002] και τεχνικές από την Τεχνητή Νοημοσύνη [Rich & Knight 1991, Παναγιωτόπουλος 1997].

Ένας άλλος τομέας που φαίνεται να είναι πολλά υποσχόμενος για τη μοντελοποίηση της αιτιολόγησης χρηστών είναι αυτός της γνωστικής επιστήμης. Ο τομέας αυτός περιλαμβάνει θεωρίες τυπικής λογικής ή διάφορες μη - κλασσικές θεωρίες όπως η ασαφής λογική (fuzzy logic) [Zadeh 1965], η διαισθητική λογική (intuitionist logic) [Martin-Lof 1982], ή η πολλαπλώς εκτιμώμενη λογική (variable-precision logic) [Michalski & Winston 1986].

Στο πλαίσιο της παρούσης διατριβής διερευνήθηκε η χρησιμότητα μιας γνωστικής θεωρίας, της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης [Collins & Michalski 1989], για τον εμπλουτισμό ενός γραφικού συστήματος διεπαφής με «ανθρώπινη» αιτιολόγηση. Ο βασικός λόγος επιλογής της συγκεκριμένης θεωρίας έναντι των υπολοίπων που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι ότι η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση περιλαμβάνει πληθώρα συμπερασματικών προτύπων, τα οποία δεν εμφανίζονται στις υπόλοιπες θεωρίες.

Ένας επιπλέον λόγος επιλογής αυτής της θεωρίας για να εφαρμοστεί σε ένα γραφικό σύστημα διεπαφής ήταν ότι παρουσιάζεται ως ένα πολλά υποσχόμενο γενικό πλαίσιο, ανεξάρτητο του τομέα εφαρμογής του. Η εφαρμογή του σε ένα γραφικό σύστημα διεπαφής μπορεί να κάνει την αλληλεπίδραση του χρήστη με τον υπολογιστή πιο «ανθρώπινη», με την έννοια ότι μπορεί να παρέχει άμεση βοήθεια στα λάθη των χρηστών βάσει της ανθρώπινης αιτιολόγησης. Τέλος, είχε χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για τους σκοπούς αυτούς σε ένα προγενέστερο ΕΣΒ [Virvou 1992; Virvou 1998; Virvou 1999; Virvou & Du Boulay 1999], το οποίο όμως ήταν στο πεδίο του UNIX που έχει ένα πολύ διαφορετικό σύστημα διεπαφής από τα γραφικά συστήματα διεπαφής. Επομένως χρειαζόταν περαιτέρω έρευνα για να δείχθει κατά πόσο η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση θα ήταν χρήσιμη και σε γραφικά συστήματα διεπαφής με τους χρήστες.

1.5 Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση

Η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση (Human Plausible Reasoning) [Collins & Michalski 1989] είναι μια γνωστική θεωρία που επιχειρεί να μοντελοποιήσει την ανθρώπινη ευλογοφανή συμπερασματολογία (human plausible inference). Η θεωρία αυτή αποτελεί μία από τις πρώτες προσπάθειες για την κατασκευή μίας τυπικής λογικής που απευθύνεται τόσο στη σημασιολογική όσο και στην παραμετρική πλευρά του συλλογισμού των ανθρώπων. Για αυτόν το λόγο προσπαθεί να τυποποιήσει τη διαδικασία εξαγωγής αληθοφανών συμπερασμάτων που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι ώστε να απαντήσουν ερωτήσεις, για τις οποίες δεν γνωρίζουν εκ των προτέρων την απάντηση.

Σε ένα γραφικό σύστημα διεπαφής η αιτιολόγηση αυτή μπορεί να αποδειχθεί πολύ χρήσιμη στο σύστημα μοντελοποίησης χρηστών. Συγκεκριμένα μπορεί να δώσει τη δυνατότητα προσομοίωσης από το σύστημα της αιτιολόγησης των χρηστών, όταν αυτοί κάνουν ευλογοφανή λάθη κατά την προσπάθειά τους να συμμορφωθούν με τις τυπικές διαδικασίες του συστήματος διεπαφής καθώς προσπαθούν να επιτύχουν τους στόχους τους. Για παράδειγμα, ο Haakma [1999], σε μια προσπάθεια να

εξηγήσει τη συμπεριφορά των χρηστών, υποστηρίζει ότι η αναλογική αιτιολόγηση υποκινεί τους χρήστες να μεταφέρουν διαδικαστική γνώση από μια εργασία σε μια άλλη. Με αυτήν την έννοια, η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση παρέχει ένα τυπικό γενικό πλαίσιο για τον υπολογισμό τέτοιου είδους μεταφοράς γνώσης. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσομοιώσει την αιτιολόγηση ενός ανθρώπινου παρατηρητή που παρακολουθεί ένα χρήστη καθ' όσον αυτός εργάζεται. Και σε αυτήν την περίπτωση ο ανθρώπινος παρατηρητής κάνει ευλογοφανείς υποθέσεις για τις προθέσεις και τα πιστεύω του χρήστη.

Η πρώτη εφαρμογή της θεωρίας έγινε στο ευφρές σύστημα βοήθειας RESCUER [Virvou 1992, Virvou 1998, Virvou 1999, Virvou & Du Boulay 1999] και χρησιμοποιήθηκε για τη μοντελοποίηση της αιτιολόγησης των χρηστών του UNIX. Ένα σύστημα διεπαφής γραμμής εντολών όμως διαφέρει σε πολλά σημεία από ένα γραφικό σύστημα διεπαφής. Ως εκ τούτου, στην παρούσα διατριβή εξετάστηκε η καταλληλότητα της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης για ένα γραφικό σύστημα διεπαφής.

Επιπλέον, κατά τη διερεύνηση της εφαρμογής της θεωρίας (Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης) στο RESCUER είχε δοθεί έμφαση στη χρήση των αλυσίδων συμπερασμού που παρέχει η θεωρία αλλά είχε μείνει ανοιχτό το θέμα της διερεύνησης των παραμέτρων βεβαιότητας που παρέχει η θεωρία. Ως εκ τούτου, στην παρούσα διατριβή, οι παράμετροι βεβαιότητας εξετάστηκαν και προσαρμόστηκαν στα αντικείμενα και τις εντολές του γραφικού συστήματος διεπαφής. Συγκεκριμένα οι παράμετροι που ορίζονται στην Ανθρώπινη Ευλογοφανή Αιτιολόγηση είναι ο βαθμός ομοιότητας (degree of similarity) ενός αντικείμενου του συστήματος αρχείων ή μιας εντολής με ένα άλλο αντικείμενο ή μια εντολή, αντίστοιχα (σ), ο βαθμός τυπικότητας (degree of typicality) μιας εντολής για τον κάθε χρήστη (τ), η συχνότητα (frequency) δημιουργίας κάθε λάθους (φ), η κυριαρχία (dominance) μιας κατηγορίας λαθών στο σύνολο των λαθών (δ) καθώς και ο βαθμός βεβαιότητας (degree of certainty) του συστήματος (γ).

Ένα από τα μειονεκτήματα όμως της θεωρίας είναι ότι παρότι αποτελεί

σημαντικό εργαλείο μοντελοποίησης της ανθρώπινης αιτιολόγησης, δεν έχει ολοκληρωθεί σε όλες της τις λεπτομέρειες από τους δημιουργούς της. Για παράδειγμα, ενώ η θεωρία ορίζει τις παραμέτρους βεβαιότητας, δεν καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζεται ο βαθμός βεβαιότητας. Ορίζει, όμως, ότι η συγκεκριμένη παράμετρος πρέπει να υπολογίζεται ως συνάρτηση των υπολοίπων παραμέτρων, που αναφέρθηκαν παραπάνω. Η παρούσα διατριβή ασχολήθηκε εκτενέστατα με το πρόβλημα αυτό προκειμένου να βρεθεί η λύση του. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκε η καταλληλότητα των θεωριών λήψης αποφάσεων ως μέσου αποτελεσματικής συμπλήρωσης της θεωρίας της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης (ΑΕΑ).

1.6 Θεωρίες λήψης αποφάσεων και Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση

Σε πρώτη φάση οι θεωρίες λήψης αποφάσεων φαίνεται ότι παρέχουν συμπληρωματικότητα ως προς την ΑΕΑ διότι καθορίζουν ακριβείς μαθηματικές μεθόδους συνδυασμού κάποιων κριτηρίων (αλλά δεν καθορίζουν τα κριτήρια). Αντίθετα, η ΑΕΑ παρέχει ένα γενικό πλαίσιο κανόνων συμπερασμού και καθορισμού κριτηρίων. Τα κριτήρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με την αναπαράσταση γνώσης σε ένα συγκεκριμένο πεδίο γνώσης για να δώσουν βαθμούς βεβαιότητας στα εξαγόμενα συμπεράσματα αλλά δεν καθορίζεται πλήρως η μαθηματική μέθοδος συνδυασμού των κριτηρίων, όπως γίνεται στις θεωρίες λήψης αποφάσεων. Ως εκ τούτου, στην παρούσα διατριβή έχουν ελεγχθεί και συγκριθεί τρεις βασικές θεωρίες λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια ώστε να βρεθεί αν και κατά πόσο η κάθε μια από αυτές μπορεί να συμπληρώσει την Ανθρώπινη Ευλογοφανή Αιτιολόγηση.

Το πρώτο μοντέλο που συνδυάστηκε με την Ανθρώπινη Ευλογοφανή Αιτιολόγηση για την παροχή ευφους και εξατομικευμένης βοήθειας ήταν το Απλό Σταθμιζόμενο Αθροιστικό μοντέλο (Simple Additive Weighting - ΑΣΑ) [Fishburn 1967; Hwang and Yoon, 1981]. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο η τιμή της πολυκριτήριας συνάρτησης υπολογίζεται ως ένας

γραμμικός συνδυασμός των κριτηρίων που λαμβάνονται υπόψη. Στη συνέχεια υιοθετήθηκε μια αρκετά πιο εκλεπτυσμένη προσέγγιση που αφορούσε στην εφαρμογή της Πολυκριτήριας Θεωρίας Χρησιμότητας (Multi Attribute Utility Theory – MAUT) [Vinke 1992]. Και οι δύο αυτές θεωρίες θεωρούν ότι τα κριτήρια που λαμβάνει υπόψη του ο άνθρωπος κατά τη λήψη αποφάσεων έχουν σταθερό βάρος και ότι η σημαντικότητα κάποιου κριτηρίου δεν αλλάζει ανάλογα με την περίπτωση.

Μια αρκετά διαφορετική προσέγγιση, η οποία θεωρεί ότι τα βάρη των κριτηρίων διαμορφώνονται δυναμικά ανάλογα με την περίπτωση, υιοθετείται από την Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (ΠΑΔ – Data Envelopment Analysis – DEA) [Cooper, Seiford, & Tone 1999]. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, οι εναλλακτικές ενέργειες που καταφέρνουν να βρουν ένα σύνολο βαρών τέτοιο ώστε ο βαθμός βεβαιότητάς τους να γίνει ίσος με τη μονάδα είναι κυρίαρχες ενώ οι υπόλοιπες απορρίπτονται. Για την κατάταξη των κυρίαρχων μονάδων χρησιμοποιούνται δύο άλλες μέθοδοι ως ένα στάδιο μετά-ανάλυσης της ΠΑΔ. Στην πρώτη χρησιμοποιείται η διασταυρούμενη παράμετρος βεβαιότητας ενώ στη δεύτερη χρησιμοποιείται η καθολική παράμετρος βεβαιότητας σε αντιστοιχία με την καθολική αποδοτικότητα που ορίστηκε από τον Despotis [2002]. Από τις δύο αυτές μεθόδους μετά-ανάλυσης της ΠΑΔ, η δεύτερη παράγει ένα πιο σύνθετο μηχανισμό για την προσομοίωση της αιτιολόγησης των εμπειρογνομόνων του τομέα.

1.7 Το σύστημα IFM

Για τις ανάγκες της διερεύνησης του τρόπου της βελτίωσης της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή στα γραφικά συστήματα διεπαφής με τους χρήστες δημιουργήθηκε ένα πρότυπο Ευφύες Γραφικό Σύστημα Διεπαφής, το IFM. Οι συγκεκριμένοι ερευνητικοί στόχοι του IFM αναλύονται συνοπτικά στην επόμενη παράγραφο. Η συνοπτική περιγραφή του IFM γίνεται στην παράγραφο 1.7.2 και η εκτενής περιγραφή του στα κεφάλαια 6, 7, 8, 9 και 10 της διατριβής.

1.7.1 Ερευνητικοί στόχοι του IFM

Μια εκτενής μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικά με τα ΕΣΒ έδειξε ότι υπάρχει μεγάλη έλλειψη συστημάτων βοήθειας για τα γραφικά συστήματα βοήθειας. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι τα γραφικά συστήματα διεπαφής θεωρούνται φιλικά προς το χρήστη. Παρόλα αυτά, όμως, οι χρήστες εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν προβλήματα κατά την αλληλεπίδρασή τους με τον υπολογιστή. Αυτό άλλωστε φάνηκε από μια εμπειρική μελέτη που έγινε σε χρήστες γνωστών γραφικών συστημάτων διεπαφής στο πλαίσιο της διατριβής. Ως εκ τούτου, αναπτύχθηκε ένα ΕΣΒ για ένα γραφικό σύστημα διεπαφής, όπως είναι ένα πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων.

Άλλη μια έλλειψη όμως που παρατηρήθηκε στην περιοχή των ΕΣΒ αφορούσε στη μεθοδολογία ανάπτυξης των συστημάτων αυτών. Αυτή η παρατήρηση έχει γίνει και από άλλους ερευνητές άλλων τομέων (π.χ. [Delisle & Moulin 2002], [Chin 2001], [Anouris et al. 2003]), οι οποίοι υπογραμμίζουν τη σοβαρότητα αυτού του ζητήματος. Στη παρούσα έρευνα, αυτό το ζήτημα έχει αντιμετωπιστεί με τη χρήση της Rational Unified Process [Kruchten 1999; Quatrani 1998], η οποία είναι ένα αντικειμενοστρεφές μοντέλο κύκλου ζωής λογισμικού με πολλαπλές επαναλήψεις. Σε αυτό το μοντέλο έχουν ενταχθεί πολλές εμπειρικές μελέτες σε διάφορες φάσεις της ανάπτυξης του συστήματος IFM.

Η έρευνα που διεξήχθη στα πλαίσια της παρούσης διατριβής αποτελεί συνέχεια της έρευνας που διεξήχθη από την Virvou [1992]. Από την έρευνα εκείνη προέκυψε ένα ΕΣΒ για τον τομέα του UNIX, το RESCUER [Virvou 1992; Virvou 1998; Virvou 1999; Virvou & Du Boulay 1999], το οποίο συνεχώς παρακολουθεί τους χρήστες του και αιτιολογεί κάθε ενέργειά τους χρησιμοποιώντας ένα μηχανισμό αναγνώρισης στόχων. Στην περίπτωση που ο χρήστης κάνει κάποιο λάθος, το σύστημα παράγει εναλλακτικές εντολές βασισμένο σε μια εφαρμογή της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης.

Στο IFM έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο ο μηχανισμός αναγνώρισης στόχων όσο και η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση ως μέσα μοντελοποίησης

της ανθρώπινης συμπερασματολογίας. Όμως το IFM έχει γραφικό σύστημα διεπαφής με τους χρήστες ενώ το RESCUER συμπληρώνει το UNIX, το οποίο έχει σύστημα διεπαφής γραμμής εντολών (command-language user interface). Στα γραφικά συστήματα διεπαφής η αιτιολόγηση των χρηστών αφορά κυρίως αντικείμενα αναπαράστασης του συστήματος αρχείων ή των εντολών ενώ στα συστήματα διεπαφής γραμμής εντολών όλα τα παραπάνω αναπαρίστανται με λέξεις. Αυτή ήταν και η βασική διαφορά της εφαρμογής της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης στα δύο συστήματα διεπαφής. Ως εκ τούτου, οι κανόνες συμπερασμού έπρεπε να εφαρμοστούν με διαφορετικό τρόπο στο IFM. Η εφαρμογή της θεωρίας στο γραφικό σύστημα διεπαφής επηρέασε και τις παραμέτρους βεβαιότητας που ορίζει η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση, οι οποίες επηρεάζουν τη συνολική βεβαιότητα του συστήματος για τις υποθέσεις που κάνει.

Επίσης από τη μελέτη που έγινε στη διεθνή βιβλιογραφία παρατηρήθηκε ότι ένα θέμα που έχει μείνει ανοικτό στα περισσότερα ΕΣΒ αφορούσε στην αρχικοποίηση των μοντέλων των χρηστών. Έτσι στα περισσότερα συστήματα ο χρήστης απαιτείται να αλληλεπιδράσει με το σύστημα αρκετή ώρα προτού το σύστημα καταφέρει να μοντελοποιήσει το χρήστη και να παρέχει εξατομικευμένη βοήθεια. Με αυτά τα δεδομένα, στην περίπτωση του IFM, οι παράμετροι βεβαιότητας δε θα λάμβαναν σωστές τιμές παρά μόνο μετά από αρκετό χρόνο αλληλεπίδρασης του χρήστη με το σύστημα. Έτσι, το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε με τη χρήση στερεοτύπων [Kay 2000]. Συγκεκριμένα στο IFM χρησιμοποιείται ένας καινοτόμος συνδυασμός των στερεοτύπων με τις παραμέτρους βεβαιότητας της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης, ο οποίος επιτυγχάνει την ταχεία αρχικοποίηση του μοντέλου του χρήστη.

Ένα άλλο πρόβλημα που είχε παραμείνει ανοικτό στα περισσότερα ΕΣΒ, ήταν ότι όταν ένας χρήστης άλλαζε τον υπολογιστή που χρησιμοποιούσε τότε το μοντέλο του έπρεπε να αρχικοποιηθεί από την αρχή. Έτσι το σύστημα δεν ήταν σε θέση να παρακολουθήσει ένα χρήστη που εργαζόταν στο εργαστήριο μιας σχολής, αφού ο χρήστης χρησιμοποιούσε το πρόγραμμα από διαφορετικό υπολογιστή κάθε φορά. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα κάθε

υπολογιστής να έχει περιορισμένες πληροφορίες για το χρήστη ενώ κανένας δεν είχε ολοκληρωμένη εικόνα γι' αυτόν. Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα δόθηκε μέσω του Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web).

Ένα θέμα που φαίνεται να είναι στενά συνδεδεμένο με τα Ευφυή Συστήματα Βοήθειας είναι αυτό της εκπαίδευσης. Πράγματι, πολλοί ερευνητές (π.χ. [Matthews et al. 2000], [Delisle & Moulin 2002]) τονίζουν ότι ένα σύστημα δεν πρέπει απλά να βοηθά τους χρήστες να επιτύχουν τους στόχους τους αλλά πρέπει να προάγει και τις γνώσεις του. Ως εκ τούτου το IFM χρησιμοποιεί ένα εκπαιδευτικό πράκτορα, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την προαγωγή των γνώσεων των άπειρων χρηστών. Για την εξατομίκευση της διδασκαλίας το σύστημα χρησιμοποιεί τεχνικές προσαρμοστικών υπερμέσων (adaptive hypermedia).

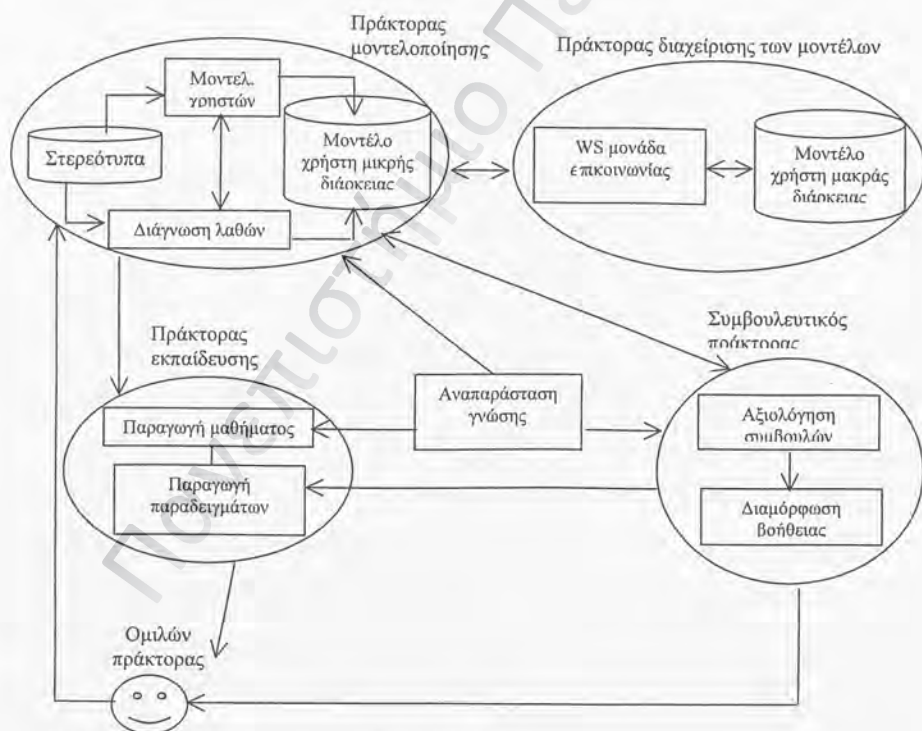
1.7.2 Γενική περιγραφή του συστήματος

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο τομέας που επιλέχθηκε ώστε να εξεταστούν οι δυνατότητες της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης ήταν αυτός ενός γραφικού συστήματος διεπαφής που χρησιμοποιείται από μεγάλο πλήθος χρηστών διαφορετικών υποβάθρων και αναγκών. Ως εκ τούτου, στα πλαίσια της παρούσης διατριβής αναπτύχθηκε ένα γραφικό σύστημα διεπαφής που διαχειρίζεται το σύστημα αρχείων με τρόπο παρόμοιο με την «Εξερεύνηση των Windows» [Microsoft Corporation 1998], ένα πρόγραμμα που χρησιμοποιείται από το μεγαλύτερο ποσοστό των χρηστών ηλεκτρονικών υπολογιστών. Το σύστημα που αναπτύχθηκε ονομάζεται Intelligent File Manipulator (IFM).

Το IFM παρακολουθεί κάθε ενέργεια των χρηστών του και κάνει υποθέσεις σχετικά με τους στόχους τους χρησιμοποιώντας ένα περιορισμένο μηχανισμό αναγνώρισης στόχων. Στην περίπτωση που υποπτευθεί ότι κάποια ενέργεια είναι μη επιθυμητή, το σύστημα χρησιμοποιεί την Ανθρώπινη Ευλογοφανή Αιτιολόγηση ώστε να βρει την αιτία του λάθους του χρήστη. Τέλος, το σύστημα χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης και μίας θεωρίας λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια ώστε να εντοπίσει την ενέργεια που ήθελε να εκτελέσει

ο χρήστης αντί αυτής που δημιούργησε το πρόβλημα και να παρέχει εξατομικευμένη συμβουλή.

Για να επιτύχει αυτούς τους στόχους του, το σύστημα χρησιμοποιεί πράκτορες. Οι πράκτορες έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς σε διάφορα συστήματα για να παίξουν διαφορετικούς ρόλους (π.χ. [Solomos & Anouris 1999]) ή για να εκτελέσουν διάφορες εργασίες (π.χ. [Belkada, Cristea & Okamoto 2001]). Στο IFM έχει χρησιμοποιηθεί ένας πράκτορας μοντελοποίησης του χρήστη, ένας πράκτορας για τη διαχείριση των μοντέλων των χρηστών, ένας για την παροχή συμβουλών, ένας για την παροχή εκπαίδευσης και ένας τελευταίος για τη βελτίωση της αλληλεπίδρασης του χρήστη με το σύστημα. Αναλυτικά η αρχιτεκτονική του συστήματος φαίνεται στο σχήμα 1.1.



Σχήμα 1.1: Η αρχιτεκτονική του IFM

Πράκτορας μοντελοποίησης χρηστών

Ο πράκτορας που είναι υπεύθυνος για τη μοντελοποίηση του χρήστη παρακολουθεί κάθε ενέργεια του χρήστη και κάνει υποθέσεις σχετικά με τους στόχους του χρησιμοποιώντας ένα μηχανισμό αναγνώρισης στόχων. Στην περίπτωση που εντοπίσει μια ενέργεια που είναι λανθασμένη σύμφωνα με τις τυπικές διαδικασίες του συστήματος διεπαφής ή μη επιθυμητή σύμφωνα με τις υποθέσεις του συστήματος σχετικά με τους στόχους του χρήστη, ο πράκτορας κάνει υποθέσεις σχετικά με τις πραγματικές προθέσεις του χρήστη εφαρμόζοντας την Ανθρώπινη Ευλογοφανή Αιτιολόγηση.

Συμβουλευτικός πράκτορας

Οι εναλλακτικές ενέργειες που είναι συμβατές με τους στόχους του χρήστη αποστέλλονται στο συμβουλευτικό πράκτορα, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την επιλογή της «βέλτιστης» εναλλακτικής ενέργειας. Η επιλογή της ενέργειας που θα προταθεί στο χρήστη γίνεται με βάση το συνδυασμό των παραμέτρων βεβαιότητας της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης και των πολυκριτήριων θεωριών λήψης αποφάσεων. Τα κριτήρια στην προκειμένη περίπτωση είναι οι παράμετροι βεβαιότητας που ορίζονται από την Ανθρώπινη Ευλογοφανή Αιτιολόγηση.

Ως εκ τούτου, διερευνήθηκε η εφαρμογή τριών διαφορετικών θεωριών λήψης αποφάσεων ώστε να επιλεγεί η καλύτερη. Με αυτό τον τρόπο προέκυψαν τρεις διαφορετικές εκδόσεις του συστήματος (μία έκδοση για κάθε θεωρία). Οι τρεις εκδόσεις του συστήματος αξιολογήθηκαν και συγκρίθηκαν μεταξύ τους.

Στην πρώτη έκδοση του συμβουλευτικού πράκτορα εφαρμόστηκε η μέθοδος του Απλού Σταθμισμένου Αθροίσματος. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, η τιμή της συνολικής παραμέτρου βεβαιότητας της ΑΕΑ υπολογίζεται ως ένας γραμμικός συνδυασμός των τεσσάρων παραμέτρων βεβαιότητας της ΑΕΑ. Για τον υπολογισμό των βαρών κάθε παραμέτρου βεβαιότητας χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από την εμπειρική μελέτη που αφορούσαν στο πόσο σημαντικό ήταν κάθε κριτήριο στη διαδικασία λήψης αποφάσεων που υιοθετούσαν οι εμπειρογνώμονες.

Με παρόμοιο τρόπο υπολογίζεται η τιμή της παραμέτρου βεβαιότητας σύμφωνα και με την Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας. Η βασική διαφορά όμως αυτή της θεωρίας έγκειται στον τρόπο υπολογισμού των βαρών των παραμέτρων βεβαιότητας. Για τις ανάγκες εφαρμογής της συγκεκριμένης θεωρίας συγκεντρώθηκαν από την εμπειρική μελέτη οι περιπτώσεις κατά τις οποίες οι εμπειρογνώμονες εντόπισαν αντι μιας μη επιθυμητής ενέργειας δύο εναλλακτικές που είχαν την ίδια βαρύτητα για αυτούς.

Μια εντελώς διαφορετική προσέγγιση υιοθετήθηκε κατά την τρίτη υλοποίηση του συμβουλευτικού πράκτορα, όπου χρησιμοποιήθηκε η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων για την αξιολόγηση των εναλλακτικών ενεργειών που παράγει το σύστημα. Η ΠΑΔ είναι μια μη παραμετρική τεχνική που στηρίζεται στο μοντέλο του γραμμικού προγραμματισμού. Η ΠΑΔ μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω με την προσθήκη της καθολικής παραμέτρου βεβαιότητας σε αντιστοιχία με την καθολική αποδοτικότητα που ορίστηκε από τον Despotis [2002]. Η εφαρμογή της θεωρίας προϋποθέτει την ύπαρξη μιας εμπειρικής μελέτης για τον καθορισμό των κριτηρίων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση τα κριτήρια έχουν ληφθεί από την Ανθρώπινη Ευλογοφανή Αιτιολόγηση και για αυτόν το λόγο δεν χρειάστηκε κάποια μελέτη για τις απόψεις των εμπειρογνομόνων του τομέα.

Ομιλών πράκτορας και εκπαιδευτικός πράκτορας

Όταν ο συμβουλευτικός πράκτορας επιλέξει την εναλλακτική ενέργεια που φαίνεται να είναι η πιο κατάλληλη για να προταθεί στο χρήστη, την αποστέλλει στον ομιλούντα πράκτορα, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την αλληλεπίδραση με το χρήστη. Επιπλέον, αν το λάθος που έκανε ο χρήστης ήταν λόγω έλλειψης γνώσης, ενημερώνεται ο εκπαιδευτικός πράκτορας ώστε να προσαρμόσει τη θεωρία που απαιτείται για την επίτευξη των στόχων του χρήστη σύμφωνα με τις γνώσεις και την εμπειρία που έχει ο συγκεκριμένος χρήστης. Για την προσαρμογή της παρουσίασης του μαθήματος, ο εκπαιδευτικός πράκτορας χρησιμοποιεί διάφορες τεχνικές προσαρμοστικών υπερμέσων.

Πράκτορας διαχείρισης μοντέλων χρηστών

Τέλος, όλες οι νέες πληροφορίες που συγκεντρώνονται κατά την αλληλεπίδραση του χρήστη με το IFM αποστέλλονται στον πράκτορα που διαχειρίζεται τα μοντέλα των χρηστών. Ο πράκτορας αυτός επικοινωνεί με έναν κεντρικό εξυπηρέτη στον οποίο διατηρούνται όλα τα μοντέλα των χρηστών μέσω Web Services. Το βασικό χαρακτηριστικό των Web Services είναι ότι αλληλεπιδρούν με τις εφαρμογές που τις επικαλούνται χρησιμοποιώντας καθιερωμένα πρότυπα. Η μοντελοποίηση χρηστών που βασίζεται σε πρότυπα επιτρέπει τη δυναμική ενοποίηση των εφαρμογών που είναι καταναεμημένες στο Internet, ανεξάρτητα από την πλατφόρμα του υλικού ή του λογισμικού στην οποία έχουν υλοποιηθεί. Επίσης, η επικοινωνία συντελείται ανεξάρτητα από τη γλώσσα προγραμματισμού στην οποία έχουν δημιουργηθεί οι εφαρμογές.

1.8 Διαδικασία ανάπτυξης του IFM

Ένα βασικό θέμα που καθορίζει την αποτελεσματικότητα των Ευφυών Συστημάτων Βοήθειας είναι η διαδικασία ανάπτυξης τους. Μεταξύ των φάσεων του κύκλου ζωής λογισμικού, βασικό ρόλο διαδραματίζουν η ανάλυση των απαιτήσεων και η αξιολόγηση των Ευφυών Συστημάτων Βοήθειας. Σε αυτές τις φάσεις είναι ιδιαίτερα χρήσιμες οι εμπειρικές μελέτες. Όμως μετά από εκτενή έρευνα της βιβλιογραφίας φαίνεται ότι οι εμπειρικές μελέτες απουσιάζουν από την έρευνα στο χώρο των Ευφυών Συστημάτων Βοήθειας. Η διαπίστωση αυτή έχει γίνει και από άλλους ερευνητές του τομέα, όπως ο Chin [2001], οι Delisle & Moulin [2002], κ.ά.

Στις πρώτες φάσεις του κύκλου ζωής του IFM, διενεργήθηκε μια εμπειρική μελέτη κατά την οποία χρήστες διαφορετικών επιπέδων στη χρήση των υπολογιστών αλληλεπίδρασαν με ένα κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Τα πρωτόκολλα που συγκεντρώθηκαν από τη διαδικασία αυτή δόθηκαν σε μερικούς εμπειρογνώμονες για να τα σχολιάσουν. Κάθε εμπειρογνώμονας έκανε τα σχόλιά του ανεξάρτητα από όλους τους υπόλοιπους. Από τη διαδικασία αυτή προέκυψαν τα βασικά προβλήματα χρησιμότητας που αντιμετωπίζουν τα κοινά προγράμματα

διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Επιπλέον, οι εμπειρογνώμονες κατέγραψαν τα βασικά σχέδια που υλοποιούσαν οι χρήστες χρησιμοποιώντας τα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης της Unified Modeling Language (UML) και αναγνώρισαν πιθανές παρανοήσεις. Έτσι, το πείραμα αυτό έδωσε μια εικόνα για το τι είναι δυνατό να μοντελοποιηθεί και τι είδους βοήθεια μπορεί να προσφερθεί.

Η παραπάνω διαδικασία οδήγησε στον καλύτερο σχεδιασμό του μηχανισμού αναγνώρισης στόχων που διαθέτει το σύστημα. Επιπλέον, ένα άλλο στοιχείο που προέκυψε από την εμπειρική μελέτη και οδήγησε στον καλύτερο σχεδιασμό του συστήματος ήταν η μοντελοποίηση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων των εμπειρογνώμωνων όταν αυτοί προσπαθούσαν να αποφασίσουν για τη βοήθεια που θα παρείχαν στους χρήστες σε κάθε περίπτωση λάθους. Τα στοιχεία αυτά φάνηκαν ιδιαίτερα σημαντικά κατά την εφαρμογή της Πολυκριτήριας Θεωρίας Χρησιμότητας αλλά και κατά την αξιολόγηση του συστήματος στις επόμενες φάσεις του κύκλου ζωής του λογισμικού.

Επιπροσθέτως καθ' όλη τη διάρκεια ανάπτυξης του IFM διενεργήθηκαν πειράματα αξιολόγησής του. Το βασικό πλεονέκτημα των πειραμάτων αυτών ήταν ότι κάθε πρωτόκολλο ενεργειών του χρήστη που συγκεντρώθηκε δόθηκε σε περισσότερους από έναν εμπειρογνώμονες, οι οποίοι ενεργούσαν ως σύμβουλοι, ώστε να το σχολιάσουν. Κάθε εμπειρογνώμονας έκανε τα σχόλιά του ανεξάρτητα από όλους τους υπόλοιπους. Αυτό έδωσε μια εικόνα για το τι είναι δυνατό να μοντελοποιηθεί και τι είδους βοήθεια μπορεί να προσφερθεί.

Συγκεκριμένα, υπήρχαν περιπτώσεις όπου οι απόψεις των εμπειρογνώμωνων διέφεραν σημαντικά. Σε αυτές τις περιπτώσεις, θεωρήθηκε αδύνατο για ένα ΕΣΒ να είναι ικανό να παρέχει βοήθεια με μεγάλο βαθμό βεβαιότητας όταν δεν μπορούν ούτε και οι ίδιοι οι άνθρωποι εμπειρογνώμονες να συμφωνήσουν μεταξύ τους. Αντιθέτως, υπήρχαν πολλές περιπτώσεις όπου υπήρχε ομοφωνία στις απόψεις των εμπειρογνώμωνων σχετικά με το τι κάνει ο χρήστης και τι είδους βοήθεια χρειάζεται. Η

παροχή αυτόματης βοήθειας σε προβληματικές καταστάσεις τέτοιου είδους θεωρήθηκε απαραίτητη λειτουργική απαίτηση του συστήματος. Συνεπώς, στην αξιολόγηση του συστήματος που διενεργήθηκε, όλοι οι εμπειρογνώμονες ζητήθηκε να σχολιάσουν τις ίδιες ενέργειες χρηστών. Μετά οι απόψεις τους συγκρίθηκαν με τις αποκρίσεις του IFM.

1.9 Δομή της διατριβής

Η παρούσα διατριβή χωρίζεται σε δύο βασικά μέρη. Το πρώτο μέρος το οποίο αποτελείται από τα κεφάλαια 2, 3, 4 και 5 περιέχει όλες τις πληροφορίες που αφορούν στο θεωρητικό υπόβαθρο που έχει χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό του συστήματος. Στο δεύτερο μέρος, γίνεται η περιγραφή του συστήματος και της ανάπτυξής του.

1.9.1 Μέρος I: Θεωρητικό υπόβαθρο

Το κεφάλαιο 2 αποτελεί μια ιστορική αναδρομή στα συστήματα διεπαφής και στα συστήματα βοήθειας που έχουν αναπτυχθεί για να βελτιώσουν την αλληλεπίδραση των χρηστών με τα πρώτα.

Το κεφάλαιο 3 ασχολείται με την μοντελοποίηση χρηστών, η οποία αποτελεί τον πυρήνα της εξατομίκευσης της παροχής βοήθειας σε χρήστες λογισμικού.

Το κεφάλαιο 4 παρέχει μια περιγραφή της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης. Αρχικά παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα βασικά στοιχεία της θεωρίας ενώ στη συνέχεια δίδεται ιδιαίτερη έμφαση σε αυτά που έχουν ενσωματωθεί στο IFM.

Στο κεφάλαιο 5 γίνεται μια εισαγωγή στις θεωρίες λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια. Στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε μοντέλου όπως προέκυψαν από τη μελέτη τους.

1.9.2 Μέρος II: Ανάπτυξη και περιγραφή του προτύπου συστήματος

Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζεται η εμπειρική μελέτη που προηγήθηκε του σχεδιασμού του IFM.

Στο κεφάλαιο 7 γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση του Ευφυούς Συστήματος Βοήθειας IFM. Αρχικά περιγράφονται οι βασικές λειτουργίες του IFM καθώς και ένα σύντομο παράδειγμα αλληλεπίδρασης ενός χρήστη με το σύστημα. Στη συνέχεια, περιγράφεται η πολυπρακτορική αρχιτεκτονική του, οι βασικές λειτουργίες των πρακτόρων του συστήματος καθώς και η επικοινωνία μεταξύ τους.

Στο κεφάλαιο 8 παρουσιάζεται αναλυτικά η λειτουργία των δύο πρακτόρων που χρησιμοποιεί το σύστημα για τη μοντελοποίηση των χρηστών του. Αναλύεται ο περιορισμένος μηχανισμός αναγνώρισης στόχων που χρησιμοποιεί ο πράκτορας που συνεχώς παρακολουθεί τους χρήστες και αιτιολογεί κάθε ενέργεια τους. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στην επικοινωνία μέσω Web Services καθώς και στον τρόπο με τον οποίο διατηρούνται ενημερωμένα τα μοντέλα των χρηστών.

Το κεφάλαιο 9 περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση των αρχάριων χρηστών.

Το κεφάλαιο 10 παρουσιάζει τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόστηκε η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση στο Ευφυές Σύστημα Βοήθειας που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσης διατριβής.

Στο κεφάλαιο 11 περιγράφεται η διαδοχική εφαρμογή τριών διαφορετικών θεωριών λήψης αποφάσεων στο συμβουλευτικό πράκτορα του IFM, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την επιλογή της καταλληλότερης βοήθειας για ένα συγκεκριμένο χρήστη.

Στο κεφάλαιο 12 παρουσιάζονται τρεις μελέτες αξιολόγησης του IFM. Τέλος, στο κεφάλαιο 13 παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα διατριβή. Αρχικά γίνεται μια συνοπτική περιγραφή του ερευνητικού έργου και αναλύονται τα κυριότερα θέματα που αποτελούν συνεισφορά στην ερευνητική περιοχή. Στο τέλος του κεφαλαίου αναφέρονται τα πεδία που μένουν ανοιχτά από τη διατριβή για περαιτέρω έρευνα.

Ευφυή Συστήματα Βοήθειας

2.1 Ιστορική αναδρομή

Η επέκταση της κοινότητας των χρηστών ηλεκτρονικών υπολογιστών ώστε να περιλαμβάνει χρήστες διαφορετικών μορφωτικών επιπέδων με διαφορετικές γνώσεις και εμπειρίες κάνει όλο και πιο εμφανή την ανάγκη που υπάρχει για συστήματα διεπαφής, τα οποία θα οδηγούν στην ευκολότερη επίτευξη των εργασιών του χρήστη. Συνεπώς, η βιομηχανία λογισμικού άρχισε να σχεδιάζει συστήματα διεπαφής πιο φιλικά προς το χρήστη από ό,τι παλαιότερα. Ένα επιπλέον μέτρο για την καλύτερη κατανόηση του λογισμικού από τους άπειρους χρήστες ήταν η παραγωγή συγγραμμάτων, τα οποία παρέχονταν μαζί με το λογισμικό. Αυτά τα συγγράμματα αφορούσαν εγχειρίδια χρήσης (user manual), συστήματα εκπαίδευσης (user tutorial) ή βοήθεια για το χρήστη (user help).

Τα εγχειρίδια χρήσης διαφέρουν πολύ από τα εγχειρίδια για τον προγραμματιστή ή τα εγχειρίδια αναφορών αναφορικά με τον τρόπο συγγραφής και τα περιεχόμενά τους. Για το λόγο αυτό τα εγχειρίδια αυτά

σχεδιάζονταν από επαγγελματίες συγγραφείς ή παιδαγωγούς ώστε να μπορέσουν να δώσουν στο χρήστη τη δυνατότητα να μάθει να χρησιμοποιεί το λογισμικό με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Ακόμα όμως και έτσι οι χρήστες δυσκολευόνταν στη χρήση των συστημάτων.

Στην δεκαετία του '90 τα συστήματα διεπαφής κυριαρχήθηκαν από τα γραφικά συστήματα διεπαφής (Graphical User Interfaces) [Schneiderman 1983; Αβούρης 2000]. Το βασικό χαρακτηριστικό των γραφικών συστημάτων διεπαφής ήταν η φυσικότητα της αναπαράστασης των αντικειμένων και των ενεργειών με γραφικά σύμβολα που ήταν οικεία στους χρήστες. Έτσι, κάθε λογισμικό σήμερα έχει ένα γραφικό σύστημα διεπαφής. Συγχρόνως, τα εγχειρίδια χρήσης σε χαρτί συμπληρώθηκαν από ηλεκτρονικές εκδόσεις.

Η ταχύτητα με την οποία παράγεται το λογισμικό σήμερα είχε ως αποτέλεσμα να μειωθεί η ποιότητα των εγχειριδίων χρήσης, τα οποία πλέον δεν αναπτύσσονται από παιδαγωγούς και δεν είναι προσανατολισμένα στους χρήστες. Όπως αναφέρεται και από πλήθος ερευνητών [Conger 1994; Pressman 1997; Sommerville 2000] είναι αξιοσημείωτο το πόσο λίγος χρόνος αφιερώνεται στην ανάπτυξη της τεκμηρίωσης (documentation) του λογισμικού. Ένα άλλο πρόβλημα των εγχειριδίων αυτών είναι ότι προκαλούν σύγχυση στους άπειρους χρήστες επειδή προσπαθούν να τα εξηγήσουν όλα ενώ οι έμπειροι χρήστες το βρίσκουν ενοχλητικό να πρέπει να ψάχνουν όλο το άσχετο υλικό για να βρουν αυτό που θέλουν [Matthews et al. 2000]. Έτσι, τα εγχειρίδια αυτά αναφέρονται γενικά στη λειτουργικότητα του συστήματος και είναι δύσκολο για τους χρήστες να βρουν αυτό που ψάχνουν, αφού έχουν διαφορετικές απαιτήσεις, οι οποίες λαμβάνουν χώρα και σε διαφορετικά γενικά πλαίσια αλληλεπίδρασης [Ακουμιανakis, Savidis & Stephanidis 2000]. Αυτά είναι μερικά από τα προβλήματα που θα αντιμετωπίσει ο χρήστης, όταν αντιληφθεί ότι έχει κάποιο πρόβλημα στην αλληλεπίδραση και ψάξει για βοήθεια. Εμπειρικές μελέτες (π.χ. [Virvou, Jones & Millington 2000]), όμως, έχουν δείξει ότι οι χρήστες που αντιμετωπίζουν κάποιο πρόβλημα μπορεί και να μη ζητήσουν βοήθεια αφού είναι πιθανό να μην έχουν αντιληφθεί ότι έχουν κάνει κάποιο λάθος.

Η αντιμετώπιση των παραπάνω προβλημάτων γίνεται από τα συστήματα παροχής ευφυούς βοήθειας, τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά στην ενότητα 2.3. Το βασικό χαρακτηριστικό ενός συστήματος παροχής βοήθειας είναι ότι κάνει ανάλυση των στόχων του χρήστη και προσαρμόζει τη συμπεριφορά του στις ανάγκες και τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε χρήστη.

2.2 Βασικές απαιτήσεις των συστημάτων βοήθειας

Οι Mathews et al. [2000] αναφέρουν δύο βασικά κριτήρια τα οποία πρέπει να ελέγχονται, όταν σχεδιάζεται ένα σύστημα παροχής ευφυούς βοήθειας:

1. κατά πόσον το σύστημα διευκολύνει τους χρήστες στην εκτέλεση των εργασιών τους,
2. κατά πόσον το σύστημα βοηθάει τους χρήστες να μάθουν περισσότερα για τη λειτουργικότητα του, κατά τη καθημερινή ενασχόλησή τους με το πρόγραμμα.

Για να μπορέσει ένα σύστημα να βοηθήσει κάποιον, πρέπει πρώτα να μπορεί να συγκεντρώσει πληροφορίες για τη γνώση και τα πιστεύω του σχετικά με τον τομέα, τους στόχους του καθώς και τις ενέργειες που θέλει να κάνει ώστε να εκτελέσει αυτούς τους στόχους. Αυτές οι βασικές απαιτήσεις, παρόλο που είναι πολύ απλά υλοποιήσιμες από τους ανθρώπους, δεν είναι το ίδιο εύκολες και για τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Όμως, ένα χρηστικό σύστημα βοήθειας πρέπει να γνωρίζει διάφορες πληροφορίες για το χρήστη, να μπορεί να εντοπίζει τους στόχους του και να συνεργάζεται μαζί του ώστε να τον βοηθάει στην εκπλήρωση των στόχων του. Αυτά είναι θέματα που ανήκουν στην ερευνητική περιοχή της μοντελοποίησης χρηστών (user modeling). Οι μέθοδοι και οι τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί σε αυτή την περιοχή περιγράφονται αναλυτικότερα στο κεφάλαιο 3.

2.3 Κατηγορίες Ευφυών Συστημάτων Βοήθειας

Η παροχή βοήθειας από τα on-line και τα off-line εγχειρίδια, που υπάρχουν μέχρι σήμερα, έχει αποδειχθεί ανεπαρκής. Για αυτόν το λόγο τελευταία έχουν υιοθετηθεί πολλές προσεγγίσεις για την παροχή ευφυούς

βοήθειας, οι οποίες έχουν ως στόχο να βελτιώσουν την ποιότητα της βοήθειας που παρέχεται στους χρήστες ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ανάλογα με το ποιος ξεκινά την αλληλεπίδραση με το χρήστη για την παροχή της βοήθειας, τα Ευφυή Συστήματα Βοήθειας (ΕΣΒ) έχουν κατηγοριοποιηθεί σε δύο βασικές κατηγορίες, τα παθητικά (passive) και τα ενεργητικά (active) [Jones & Virvou 1991; Matthews et al. 2000]. Τα παθητικά ΕΣΒ αποκρίνονται στις ερωτήσεις των χρηστών, οπότε την πρωτοβουλία έναρξης της αλληλεπίδρασης την έχει ο χρήστης. Από την άλλη πλευρά τα ενεργητικά ΕΣΒ επεμβαίνουν, όταν κρίνουν ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα, χωρίς ο χρήστης να έχει δηλώσει ρητά κάτι τέτοιο. Τα παθητικά συστήματα μπορούν να δώσουν πληροφορίες για όλων των ειδών τις ερωτήσεις που αφορούν στον τομέα στον οποίο παρέχεται βοήθεια, όπως είναι για παράδειγμα, ο τομέας ενός λειτουργικού συστήματος. Τουναντίον τα ενεργητικά συστήματα παρακολουθούν όλες τις ενέργειες των χρηστών, τις αιτιολογούν και λαμβάνουν την πρωτοβουλία για το πότε να επέμβουν και να βοηθήσουν το χρήστη.

Γνωστά παθητικά ΕΣΒ είναι το AQUA [Quilici 1989] και το OSCON consultant [Mc Kevitt 2000]. Μερικά παθητικά συστήματα όπως το UNIX Consultant (UC) [Chin 1989; Mayfield 1992; Wilensky et al.; 2000] και το SINIX Consultant [Hecking 2000; Kemke 2000] λειτουργούν τόσο ως παθητικά όσο και ως ενεργητικά. Από την άλλη πλευρά συστήματα όπως το RESCUER [Virvou 1992; Virvou 1998; Virvou 1999; Virvou & Du Boulay 1999; Virvou, Jones & Millington 2000], το CHORIS [Tyler et al. 1991], το USCSH [Matthews et al. 2000], το ACTIVIST [Fischer et al. 1985], το PAL [Silber 1990] και το Office Assistant [Horvitz et al. 1998] λειτουργούν ως ενεργητικά.

Τα παθητικά ΕΣΒ μπορούν να αποδειχθούν πολύ χρήσιμα, όταν ο χρήστης αντιλαμβάνεται ότι χρειάζεται βοήθεια και γνωρίζει πώς να τη ζητήσει. Όμως, τα ενεργητικά συστήματα μπορούν να παρέχουν λύσεις ακόμα και στις περιπτώσεις που ο χρήστης έχει εμπλακεί σε μια προβληματική κατάσταση χωρίς να το έχει αντιληφθεί. Ένα άλλο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα παθητικά συστήματα βοήθειας είναι ότι ο χρήστης

μπορεί να ξοδέψει αρκετό χρόνο μέχρι να βρει τον κατάλληλο τρόπο για να κάνει την ερώτηση που πραγματικά επιθυμεί (π.χ. να βρει τη σωστή λέξη – κλειδί). Αλλά ακόμα και να βρει το σωστό τρόπο για να κάνει την ερώτηση, η απάντηση μπορεί να μην τον ικανοποιήσει, αφού δεν θα είναι προσαρμοσμένη στις γνώσεις του και τα χαρακτηριστικά του. Ως εκ τούτου ακόμα και τα παθητικά συστήματα, τελευταία, παρακολουθούν το χρήστη και καταγράφουν στοιχεία για τις γνώσεις του και τα χαρακτηριστικά του ώστε να μπορούν να προσαρμόσουν τη βοήθεια στις ανάγκες του.

Η παρούσα διατριβή επικεντρώνεται στα ενεργητικά συστήματα βοήθειας, τα οποία αναλύονται περισσότερο στην επόμενο παράγραφο.

2.4 Ενεργητικά συστήματα βοήθειας

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, τα ενεργητικά συστήματα βοήθειας έχουν τη δυνατότητα να βοηθήσουν μεταξύ άλλων και τους χρήστες που έχουν εμπλακεί σε κάποια προβληματική κατάσταση, χωρίς να το έχουν συνειδητοποιήσει. Για να το επιτύχουν αυτό συνεχώς παρακολουθούν τους χρήστες και παρέχουν άμεση βοήθεια, όταν διαγνώσουν κάποιο λάθος. Έτσι, βασικό χαρακτηριστικό όλων αυτών των συστημάτων είναι ότι ενσωματώνουν κάποιους μηχανισμούς αναγνώρισης σχεδίων και μοντελοποίησης χρηστών ώστε να είναι σε θέση να παρέχουν άμεση βοήθεια. Έτσι, συστήματα, όπως το RESCUER [Virvou 1992; Virvou 1998; Virvou 1999; Virvou & Du Boulay 1999], το USCSH [Matthews et al. 2000], το ACTIVIST [Fischer et al. 1985] και το PAL [Silber 1990], που έχουν σύστημα διεπαφής γραμμής εντολών, παρακολουθούν τις εντολές που δακτυλογραφούν οι χρήστες και κάνουν υποθέσεις σχετικά με τους στόχους και τα σχέδια τους.

Το RESCUER είναι ένα ΕΣΒ για τον τομέα του UNIX, το οποίο συνεχώς παρακολουθεί τους χρήστες του και αιτιολογεί κάθε ενέργειά τους κάνοντας υποθέσεις σχετικά με τους στόχους τους και τα πιθανά λάθη τους. Στην περίπτωση που ο χρήστης κάνει κάποιο λάθος, το σύστημα παράγει εναλλακτικές εντολές βασιζόμενο σε μια εφαρμογή της Ανθρώπινης

Ευλογοφανούς Αντιολόγησης. Στον τομέα του UNIX αναφέρεται και το USCSH. Το USCSH, όμως, επικεντρώνεται στο να υποδεικνύει στους χρήστες καλύτερους και πιο αποτελεσματικούς τρόπους για να κάνουν κάποια δουλειά, σε αντίθεση με το RESCUER που βοηθά τους χρήστες να διορθώσουν τα λάθη τους και να εκπληρώσουν τους υψηλότερους στόχους τους.

Μια αρκετά διαφορετική προσέγγιση ακολουθείται στο PAL και στο ACTIVIST. Η βασική διαφορά αυτών των συστημάτων με τα παραπάνω είναι κυρίως στον τομέα εφαρμογής τους. Το PAL έχει εφαρμοστεί σε ένα λογισμικό πακέτο μοριακής σχεδίασης ενώ το ACTIVIST αναφέρεται σε ένα επεξεργαστή κειμένων τύπου EMACS. Το δεύτερο σύστημα παρέχει βοήθεια στους χρήστες, που ενώ γνωρίζουν πώς να υλοποιήσουν κάποιο σχέδιο και να επιτύχουν τους στόχους τους, δεν γνωρίζουν τον καλύτερο δυνατό τρόπο για να το επιτύχουν. Έτσι το ACTIVIST χρησιμοποιεί ένα αυτόματο για την αναγνώριση του σχεδίου, που εκτελεί ο χρήστης για να επιτύχει το στόχο του, και ένα ειδικό σύστημα για την αναζήτηση του καλύτερου σχεδίου για την επίτευξη αυτού του στόχου. Ένας συνδυασμός αυτής της μεθόδου με μια βιβλιοθήκη πιθανών λανθασμένων σχεδίων χρησιμοποιείται στο PAL.

Η βοήθεια που παρέχεται καθώς και ο τρόπος παρακολούθησης των χρηστών διαφέρει σημαντικά στα γραφικά συστήματα διεπαφής όπως το CHORIS [Tyler et al. 1991], το Office Assistant [Horvitz et al. 1998] και το IFM, που έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια της παρούσας διατριβής. Σε αυτά τα συστήματα οι χρήστες έχουν στη διάθεσή τους διάφορα μενού εντολών και αρκεί να επιλεγεί μία από αυτές τις εντολές με το ποντίκι για να εκτελεστεί.

Το CHORIS είναι ένα ευφυές σύστημα διεπαφής, που διαχειρίζεται κρίσεις άμεσης ανάγκης, όπως είναι οι σεισμοί, οι πλημμύρες κλπ. Το σύστημα διατηρεί τη γνώση πεδίου σε ιεραρχίες από αντικείμενα, εντολές και σχέσεις, όπως το RESCUER και το IFM διατηρούν τα αντικείμενα, αρχεία ή φακέλους και τις εντολές. Μια αρκετά διαφορετική προσέγγιση εφαρμόζεται στο Office Assistant, που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του

προγράμματος Lumière. Ο βασικός στόχος αυτού του συστήματος είναι να προτείνει νέες εντολές στους χρήστες που δουλεύουν με το Microsoft Office. Αυτό γίνεται αναζητώντας ακολουθίες εντολών, που θα βοηθήσουν το χρήστη να εκπληρώσει γρηγορότερα τους στόχους του από ότι η ακολουθία εντολών που έχει επιλέξει. Ο τομέας εφαρμογής αυτού του συστήματος είναι πολύ παρόμοιος με τον τομέα εφαρμογής του IFM. Τα δύο αυτά συστήματα, όμως, διαφέρουν σημαντικά στο είδος της βοήθειας που παρέχουν, αλλά και στους μηχανισμούς αιτιολόγησης των ενεργειών του χρήστη καθώς και στα μοντέλα χρηστών που διατηρούν. Οι μηχανισμοί μοντελοποίησης χρηστών καθώς και οι μηχανισμοί αιτιολόγησης ενεργειών που χρησιμοποιούν τα ΕΣΒ παρουσιάζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 3.

2.5 Περιορισμοί στα υπάρχοντα ΕΣΒ

Παρά την πρόοδο που έχει γίνει στα συστήματα που περιγράφηκαν παραπάνω, μπορεί κάποιος εύκολα να παρατηρήσει ότι τα σημερινά συστήματα βοήθειας έχουν αρκετά ελαττώματα. Ένα από τα βασικότερα ελαττώματα είναι ότι η ανάπτυξη αυτών των συστημάτων δεν βασίζεται σε κάποια γνωστή μεθοδολογία ανάπτυξης λογισμικού. Όπως υποστηρίζουν και οι Delisle & Moulin [2002], αυτό που πρέπει να τονιστεί σε ένα σύστημα είναι η σημαντικότητα μιας μεθοδολογίας λογισμικού, η οποία θα είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες των χρηστών και θα περιγράφει τις λειτουργίες του συστήματος από την οπτική τους γωνία. Επιπλέον, ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί και στην εργονομία (χρησιμότητα και χρηστικότητα) του σχεδιασμού του συστήματος διεπαφής καθώς και των λειτουργιών παροχής βοήθειας. Ως εκ τούτου, η ανάπτυξη του IFM έχει γίνει βάσει του μοντέλου του κύκλου ζωής της Rational Unified Process [Kruchten 1999; Quatrani, 1998]. Ειδικότερα, η μεθοδολογία αυτή έχει εκλεπτυνθεί ώστε να περιλαμβάνει πολλά πειράματα με τη συμμετοχή εμπειρογνομώνων και χρηστών. Επιπλέον, ο συμβολισμός μοντελοποίησης της UML [Booch, Rumbaugh & Jacobson 1999] παρέχει ένα δυνατό εργαλείο μοντελοποίησης των λειτουργιών ενός συστήματος από την οπτική γωνία του χρήστη (κεφάλαιο 6).

Παρόλα αυτά, ακόμα και αν ένα σύστημα σχεδιαστεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, πάντα κάποιος χρήστης θα αντιμετωπίζουν προβλήματα. Επομένως, η βοήθεια πρέπει να είναι βασικό χαρακτηριστικό όλων των συστημάτων. Η βοήθεια αυτή, όμως, πρέπει να είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες του εκάστοτε χρήστη. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για συστήματα που αναφέρονται σε εκατομμύρια χρηστών, όπως η 'Εξερεύνηση των Windows'.

Πληροφορίες σχετικά με τις συνήθειες, τις ανάγκες και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ενός χρήστη μπορούν να διατηρηθούν σε ένα ατομικό μοντέλο χρήστη. Δυστυχώς, όμως, μόνο λίγα συστήματα διατηρούν ατομικά μοντέλα χρηστών μακράς διάρκειας ώστε να μπορούν να χρησιμοποιήσουν και πληροφορίες σχετικά με τις προηγούμενες αλληλεπιδράσεις του χρήστη με το σύστημα. Στην ερευνητική περιοχή της μοντελοποίησης χρηστών έχουν παρουσιαστεί διάφορες μέθοδοι διατήρησης αυτών των μοντέλων, αυτό όμως που φαίνεται να λείπει σε αυτές τις προσεγγίσεις είναι η στήριξη σε πρότυπα. Σε αυτήν τη διατριβή παρουσιάζεται ένας πρωτοποριακός τρόπος διατήρησης των μοντέλων των χρηστών μέσω της αλληλεπίδρασης των πρακτόρων με μια Web Service (κεφάλαιο 8).

Επίσης από τη μελέτη που έγινε στη διεθνή βιβλιογραφία παρατηρήθηκε ότι ένα θέμα που έχει μείνει ανοιχτό στα περισσότερα ΕΣΒ αφορούσε στην αρχικοποίηση των μοντέλων των χρηστών. Έτσι στα περισσότερα συστήματα ο χρήστης απαιτείται να αλληλεπιδράσει με το σύστημα αρκετή ώρα προτού το σύστημα καταφέρει να μοντελοποιήσει το χρήστη και να παρέχει εξατομικευμένη βοήθεια. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος παρουσιάζεται στην παρούσα διατριβή ένας καινοτόμος συνδυασμός των στερεοτύπων με τις παραμέτρους βεβαιότητας της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης. Ο συνδυασμός αυτός οδηγεί στην ταχεία αρχικοποίηση του μοντέλου του χρήστη και παρουσιάζεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 10.

Ακόμα όμως και αν ένα σύστημα διατηρεί πληροφορίες για το χρήστη, αυτό που παίζει ιδιαίτερο ρόλο είναι πώς χρησιμοποιούνται αυτές οι

πληροφορίες από το σύστημα ώστε να βγάλει τα σωστά συμπεράσματα. Για να μπορεί ένα σύστημα να βοηθήσει επαρκώς ένα χρήστη, πρέπει να είναι σε θέση να κατανοεί τους στόχους και τα σχέδιά του καθώς και τις ενέργειες που κάνει. Όμως, τα περισσότερα συστήματα βοήθειας που ενσωματώνονται στα εμπορικά προγράμματα λογισμικού, όπως τα κοινά προγράμματα διαχείρισης του συστήματος αρχείων, δεν ικανοποιούν καμία από αυτές τις απαιτήσεις. Έτσι στη συγκεκριμένη διατριβή παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο συνδυασμός μιας γνωστικής θεωρίας με θεωρίες λήψης αποφάσεων για τη δημιουργία υποθέσεων σχετικά με τους στόχους και τις προθέσεις ενός χρήστη που αλληλεπιδρά με ένα κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων (κεφάλαια 9 και 10).

Τέλος, μετά από μια μελέτη των υπάρχοντων συστημάτων βοήθειας, παρατηρήθηκε ότι η βασικότερη έλλειψη όχι μόνο των συστημάτων βοήθειας αλλά και όλων των συστημάτων μοντελοποίησης χρηστών είναι η ύπαρξη αξιολογήσεων. Η έλλειψη αυτή είναι ίσως η σημαντικότερη αφού η μόνη απόδειξη ότι ένα σύστημα πραγματικά δουλεύει, και μάλιστα σωστά, μπορεί να δοθεί μόνο μέσω μιας αξιολόγησης, στην οποία θα συμμετέχουν πραγματικοί χρήστες του τομέα. Έτσι, το σύστημα που αναπτύχθηκε στα πλαίσια αυτής της διατριβής αξιολογήθηκε με τη συμμετοχή πραγματικών χρηστών με διαφορετικά επίπεδα γνώσης. Τα πρωτόκολλα που συγκεντρώθηκαν από αυτήν τη διαδικασία δόθηκαν σε μερικούς εμπειρογνώμονες ώστε να σχολιαστούν και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 12.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Μοντελοποίηση Χρηστών

3.1 Εισαγωγή

Οι Benyon & Murray [1993] λένε ότι όλα τα συστήματα πρέπει να διατηρούν ένα μοντέλο για κάθε χρήστη ώστε να είναι σε θέση να προσαρμόζουν την αλληλεπίδρασή τους με κάθε χρήστη ξεχωριστά. Γενικά, ένα μοντέλο του χρήστη ορίζεται ως η πηγή γνώσης ενός συστήματος, η οποία περιέχει υποθέσεις σχετικά με το χρήστη και είναι σημαντικές για την αλληλεπιδραστική συμπεριφορά του συστήματος [Kass & Finin 1989]. Έτσι, ο βασικός στόχος της μοντελοποίησης χρηστών είναι να προσδιορίσει τις προθέσεις και πεποιθήσεις του χρήστη ώστε το σύστημα να μπορέσει να τον βοηθήσει να πετύχει τους στόχους του.

Η μοντελοποίηση χρηστών έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως μεταξύ άλλων για να την προσαρμογή της παρουσίασης πληροφοριών [Eliot, Neiman & Lamar 1997; Calvi & De Bra 1997; Murray, Condit & Haugsjaa 1998], για την παροχή εξατομικευμένης βοήθειας [Chin 1989; Virvou & du Boulay 1999; Delisle & Moulin 2002], για τον εντοπισμό χρήσιμων πληροφοριών [Linden,

Hanks & Lesh 1997] και για την εξατομίκευση της διδακτικής εμπειρίας [Virvou & Moundridou 2001; Virvou & Tsiriga 2001; Virvou & Katsionis 2003]. Για να μπορεί ένα σύστημα να προσαρμόζει το σύστημα διεπαφής ή τις πληροφορίες που παρουσιάζονται στον εκάστοτε χρήστη, τα μοντέλα χρηστών λαμβάνουν υπόψη τους διάφορους ανθρώπινους παράγοντες, όπως τη ψυχολογική ικανότητα, τη μνήμη, το φόρτο εργασίας ή το γνωσιακό βάρος [Schäfer & Weyrath 1997; Brown, Santos Jr., & Banks 1998, Virvou & Manos 2003].

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχει αναφερθεί ένα πλήθος θεωριών, οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικά συστήματα ώστε να κάνουν υποθέσεις σχετικά τους στόχους, τα «πιστεύω» και τα χαρακτηριστικά ενός χρήστη και να συμπληρώσουν τις πληροφορίες στο μοντέλο του. Για παράδειγμα, μερικές από αυτές είναι οι τεχνικές βασισμένες στη λογική [Pohl & Höhle 1997; Giangrandi & Tasso 1997], abductive reasoning-based τεχνικές [Csinger & Poole 1996; Csinger et al. 1994], οι τεχνικές μηχανικής μάθησης [Chiu et al. 1997; Doux, Laurent & Nadal 1997; Gori et al. 1997; Ambrosini et al. 1997; Sison & Shimura 1998], τα Bayesian Networks [Petrushin & Sinitza 1993; Martin & VanLehn 1995; Noh & Gmytrasiewicz 1997; Conati et al. 1997; Horvitz et al. 1998], τα fuzzy σύνολα [Agah & Tanie 2000; Song & Lee 2002; Chen & Li 2003] και τα νευρωνικά δίκτυα [Paranagama, Burstein & Arnott 1997; Gori et al. 1997; Ambrosini et al. 1997].

Σύμφωνα με διάφορους επιστήμονες της περιοχής της μοντελοποίησης χρηστών [Rich 1989; Rich 1999; Jones and Virvou 1991; Wu 1991]), τα μοντέλα των χρηστών μπορούν να κατηγοριοποιηθούν βάσει των παρακάτω διαστάσεων, όπως έχουν παρουσιαστεί από τους Jones & Virvou [1991]:

- Βαθμός ειδίκευσης (specialisation): το μοντέλο μπορεί να αναφέρεται σε ένα χρήστη ή σε μια ομάδα από χρήστες.
- Δυνατότητα τροποποίησης (modifiability): ένα δυναμικό μοντέλο έχει τη δυνατότητα να αλλάζει με την πάροδο του χρόνου, ενώ ένα στατικό όχι.

- Μέθοδος απόκτησης πληροφοριών (way of acquisition): οι πληροφορίες συλλέγονται άμεσα από το σχεδιαστή του συστήματος ή το χρήστη, ή έμμεσα από το σύστημα.
- Συμμετοχή του χρήστη στην απόκτηση των πληροφοριών: σε ένα ενεργητικό μοντέλο ο χρήστης δίδει άμεσα πληροφορίες γι' αυτόν, ενώ σε ένα παθητικό μοντέλο το σύστημα συγκεντρώνει από μόνο του πληροφορίες για το χρήστη που μοντελοποιεί.
- Χρονική διάρκεια: ένα μοντέλο μικρής διάρκειας (short-term) κρατάει πληροφορίες μόνο για την τρέχουσα αλληλεπίδραση του χρήστη, ενώ ένα μοντέλο μακράς διάρκειας (long-term) κρατάει γενικότερες πληροφορίες, που αφορούν όλες τις αλληλεπιδράσεις του χρήστη με το σύστημα.

Αναλυτικότερα οι κατηγορίες των μοντέλων χρηστών περιγράφονται και παρακάτω.

3.2 Κατασκευή μοντέλων χρηστών

Στην περιοχή της μοντελοποίησης χρηστών έχουν καταγραφεί διάφορες προσεγγίσεις ανάλογα με τις τεχνικές και τις μεθόδους κατασκευής των μοντέλων χρηστών αλλά και ανάλογα με το είδος των πληροφοριών που αποθηκεύουν. Γενικά υπάρχουν δύο βασικές σχολές στο σχεδιασμό των μοντέλων των χρηστών. Η πρώτη χρησιμοποιεί μοντέλα που έχουν κατασκευαστεί «χειρονακτικώς» (hand-coded models). Σε αυτά ο σχεδιαστής του συστήματος καθορίζει τον τρόπο μοντελοποίησης των χρηστών εκ των προτέρων [Maes 1994; Jameson 1996]. Από τη στιγμή που θα σχεδιαστούν τα μοντέλα αυτά, δεν αλλάζουν δομή. Η δεύτερη μέθοδος χρησιμοποιεί «μηχανικά» (machine-coded) μοντέλα χρηστών [Jameson 1996; Harrington & Brown 1997]. Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, ένα μοντέλο κατασκευάζεται καθώς το σύστημα «μαθαίνει» περισσότερα για το χρήστη. Αυτά τα μοντέλα είναι δυναμικά (αλλάζουν δομή ή/και περιεχόμενα με την πάροδο του χρόνου). Και οι δύο αυτές προσεγγίσεις έχουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Οι πληροφορίες που περιέχει ένα μοντέλο χρήστη μπορεί να έχουν ληφθεί ρητά (explicitly) από το χρήστη, να έχουν συναχθεί ή και τα δύο. Συνήθως, υπάρχει ένας μηχανισμός που συγκεντρώνει πληροφορίες για το χρήστη και ένας συμπερασματολογικός μηχανισμός, ο οποίος κάνει υποθέσεις σχετικά με το χρήστη σύμφωνα με τις πληροφορίες που είχαν συγκεντρωθεί. Έτσι τα μοντέλα των χρηστών μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε άμεσα (explicit) ή έμμεσα (implicit) [Rich 1999]. Ο Webb [1998] δηλώνει ότι κάθε εφαρμογή σήμερα πρέπει να έχει ένα έμμεσο μοντέλο του χρήστη, παρόλο που η έρευνα για τη μοντελοποίηση χρηστών έχει επικεντρωθεί στα άμεσα μοντέλα. Επίσης συμπεραίνει ότι τα περιεχόμενα ενός μοντέλου μπορούν να ληφθούν από μια εξωτερική πηγή, από τον ίδιο το χρήστη ή να συναχθούν από το λογισμικό βάσει κάποιων παρατηρήσεων. Συστήματα, όπως το RESCUER και το IFM, παρακολουθούν συνεχώς τους χρήστες, χωρίς να τους διακόπτουν, ενώ δουλεύουν και αιτιολογούν κάθε ενέργειά τους. Στην περίπτωση που υποπτευθούν ότι ο χρήστης δεν εκτέλεσε την ενέργεια που σκόπευε, παράγουν υποθέσεις σχετικά με τους πραγματικούς στόχους του χρήστη. Οι υποθέσεις δημιουργούνται βάσει μιας γνωστικής θεωρίας που ονομάζεται Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση [Collins & Michalski 1989].

3.3 Στερεότυπα για την αρχικοποίηση των μοντέλων των χρηστών

Εκτός, όμως, από τον τρόπο δημιουργίας ενός μοντέλου, τα μοντέλα χρηστών διαφοροποιούνται ανάλογα και με τους χρήστες στους οποίους απευθύνονται. Έτσι μια τεχνική που έχει επινοηθεί από την Rich [1989; 1999] προβλέπει την ταξινόμηση των χρηστών σε κατηγορίες, οι οποίες ονομάζονται στερεότυπα. Το GRUNDY [Rich 1989] ήταν το πρώτο σύστημα που χρησιμοποίησε στερεοτυπική γνώση για τη μοντελοποίηση χρηστών. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούσε στερεότυπα για να μοντελοποιήσει τις προτιμήσεις ενός χρήστη καθώς και όλα τα χαρακτηριστικά που μπορούσαν να τον επηρεάσουν στην επιλογή ενός βιβλίου. Η κατηγοριοποίηση των χρηστών βασιζόταν στις απαντήσεις που έδιναν οι χρήστες σε συγκεκριμένες ερωτήσεις που έκανε το σύστημα.

Τα στερεότυπα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ένας μηχανισμός μοντελοποίησης των πιστεύω και των προτιμήσεων που μπορεί να έχουν οι χρήστες ενός συστήματος. Ανάλογα με τις αντιδράσεις ή τις απαντήσεις του, κάθε χρήστης κατηγοριοποιείται σε κάποιο στερεότυπο. Οι Kobssa, Koepemmann και Pohl [2001] αναφέρουν ότι ένα στερεότυπο αποτελείται από δύο βασικούς μηχανισμούς:

- Ένα σύνολο από συνθήκες ενεργοποίησης (triggers) για την εφαρμογή ενός στερεοτύπου σε ένα χρήστη.
- Το κυρίως μέρος, το οποίο περιλαμβάνει πληροφορίες που είναι γενικά αληθείς για τους χρήστες στους οποίους αναφέρεται το στερεότυπο.

Ένα πρόβλημα όμως που έχει αυτή η προσέγγιση είναι ότι παρά τα όμοια χαρακτηριστικά που μπορεί να έχουν κάποιοι χρήστες, κάθε χρήστης διαφοροποιείται από όλους τους άλλους σε πολλούς τομείς. Για το λόγο αυτό τα στερεότυπα χρησιμοποιούνται από ένα σύστημα ώστε να παρέχουν αρχικές υποθέσεις σχετικά με τους χρήστες, έως ότου το σύστημα αποκτήσει επαρκείς πληροφορίες για κάθε μεμονωμένο χρήστη. Πράγματι, όπως υποστηρίζει και η Rich [1989; 1999], ένα στερεότυπο αναπαριστά πληροφορίες που δίνουν τη δυνατότητα σε ένα σύστημα να εξάγει ένα μεγάλο αριθμό συμπερασμάτων βασισμένο σε ένα σημαντικό μικρότερο αριθμό παρατηρήσεων. Παρόλα αυτά, τα συμπεράσματα αυτά πρέπει να αντιμετωπίζονται ως αρχικά με δυνατότητα αντικατάστασής τους από άλλα, τα οποία να έχουν προκύψει από συγκεκριμένες παρατηρήσεις.

Γενικά, τα στερεότυπα αποτελούν ένα ισχυρό μηχανισμό δημιουργίας των μοντέλων των χρηστών [Kay 2000] και γι' αυτό έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς στα ΕΣΒ, π.χ. [Ardissono & Goy 2000; Chin 1989; Wilensky et al. 2000]. Για παράδειγμα, το KNOME [Chin 1989] στο UC [Wilensky et al. 2000] κάνει χρήση ενός συστήματος διπλού στερεοτύπου. Τα στερεότυπα δεν χρησιμοποιούνται μόνο για την αναπαράσταση της εμπειρίας του χρήστη, αλλά και για την κατηγοριοποίηση των πληροφοριών σε επίπεδα δυσκολίας. Το κυριότερο, όμως, μειονέκτημα του KNOME είναι ότι, όταν ο χρήστης

κατηγοριοποιηθεί σε ένα στερεότυπο, τίποτα δεν μπορεί να αλλάξει αυτή την κατηγοριοποίηση. Το IFM, από την άλλη πλευρά, μπορεί να μεταβάλλει το στερεότυπο στο οποίο ανήκει ένας χρήστης, καθώς συλλέγει περισσότερες πληροφορίες για αυτόν. Επίσης, στο IFM τα στερεότυπα χρησιμοποιούνται μόνο για την αρχικοποίηση του μοντέλου του χρήστη και συνδυάζονται με την ΑΕΑ.

3.4 Θέματα Υλοποίησης σχετικά με τον Παγκόσμιο Ιστό

Παραδοσιακά τα ΕΣΒ βασίζονταν σε ένα τοπικό μοντέλο του χρήστη. Παραδείγματα ΕΣΒ που βάσιζαν την προσαρμογή της αλληλεπίδρασής τους σε ένα τοπικό μοντέλο του χρήστη, είναι το CHORIS [Tyler et al. 1991], το USCSH [Matthews et al. 2000] και το Office Assistant [Horvitz et al. 1998]. Κάθε σύστημα σε αυτή την κατηγορία συγκέντρωνε πληροφορίες για τον εκάστοτε χρήστη, τις οποίες αποθήκευε σε ένα μοντέλο του χρήστη τοπικά στον κάθε υπολογιστή και στη συνέχεια τις χρησιμοποιούσε ώστε να προσαρμόσει την αλληλεπίδρασή του.

Ένα βασικό πρόβλημα σε αυτήν την προσέγγιση είναι η απουσία ενός κεντρικού εξυπηρέτη για τη συλλογή των δεδομένων για όλα τα μοντέλα των χρηστών. Αφού όλα τα προσωπικά δεδομένα αποθηκεύονται τοπικά στον υπολογιστή του χρήστη, η εφαρμογή δεν έχει πληροφορίες γι' αυτόν στην περίπτωση που ο χρήστης αλλάξει τον υπολογιστή που χρησιμοποιεί, οπότε το μοντέλο του ξανααρχικοποιείται. Αυτή η συνεχής αρχικοποίηση του μοντέλου του χρήστη μπορεί να οδηγήσει σε συγκρουόμενες πληροφορίες σχετικά με αυτόν καθώς και σε ασυνέπεια των μηνυμάτων που παράγονται, αφού μπορεί να μην απευθύνονται πλέον στα χαρακτηριστικά του εκάστοτε χρήστη. Σε μια τέτοια περίπτωση η «βοήθεια» που παρέχει το σύστημα μπορεί να αποδειχθεί εκνευριστική και ο χρήστης μπορεί να χάσει την εμπιστοσύνη του στο σύστημα. Αυτά τα προβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν με τον Παγκόσμιο Ιστό (World Wide Web – WWW). Ο Παγκόσμιος Ιστός μετέτρεψε τους υπολογιστές από απλές απομονωμένες συσκευές σε σημεία εισόδου ενός παγκοσμίου δικτύου ανταλλαγής πληροφοριών. Η μεγάλη αλλαγή επηρέασε μεταξύ άλλων και τη διαδικασία

μοντελοποίησης χρηστών.

Μια απλή λύση για εφαρμογές που τρέχουν στον Ιστό βασίστηκε στην Java και έχει υλοποιηθεί στο ADIS [Warendorf & Tan 1997]. Όλη η εφαρμογή τρέχει σαν ένα Java applet που ο χρήστης «κατεβάζει» επισκεπτόμενος ένα συγκεκριμένο URL. Τελικά η εφαρμογή τρέχει στον υπολογιστή του χρήστη και το μοντέλο του αποθηκεύεται τοπικά. Αφού όλες οι πληροφορίες αποθηκεύονται τοπικά, το ADIS εξακολουθεί να έχει όλα τα μειονεκτήματα μιας αυτόνομης, τοπικά εξαρτημένης εφαρμογής αναφορικά με την ακεραιότητα και την ακρίβεια του μοντέλου του χρήστη.

Μια αρκετά διαφορετική προσέγγιση είναι η κατανεμημένη αρχιτεκτονική εξυπηρέτη – πελάτη, η οποία έχει, για παράδειγμα, υιοθετηθεί από τον Elliot [1997]. Σε αυτήν την περίπτωση μερικά τμήματα της αρχιτεκτονικής βρίσκονται στον εξυπηρέτη και μερικά στον πελάτη. Ένα Java applet, το οποίο εκτελείται στον πελάτη, περιλαμβάνει τα τμήματα του συστήματος που είναι απαραίτητα για την αλληλεπίδραση με το χρήστη. Η επικοινωνία μεταξύ του εξυπηρέτη και του πελάτη γίνεται μέσω μιας σύνδεσης socket ή άλλου δικτυακού μηχανισμού. Το βασικό πρόβλημα με τα sockets είναι ότι δεν υποστηρίζουν τύπους δεδομένων και συνεπώς απαιτούν ιδιόχειρη αναγνώριση της δομής των μηνυμάτων (manual message parsing). Αντιθέτως, οι Web Services ακολουθούν το πρωτόκολλο XML (eXtensible Markup Language) για την ανταλλαγή δεδομένων και, τοιουτοτρόπως, επιτρέπουν τον ορισμό σύνθετων τύπων δεδομένων. Ένα άλλο μειονέκτημα της κατανεμημένης αρχιτεκτονικής εξυπηρέτη – πελάτη είναι ότι ο προγραμματιστής πρέπει να δημιουργήσει το δικό του πρωτόκολλο επικοινωνίας και οι πελάτες μπορεί να αντιμετωπίσουν προβλήματα στη λήψη δεδομένων από τον εξυπηρέτη. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης εργάζεται και στο σπίτι και στο γραφείο, το μοντέλο του χρήστη μπορεί να μην έχει την αναμενόμενη αποτελεσματικότητά του αφού ο υπολογιστής - πελάτης στη δουλειά μπορεί να είναι πίσω από ένα firewall το οποίο δεν επιτρέπει σε πακέτα, που χρησιμοποιούν τη θύρα (port) του εξυπηρέτη μοντελοποίησης χρηστών, να περάσουν. Αντιθέτως, οι Web Services ακολουθούν το πρωτόκολλο SOAP

(Simple Object Access Protocol) για να χειρίζονται την επικοινωνία. Αυτή η άμεση εξάρτηση των Web Services από τα πρότυπα εξασφαλίζει τη στοιχειώδη λειτουργικότητα του συστήματος, ότι δηλαδή τα δεδομένα του μοντέλου του χρήστη θα είναι προσβάσιμα από οποιοδήποτε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Επιπλέον, οι Web Services βασίζονται στο Hypertext Transfer Protocol και έτσι αποκτούν το πλεονέκτημα να μπορούν να περνούν ελεύθερα από τα περισσότερα συστήματα ασφάλειας (firewalls, proxy servers, κλπ.).

Η κυρίαρχουσα όμως αρχιτεκτονική των εφαρμογών, που τρέχουν στον Ιστό, είναι η HTML – CGI αρχιτεκτονική. Αυτή η αρχιτεκτονική υιοθετείται από πολλές εφαρμογές όπως είναι το WITS [Okazaki et al. 1996], το ELM-ART [Brusilovsky et al. 1996], το PAT Online [Ritter 1997], το CALAT [Nakabayashi et al. 1997] και το AlgeBrain [Alpert et al. 1999]. Σε όλα αυτά τα συστήματα ο χρήστης αλληλεπιδρά με το σύστημα μέσω ενός Web browser. Οι πληροφορίες που δίδονται από το χρήστη αποστέλλονται στον εξυπηρέτη, ο οποίος το προωθεί στην εφαρμογή CGI (Common Gateway Interface). Το πρόγραμμα CGI περιέχει όλη τη λειτουργικότητα και το μοντέλο του χρήστη βρίσκεται στον εξυπηρέτη. Παρόλα αυτά, και αυτό το αρχιτεκτονικό μοντέλο έχει ένα σύνολο από περιοριστικά στοιχεία, όπως η έλλειψη άμεσης αλληλεπίδρασης. Στα CGI scripts οι επικοινωνίες που λαμβάνουν χώρα σε μία σύνδεση δεν γνωρίζουν η μία την άλλη (δηλ. δεν αποθηκεύεται ιστορικό "κατάστασης" επικοινωνίας) και αυτό οδηγεί σε δύσκολες τοπικές εκκλήσεις. Για παράδειγμα, ο χρήστης πρέπει να αυθεντικοποιείται κάθε φορά που κάνει κάποιο ερώτημα. Η XML, όμως, υποστηρίζει τη δόμηση σύνθετων δεδομένων σε ιεραρχίες και έτσι προωθεί γρήγορες συναλλαγές. Επιπλέον, οι Web services, σε αντίθεση με την αρχιτεκτονική HTML-CGI, όπου το σύστημα δε μπορεί να χρησιμοποιήσει τους πόρους του συστήματος, είναι πιο χαλαρά διασυνδεδεμένες από ότι οι περισσότερες παραδοσιακές καταναμημένες εφαρμογές, επειδή δεν απαιτούν μόνιμη σύνδεση [Kuno & Sahai 2002].

Τέλος, οι Web Services ακολουθούν το πρωτόκολλο WSDL (Web Services Description Language) για να παρέχουν τα μεταδεδομένα που είναι

απαραίτητα για να τρέξει η υπηρεσία και το UDDI (Universal Description Discovery and Integration) για τη δημοσίευση των υπηρεσιών στους εξυπηρέτες UDDI. Αυτό επιτρέπει τη δυναμική ενοποίηση των εφαρμογών που είναι καταναμημένες στο Internet, ανεξάρτητα από την πλατφόρμα στην οποία τρέχουν. Γενικά, όπως υποστηρίζουν και οι Tsalgatidou & Pilioura [2002], το παράδειγμα των Web Services ωθεί τους προγραμματιστές να φτιάξουν εφαρμογές, εντοπίζοντας και χρησιμοποιώντας υπάρχουσες υπηρεσίες, παρά να σχεδιάζουν τις υπηρεσίες από το μηδέν. Με αυτόν τον τρόπο προωθείται μια γρήγορη και επαρκής ανάπτυξη εφαρμογών.

Στην πλειοψηφία των συστημάτων του διαδικτύου [Okazaki et al. 1996; Brusilovsky et al. 1996; Ritter 1997; Machado et al. 1999] το μοντέλο του χρήστη διατηρείται στον εξυπηρέτη αλλά οι περισσότερες αποφάσεις γίνονται από την εφαρμογή που τρέχει στον πελάτη. Αυτή η προσέγγιση έχει υιοθετηθεί και από το IFM. Παρόλα αυτά μια σημαντική διαφορά του IFM με όλα τα συστήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί και όταν ο υπολογιστής του χρήστη δεν είναι συνδεδεμένος στο διαδίκτυο. Αυτό συμβαίνει ώστε οι χρήστες να μπορούν να χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή ακόμα και όταν χαθεί η σύνδεση με το διαδίκτυο. Για να το επιτύχει αυτό, το IFM διατηρεί δύο μοντέλα για κάθε χρήστη, ένα στον υπολογιστή του χρήστη και ένα κεντρικά στον εξυπηρέτη. Μια παρόμοια προσέγγιση υιοθετείται και στο DCG [Vassileva 1997]. Συγκεκριμένα, στο DCG όταν ο χρήστης κατεβάσει την εφαρμογή Java, ένα αντίγραφο του μοντέλου του χρήστη δημιουργείται τοπικά στον υπολογιστή του χρήστη. Όλες οι πληροφορίες, που συγκεντρώνονται κατά την αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή, αποθηκεύονται στο τοπικό μοντέλο του χρήστη και όταν ο χρήστης αποσυνδεθεί από την εφαρμογή, το αντίγραφο αυτό αποθηκεύεται στον εξυπηρέτη. Όμως, αυτή η προσέγγιση δεν λαμβάνει υπόψη τι γίνεται αν ο υπολογιστής του χρήστη χάσει την σύνδεσή του με το διαδίκτυο πριν αποσυνδεθεί από την εφαρμογή. Αυτό το πρόβλημα έχει αντιμετωπιστεί στο IFM. Συγκεκριμένα, στο IFM η αλληλεπίδραση συνεχίζεται κανονικά και ενημερώνεται το τοπικό μοντέλο του χρήστη. Στη συνέχεια, την επόμενη φορά που ο υπολογιστής του χρήστη

θα συνδεθεί στο διαδίκτυο το IFM διαθέτει ένα ειδικό μηχανισμό που αναλαμβάνει να ενημερώσει και τα δύο μοντέλα με τις τελευταίες πληροφορίες.

3.5 Τα μοντέλα χρηστών στα ΕΣΒ

Τα μοντέλα των χρηστών μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορα είδη εφαρμογών. Μια περιοχή στην οποία έχουν εκτεταμένα χρησιμοποιηθεί οι τεχνικές μοντελοποίησης χρηστών είναι και αυτή των ΕΣΒ. Μάλιστα, διαφορετικά συστήματα έχουν χρησιμοποιήσει εντελώς διαφορετικές τεχνικές. Για παράδειγμα, στο AQUA οι χρήστες δίδουν πληροφορίες για τα σχέδια και τους στόχους τους άμεσα. Το ίδιο συμβαίνει και σε άλλα συστήματα όπως το CHORIS. Αυτή, όμως, η μέθοδος λήψης δεδομένων έχει πολλά προβλήματα, αφού οι χρήστες πολλές φορές δε μπορούν ή δε θέλουν να δηλώσουν άμεσα τα σχέδιά τους. Ως εκ τούτου, τα περισσότερα συστήματα παροχής βοήθειας προσπαθούν να συγκεντρώνουν έμμεσα πληροφορίες για το χρήστη παρακολουθώντας τον κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασής του με το σύστημα. Συστήματα βοήθειας που συγκεντρώνουν πληροφορίες για το χρήστη έμμεσα είναι το PAL, το UC, το USCSH, το Office Assistant, το RESCUER και το IFM.

Πιο συγκεκριμένα, το PAL διατηρεί ατομικά, περιγραφικά, δυναμικά μοντέλα για όλους τους χρήστες που αλληλεπιδρούν με το σύστημα. Το βασικό όμως μειονέκτημα του συστήματος αυτού είναι ότι διατηρεί μοντέλα μικρής διάρκειας οπότε το σύστημα δε διαθέτει πληροφορίες για τις προηγούμενες αλληλεπιδράσεις του με το χρήστη. Αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίζεται από συστήματα, όπως το UC, το οποίο διατηρεί μοντέλα χρηστών μακράς διάρκειας. Παρόλα αυτά και η προσέγγιση που έχει υιοθετηθεί στο UC έχει και κάποια μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, δε διατηρεί ατομικά μοντέλα για τους χρήστες του, αλλά κάνει αποκλειστική χρήση στερεότυπων. Παρότι όμως κάποιοι χρήστες μοιάζουν σε κάποια σημεία, κάθε χρήστης διαφέρει από όλους τους άλλους σε πολύ περισσότερα. Για αυτόν το λόγο τα στερεότυπα χρησιμοποιούνται από μερικά ΕΣΒ, όπως το IFM, μόνο για την

αρχικοποίηση του μοντέλου του χρήστη, ενώ άλλα συστήματα όπως το USCSH, το RESCUER και το Office Assistant διατηρούν μόνο ατομικά μοντέλα για τον κάθε χρήστη ξεχωριστά.

Στο USCSH το κεντρικό τμήμα του μοντέλου του χρήστη αποτελείται από ένα μοντέλο επίστρωσης [Goldstein 1982], το οποίο βασικά αποτελείται από μια συλλογή από κόμβους που αντιστοιχούν ακριβώς στους κόμβους της ιεραρχίας των εντολών του συστήματος. Με κάθε κόμβο συνδέονται κάποιοι παράμετροι, όπως είναι η επάρκεια γνώσεων του χρήστη και η τελευταία ημερομηνία χρήσης κάθε εντολής. Σε συνδυασμό με το μοντέλο επίστρωσης, το μοντέλο του χρήστη περιλαμβάνει ένα σύνολο κανόνων και διαδικασιών, που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της επάρκειας γνώσεων του, όταν δεν υπάρχουν πληροφορίες που να έχουν αντληθεί άμεσα από την αλληλεπίδρασή του με το σύστημα.

Μια αρκετά πιο εκλεπτυσμένη προσέγγιση υιοθετείται στο RESCUER. Τα μοντέλα που διατηρεί το RESCUER είναι παθητικά, αφού οι χρήστες δε μπορούν να τους δώσουν πληροφορίες άμεσα. Αντιθέτως, το σύστημα συγκεντρώνει πληροφορίες για τους χρήστες του παρακολουθώντας τους και χρησιμοποιώντας ένα μηχανισμό αιτιολόγησης των ενεργειών τους, που βασίζεται στην Ανθρώπινη Ευλογοφανή Αιτιολόγηση. Αυτή η προσέγγιση έχει υιοθετηθεί και από το IFM. Το μοντέλο του χρήστη που διατηρεί το σύστημα είναι και μικρής και μακράς διάρκειας. Το μικρής διάρκειας τμήμα περιλαμβάνει τις υποθέσεις του συστήματος σχετικά με τους στόχους του χρήστη, ενώ το τμήμα μακράς διάρκειας περιλαμβάνει πληροφορίες τις οποίες το σύστημα διατηρεί επ' αόριστον (π.χ. αν ο χρήστης κάνει πολλά τυπογραφικά λάθη, αν είναι απρόσεκτος ή όχι, κλπ.).

Αντί της γνωστικής θεωρίας που χρησιμοποιεί το RESCUER και το IFM, το Office Assistant χρησιμοποιεί Bayesian Networks για την κατανόηση των στόχων και των αναγκών του χρήστη που αλληλεπιδρά με το Microsoft Office. Σε αντίθεση με όλα τα παραπάνω συστήματα, το Office Assistant λαμβάνει υπόψη του και το χαρακτηριστικό της αβεβαιότητας στις υποθέσεις που κάνει για τα σχέδια και τους στόχους του χρήστη, τους

οποιούς διατηρεί σε ατομικά μοντέλα χρηστών. Το βασικό μειονέκτημα όμως αυτής της μεθόδου είναι ότι τα μοντέλα χρηστών είναι μόνο μικρής διάρκειας και το σύστημα δεν έχει διαθέσιμες πληροφορίες για τις προηγούμενες αλληλεπιδράσεις του χρήστη με το σύστημα. Αναλυτικότερα, οι μηχανισμοί αιτιολόγησης, που χρησιμοποιούνται από τα ΕΣΒ για τη δημιουργία υποθέσεων σχετικά με τους στόχους των χρηστών τους, παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα.

3.6 Μηχανισμοί Αιτιολόγησης

Σε ένα σύστημα διεπαφής η μοντελοποίηση χρηστών μπορεί να στηρίζεται σε διάφορους μηχανισμούς αιτιολόγησης. Ένας τέτοιος μηχανισμός αιτιολόγησης είναι και η αναγνώριση σχεδίων. Το σύστημα πρέπει να έχει αναγνωρίσει τα σχέδια του χρήστη ώστε να είναι σε θέση να του παρέχει βοήθεια που θα τον οδηγήσει στη βελτιστοποίησή των σχεδίων αυτών. Ως εκ τούτου, πολλά ΕΣΒ εστιάζουν στην αναγνώριση σχεδίων.

Το AQUA, για παράδειγμα, ψάχνει να βρει την παρανόηση του χρήστη συμβουλευόμενο μια βάση γνώσης από σχέσεις-σχεδίων, όπως «η ενέργεια A προκαλεί την κατάσταση S» ή «η κατάσταση A είναι ένα κανονικό σχέδιο για την μετάβαση στην κατάσταση S». Οι σχέσεις σχεδίων συνδέονται με συγκεκριμένες αποτυχίες τους, οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν ως πιθανές επεξηγήσεις. Μια παρόμοια προσέγγιση, η οποία εντοπίζει τις εσφαλμένες αντιλήψεις στα σχέδια των χρηστών, που υιοθετούν κατά την διάρκεια συμπλήρωσης της φορολογικής δήλωσης, είναι αυτή του Calistri-Yeh [1991]. Σε αυτό το μοντέλο υπάρχουν δέκα κλάσεις από πιθανές παρανοήσεις σχεδίων. Παραδείγματα τέτοιου είδους κλάσεων είναι οι «παραβιασμένες προϋποθέσεις», όπου ο χρήστης γνωρίζει μια προϋπόθεση, αλλά δε γνωρίζει ότι έχει παραβιαστεί, και οι «απούσες προϋποθέσεις», για τις οποίες ο χρήστης δε γνωρίζει καν την ύπαρξή τους.

Παρόλα αυτά, οι παραπάνω προσεγγίσεις υποθέτουν ότι ο χρήστης πρέπει να έχει δηλώσει άμεσα τους στόχους του και το πρόβλημα που αντιμετωπίζει. Μια αρκετά παρόμοια προσέγγιση, η οποία όμως δεν

προϋποθέτει ότι οι πληροφορίες για το χρήστη αντλούνται άμεσα, είναι αυτή που υιοθετείται στο USCSH. Ένα τμήμα των μοντέλων χρηστών που διατηρεί το συγκεκριμένο σύστημα είναι ένα μοντέλο εκτελέσιμης διαδικασίας, η οποία αναπαριστά ιδανικά και μη – ιδανικά μοντέλα της συμπεριφοράς των χρηστών. Το ιδανικό μοντέλο περιγράφει πως πιο πολύπλοκα σχέδια μπορούν να αναλυθούν σε επιμέρους σχέδια και εντολές του συστήματος και περιγράφονται σαν μια ιεραρχία πλαισίων (frames) [Minsky 1975]. Το μη – ιδανικό μοντέλο, το οποίο ονομάζεται και buggy model από τους Brown και Burton [1978], καταγράφει τα σχέδια στα οποία εντοπίζονται τα λάθη και οι παρανοήσεις των χρηστών και που έχουν ως αποτέλεσμα τη λανθασμένη υλοποίηση των σχεδίων τους.

Το PAGAN, το υποσύστημα αναγνώρισης σχεδίων, που χρησιμοποιεί το UC, διατηρεί μια βιβλιοθήκη από αφηρημένα (abstract) σχέδια [Mayfield 1989; Mayfield 2000]. Τα σχέδια αυτά αναπαριστούν σύνθετα γεγονότα αποτελούμενα από ένα μερικώς διατεταγμένο σύνολο από υποθετικές ενέργειες. Σε αντίθεση με τα παραπάνω συστήματα, που χρησιμοποιούν αιτιολογική λογική (causal logic), το UC δίνει ιδιαίτερη έμφαση στους στόχους που λειτουργούν ως κίνητρο για την υλοποίηση των σχεδίων. Επιπλέον, το UC διαφέρει από όλα τα συστήματα που περιγράφηκαν παραπάνω και στο ότι μπορεί να χειρίζεται διαφορετικές ενέργειες. Για παράδειγμα, αν μια ενέργεια ανήκει σε δύο πιθανά σχέδια, το UC μπορεί να κάνει υποθέσεις σχετικά με το πραγματικό σχέδιο του χρήστη.

Μια αρκετά διαφορετική προσέγγιση υιοθετείται από το RESCUER και το IFM, τα οποία χρησιμοποιούν τους μετασχηματισμούς δηλώσεων της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης, για να παρέχουν ένα σύνολο από εσφαλμένες αντιλήψεις, που πιθανώς να έχει ο χρήστης. Η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση είναι μια γνωστική θεωρία που μπορεί να παρέχει εξηγήσεις για τη γνωστική αιτιολόγηση των χρηστών. Πράγματι, όπως υποστηρίζει και ο Calistri – Yeh [1991], μερικοί από τους περιορισμούς της προσέγγισης του μπορούν να αντιμετωπιστούν από μια δυνατότερη γνωστική ή ψυχολογική θεωρία, η οποία να υποστηρίζει την επιλογή και στάθμιση των χαρακτηριστικών των εσφαλμένων αντιλήψεων.

Παρόμοια είναι και η λογική του συστήματος των Eller και Carberry [1992]. Το σύστημά τους αφορά σε έναν τομέα διαλόγων φυσικής γλώσσας και όχι στην αλληλεπίδραση του χρήστη μέσω ενός συστήματος διεπαφής γραφικό ή γραμμής εντολών, όπως του IFM και του RESCUER, αντίστοιχα. Οι Eller και Carberry έχουν χρησιμοποιήσει μετακανόνες για να κάνουν υποθέσεις σχετικά με το λόγο που οδήγησε στη λανθασμένη εξέλιξη του διαλόγου (dialogue ill-formedness), αλλά και για να απλοποιήσουν τη διαδικασία αναγνώρισης σχεδίων. Αυτή η μέθοδος απλοποίησης της σημασιολογικής ερμηνείας των εκφράσεων των χρηστών είναι παρόμοια με τους μετασχηματισμούς δηλώσεων, που υιοθετούν το IFM και το RESCUER ώστε να βρουν τις εναλλακτικές ενέργειες, που πιθανώς επιθυμούσε να εκτελέσει ο χρήστης αντί αυτής που εκτέλεσε.

Στο γενικό πλαίσιο του διαλόγου η απλοποίηση της ερμηνείας μιας έκφρασης σημαίνει να απομακρυνθούν κάποιιοι από τους περιορισμούς της ερμηνείας και να επιτραπεί η ερμηνεία με μικρότερη ακρίβεια από ότι ήταν επιθυμητό αρχικά. Αυτή η εξασθένιση της διαδικασίας γίνεται, όταν το σύστημα αντιμετωπίζει πρόβλημα στην κατανόηση των σχεδίων του χρήστη. Αυτού του είδους η απλοποίηση στο IFM και στο RESCUER επιτυγχάνεται μέσω των μετασχηματισμών δηλώσεων της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης αντί των μετα-κανόνων που χρησιμοποιεί το προηγούμενο σύστημα. Το πλεονέκτημα της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης είναι ότι παρέχει μια μέθοδο που είναι ανεξάρτητη του τομέα που εφαρμόζεται. Πράγματι, η ίδια μέθοδος έχει εφαρμοστεί επιτυχώς στο RESCUER, στο IFM και στο I-Mailer και αποτελεί ένα γενικότερο πλαίσιο για όλα τα είδη της ανθρώπινης λογικής που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα ΕΣΒ.

Πέρα από την αναγνώριση σχεδίων, και πολλές άλλες προσεγγίσεις και μέθοδοι της Τεχνητής Νοημοσύνης έχουν χρησιμοποιηθεί για να βελτιώσουν την αιτιολόγηση των συστημάτων στη μοντελοποίηση χρηστών. Για παράδειγμα, το Case-Based Reasoning [Kolonder 1993; Leake 1996] έχει χρησιμοποιηθεί ώστε να παρουσιάζει σε ένα χρήστη ένα σύνολο από λυμένα προβλήματα (περιπτώσεις), τα οποία είναι παρόμοια με το πρόβλημα

που προσπαθεί να λύσει. Ο χρήστης σε αυτά τα συστήματα αναμένεται να μάθει αυτές τις περιπτώσεις, πριν προσπαθήσει να λύσει κάποιο πρόβλημα, όπως για παράδειγμα στο [Shiri, Aïmeur & Frasson 1998]. Μια αρκετά διαφορετική προσέγγιση, η οποία λαμβάνει υπόψη της και την αβεβαιότητα (uncertainty) που μπορεί να υπάρχει στις υποθέσεις που κάνει το σύστημα, υιοθετείται από τα συστήματα που χρησιμοποιούν Bayesian Networks [Petrushin & Sinitza 1993; Martin & VanLehn 1995; Noh & Gmytrasiewicz 1997; Conati et al. 1997; Horvitz et al. 1998]. Μία από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες εφαρμογές που κάνουν χρήση των Bayesian Networks είναι και το Office Assistant. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί ένα Bayesian Network για το μοντέλο του χρήστη ώστε να συλλάβει τις ανάγκες και τους στόχους των χρηστών που χρησιμοποιούν το Excel του Microsoft Office. Το Bayesian Network έχει εξαχθεί από αρκετούς εμπειρογνώμονες κατά τη διάρκεια της σχεδίασης του λογισμικού, οι οποίοι εκτέλεσαν μερικές μελέτες με πραγματικούς χρήστες, χρησιμοποιώντας το μοντέλο «Wizard of Oz». Το μοντέλο αυτό αφορά μελέτες που γίνονται με πραγματικούς χρήστες που αλληλεπιδρούν με μια εφαρμογή και που έχουν έναν ειδικό δίπλα τους να τους βοηθά. Οι χρήστες όμως δε γνωρίζουν ότι η βοήθεια παρέχεται από ανθρώπους – εμπειρογνώμονες που τους παρακολουθούν.

Οι παραπάνω τεχνικές βασίζουν την προσαρμοστικότητά τους στη δημιουργία υποθέσεων σχετικά με τη λογική των χρηστών και έχουν αποδειχθεί αρκετά επιτυχείς στην παροχή ευφυούς βοήθειας. Όμως κανένα από τα μοντέλα που περιγράφηκαν παραπάνω δεν είναι κατάλληλο για τη μοντελοποίηση της λογικής και των χρηστών και των συμβούλων τους όπως η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση.

3.7 Αξιολόγηση των μοντέλων

Αφού σχεδιαστεί το μοντέλο του χρήστη και συμπληρωθούν οι πληροφορίες για αυτόν, ένα από τα βασικότερα θέματα που προκύπτουν είναι κατά πόσον το μοντέλο αυτό αντανακλά τα πραγματικά χαρακτηριστικά του εκάστοτε χρήστη. Ακόμα, όμως, και αν ένα μοντέλο

κατάφερε να συγκεντρώσει τις σωστές πληροφορίες για το χρήστη, δεν σημαίνει ότι οι πληροφορίες αυτές θα ισχύουν για πάντα, αφού η συμπεριφορά του χρήστη μπορεί να αλλάζει σημαντικά με την πάροδο του χρόνου. Για αυτό πρέπει να λαμβάνουν χώρα επαναληπτικές αξιολογήσεις, οι οποίες θα ελέγχουν κατά πόσον το μοντέλο του χρήστη αντανακλά τη συμπεριφορά του σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή.

Ένα άλλο θέμα που είναι σημαντικό σε ένα μοντέλο του χρήστη και μπορεί να ελεγχθεί από την αξιολόγησή του, είναι το κατά πόσο οι πληροφορίες που συγκεντρώνει είναι αρκετές για τη σωστή προσαρμογή της αλληλεπίδρασης του συστήματος στις ανάγκες του εκάστοτε χρήστη. Επιπλέον, όπως υποστηρίζει και ο Chin [2001], οι εμπειρικές αξιολογήσεις είναι απαραίτητες ώστε να προσδιοριστεί ποιοι χρήστες βοηθούνται από την προσαρμοστική αλληλεπίδραση. Συμπληρώνει δε ότι το κλειδί για μια σωστή εμπειρική αξιολόγηση είναι ο σωστός σχεδιασμός και η υλοποίηση των πειραμάτων ώστε οι παράγοντες που ελέγχονται να μπορούν εύκολα να διαχωριστούν από τους υπολοίπους. Παρόλα αυτά, αφού ανέλυσε τα πιο γνωστά συστήματα μοντελοποίησης χρηστών, ο Chin [2001] συμπεραίνει ότι παρ' όλη τη σημαντικότητα των αξιολογήσεων, δυστυχώς, τέτοιου είδους πειράματα δεν εμφανίζονται συχνά στη σχετική βιβλιογραφία. Παρομοίως, η McTear [2000] υποστηρίζει ότι η σχέση μεταξύ της θεωρίας και της πράξης είναι ιδιαίτερος σημαντική στην τεχνολογία των Ευφυών Συστημάτων Διεπαφής (ΕΣΔ) ως η τελική απόδειξη ότι το σύστημα διεπαφής πραγματικά δουλεύει και είναι αποδεκτό στους χρήστες. Για αυτόν το λόγο πρακτικά θέματα όπως η επίδοση, η αξιοπιστία και η χρηστικότητα φαίνονται να είναι πιο σημαντικά από τα περισσότερα θεωρητικά θέματα, όπως είναι η επιλογή της μεθοδολογίας υλοποίησης του συστήματος ή του τρόπου συμβολισμού των προδιαγραφών.

Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση

4.1 Εισαγωγή

Η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση (Human Plausible Reasoning) [Collins & Michalski 1989] είναι μια γνωστική θεωρία που επιχειρεί να μοντελοποιήσει την ανθρώπινη ευλογοφανή συμπερασματολογία (human plausible inference). Η θεωρία περιγράφεται αναλυτικά στο [Collins & Michalski 1989] αλλά και στα [Burstein & Collins 1988], [Burstein et al. 1991].

Η θεωρία αυτή αποτελεί μία από τις πρώτες προσπάθειες για την κατασκευή μίας τυπικής λογικής που απευθύνεται τόσο στη σημασιολογική όσο και στην παραμετρική πλευρά του συλλογισμού των ανθρώπων. Για αυτόν το λόγο προσπαθεί να τυποποιήσει τη διαδικασία εξαγωγής αληθοφανών συμπερασμάτων που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι ώστε να απαντήσουν ερωτήσεις, για τις οποίες δε γνωρίζουν εκ των προτέρων την απάντηση.

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα βασικά στοιχεία της θεωρίας ενώ δίδεται ιδιαίτερη έμφαση σε αυτά που έχουν ενσωματωθεί στο IFM για τη μοντελοποίηση της διαδικασίας αιτιολόγησης των χρηστών που αλληλεπιδρούν με το σύστημα αλλά για τη μοντελοποίηση της αιτιολόγησης των εμπειρογνομόνων για την παροχή ευφυούς βοήθειας.

4.2 Η θεωρία

Η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση βασίζεται σε μια ανάλυση των απαντήσεων που δίνει ο άνθρωπος σε καθημερινές ερωτήσεις σχετικά με τον κόσμο του για τις οποίες δε γνωρίζει άμεσα την απάντηση. Από την ανάλυση αυτή προέκυψαν ένα σύνολο συχνά εμφανιζόμενων συμπερασματικών προτύπων και ένα σύνολο μετασχηματισμών αυτών. Η θεωρία περιλαμβάνει πληθώρα συμπερασματικών προτύπων τα οποία δεν εμφανίζονται σε θεωρίες τυπικής λογικής ή στις διάφορες μη – κλασικές θεωρίες όπως η ασαφής λογική (fuzzy logic) [Zadeh 1965], η διαισθητική λογική (intuitionist logic) [Martin-Lof 1982], ή η πολλαπλώς εκτιμώμενη λογική (variable-precision logic) [Michalski & Winston 1986].

4.2.1 Στόχος

Η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση (ΑΕΑ) επιχειρεί να μοντελοποιήσει την αιτιολόγηση των ανθρώπων με «ελλιπή γνώση» σε συγκεκριμένους τομείς όπως είναι η γεωγραφία. Με τον όρο «ελλιπής γνώση» εννοούμε τη μερική γνώση των γεγονότων και των σχέσεων του τομέα που μοντελοποιείται. Τα σημεία που δεν γνωρίζει κάποιος θεωρούνται ως κενά στη γνώση του. Έτσι η γνώση του θεωρείται ελλιπής σε σχέση με την ολοκληρωμένη γνώση του τομέα. Σύμφωνα με τη θεωρία κάποιος άνθρωπος μπορεί είτε να γνωρίζει κάτι είτε όχι. Η ΑΕΑ δεν ασχολείται με τις εσφαλμένες αντιλήψεις που μπορεί να έχει κάποιος αλλά επικεντρώνεται στη συμπερασματολογική διαδικασία που οδηγεί τους ανθρώπους από τη μία πεποίθηση σε μια άλλη, ανεξαρτήτως με την ορθότητα της πεποίθησης αυτής.

Ένα παράδειγμα της ελλιπούς γνώσης που μπορεί να έχει κάποιος

παρουσιάζεται στον πίνακα με εμπειρικά γεωγραφικά δεδομένα 4.1. Τα δεδομένα αυτά αναπαριστούν μια συλλογή από εγγραφές χωρών που μπορεί να γνωρίζει ένας άνθρωπος και έχει χρησιμοποιηθεί και από τους Burstein, Collins και Baker [Burstein et al. 1991] ως ένας τρόπος συλλογής δειγμάτων ανθρώπινης αντιολόγησης. Ο πίνακας αυτός παρουσιάστηκε στους ανθρώπους που έλαβαν μέρος στο πείραμα και τους ζητήθηκε να απαντήσουν κάποιες από τις ερωτήσεις που τους τέθηκαν. Τα δεδομένα που παρέχονται μπορούν να θεωρηθούν ως πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες στη μνήμη κάποιου και οι ερωτήσεις που έγιναν ως κενά στην γνώση του. Τα κενά με τα αγγλικά ερωτηματικά στον πίνακα 4.1 αναπαριστούν τις ερωτήσεις που τέθηκαν στους χρήστες και μπορούν να θεωρηθούν ως ελλείψεις στη γνώση του για τον τομέα της γεωγραφίας. Για παράδειγμα, στο συμμετέχοντα στο πείραμα δίδεται (δηλαδή θεωρείται ότι γνωρίζει) ότι η παροχή νερού στην Αγκόλα είναι είτε μέτρια είτε πλούσια, ότι η Αγκόλα έχει ποτάμια και ότι έχει υψηλό ποσοστό βροχόπτωσης, αλλά δε γνωρίζει ποιο είναι το κλίμα της συγκεκριμένης χώρας. Ομοίως, ο χρήστης έχει ελλιπή γνώση και για άλλες τοποθεσίες όπως η Φλόριδα και η Ιταλία.

Τοποθεσία	Κλίμα	Παροχή νερού	Έχει ποτάμια	Ποσοστό βροχόπτωσης
Αγκόλα	?	Μέτρια ή πλούσια	Ναι	Υψηλό
Αίγυπτος	Ξηρό	Μέτρια	Ναι	Πολύ χαμηλό
Φλόριδα	Υποτροπικό	?	?	Μέτριο
Ιταλία	Μεσογειακό	Μέτρια	Ναι	?

Πίνακας 4.1: Πίνακας εμπειρικών γεωγραφικών δεδομένων

Ας θεωρήσουμε ότι κάποιος έχει την συγκεκριμένη ελλιπή γνώση για τις χώρες που αναφέρθηκαν παραπάνω και πρέπει να απαντήσει σε μια ερώτηση που δεν γνωρίζει. Για παράδειγμα, ποιο είναι το ποσοστό βροχόπτωσης στην Ιταλία. Σε αυτή την περίπτωση, ο άνθρωπος μπορεί να προσπαθήσει να κάνει μια ευλογοφανή εικασία. Για αυτόν το λόγο θα χρησιμοποιήσει κάποια γνώση που θεωρεί σχετική. Για παράδειγμα, έχει παρατηρήσει ότι το

ποσοστό βροχόπτωσης ενός μέρους είναι σχετικό με την παροχή νερού και την ύπαρξη ποταμών, και επειδή η Ιταλία είναι παρόμοια με την Αίγυπτο σε αυτά τα δύο χαρακτηριστικά, τότε πιθανότατα η Ιταλία έχει παρόμοιο ποσοστό βροχόπτωσης με την Αίγυπτο, δηλαδή πολύ χαμηλό. Η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση παρέχει έναν τρόπο τυποποίησης αυτού του είδους της αιτιολόγησης, ο οποίος παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω.

4.2.2 Σύντομη περιγραφή

Η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση (ΑΕΑ) αποτελείται από:

- μια τυπική αναπαράσταση των ευλογοφανών συμπερασματικών προτύπων τα οποία χρησιμοποιούνται συχνά από τους ανθρώπους όταν απαντούν σε καθημερινές ερωτήσεις,
- ένα σύνολο παραμέτρων που επηρεάζουν το βαθμό βεβαιότητας των απαντήσεων σε τέτοιες ερωτήσεις,
- ένα μηχανισμό συσχέτισης των διαφόρων συμπερασματικών σχεδίων με τις παραμέτρους βεβαιότητας.

Η ΑΕΑ εντοπίζει την σχέση που υπάρχει μεταξύ της ερώτησης και της γνώσης που ανακτάται από τη μνήμη και αναπαράγει τη συμπερασματική πορεία. Για παράδειγμα, αν η ερώτηση που έχει τεθεί είναι αν καλλιεργείται καφές στην περιοχή Λάνος της Κολομβίας, η απάντηση εξαρτάται από τη γνώση που θα ανακτηθεί από τη μνήμη. Αν το υποκείμενο ξέρει ότι το Λάνος βρίσκεται σε περιοχή σαβάνας, παρόμοια με εκείνες όπου φυτρώνει ο καφές, τότε αυτό το γεγονός θα πυροδοτήσει ένα επαγωγικό, αναλογικό συμπέρασμα, και θα δημιουργήσει την απάντηση «να» [Carbonel & Collins 1973].

Η θεωρία αποτελείται από ένα σύνολο πρωτογενών στοιχείων (primitives) και ένα σύνολο συμπερασματολογικών κανόνων (inference rules). Τα πρωτογενή στοιχεία ορίζουν τον τρόπο με τον οποίο αναπαρίσταται η γνώση ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν οι διάφοροι συμπερασματολογικοί κανόνες και να εξαχθούν ευλογοφανή συμπεράσματα.

1. Τα πρωτογενή στοιχεία της ΑΕΑ

Ο πίνακας 4.1 είναι ένα σύνολο από πεπειθήσεις ενός ανθρώπου, οι οποίες ονομάζονται *δηλώσεις* (*statements*). Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας δήλωσης είναι η:

ποσοστό_βροχόπτωσης(Αίγυπτος) = πολύ_χαμηλό

η οποία σημαίνει ότι το ποσοστό βροχόπτωσης της Αιγύπτου είναι πολύ χαμηλό. Το «ποσοστό_βροχόπτωσης» ονομάζεται *περιγραφέας* (*descriptor*), το «Αίγυπτος» ονομάζεται *όρισμα* (*argument*) και το «πολύ_χαμηλό» ονομάζεται *αναφορικό* (*referent*). Ένας περιγραφέας εφαρμόζεται σε ένα όρισμα και μαζί συνθέτουν έναν *όρο* (*term*). Αναλυτικότερα τα πρωτογενή στοιχεία περιγράφονται στην ενότητα 4.2.4.

Επίσης υπάρχουν οι *αμοιβαίες εξαρτήσεις μεταξύ των όρων*, οι οποίες αποτελούν τις συναρτησιακές σχέσεις τους. Ένα παράδειγμα αμοιβαίας εξάρτησης είναι: ποσοστό_βροχόπτωσης(χώρα) ↔ έχει_ποτάμια(χώρα).

Τέλος, στην θεωρία υπάρχουν και οι *αμοιβαίες συνεπαγωγές μεταξύ των δηλώσεων*, οι οποίες σχετίζουν συγκεκριμένες τιμές μιας συνάρτησης, όπως: δημητριακό(χώρα)=ρύζι ↔ ποσοστό_βροχόπτωσης(χώρα)=υψηλό.

2. Συμπερασματολογικά πρότυπα της ΑΕΑ

Τα συμπερασματολογικά πρότυπα εφαρμόζονται στα πρωτογενή που περιγράφηκαν παραπάνω και μπορούν να τροποποιηθούν χρησιμοποιώντας μετασχηματισμούς δηλώσεων. Αναλυτικά οι μετασχηματισμοί δηλώσεων περιγράφονται στην ενότητα 4.2.7.

Επιστρέφοντας στο παράδειγμα του ανθρώπου που δε γνώριζε το ποσοστό βροχόπτωσης της Ιταλίας, η αναλογία μεταξύ της Ιταλίας και της Αιγύπτου τον οδήγησε στο συμπέρασμα ότι το ποσοστό βροχόπτωσης στην Ιταλία μπορεί να είναι παρόμοιο με το ποσοστό βροχόπτωσης στην Αίγυπτο. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, ο άνθρωπος δε γνώριζε το ποσοστό βροχόπτωσης στην Ιταλία αλλά γνώριζε το αντίστοιχο ποσοστό για την Αίγυπτο. Έτσι, η απάντηση στο

αρχικό του ερώτημα επετεύχθη με την εφαρμογή ενός μετασχηματισμού ομοιότητας ορίσματος (similarity argument transform) στην γνωστή δήλωση ποσοστό_βροχόπτωσης(Αιγυπτος)=πολύ-χαμηλό.

Ο μετασχηματισμός ορίσματος άλλαξε το όρισμα της γνωστής δήλωσης με ένα άλλο που ήταν παρόμοιο και τοποθέτησε την Ιταλία στην θέση της Αιγύπτου επειδή οι δύο χώρες είναι παρόμοιες όσον αφορά την παροχή νερού και τα ποτάμια που έχουν.

4.2.3 Ιεραρχίες

Σύμφωνα με την θεωρία, ένα μεγάλο μέρος της ανθρώπινης γνώσης αναπαρίσταται σε «δυναμικές ιεραρχίες», οι οποίες συνεχώς ενημερώνονται, τροποποιούνται και επεκτείνονται. Έτσι όλοι οι περιγραφείς, τα ορίσματα και τα αναφορικά ανήκουν σε κάποιου είδους ιεραρχία τύπων (type hierarchy – isa) ή τμηματική ιεραρχία (part hierarchy – ispart). Στις ιεραρχίες τύπων δύο κόμβοι συνδέονται με την σχέση «τύπου» ενώ σε μια τμηματική ιεραρχία οι κόμβοι συνδέονται με την σχέση «τμήμα» (part-of). Μία έννοια μπορεί να καταταχθεί σε περισσότερες της μίας ιεραρχίες.

Ένα παράδειγμα ιεραρχίας τύπων παρουσιάζεται στο σχήμα 4.1 ενώ ένα δείγμα τμηματικής ιεραρχίας στο σχήμα 4.2.



Σχήμα 4.1. Ένα δείγμα ιεραρχίας τύπων λουλουδιών



Σχήμα 4.2. Ένα δείγμα τμηματικής ιεραρχίας γεωγραφικών περιφερειών

4.2.4 Τα βασικά στοιχεία της θεωρίας

Ο πυρήνας της ΑΕΑ αποτελείται από:

1. Ένα σύνολο πρωτογενών στοιχείων έκφρασης (primitives).
2. Ένα σύνολο συμπερασματολογικών κανόνων.

Κάθε πρωτογενές στοιχείο αποτελείται από στοιχεία έκφρασης. Τα στοιχεία αυτά είναι τα *ορίσματα*, οι *περιγραφείς*, οι *όροι*, τα *αναφορικά* και οι *δηλώσεις* που έχουν περιγραφεί παραπάνω και παρουσιάζονται και στον πίνακα 4.2.

Τα πρωτογενή στοιχεία μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- a) *Δηλώσεις* που αναπαριστούν τα πιστεύω των ανθρώπων σχετικά με τον κόσμο.
- b) *Δηλώσεις που εμπεριέχουν σχέσεις*.

Αυτές οι δηλώσεις αναπαριστούν διαφορετικές σχέσεις όπως η γενίκευση (GEN), η ειδίκευση (SPEC), η ομοιότητα (SIM) και η ανομοιότητα (DIS) μεταξύ των εννοιών στις ιεραρχίες. Ο Πίνακας 4.4 παρουσιάζει τις τέσσερις σχέσεις στον πυρήνα της θεωρίας καθώς και τα είδη των δηλώσεων που προκύπτουν.

- c) *Σχισιακές δηλώσεις που είναι είτε αμοιβαίες συνεπαγωγές είτε αμοιβαίες εξαρτήσεις*.

Αυτές οι δηλώσεις αναπαριστούν την κατά προσέγγιση γνώση των ανθρώπων σχετικά με το τι εξαρτάται από τι, το οποίο μπορεί να προσδιοριστεί με περισσότερη ή λιγότερη ακρίβεια.

- d) *Παράμετροι βεβαιότητας* που διέπουν τα παραπάνω τρία είδη δηλώσεων και οι οποίες επηρεάζουν τη βεβαιότητα των διαφόρων συμπερασματικών σχεδίων.

Το σύνολο των συμπερασματικών κανόνων αποτελούνται από:

- a) Μετασχηματισμούς δηλώσεων (Statement transforms).
b) Μετασχηματισμούς βασιζόμενους σε εξαρτήσεις και συνεπαγωγές.

Στο IFM, έχει χρησιμοποιηθεί το συμπερασματικό σχέδιο του μετασχηματισμού δηλώσεων, το οποίο παρουσιάζεται συνοπτικά στην επόμενη ενότητα.

4.2.5 Δηλώσεις και σχέσεις

Όπως έχει ήδη αναφερθεί μια *δήλωση* είναι μια έκφραση όπου ένας περιγραφέας εφαρμόζεται σε ένα όρισμα που περιγράφει μερικά αναφορικά. Ο κόμβος A σε οποιαδήποτε ιεραρχία μπορεί να είναι ο *περιγραφέας* του κόμβου B σε κάποια άλλη ιεραρχία, το οποίο σημαίνει ότι ο κόμβος A μπορεί να περιγράφει τον κόμβο B. Τέτοιου είδους σχέση μπορεί να αποδοθεί με έναν *όρο* (*term*) A(B). Ένας *όρος* του τύπου A(B) μπορεί να πάρει τιμές, οι οποίες ονομάζονται *αναφορικά* στη θεωρία. Η εφαρμογή ενός *περιγραφέα* σε ένα *όρισμα* (έναν κόμβο ή μια σειρά από κόμβους) παράγει μια συγκεκριμένη τιμή που χαρακτηρίζει το *όρισμα*. Η παραγόμενη έκφραση ονομάζεται *δήλωση*. Γενικά οι *δηλώσεις* είναι καταγραφές της πληροφορίας που υπάρχει στις ιεραρχίες. Για παράδειγμα, εάν το λουλουδι ανήκει στην ιεραρχία των πραγμάτων και η Αγγλία είναι στην ιεραρχία των τοποθεσιών, το είδος_λουλουδιού μπορεί να είναι ένας *περιγραφέας* για την Αγγλία. Από αυτά προκύπτει μια *δήλωση* της μορφής:

είδος_λουλουδιού(Αγγλία)={νάρκισσοι, τριαντάφυλλα, ...}

Στην παραπάνω δήλωση το «είδος λουλουδιού» είναι ο *περιγραφέας*, η Αγγλία είναι το *όρισμα*, το είδος λουλουδιού(Αγγλία) είναι ο *όρος*, και νάρκισσοι και τα τριαντάφυλλα είναι τα *αναφορικά* για τον *όρο*. Η δήλωση σημαίνει: Τα είδη των λουλουδιών που ευδοκιμούν στην Αγγλία είναι οι νάρκισσοι, τα τριαντάφυλλα, κλπ.

ορίσματα $a_1, a_2, f(a_1)$ π.χ. Sam, whale, Sam's food
περιγραφείς d_1, d_2 π.χ. size, animal type
όροι $d_1(a_1), d_2(a_2), d_2(d_1(a_1))$ π.χ. animal_type(Sam), size(whale), size(animal_type(Sam))
αναφορικά $r_1, r_2, \{r_2 \dots\}$ π.χ. whale, large, large plus other sizes
δηλώσεις $d_2(a_2) = r_2 : \gamma, \phi$ π.χ. size(whale)=large: certain, high frequency (Μετάφραση: Έχω την απόλυτη βεβαιότητα ότι όλες οι φάλαινες είναι μεγάλες)
εξαρτήσεις μεταξύ όρων $d_1(a_1) \leftrightarrow d_2(f(a_1)) : a, b, \gamma$ π.χ. breath organ(animal) \leftrightarrow habitat(animal): moderate, moderate, certain (Μετάφραση: Έχω τη σχετική βεβαιότητα ότι το αναπνευστικό όργανο ενός ζώου επηρεάζει το περιβάλλον του ζώου και ότι το περιβάλλον ενός ζώου επηρεάζει το είδος αναπνοής του).
Συνεπαγωγές μεταξύ δηλώσεων $d_1(a_1) = r_1 \Leftrightarrow d_2(f(a_1)) = r_2 : a, b, \gamma$ π.χ. breath organ(animal)=gills \Leftrightarrow habitat(animal)=water: high, moderate, certain (Μετάφραση: Έχω την απόλυτη βεβαιότητα ότι αν η αναπνοή ενός ζώου γίνεται μέσω βράγχιων, τότε συνεπάγεται ότι το περιβάλλον αυτού του ζώου είναι το νερό αλλά αν το περιβάλλον ενός ζώου είναι το νερό τότε μπορώ να έχω τη σχετική βεβαιότητα ότι η αναπνοή του ζώου γίνεται με βράγχια).

Πίνακας 4.2: Τα στοιχεία έκφραση της ΑΕΑ

Οι *δηλώσεις* αποτελούνται από τον *όρο* στα αριστερά, στη συνέχεια ακολουθεί ο χειριστής σχέσης και ένα αναφορικό στα δεξιά μαζί με ένα σύνολο παραμέτρων βεβαιότητας. Για παράδειγμα, η παράμετρος βεβαιότητας γ αναφέρεται στην βεβαιότητα κάποιου ότι η δήλωση είναι αληθής. Οι παράμετροι βεβαιότητας παρουσιάζονται στην ενότητα 4.2.6. Ο τελεστής σχέσης δεν είναι πάντοτε ο τελεστής της ισότητας '=', παρόλο που

αυτό συμβαίνει συνήθως. Συγκεντρωτικά τα στοιχεία έκφρασης παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2.

Στον πίνακα 4.3 παρουσιάζονται τα πρωτογενή στοιχεία της ΑΕΑ σε μορφή BNF. Στον πίνακα αυτό τα διπλά εισαγωγικά " " έχουν χρησιμοποιηθεί ώστε να διαχωριστούν τα λεκτικά της γραμματικής από τα σύμβολα του BNF. Για παράδειγμα, τα σύμβολα της ΑΕΑ { } έχουν μπει σε διπλά εισαγωγικά όταν χρειάζεται να διαχωριστούν από τα αντίστοιχα σύμβολα της BNF που συμβολίζουν επανάληψη. Τέλος, το λεκτικό «αντικείμενο» σημαίνει οποιοδήποτε αντικείμενο σε οποιαδήποτε ιεραρχία.

<δήλωση>	::=	<όρος> <χειριστής> <αναφορικό> “.” {<παράμετροι βεβαιότητας>}
<όρος>	::=	<περιγραφέας> “(” <όρισμα> “)”
<περιγραφέας>	::=	Αντικείμενο
<όρισμα>	::=	<όρος> αντικείμενο
<αναφορικό>	::=	αντικείμενο <σύνολο αντικειμένων>
<χειριστής>	::=	“=” <σχέση>
<σχέση>	::=	GEN SPEC SIM DIS
<σύνολο αντικειμένων>	::=	“{” {αντικείμενο} “...” ”
<παράμετροι βεβαιότητας>	::=	α β γ τ σ φ δ
<σχεσιακή έκφραση>	::=	<όρος> <εξάρτηση> <όρος> <δήλωση> <συνεπαγωγή> <δήλωση>
<εξάρτηση>	::=	↔
<συνεπαγωγή>	::=	⇔

Πίνακας 4.3: Τα πρωτογενή της ΑΕΑ σε μορφή BNF

Υπάρχουν τέσσερα χαρακτηριστικά είδη δηλώσεων που αναπαριστούν σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων στις ιεραρχίες. Αυτές οι σχέσεις είναι γενικεύσεις, ειδικεύσεις, ομοιότητες και ανομοιότητες. Οι γενικεύσεις (GEN) και οι ειδικεύσεις (SPEC) συνδέουν δύο κόμβους που ανήκουν σε δύο διαφορετικά επίπεδα μιας ιεραρχίας. Για παράδειγμα, τους κόμβους «εύκρατα λουλούδια» και «τριαντάφυλλα» στην ιεραρχία του σχήματος 4.1. Οι ομοιότητες (SIM) και ανομοιότητες (DIS) συνδέουν δύο συγκρίσιμους κόμβους μιας ιεραρχίας. Όπως, για παράδειγμα, συνδέονται οι κόμβοι «τριαντάφυλλα» και «νάρκισσος» της ιεραρχίας που αναφέρθηκε και προηγουμένως.

<p>Γενίκευση α' GEN α στο $CX(a', d(a'))$: γ, τ, δ</p> <p>π.χ. bird GEN chicken στο $CX(\text{birds}, \text{physical_features}(\text{birds}))$: certain, atypical, low dominance</p> <p>(Ερμηνεύεται: Έχω την απόλυτη βεβαιότητα ότι οι κότες είναι πουλιά αλλά δεν είναι αντιπροσωπευτικές των πουλιών όσον αφορά στα φυσικά χαρακτηριστικά τους και είναι ένα χαμηλό ποσοστό του συνολικού πληθυσμού των πουλιών).</p>
<p>Ειδίκευση α' SPEC α στο $CX(a, d(a))$: γ, τ, δ</p> <p>π.χ. chicken SPEC fowl στο $CX(\text{fowl}, \text{food_cost}(\text{fowl}))$: certain, typical, moderate dominance</p> <p>(Ερμηνεύεται: Έχω την απόλυτη βεβαιότητα ότι οι κότες είναι ορνιθοειδές και μάλιστα είναι ένα τυπικό ορνιθοειδές ως προς κόστος του φαγητού τους, επιπλέον είναι ένα μέτριο ποσοστό του συνολικού πληθυσμού των ορνιθοειδών).</p>
<p>Ομοιότητα α' SPEC α στο $CX(A, d(A))$: γ, σ</p> <p>π.χ. ducks SIM geese στο $CX(\text{birds}, \text{all_features}(\text{birds}))$: certain, highly similar</p> <p>(Ερμηνεύεται: Έχω την απόλυτη βεβαιότητα ότι οι πάπιες μοιάζουν σε υψηλό βαθμό με τις χήνες σε ό,τι αφορά τα χαρακτηριστικά τους).</p>
<p>Ανομοιότητα α' SPEC α στο $CX(A, d(A))$: γ, σ</p> <p>π.χ. ducks DIS geese στο $CX(\text{birds}, \text{neck_length}(\text{birds}))$: certain, fairly dissimilar</p> <p>(Ερμηνεύεται: Έχω την απόλυτη βεβαιότητα ότι οι πάπιες είναι αρκετά ανόμοιες με τις χήνες σε ό,τι αφορά το μήκος λαιμού).</p>

Πίνακας 4.4: Περιγραφή των σχέσεων

Κάθε δήλωση που αφορά σχέσεις συνδέεται με κάποιες παραμέτρους βεβαιότητας. Οι γενικεύσεις και ειδικεύσεις συνδέονται βασικά με την παράμετρο τυπικότητας τ , ενώ οι ομοιότητες και ανομοιότητες συνδέονται με την παράμετρο ομοιότητας σ . Οι παράμετροι βεβαιότητας και τυπικότητας υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά των δύο αντικειμένων που έχουν χρησιμοποιηθεί στη σύγκρισή τους. Αυτά τα χαρακτηριστικά ορίζονται σε αυτό που ονομάζεται *γενικό πλαίσιο* (context – CX). Στις γενικεύσεις και ειδικεύσεις η παράμετρος τυπικότητας δίδει το

βαθμό κατά τον οποίο ένα αντικείμενο είναι μια τυπική γενίκευση ή ειδικευση ενός άλλου αντικειμένου βάσει των χαρακτηριστικών που ορίζονται στο γενικό πλαίσιο CX. Ομοίως, η παράμετρος βεβαιότητας δίδει τον βαθμό κατά τον οποίο δύο αντικείμενα είναι παρόμοια αν συγκριθούν βάσει των χαρακτηριστικών που ορίζονται στο γενικό πλαίσιο CX. Ο υπολογισμός και των δύο βαθμών αφορά τη σύγκριση των χαρακτηριστικών των εννοιών που συγκρίνονται. Ο μέσος όρος όλων των χαρακτηριστικών που συγκρίνονται, σταθμιζομένων βάσει της σπουδαιότητάς τους, είναι η βάση για τον υπολογισμό των δύο αυτών παραμέτρων.

Υπάρχει επίσης και η παράμετρος κυριαρχίας (dominance), η οποία συνδέεται με τις δηλώσεις GEN και SPEC και υποδηλώνει το ποσοστό που καλύπτει ένα υποσύνολο σε ένα σύνολο. Και τα τέσσερα είδη δηλώσεων συνδέονται με την παράμετρο βεβαιότητας γ , η οποία αναπαριστά τη βεβαιότητα ότι μια δήλωση είναι αληθής. Αναλυτικότερα, οι βαθμοί βεβαιότητας παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα.

4.2.6 Παράμετροι βεβαιότητας

Η βασική θεωρία επίσης εισάγει παραμέτρους βεβαιότητας, οι οποίοι είναι αριθμοί κατά προσέγγιση μεταξύ του 0 και του 1. Οι παράμετροι βεβαιότητας επηρεάζουν τη βεβαιότητα διαφορετικών ευλογοφανών συμπερασματολογιών. Οι βασικές εκφράσεις συνδέονται με ένα σύνολο παραμέτρων που επηρεάζουν το βαθμό με τον οποίο ένας συγκεκριμένος ισχυρισμός είναι αληθής. Συγκεντρωτικά όλοι οι παράμετροι βεβαιότητας παρουσιάζονται στον πίνακα 4.5.

Οι παράμετροι υποθετικής πιθανότητας α και β μπορούν να παρουσιαστούν καλύτερα βάσει του παραδείγματος:

δημητριακό(χώρα)=ρύζι \Leftrightarrow ποσοστό_βροχόπτωσης(χώρα)=υψηλό.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα το α θα είναι υψηλό στην περίπτωση που κάποιος πιστεύει ότι τα περισσότερα μέρη, στα οποία καλλιεργείται ρύζι, έχουν υψηλό ποσοστό βροχόπτωσης, ενώ το β θα είναι χαμηλό αν πιστεύει ότι πολλά μέρη με υψηλό ποσοστό βροχόπτωσης δεν παράγουν ρύζι.

Συνεπώς, οι παράμετροι αυτοί αντικατοπτρίζουν τον τρόπο με τον οποίο οι εξαρτήσεις κατανέμουν τις γνωστές περιπτώσεις του κόσμου.

α	Υποθετική πιθανότητα (conditional likelihood) του ότι το δεξί μέρος μιας εξάρτησης ή μιας συνεπαγωγής έχει μια συγκεκριμένη τιμή (αναφορικό) δεδομένου του ότι το αριστερό μέρος έχει συγκεκριμένη τιμή.
β	Υποθετική πιθανότητα (conditional likelihood) του ότι το αριστερό μέρος μιας εξάρτησης ή μιας συνεπαγωγής έχει μια συγκεκριμένη τιμή δεδομένου του ότι το δεξί μέρος έχει συγκεκριμένη τιμή.
γ	Βαθμός βεβαιότητας (degree of certainty) ότι μια έκφραση είναι αληθής.
τ	Βαθμός τυπικότητας (degree of typicality) ενός υποσυνόλου σε ένα σύνολο.
σ	Βαθμός ομοιότητας (degree of similarity) ενός συνόλου προς ένα άλλο σύνολο.
φ	Συχνότητα (frequency) ενός αναφορικού στον τομέα του ορίσματος. Αυτή η παράμετρος ορίζει την αναλογία των στοιχείων στο σύνολο των ορισμάτων για τα οποία το αναφορικό είναι αληθές.
δ	Κυριαρχία (dominance) ενός υποσυνόλου σε ένα σύνολο.
μ _τ	Πολλαπλότητα του αναφορικού (Multiplicity of referent).
μ _α	Πολλαπλότητα του ορίσματος (Multiplicity of argument).

Πίνακας 4.5 Οι παράμετροι βεβαιότητας της ΑΕΑ

Η πολλαπλότητα του αναφορικού μ_r και η πολλαπλότητα του ορίσματος μ_a είναι στενά συσχετισμένες παράμετροι και εφαρμόζονται στις μη σχεσιακές δηλώσεις. Γενικά, όταν κάποιος δεν γνωρίζει την πολυπλοκότητα μιας συγκεκριμένης ερώτησης, την παράγει από την πιο γενική γνώση του τομέα, για παράδειγμα οι χώρες αντιπροσωπευτικά παράγουν περισσότερα από ένα δημητριακά ενώ κάθε δημητριακό παράγεται σε περισσότερες από μια χώρες.

Οι μετασχηματισμοί δηλώσεων ομοιότητας (SIM) και ανομοιότητας (DIS) επηρεάζονται από το βαθμό ομοιότητας (σ) ο οποίος αναπαριστά την ομοιότητα ενός συνόλου με ένα άλλο. Συγκεκριμένα, αν ο βαθμός ομοιότητας είναι περίπου 1 τότε υπάρχει μεγάλη βεβαιότητα στον μετασχηματισμό, αλλιώς η βεβαιότητα μειώνεται.

Οι μετασχηματισμοί δηλώσεων γενίκευσης (GEN) και ειδίκευσης (SPEC)

επηρεάζονται από το βαθμό τυπικότητας (τ) και την κυριαρχία (δ). Ο βαθμός τυπικότητας αναπαριστά πόσο τυπικό είναι ένα υποσύνολο ενός συνόλου (για παράδειγμα, η αγελάδα είναι ένα τυπικό θηλαστικό). Η κυριαρχία (δ) υποδεικνύει πόσο κυρίαρχο είναι ένα υποσύνολο σε ένα σύνολο (για παράδειγμα, οι ελέφαντες δεν αποτελούν ένα μεγάλο ποσοστό των θηλαστικών).

Οι τιμές της τυπικότητας τ και της ομοιότητας σ δίδουν μια εκτίμηση της συμφωνίας των χαρακτηριστικών. Η πρώτη παράμετρος υπολογίζεται βάσει του υποσυνόλου και του υπερσυνόλου ενώ η δεύτερη υπολογίζεται βάσει της σύγκρισης μεταξύ δύο υποσυνόλων. Για αυτόν το λόγο η θεωρία κάνει την υπόθεση ότι κάθε σύνολο ή έννοια αντιπροσωπεύεται από ένα σύνολο χαρακτηριστικών και ότι οι παράμετροι τ και σ υπολογίζονται βάσει των χαρακτηριστικών που προσδιορίζονται στο γενικό πλαίσιο CX.

Οι διαφορετικές συχνότητες που επιδρούν στη βεβαιότητα των ευλογοφανών συμπερασμάτων με συστηματικούς τρόπους αντιπροσωπεύονται από τη συχνότητα φ και την κυριαρχία δ . Η συχνότητα δηλώνει την αναλογία των μελών του ορίσματος που μπορούν να χαρακτηριστούν από το αναφορικό της δήλωσης. Για παράδειγμα, για τη δήλωση «τρόποι μετακίνησης(πουλιά)={πτήση...}», η παράμετρος φ ορίζει το ποσοστό των πουλιών που πετούν. Αν πετά ένα μεγάλο ποσοστό των πουλιών τότε και η τιμή του φ είναι μεγάλη. Η κυριαρχία αντικατοπτρίζει την αναλογία των μελών ενός συνόλου που ανήκουν και στο υποσύνολο, το οποίο καθορίζεται από τη δήλωση. Για παράδειγμα, τα κοτόπουλα δεν αποτελούν ένα μεγάλο υποσύνολο των πουλιών αλλά αποτελούν ένα μεγάλο ποσοστό των ορνιθοειδών.

Τέλος, η μόνη παράμετρος που εφαρμόζεται σε κάθε έκφραση είναι ο βαθμός βεβαιότητας (γ). Αυτή η παράμετρος υποδεικνύει την πεποίθηση ενός ατόμου ότι μια πρόταση είναι αληθής. Για παράδειγμα, στην τυπική αναπαράσταση των μετασχηματισμών δηλώσεων η παράμετρος βεβαιότητας γ απεικονίζει το βαθμό βεβαιότητας ενός ατόμου για τον συγκεκριμένο μετασχηματισμό. Η τιμή αυτής της παραμέτρου εξαρτάται από τις τιμές των

υπολοίπων παραμέτρων. Παρόλα αυτά, η θεωρία δεν αναφέρει κάποιο συγκεκριμένο τρόπο υπολογισμού της.

4.2.7 Μετασχηματισμοί δηλώσεων

Η απλούστερη κλάση συμπερασματικών σχεδίων ονομάζεται μετασχηματισμός δηλώσεων. Γενικά ένας μετασχηματισμός δηλώσεων είναι η μετακίνηση από μια δήλωση σε μια άλλη. Οι μετασχηματισμοί δηλώσεων εκμεταλλεύονται τις τέσσερις πιθανές σχέσεις μεταξύ των *ορισμάτων* και τις τέσσερις σχέσεις μεταξύ των *αναφορικών* ώστε να παράγουν οχτώ τύπους μετασχηματισμών *δηλώσεων*. Αυτοί οι οχτώ μετασχηματισμοί δηλώσεων επιτρέπουν τη διεξαγωγή ευλογοφανών συμπερασμάτων. Συγκεκριμένα υπάρχουν τέσσερις τύποι μετασχηματισμών δηλώσεων που ονομάζονται μετασχηματισμοί ορισμάτων και τέσσερις τύποι που ονομάζονται μετασχηματισμοί αναφορικών.

Οι *μετασχηματισμοί ορισμάτων* είναι μετασχηματισμοί δηλώσεων στους οποίους αλλάζει ο κόμβος που χαρακτηρίζεται δηλαδή το *όρισμα*. Για την υλοποίηση τους μετακινούνται πάνω, κάτω και πλαγίως στην ιεραρχία ορισμάτων χρησιμοποιώντας τις σχέσεις GEN, SPEC, SIM ή DIS, αντίστοιχα. Παραδείγματα μετασχηματισμών ορισμάτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.6. Οι *μετασχηματισμοί αναφορικών* κάνουν ακριβώς το ίδιο στην ιεραρχία των *αναφορικών* και αλλάζουν τα αποτελέσματα ενός *όρου*. Η βασική διαφορά μεταξύ μετασχηματισμών ορισμάτων και μετασχηματισμών αναφορικών είναι ότι στους πρώτους ο μετασχηματισμός γίνεται στο *όρισμα* ενός *όρου* βάσει μιας ιεραρχίας αντικειμένων, στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο *όρισμα*. Αντιθέτως, στους μετασχηματισμούς αναφορικών ο μετασχηματισμός γίνεται στο αναφορικό μιας δήλωσης βασισμένος σε μια ιεραρχία αντικειμένων, στην οποία ανήκει το αναφορικό. Οι ιεραρχίες ορισμάτων είναι συνήθως διαφορετικές από τις ιεραρχίες αναφορικών. Για παράδειγμα, από την *δήλωση* είδος λουλουδιού(Αγγλία)=τριαντάφυλλα μπορούν να γίνουν οι μετασχηματισμοί δηλώσεων που παρουσιάζονται στον πίνακα 4.6, δεδομένης της ιεραρχίας των λουλουδιών που παρουσιάζεται στο σχήμα 4.1 και μιας παρόμοιας ιεραρχίας γεωγραφικών περιφερειών (σχήμα

4.2).

Μετασχηματισμοί ορισμάτων
GEN Είδος λουλουδιού(Ευρώπη)=τριαντάφυλλα
SPEC Είδος λουλουδιού(Surray)=τριαντάφυλλα
SIM Είδος λουλουδιού(Ολλανδία)=τριαντάφυλλα
DIS Είδος λουλουδιού(Βραζιλία) ≠τριαντάφυλλα
Μετασχηματισμοί αναφορικών
GEN Είδος λουλουδιού(Αγγλία)=εύκρατα λουλούδια
SPEC Είδος λουλουδιού(Αγγλία)=κίτρινα τριαντάφυλλα
SIM Είδος λουλουδιού(Αγγλία)=παιώνιες
DIS Είδος λουλουδιού(Αγγλία) ≠μπουκανβίλλιες

Πίνακας 4.6 Παραδείγματα οκτώ τύπων μετασχηματισμών δηλώσεων για την δήλωση είδος λουλουδιού(Αγγλία)=τριαντάφυλλα

Δεδομένου του γεγονότος ότι τα τριαντάφυλλα ευδοκιμούν στην Αγγλία, ο πρώτος μετασχηματισμός ορίσματος γενίκευσης είναι ότι τα τριαντάφυλλα ευδοκιμούν σε όλη την Ευρώπη όπου ανήκει και η Αγγλία, το οποίο είναι ένα είδος επαγωγής. Ομοίως για την ειδικευση, προκύπτει το ευλογοφανές συμπέρασμα ότι στην κομητεία του Surrey στη νότια Αγγλία ευδοκιμούν τριαντάφυλλα. Οι SIM και DIS συμπερασματολογίες πραγματοποιούνται στο γενικότερο πλαίσιο. Στην περίπτωση των μετασχηματισμών ορισμάτων το γενικό πλαίσιο είναι «χώρες του κόσμου ως προς την μεταβλητή κλίμα». Η Ολλανδία είναι παρόμοια με την Αγγλία όσον αφορά το κλίμα, ενώ η Βραζιλία είναι αρκετά ανόμοια (SIM και DIS μετασχηματισμοί ορισμάτων). Συνεπώς, κάποιος μπορεί ευλογοφανώς να συμπεράνει ότι τα τριαντάφυλλα ευδοκιμούν και στην Ολλανδία όχι όμως και στην Βραζιλία.

Αν κάποιος πιστεύει ότι τα τριαντάφυλλα ευδοκιμούν στην Αγγλία, τότε μπορεί ευλογοφανώς να συμπεράνει τους μετασχηματισμούς αναφορικών που παρουσιάζονται στον πίνακα 4.6. Δεδομένου του ότι τα κίτρινα τριαντάφυλλα είναι ένα είδος τριαντάφυλλου, το οποίο είναι ένα είδος εύκρατου λουλουδιού, τότε μπορεί κάποιος ευλογοφανώς να συμπεράνει ότι τα κίτρινα τριαντάφυλλα (SPEC μετασχηματισμός αναφορικού) και τα εύκρατα λουλούδια (GEN μετασχηματισμός αναφορικού) επίσης ευδοκιμούν

στην Αγγλία. Είναι επίσης λογικό ότι οι παιώνιες ευδοκούν στην Αγγλία, αφού είναι παρόμοιες με τα τριαντάφυλλα, ως προς το κλίμα που ευδοκούν. Παρόλα αυτά, η μπουκανβίλλια ευδοκμεί σε πιο τροπικά κλίματα, οπότε είναι σχετικά απίθανο να ευδοκμεί στην Αγγλία. Αυτές οι ευλογοφανείς συμπερασματολογίες μπορεί να είναι σωστές ή λανθασμένες.

Η τυπική αναπαράσταση των μετασχηματισμοί δηλώσεων ομοιότητας, οι οποίοι είναι αρκετά σημαντικοί, παρουσιάζονται στη συνέχεια:

1. GEN μετασχηματισμοί ορίσματος

$$d(a) = r: \gamma 1, \phi, \mu_a$$

$$a' \text{ GEN } a \text{ στο } CX(a', D(a')): \tau, \gamma 2, \delta$$

$$D(a') \leftrightarrow d(a'): \alpha, \gamma 3$$

$$d(a') = r: \gamma = f(\gamma 1, \phi, \mu_a, \tau, \gamma 2, \delta, \alpha, \gamma 3)$$

Π.χ. `internal_organ(chicken) = gizzard, ...: \gamma 1= high, \phi =high, \mu_a = interminate`

`bird GEN chicken στο CX(bird, biological_characteristics(bird)): \tau = high, \gamma 2= high, \delta = low`

`biological_characteristics(bird) \leftrightarrow internal_organ(bird):`

$$\alpha = high, \gamma 3 = high$$

$$\text{internal_organ(bird) = gizzard, ...: } \gamma = high$$

2. SPEC μετασχηματισμοί ορίσματος

$$d(a) = r: \gamma 1, \phi$$

$$a' \text{ SPEC } a \text{ στο } CX(a, D(a)): \tau, \gamma 2, \delta$$

$$D(a) \leftrightarrow d(a): \alpha, \gamma 3$$

$$d(a') = r: \gamma = f(\gamma 1, \phi, \tau, \gamma 2, \delta, \alpha, \gamma 3)$$

Π.χ. `mountains(S.A. country) = Andes, ...: \gamma 1= high, \phi =high, \mu_a = interminate`

`Uruguay SPEC S.A. country στο CX(S.A. country, characteristics(S.A. country)): \tau = high, \gamma 2= high, \delta = low`

characteristics(S.A. country) \leftrightarrow mountains(S.A. country):

$\alpha = \text{moderate}, \gamma 3 = \text{high}$

mountains(Uruguay) = Andes, ...: $\gamma = \text{moderate}$

3. SIM μετασχηματισμοί ορίσματος

$d(a) = r: \gamma 1, \phi, \mu_a$

a' SIM a στο CX(A, D(A)): $\sigma, \gamma 2$

D(A) \leftrightarrow d(A): $\alpha, \gamma 3$

a, a' SPEC A: $\gamma 4, \gamma 5$

$d(a') = r: \gamma = f(\gamma 1, \phi, \mu_a, \sigma, \gamma 2, \alpha, \gamma 3, \gamma 4, \gamma 5)$

Π.χ. livestock(West Texas) = cattle, ...: $\gamma 1 = \text{high}, \phi = \text{high}, \mu_a = \text{high}$

Chaco SIM West Texas στο CX(region, vegetation(region)): $\sigma = \text{moderate}, \gamma 2 = \text{moderate}$

vegetation(region) \leftrightarrow livestock(region): $\alpha = \text{high}, \gamma 3 = \text{high}$

West Texas, Chaco SPEC region: $\gamma 4 = \text{high}, \gamma 5 = \text{high}$

livestock(Chaco) = cattle, ...: $\gamma = \text{moderate}$

4. DIS μετασχηματισμοί ορίσματος

$d(a) = r: \gamma 1, \phi, \mu_a$

a' SIM a στο CX(A, D(A)): $\sigma, \gamma 2$

D(A) \leftrightarrow d(A): $\alpha, \gamma 2$

a, a' SPEC A: $\gamma 4, \gamma 5$

$d(a') \neq r: \gamma = f(\gamma 1, \phi, \mu_a, \sigma, \gamma 2, \alpha, \gamma 3, \gamma 4, \gamma 5)$

Π.χ. Sound(duck) = quack, ...: $\gamma 1 = \text{high}, \phi = \text{high}, \mu_a = \text{low}$

Goose DIS duck στο CX(bird, vocal_cords(bird)): $\sigma = \text{low}, \gamma 2 = \text{moderate}$

vocal_cords(bird) \leftrightarrow sound(bird): $\alpha = \text{high}, \gamma 3 = \text{low}$

Duck, goose SPEC bird: $\gamma 4 = \text{high}, \gamma 5 = \text{high}$

Sound(goose) \neq quack, ...: $\gamma = \text{low}$

5. GEN μετασχηματισμοί αναφορικού

$$d(a) = r: \gamma 1, \phi, \mu_r$$

$$r' \text{ GEN } r \text{ στο } CX(d, D(d)): \tau, \gamma 2, \delta$$

$$D(d) \leftrightarrow A(d): \alpha, \gamma 3$$

$$a \text{ SPEC } A: \gamma 4$$

$$d(a) = r' \dots \gamma = f(\gamma 1, \phi, \mu_r, \tau, \delta, \alpha, \gamma 3, \gamma 4)$$

Π.Χ. agricultural_product(Honduras) = bananas, ...: $\gamma 1 = \text{unknown}$,

$\phi = \text{high}$, $\mu_r = \text{high}$

Tropical fruits GEN bananas στο $CX(\text{agricultural_products}$,

$\text{climate}(\text{agricultural_products}))$: $\tau = \text{high}$, $\gamma 2 = \text{high}$, $\delta = \text{low}$

$\text{climate}(\text{agricultural_products}) \leftrightarrow \text{place}(\text{agricultural_products})$:

$\alpha = \text{high}$, $\gamma 3 = \text{high}$

agricultural_products (Honduras) = tropical fruits, ...: $\gamma = \text{moderate}$

6. SPEC μετασχηματισμοί αναφορικού

$$d(a) = r \dots : \gamma 1, \phi$$

$$r' \text{ SPEC } r \text{ στο } CX(d, D(d)): \tau, \gamma 2, \delta$$

$$D(d) \leftrightarrow A(d): \alpha, \gamma 3$$

$$a \text{ SPEC } A: \gamma 4$$

$$d(a) = r' \dots \gamma = f(\gamma 1, \phi, \tau, \gamma 2, \delta, \alpha, \gamma 3, \gamma 4)$$

Π.Χ. minerals(South Africa) = diamonds, ...: $\gamma 1 = \text{high}$, $\phi = \text{high}$

Industrial diamonds SPEC diamonds στο $CX(\text{minerals}$,

$\text{characteristics}(\text{minerals}))$: $\tau = \text{high}$, $\gamma 2 = \text{high}$, $\delta = \text{high}$

$\text{characteristics}(\text{minerals}) \leftrightarrow \text{place}(\text{minerals})$:

$\alpha = \text{moderate}$, $\gamma 3 = \text{high}$

South Africa SPEC place: $\gamma 4 = \text{high}$

minerals(South Africa) = industrial diamonds, ...: $\gamma = \text{high}$

7. SIM μετασχηματισμοί αναφορικού

$d(a) = r \dots : \gamma 1, \phi, \mu_r$

$r' \text{ SIM } r \text{ στο } CX(d, D(d)): \sigma, \gamma 2$

$D(d) \leftrightarrow A(d): \alpha, \gamma 3$

$a \text{ SPEC } A: \gamma 4$

$d(a) = r' \dots : \gamma = f(\gamma 1, \phi, \mu_r, \sigma, \gamma 2, \alpha, \gamma 3, \gamma 4)$

Π.χ. $\text{Sound}(\text{wolf}) = \text{howl}, \dots : \gamma 1 = \text{high}, \phi = \text{high}, \mu_r = \text{low}$

$\text{bark SIM howl στο } CX(\text{sound}, \text{means_of_production}(\text{sound})): \sigma = \text{high}, \gamma 4 = \text{high}$

$\text{Sound}(\text{wolf}) = \text{bark}, \dots : \gamma = \text{moderate}$

8. DIS μετασχηματισμοί αναφορικού

$d(a) = r \dots : \gamma 1, \phi, \mu_r$

$r' \text{ DIS } r \text{ στο } CX(d, D(d)): \sigma, \gamma 2$

$D(d) \leftrightarrow A(d): \alpha, \gamma 3$

$a \text{ SPEC } A: \gamma 4$

$d(a) \neq r' \dots : \gamma = f(\gamma 1, \phi, \mu_r, \sigma, \gamma 2, \alpha, \gamma 3, \gamma 4)$

Π.χ. $\text{color}(\text{princess_phones}) = \{\text{white}, \text{pink}, \text{yellow} \dots\}$:

$\gamma 1 = \text{high}, \phi = \text{high}, \mu_r = \text{moderate}$

$\sigma = \text{low}, \gamma 2 = \text{high}$

$\text{lightness}(\text{color}) \leftrightarrow \text{phone_type}(\text{color}): \alpha = \text{low}, \gamma 3 = \text{high}$

$\text{princess_phone SPEC phone}: \gamma 4 = \text{high}$

$\text{color}(\text{princess_phones}) \neq \text{black}, \dots : \gamma = \text{moderate}$

4.3 Σχολιασμός των μετασχηματισμών δηλώσεων της AEA

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά της AEA καθώς και το πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο γενικό πλαίσιο ενός συστήματος παροχής βοήθειας.

4.3.1 Μετασχηματισμοί δηλώσεων για την απάντηση ερωτήσεων

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζεται η χρήση μετασχηματισμών δηλώσεων για την αναζήτηση απαντήσεων σε ερωτήσεις, για τις οποίες ο χρήστης δε γνωρίζει την απάντηση εκ των προτέρων. Για την καλύτερη περιγραφή των μετασχηματισμών δηλώσεων θα αναλυθεί το παράδειγμα της ενότητας 4.2.1 χρησιμοποιώντας τα στοιχεία του πίνακα 4.1. Σε αυτόν τον πίνακα οι τίτλοι των στηλών αντιστοιχούν στους περιγραφείς, οι τίτλοι των γραμμών αντιστοιχούν στα ορίσματα και κάθε άλλο στοιχείο του πίνακα αντιστοιχεί στο αναφορικό της δήλωσης όπου ο περιγραφέας και το όρισμα αντιστοιχούν στη στήλη και τη γραμμή του στοιχείου αυτού, αντίστοιχα. Όλα τα στοιχεία του πίνακα που έχουν ένα ερωτηματικό, αντιστοιχούν σε αναφορικά άγνωστα στον άνθρωπο, του οποίου η γνώση μοντελοποιείται.

Κάθε όρος αντιστοιχεί σε μια ερώτηση και κάθε αναφορικό αντιστοιχεί στην απάντηση αυτής της ερώτησης. Για παράδειγμα, η ερώτηση «Ποιο είναι το κλίμα της Φλόριδας;» Αντιστοιχεί στον όρο «κλίμα(Φλόριδα)». Η απάντηση σε αυτή την ερώτηση είναι το αναφορικό του παραπάνω όρου. Αν τιμή του αναφορικού υπάρχει στον πίνακα, αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης γνωρίζει την απάντηση, π.χ. στην παραπάνω ερώτηση το αναφορικό είναι «υποτροπικό» αφού ο χρήστης γνωρίζει την απάντηση. Στην περίπτωση όμως του όρου «ποσοστό_βροχόπτωσης(Ιταλία)» (δηλαδή: Ποιο είναι το ποσοστό βροχόπτωσης στην Ιταλία;) ο χρήστης δεν γνωρίζει την απάντηση εκ των προτέρων και πρέπει να βρει την απάντηση χρησιμοποιώντας συμπερασματολογικούς κανόνες.

Για την απάντηση της ερώτησης χρησιμοποιείται μετασχηματισμός ορίσματος και αναζητείται ένα άλλο όρισμα να αντικαταστήσει αυτό του όρου που εξετάζεται. Το όρισμα που αναζητείται πρέπει να έχει γνωστό αναφορικό για τον περιγραφέα «ποσοστό_βροχόπτωσης» αλλά και να έχει παρόμοιο, αν όχι ίδιο, αναφορικό με το αρχικό όρισμα σε έναν άλλον περιγραφέα που είναι παρόμοιος με τον περιγραφέα του όρου που εξετάζεται («ποσοστό_βροχόπτωσης»). Για παράδειγμα, το όρισμα «Αίγυπτος» θα μπορούσε να αντικαταστήσει το όρισμα «Ιταλία», διότι το αναφορικό του

όρου «ποσοστό_βροχόπτωσης(Αίγυπτος)» είναι γνωστό και η «Ιταλία» είναι παρόμοια με την «Αίγυπτο» όσον αφορά την παροχή νερού και την ύπαρξη ποταμιών.

Οι μετασχηματισμοί αναφορικών δεν είναι τόσο ευθείς για την απάντηση ερωτήσεων από τον πίνακα. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι η αρχική δήλωση έχει άγνωστο αναφορικό. Αν το αναφορικό είναι εντελώς άγνωστο τότε η δήλωση δε μπορεί να μετασχηματιστεί. Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα δίδεται με την υπόθεση ότι ο άνθρωπος, του οποίου η γνώση μοντελοποιείται, έχει κάποια ιδέα για το τι μπορεί να είναι το τελικό αναφορικό και έτσι οδηγείται στο συμπέρασμα. Στο παραπάνω παράδειγμα κάποιος μπορεί να γνωρίζει ότι το ποσοστό βροχόπτωσης μπορεί να είναι πολύ χαμηλό, υψηλό, μέτριο κλπ, τα οποία αναπαρίστανται και σε μια ιεραρχία, και προσπαθεί να βρει ποιο είναι πιο πιθανό.

4.3.2 Εσωτερική δομή των μετασχηματισμών δηλώσεων

Οποιοσδήποτε μετασχηματισμός δήλωσης είναι η μετατροπή μιας δήλωσης σε μια άλλη. Οι μετασχηματισμοί ορίσματος έχουν παρόμοια δομή με τους μετασχηματισμούς αναφορικών. Η μόνη διαφορά αφορά τις μεταβλητές που λαμβάνουν μέρος στη δομή τους.

Κάθε μετασχηματισμός ορίσματος αποτελείται από τρεις ή τέσσερις προτάσεις συλλογισμού και ένα συμπέρασμα. Συγκεκριμένα, οι GEN ή SPEC μετασχηματισμοί ορίσματος έχουν τρεις προτάσεις συλλογισμού ενώ οι υπόλοιπες έχουν τέσσερις. Για παράδειγμα, ο μετασχηματισμός ορίσματος με γενίκευση εκφράζεται σύμφωνα με την θεωρία:

1. $d(a) = r$
2. $a' \text{ GEN } a \text{ στο } CX(a', D(a'))$
3. $D(a') \leftrightarrow d(a')$

Και το συμπέρασμα είναι $d(a') = r$

Αντιθέτως, ο μετασχηματισμός ορίσματος με ομοιότητα έχει τέσσερις προτάσεις συλλογισμού.

1. $d(a) = r$
2. a' SIM a στο $CX(A, D(A))$
3. $D(A) \leftrightarrow d(A)$
4. a, a' SPEC A

Και το συμπέρασμα είναι $d(a') = r$

Οι τέσσερις προτάσεις συλλογισμού αφορούν τη γνωστή πρόταση ($d(a) = r$), τη σχέση των δύο ορισμάτων σε κάποιο γενικό πλαίσιο (a' SIM a στο $CX(A, D(A))$), την αμοιβαία εξάρτηση μεταξύ των περιγραφών που ορίζονται στο γενικό πλαίσιο και των περιγραφών των δηλώσεων ($D(A) \leftrightarrow d(A)$), καθώς και τη σχέση των δύο ορισμάτων σε κάποια ιεραρχία (a, a' SPEC A).

4.4 Εφαρμογές της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης σε Ευφυή Συστήματα Βοήθειας και Διδασκαλίας

Η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση [Collins & Michalski 1989] είναι μια ανεξάρτητη του τομέα εφαρμογής της θεωρία, η οποία βασίζεται σε ένα σύνολο απαντήσεων που δίνουν οι άνθρωποι σε καθημερινές ερωτήσεις. Ξεκινώντας από την ερώτηση που γίνεται σε ένα άτομο, η θεωρία προσπαθεί να μοντελοποιήσει την αιτιολόγηση που χρησιμοποιεί το άτομο αυτό ώστε να βρει μια ευλογοφανή απάντηση, θεωρώντας ότι αυτός δε γνωρίζει την απάντηση εκ των προτέρων. Από αυτήν την άποψη η θεωρία προσπαθεί να μοντελοποιήσει την ανθρώπινη αιτιολόγηση βάσει των αναλογιών που χρησιμοποιούνται, όταν οι άνθρωποι κάνουν ευλογοφανείς υποθέσεις για ένα θέμα που δε γνωρίζουν καλά.

Η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση έχει εφαρμοστεί σε μερικά συστήματα με διαφορετικούς τομείς εφαρμογής. Η πρώτη εφαρμογή της θεωρίας έγινε στο ΕΣΒ RESCUER [Virvou 1992; Virvou 1998; Virvou 1999; Virvou & Du Boulay 1999] και χρησιμοποιήθηκε για τη μοντελοποίηση της αιτιολόγησης των χρηστών του UNIX, όταν προσπαθούν να αλληλεπιδράσουν με ένα σύστημα διεπαφής γραμμής εντολών για να διαχειριστούν τα αρχεία και τους φακέλους τους. Έτσι, το σύστημα βοήθειας χρησιμοποίησε τη θεωρία ώστε να κάνει υποθέσεις για τις προθέσεις του

χρήστη και να παρέχει βοήθεια, όταν αυτό εθεωρείτο απαραίτητο.

Μια αρκετά παρόμοια προσέγγιση είναι αυτή που υιοθετήθηκε και από το IFM. Και το IFM, όπως και το RESCUER, χρησιμοποιεί την Ανθρώπινη Ευλογοφανή αιτιολόγηση ώστε να κάνει υποθέσεις σχετικά με τις πιθανές προθέσεις ενός χρήστη που διαχειρίζεται το σύστημα αρχείων του υπολογιστή του και να παρέχει αυτόματη βοήθεια, όταν αυτός κάνει κάποιο λάθος. Η βασική διαφορά αυτού του συστήματος με το προηγούμενο είναι ότι το IFM έχει γραφικό σύστημα διεπαφής και για αυτόν το λόγο η διαδικασία μοντελοποίησης διαφέρει σημαντικά. Στο RESCUER ο χρήστης επικοινωνεί με τον υπολογιστή μέσω γραμμών εντολών, ενώ στο IFM ο χρήστης έχει στη διάθεσή του ένα πλήθος δυνατοτήτων υλοποίησης μιας εντολής (π.χ. mouse events). Η εφαρμογή της θεωρίας σε δύο τόσο διαφορετικούς τομείς αποκάλυψε τη δυνατότητα χρησιμοποίησής της για τη δημιουργία ενός γενικότερου πλαισίου ανάπτυξης και ενσωμάτωσης ευφυούς και «ανθρώπινης» βοήθειας στα γραφικά συστήματα διεπαφής.

Ως εκ τούτου, η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση εφαρμόστηκε και σε ένα άλλο σύστημα παροχής ευφυούς βοήθειας με γραφικό σύστημα διεπαφής, το I-Mailer [Kabassi & Virvou 2003a; Kabassi & Virvou 2003b; Kabassi, Virvou & Despotis 2003], για την παροχή άμεσης βοήθειας. Το I-Mailer χρησιμοποιεί τη θεωρία ώστε να παρέχει βοήθεια στους χρήστες που διαχειρίζονται το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο τους, κάνοντας ευλογοφανείς υποθέσεις για τους στόχους των χρηστών καθώς αποστέλλουν και λαμβάνουν ηλεκτρονικά μηνύματα, ή κατά τη διάρκεια οργάνωσης του ηλεκτρονικού τους ταχυδρομείου.

Ένας άλλος αρκετά διαφορετικός τομέας εφαρμογής της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης ήταν τα προγράμματα εκπαίδευσης. Για την ακρίβεια, η θεωρία έχει εφαρμοστεί σε ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα για γεωμετρία [Alexandris, Virvou & Moundridou 1998], ένα εργαλείο συγγραφής ευφυών διδακτικών συστημάτων, το NEITS-Author [Virvou 2002; Virvou 2003], καθώς και σε ένα παιχνίδι εικονικής πραγματικότητας που λειτουργεί ως εκπαιδευτική εφαρμογή, το VR-ENGAGE [Virvou et al.

2002].

Το NEITS-Author χρησιμοποιείται για τη δημιουργία Ευφυών Διδακτικών Συστημάτων (ΕΔΣ), τα οποία παρουσιάζουν τα μαθήματα στους χρήστες τους και στη συνέχεια εκτιμούν τη γνώση τους μέσω ασκήσεων. Το βασικό χαρακτηριστικό του ΕΔΣ που προκύπτει είναι ότι οι χρήστες δεν δίνουν απλά τη σωστή απάντηση, αλλά καλούνται και να την αιτιολογήσουν. Το ΕΔΣ στη συνέχεια χρησιμοποιεί την Ανθρώπινη Ευλογοφανή Αιτιολόγηση για να μοντελοποιήσει τη λογική των χρηστών και διαπραγματεύεται με το χρήστη τις σωστές απαντήσεις.

Παρομοίως, το VR-ENGAGE [Virvou et al. 2002] χρησιμοποιεί την Ανθρώπινη Ευλογοφανή Αιτιολόγηση, για να αξιολογήσει την ευλογοφάνεια των αποκρίσεων των μαθητών σε έναν τομέα, όπως είναι η γεωγραφία. Συγκεκριμένα, οι χρήστες πλοηγούνται σε ένα τρισδιάστατο κόσμο και καλούνται να απαντήσουν κάποιες ερωτήσεις γνώσεων. Αν απαντήσουν σωστά στις ερωτήσεις που τους τίθενται, τους παρέχεται βοήθεια ή κλειδιά ώστε να βρουν την έξοδο από τον εικονικό κόσμο που βρίσκονται. Το σύστημα όμως δεν εξετάζει απλά την ορθότητα ή όχι των απαντήσεων των μαθητών, αλλά ελέγχει και την ευλογοφάνειά τους. Και σε αυτή όμως την περίπτωση, όπως και στη προηγούμενη, ο μαθητής πρέπει να περιγράψει άμεσα τη διαδικασία αιτιολόγησης που τον οδήγησε στη συγκεκριμένη απάντηση. Αφού ελεγχθεί η αιτιολόγηση που υιοθετήθηκε, ο χρήστης διαπραγματεύεται με το σύστημα την απάντηση, μέχρι να οδηγηθεί στη σωστή απάντηση.

Η ενσωμάτωση και εφαρμογή της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης σε όλα τα παραπάνω συστήματα στόχευε στον εμπλουτισμό των ΕΣΒ και των ΕΔΣ με τη δυνατότητα να παρακολουθήσουν την ατελή αλλά ευλογοφανή αιτιολόγηση των χρηστών και μαθητών, αντίστοιχα. Στην περίπτωση των ΕΣΒ, το σύστημα διεπαφής γραμμής εντολών (RESCUER) είναι πολύ διαφορετικό από το γραφικό σύστημα διεπαφής (IFM, I-Mailer) αλλά η θεωρία κατάφερε επιτυχώς να μοντελοποιήσει την αιτιολόγηση των χρηστών και στις δύο κατηγορίες συστημάτων. Από την άλλη πλευρά, στην

περίπτωση των διδακτικών συστημάτων, η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση χρησιμοποιήθηκε ώστε να ακολουθήσει την αιτιολόγηση των μαθητών, όταν προσπαθούσαν να διαμορφώσουν τις απαντήσεις τους στις ερωτήσεις των διαφόρων εξετάσεων (tests). Με αυτόν τον τρόπο, το ΕΔΣ μπορεί να εκτιμήσει την απόδοση των μαθητών βασίζόμενο όχι μόνο στην ορθότητα ή όχι των απαντήσεων τους, αλλά και στη διαδικασία αιτιολόγησης που ακολουθούν. Πράγματι, η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση αποδείχθηκε αρκετά αποτελεσματική, αφού κατάφερε επιτυχώς να προσομοιώσει την αιτιολόγηση των μαθητών σε μια ποικιλία τομέων, όπως είναι η ανατομία, η γεωγραφία, κ.ά

Ένα πρόβλημα όμως της θεωρίας είναι ότι δεν έχει ολοκληρωθεί σε όλες τις λεπτομέρειές της από τους δημιουργούς της. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο ακριβής υπολογισμός της παραμέτρου βεβαιότητας που προβλέπει η θεωρία. Το πρόβλημα αυτό λύθηκε συνδυάζοντας τη θεωρία με κάποια θεωρία λήψης απόφασης. Οι εφαρμογές των θεωριών λήψης αποφάσεων παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα.

4.5 Συμπεράσματα

Τα δύο σημαντικότερα στοιχεία των μετασχηματισμών δηλώσεων, τα οποία μπορούν να αποδώσουν και την σημασία των μετασχηματισμών είναι:

1. ο μετασχηματισμός της γνωστής δήλωσης
2. η σχέση μεταξύ των αντικειμένων (ορισμάτων ή αναφορικών) που συγκρίνονται στην ιεραρχία.

Η τυπική αναπαράσταση των μετασχηματισμών δηλώσεων είναι πολύ καλώς ορισμένη και όλα τα στοιχεία δείχνουν να συνεισφέρουν στην «ευλογοφάνεια» του συμπεράσματος.

Οι μετασχηματισμοί δηλώσεων είναι η βασική πηγή για τα συμπερασματολογικά πρότυπα που χρησιμοποιεί το σύστημα παροχής βοήθειας αφού αναπαριστούν την ανθρώπινη αιτιολόγηση βήμα-προς-βήμα. Ειδικότερα οι δηλώσεις με πολλαπλούς περιγραφείς φαίνονται να μπορούν να αναλύσουν καλύτερα τις ενέργειες των χρηστών από τις δηλώσεις με έναν

περιγραφέα και γι' αυτό έχουν χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα.

Όμως η θεωρία παρουσιάζει και μερικά αδύνατα σημεία, τα οποία προκύπτουν από το ότι δεν έχουν οριστεί πλήρως όλες οι λεπτομέρειές της. Ένα από τα βασικότερα προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά την εφαρμογή της ΑΕΑ είναι ότι η θεωρία δεν έχει κάποιο ορισμό υπολογισμού των τιμών των παραμέτρων βεβαιότητας. Παρόλα αυτά, οι παράμετροι βεβαιότητας παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στους μετασχηματισμούς δηλώσεων. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι θεωρίες λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια.

Στο επόμενο κεφάλαιο περιγράφονται τρεις διαφορετικές θεωρίες λήψης αποφάσεων οι οποίες μπορούν να συνδυαστούν με την ΑΕΑ και να τυποποιηθεί ο τρόπος υπολογισμού των παραμέτρων βεβαιότητας. Οι θεωρίες αυτές είναι σύμφωνες με τις υποθέσεις που γίνονται από τους δημιουργούς της ΑΕΑ σχετικά με τις παραμέτρους βεβαιότητας. Για παράδειγμα, η θεωρία υποθέτει ότι η παράμετρος βεβαιότητας γ προκύπτει από το σταθμιζόμενο μέσο των υπόλοιπων παραμέτρων.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Θεωρίες Λήψης Αποφάσεων

5.1 Εισαγωγή

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται μια πληθώρα θεωριών λήψης αποφάσεων. Αυτές όμως που φαίνεται να μπορούν καλύτερα να μοντελοποιήσουν τον κόσμο γύρω μας είναι οι θεωρίες λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (Multiple Criteria Decision Making) [Zeleny 1982; Yoon & Hwang 1995]. Πράγματι, σε πραγματικές συνθήκες, οι άνθρωποι είναι αναγκασμένοι να λαμβάνουν αποφάσεις, οι οποίες συνήθως αναφέρονται σε πολλούς στόχους, απόψεις ή κριτήρια. Η αναπαράσταση των διαφορετικών πλευρών (απόψεων, παραγόντων, χαρακτηριστικών) ενός προβλήματος με την βοήθεια ενός συνόλου από κριτήρια είναι αναμφίβολα το πιο εκλεπτυσμένο μέρος της τυποποίησης ενός προβλήματος λήψης απόφασης [Bouyssou 1990].

Οι θεωρίες λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια αφορούν στη λήψη αποφάσεων προτίμησης, όπως η αξιολόγηση, η κατάταξη με σειρά

προτεραιότητας και η επιλογή μεταξύ των διαθέσιμων εναλλακτικών λύσεων που χαρακτηρίζονται από πολλά και συνήθως αντικρουόμενα χαρακτηριστικά [Hwang and Yoon 1981]. Έτσι, όπως υποδεικνύουν και το όνομά τους, οι θεωρίες λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων χαρακτηρίζονται από μεθόδους, που υποστηρίζουν διαδικασίες προγραμματισμού και αποφάσεων με τη συλλογή, αποθήκευση και επεξεργασία διαφόρων ειδών πληροφοριών ώστε να λύσουν ένα πολυ-κριτήριο πρόβλημα απόφασης [Lahdelma, Salminen & Hokkanen 2000]. Παρόλο που η έρευνα στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης έχει επανειλημμένως προσπαθήσει να μοντελοποιήσει τη λογική των χρηστών, οι θεωρίες λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια δεν είχαν λάβει την προσοχή που θα τους άρμοζε.

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται αρχικά ένα βασικό μοντέλο λήψης αποφάσεων, το Απλό Σταθμισμένο Άθροισμα και στη συνέχεια, παρατίθενται δύο πιο εκλεπτυσμένες μέθοδοι λήψης αποφάσεων. Πρώτη παρουσιάζεται η Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας καθώς και ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιείται ώστε να μοντελοποιηθούν οι προτιμήσεις ενός λήπτη αποφάσεων. Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια διαφορετική θεωρία αποτίμησης της αποδοτικότητας των μονάδων απόφασης, η οποία ονομάζεται Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων. Η παρουσίαση όλων των θεωριών γίνεται με έμφαση στα στοιχεία που είναι απαραίτητα ώστε να εφαρμοστούν στη συνέχεια σε ένα σύστημα παροχής ευφυούς βοήθειας.

5.2 Βασικά στοιχεία των θεωριών λήψης αποφάσεων

Όπως υποστηρίζει ο Vincke [1992], ένα πολυ-κριτήριο πρόβλημα απόφασης είναι μια κατάσταση, στην οποία έχοντας ορίσει ένα σύνολο A από ενέργειες και μια σταθερή ομάδα F από n κριτήρια g_1, g_2, \dots, g_n ($n \geq 3$) στο A , κάποιος επιθυμεί να κατατάξει τις ενέργειες του A από την καλύτερη στην χειρότερη και να ορίσει ένα υποσύνολο από ενέργειες που θεωρούνται καλύτερες ως προς το F . Για παράδειγμα, ένα πολυ-κριτήριο πρόβλημα είναι η κατάταξη των x προκριθέντων ενός μουσικού διαγωνισμού από τον καλύτερο στον χειρότερο: το A ορίζεται με την απαρίθμηση των στοιχείων

του. Η κατάταξη γίνεται από τον λήπτη αποφάσεων (Decision Maker), ο οποίος μπορεί να είναι είτε άνθρωπος είτε ένας αυτόματος πράκτορας που έχει ενσωματωθεί σε ένα σύστημα λογισμικού. Στην περίπτωση που ο λήπτης αποφάσεων είναι ένας πράκτορας, η διαδικασία λήψης αποφάσεων είναι αυτόματη και βασίζεται στην εμπειρογνωμοσύνη που έχει προηγουμένως καθοριστεί από έναν ειδικό. Ο ειδικός αυτός έχει χρησιμοποιηθεί για τον πράκτορα ως ένα ανθρώπινο μοντέλο λήπτη αποφάσεων.

Δεδομένης της πολυπλοκότητας των προβλημάτων λήψης αποφάσεων, δεν είναι πάντοτε εφικτό το σύνολο των εναλλακτικών ενεργειών να έχει προκαθοριστεί. Υπάρχει περίπτωση το σύνολο A να αναπτύσσεται κατά την διάρκεια της λήψης μιας απόφασης. Έτσι το A μπορεί να είναι:

- *σταθερό (stable)*: αν είναι προκαθορισμένο και δεν μπορεί να τροποποιηθεί κατά τη διάρκεια της διαδικασίας λήψης μιας απόφασης.
- *εξελισσόμενο (evolutive)*: αν μπορεί να τροποποιηθεί κατά τη διάρκεια της διαδικασίας λήψης μιας απόφασης, είτε επειδή παρουσιάζονται ενδιάμεσα αποτελέσματα, είτε επειδή το πρόβλημα απόφασης προκύπτει σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον.

Επίσης, το σύνολο των εναλλακτικών ενεργειών A μπορεί να είναι:

- *καθολικό (globalised)*: όταν κάθε στοιχείο του A αποκλείει οποιοδήποτε άλλο.
- *τμηματικό (fragmented)*: όταν τα αποτελέσματα της διαδικασίας λήψης μιας απόφασης μπορεί να περιλαμβάνουν και συνδυασμούς των στοιχείων του A .

Οι προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων σχετικά με τις εναλλακτικές ενέργειες του A διαμορφώνονται και υποστηρίζονται βάσει των n απόψεων που πηγάζουν κατάλληλα από τα κριτήρια που περιέχονται στο F . Όταν ο

λήπτης αποφάσεων πρέπει να συγκρίνει δύο ενέργειες a και b , υπάρχουν τρεις σχέσεις που μπορούν να περιγράψουν το αποτέλεσμα της σύγκρισης:

1. aPb : αν ο λήπτης αποφάσεων προτιμά το a από το b ,
2. aIb : αν και οι δύο εναλλακτικές έχουν την ίδια βαρύτητα για τον λήπτη αποφάσεων,
3. aJb : για αδυναμία σύγκρισης. Σε αυτή την περίπτωση ο λήπτης αποφάσεων δεν μπορεί να συγκρίνει το a με το b .

Σύμφωνα με την κλασική προσέγγιση, ένα πρόβλημα λήψης αποφάσεων μπορεί να μεταφραστεί ως η βελτιστοποίηση μιας συνάρτησης g ορισμένης στο A : Όταν ο λήπτης αποφάσεων προτιμά το a από το b τότε $g(a) > g(b)$. Όταν $g(a) = g(b)$ τότε το a και το b είναι εναλλακτικές ενέργειες που έχουν την ίδια βαρύτητα για τον λήπτη αποφάσεων. Επιπλέον, ως κριτήριο ορίζεται μια συνάρτηση g , οριζόμενη στο A , που λαμβάνει τις τιμές της σε ένα σύνολο ολικής διάταξης και αναπαριστά τις προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων ως προς κάποια άποψη. Συνεπώς, η αξιολόγηση μιας ενέργειας b σύμφωνα με το κριτήριο j συμβολίζεται ως $g_j(b)$.

5.3 Απλό Σταθμισμένο Αθροισμα

Η μέθοδος του Απλού Σταθμισμένου Αθροίσματος (Simple Additive Weighting - ΑΣΑ) [Fishburn 1967; Hwang & Yoon 1981] είναι πιθανότατα η πιο γνωστή και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος και αποτελείται από δύο βασικά στάδια:

1. Διαμόρφωση των τιμών των n κριτηρίων ώστε να γίνουν συγκρίσιμα. Υπάρχει περίπτωση μερικά κριτήρια να λαμβάνουν ακέραιες τιμές στο $[0, 10000]$ ενώ μερικά άλλα δεκαδικές στο $[0, 1]$. Η διαμόρφωση τιμών πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε όλα τα κριτήρια να λαμβάνουν τις τιμές τους στο ίδιο διάστημα.
2. Άθροισμα όλων των τιμών των n κριτηρίων για κάθε εναλλακτική περίπτωση. Η τιμή της πολυκριτηριας συνάρτησης υπολογίζεται

για κάθε εναλλακτική ως ένας γραμμικός συνδυασμός των n κριτηρίων.

Για το πρώτο βήμα έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες μέθοδοι διαμόρφωσης των τιμών. Για παράδειγμα, ο Naumann [1998] έχει χρησιμοποιήσει τον παρακάτω παράγοντα διαμόρφωσης για την επίλυση προβλημάτων απόφασης στην επιστήμη των υπολογιστών:

$$x_{ij} = \frac{d_{ij} - d_j^{\min}}{d_j^{\max} - d_j^{\min}} \quad (5.1)$$

όπου d_{ij} είναι η τιμή του κριτηρίου j για την εναλλακτική ενέργεια i και d_j^{\max}, d_j^{\min} είναι η μέγιστη και ελάχιστη τιμή του κριτηρίου j για όλες τις εναλλακτικές ενέργειες. Με αυτό τον τρόπο όλα τα κριτήρια λαμβάνουν τις τιμές τους στο διάστημα $[0, 1]$.

Η μέθοδος ΑΣΑ μεταφράζει ένα πρόβλημα απόφασης στη βελτιστοποίηση μιας συνάρτησης U που ορίζεται στο A . Ο λήπτης αποφάσεων υπολογίζει τη συνάρτηση $U(X_j)$ για κάθε εναλλακτική περίπτωση X_j και επιλέγει αυτή με τη μεγαλύτερη τιμή. Η συνάρτηση U υπολογίζεται ως ένας γραμμικός συνδυασμός των κριτηρίων και δίδεται από τον παρακάτω τύπο:

$$U(X_j) = \sum_{i=1}^n w_i x_{ij}, \quad (5.2)$$

όπου X_j είναι μια εναλλακτική και x_{ij} είναι η τιμή του κριτηρίου i για την εναλλακτική X_j . Η θεωρία όμως αυτή δεν έχει ένα προκαθορισμένο τρόπο ορισμού των βαρών των κριτηρίων.

5.4 Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησικότητας

Μια πιο εκλεπτυσμένη μέθοδος υπολογισμού των βαρών των κριτηρίων παρέχεται από την Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησικότητας (Multi Attribute Utility Theory – MAUT) [Vinke 1992]. Η θεωρία βασίζεται σε ένα θεμελιώδες αξίωμα: οποιοσδήποτε άνθρωπος λαμβάνει αποφάσεις, προσπαθεί ασυνείδητα (έμμεσα) να βελτιστοποιήσει κάποια συνάρτηση $U = U(g_1, g_2, \dots, g_n)$ συναθροίζοντας τις διαφορετικές απόψεις που

λαμβάνονται υπόψη. Με άλλα λόγια, εάν ο λήπτης αποφάσεων ερωτηθεί σχετικά με τις προτιμήσεις του, οι απαντήσεις του είναι συνδεδεμένες με μια συγκεκριμένη και άγνωστη συνάρτηση U . Ο ρόλος των ερευνητών είναι να προσπαθήσουν να υπολογίσουν αυτή την συνάρτηση κάνοντας στο λήπτη αποφάσεων μερικές προσεκτικά επιλεγμένες ερωτήσεις.

Η απλούστερη (και πιο συχνά χρησιμοποιούμενη) αναλυτική μορφή είναι η αθροιστική:

$$U(b) = \sum_{j=1}^n U_j(g_j(b)) \quad (5.3)$$

όπου τα U_j είναι γνησίως αύξουσες συναρτήσεις πραγματικών τιμών.

Όπως υποστηρίζει και ο Vincke [1992], μπορεί πολύ απλά να αποδειχθεί ότι οι συναρτήσεις που συμμετέχουν στον τύπο (5.3) μπορούν πάντοτε να μετασχηματιστούν ώστε το αθροιστικό μοντέλο να γραφεί ως:

$$U(b) = \sum_{j=1}^n k_j U_j(x_j^b) \quad (5.4)$$

όπου $\forall j: x_j^b = g_j(b)$, $\sum_{j=1}^n k_j = 1$, $U_j(x_j) = 0$ και $U_j(y_j) = 1$.

Για να υπολογίσουμε τις τιμές των k_j 's, κάποιος πρέπει να προσπαθήσει να προμηθευτεί $(n-1)$ ζεύγη από ενέργειες που έχουν την ίδια βαρύτητα για το λήπτη αποφάσεων. Για δύο ενέργειες που έχουν την ίδια βαρύτητα για το λήπτη αποφάσεων ισχύει ότι $U(a) = U(b)$. Οι αντίστοιχες $(n-1)$ γραμμικές εξισώσεις που προκύπτουν, μαζί με το δεδομένο ότι το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων k_j κάνει 1 ($\sum_{j=1}^n k_j = 1$) συνθέτουν ένα σύστημα n εξισώσεων με n αγνώστους. Η επίλυση του παραπάνω συστήματος επιτρέπει τον υπολογισμό της τιμής του βάρους (weight) κάθε κριτηρίου. Οι ερωτήσεις που θα γίνουν στο λήπτη αποφάσεων με αυτήν τη μέθοδο προϋποθέτουν σύγκριση μεταξύ των διανυσμάτων καταστάσεων n -διαστάσεων, με πραγματικές ή φανταστικές ενέργειες. Γενικά, η μέθοδος χρησιμοποιεί έννοιες από τα βασικά αξιώματα των αθροιστικών μοντέλων.

Πρέπει όμως να τονιστεί ότι η μέθοδος πρέπει να βασίζεται σε μια

εμπειρική μελέτη με επιτηδευμένες ερωτήσεις σχετικά με το πως λαμβάνουν αποφάσεις οι εμπειρογνώμονες. Μόνο έτσι θα διασφαλισθεί ότι η μέθοδος θα καταφέρει να μοντελοποιήσει επιτυχώς τη διαδικασία λήψης αποφάσεών τους.

5.5 Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων

Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (ΠΑΔ – Data Envelopment Analysis – DEA) [Cooper, Seiford & Tone 1999] αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως μια από τις πλέον δημοφιλείς τεχνικές αποτίμησης της συμπεριφοράς μονάδων που λειτουργούν στα πλαίσια ενός συστήματος. Τα αντικείμενα ανάλυσης της ΠΑΔ, δηλαδή οι μονάδες των οποίων η αποδοτικότητα εκτιμάται, αναφέρονται γενικά ως μονάδες απόφασης (MA – decision making units – DMU). Η ΠΑΔ είναι μια μη παραμετρική τεχνική που στηρίζεται στο μοντέλο του γραμμικού προγραμματισμού και έχει εφαρμοστεί για την εκτίμηση της αποδοτικότητας τραπεζικών καταστημάτων, νοσοκομείων, πανεπιστημιακών τμημάτων, σχολικών μονάδων κλπ. Τελευταία όμως η έννοια του όρου «μονάδα απόφασης» έχει διευρυνθεί και επεκταθεί σε προϊόντα, υπηρεσίες, ενέργειες, κλπ.

Σε κάθε περίπτωση, η ΠΑΔ θεωρεί την MA ως μια παραγωγική μονάδα που καταναλώνει πόρους (εισορές) για να παράγει ένα σύνολο εκροών. Οι εισροές και οι εκροές της MA μπορεί να είναι:

- περισσότερες της μίας,
- ποικιλόμορφες,
- μετρήσιμες σε διαφορετικές μονάδες.

Στα πλαίσια ενός συστήματος, όλες οι MA είναι ομοειδείς (καταναλώνονται οι ίδιες εισροές και παράγονται οι ίδιες εκροές) και διαφέρουν μόνο τα επίπεδα τιμών των εισροών και των εκροών.

Η αποδοτικότητα μιας μονάδας ορίζεται ως το ημίγινόμενο του σταθμισμένου αθροίσματος των εκροών προς το σταθμισμένο άθροισμα των εισροών. Τα βάρη των εισροών και των εκροών υπολογίζονται δυναμικά κατά τον

ευνοϊκότερο τρόπο για κάθε μονάδα με τέτοιο τρόπο ώστε να μεγιστοποιείται η σχετική αποδοτικότητα της μονάδος αυτής έναντι των υπολοίπων. Βασικά, η ΠΑΔ παρέχει μια κατάταξη των μονάδων σε αποδοτικές και μη αποδοτικές.

5.5.1 Το βασικό μοντέλο της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων

Για την περιγραφή του βασικού μοντέλου της ΠΑΔ, θεωρούμε ότι έχουμε ένα σύνολο από n ΜΑ, με κάθε μία από αυτές να καταναλώνει m εισροές για να παράγει s εκροές. Ας θεωρήσουμε επίσης ότι y_j είναι η ποσότητα της εκροής r που παράγεται από την μονάδα j και x_{ij} είναι η ποσότητα της εισροής i που καταναλίσκεται από την μονάδα j . Σύμφωνα με την κλασική θεώρηση της ΠΑΔ, η σχετική αποδοτικότητα μιας μονάδος j_0 (h_{j_0}) ορίζεται από το γραμμικό πρόγραμμα (5.5). Οι μεταβλητές απόφασης $u = (u_1, \dots, u_r, \dots, u_s)$ και $v = (v_1, \dots, v_i, \dots, v_m)$ αντιπροσωπεύουν τα βάρη (πολλαπλασιαστές) με τα οποία σταθμίζονται οι εκροές και οι εισροές αντίστοιχα. Για τον υπολογισμό της σχετικής αποδοτικότητας όλων των μονάδων, το μοντέλο (1) επιλύεται n φορές για κάθε μονάδα χωριστά.

$$\begin{aligned} \max h_{j_0} &= \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0} \\ \text{s.t.} \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0, \quad j = 1, \dots, n \\ u_r, v_i &\geq \varepsilon \quad \forall r, i \end{aligned} \quad (5.5)$$

Το δεύτερο σύνολο των n περιορισμών (ένας για κάθε ΜΑ, συμπεριλαμβανομένης και της αποτιμώμενης μονάδας) εξασφαλίζει ότι το γραμμικό πρόγραμμα είναι φραγμένο και ότι ο δείκτης αποδοτικότητας λαμβάνει τιμή στο φραγμένο διάστημα $[0,1]$. Η απαίτηση τα βάρη να είναι γνήσια θετικά ($\geq \varepsilon$, όπου ε ένας πολύ μικρός θετικός αριθμός – πρακτικά από 10^{-6} έως 10^{-8}) εξασφαλίζει ότι κανένα βάρος δεν θα μηδενισθεί, αφού μια τέτοια περίπτωση θα σήμαινε ότι κάποια εισροή ή εκροή δεν θα λαμβανόταν καθόλου υπόψη στη διαμόρφωση της αποδοτικότητας. Λόγω αυτής της απαίτησης το μοντέλο (1) επιτρέπει μεγάλη ελαστικότητα των βαρών.

Ας θεωρήσουμε ότι (u_j, v_j) είναι τα βέλτιστα βάρη των εισροών και των εκροών για μια μονάδα j και $h_j^* = h_j(u_j, v_j)$ είναι η αποδοτικότητα της μονάδος αυτής. Σύμφωνα με τους βαθμούς αποδοτικότητας, οι μονάδες χωρίζονται σε δύο ομάδες: Στις ΠΑΔ – αποδοτικές μονάδες (αυτές που επιτυγχάνουν να κάνουν τον δείκτη αποδοτικότητάς τους ίσο με 1, δηλαδή $h_j^* = 1$) και στις μη αποδοτικές μονάδες (για τις οποίες ισχύει $h_j^* < 1$). Μια ΠΑΔ – αποδοτική μονάδα στην πραγματικότητα κατατάσσεται από μόνη της ως αποδοτική επιλέγοντας το ευνοϊκότερο σύνολο βαρών, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μεγιστοποιείται η σχετική αποδοτικότητά της έναντι των υπολοίπων.

Ο χαρακτηρισμός μιας μονάδος ως μη αποδοτικής είναι αδιαμφισβήτητος, αφού ο δείκτης αποδοτικότητας υπολογίζεται υπό τους ευνοϊκότερους όρους για τη μονάδα που αποτιμάται. Για τον ίδιο ακριβώς λόγο, όμως, ο χαρακτηρισμός των αποδοτικών μονάδων είναι αμφισβητήσιμος. Τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει πάντα μια διαφορετική «οπτική γωνία» να δει κανείς τον τρόπο που σταθμίζονται οι εισροές και οι εκροές (διαφορετικά βάρη), υπό την οποία μια αποδοτική μονάδα (κατά την έννοια της περιβάλλουσας ανάλυσης) φαίνεται μη αποδοτική.

5.5.2 Διασταύρωση αποδοτικότητων

Στο κλασικό μοντέλο της ΠΑΔ, η κάθε μονάδα όταν αποτιμάται, επιλέγει τον τρόπο με τον οποίο θα σταθμίσει τις εισροές και τις εκροές προκειμένου να αναδείξει στο μεγαλύτερο βαθμό την αποδοτικότητά της. Τούτο έχει ως αποτέλεσμα η επίδοση μιας μονάδας να μην είναι αδιαμφισβήτητη. Έτσι μετά την εφαρμογή της περιβάλλουσας ανάλυσης και την εκτίμηση της αποδοτικότητας των μονάδων, είναι πολλές φορές απαραίτητο να αναζητηθούν πρόσθετα στοιχεία για τη συμπεριφορά των αποδοτικών μονάδων, ιδιαίτερα στην περίπτωση που αυτές είναι πολυπληθείς. Αυτό πραγματοποιείται συνήθως σε ένα δεύτερο στάδιο ανάλυσης (post DEA analysis). Μια διαδεδομένη τακτική είναι η διασταύρωση αποδοτικότητων (cross efficiency). Η μέθοδος αυτή έχει ως στόχο τον υπολογισμό νέων τιμών

του δείκτη αποδοτικότητας, μη ευνοϊκές για την αποτιμώμενη μονάδα.

Δεδομένου του ότι έχουν εκτιμηθεί τα βέλτιστα βάρη των εισροών και των εκροών (u^i, v^i) για κάθε μονάδα i ($i=1, \dots, n$), κατασκευάζεται ένας τετραγωνικός $(n \times n)$ πίνακας $C = (c_{ij})$, $i, j=1, \dots, n$ με $c_{ij} = h_j(u^i, v^i)$. Τα στοιχεία της γραμμής i του πίνακα C είναι οι αποδοτικότητες των μονάδων όταν υπολογίζονται με βάση τα βέλτιστα βάρη που έχουν εκτιμηθεί για τη μονάδα i . Κατά μία έννοια λοιπόν, η γραμμή i του πίνακα C δίνει μια εικόνα των μονάδων απόφασης «στη σκιά» της μονάδας i . Η στήλη j του πίνακα C δίνει μια εικόνα για τη συμπεριφορά του δείκτη αποδοτικότητας της μονάδας j , όταν η επιλογή των βαρών γίνεται από άλλες μονάδες. Προφανώς, οι αποδοτικότητες των μονάδων ευρίσκονται στην κύρια διαγώνιο του πίνακα C ($c_{jj} = h_j^*$, $j=1, \dots, n$).

Βάσει των στοιχείων του πίνακα C μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για τη συμπεριφορά των μονάδων απόφασης σε ότι αφορά την αποδοτικότητά τους. Μελετώντας τα στοιχεία του πίνακα κατά στήλες μπορούν να εξαχθούν διάφοροι δείκτες από τους οποίους λαμβάνει κανείς μια εικόνα για την ευρωστία και τη μεταβλητότητα της αποδοτικότητας των μονάδων. Ένας χαρακτηριστικός τέτοιος δείκτης είναι η μέση διασταυρούμενη αποδοτικότητα που δίδεται από τον αριθμητικό μέσο των στοιχείων κάθε στήλης. Αυτός ο δείκτης χρησιμοποιείται κυρίως για να διαχωριστεί ευκρινέστερα το σύνολο των αποδοτικών μονάδων, ή όταν είναι επιθυμητή μια κατάταξη των αποδοτικών μονάδων.

5.5.3 Καθολική αποδοτικότητα

Η μέθοδος της καθολικής αποδοτικότητας έχει οριστεί από τον Despotis [2002]. Η μέθοδος αυτή προέρχεται από τον πολυ-κριτήριο μαθηματικό προγραμματισμό και χρησιμοποιείται για να βελτιώσει την διακριτική δύναμη της ΠΑΔ. Όπως και η μέθοδος της διασταύρωσης αποδοτικότητας, η μέθοδος της καθολικής αποδοτικότητας λαμβάνει χώρα μετά την υλοποίηση του βασικού μοντέλου της ΠΑΔ σε ένα δεύτερο στάδιο ανάλυσης (post DEA analysis). Κατά τη διάρκεια αυτού του δεύτερου σταδίου ανάλυσης,

αναζητούνται κοινά βάρη με στόχο οι προκύπτουσες αποδοτικότητες (καθολικές αποδοτικότητες) να είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο ιδεατό σημείο (ΠΑΔ-αποδοτικότητα). Για να γίνει καλύτερη διάκριση των ΠΑΔ-αποδοτικών μονάδων, επιλέγουμε μόνο τις καθολικά αποδοτικές μονάδες. Αυτές είναι οι μονάδες που διατηρούν την 100% αποδοτικότητά τους κάτω από μια κοινή σταθμισμένη δομή. Για αυτόν το λόγο, ο Despotis [2002] προτείνει το παρακάτω μοντέλο με την παράμετρο t :

$$\min t \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_j + (1-t)z$$

s. t.

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} + d_j = h_j^* \quad , \quad j = 1, \dots, n \quad (5.6)$$

$$d_j - z \leq 0 \quad , \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r \geq \varepsilon \quad , \quad v_i \geq \varepsilon \quad \forall i$$

$$z \geq 0 \quad , \quad d_j \geq 0 \quad \forall j$$

Στο παραπάνω μοντέλο, χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές σταθερές για να υλοποιηθούν την έννοια «όσο τον δυνατόν πλησιέστερα». Όταν εξεταστεί αποκλειστικά ο πρώτος όρος της αντικειμενικής συνάρτησης του μοντέλου 5.6 (για $t=1$), αναπαριστά την μέση απόκλιση μεταξύ των ΠΑΔ-αποδοτικότητας και των προσαρμοσμένων καθολικών αποδοτικότητας για όλες τις μονάδες. Όταν εξεταστεί αποκλειστικά ο δεύτερος όρος (για $t=0$), αναπαριστά, μέσω της μη-αρνητικής μεταβλητής z , τη μέγιστη απόκλιση μεταξύ των αποδοτικότητας. Για $t=1$, ο δεύτερος όρος της αντικειμενικής συνάρτησης απαλείφεται και το δεύτερο σύνολο των περιορισμών γίνεται αναποτελεσματικό. Τότε το μοντέλο λύνεται ως ένα μη προεκχωρητικό μοντέλο προγραμματισμού που βρίσκει τη βέλτιστη λύση, το οποίο εντοπίζει τη βέλτιστη λύση με την ελαχιστοποίηση της μέσης απόκλισης μεταξύ της καθολικής και της ΠΑΔ αποδοτικότητας. Αντιθέτως, για $t=0$, το πρώτο άθροισμα της αντικειμενικής συνάρτησης απαλείφεται και το προτεινόμενο

μοντέλο απλοποιείται σε ένα μοντέλου μεγίστου – ελαχίστου, το οποίο ελαχιστοποιεί τη μέγιστη τιμή των αποκλίσεων. Στην τελευταία περίπτωση, το πρόγραμμα θα ελαχιστοποιήσει το διάστημα στο οποίο είναι διάσπαρτες οι αποκλίσεις. Μεταβάλλοντας την παράμετρο t μεταξύ αυτών των ακραίων τιμών, δίδεται στο μοντέλο η ελαστικότητα που απαιτείται ώστε να «συμβιβαστεί» μεταξύ των δύο σταθερών και να εξερευνηθεί τα διάφορα σύνολα κοινής στάθμισης. Συνεπώς, το μοντέλο λύνεται επαναληπτικώς για διάφορες, μη συνεχείς τιμές της παραμέτρου t , όπου $0 < t \leq 1$.

Οι ΠΑΔ-αποδοτικές μονάδες που διατηρούν την 100% αποδοτικότητά τους κάτω από τουλάχιστον ένα κοινό σύνολο βαρών θεωρούνται ως καθολικά αποδοτικές. Λαμβάνοντας υπόψη μόνο τις καθολικά αποδοτικές μονάδες, το σύνολο των αποδοτικών μονάδων βάσει της ΠΑΔ μειώνεται δραστικά και έτσι βελτιώνεται η διακριτική δύναμη της. Επιπλέον, μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τις ΠΑΔ-αποδοτικές μονάδες με τον παράγοντα $q_j + \bar{h}_j$, όπου q_j είναι οι φορές που μια ΠΑΔ-αποδοτική μονάδα j διατηρεί την αποδοτικότητά της μετά από καθολικούς υπολογισμούς και \bar{h}_j είναι η μέση καθολική αποδοτικότητα.

5.6 Εφαρμογές των θεωριών λήψης αποφάσεων

Πολλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με τη διαδικασία λήψης αποφάσεων σε διάφορα καταγενημένα ή πολυπρακτορικά συστήματα (π.χ. [Zlotkin & Rosenchein 1996]). Αυτές που φαίνονται όμως να μπορούν καλύτερα να μοντελοποιήσουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων των χρηστών αυτών των συστημάτων είναι οι θεωρίες λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια. Το πιο απλό και ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο λήψης απόφασης με πολλαπλά κριτήρια είναι το Απλό Σταθμισμένο Αθροιστικό μοντέλο. Το μοντέλο αυτό έχει χρησιμοποιηθεί για την επίλυση ποικίλων προβλημάτων σε διάφορους τομείς, όπως για παράδειγμα στη δημιουργία δημόσιας πολιτικής (public policy making) [Massam 1999], στην ιατρική επιστήμη [Azar 2000] κλπ. Μεταξύ των τομέων εφαρμογής του είναι και η επιστήμη των υπολογιστών. Για παράδειγμα, ο Naumann [1998] χρησιμοποιεί αυτό το

μοντέλο για να επιλέξει την καλύτερη πηγή πληροφοριών, όταν ένας χρήστη θέτει ένα ερώτημα στο διαδίκτυο.

Μία από τις σημαντικότερες όμως θεωρίες λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, που έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στην επιστήμη των υπολογιστών, είναι η Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας (Multi-Attribute Utility Theory - MAUT). Η θεωρία αυτή βασίζεται στη μεγιστοποίηση μιας συνάρτησης, που προκύπτει από τη συνάθροιση διάφορων κριτηρίων, και έχει εφαρμοστεί ευρέως στα συστήματα λογισμικού. Γενικά, η MAUT είναι ένα σχήμα αξιολόγησης, που έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλά συστήματα για την αξιολόγηση των ενδιαφερόντων και των προτιμήσεων των χρηστών. Επομένως, έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε διάφορες περιοχές, όπως το ηλεκτρονικό εμπόριο. Συγκεκριμένα, στα πλαίσια του προγράμματος CAWICOMS [Ardissono et al. 2001; Schütz & Schäfer 2001], η MAUT χρησιμοποιήθηκε σε μια διαδικασία αξιολόγησης ώστε να καθοριστούν τα ενδιαφέροντα των πελατών – χρηστών με στόχο την υποστήριξη αυτών κατά τη διαμόρφωση του επιθυμητού προϊόντος.

Μια αρκετά διαφορετική προσέγγιση χρησιμοποιείται από τους Matsuo & Ito [2002] και τους Kudenko et al. [2003] σε συστήματα υπόδειξης προϊόντων. Στα συστήματα αυτά η MAUT χρησιμοποιείται για να προσδιοριστούν ποσοτικά οι προτιμήσεις, όχι μόνο ενός χρήστη, αλλά πολλών χρηστών μαζί, καθ' όσον σχεδιάζουν μία ομαδική αγορά. Οι τιμές των κριτηρίων σε αυτά τα συστήματα για το προϊόν που αξιολογείται είναι πάντοτε προκαθορισμένες και συνήθως δεν αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Σε ένα ΕΣΒ, από την άλλη πλευρά, οι πληροφορίες σχετικά με τους χρήστες αλλάζουν, καθ' όσον οι χρήστες αλληλεπιδρούν με το σύστημα και μαθαίνουν περισσότερα για τον τομέα.

Η MAUT έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό ταξιδιών. Ένα αντιπροσωπευτικό σύστημα σε αυτόν τον τομέα είναι το TravelPlanner [Chin & Porage 2001]. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί την MAUT, για να αξιολογήσει τις διαθέσιμες ταξιδιωτικές ευκαιρίες και προτείνει στο χρήστη αυτή που ταιριάζει καλύτερα στις ανάγκες και προτιμήσεις του. Όμως, το

TravelPlanner βασίζεται σε στερεοτυπική γνώση και όχι σε ένα ατομικό μοντέλο του χρήστη το οποίο συνεχώς ενημερώνεται. Τα βασικά μειονεκτήματα αυτής της προσέγγισης είναι ότι οι χρήστες δε μπορούν εύκολα να κατηγοριοποιηθούν σε στερεότυπα καθώς και ότι τα χαρακτηριστικά τους μπορεί να αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου.

Από την άλλη πλευρά, το IFM βασίζεται σε ένα ατομικό μοντέλο για τον κάθε χρήστη και έτσι δεν έχει τα μειονεκτήματα της προηγούμενης προσέγγισης. Επιπλέον, η βασική διαφορά του IFM με τα προηγούμενα συστήματα είναι ότι η MAUT χρησιμοποιείται ώστε να μοντελοποιήσει τις αποφάσεις ενός εμπειρογνώμονα που παρακολουθεί το χρήστη, καθ' όσον εργάζεται, και όχι τις αποφάσεις των ίδιων των χρηστών. Αυτή η διαφορά προκύπτει κυρίως από τη διαφορά στον τομέα εφαρμογής της θεωρίας, αφού σε ένα ΕΣΒ ζητείται από ένα εμπειρογνώμονα να λάβει τις αποφάσεις για το πώς πρέπει να βοηθήσει ένα χρήστη, ενώ στα συστήματα που περιγράφηκαν παραπάνω τις αποφάσεις τις λαμβάνουν οι χρήστες από μόνοι τους.

Στο IFM, όμως, έχει εφαρμοστεί και μια άλλη θεωρία λήψης αποφάσεων, η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων. Η θεωρία αυτή φαίνεται να μπορεί επαρκώς να μοντελοποιήσει τη λογική των εμπειρογνομώνων, όμως, μετά από μια προσεκτική μελέτη των συστημάτων που εφαρμόζουν κάποια θεωρία λήψης αποφάσεων, δεν εντοπίστηκαν εφαρμογές που να κάνουν χρήση της συγκεκριμένης θεωρίας για την παροχή ευφυούς βοήθειας ή την υποστήριξη της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

5.7 Συμπεράσματα

Οι θεωρίες λήψης αποφάσεων, και ιδιαίτερα οι θεωρίες λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, έχουν αποδειχθεί πολύ επιτυχημένες στη μοντελοποίηση των ανθρώπινων αποφάσεων. Στις περισσότερες και πιο διαδεδομένες θεωρίες, η αξιολόγηση των μονάδων απόφασης γίνεται βάσει ενός σταθμισμένου αθροιστικού μοντέλου. Αυτό συμβαίνει και στις τρεις θεωρίες που περιγράφηκαν σε αυτό το κεφάλαιο.

Το πρώτο μοντέλο που περιγράφηκε, το Απλό Σταθμιζόμενο Αθροιστικό

μοντέλο, είναι ένα απλό και ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια. Το βασικό πρόβλημα με αυτή την προσέγγιση είναι ότι ο λήπτης αποφάσεων πρέπει να προκαθορίσει τα βάρη των κριτηρίων που λαμβάνουν μέρος στη λήψη της απόφασης και η θεωρία δεν παρέχει ένα συγκεκριμένο τρόπο καθορισμού των βαρών. Ένας συνηθισμένος τρόπος για τον υπολογισμό του βάρους κάθε κριτηρίου είναι με απευθείας ανάθεση από τον λήπτη αποφάσεων ή με τον υπολογισμό τους ως μέσο όρο των βαρών που έχουν αποδοθεί στο συγκεκριμένο κριτήριο από πολλούς λήπτες αποφάσεων.

Η MAUT, από την άλλη πλευρά αποτελεί μια διεθνώς αναγνωρισμένη μέθοδο, η οποία έχει χρησιμοποιηθεί σε πληθώρα συστημάτων για την μοντελοποίηση των ανθρώπινων αποφάσεων. Η θεωρία αυτή παρουσιάζει ένα πιο εκλεπτυσμένο τρόπο υπολογισμού των βαρών των κριτηρίων. Σύμφωνα με αυτήν τη θεωρία, για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων, αρκεί να βρεθούν κάποιες ενέργειες που έχουν την ίδια βαρύτητα για τους λήπτες αποφάσεων. Η εύρεση ενεργειών που έχουν την ίδια βαρύτητα για τους λήπτες αποφάσεων είναι μια πολύ πιο αντικειμενική διαδικασία.

Από την άλλη πλευρά, η ΠΑΔ δεν προϋποθέτει τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων εκ των προτέρων. Και γι' αυτόν το λόγο δεν βασίζεται στην υποκειμενική γνώμη των ληπτών αποφάσεων. Οπότε και η εφαρμογή της σε ένα σύστημα δεν προϋποθέτει την ύπαρξη μιας εμπειρικής μελέτης. Αντιθέτως όμως η ΠΑΔ απλά διαχωρίζει τις μονάδες απόφασης σε αποδοτικές και μη-αποδοτικές. Για αυτόν το λόγο έχουν ερευνηθεί δύο άλλες μέθοδοι, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα στάδιο μετά-ανάλυσης της ΠΑΔ, η διασταύρωση αποδοτικότητας και η μέθοδος της καθολικής αποδοτικότητας. Στα επόμενα κεφάλαια παρουσιάζεται πώς έχουν εφαρμοστεί όλες οι παραπάνω θεωρίες με την ΑΕΑ για τη μοντελοποίηση της ανθρώπινης αιτιολόγησης σε ένα ευφές γραφικό περιβάλλον διεπαφής.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Εμπειρική Μελέτη

6.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότεροι χρήστες διαφορετικών ειδικοτήτων χρησιμοποιούν τις εφαρμογές λογισμικού. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω της δημοτικότητας των υπηρεσιών του Internet και Intranet καθώς και πολλών χρήσιμων πακέτων λογισμικού όπως είναι οι επεξεργαστές κειμένου, τα λογιστικά φύλλα, κλπ. Όπως υποστηρίζει και ο Stephanidis [1999], ο ρόλος της Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου-Υπολογιστή (Human-Computer Interaction) γίνεται όλο και πιο σημαντικός στην ευκολία προσέγγισης των τεχνολογιών της Κοινωνίας της Πληροφορίας, αφού οι πολίτες της Κοινωνίας της Πληροφορίας βιώνουν την τεχνολογία μέσω της επαφής τους με το σύστημα διεπαφής αλληλεπιδραστικών προϊόντων, εφαρμογών και τηλεματικών υπηρεσιών. Αυτό που λείπει όμως από τους αρχάριους χρήστες λογισμικού είναι η πείρα και η γνώση για το πώς να χρησιμοποιήσουν σωστά μια εφαρμογή, ακόμα και αν το σύστημα διεπαφής της θεωρείται φιλικό προς το χρήστη, όπως είναι η περίπτωση των Γραφικών Συστημάτων Διεπαφής. Όπως υποστηρίζει και η McGraw [1994], ακόμα και τα Γραφικά Συστήματα Διεπαφής μπορεί να αποδειχθούν

δύσκολα στη χρήση, εάν δεν έχουν σχεδιαστεί σωστά.

Η σωστή σχεδίαση ενός γραφικού συστήματος διεπαφής απαιτεί πολύ χρόνο και κόπο. Για παράδειγμα, οι Sutton και Sprague [Sutton & Sprague 1978] έκαναν μια έρευνα στην IBM, στην οποία αποκαλύφθηκε ότι το 50% του χρόνου των σχεδιαστών ξοδεύεται στο σχεδιασμό του συστήματος διεπαφής μιας εφαρμογής. Τα ίδια αποτελέσματα επιβεβαιώθηκαν και από μια πιο πρόσφατη έρευνα από τους Myers και Rosson [1990]. Για αυτόν το λόγο, όπως υποστηρίζουν και οι Dix et al. [1993], αναμφίβολα αξίζει η προσπάθεια να παρέχονται δομές και τεχνικές για την κατανόηση και βελτίωση της αλληλεπιδραστικής διαδικασίας σχεδίασης. Αν όμως ένα σύστημα διεπαφής ενσωματώνει και γνωσιακές τεχνικές (knowledge-based techniques), η δυσκολία της διαδικασίας σχεδίασης αυξάνεται, όπως αυξάνεται και η ανάγκη για συγκεκριμένες δομές και τεχνικές για τη διαδικασία αυτή.

Συγκεκριμένα, στην περίπτωση της ανάπτυξης ενός γνωσιακού λογισμικού, κάτω από τον τίτλο “τεχνολογία γνώσης” (knowledge engineering) έχουν λάβει χώρα πολλές ερευνητικές δραστηριότητες. Όμως, κατά την ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων εμφανίστηκαν σοβαρές δυσκολίες, συμπεριλαμβανομένου του ότι δεν υπάρχουν επιτηδευμένες μεθοδολογίες ή θεωρίες για την εκμείωση της γνώσης από πηγές γνώσης ή την οργάνωση και μετάφραση της γνώσης ενός τομέα, για να επιτραπεί στον υπολογιστή να τη χρησιμοποιήσει [Mizoguchi & Bourdeau 2000]. Έτσι, η διαδικασία απόκτησης της γνώσης (knowledge acquisition) αποτελεί εμπόδιο στην ανάπτυξη εμπειρών συστημάτων (π.χ. [Walczak 1998; Boose 1993]). Για παράδειγμα, όπως υποστηρίζει και ο Twidale [1992], η απόκτηση γνώσης για το μοντέλο του χρήστη είναι ένα θέμα από μόνο του, αφού, ό,τι εισάγει ο χρήστης στο σύστημα, παρέχει πληροφορίες σχετικά με το τι έχει κατανοήσει.

Οι τεχνικές τεχνολογίας γνώσης περιλαμβάνουν ανάλυση πρωτοκόλλων, παρατηρήσεις, συνεντεύξεις και αυτοπαρατηρήσεις, ανάλυση περιπτώσεων και ερωτηματολόγια [Bell & Hardiman 1989]. Συχνά όμως το αποτέλεσμα

είναι ένας “σωρός άχρηστων δεδομένων” που οδηγεί σε γνώση που είναι φτωχά δομημένη, άκαμπτη και ημιτελής [Thurman, Braun & Mitchell 1997]. Συνεπώς, η διεξαγωγή εμπειρικών μελετών και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων τους μπορεί αναμφισβήτητα να διευκολύνει και να προάγει τις μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες στον τομέα των γραφικών συστημάτων διεπαφής.

Γι όλους τους παραπάνω λόγους, οι εμπειρικές μελέτες έχουν εξέχουσα θέση στον κύκλο ζωής των ΕΣΒ. Πράγματι, για να μπορέσει ένα σύστημα να προσφέρει βοήθεια στους χρήστες του, πρέπει να έχει προηγηθεί μια μελέτη των προβλημάτων που αντιμετωπίζει ο χρήστης. Σχετικές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί μεταξύ άλλων και από τους Jerrams-Smith [2000] και Horvitz et al. [1998]. Οι Horvitz et al. [1998] διενέργησαν μελέτες τύπου «Wizard of Oz», κατά τις οποίες εμπειρογνώμονες παρακολουθούσαν πραγματικούς χρήστες καθώςον αλληλεπιδρούσαν με το Excel της Microsoft και τους παρείχαν άμεση βοήθεια. Οι χρήστες όμως δε γνώριζαν από που προερχόταν η βοήθεια. Η μελέτη αυτή αποκάλυψε κάποιες κατηγορίες ενεργειών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι χρήστες και με το πότε χρειάζονται βοήθεια.

6.2 Στόχοι του πειράματος

Λαμβάνοντας υπόψη τη μεγάλη σπουδαιότητα των εμπειρικών μελετών στα αρχικά στάδια υλοποίησης του IFM, διεξήχθη μια αξιολόγηση της ευχρηστίας (usability evaluation) ενός προτύπου προγράμματος χειρισμού του συστήματος αρχείων που δεν ενσωματώνει υπηρεσίες παροχής ευφυσούς ή εξατομικευμένης βοήθειας, όπως και η 'Εξερεύνηση των Windows' (Windows Explorer) των Windows 98/NT. Ο στόχος αυτής της αξιολόγησης ήταν η αναγνώριση και καταγραφή των βασικών προβλημάτων ευχρηστίας ενός προτύπου προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Τα αποτελέσματα από αυτή τη διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια στη φάση της σχεδίασης του συστήματος, ώστε η τελική έκδοση του νέου συστήματος να μην αντιμετωπίζει τέτοιου είδους προβλήματα. Για αυτόν το

λόγο το πείραμα διεξήχθη με τη συμμετοχή χρηστών και εμπειρογνομόνων του τομέα της πληροφορικής.

Οι εμπειρογνώμονες που συμμετείχαν στην εμπειρική μελέτη παρακολούθησαν τις ενέργειες των χρηστών και προσπάθησαν να αναγνωρίσουν όσο το δυνατόν περισσότερα από τα σχέδια που επιχείρησαν να υλοποιήσουν οι χρήστες. Στη συνέχεια μελέτησαν τα σχέδια αυτά και έκαναν μια προσπάθεια να κατηγοριοποιήσουν τα κυριότερα λάθη που κάνουν οι έμπειροι και οι άπειροι χρήστες. Αυτή η διαδικασία οδήγησε στον καλύτερο σχεδιασμό του μηχανισμού αναγνώρισης στόχων που διαθέτει το σύστημα. Ένας από τους βασικότερους στόχους της εμπειρικής μελέτης ήταν να συγκριθούν οι αντιδράσεις των κοινών προγραμμάτων διαχείρισης αρχείων με αυτές των εμπειρογνομόνων πληροφορικής ώστε το σύστημα που θα σχεδιαζόταν στη συνέχεια να μπορούσε να προσομοιώσει τον εμπειρογνώμονα – σύμβουλο με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Επιπλέον, από τους εμπειρογνώμονες ζητήθηκε, κάθε φορά που αναγνώριζαν κάποιο λάθος, να δίνουν μερικές εναλλακτικές ενέργειες που πίστευαν ότι επιθυμούσε να εκτελέσει ο χρήστης αντί αυτής που προκάλεσε το πρόβλημα. Οι εναλλακτικές αυτές ενέργειες δόθηκαν με σειρά προτεραιότητας. Μερικές φορές παρουσιάστηκαν εναλλακτικές ενέργειες που είχαν την ίδια βαρύτητα για τους εμπειρογνώμονες. Αυτές οι περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των βαρών των παραμέτρων βεβαιότητας στον τύπο υπολογισμού του βαθμού βεβαιότητας σύμφωνα με την Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας και παρατίθενται αναλυτικά στο κεφάλαιο 11.

6.3 Το πείραμα

Στην εμπειρική μελέτη συμμετείχαν 30 άπειροι και έμπειροι χρήστες ενός κοινού προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Σε όλους τους χρήστες ζητήθηκε να χρησιμοποιήσουν ένα πρότυπο πρόγραμμα διαχείρισης αρχείων και φακέλων, όπως θα έκαναν στην καθημερινή τους ενασχόληση με τον υπολογιστή. Επιπλέον, στο συγκεκριμένο πείραμα συμμετείχαν και 10 εμπειρογνώμονες της πληροφορικής που ενεργούσαν ως πιθανοί

σύμβουλοι των χρηστών που αλληλεπιδρούσαν με το σύστημα. Όλοι οι εμπειρογνώμονες κατείχαν πτυχίο πανεπιστημίου ή και μεταπτυχιακό τίτλο στην πληροφορική και είχαν μεγάλη διδακτική πείρα που συνδεόταν άμεσα με τη χρήση προγραμμάτων διαχείρισης του συστήματος αρχείων.

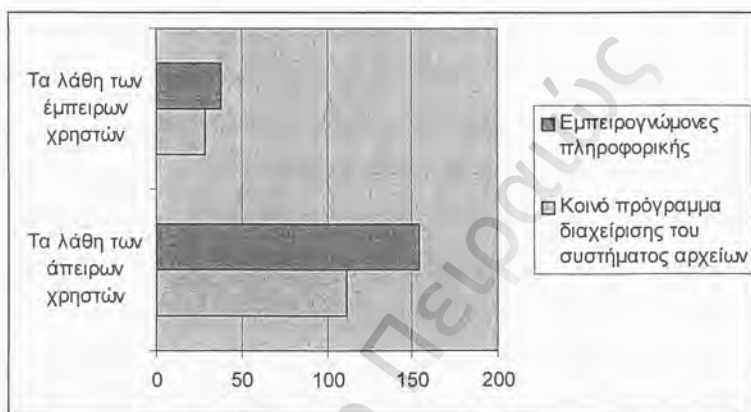
Η εμπειρική μελέτη διεξήχθη σε 3 βασικές φάσεις. Οι φάσεις αυτές έγιναν με τρόπο παρόμοιο με τις 3 αρχικές φάσεις της εμπειρικής μελέτης που περιγράφεται στο [Sutcliffe, Ennis & Hu 2000]. Συγκεκριμένα, υπήρχε ένα προκαταρκτικό ερωτηματολόγιο και μια μικρή συνέντευξη, στη συνέχεια υπήρξε μια σύντομη κατάρτιση των άπειρων χρηστών πάνω στα συστήματα διαχείρισης αρχείων και τέλος το κυρίως πείραμα.

Το κύριο πείραμα αποτελείτο από διάφορα τεστ που αφορούσαν την ευχρηστία ενός κοινού προγράμματος διαχείρισης αρχείων, όπως είναι η 'Εξερεύνηση των Windows'. Οι χρήστες εργάστηκαν με αυτό το πρόγραμμα και οι ενέργειες τους καταγράφηκαν σε βίντεο. Στη συνέχεια κάθε πρωτόκολλο δόθηκε σε όλους τους εμπειρογνώμονες που συμμετείχαν στην εμπειρική μελέτη για να το μελετήσουν και να το αναλύσουν. Η ανάλυση των πρωτοκόλλων αφορούσε στα λάθη που έκαναν οι χρήστες λαμβάνοντας υπόψη τις υποθέσεις που έκαναν οι εμπειρογνώμονες σχετικά με τις προθέσεις τους. Για κάθε πιθανό λάθος που αναγνώρισαν οι εμπειρογνώμονες τους ζητήθηκε να καταγράψουν ποια θα ήταν η πιο κατάλληλη συμβουλή για το χρήστη στη συγκεκριμένη περίπτωση, προτείνοντας εναλλακτικές ενέργειες με σειρά προτεραιότητας.

Τα σχόλια των εμπειρογνομώνων συγκρίθηκαν μεταξύ τους. Στις περιπτώσεις που η πλειοψηφία των εμπειρογνομώνων αναγνώρισε το ίδιο λάθος, θεωρήθηκε ότι ο χρήστης είχε πραγματικά κάνει το συγκεκριμένο λάθος. Στη συνέχεια η αντίδραση που είχε καταγραφεί από τους εμπειρογνώμονες συγκρίθηκε με την αντίδραση (ή την απουσία αντίδρασης) που είχε το πρότυπο πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων στην ίδια περίπτωση.

Συνολικά, οι εμπειρογνώμονες εξέτασαν 1342 ενέργειες χρηστών. Μεταξύ αυτών οι 753 είχαν υλοποιηθεί από άπειρους χρήστες και οι 589 είχαν

υλοποιηθεί από έμπειρους χρήστες. Τα στοιχεία της εμπειρικής μελέτης καθώς και τα αποτελέσματα αυτής παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 6.1. Μια πρώτη σύγκριση μεταξύ των λαθών που αναγνωρίστηκαν από τους εμπειρογνώμονες πληροφορικής και το κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων παρουσιάζεται στο σχήμα 6.1.



Σχήμα 6.1: Τα λάθη που αναγνώρισαν οι εμπειρογνώμονες πληροφορικής και το κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων

Στα πρωτόκολλα των άπειρων χρηστών αναγνωρίστηκαν 154 ενέργειες που, πιθανώς, δεν ήταν και οι επιδιωκόμενες από τους χρήστες. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις η πλειοψηφία των εμπειρογνομένων θεώρησε ότι ο χρήστης του πρωτοκόλλου στόχευε να εκτελέσει κάποια άλλη ενέργεια. Αυτές οι περιπτώσεις αντιστοιχούσαν στο 20% του συνόλου των ενεργειών που εκτελέστηκαν από άπειρους χρήστες. Στα πρωτόκολλα που συγκεντρώθηκαν, οι εμπειρογνώμονες ξεχώρισαν 38 ενέργειες που ήταν πιθανώς μη επιδιωκόμενες από τον εκάστοτε χρήστη. Στις περισσότερες από αυτές τις περιπτώσεις τα λάθη οφείλονταν στην απροσεξία του χρήστη.

Το πρότυπο πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων αναγνώρισε 112 πιθανά λάθη άπειρων χρηστών, τα οποία αντιστοιχούσαν στο 14.8% των συνολικών ενεργειών αυτών των χρηστών. Επιπλέον, αναγνώρισε και 29 πιθανά λάθη κατά την αλληλεπίδραση των έμπειρων χρηστών. Παρόλα

αυτά, ακόμα και στις περιπτώσεις που το πρότυπο πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων αναγνώρισε κάποια λάθη, αυτά τα λάθη δεν ήταν κατ' ανάγκην τα ίδια με τα λάθη που αναγνωρίστηκαν από τους εμπειρογνώμονες.

Ενέργειες	Άπειροι Χρήστες	Έμπειροι Χρήστες	Σύνολο
Συνολικός αριθμός ενεργειών	753	589	1342
Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με το κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων	112	29	141
Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με την πλειοψηφία των εμπειρογνώμωνων	154	38	192
Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες με καταστρεπτικά αποτελέσματα	36	11	47

Πίνακας 6.1: Συγκεντρωτικά στοιχεία από την ανάλυση των πρωτοκόλλων των χρηστών

Η βοήθεια που παρασχέθηκε από το πρότυπο πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων δεν ήταν πάντοτε αρκετή ώστε να προλάβει τα λάθη του χρήστη. Έτσι, 36 ενέργειες των άπειρων χρηστών και 11 ενέργειες των έμπειρων χρηστών είχαν καταστρεπτικά αποτελέσματα. Αυτό σημαίνει ότι οι χρήστες που έκαναν αυτά τα λάθη έχασαν αρχεία, και κατά συνέπεια δεδομένα, που τους ήταν χρήσιμα. Τέτοιου είδους ενέργειες αντιστοιχούσαν στο 3.5% του συνόλου των ενεργειών που συγκεντρώθηκαν από όλα τα πρωτόκολλα.

6.4 Προβλήματα ευχρηστίας

Οι εμπειρογνώμονες, αφού μελέτησαν τα πρωτόκολλα αλληλεπίδρασης των χρηστών με το πρότυπο πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων και αναγνώρισαν τα πιθανά λάθη τους, προσπάθησαν να ανακαλύψουν την αιτία δημιουργίας κάθε λάθους. Από αυτήν τη διαδικασία προέκυψαν μερικά από

τα προβλήματα ευχρηστίας των κοινών προγραμμάτων διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Μερικά από αυτά τα προβλήματα παρουσιάζονται στη συνέχεια.

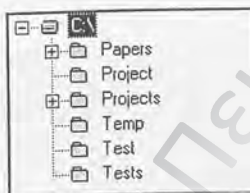
Η δομή αναπαράστασης του συστήματος αρχείων που χρησιμοποιούν μερικά κοινά προγράμματα διαχείρισης του, όπως η 'Εξερεύνηση των Windows' των Windows 98/NT, ήταν η πηγή αρκετών προβλημάτων για πολλούς χρήστες, ιδιαίτερα δε για τους αρχάριους. Για παράδειγμα, οι χρήστες συχνά μπερδεύαν τον φάκελο - πατέρα που παρουσιάζεται στο αριστερό μέρος της 'Εξερεύνησης των Windows' με τους φακέλους - παιδιά που παρουσιάζονται στο δεξιό μέρος της αναπαράστασης του συστήματος αρχείων.

Μια άλλη αιτία σύγχυσης, ιδιαίτερα για τους άπειρους χρήστες, αφορούσε στις εντολές που υλοποιούνταν σε δύο στάδια. Αυτές οι εντολές δημιουργούσαν επίσης σύγχυση στους χρήστες με προηγούμενη εμπειρία σε συστήματα διεπαφής γραμμής εντολών (command language interfaces). Για παράδειγμα, ενώ η αντιγραφή ή μεταφορά ενός αντικειμένου από ένα κατάλογο (directory) σε έναν άλλο υλοποιούνταν σε μία μόνο ενέργεια στα συστήματα διεπαφής γραμμής εντολών, στα γραφικά συστήματα διεπαφής για την ίδια ενέργεια απαιτούνται δύο διαφορετικές ενέργειες. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι χρήστες συχνά για αντιγράψουν ή να αποκόψουν ένα ή περισσότερα αρχεία αλλά να μην ολοκληρώνουν το σχέδιο αντιγραφής ή μεταφοράς, αντίστοιχα.

Μια κατηγορία σοβαρών λαθών, τα οποία έκαναν τόσο οι άπειροι όσο και οι έμπειροι χρήστες, αφορούσε στη διαγραφή αντικειμένων και ιδιαίτερα φακέλων. Οι χρήστες συχνά διαγράφουν ένα φάκελο χωρίς να είναι ενήμεροι για το περιεχόμενό του. Αυτή η κατηγορία λαθών είναι αρκετά σοβαρή, επειδή τα αποτελέσματα μπορεί να είναι καταστροφικά. Τα κοινά προγράμματα διαχείρισης του συστήματος αρχείων έχουν λάβει κάποια μέτρα για να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα απώλειας χρήσιμων πληροφοριών εκ λάθους διαγραφής αρχείων ή φακέλων. Για παράδειγμα, μετά την εκτέλεση κάθε εντολής διαγραφής παρουσιάζεται στο χρήστη ένα

μήνυμα επιβεβαίωσης της διαγραφής των συγκεκριμένων στοιχείων. Φυσικά το βασικό πρόβλημα με αυτά τα μηνύματα επιβεβαίωσης είναι ότι δεν είναι αρκετά ενημερωτικά, ώστε να μπορέσουν να προλάβουν το λάθος τους.

Ακόμα όμως και αν ο χρήστης ολοκληρώσει την ενέργεια διαγραφής, τα κοινά προγράμματα διαχείρισης του συστήματος αρχείων με τη χρήση του κάδου ανακύκλωσης (recycle bin) δίνουν στο χρήστη άλλη μια ευκαιρία να ανανήψει από το λάθος του. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επισκεφτεί τον κάδο ανακύκλωσης και να επαναφέρει τα αντικείμενα, που δεν επιθυμούσε πραγματικά να διαγράψει, στην αρχική τους θέση.

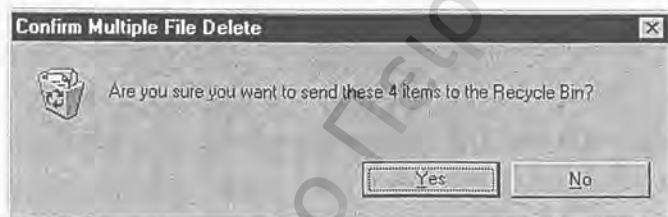


Σχήμα 6.2: Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη

Για παράδειγμα, ένα λάθος που έγινε σε κάποιο από τα πρωτόκολλα αλληλεπίδρασης που συλλέχθηκαν αφορούσε τη διαγραφή τεσσάρων φακέλων. Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του συγκεκριμένου χρήστη παρουσιάζεται στο σχήμα 6.2. Ο χρήστης επέλεξε τους φακέλους 'Projects', 'Temp', 'Test' και 'Tests' για να τους διαγράψει. Παρόλα αυτά, ο χρήστης δε σκόπευε να διαγράψει τον φάκελο 'Projects' αλλά το φάκελο 'Project'. Το συγκεκριμένο λάθος οφειλόταν στο γεγονός ότι ο χρήστης είχε κατά λάθος επιλέξει το φάκελο 'Projects' αντί του φακέλου 'Project', ο οποίος ήταν άδειος.

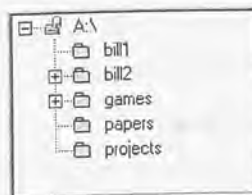
Τα κοινά προγράμματα διαχείρισης του συστήματος αρχείων των Windows 98/NT παρήγαγαν ένα μήνυμα επιβεβαίωσης της διαγραφής των τεσσάρων φακέλων (σχήμα 6.3). Παρόλα αυτά, όμως, το μήνυμα αυτό δεν ήταν αρκετό ώστε να προλάβει το λάθος του χρήστη, αφού ανέφερε μόνο τον αριθμό των φακέλων που θα διαγράφονταν και όχι τα ονόματα αυτών. Αφού ο χρήστης ήθελε πράγματι να διαγράψει τέσσερις φακέλους και το μήνυμα τον

ρωτούσε αν ήταν βέβαιος ότι θέλει να διαγράψει τους τέσσερις φακέλους που επέλεξε, απάντησε θετικά και ολοκλήρωσε την ενέργειά του χωρίς να αντιληφθεί το λάθος του εγκαίρως. Επίσης, τα κοινά προγράμματα διαχείρισης του συστήματος αρχείων δεν διαθέτουν κανένα μηχανισμό αιτιολόγησης των ενεργειών του χρήστη. Οπότε το πρότυπο πρόγραμμα δεν αντιλήφθηκε ότι η διαγραφή του φακέλου 'Projects' δεν ήταν και η επιδιωκόμενη από το χρήστη. Έτσι ο χρήστης διέγραψε τους τέσσερις φακέλους χωρίς να αντιληφθεί ότι είχε κάνει κάποιο λάθος. Το αντιλήφθηκε όμως μόνο όταν χρειάστηκε κάποιο αρχείο που άνηκε στα περιεχόμενα του φακέλου 'Projects' που διεγράφη κατά λάθος.



Σχήμα 6.3: Το μήνυμα επιβεβαίωσης που παράγουν τα κοινά προγράμματα διαχείρισης του συστήματος αρχείων για την διαγραφή 4 αντικειμένων.

Οι συνέπειες από το παραπάνω λάθος θα μπορούσαν να είναι πολύ πιο καταστροφικές, αν ο χρήστης είχε παρακάμψει τον κάδο ανακύκλωσης, πριν συνειδητοποιήσει ότι είχε διαγράψει το λάθος φάκελο. Πράγματι, οι έμπειροι χρήστες συνήθως παρακάμπτουν τα ενδιάμεσα στάδια στα σχέδια διαγραφής. Στα πρωτόκολλα που συγκεντρώθηκαν υπήρχαν αρκετές περιπτώσεις κατά τις οποίες οι έμπειροι χρήστες παρέκαμψαν τον κάδο ανακύκλωσης, πατώντας το πλήκτρο shift, όταν εκτελούσαν την εντολή διαγραφής. Για παράδειγμα, σε ένα από τα πρωτόκολλα ένας έμπειρος χρήστης ήθελε να διαγράψει τους φακέλους 'bill1' και 'games' (Σχήμα 6.4). Ο χρήστης επέλεξε τους φακέλους 'bill2' και 'games', πάτησε το πλήκτρο shift και στη συνέχεια πάτησε το πλήκτρο delete (το οποίο εκτελεί την εντολή delete).



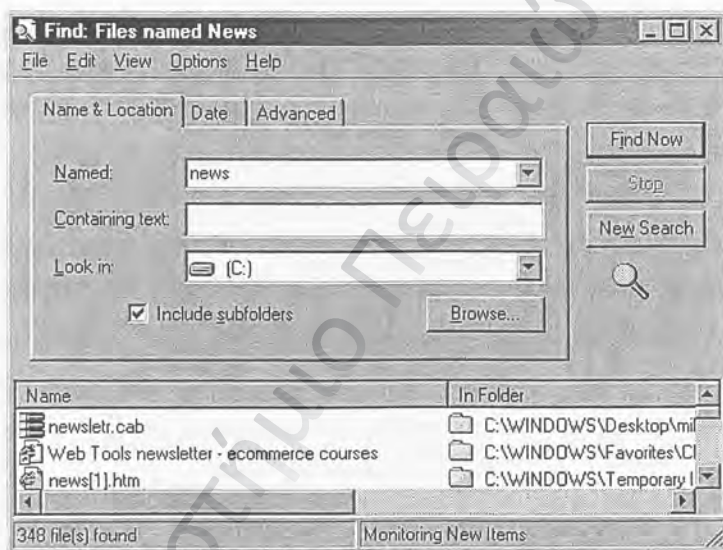
Σχήμα 6.4: Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείου του χρήστη στο δεύτερο παράδειγμα

Ο χρήστης, έχοντας πίστη στην επιλογή του, απάντησε θετικά στο προειδοποιητικό μήνυμα του προτύπου προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων: “Είσαστε βέβαιοι ότι θέλετε να διαγράψετε αυτά τα 2 αντικείμενα;”. Όμως η πραγματική πρόθεση του χρήστη ήταν να διαγράψει το φάκελο “bill1” και όχι το φάκελο “bill2”. Το προειδοποιητικό μήνυμα του προτύπου προγράμματος του συστήματος αρχείων ενημέρωνε το χρήστη ότι η ενέργειά του θα διέγραφε δύο αντικείμενα (που ήταν και ο πραγματικός του στόχος) αλλά, όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα, δεν τον ενημέρωνε για το ποια αντικείμενα θα διαγράφονταν και έτσι ο χρήστης δε μπορούσε να συνειδητοποιήσει το λάθος του.

Φυσικά ένα άλλο πρόβλημα που προέκυψε από την εμπειρική αξιολόγηση ήταν ότι οι περισσότεροι έμπειροι χρήστες δε διαβάζουν καν τα προειδοποιητικά μηνύματα τέτοιου είδους. Ο λόγος για αυτήν τη συνήθειά τους είναι ότι γνωρίζουν ότι, και να κάνουν κάποιο λάθος, είναι μάλλον απίθανο να το καταλάβουν από τις λίγες πληροφορίες που περιέχουν τα μηνύματα αυτά. Επιπλέον, τα μηνύματα αυτά δεν είναι προσαρμοστικά αλλά πάντα σταθερά, το μόνο που αλλάζει είναι ο αριθμός των στοιχείων που διαγράφονται. Οι χρήστες δήλωσαν ότι θα έδιναν μεγαλύτερη προσοχή σε αυτά τα μηνύματα, αν πίστευαν ότι ήταν προσαρμοσμένα στην δική τους περίπτωση. Έτσι, ο χρήστης του δεύτερου παραδείγματος διέγραψε το φάκελο ‘bill2’ και έχασε πολύτιμα δεδομένα.

Τέλος, ένα άλλο θέμα που αποδείχθηκε πηγή σύγχυσης για όλους τους χρήστες, και ειδικά για τους άπειρους, ήταν ότι ο κάδος ανακύκλωσης δεν

υπάρχει στους οδηγούς κινητών μέσων (drives with removable disks). Δηλαδή, όταν διαγράφεται ένα αρχείο ή ένας φάκελος από ένα κινητό μέσο, όπως μια δισκέτα, το αντικείμενο αυτό διαγράφεται μόνιμα και δε μεταφέρεται στον κάδο ανακύκλωσης. Έτσι οι χρήστες δεν μπορούν να αντιστρέψουν την ενέργειά τους στην περίπτωση που έκαναν κάποιο λάθος. Αυτό γίνεται εμφανές στο παρακάτω παράδειγμα, το οποίο ανήκει στα πρωτόκολλα που συγκεντρώθηκαν.

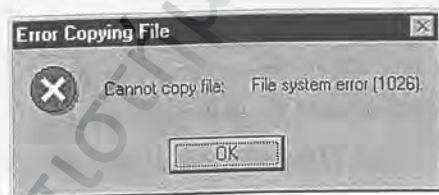


Σχήμα 6.5: Ο χρήστης προσπαθεί να βρει το χαμένο φάκελο

Ένας χρήστης μεσαίου γνωστικού επιπέδου διέγραψε τον φάκελο 'News' από τη δισκέτα A. Όμως στη συνέχεια συνειδητοποίησε ότι έκανε λάθος και δεν ήθελε να διαγράψει το συγκεκριμένο φάκελο αλλά κάποιον άλλο γεγονικό, οπότε προσπάθησε να ανακτήσει το διαγραμμένο φάκελο και τα περιεχόμενά του. Μην έχοντας συνειδητοποιήσει ότι ο φάκελος είχε διαγραφεί μόνιμα από το κινητό μέσο, πίστευε ότι το αντικείμενο κατέληξε στον κάδο ανακύκλωσης. Για αυτόν το λόγο προσπάθησε να το βρει στο σκληρό δίσκο C:\ χρησιμοποιώντας την αναζήτηση αρχείων. Ο χρήστης έκανε την αναζήτηση χρησιμοποιώντας το όνομα του φακέλου. Το

αποτέλεσμα της αναζήτησης της συμβολοσειράς 'News' στο σκληρό δίσκο C:\ ήταν ο χρήστης να βρει 348 αρχεία/φακέλους, κανένα εκ των οποίων δεν ήταν το επιθυμητό, και έτσι απογοητεύτηκε ακόμα περισσότερο (σχήμα 6.5).

Ένα υποσύνολο του συνόλου λαθών της προηγούμενης κατηγορίας αφορά στους χρήστες που διαγράφουν ένα αντικείμενο αμέσως μετά την αντιγραφή του στο πρόχειρο και πριν προλάβουν να το επικολλήσουν. Για παράδειγμα, ένας άπειρος χρήστης ήθελε να αντιγράψει το αρχείο 'exams.doc' από τη δισκέτα A:\ στο φάκελο 'My Documents' που βρίσκεται στο σκληρό δίσκο C:\. Συνεπώς, εκτελεί την εντολή αντιγραφής *copy* και μετά διαγράφει το αρχείο. Στη συνέχεια, επιλέγει το φάκελο C:\My Documents\ και εκτελεί την εντολή επικόλλησης *paste* για να επικολλήσει το αρχείο. Όμως, αφού ο χρήστης έχει προηγουμένως διαγράψει το συγκεκριμένο αρχείο, το σύστημα δε μπορεί να ολοκληρώσει επιτυχώς την αντιγραφή του αρχείου και παράγει το μήνυμα λάθους που παρουσιάζεται στο σχήμα 6.6. Ο χρήστης προσπαθεί να βρει το αρχείο πάλι στην δισκέτα A:\ αλλά δυστυχώς έχει διαγραφεί μόνιμα και δε μπορεί να το ανακτήσει.



Σχήμα 6.6: Μήνυμα λάθους για την αντιγραφή ενός αρχείου που έχει διαγραφεί

Το λάθος πιθανότατα προέκυψε επειδή ο χρήστης πίστευε ότι το αντικείμενο είχε προσωρινά αποθηκευτεί στο πρόχειρο (clipboard). Όμως το πρόχειρο αποθηκεύει μόνο τη θέση του αντικειμένου που έχει επιλεγεί για να αντιγραφεί και όχι το ίδιο το αντικείμενο. Στην περίπτωση που το αντικείμενο έχει πρώτα διαγραφεί και μετά επιχειρηθεί να επικολληθεί, το σύστημα δεν είναι σε θέση να ανακτήσει το διαγραμμένο αντικείμενο. Η αλήθεια είναι ότι αυτό το πρόβλημα παρουσιάζεται αρκετά συχνά και στους

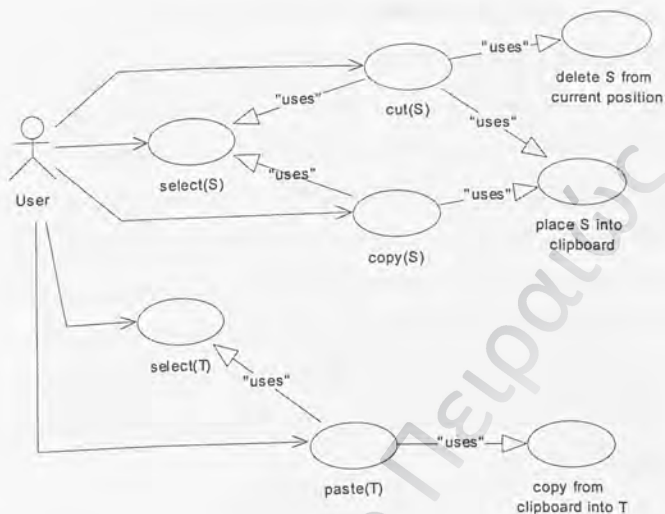
έμπειρους χρήστες που έχουν εμπειρία στα προγράμματα επεξεργασίας κειμένου. Στα συγκεκριμένα προγράμματα, όταν αντιγράφεται ένα κομμάτι κειμένου, μια εικόνα ή κάποιο άλλο αντικείμενο, αποθηκεύεται ολόκληρο στο πρόχειρο (clipboard) και μπορεί να ανακτηθεί ακόμα και μετά την διαγραφή του από την αρχική του θέση. Στο παραπάνω παράδειγμα η πραγματική πρόθεση του χρήστη ήταν να μεταφέρει το αρχείο 'exams.doc' από το κινητό μέσο στο σκληρό του δίσκο, αλλά ο χρήστης δεν ήταν γνώστης της εντολής μεταφοράς *cut*, οπότε προτίμησε εναλλακτικά να εκτελέσει την εντολή *copy* και στη συνέχεια να διαγράψει το αντικείμενο που αντίγραψε.

6.5 Περιπτώσεις χρήσης

Τα σχέδια των χρηστών που εντοπίστηκαν κατά τη διάρκεια της εμπειρικής μελέτης αποτέλεσαν τη βάση για τη δημιουργία των διαγραμμάτων περιπτώσεων χρήσης (Use case diagrams). Η περίπτωση χρήσης είναι μια τεχνική μοντελοποίησης, η οποία ενσωματώνεται στην UML και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει τι πρέπει να κάνει ένα νέο σύστημα ή τι κάνει ένα υπάρχον [Eriksson & Penker 1998].

Όμως, όπως υποστηρίζουν και οι Muller et al. [Muller, Haslwanter & Dayton 1997], μια προσέγγιση υπαγορευμένη από τις περιπτώσεις χρήσης έχει και πολλά μειονεκτήματα. Ένα από τα κυριότερα προβλήματα είναι ότι ένα μοντέλο περίπτωσης χρήσης δημιουργείται συνήθως έχοντας το σύστημα στο κέντρο της προσοχής. Αυτό που εννοούν είναι ότι οι περιπτώσεις χρήσης δίνουν μικρή προτεραιότητα στους τελικούς χρήστες και ότι κάθε περίπτωση χρήσης έχει δημιουργηθεί από τους μηχανικούς λογισμικού, ώστε να αναπαριστούν ενέργειες χρηστών. Για να αντιμετωπιστούν τέτοιου είδους προβλήματα είναι απαραίτητο να μοντελοποιηθούν οι περιπτώσεις χρήσης σε συνεργασία με τους τελικούς χρήστες [Lif 1998]. Πράγματι στην περίπτωση του IFM κατασκευάστηκαν τα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης αφού μελετήθηκαν και αναλύθηκαν τα πρωτόκολλα της εμπειρικής μελέτης, στην οποία συμμετείχαν χρήστες με διαφορετική εμπειρία στη χρήση προγραμμάτων διαχείρισης του συστήματος αρχείων και εμπειρογνώμονες

πληροφορικής. Συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν οι περιπτώσεις χρήσης κατά τις οποίες οι χρήστες είχαν προβλήματα.



Σχήμα 6.7: Διάγραμμα περίπτωσης χρήσης για τις εντολές “cut”, “copy” και “paste”

Οι περιπτώσεις χρήσης, που συνδέονται με τη σχέση (relation) «επικοινωνεί» (communicates) με το χρήστη, αντιστοιχούν σε ενέργειές του. Μία σχέση «επικοινωνεί» μεταξύ δύο περιπτώσεων χρήσης σημαίνει ότι ένα στιγμιότυπο της περίπτωσης χρήσης, που αποτελεί την πηγή (source), περιλαμβάνει τη συμπεριφορά που περιγράφεται στην περίπτωση χρήσης του προορισμού (target) [Muller 1997]. Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης μελέτης η σχέση «επικοινωνεί» μεταξύ δύο περιπτώσεων χρήσης αποκαλύπτει ομοιότητες μεταξύ των ενεργειών των χρηστών που μπορεί να μπερδεύουν τους χρήστες. Για παράδειγμα, στο διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης που παρουσιάζεται στο σχήμα 6.7, παρουσιάζονται οι εντολές cut, copy και paste. Σε αυτό το διάγραμμα γίνεται εμφανές ότι και οι τρεις εντολές (cut, copy και paste) συνδέονται με την περίπτωση χρήσης select. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης πρέπει να επιλέξει ένα αντικείμενο πριν

εκτελέσει κάποια από αυτές τις ενέργειες. Επιπλέον, οι εντολές *cut* και *copy* συνδέονται και με την περίπτωση χρήσης που τοποθετεί ένα αντικείμενο στο πρόχειρο (*clipboard*).

Παρόλα αυτά, αντιθέτως με την περίπτωση χρήσης *copy*, στην περίπτωση χρήσης *cut* υπάρχει μια επιπλέον σχέση «επικοινωνεί» με την περίπτωση χρήσης “delete the selected object from current position” (διαγραφή του επιλεγμένου αντικειμένου από την τρέχουσα θέση). Από το διάγραμμα του σχήματος 6.7 γίνεται εμφανές ότι οι εντολές *cut* και *copy* έχουν μεγάλο βαθμό ομοιότητας όσον αφορά στη λειτουργικότητά τους από την οπτική γωνία του χρήστη. Επιπλέον, η εντολή *paste* παρουσιάζει και αυτή με τη σειρά της μια σχετική ομοιότητα με τις εντολές *cut* και *copy*. Ομοιότητες σαν και αυτή ελήφθησαν υπόψη στην κατασκευή των ιεραρχιών για τη βάση γνώσης του συστήματος. Η βάση γνώσης του συστήματος παρουσιάζεται στην επόμενη ενότητα.

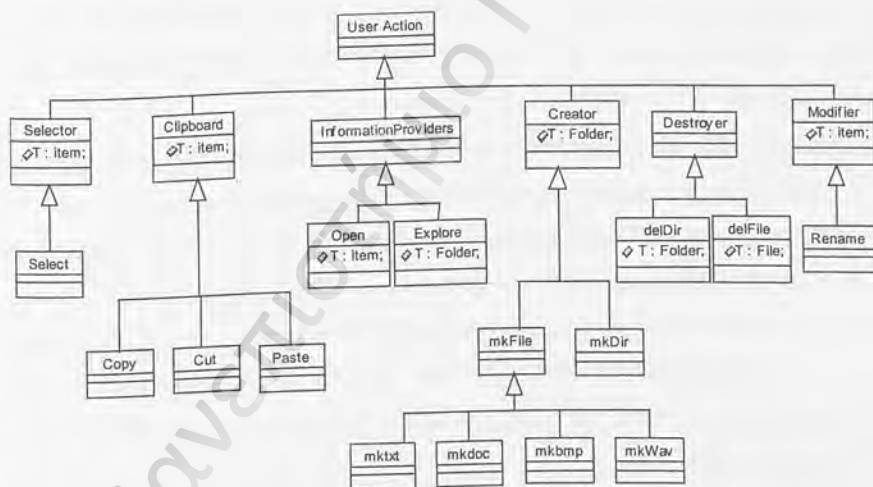
6.6 Σχεδιασμός της βάσης γνώσης

Η μελέτη των σχεδίων των χρηστών κατά τη διάρκεια της ανάλυσης απαντήσεων χρησίμευσε και κατά το σχεδιασμό της βάσης γνώσης του IFM. Για τη μοντελοποίηση της βάσης γνώσης χρησιμοποιήθηκε ο συμβολισμός UML. Έτσι κάθε όρος αναπαρίσταται με μια κλάση και τα ορίσματα του ως χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης κλάσης. Επιπλέον, οι σχέσεις της UML μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναπαράσταση των κατηγορημάτων της Prolog, τα οποία ονομάζονται και *σχέσεις*.

Χωρίζουμε τα κατηγορήματα σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τη σημασιολογία τους. Τα κατηγορήματα που αντιστοιχούν σε μία σχέση *isa* μπορούν να αναπαρασταθούν με τη σχέση γενίκευσης (*generalisation*) της UML, για παράδειγμα *isa(selector(T),userAction)*. Τα κατηγορήματα που αντιστοιχούν σε μια σχέση *ispart* μπορούν να αναπαρασταθούν από τη σχέση συνάθροισης (*aggregation*) της UML, για παράδειγμα *contains(sugar,cake)*. Τέλος, οι απλοί συσχετισμοί (*association*) της UML αναπαριστούν τα κατηγορήματα που δε μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε

μία από τις παραπάνω κατηγορίες, για παράδειγμα siblings(bob,mary).

Μια ιεραρχική, δενδροειδή βάση γνώσης μπορεί να αναπαρασταθεί με τη χρήση γενικεύσεων. Συγκεκριμένα, στο IFM έχουμε χρησιμοποιήσει ένα διάγραμμα κλάσεων για την αναπαράσταση των κατηγορημάτων της βάσης γνώσης. Κάθε όρος που τοποθετείται στο φύλλο της δενδροειδούς δομής αντιστοιχεί σε μια ενέργεια του χρήστη. Οι όροι υψηλότερου επιπέδου (π.χ. Selector, Clipboard, Information Providers, Creator, Destroyer and Modifier) υποδεικνύουν την κατηγοριοποίηση των ενεργειών των χρηστών. Το χαρακτηριστικό T που ανήκει σε αρκετές από τις κλάσεις, αναπαριστά το αντικείμενο που αφορά η ενέργεια του χρήστη. Το T μπορεί να είναι ένας φάκελος, ένα αρχείο, ή οποιοδήποτε από τα δύο (αντικείμενο). Στο σχήμα 6.8 παρουσιάζεται ένα διάγραμμα κλάσεων που αναπαριστά μέρος της βάσης γνώσης του IFM.



Σχήμα 6.8: Ένα διάγραμμα κλάσεων που αναπαριστά μέρος της βάσης γνώσης του IFM

6.7 Κατηγοριοποίηση λαθών

Ως αποτέλεσμα των προβλημάτων ευχρηστίας που κατεγράφησαν, οι εμπειρογνώμονες πληροφορικής κατηγοριοποίησαν όλες τις ενέργειες

χρηστών σε πέντε βασικές κατηγορίες. Η Jerrams-Smith [2000] είχε στο παρελθόν πραγματοποιήσει μια παρόμοια εμπειρική μελέτη ώστε να κατηγοριοποιήσει τα βασικά λάθη που κάνουν οι χρήστες του UNIX. Η βασική διαφορά της μελέτης, που διεξήχθη στα πλαίσια αυτής της διατριβής, με αυτήν της Jerrams-Smith είναι ότι στην πρώτη μελέτη η κατηγοριοποίηση των λαθών έγινε από 10 εμπειρογνώμονες πληροφορικής ενώ στην δεύτερη από μόνο έναν.

Οι κατηγορίες λαθών που εντόπισαν οι 10 εμπειρογνώμονες πληροφορικής που πήραν μέρος στην εμπειρική μελέτη παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- *Λάθη εντολών (Command errors)*: Στις περιπτώσεις αυτές ο χρήστης είτε έχει επιλέξει λάθος εντολή σε σχέση με τις υποθέσεις που έχουν γίνει για τα σχέδια και τους στόχους του χρήστη είτε η εντολή απέτυχε να εκτελεστεί. Για παράδειγμα, μερικοί χρήστες μπερδεύουν τη χρήση των εντολών *αντιγραφής/αποκοπής (cut/copy)* και *επικόλλησης (paste)*.
- *Λάθη δομής (Structure errors)*: Στις περιπτώσεις αυτές ο χρήστης έχει κάνει λάθη λόγω της έλλειψης γνώσης της δομής ενός κοινού προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Για παράδειγμα, ο χρήστης μπερδεύει το φάκελο *πατέρα* που εμφανίζεται στο αριστερό μέρος του προγράμματος με το φάκελο που παρουσιάζεται στο δεξί μέρος του προγράμματος. Αυτά τα λάθη έγιναν κυρίως από άπειρους χρήστες λόγω της έλλειψης γνώσης του συστήματος και των λειτουργιών του.
- *Ορθογραφικά λάθη (Spelling errors)*: Τα λάθη αυτή οφειλονταν στο ότι ένας χρήστης μπερδεύει αντικείμενα με παρόμοια ονόματα.
- *Λάθη ποντικιού (Mouse errors)*: Τα λάθη αυτά πραγματοποιήθηκαν λόγω του ότι ο χρήστης μπερδεψε αντικείμενα, αρχεία ή φακέλους, που εμφανίζονταν γειτονικά στη γραφική αναπαράσταση του συστήματος αρχείων. Τέτοιου είδους λάθη συνήθως οφείλονται στη λανθασμένη χρήση του ποντικιού. Οι άπειροι χρήστες δεν μπορούν να

μάθουν εύκολα πώς να χειρίζονται σωστά το ποντίκι, ενώ ακόμα και οι έμπειροι χρήστες κάνουν λάθη απροσεξίας μεταξύ δύο γειτονικών αντικειμένων λόγω κεκτημένης ταχύτητας.

- *Λάθη ιδίων ονομάτων (Identical name errors):* Σε αυτές τις περιπτώσεις ο χρήστης μπέρδευε αντικείμενα, αρχεία ή φακέλους, με ακριβώς το ίδιο όνομα, που εμφανίζονταν σε διαφορετικά σημεία του συστήματος αρχείων.

Γενικά, όλα τα λάθη που ανήκουν σε μία από τις τρεις τελευταίες κατηγορίες θεωρήθηκαν ως λάθη απροσεξίας. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης κατά λάθος επέλεξε λανθασμένο αντικείμενο ή λανθασμένη εντολή και ο λόγος δεν ήταν η έλλειψη γνώσης του πεδίου.

Η κατηγοριοποίηση των λαθών των χρηστών χρησιμοποιήθηκε στη συνέχεια για την κατάταξη των χρηστών σε κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για το σχεδιασμό των στερεότυπων. Έτσι οι χρήστες κατηγοριοποιήθηκαν σε τρία βασικά στερεότυπα ανάλογα με τον αριθμό λαθών δομής και λαθών εντολών που έκαναν. Οι εμπειρογνώμονες έκριναν ότι τέτοιου είδους λάθη αποκαλύπτουν το επίπεδο γνώσης των χρηστών και κατηγοριοποίησαν τους χρήστες σε άπειρους, μεσαίου επιπέδου και έμπειρους. Επιπλέον, ο αριθμός ορθογραφικών λαθών καθώς και ο αριθμός λαθών ποντικιού και ιδίων ονομάτων αποκαλύπτει πόσο απρόσεκτος είναι ένας χρήστης. Συνεπώς, θεωρήθηκε απαραίτητη και μια κατηγοριοποίηση των χρηστών σε προσεκτικούς και απρόσεκτους.

Αφού σχεδιάστηκαν τα στερεότυπα, ζητήθηκε από τους εμπειρογνώμονες να σχεδιάσουν και τις βασικές υποθέσεις που γίνονται για κάθε κατηγορία χρηστών. Για παράδειγμα, ότι οι άπειροι χρήστες κάνουν λάθη εντολών με συχνότητα 30%. Οι βασικές αυτές υποθέσεις παρουσιάζονται στην ενότητα 10.3.

6.8 Συμπεράσματα της μελέτης

Η βοήθεια που παρέχεται από τα κοινά προγράμματα διαχείρισης του συστήματος αρχείων δε φαίνεται να είναι ικανοποιητική, ιδιαίτερα για τους

άπειρους χρήστες. Η έκκληση για βοήθεια στα συγκεκριμένα προγράμματα προϋποθέτει ότι ο χρήστης γνωρίζει ποιο είναι το λάθος του και πώς πρέπει να ζητήσει βοήθεια [Virnuu, Jones & Millington 2000]. Αυτός είναι και ο κυριότερος λόγος για τον οποίο οι χρήστες, ιδιαίτερα οι άπειροι, αντιμετωπίζουν πολλά προβλήματα στη χρήση τέτοιου είδους προγραμμάτων και κάνουν πολλά λάθη που οδηγούν στην αποτυχία πραγματοποίησης των στόχων τους.

Για αυτόν το λόγο, διεξήχθη μια εμπειρική αξιολόγηση ενός κοινού προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Στη μελέτη αυτή συμμετείχαν εμπειρογνώμονες πληροφορικής καθώς και απλοί χρήστες με διαφορετικά επίπεδα εμπειρίας στη χρήση προγραμμάτων διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Οι εμπειρογνώμονες κατέγραψαν τα βασικά σχέδια που υλοποιούσαν οι χρήστες χρησιμοποιώντας τα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης της UML και αναγνώρισαν πιθανές παρανοήσεις. Πράγματι, τα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο καταγραφής των λειτουργιών ενός συστήματος και των σχεδίων που μπορούν να υλοποιήσουν οι χρήστες. Στη συνέχεια μελέτησαν τα σχέδια αυτά και έκαναν μια προσπάθεια να κατηγοριοποιήσουν τα κυριότερα λάθη που κάνουν οι έμπειροι και οι άπειροι χρήστες. Αυτή η διαδικασία οδήγησε στον καλύτερο σχεδιασμό του μηχανισμού αναγνώρισης στόχων που διαθέτει το σύστημα.

Κύριος στόχος όμως αυτής της αξιολόγησης ήταν η αναγνώριση και καταγραφή των βασικών προβλημάτων ευχρηστίας ενός προτύπου προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Τα αποτελέσματα από αυτήν τη διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια στη φάση της σχεδίασης του συστήματος ώστε η τελική έκδοση του νέου συστήματος να μην αντιμετωπίζει τέτοιου είδους προβλήματα.

Ένα από τα κυριότερα προβλήματα που προέκυψε από την εμπειρική αξιολόγηση ήταν ότι οι περισσότεροι χρήστες δε δίνουν σημασία ή δεν καταλαβαίνουν τα μηνύματα που παράγουν τα κοινά προγράμματα διαχείρισης του συστήματος αρχείων, επειδή τα μηνύματα αυτά είναι

πάντοτε τα ίδια και δεν προσαρμόζονται στις ανάγκες του εκάστοτε χρήστη. Οι χρήστες δήλωσαν ότι θα έδιναν μεγαλύτερη προσοχή σε αυτά τα μηνύματα, αν πίστευαν ότι ήταν προσαρμοσμένα στη δική τους περίπτωση.

Επιπλέον, τόσο οι έμπειροι όσο και οι άπειροι χρήστες τείνουν να επαναλαμβάνουν τα ίδια λάθη. Οπότε ένα σύστημα πρέπει να παρέχει προσωποποιημένη βοήθεια λαμβάνοντας υπόψη το ιστορικό λαθών του εκάστοτε χρήστη. Αυτό μπορεί να υλοποιηθεί από ένα σύστημα, αν κρατάει ένα μοντέλο χρήστη μακράς διάρκειας (long term user model) για τον κάθε χρήστη του συστήματος [Rich 1999]. Οπότε ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος που περιγράφεται στην επόμενη ενότητα είναι η ικανότητά του να μοντελοποιεί τους χρήστες του.

Επιπροσθέτως, η εμπειρική μελέτη αποκάλυψε και μερικές περιπτώσεις, στις οποίες οι έμπειροι χρήστες δεν μπορούσαν να αποφασίσουν μεταξύ δύο εναλλακτικών ενεργειών ποια ήταν η βέλτιστη. Οι περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν κατά το σχεδιασμό του συστήματος, ώστε να υπολογιστούν τα βάρη των παραμέτρων βεβαιότητας εφαρμόζοντας τη Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Το Ευφυές Σύστημα Βοήθειας IFM

7.1 Εισαγωγή

Το IFM (Intelligent File Manipulator) είναι ένα πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων, το οποίο παρέχει ευφυή και εξατομικευμένη βοήθεια στους χρήστες του. Το σύστημα αυτό ανήκει στα ενεργητικά ΕΣΒ, δηλαδή συνεχώς παρακολουθεί τις ενέργειες των χρηστών και παρέχει άμεση βοήθεια, όταν το θεωρήσει απαραίτητο. Το σύστημα επιχειρεί να ικανοποιήσει τα δύο κριτήρια που αναφέρουν οι Matthews et al. [2000] για τα ΕΣΒ. Συγκεκριμένα, το σύστημα προσπαθεί να διευκολύνει τους χρήστες στην εκτέλεση των ενεργειών τους και συγχρόνως να τους βοηθήσει να μάθουν περισσότερα για τη λειτουργικότητά του, καθώς κάνουν τις καθημερινές εργασίες τους.

Για να επιτύχει αυτούς τους βασικούς στόχους του, το σύστημα χρησιμοποιεί πράκτορες. Συγκεκριμένα, έχει χρησιμοποιηθεί ένας πράκτορας για τη μοντελοποίηση του χρήστη καθώς και την αιτιολόγηση των ενεργειών του, ένας πράκτορας για τη διαχείριση των μοντέλων των χρηστών, ένας για την παροχή συμβουλών, ένας για την παροχή

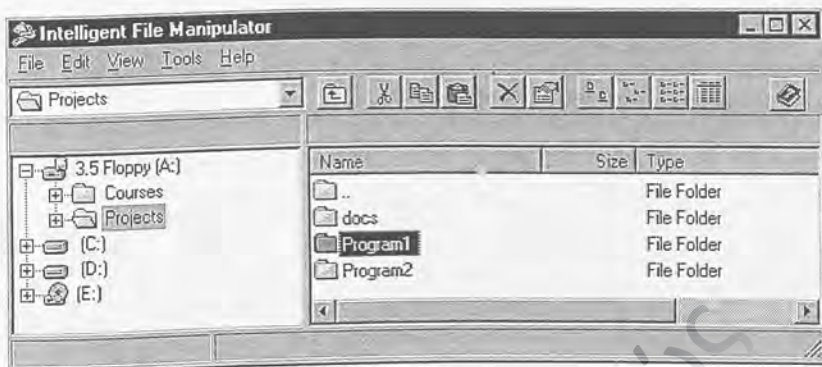
εκπαίδευσης και ένας τελευταίος για τη βελτιστοποίηση της αλληλεπίδρασης του χρήστη με το σύστημα.

Στο παρόν κεφάλαιο αρχικά θα γίνει μια συνοπτική παρουσίαση του συστήματος, όπου θα παρουσιαστεί και ένα σύντομο παράδειγμα αλληλεπίδρασης ενός χρήστη με το σύστημα. Στη συνέχεια, θα περιγραφεί η πολυπρακτορική αρχιτεκτονική του IFM, οι βασικές λειτουργίες των πρακτόρων του συστήματος καθώς και η επικοινωνία μεταξύ τους. Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί η αναπαράσταση του πεδίου της εφαρμογής, όπου θα γίνει ιδιαίτερη αναφορά στο πώς δομείται η γνώση σε ιεραρχίες. Τέλος, θα δοθούν μερικά βασικά συμπεράσματα, που έχουν προκύψει από την υλοποίηση του συστήματος και αφορούν κυρίως τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της αρχιτεκτονικής που επιλέχθηκε καθώς και την αναπαράσταση του πεδίου.

7.2 Συνοπτική παρουσίαση του συστήματος

Το IFM δουλεύει σαν ένα κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων και έχει παρόμοιο γραφικό σύστημα διεπαφής με την 'Εξερεύνηση των Windows' στα Windows 98/NT (σχήμα 7.1). Η βασική διαφορά του συστήματος σε σχέση με τα κοινά προγράμματα διαχείρισης του συστήματος αρχείων είναι ότι το IFM χρησιμοποιεί πράκτορες οι οποίοι παρακολουθούν σιωπηλά τους χρήστες. Στην περίπτωση που υποπτευθούν ότι κάποια ενέργεια του χρήστη αντικρούει τους υποθετικούς στόχους τους, παρέχουν άμεσα συμβουλές ,που στόχο έχουν να βοηθήσουν τους χρήστες να υλοποιήσουν τα τελικά σχέδιά τους.

Συγκεκριμένα, κάθε φορά που ο χρήστης εκτελεί κάποια ενέργεια, οι πράκτορες του IFM την αναλύουν ως προς τις προσδοκίες που έχουν σχετικά με τους αναγνωρισμένους στόχους του χρήστη. Στην περίπτωση που η ενέργεια συγκρούεται με αυτές τις προσδοκίες, το σύστημα προτείνει εναλλακτικές ενέργειες στο χρήστη. Αλλιώς η ενέργεια εκτελείται κανονικά.



Σχήμα 7.1: Το σύστημα διεπαφής του IFM

Οι εναλλακτικές ενέργειες που προτείνει το σύστημα δημιουργούνται με την εφαρμογή της ΑΕΑ. Οι πράκτορες στο IFM αναλύουν κάθε εναλλακτική ενέργεια που δημιουργείται. Στην περίπτωση που κάποια από αυτές συγκρούεται με τις προσδοκίες τους σχετικά με τους στόχους του χρήστη, αγνοείται. Εάν έχει δημιουργηθεί τουλάχιστον μία εναλλακτική ενέργεια, η οποία να είναι συμβατή με τις παραπάνω προσδοκίες, τότε θεωρείται «καλή» εναλλακτική εντολή. Από τις «καλές» εναλλακτικές που θα παραχθούν, οι πράκτορες επιλέγουν τη «βέλτιστη», χρησιμοποιώντας κάποια θεωρία λήψης αποφάσεων, το Απλό Σταθμισμένο Άθροισμα, την Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας ή την Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων, καθώς και τις πληροφορίες που είναι διαθέσιμες για το χρήστη από τα μοντέλα που διατηρεί το σύστημα κεντρικά σε ένα εξυπηρετή (server). Η εντολή αυτή παρουσιάζεται στο χρήστη. Ωστόσο, αυτός δεν είναι υποχρεωμένος/η να ακολουθήσει τη συμβουλή του IFM. Μπορεί να εκτελέσει την αρχική του εντολή ή να την ακυρώσει και να εκτελέσει μία εντελώς διαφορετική. Κάθε φορά που ο χρήστης εκτελεί κάποια εντολή το σύστημα ενημερώνει το μοντέλο του χρήστη.

7.2.1 Ένα απλό παράδειγμα λειτουργίας του IFM

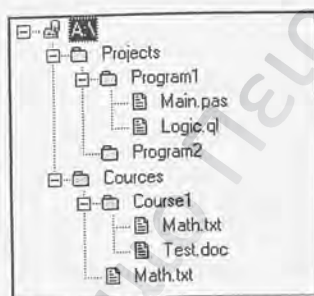
Στον πίνακα 7.1, παρουσιάζεται ένα απλό παράδειγμα της λειτουργίας του συστήματος. Στην πρώτη στήλη παρουσιάζεται ο αύξων αριθμός κάθε ενέργειας του χρήστη. Στη δεύτερη στήλη του πίνακα 7.1 παρουσιάζεται μια

συνοπτική περιγραφή της ενέργειας του χρήστη. Δεν παρέχεται η συνολική περιγραφή για το τι έκανε ο χρήστης αλλά μια περίληψη για το τι αντιλαμβάνεται το σύστημα. Για παράδειγμα, η ενέργεια του χρήστη 'DELETE A:\Projects\Program1\' υποδηλώνει ότι ο χρήστης επέλεξε τον φάκελο 'A:\Projects\Program1\' και μετά επέλεξε να εκτελέσει την εντολή *delete*. Συνεπώς, για λόγους απλότητας, ως ενέργεια θεωρείται το αποτέλεσμα μιας σειράς από επιλογές αντικειμένων, όπως η επιλογή ενός φακέλου και η επιλογή κάποιας εντολή, όπως η *delete*. Στην τρίτη στήλη παρέχεται μια περιγραφή της ενέργειας του χρήστη σε φυσική γλώσσα. Τέλος, στην τέταρτη στήλη παρουσιάζεται μια περιγραφή της ανάλυσης που κάνει το σύστημα για κάθε ενέργεια που παρουσιάζεται και της συμβουλής που δίδει στον χρήστη (αν βρεθεί κάποια συμβουλή). Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη παρουσιάζεται στο σχήμα 7.2.

A/A	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΧΡΗΣΤΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
1.	DELETE A:\Projects\Program1\	Ο χρήστης προσπαθεί να διαγράψει τον φάκελο 'Program1'. Αυτή η ενέργεια θα έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια των περιεχομένων αυτού του φακέλου.
Αιτιολόγηση IFM: Μη αναμενόμενη ενέργεια και δημιουργία εναλλακτικών ενεργειών. Η συμβουλή του IFM: delete(A:\Projects\Program2\)		
Ερμηνεία της συμβουλής του IFM: Ο φάκελος 'Program2' είναι κενός, ενώ ο φάκελος 'Program1' δεν είναι. Συνεπώς, ο χρήστης μπορεί να επιθυμούσε να επιλέξει το 'Program2', αφού έχει παρόμοιο όνομα με το 'Program1' (Σχήμα 7.2).		
2.	DELETE A:\Projects\Program2\	Ο χρήστης ακολουθεί τη συμβουλή του συστήματος και διαγράφει τον φάκελο 'Program2'.
Αιτιολόγηση IFM: Η ενέργεια επιβεβαιώνει τις προσδοκίες του συστήματος.		
3.	CREATE_NEW_FOLDER_IN A:\Courses\	Ο χρήστης δημιουργεί ένα νέο φάκελο μέσα στον φάκελο 'Courses'.
Αιτιολόγηση IFM: Μη αναμενόμενη ενέργεια αλλά το σύστημα δεν βρίσκει καμία εναλλακτική ενέργεια. Καμία αντίδραση.		
4.	RENAME A:\Courses\New Folder\ A:\Courses\Course2\	Ο χρήστης μετονομάζει το νέο φάκελο.
Αιτιολόγηση IFM: Αναμενόμενη ενέργεια.		
5.	CUT A:\Courses\Math.txt	Ο χρήστης ξεκινά ένα νέο σχέδιο για να μεταφέρει το αρχείο 'Math.txt' από τον φάκελο 'Courses'.
Αιτιολόγηση IFM: Αναμενόμενη ενέργεια.		

6.	PASTE A: \Courses\Course1\	Ο χρήστης ολοκληρώνει το προηγούμενο σχέδιό του με την εκτέλεση της εντολής επικόλλησης <i>paste</i> . Παρόλα αυτά, στον φάκελο 'Course1' υπάρχει ήδη αρχείο με ακριβώς το ίδιο όνομα. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την αντικατάσταση του συγκεκριμένου αρχείου και απόλεια πιθανώς χρισμών δεδομένων.
<p>Αιτιολόγηση IFM: Μη αναμενόμενη ενέργεια και δημιουργία εναλλακτικών ενεργειών. Η συμβουλή του IFM: Επικόλλησε στον φάκελο 'Course2'. Ερμηνεία της συμβουλής του IFM: Αν η ενέργεια εκτελεστεί, ο χρήστης θα επικαλύψει το αρχείο Math.txt. Από την άλλη πλευρά, ο φάκελος 'Course2' είναι άδειος. Ο χρήστης μπορεί να επιθυμούσε να επιλέξει το φάκελο 'Course2' αντί για το φάκελο 'Course1', αφού αυτοί οι δύο φάκελοι έχουν παρόμοιο όνομα και είναι γειτονικοί στη γραφική αναπαράσταση του συστήματος αρχείων.</p>		

Πίνακας 7.1: Ένα απλό παράδειγμα αλληλεπίδρασης ενός χρήστη με το IFM



Σχήμα 7.2: Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη

7.2.2 Οι βασικοί μηχανισμοί αιτιολόγησης

Το IFM είναι ένα σύστημα που χρησιμοποιεί πράκτορες για να παρακολουθούν τους χρήστες και να αναλύουν συνεχώς όλες τις ενέργειες τους με στόχο τη διάγνωση πιθανών λαθών και την παροχή συμβουλών ώστε να ανανήψουν από τα λάθη τους. Όπως υποστηρίζουν και οι Cerrri και Loia [1997], αν ένα σύστημα προσπαθεί να κάνει διάγνωση λαθών, τότε πρέπει να ενσωματώνει κάποιες λειτουργίες μοντελοποίησης χρηστών. Πράγματι, το IFM χρησιμοποιεί δύο διαφορετικούς πράκτορες για τη μοντελοποίηση των χρηστών του, ο ένας πράκτορας διαχειρίζεται τα μακράς διάρκειας μοντέλα των χρηστών και ο άλλος διαχειρίζεται τα μικρής διάρκειας μοντέλα και κάνει υποθέσεις σχετικά με τους στόχους, τα πιθανά λάθη και τις εσφαλμένες αντιλήψεις τους. Για παράδειγμα, μια λάθος ενέργεια του χρήστη μπορεί να οφείλεται στην επιλογή λάθους αντικειμένου ή λάθους

εντολής. Τα βασικά στοιχεία που ελέγχονται όταν ένας χρήστης εκτελεί μια εντολή είναι:

1. Η κατάσταση του συστήματος αρχείων.
2. Οι εκτιμώμενες προθέσεις του χρήστη. Για παράδειγμα, διάλεξε ο χρήστης το σωστό αντικείμενο;
3. Τα σημασιολογικά στοιχεία της επιλεγμένης εντολής. Για παράδειγμα, γνώριζε ο χρήστης τις προϋποθέσεις και τις συνέπειες της εντολής που επέλεξε;

Όμως, για κάθε λάθος μπορεί να υπάρχει μια ποικιλία λόγων για τους οποίους ο χρήστης κάνει το συγκεκριμένο λάθος. Έτσι, το σύστημα δυσκολεύεται να αναγνωρίσει την πραγματική αιτία του προβλήματος αφού συνήθως υπάρχει ένας πλεονασμός από υποθέσεις. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό το πιθανό πρόβλημα, το IFM χρησιμοποιεί δύο βασικούς μηχανισμούς αιτιολόγησης για τη μοντελοποίηση των χρηστών. Οι δύο αυτοί μηχανισμοί λειτουργούν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον. Αν και οι δύο μηχανισμοί παράγουν συμβατές υποθέσεις σχετικά με το χρήστη, αυτό αυξάνει την πιθανότητα αυτές οι υποθέσεις να είναι αληθείς. Ο ένας μηχανισμός διεξάγει περιορισμένη αναγνώριση στόχων (limited goal recognition) και περιγράφεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 8. Ο άλλος μηχανισμός κάνει προσομοίωση των ανθρώπινων λαθών βασιζόμενος στην Ανθρώπινη Ευλογοφανή Αιτιολόγηση και παρουσιάζεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 10.

7.3 Πολυπρακτορική Αρχιτεκτονική

Το IFM έχει μια πολυπρακτορική αρχιτεκτονική. Η πλειοψηφία των αρχιτεκτονικών με πράκτορες αποτελούνται από ένα μόνο πράκτορα [Sycara 1998]. Το κύριο μειονέκτημα αυτών των μεθόδων είναι ότι η γνώση, οι υπολογιστικές πηγές και οι προοπτικές ενός πράκτορα είναι περιορισμένες. Λόγω αυτού του μειονεκτήματος, είναι πολύ δύσκολο για έναν πράκτορα να διαχειριστεί ένα πολύ πολύπλοκο και δυναμικό πρόβλημα με συνεχώς αυξανόμενη γνώση και πληροφορία. Τα πολυπρακτορικά συστήματα είναι ικανά να λύσουν προβλήματα που είναι υπερβολικά πολύπλοκα για να

Η αρχιτεκτονική του IFM αποτελείται από 5 πράκτορες και το τμήμα της αναπαράστασης του τομέα. Οι 5 πράκτορες του συστήματος είναι:

- Πράκτορας μοντελοποίησης (Short Term User Modelling Agent).
- Πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών (User Model Managing Agent).
- Συμβουλευτικός Πράκτορας (Advising Agent).
- Εκπαιδευτικός Πράκτορας (Tutoring Agent).
- Ομιλών Πράκτορας (Speech-driven Agent).

Η αρχιτεκτονική του συστήματος παρουσιάζεται στο σχήμα 7.3. Οι παραπάνω πράκτορες συνεργάζονται ώστε να παρακολουθούν το χρήστη και να παρέχουν εξατομικευμένη βοήθεια και εκπαίδευση, στην περίπτωση που αυτό θεωρηθεί απαραίτητο. Όλοι οι πράκτορες λειτουργούν τοπικά στον υπολογιστή του χρήστη και μόνο ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών είναι υπεύθυνος για την επικοινωνία με τον εξυπηρετητή (Web Server). Η επικοινωνία του πράκτορα διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών με τον εξυπηρετητή γίνεται μέσω μιας νέας, πολλά υποσχόμενης τεχνολογίας, των Web Services. Η ακριβής μετάφραση των Web Services είναι υπηρεσίες (services) που παρέχονται μέσω του ιστού (Web). Τελευταία όμως αυτός ο όρος αναφέρεται σε ένα σύνολο πρωτοκόλλων για αλληλεπίδραση απομακρυσμένων εφαρμογών. Περισσότερες λεπτομέρειες για τις Web Services παρέχονται στην ενότητα 8.3.

Κάθε φορά που ο χρήστης εκτελεί μια εντολή, ο πράκτορας μοντελοποίησης, ο οποίος δουλεύει στον υπολογιστή του «τρέχει» η εφαρμογή, την αναλύει λαμβάνοντας υπόψη του τους στόχους του συγκεκριμένου χρήστη. Ο πράκτορας μοντελοποίησης συλλαμβάνει τη γνωστική κατάσταση και τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε χρήστη και αναγνωρίζει τυχόν εσφαλμένες αντιλήψεις. Στην περίπτωση που ο πράκτορας μοντελοποίησης έχει υποπτευθεί ότι ο χρήστης είναι μπλεγμένος σε μια προβληματική κατάσταση, διενεργεί διάγνωση λαθών (error diagnosis). Για τη διάγνωση λαθών και τη δημιουργία πιθανών

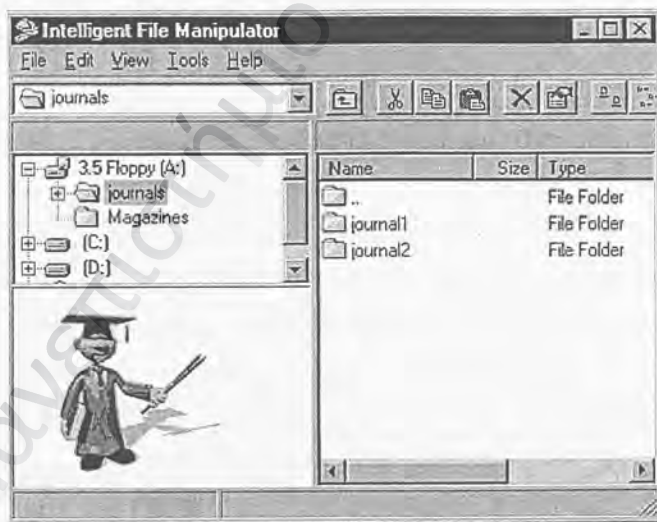
εναλλακτικών εντολών, για την περίπτωση που ο χρήστης έχει κάνει κάποιο λάθος, το σύστημα εφαρμόζει την ΑΕΑ. Οι μετασχηματισμοί δηλώσεων της ΑΕΑ που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις περιπτώσεις παρουσιάζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 10.

Όταν ο πράκτορας μοντελοποίησης ολοκληρώσει την παραγωγή εναλλακτικών εντολών, τις αποστέλλει στο συμβουλευτικό πράκτορα ώστε αυτός να επιλέξει τη βέλτιστη από αυτές, δηλαδή την εναλλακτική ενέργεια που ήθελε πιθανότατα να εκτελέσει ο χρήστης. Για αυτόν το σκοπό ο συμβουλευτικός πράκτορας χρησιμοποιεί πληροφορίες σχετικά με το χρήστη, τις οποίες λαμβάνει από τον πράκτορα μοντελοποίησης, αλλά και μια θεωρία λήψης αποφάσεων. Συγκεκριμένα, ο συμβουλευτικός πράκτορας έχει υλοποιηθεί τρεις φορές ξεχωριστά έτσι ώστε να εφαρμόζει τρεις διαφορετικές θεωρίες λήψης αποφάσεων: ένα μοντέλο Απλού Σταθμισμένου Αθροίσματος, την Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας και την Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων. Στο κεφάλαιο 12 παρουσιάζεται μια αξιολόγηση αυτών των τριών εκδοχών του συμβουλευτικού πράκτορα ώστε να επιλεγεί η πιο αποδοτική θεωρία.

Επιπλέον, αν ο πράκτορας μοντελοποίησης πιστεύει ότι η παρανόηση του χρήστη οφειλόταν σε έλλειψη γνώσης, ενημερώνει τον εκπαιδευτικό πράκτορα σχετικά. Ο εκπαιδευτικός πράκτορας με τη σειρά του είναι υπεύθυνος για την προσαρμογή της παρουσίασης του σχετικού μαθήματος στις γνώσεις του εκάστοτε χρήστη. Για αυτόν το λόγο ο εκπαιδευτικός πράκτορας ζητά πληροφορίες για το χρήστη από τον πράκτορα μοντελοποίησης. Για την προσαρμογή της παρουσίασης του μαθήματος, ο εκπαιδευτικός πράκτορας χρησιμοποιεί διάφορες τεχνικές προσαρμοστικών υπερμέσων (adaptive hypermedia). Αναλυτικότερα, οι τεχνικές προσαρμοστικών υπερμέσων αλλά και η διαδικασία προσαρμογής της παρουσίασης του μαθήματος παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 9.

Τόσο ο συμβουλευτικός πράκτορας όσο και ο εκπαιδευτικός πράκτορας αποστέλλουν τις απαντήσεις τους στον ομιλούντα πράκτορα, που επίσης βρίσκεται στον υπολογιστή που τρέχει η εφαρμογή. Ο ομιλών πράκτορας

είναι γενικά υπεύθυνος για την παρουσίαση των πληροφοριών με ένα τρόπο ενιαίο και εύκολα προσβάσιμο. Το κίνητρο για την ενσωμάτωση ενός τέτοιου πράκτορα στο σύστημα διεπαφής είναι ότι εμπλουτίζει το ρεπερτόριο των διαθέσιμων επιλογών, οι οποίες επιτρέπουν τη μίμηση πιο οικείων τρόπων επικοινωνίας για την αλληλεπίδραση με τον υπολογιστή [André, Rist & Muller 1999]. Επιπλέον, ένας τέτοιου είδους πράκτορας μπορεί να βοηθήσει τους άπειρους χρήστες να ξεπεράσουν τα πρώτα εμπόδια που αντιμετωπίζουν και να βελτιώσουν την επικοινωνία τους με το σύστημα παρέχοντάς τους ένα επιπλέον κίνητρο [Johnson, Rickel & Lester 2000]. Πράγματι, σε μια ανάλυση των εντυπώσεων που δημιουργεί ένας ομιλών πράκτορας σε ανθρώπους, οι Walker, Sproull και Subramani [1994] υποστηρίζουν ότι οι άνθρωποι αντιδρούν καλύτερα σε πληροφορίες που παρέχονται μέσω του προφορικού λόγου παρά σε πληροφορίες που παρέχονται μέσω του γραπτού λόγου.



Σχήμα 7.4: Η οθόνη του IFM όταν παρέχεται βοήθεια στο χρήστη

Ο ομιλών πράκτορας είναι υπεύθυνος για τη συνολική επικοινωνία με το χρήστη. Αυτή η επικοινωνία συνήθως περιλαμβάνει τη συλλογή των ερωτημάτων του χρήστη, παρουσίαση των συμβουλών αλλά και παρουσίαση

της θεωρίας. Ωστόσο, ο συγκεκριμένος πράκτορας δεν περιλαμβάνει επιπλέον μηχανισμούς αιτιολόγησης.

Κάθε φορά που ο πράκτορας μοντελοποίησης συλλέγει νέες πληροφορίες για κάποιον χρήστη που αλληλεπιδρά με το σύστημα τις αποστέλλει στο πράκτορα διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών. Γενικά, ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών συντηρεί και διαχειρίζεται τα μοντέλα των χρηστών και παρέχει στο πράκτορα μοντελοποίησης πληροφορίες από αυτά, όποτε αυτό θεωρηθεί απαραίτητο. Επιπλέον, ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών είναι υπεύθυνος για την αλληλεπίδραση με τον εξυπηρέτη Web Service User Modelling (WSUM) ώστε να έχει την δυνατότητα να διαχειρίζεται τις πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες στα μοντέλα των χρηστών τόσο στον εξυπηρέτη όσο στον πελάτη.

7.4 Αναπαράσταση πεδίου

Το τμήμα της αναπαράστασης πεδίου περιέχει γνώση σχετικά με τις εντολές και την κατάσταση του συστήματος αρχείων. Όλες οι έννοιες που παρουσιάζονται στην αναπαράσταση πεδίου συσχετίζονται με κάποιες ιδιότητες και ανήκουν σε κάποια ιεραρχία τύπων ή τμηματική ιεραρχία. Οι έννοιες που αφορούν στο γραφικό σύστημα διεπαφής κατηγοριοποιούνται σε ιεραρχίες τύπων έτσι ώστε να είναι συμβατές με τις βασικές υποθέσεις της ΑΕΑ. Γενικά, επειδή αναφέρονται πολλές έννοιες σχετικά με τις εντολές του γραφικού συστήματος διεπαφής, ορίζουμε την παρακάτω ορολογία:

- Οι εντολές (commands) θα αναφέρονται στις ακριβείς λέξεις που αναπαριστούν τις εντολές (π.χ. copy).
- Οι επιλογές (selections) θα αναφέρονται στα επιλεγμένα αντικείμενα (π.χ. book.txt).
- Οι ενέργειες των χρηστών θα αναφέρονται σε μια λίστα από ενέργειες χρηστών που έχουν κάποιο αποτέλεσμα (π.χ. copy(book.txt)).

Μια σημαντική ιεραρχία είναι αυτή των ενεργειών των χρηστών (Σχήμα

7.5). Η ιεραρχία αυτή αναπαριστά τη συντακτική δομή των ενεργειών. Επιπλέον, δημιουργήθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε κόμβος – απόγονος κληρονομεί όλες τις ιδιότητες του κόμβου – προγόνου του.

Σε αυτή την ιεραρχία οι ενέργειες αρχικά χωρίζονται σε έξι κατηγορίες ανάλογα με το αποτέλεσμα της εκτέλεσή τους:

I. Επιλογείς – Selectors

Σε αυτή την κατηγορία ανήκει μόνο η ενέργεια `select(T)`, η οποία αντιστοιχεί στην επιλογή του αντικειμένου `T`. Η ενέργεια αυτή εκτελείται πριν από αρκετές άλλες που προϋποθέτουν κάποιο όρισμα. Όταν λοιπόν στην συνέχεια αναφερόμαστε σε εντολές με όρισμα εννοούμε ότι οι εντολές αυτές για να υλοποιηθούν σωστά προϋποθέτουν την εκτέλεση της εντολής `select` πριν εκτελεστούν.

II. Ενέργειες προχείρου – Clipboard actions

Όλες οι ενέργειες που χρησιμοποιούν το πρόχειρο ως ενδιάμεσο στάδιο ονομάζονται ενέργειες προχείρου. Οι εντολές που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία χρησιμοποιούνται για την αντιγραφή και μεταφορά αντικειμένων μέσα στο σύστημα αρχείων του χρήστη. Υπάρχει μια ποικιλία τρόπων υλοποίησης των εντολών αυτών. Για παράδειγμα, η εντολή `copy` μπορεί να εκτελεστεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

- i. Επιλογή της εντολής από το μενού εντολών.
- ii. Επιλογή του εικονιδίου της μπάρας εργαλείων που αντιστοιχεί στην εντολή αντιγραφής.
- iii. Ο συνδυασμός των πλήκτρων `Ctrl` και `C`.

III. Παροχείς πληροφοριών – Information providers

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι ενέργειες που δίνουν πληροφορίες στο χρήστη για τα αντικείμενα του συστήματος αρχείων που διαχειρίζεται. Για παράδειγμα, η εντολή `open` παρουσιάζει τα περιεχόμενα των φακέλων ή των αρχείων που έχουν επιλεγεί προηγουμένως.

IV. Δημιουργοί – Creators

Όλες οι ενέργειες που δημιουργούν ένα νέο αντικείμενο στο σύστημα αρχείων ανήκουν στην κατηγορία 'Δημιουργοί'. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκει η εντολή δημιουργίας φακέλων (`mkdir`) καθώς και οι εντολές δημιουργίας αρχείων (`mkfile`). Στην τελευταία υποκατηγορία ανήκουν οι εντολές `mktxt`, `mkdoc`, `mkbmp`, `mkwav` κλπ., που δημιουργούν διαφορετικών τύπων αρχεία. Για παράδειγμα, η εντολή `mktxt` δημιουργεί στο σύστημα αρχείων ένα νέο αρχείο κειμένου ASCII (*.txt).

V. Διαγραφείς – Destroyers

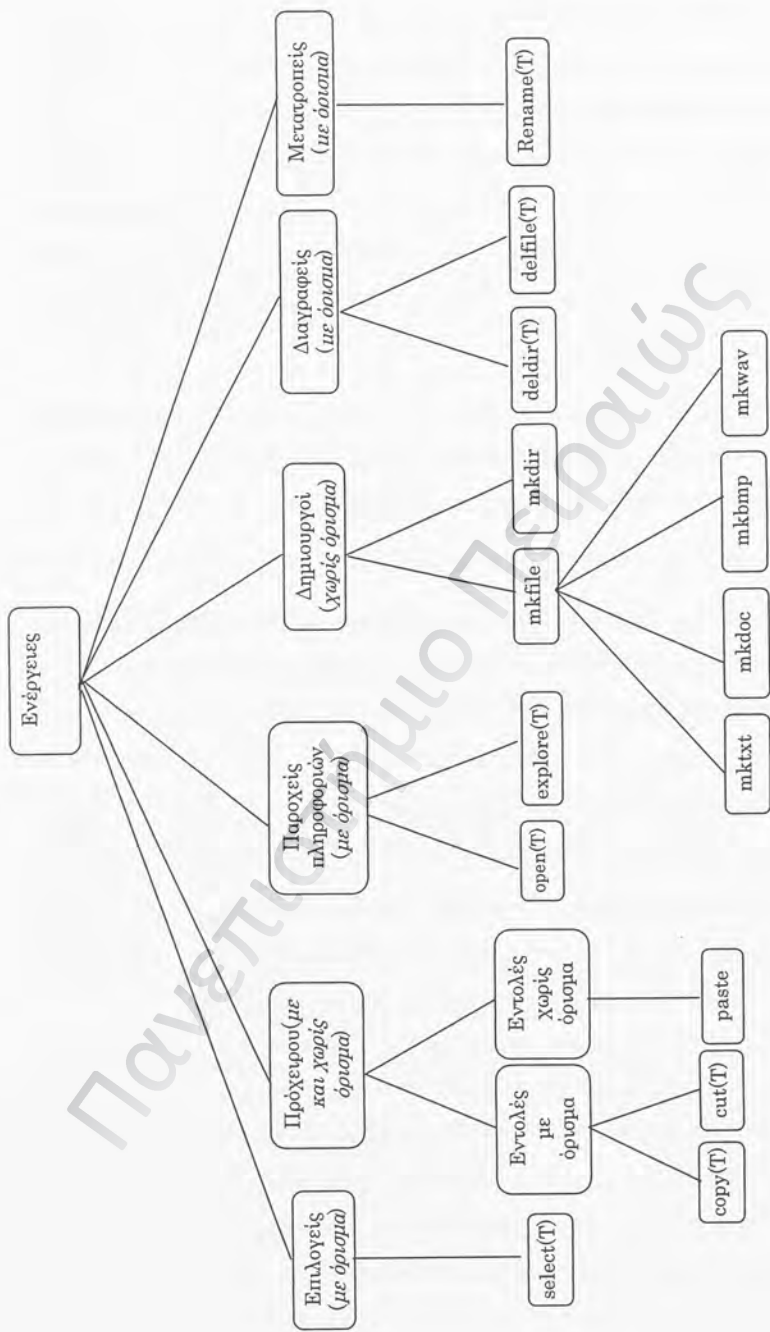
Όλες οι ενέργειες που καταστρέφουν ένα αντικείμενο του συστήματος αρχείων κατηγοριοποιούνται ως διαγραφείς. Για παράδειγμα, η εντολή `delDir` διαγράφει ένα φάκελο από το σύστημα αρχείων.

VI. Μετατροπείς – Modifiers

Αυτοί οι χειριστές μεταβάλλουν τις ιδιότητες ενός αντικειμένου του συστήματος αρχείων. Για παράδειγμα, η ενέργεια `Rename(T)` αλλάζει το όνομα του αντικειμένου T, όπου T μπορεί να είναι ένα αρχείο ή ένας φάκελος.

Το τρίτο επίπεδο της ιεραρχίας του σχήματος 7.5 αναπαριστά τις ακριβείς ενέργειες του συστήματος διεπαφής που ανήκουν στους κόμβους – προγόνους που περιγράφηκαν παραπάνω. Οι ενέργειες διακρίνονται από το όνομα της εντολής και τα ορίσματά τους. Για παράδειγμα, η εντολή `copy(T)` αντιγράφει το αντικείμενο T και το τοποθετεί στο πρόχειρο.

Μερικές από τις ενέργειες του τρίτου επιπέδου της ιεραρχίας μπορούν να αναλυθούν περαιτέρω. Για παράδειγμα η εντολή `mkfile` μπορεί να αναλυθεί σε ένα τέταρτο επίπεδο της ιεραρχίας όπου δηλώνεται το είδος των αρχείων που δημιουργούνται, όπως αρχεία κειμένου, εικόνας, ήχου κλπ. Αυτές οι ενέργειες υπάρχουν σε μενού εντολών στο σύστημα διεπαφής και παρουσιάζονται αν ο χρήστης επιλέξει `File` και `New`.



Σχήμα 7.5: Η ιεραρχία των εντολών

Οι εντολές χωρίζονται επίσης και σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με τη συντακτική τους δομή. Η πρώτη κατηγορία εντολών ονομάζεται «με – όρισμα» και περιέχει όλες τις εντολές που λαμβάνουν τουλάχιστον ένα όρισμα. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης πρέπει προηγουμένως να έχει επιλέξει τουλάχιστον ένα αντικείμενο του συστήματος αρχείων, δηλαδή ένα αρχείο ή ένα φάκελο. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν όλες οι εντολές από τις κατηγορίες παροχής πληροφοριών, διαγραφείς και μετατροπείς καθώς και μερικές από τις εντολές προχείρου, όπως η copy και η cut.

Η δεύτερη κατηγορία εντολών ονομάζεται «χωρίς – όρισμα» και αποτελείται από εντολές που δε λαμβάνουν κανένα όρισμα. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης δε χρειάζεται προηγουμένως να έχει επιλέξει κάποιο αντικείμενο του συστήματος αρχείων, πριν εκτελέσει μια από τις εντολές αυτής της κατηγορίας. Για παράδειγμα, σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι εντολές-δημιουργοί όπως η mkdir και η mkfile αλλά και μία του προχείρου (paste). Στο σχήμα 7.5, το οποίο αναπαριστά την ιεραρχία των εντολών, παρουσιάζεται αν οι εντολές που ανήκουν σε μια συγκεκριμένη κατηγορία είναι «με – όρισμα» ή «χωρίς – όρισμα».

Επιπλέον, το τμήμα της αναπαράστασης πεδίου περιλαμβάνει και μια ιεραρχία που αναπαριστά το σύστημα αρχείων του χρήστη. Οι ιεραρχίες αυτές είναι συνεχώς μεταβαλλόμενες, αφού αλλάζουν κάθε φορά που ο χρήστης κάνει κάποια αλλαγή στο σύστημα αρχείων του. Και οι δύο παραπάνω ιεραρχίες χρησιμοποιούνται από τον πράκτορα μοντελοποίησης, όταν εφαρμόζει την ΑΕΑ για να παράγει υποθέσεις σχετικά με τις προθέσεις του χρήστη καθώς και από τον εκπαιδευτικός πράκτορα, όταν δημιουργεί κάποιο μάθημα. Συγκεκριμένα, ο συμβουλευτικός πράκτορας χρησιμοποιεί την ιεραρχία εντολών, όταν αναζητά παρόμοιες εντολές για να προτείνει στο χρήστη και την ιεραρχία αναπαράστασης του συστήματος αρχείων για να διαμορφώσει τα παραδείγματα στο σύστημα αρχείων.

7.5 Συμπεράσματα

Το IFM είναι ένα ευφυές σύστημα βοήθειας που στόχο έχει να βοηθήσει

τους άπειρους και έμπειρους χρήστες κατά τη διαχείριση του συστήματος αρχείων. Το κύριο χαρακτηριστικό του συστήματος είναι ότι υιοθετεί πράκτορες ώστε να παρακολουθούν συνεχώς το χρήστη και να επεμβαίνουν όποτε οι χρήστες αντιμετωπίζουν πρόβλημα στην επίτευξη των στόχων τους. Τα βασικά πλεονεκτήματα μιας πολυπρακτορικής αρχιτεκτονικής είναι ότι είναι ανοιχτή (open) και επεκτάσιμη (extensible). Επιπλέον, η υιοθέτηση μιας πολυπρακτορικής προσέγγισης έχει το πλεονέκτημα της διαίρεσης της ευφυΐας του συστήματος σε διάφορες μονάδες με αυτονομία (πράκτορες), το οποίο τελικά οδηγεί στην απλοποίηση της σχεδίασης, υλοποίησης και συντήρησης των επιμέρους πρακτόρων. Αυτά τα πλεονεκτήματα θεωρήθηκαν ιδιαίτερα σημαντικά σε ένα σύστημα όπως το IFM, το οποίο ενσωματώνει διάφορους μηχανισμούς αιτιολόγησης και εφαρμόζει διάφορες θεωρίες.

Συγκεκριμένα το σύστημα χρησιμοποιεί δύο πράκτορες για τη μοντελοποίηση των χρηστών, η λειτουργία των οποίων περιγράφεται στα κεφάλαια 7 και 9 της παρούσης διατριβής. Επιπλέον, ένας πράκτορας είναι υπεύθυνος για την επιλογή της συμβουλής που θα παρουσιαστεί στο χρήστη και ένας άλλος για το συντονισμό της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Η λειτουργία αυτών των πρακτόρων παρουσιάζεται αναλυτικά στα κεφάλαια 8 και 10, αντίστοιχα. Τέλος, η εφαρμογή χρησιμοποιεί έναν ομιλούντα πράκτορα για τη βελτίωση της αλληλεπίδρασης του χρήστη με το σύστημα.

Σε αυτό το κεφάλαιο επίσης αναλύθηκε το τμήμα αναπαράστασης του πεδίου. Σε αυτό το τμήμα όλες οι έννοιες του συστήματος αρχείων καθώς και το σύστημα αρχείων αυτό καθ' αυτό αναπαρίστανται σε ιεραρχίες. Αυτού του είδους η αναπαράσταση αποτελεί μια καλή προσέγγιση στη δόμηση της πληροφορίας. Επιπλέον, η ΑΕΑ θεωρία προϋποθέτει ότι η γνώση του τομέα είναι οργανωμένη σε ιεραρχίες, οι οποίες ενημερώνονται και τροποποιούνται ανάλογα. Συνεπώς, η αναπαράσταση της γνώσης του τομέα σε ιεραρχίες θεωρήθηκε απαραίτητη ώστε το σύστημα να είναι συμβατό με τις βασικές υποθέσεις της ΑΕΑ.

Μοντελοποίηση Χρηστών στο IFM

8.1 Εισαγωγή

Εφόσον ο αριθμός των χρηστών λογισμικού αυξάνεται σημαντικά, το λογισμικό πρέπει να σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να απευθύνεται στις ανάγκες ενός μεγάλου πληθυσμού χρηστών με ανόμοια χαρακτηριστικά. Η ανάγκη αυτή είναι εντονότερη από τη στιγμή που το Διαδίκτυο και ο Παγκόσμιος Ιστός επέτρεψαν σε εκατομμύρια χρηστών την πρόσβαση σε ένα πλήθος πηγών. Οι δυνατότητες που προσφέρονται πλέον έχουν ως αποτέλεσμα η κλασική προσέγγιση «ένα-μέγεθος-κάνει-σε-όλους» (one-size-fits-all) να μην είναι πια σε θέση να ανταποκριθεί στις αυξανόμενες απαιτήσεις ενός συνεχώς αυξανόμενου αριθμού χρηστών. Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι η ανάπτυξη συστημάτων με την ικανότητα να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους στους στόχους, στις εργασίες, στα ενδιαφέροντα και σε άλλα χαρακτηριστικά του κάθε χρήστη ή των ομάδων χρηστών [Brusilovsky & Maybury 2002]. Συνεπώς, τα συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να συλλέγουν δεδομένα που αφορούν στους χρήστες ερωτώντας τους άμεσα ή παρακολουθώντας τους κατά τη διάρκεια της

αλληλεπίδρασής τους με το σύστημα και αποθηκεύοντας τις πληροφορίες που συλλέγονται στα μοντέλα τους. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω για την προσαρμογή της αλληλεπίδρασης. Έτσι οι τεχνικές μοντελοποίησης χρηστών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παροχή εξατομικευμένης αλληλεπίδρασης.

Η μοντελοποίηση χρηστών κερδίζει συνεχώς έδαφος δεδομένης της αναγκαιότητας της και των πλεονεκτημάτων που προσφέρει. Για αυτόν το λόγο οι σχεδιαστές λογισμικού έχουν επικεντρωθεί στην αναζήτηση νέων τεχνικών για τη λήψη, διατήρηση και χρήση των δεδομένων των χρηστών έτσι ώστε η αλληλεπιδραστική συμπεριφορά των συστημάτων να μπορέσει να βελτιωθεί. Μια πιθανή βελτίωση στην αλληλεπίδραση του χρήστη με το λογισμικό είναι η ενσωμάτωση των ΕΣΒ στα συστήματα διεπαφής πολύπλοκων πακέτων λογισμικού έτσι ώστε οι χρήστες να λαμβάνουν επαρκή βοήθεια, η οποία θα είναι και προσαρμοσμένη στις ανάγκες τους. Πράγματι, οι χρήστες λογισμικού συχνά αντιμετωπίζουν πολλά προβλήματα κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασής τους με ένα σύστημα γιατί πολλές φορές κάνουν λάθη στην προσπάθειά τους να επιτύχουν τους στόχους τους. Αυτό συμβαίνει, επειδή οι χρήστες μπορεί να μη γνωρίζουν ακριβώς πως να επιτύχουν τους στόχους σύμφωνα με τις τυπικές διαδικασίες του συστήματος διεπαφής ή επειδή απλά είναι αφηρημένοι ή απρόσεκτοι. Όπως υποστηρίζουν και οι Delisle & Moulin [2002], ένα χρήσιμο ΕΣΒ πρέπει να έχει εμπλουτιστεί με γνώση σχετικά με τους χρήστες του ώστε να είναι σε θέση να εντοπίσει τους στόχους του και να συνεργαστεί μαζί τους για να τους εκπληρώσουν επιτυχώς.

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η λειτουργία των δύο πρακτόρων που χρησιμοποιεί το σύστημα για τη μοντελοποίηση των χρηστών του. Συγκεκριμένα, ο πράκτορας μοντελοποίησης χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση των ενεργειών των χρηστών και τη δημιουργία υποθέσεων για τους στόχους και τα σχέδια αυτών, ενώ ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών είναι υπεύθυνος για τη διατήρηση όλων των μοντέλων των χρηστών. Για το λόγο αυτό ο πράκτορας αυτός επικοινωνεί με έναν εξυπηρετητή (Web Server) μέσω Web Services.

Αναλυτικά αυτή η επικοινωνία περιγράφεται στη συνέχεια.

8.2 Αναγνώριση Στόχων

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί, ο πράκτορας μοντελοποίησης αναλύει κάθε ενέργεια που εκτελεί ο χρήστης και κάνει υποθέσεις σχετικά με τους στόχους του. Για τη δημιουργία υποθέσεων ο πράκτορας μοντελοποίησης χρησιμοποιεί ένα μηχανισμό περιορισμένης αναγνώρισης στόχων. Όταν μια ενέργεια θεωρηθεί μη επιδιωκόμενη από το χρήστη, τότε το σύστημα παράγει εναλλακτικές ενέργειες, οπότε και προκύπτει το πρόβλημα της αναγνώρισης της επιδιωκόμενης ενέργειας μεταξύ αυτών που έχουν δημιουργηθεί. Για τη μείωση των εναλλακτικών ενεργειών το σύστημα χρησιμοποιεί διαφορετικές ενδείξεις. Η πρώτη ένδειξη αφορά στους στόχους του χρήστη, ενώ η δεύτερη στην αξιολόγηση της ενέργειας βάσει κριτηρίων, όπως είναι η ομοιότητα, η συχνότητα δημιουργίας κάποιου λάθους, κλπ.

Αυτή η ενότητα περιγράφει το μηχανισμό περιορισμένης αναγνώρισης στόχων που χρησιμοποιείται για να βελτιώσει τον έλεγχο του συστήματος. Κάθε ενέργεια ενός χρήστη μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε μία από τέσσερις βασικές κατηγορίες. Έτσι, μια ενέργεια μπορεί να είναι «αναμενόμενη», «ουδέτερη», «ύποπτη» ή «λανθασμένη» βάσει της συμβατότητας της με τις υποθέσεις που έχει κάνει το σύστημα σχετικά με τους στόχους του χρήστη. Η κατηγοριοποίηση αυτή βασίζεται στην έννοια της «αστάθειας», η οποία είναι μια ιδιότητα που συνδέεται με το σύστημα αρχείων του χρήστη. Το IFM χρησιμοποιεί τις «αστάθειες» για να αποδώσει νόημα στις ακολουθίες των ενεργειών των χρηστών.

8.2.1 Η έννοια της «αστάθειας»

Μια «αστάθεια» σε ένα σύστημα αρχείων είναι μια ιδιότητα του συστήματος αρχείων που συνδέεται με την ενέργεια του χρήστη που τη δημιουργεί και μια λίστα από πιθανές ενέργειες που θα μπορούσαν να τη διαγράψουν. Η ύπαρξη μιας «αστάθειας» σε ένα σύστημα αρχείων υποδηλώνει ότι ο χρήστης μπορεί να προβεί στην εκτέλεση μιας επόμενης ενέργειας που θα την διαγράψει. Οι «αστάθειες» εισάγονται και

διαγράφονται από μια λίστα ως αποτέλεσμα των ενεργειών των χρηστών.

Η εισαγωγή μιας «αστάθειας» υποδηλώνει την έναρξη ενός σχεδίου του χρήστη, ενώ η διαγραφή μιας «αστάθειας» υποδηλώνει την ολοκλήρωση ενός σχεδίου του χρήστη. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης τοποθετήσει ένα αντικείμενο, αρχείο ή φάκελο στο «πρόχειρο» μέσω της εντολής αντιγραφής *copy*, τότε μια αστάθεια εισάγεται στη λίστα με τις «αστάθειες» του συστήματος αρχείων. Αυτή η «αστάθεια» διαγράφεται, όταν ο χρήστης επικολλήσει αυτά τα αντικείμενα κάπου αλλού.

Συνεπώς, οι «αστάθειες» εισάγονται, όταν ο χρήστης εκτελεί ενέργειες που οδηγούν σε καταστάσεις του συστήματος αρχείων, οι οποίες υπονοούν ότι ο χρήστης θα εκτελέσει περαιτέρω σχετικές ενέργειες. Μερικά παραδείγματα από περιπτώσεις στις οποίες εισάγονται «αστάθειες» παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- *Η ύπαρξη ενός κενού φακέλου.* Σε αυτή την περίπτωση κάποιος θα περίμενε από το χρήστη ή να βάλει περιεχόμενα μέσα στο φάκελο ή να διαγράψει το φάκελο. Συνεπώς, η ύπαρξη ενός κενού φακέλου δεν έχει νόημα, αν δεν ακολουθείται από μια ενέργεια που τοποθετεί κάποια περιεχόμενα σε αυτόν το φάκελο ή το διαγράφει.
- *Η ύπαρξη ενός φακέλου με μόνο ένα αντικείμενο.* Σε αυτή την περίπτωση κάποιος θα περίμενε ο φάκελος να έχει περισσότερα αντικείμενα, αλλιώς η ύπαρξή του δεν έχει και πολύ νόημα. Συνεπώς, η ύπαρξη ενός φακέλου με ένα μόνο αντικείμενο μπορεί να είναι άσκοπη, αν δεν ακολουθείται από μια ενέργεια που να του εισάγει περισσότερα περιεχόμενα ή να τον διαγράφει.
- *Η ύπαρξη ενός φακέλου ή ενός αρχείου με το όνομα «Νέος Φάκελος» ή «Νέο Αρχείο», αντίστοιχα.* Και σε αυτή την περίπτωση κάποιος θα περίμενε ο χρήστης να δώσει στα αντικείμενα που δημιουργεί, είτε αυτά είναι φάκελοι είτε είναι αρχεία, χαρακτηριστικότερα ονόματα αντί να κρατάει τα ονόματα που χρησιμοποιεί το σύστημα.

- *Υπαρξη αντικειμένων στο «πρόχειρο» μετά από αντιγραφή ή αποκοπή που δεν έχουν επικολληθεί.* Όταν ο χρήστης εκτελέσει μια εντολή αντιγραφής ή αποκοπής αυτό που περιμένει το σύστημα είναι να ακολουθήσει μια εντολή επικόλλησης ώστε να ολοκληρωθεί το σχέδιο του χρήστη, αλλιώς το σχέδιο θεωρείται ημιτελές.

8.2.2 Οι «αστάθειες» ως μέσο για την επιβεβαίωση των στόχων και σχεδίων του χρήστη

Όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω, η ύπαρξη «ασταθειών» υποδηλώνει ότι ο χρήστης πιθανώς σκοπεύει να εκτελέσει κάποιες επόμενες ενέργειες που θα διαγράψουν αυτές τις αστάθειες (παρόλο που κάτι τέτοιο δεν μπορεί να θεωρηθεί υποχρεωτικό). Συνεπώς, οι ενέργειες που διαγράφουν μία ή περισσότερες «αστάθειες» θεωρούνται από το σύστημα ως αναμενόμενες.

Μια «αστάθεια» διαγράφεται, αν κάποια ενέργεια του χρήστη καθιστά την ύπαρξη της άσκοπη. Για παράδειγμα, μία «αστάθεια» για έναν κενό φάκελο διαγράφεται, αν ο φάκελος αυτός αποκτήσει κάποια περιεχόμενα ή αν διαγραφεί. Παρόλα αυτά, υπάρχουν περιπτώσεις όπου η ενέργεια ενός χρήστη μπορεί να οδηγήσει και στη διαγραφή μιας «αστάθειας» και στην εισαγωγή κάποιων άλλων. Αυτές οι περιπτώσεις αντιστοιχούν σε καταστάσεις στις οποίες ο χρήστης είναι στη μέση κάποιου υπάρχοντος σχεδίου.

Συγκεκριμένα, προκύπτουν οι παρακάτω περιπτώσεις ανάλογα με την εισαγωγή ή/και διαγραφή «ασταθειών».

- *Η ενέργεια δεν εισάγει αλλά μόνο διαγράφει «αστάθειες».*

Αυτή η περίπτωση υποδηλώνει την ολοκλήρωση κάποιου σχεδίου και η ενέργεια θεωρείται από το σύστημα ως αναμενόμενη. Για παράδειγμα, όταν μια ενέργεια εισάγει ένα αρχείο σε ένα φάκελο με ένα μόνο αντικείμενο, η ενέργεια έχει ως αποτέλεσμα τη διαγραφή της «αστάθειας» για το φάκελο με το ένα αντικείμενο ενώ δεν εισάγει κάποια άλλη.

- *Η ενέργεια εισάγει και διαγράφει «αστάθειες».*

Τέτοιου είδους ενέργειες έχουν ως αποτέλεσμα την συνέχιση κάποιου σχεδίου. Σε αυτήν την περίπτωση η ενέργεια θεωρείται από το IFM ως αναμενόμενη. Για την ακρίβεια, μια ενέργεια θεωρείται ως αναμενόμενη, αν διαγράφει τουλάχιστον μία «αστάθεια». Το σύστημα δεν ενδιαφέρεται για τον αριθμό των «ασταθειών» που διαγράφονται. Για παράδειγμα, όταν ένα αρχείο εισάγεται μέσα σε έναν κενό φάκελο, τότε η αστάθεια για τον κενό φάκελο διαγράφεται αλλά εισάγεται η αστάθεια για το φάκελο με ένα αντικείμενο. Αν μάλιστα το αρχείο που εισάγεται είναι νέο τότε εισάγεται και η αστάθεια για το αντικείμενο με το όνομα 'Νέο αρχείο'.

- *Η ενέργεια εισάγει αλλά δεν διαγράφει «αστάθειες».*

Αυτού του είδους η ενέργεια δηλώνει την εκκίνηση ενός νέου σχεδίου. Εάν υπάρχουν κι άλλα δηλωμένα πλάνα που δεν έχουν ολοκληρωθεί, τότε αυτή η ενέργεια θεωρείται από το σύστημα ως μη – αναμενόμενη. Γενικά, ο χρήστης υποτίθεται ότι στοχεύει στην ολοκλήρωση των δηλωμένων σχεδίων του πριν δηλώσει κάποιο νέο. Για παράδειγμα, η δημιουργία ενός νέου υπο-φακέλου σε ένα φάκελο, ο οποίος ήδη περιέχει δύο ή περισσότερα αντικείμενα, εισάγει μόνο τη νέα «αστάθεια» του κενού φακέλου και δε διαγράφει καμιά από τις παλιές. Τέτοιου είδους ενέργειες μπορεί κάλλιστα να είναι επιδιωκόμενες από το χρήστη αλλά επίσης δείχνουν ότι ίσως ο χρήστης έχει κατά λάθος αμελήσει να εκτελέσει κάποια ενέργεια που θα ολοκλήρωνε κάποιο από τα προηγούμενα σχέδιά του. Συνεπώς, χρησιμοποιούνται για να τραβήξουν την προσοχή του συστήματος για περαιτέρω εξέταση.

- *Η ενέργεια ούτε εισάγει ούτε διαγράφει «αστάθειες».*

Τέτοιου είδους ενέργειες δεν παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τα σχέδια του χρήστη. Για παράδειγμα, η ενέργεια *explore(directory)* έχει ως αποτέλεσμα την εξερεύνηση των αρχείων και των φακέλων που ανήκουν σε ένα συγκεκριμένο φάκελο.

Οι αστάθειες έχουν χρησιμοποιηθεί ώστε να δηλώνουν πότε ένα σχέδιο ξεκινά, συνεχίζεται ή ολοκληρώνεται. Στην περίπτωση που ένας χρήστης προσπαθήσει να εκτελέσει μια μη – αναμενόμενη ενέργεια, το σύστημα αναζητά εναλλακτικές ενέργειες. Μια εναλλακτική ενέργεια θα ήταν αναμενόμενη, αν θεωρείτο μια καλή αντικατάσταση της ενέργειας που προσπάθησε να εκτελέσει ο χρήστης.

8.2.3 Κατηγοριοποίηση των ενεργειών των χρηστών και οι υποθέσεις του IFM

Ένα από τα πιο δύσκολα θέματα στη μοντελοποίηση χρηστών είναι η αναγνώριση των προβληματικών ενεργειών ενός χρήστη. Όπως υποστηρίζει η Horpe [1994], ο έλεγχος της ορθότητας μιας δοθείσης λύσης, παρόλο που είναι απαραίτητη για κάθε είδους αναγνώριση λαθών, δεν είναι απλή υπόθεση, ιδιαίτερα σε τομείς που υπάρχει μια ποικιλία από σωστές λύσεις. Στο IFM μια ενέργεια ενός χρήστη μπορεί να θεωρηθεί ως προβληματική σε σχέση με τις υποθέσεις που έχει κάνει το σύστημα για τις προθέσεις του. Κάθε φορά που δηλώνεται μια ενέργεια, το IFM την κατηγοριοποιεί σε μία από τις τέσσερις βασικές κατηγορίες. Αυτή η κατηγοριοποίηση λαμβάνει χώρα σε σχέση με τις αστάθειες που διαγράφονται ή εισάγονται, οι οποίες αντιστοιχούν στις προσδοκίες του IFM's. Οι τέσσερις κατηγορίες στις οποίες κατηγοριοποιούνται οι ενέργειες είναι οι παρακάτω:

□ *Αναμενόμενες ενέργειες.*

Μια ενέργεια ενός χρήστη θεωρείται ως αναμενόμενη, αν διαγράφει τουλάχιστον μία «αστάθεια». Αν μία ενέργεια έχει ως αποτέλεσμα μόνο τη διαγραφή «ασταθειών», τότε ο πράκτορας μοντελοποίησης αντιλαμβάνεται ότι αυτή η ενέργεια ολοκληρώνει ένα σχέδιο. Αλλιώς, αν η ενέργεια και διαγράφει και εισάγει «αστάθειες», ο πράκτορας μοντελοποίησης αντιλαμβάνεται τη συνέχιση ενός σχεδίου. Όταν μια ενέργεια θεωρείται ως αναμενόμενη, ο πράκτορας μοντελοποίησης επιβεβαιώνει τις προβλέψεις του σχετικά με τους στόχους του χρήστη.

□ *Ουδέτερες ενέργειες.*

Αυτές οι ενέργειες δεν έχουν καμία επίδραση στους στόχους που έχει αναγνωρίσει ο πράκτορας μοντελοποίησης για το συγκεκριμένο χρήστη ή στη λίστα των «ασταθειών» που διατηρεί.

□ *Υποπτες ενέργειες.*

Αυτές οι ενέργειες αντικρούουν τις υποθέσεις που έχει κάνει ο πράκτορας μοντελοποίησης σχετικά με τους στόχους του χρήστη. Σε μερικές περιπτώσεις αυτές οι ενέργειες μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την καταστροφή των σχεδίων του χρήστη ή την καταστροφή χρήσιμων δεδομένων.

□ *Λανθασμένες ενέργειες.*

Οι λανθασμένες ενέργειες αποτυγχάνουν να εκτελεστούν και δεν έχουν κανένα αποτέλεσμα αφού δεν είναι σύμφωνες με τις τυπικές διαδικασίες του συστήματος διεπαφής. Συνεπώς, σαφώς και θεωρούνται ως μη – αναμενόμενες.

Οι ενέργειες που κατηγοριοποιούνται ως αναμενόμενες εκτελούνται αμέσως, επειδή θεωρούνται ότι οδηγούν στην ολοκλήρωση ενός δηλωθέντος σχεδίου. Οι ενέργειες που δεν έχουν καμία επίδραση στις υποθέσεις του πράκτορα μοντελοποίησης σχετικά με τις προθέσεις του χρήστη θεωρούνται ως ουδέτερες. Και αυτές οι ενέργειες εκτελούνται αμέσως αφού θεωρείται ότι δε δημιουργούν κάποιου είδους πρόβλημα. Πρόβλημα προκύπτει, όταν κάποια ενέργεια κατηγοριοποιείται ως ύποπτη. Μια τέτοιου είδους ενέργεια θεωρείται ότι οδηγεί στη δημιουργία ενός νέου σχεδίου, ενώ υπάρχουν άλλα ημιτελή. Αυτές οι ενέργειες θεωρούνται προβληματικές, επειδή έχει παρατηρηθεί ότι οι χρήστες γενικά τείνουν να ολοκληρώνουν τα σχέδια που έχουν δηλώσει πριν ξεκινήσουν άλλα καινούρια. Παρόλα αυτά, τέτοιου είδους ενέργειες είναι πιθανό να είναι και επιθυμητές από το χρήστη και, συνεπώς, σωστές. Έτσι, η κατηγορία αυτή χρησιμοποιείται απλά για να προειδοποιήσει τον πράκτορα μοντελοποίησης ώστε να εξετάσει περαιτέρω αν ο χρήστης πραγματικά σκόπευε να εκτελέσει μια διαφορετική ενέργεια

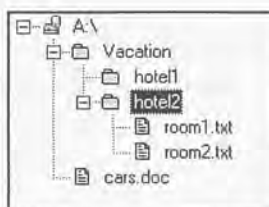
από αυτή που εκτέλεσε και δε σημαίνει ότι ο χρήστης αναμφίβολα έχει κάνει κάποιο λάθος. Από αυτήν την άποψη το IFM αναζητά εναλλακτικές ενέργειες οι οποίες είναι παρόμοιες με την αρχική ενέργεια του χρήστη και που θα μπορούσαν να την αντικαταστήσουν.

Η δημιουργία εναλλακτικών ενεργειών βασίζεται στους μετασχηματισμούς δηλώσεων της ΑΕΑ, ενώ η ομοιότητα των ενεργειών υπολογίζεται βάσει των παραμέτρων βεβαιότητας της ίδιας θεωρίας. Παρόλα αυτά, μια εναλλακτική ενέργεια μπορεί να θεωρηθεί καλή αντικατάσταση μόνο, αν δεν έχει κατηγοριοποιηθεί ως ύποπτη. Μια ενέργεια προκειμένου να ληφθεί υπόψη από τον πράκτορα μοντελοποίησης, πρέπει να είναι αναμενόμενη ή τουλάχιστον ουδέτερη. Πράγματι, αν βρεθεί μια εναλλακτική ενέργεια η οποία είναι παρόμοια με την αρχική ενέργεια του χρήστη και κατηγοριοποιηθεί ως αναμενόμενη, τότε αυτή η ενέργεια γίνεται αυτόματα υποψήφια προς παρουσίαση στον χρήστη και περνάει στο επόμενο στάδιο επιλογής, το οποίο βασίζεται στις θεωρίες λήψης αποφάσεων.

Υπάρχουν δύο βασικοί λόγοι για τους οποίους ο πράκτορας μοντελοποίησης πιστεύει ότι ο χρήστης μπορεί να επιθυμούσε να εκτελέσει την εναλλακτική ενέργεια που έχει καταταχθεί ως υποψήφια προς παρουσίαση στο χρήστη. Καταρχήν, η εναλλακτική ενέργεια είναι παρόμοια με την αρχική ενέργεια του χρήστη, πράγμα που σημαίνει ότι αυξάνει και η πιθανότητα του να έχει κάνει κάποιο λάθος ο χρήστης. Δεύτερον, η εναλλακτική ενέργεια είναι πιο συμβατή με τις υποθέσεις του πράκτορα μοντελοποίησης για τις προθέσεις του χρήστη από ότι η αρχική του ενέργεια. Παρόλα αυτά, αν δε βρεθεί καμιά εναλλακτική ενέργεια, τότε η ενέργεια γίνεται αυτόματα ουδέτερη και εκτελείται κανονικά, χωρίς ο χρήστης να αντιληφθεί τίποτα. Στην περίπτωση που ο πράκτορας μοντελοποίησης κατατάξει πολλές εναλλακτικές ενέργειες ως υποψήφιες προς παρουσίαση, τότε οι ενέργειες αυτές αποστέλλονται στο συμβουλευτικό πράκτορα, ο οποίος χρησιμοποιεί κάποια θεωρία λήψης αποφάσεων για την επιλογή της βέλτιστης. Τελικά, στο χρήστη παρουσιάζεται μια λίστα από δύο ή τρεις εναλλακτικές λύσεις που έχουν επιλεγεί από τον πράκτορα ως πιο

πιθανές για αντικατάσταση της αρχικής του εντολής. Οι ενέργειες αυτές παρουσιάζονται με σειρά προτεραιότητας βάσει του βαθμού βεβαιότητας της ΑΕΑ.

Ένα παράδειγμα κατηγοριοποίησης των ενεργειών παρουσιάζεται στο επόμενο παράδειγμα. Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη παρουσιάζεται στο σχήμα 8.1. Ο χρήστης δηλώνει την ενέργεια `deldir(A:\vacation\hotel2\)`. Η δήλωση αυτής της ενέργειας περιλαμβάνει την επιλογή του φακέλου `A:\vacation\hotel2\` και μετά την επιλογή της εντολής `delete`. Ο πράκτορας μοντελοποίησης κατηγοριοποιεί αυτήν την ενέργεια ως ύποπτη, επειδή, αν ο χρήστης διαγράψει τον φάκελο `A:\vacation\hotel2\`, τότε θα διαγραφούν και τα αρχεία `room1.txt` και `room2.txt`. Αφού η ενέργεια είναι ύποπτη, ο πράκτορας μοντελοποίησης δημιουργεί εναλλακτικές ενέργειες. Παρόλα αυτά, το σύστημα δε βρίσκει καμιά εντολή παρόμοια με αυτήν που επέλεξε ο χρήστης αλλά βρίσκει ένα άλλο παρόμοιο αντικείμενο. Οπότε η εναλλακτική ενέργεια που δημιουργήθηκε είναι η `deldir(A:\vacation\hotel1\)`. Αυτή η ενέργεια διαγράφει την «αστάθεια» για το άδειο φάκελο `A:\vacation\hotel1\` και εισάγει την «αστάθεια» για το φάκελο με ένα αντικείμενο `A:\vacation\`. Αφού η ενέργεια αυτή διαγράφει τουλάχιστον μία «αστάθεια», θεωρείται από τον πράκτορα μοντελοποίησης ως αναμενόμενη. Επίσης, οι ενέργειες αυτές θεωρούνται πολύ παρόμοιες, αφού τα αντικείμενα `hotel1` και `hotel2` έχουν πολύ παρόμοια ονόματα και παρουσιάζονται γειτονικά στη γραφική αναπαράσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη.



Σχήμα 8.1: Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη

8.3 Εξατομικευμένη βοήθεια μέσω Web Services

Το IFM χρησιμοποιεί δύο διαφορετικά μοντέλα για κάθε χρήστη, ένα τοπικά σε κάθε υπολογιστή που χρησιμοποιείται η εφαρμογή και ένα κεντρικά σε έναν εξυπηρετή, ο οποίος ονομάζεται Web Service User Modelling Server (WS-UM). Κάθε φορά λοιπόν, που κάποιος νέος χρήστης αλληλεπιδρά με το σύστημα, δημιουργούνται δύο διαφορετικά μοντέλα γι' αυτόν, ένα τοπικά στον υπολογιστή που «τρέχει» η εφαρμογή και ένα στον εξυπηρετή WS-UM. Το μοντέλο δημιουργείται στον εξυπηρετή WS-UM μόνο, αν ο υπολογιστής του χρήστη που αλληλεπιδρά με το σύστημα είναι συνδεδεμένος στο Internet. Συνεπώς, όταν ένας χρήστης αλληλεπιδρά με την εφαρμογή, υπάρχουν οι παρακάτω πιθανές καταστάσεις σχετικά με τις πληροφορίες που έχει το σύστημα γι' αυτόν:

- Δεν υπάρχει μοντέλο χρήστη ούτε τοπικά ούτε κεντρικά στον εξυπηρετή WS-UM. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης δεν έχει αλληλεπιδράσει με τη συγκεκριμένη εφαρμογή στο παρελθόν. Υπάρχει φυσικά μια μικρή πιθανότητα να έχει αλληλεπιδράσει με την εφαρμογή από άλλον υπολογιστή που δεν ήταν συνδεδεμένος στο Διαδίκτυο ώστε να ενημερωθεί το μοντέλο του στον εξυπηρετή.
- Υπάρχει μοντέλο χρήστη τοπικά αλλά δεν υπάρχει στον εξυπηρετή WS-UM. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης έχει αλληλεπιδράσει με την εφαρμογή στο παρελθόν χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο υπολογιστή αλλά, όποτε λάμβανε χώρα η αλληλεπίδραση, ο υπολογιστής δεν ήταν συνδεδεμένος στο Internet.
- Δεν υπάρχει μοντέλο χρήστη τοπικά αλλά υπάρχει ένα κεντρικά στον εξυπηρετή WS-UM. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης έχει αλληλεπιδράσει με την εφαρμογή στο παρελθόν από έναν υπολογιστή που ήταν συνδεδεμένος στο Internet αλλά όχι από το συγκεκριμένο υπολογιστή.
- Υπάρχει μοντέλο χρήστη και τοπικά και κεντρικά στον εξυπηρετή WS-UM. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης έχει αλληλεπιδράσει με την εφαρμογή στο παρελθόν από έναν υπολογιστή που ήταν συνδεδεμένος

στο Internet αλλά και από το συγκεκριμένο υπολογιστή.

Η επικοινωνία μεταξύ του εξυπηρέτη WS-UM και του πράκτορα διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών γίνεται μέσω των Web Services. Οι Web Services (υπηρεσίες του Ιστού) είναι αυτόνομες, τμηματοποιημένες εφαρμογές που παρέχουν ένα σύνολο από λειτουργίες σε όποιον τις ζητήσει. Το βασικό χαρακτηριστικό των Web Services είναι ότι αλληλεπιδρούν με τις εφαρμογές που τις επικαλούνται χρησιμοποιώντας καθιερωμένα πρότυπα όπως το WSDL (Web Service Definition Language) [Christensen et al. 2001], το SOAP (Simple Object Access Protocol) [Box et al. 2000] και το UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) [UDDI 2001].

8.3.1 Αλληλεπίδραση των μοντέλων του χρήστη στον πελάτη και εξυπηρέτη

Όπως έχει ήδη αναφερθεί το IFM χρησιμοποιεί δύο διαφορετικά μοντέλα για κάθε χρήστη, ένα τοπικά σε κάθε υπολογιστή που χρησιμοποιείται η εφαρμογή και ένα κεντρικά στον κεντρικό εξυπηρέτη WS-UM. Κάθε φορά που ένας χρήστης χρησιμοποιεί το IFM, ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών ελέγχει αν ο υπολογιστής του χρήστη είναι συνδεδεμένος στο Internet ή όχι. Στην περίπτωση που ο υπολογιστής δεν είναι συνδεδεμένος, το IFM δουλεύει σαν μια αυτόνομη (standalone) εφαρμογή με ένα τοπικό μοντέλο χρήστη. Ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών είναι υπεύθυνος για να βρει το μοντέλο που αντιστοιχεί στο χρήστη που αλληλεπιδρά με την εφαρμογή. Στην περίπτωση που ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών βρει το μοντέλο του χρήστη, η αλληλεπίδραση ξεκινά κανονικά και το μοντέλο του χρήστη ενημερώνεται κάθε φορά που ο χρήστης εκτελεί μια νέα εντολή. Αν, δεν υπάρχουν πληροφορίες για το χρήστη διαθέσιμες στο συγκεκριμένο υπολογιστή, τότε ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών ενημερώνει τον πράκτορα μοντελοποίησης σχετικά και ο τελευταίος αναλαμβάνει να αρχικοποιήσει το μοντέλο του χρήστη. Για την αρχικοποίηση αυτή παρουσιάζεται στο χρήστη ένα ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις σχετικά με το επίπεδο γνώσης του, την εμπειρία του με διάφορα λειτουργικά συστήματα και προγράμματα διαχείρισης του συστήματος

αρχείων. Αυτές οι πληροφορίες υπόκεινται σε περαιτέρω επεξεργασία από τον πράκτορα μοντελοποίησης για την αρχικοποίηση του μοντέλου του χρήστη. Η αρχικοποίηση αυτή γίνεται με τη βοήθεια στερεοτύπων (stereotypes) και παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω καθώς και στο κεφάλαιο 10 σε συνδυασμό με τις παραμέτρους βεβαιότητας της ΑΕΑ.

Στην περίπτωση που ο υπολογιστής του χρήστη είναι συνδεδεμένος στο Internet, ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών αλληλεπιδρά με τον εξυπηρέτη WS-UM ώστε να εντοπίσει το κατάλληλο μοντέλο για το χρήστη. Αν δεν υπάρχει κάποιο μοντέλο για το συγκεκριμένο χρήστη στον εξυπηρέτη WS-UM, τότε ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών είναι υπεύθυνος για να βρει αν ο χρήστης έχει αλληλεπιδράσει με το σύστημα προηγουμένως χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο υπολογιστή. Στην περίπτωση που ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών δεν καταφέρει να βρει πληροφορίες για το χρήστη, ούτε τοπικά, ενημερώνει σχετικά τον πράκτορα μοντελοποίησης, ο οποίος αναλαμβάνει να αρχικοποιήσει το μοντέλο του χρήστη τοπικά βάσει στερεοτύπων. Σε κάθε περίπτωση πάντως ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών αποστέλλει τις πληροφορίες που έχει συλλέξει για το συγκεκριμένο χρήστη στη Web Service, η οποία δημιουργεί ένα νέο μοντέλο για το χρήστη βάσει των πληροφοριών που υπάρχουν στο τοπικό μοντέλο του.

Αν ο υπολογιστής του χρήστη που αλληλεπιδρά με την εφαρμογή είναι συνδεδεμένος στο Internet και ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών εντοπίσει το μοντέλο του χρήστη στον εξυπηρέτη WS-UM, τότε ο συγκεκριμένος πράκτορας ελέγχει αν υπάρχει κάποιο μοντέλο για το συγκεκριμένο χρήστη τοπικά στον υπολογιστή που τρέχει η εφαρμογή. Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν καθόλου πληροφορίες για το συγκεκριμένο χρήστη τοπικά, ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών δημιουργεί ένα αντίγραφο του μοντέλου που βρίσκεται στον εξυπηρέτη WS-UM στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή του χρήστη. Αυτή η προσέγγιση είναι παρόμοια με αυτή που υιοθετούν τα Ευφυή Διδακτικά Συστήματα (ΕΔΣ) που λειτουργούν με σύνδεση (online) και χωρίς σύνδεση (offline), όπως για παράδειγμα το DCG (Vassileva, 1997). Παρόλα αυτά, στο DCG

δημιουργείται πρόβλημα, όταν ο χρήστης χάσει την σύνδεσή του στο Internet, αφού η πιο πρόσφατη εργασία του χρήστη και οι τελευταίες ενημερώσεις του μοντέλου του χρήστη χάνονται. Στο IFM αυτές οι πληροφορίες αποθηκεύονται στο τοπικό μοντέλο του χρήστη μέχρι την επόμενη φορά που ο χρήστης θα χρησιμοποιήσει την εφαρμογή και ο υπολογιστής του θα είναι συνδεδεμένος στο Internet. Σε αυτήν την περίπτωση το μοντέλο του χρήστη που διατηρείται κεντρικά στον εξυπηρέτη WS-UM ενημερώνεται με τις εγγραφές του τοπικού μοντέλου του χρήστη που δεν έχουν συμπεριληφθεί στο μοντέλο αυτό.

Για την ενημέρωση του μοντέλου του χρήστη με τις σωστές πληροφορίες ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών θα πρέπει να γνωρίζει ποιες πληροφορίες δεν έχουν συμπεριληφθεί στο μοντέλο του χρήστη, στον εξυπηρέτη WS-UM και ποιες στο τοπικό μοντέλο του χρήστη. Αυτό είναι αρκετά δύσκολο, αν το μοντέλο του χρήστη διατηρεί συγκεντρωτικά στοιχεία για το χρήστη, για παράδειγμα, το συνολικό αριθμό λαθών λόγω απροσεξίας, το συνολικό αριθμό εκτέλεσης μιας εντολής, κλπ. Για αυτόν το λόγο ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών καταγράφει κάθε αλληλεπίδραση του χρήστη ξεχωριστά χρησιμοποιώντας χρονικά ορόσημα (timestamps). Αυτό σημαίνει ότι κάθε εγγραφή του μοντέλου του χρήστη έχει την ημερομηνία και την ώρα της αλληλεπίδρασης. Με αυτόν τον τρόπο κάθε αλληλεπίδραση του χρήστη διαφοροποιείται από τις υπόλοιπες και ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών και η Web Service μπορούν εύκολα να εξακριβώσουν ποιες εγγραφές του τοπικού μοντέλου του χρήστη δεν έχουν συμπεριληφθεί στο μοντέλο του χρήστη που διατηρείται στον εξυπηρέτη WS-UM και το αντίθετο. Επιπλέον, κάθε εγγραφή στο τοπικό μοντέλο του χρήστη περιλαμβάνει ένα δείκτη (flag), ο οποίος δηλώνει αν η συγκεκριμένη εγγραφή έχει υποβληθεί στον εξυπηρέτη WS-UM ή όχι. Αυτό γίνεται για την μείωση της κίνησης στο δίκτυο (network traffic).

Όταν ολοκληρωθεί η ενημέρωση του μοντέλου του χρήστη, η αλληλεπίδραση με το σύστημα ξεκινά κανονικά. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται, όταν ο χρήστης αποσυνδεθεί από την εφαρμογή (στην

περίπτωση που ο υπολογιστής του χρήστη είναι ακόμα συνδεδεμένος στο Internet), ώστε το μοντέλο του χρήστη στον εξυπηρέτη WS-UM να ενημερωθεί με τις νέες πληροφορίες.

8.3.2 Διαχείριση των μοντέλων των χρηστών στον πελάτη

Κάθε φορά που ένας χρήστης αλληλεπιδρά με το IFM, ο πράκτορας μοντελοποίησης συλλέγει νέες πληροφορίες για το συγκεκριμένο χρήστη, ώστε να ενημερώσει το μοντέλο του, το οποίο διατηρείται τοπικά στον υπολογιστή που «τρέχει» η εφαρμογή. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει μοντέλο για το χρήστη που αλληλεπιδρά με το σύστημα ούτε τοπικά ούτε στον εξυπηρέτη, ο πράκτορας μοντελοποίησης αρχικοποιεί το μοντέλο βάσει στερεοτύπων. Στο IFM οι χρήστες κατατάσσονται σε τρεις μεγάλες κλάσεις ανάλογα με το επίπεδο εμπειρογνωμοσύνης τους: άπειροι, μεσαίου επιπέδου ή έμπειροι. Κάθε μία από αυτές τις κλάσεις αναπαριστά καλύτερη δεξιότητα στη χρήση του συγκεκριμένου προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων.

Η ταξινόμηση των χρηστών ανάλογα με τη δεξιότητά τους σε ένα σύστημα διαχείρισης του συστήματος αρχείων θεωρήθηκε σημαντική, επειδή δίδει τη δυνατότητα στο σύστημα να έχει μια πρώτη άποψη για τα συνηθισμένα λάθη αλλά και τις εσφαλμένες αντιλήψεις ενός χρήστη, κατατάσσοντας τον σε κάποια ομάδα. Για παράδειγμα, οι άπειροι χρήστες είναι συνήθως επιρρεπείς σε λάθη λόγω λανθασμένης επιλογής εντολής ή λανθασμένης εκτέλεσης μιας εντολής, ενώ οι έμπειροι χρήστες συνήθως κάνουν λάθη απροσεξίας. Πράγματι, όπως απέδειξε και η εμπειρική μελέτη, πολλά λάθη, ειδικά έμπειρων χρηστών, οφείλονταν στο ότι μερικοί από τους χρήστες δεν ήταν προσεκτικοί. Συνεπώς, άλλη μια ταξινόμηση που θεωρήθηκε απαραίτητη αφορούσε στο διαχωρισμό των χρηστών σε έμπειρους και άπειρους.

Τα στερεότυπα μπορεί να αποδειχθούν πολύ χρήσιμα για τη μοντελοποίηση των «πιστεύω» και των προτιμήσεων των χρηστών ενός συστήματος. Με τη χρήση στερεοτύπων ένα σύστημα μπορεί να εξαγει χρήσιμα συμπεράσματα βασισμένο σε ένα μικρό αριθμό παρατηρήσεων.

Παρόλα αυτά, αυτή η προσέγγιση έχει και μερικά μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, παρόλη την όμοια συμπεριφορά που μπορεί να έχουν οι χρήστες της ίδιας ομάδας, κάθε ένας από αυτούς είναι μοναδικός και διαφέρει από όλους τους υπολοίπους από πολλές απόψεις. Για αυτόν το λόγο τα στερεότυπα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο για την αρχικοποίηση του μοντέλου του χρήστη. Ο πράκτορας μοντελοποίησης συντηρεί μια βιβλιοθήκη από μοντέλα για κάθε ομάδα χρηστών και, κάθε φορά που ένας νέος χρήστης αλληλεπιδρά με το σύστημα, ο πράκτορας πρέπει να αναγνωρίσει ποιο είναι το κατάλληλο στερεότυπο για το συγκεκριμένο χρήστη.

Questionnaire

Your believed level of experience

Novice

Intermediate

Expert

Previous experience in operating systems

Windows

With another GUI operating system

Unix Shell or Ms Dos

With another command line interfaced operating system

Previous experience in other file manipulation systems

with Graphical User Interface, such as My Computer

with Command Language Interface, as done in Unix

Continue... Delete everything Cancel new user

Σχήμα 8.2: Η οθόνη του ερωτηματολογίου για την κατάταξη του χρήστη σε κάποιο στερεότυπο σχετικά με την επιδεξιότητά του στη χρήση του προγράμματος.

Όλες οι βασικές υποθέσεις (default assumptions) σε ένα στερεότυπο

δίδουν πληροφορίες για τα λάθη που κάνουν οι χρήστες που ανήκουν σε κάποια κατηγορία. Οι πληροφορίες αυτές δίδονται με τη μορφή τιμών των παραμέτρων βεβαιότητας της ΑΕΑ. Για παράδειγμα, η παράμετρος της συχνότητας συνδέεται με κάθε κατηγορία λάθους και ενημερώνει τον πράκτορα μοντελοποίησης για το πόσο συχνά οι χρήστες, που ανήκουν σε αυτό το στερεότυπο, κάνουν τέτοιου είδους λάθη. Αναλυτικότερα, οι παράμετροι βεβαιότητας, οι βασικές υποθέσεις τους αλλά και το πώς χρησιμοποιούνται παρουσιάζονται στην ενότητα 10.3.

Για να μπορέσει το σύστημα να βρει το κατάλληλο στερεότυπο για κάθε νέο χρήστη, παρέχει ένα ερωτηματολόγιο το οποίο αφορά ερωτήσεις σχετικά με τη γνώμη που έχει ο χρήστης για την επιδεξιότητά του στο συγκεκριμένο πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων, την προηγούμενη εμπειρία σε διάφορα λειτουργικά συστήματα καθώς και την επαφή του με άλλα προγράμματα διαχείρισης του συστήματος αρχείων (σχήμα 8.2). Παρόλα αυτά ο χρήστης δεν είναι υποχρεωμένος να απαντήσει σε αυτές τις ερωτήσεις.

Αν ο χρήστης δεν απαντήσει το ερωτηματολόγιο που του παρουσιάζει ο πράκτορας μοντελοποίησης, τότε ο πράκτορας χρησιμοποιεί ένα σύνολο από συμβάντα ενεργοποίησης (trigger events) που έχει κάθε στερεότυπο. Τα συμβάντα ενεργοποίησης είναι διτιμες εκφράσεις (boolean expressions). Όταν κάποια από αυτές γίνει αληθής τότε ενεργοποιείται το αντίστοιχο στερεότυπο για κάποιο χρήστη. Ο πράκτορας μοντελοποίησης λαμβάνει πληροφορίες σχετικά με το χρήστη παρακολουθώντας τον κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασής του με το σύστημα. Παρόλα αυτά, δε μπορεί να αποφασίσει πως να κατηγοριοποιήσει ένα χρήστη, πριν αυτός έχει εκτελέσει ένα ικανοποιητικό αριθμό εντολών. Η εμπειρική μελέτη έδειξε ότι οι εμπειρογνώμονες βγάζουν ένα πρώτο συμπέρασμα, αφού ο χρήστης έχει εκτελέσει περίπου τριάντα εντολές. Ένας άπειρος χρήστης θα έχει κάνει αρκετά λάθη εντολών μετά την εκτέλεση 30 εντολών, ενώ ένας έμπειρος χρήστης, μετά την εκτέλεση των ίδιων εντολών, θα έχει κάνει μόνο μερικά λάθη απροσεξίας.

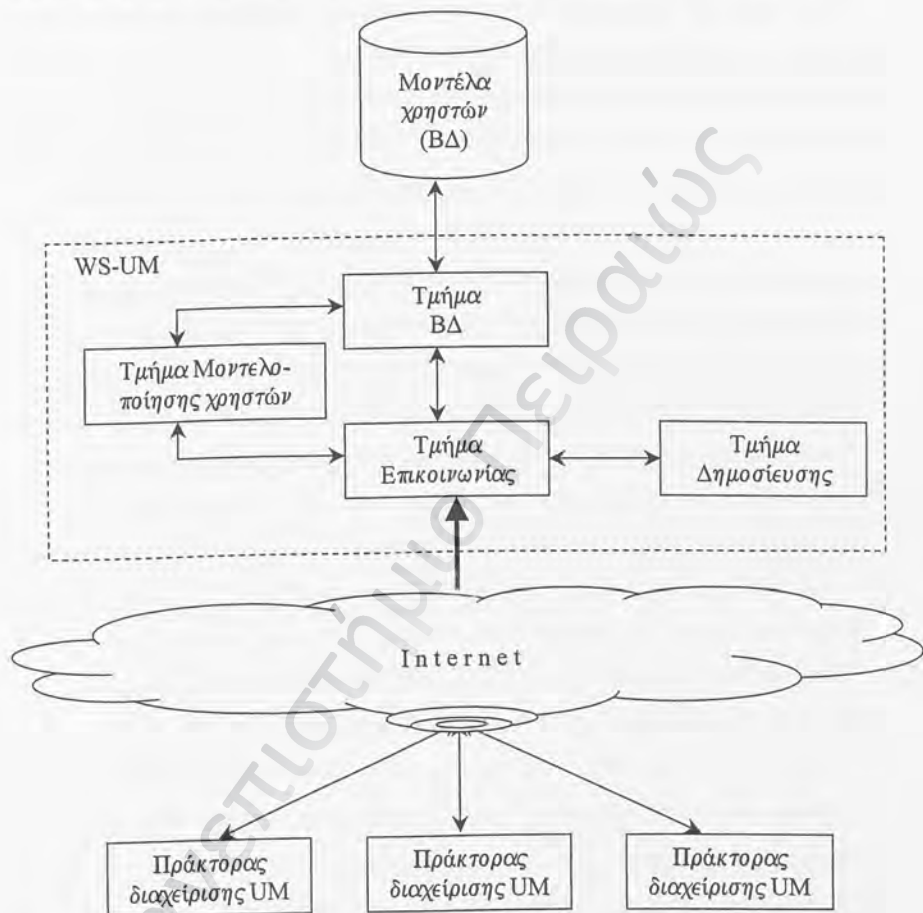
Όταν ένα στερεότυπο ενεργοποιηθεί, ο πράκτορας μοντελοποίησης κάνει μερικές βασικές υποθέσεις σχετικά με τα πιθανά λάθη των χρηστών και παρέχει κάποιου είδους βοήθεια. Στην αρχή οι πληροφορίες για το χρήστη λαμβάνονται μόνο από το στερεότυπο. Όμως το σύστημα συνεχώς συλλέγει πληροφορίες για τη συμπεριφορά του χρήστη και ενημερώνει το ατομικό μοντέλο του χρήστη. Καθώς το σύστημα συνεχώς συλλέγει πληροφορίες για το κάθε χρήστη, οι πληροφορίες συλλέγονται εν μέρει από το στερεότυπο και εν μέρει από το ατομικό μοντέλο του χρήστη. Το ποσοστό των πληροφοριών που λαμβάνονται από το στερεότυπο μειώνεται, καθώς αυξάνεται το ποσοστό λήψης από το ατομικό μοντέλο του χρήστη.

8.3.3 Μοντελοποίηση στον Server

Η επικοινωνία μεταξύ του πελάτη και του εξυπηρέτη WS-UM γίνεται μέσω των πρωτοκόλλων των Web Services. Το σχήμα 8.3 παρουσιάζει συνοπτικά τη λειτουργία της Web Service και την αλληλεπίδραση μεταξύ αυτής και των πρακτόρων των εφαρμογών – πελατών. Ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών κάνει στο WS-UM μια συγκεκριμένη κλήση SOAP (πάνω από το HTTP), η οποία περιλαμβάνει μια αίτηση για ένα συγκεκριμένο μοντέλο χρήστη. Για την αυθεντικοποίηση του χρήστη η κλήση περιλαμβάνει το όνομα και το κωδικό που έδωσε ο χρήστης, κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασής του με την εφαρμογή που «τρέχει» στον πελάτη. Κάθε τέτοιου είδους κλήση επεξεργάζεται και διαχειρίζεται από το τμήμα επικοινωνίας (Communication module). Γενικά, το τμήμα επικοινωνίας διαχειρίζεται όλα τα μηνύματα των Web Services, δηλαδή διάφορες αιτήσεις αυθεντικοποίησης, αιτήσεις μοντέλων χρηστών, αιτήσεις για ενημέρωση των μοντέλων των χρηστών, αιτήσεις εισαγωγής και διαγραφής, κλπ. Επίσης, το συγκεκριμένο τμήμα είναι υπεύθυνο για τη διαμόρφωση της απάντησης στην αίτηση σε XML και την αποστολή της στην εφαρμογή – πελάτη.

Το τμήμα επικοινωνίας επεξεργάζεται το τμήμα της διεργασίας από το URL που έλαβε και μεταβιβάζει την υπόλοιπη συμβολοσειρά στο τμήμα βάσεων δεδομένων (database module – τμήμα ΒΔ) ή στο τμήμα

μοντελοποίησης του χρήστη, τα οποία είναι υπεύθυνα για την επεξεργασία της αίτησης και τη διαμόρφωση της απάντησης. Το τμήμα μοντελοποίησης του χρήστη αξιολογεί τις πληροφορίες που αποστέλλονται στο WS-UM.



Σχήμα 8.3: Η αρχιτεκτονική του εξυπηρετή WS-UM και η επικοινωνία του με τους πράκτορες - πελάτες.

Για παράδειγμα, αν οι πληροφορίες που αποστέλλονται στο WS-UM είναι σχετικές με τα στερεότυπα στα οποία ανήκει ένας χρήστης και το WS-UM έχει επαρκείς πληροφορίες για το ιστορικό του συγκεκριμένου χρήστη, τότε οι πληροφορίες αυτές απορρίπτονται. Αυτό συμβαίνει, διότι οι πληροφορίες

από τα στερεότυπα χρησιμοποιούνται μόνο για την αρχικοποίηση των μοντέλων των χρηστών και μέχρι να συγκεντρωθούν επαρκείς πληροφορίες για το συγκεκριμένο χρήστη. Κατά συνέπεια, όταν στον εξυπηρέτη φθάνουν από τον πελάτη πληροφορίες για τα στερεότυπα που ανήκει ο χρήστης ενώ υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες για το χρήστη, σημαίνει ότι για κάποιον λόγο δεν υπήρχε επικοινωνία μεταξύ του υπολογιστή του χρήστη και του εξυπηρέτη και το IFM λειτουργούσε ως μια αυτόνομη εφαρμογή με τοπικό μοντέλο του χρήστη. Κατά τη διάρκεια αυτής της αλληλεπίδρασης, ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών δεν είχε τοπικό μοντέλο για το χρήστη, οπότε ενημέρωσε τον πράκτορα μοντελοποίησης, ο οποίος το δημιούργησε με τη βοήθεια των στερεοτύπων. Όμως τέτοιου είδους αρχικά μοντέλα για το χρήστη είναι άχρηστα την επόμενη φορά που το IFM θα λειτουργήσει online, γιατί σε αυτήν την περίπτωση έχει πρόσβαση σε ένα ολοκληρωμένο ατομικό μοντέλο του χρήστη στον εξυπηρέτη. Αλλιώς, οι πληροφορίες αποστέλλονται στο τμήμα ΒΔ, το οποίο εκτελεί όλες τις απαραίτητες λειτουργίες, ώστε να δημιουργήσει, ενημερώσει και διαγράψει τα μοντέλα καθώς επίσης και να αυθεντικοποιήσει το χρήστη. Για τη διεξαγωγή αυτών των λειτουργιών το τμήμα ΒΔ αλληλεπιδρά με τη βάση δεδομένων των μοντέλων των χρηστών. Η απάντηση που διαμορφώνεται από την παραπάνω διαδικασία αποστέλλεται στο τμήμα επικοινωνίας, το οποίο το κωδικοποιεί σε XML και το επιστρέφει στον καλόν πράκτορα που βρίσκεται στον πελάτη.

Το τμήμα δημοσίευσης (publication module) διαχειρίζεται τις αιτήσεις δημοσιοποίησης της διεπαφής της Web Service, δηλαδή:

- Παρουσιάζει μια περιγραφή στη γλώσσα HTML για κάθε προγραμματιστή που θέλει να δει το προφίλ της Web Service και χειρίζεται όλα τα αιτήματα σε WSDL που αφορούν την υπηρεσία.
- Χειρίζεται όλες τις λεπτομέρειες που είναι απαραίτητες για την αλληλεπίδραση με την υπηρεσία, συμπεριλαμβανομένων των μορφών των μηνυμάτων και των πρωτοκόλλων μεταφοράς.

Πιο συγκεκριμένα, οι πληροφορίες που αφορούν τη λειτουργία της Web

Service περιλαμβάνουν μια ταυτότητα της υπηρεσίας, μια ολοκληρωμένη λίστα των συναρτήσεων (functions) που παρέχονται μαζί με τα ορίσματά τους και τις τιμές που επιστρέφουν. Η διεπαφή αποκρύπτει τις λεπτομέρειες υλοποίησης της υπηρεσίας επιτρέποντας τη χρήση της ανεξάρτητα από την πλατφόρμα του υλικού ή του λογισμικού στην οποία έχει υλοποιηθεί. Επίσης είναι ανεξάρτητη και από τη γλώσσα προγραμματισμού στην οποία έχει δημιουργηθεί.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω, ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών δημιουργεί μια νέα εγγραφή κάθε φορά που ο χρήστης αλληλεπιδρά με το IFM. Αυτό γίνεται για καλύτερο συγχρονισμό. Παρόλα αυτά, ένα μοντέλο τόσο αναλυτικό απαιτεί πολύ χώρο αποθήκευσης και αρκετό χρόνο για να προσπελαστεί από τη Web Service ή τον πράκτορα διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, το μοντέλο του χρήστη χωρίζεται σε δύο βασικά μέρη:

- Το πρώτο τμήμα του μοντέλου του χρήστη περιλαμβάνει συγκεντρωτικές πληροφορίες για το συγκεκριμένο χρήστη, οι οποίες είναι παλαιότερες από τρεις μήνες.
- Το δεύτερο τμήμα περιλαμβάνει μια αναλυτική περιγραφή των αλληλεπιδράσεων του χρήστη με το IFM για τους τελευταίους τρεις μήνες.

Το τμήμα ΒΔ καθημερινά εκτελεί μια διεργασία η οποία ενοποιεί τις εγγραφές του μοντέλου του χρήστη. Συγκεκριμένα, το τμήμα ΒΔ διαγράφει από το δεύτερο τμήμα του μοντέλου του χρήστη όλες τις εγγραφές του μοντέλου που είναι παλαιότερες από 3 μήνες και τις ενσωματώνει στο πρώτο τμήμα. Πριν ο χρήστης αποκτήσει κάποια αλληλεπίδραση που να είναι παλαιότερη από 3 μήνες, το τμήμα αυτό είναι απενεργοποιημένο και αντικαθίσταται από το στερεότυπο. Όταν υπάρξουν συγκεντρωτικά στοιχεία για το συγκεκριμένο χρήστη, απενεργοποιείται το στερεότυπο.

8.4 Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάστηκε η λειτουργία των δύο πρακτόρων για

τη μοντελοποίηση των χρηστών του συστήματος καθώς και οι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται. Αρχικά περιγράφηκε ο μηχανισμός περιορισμένης αναγνώρισης στόχων που χρησιμοποιεί ο πράκτορας μοντελοποίησης. Ο μηχανισμός αυτός χρησιμοποιεί την «έννοια» της ασάθειας για να καταγράφει τους στόχους του χρήστη και να μπορεί να αξιολογήσει κάθε ενέργεια του. Η απλότητα του μηχανισμού αυτού καθώς και η γενικότητά του καθιστά εφικτή την εφαρμογή του σε διάφορα συστήματα. Το μόνο που απαιτείται είναι ο σχεδιαστής τους συστήματος να προκαθορίσει τα είδη των ασταθειών που θα ελέγχονται μετά από κάθε ενέργεια του χρήστη.

Στη συνέχεια, στο κεφάλαιο αυτό, περιγράφηκαν οι λειτουργίες που εκτελεί ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών αλλά και η επικοινωνία του με ένα κεντρικό εξυπηρέτη μοντελοποίησης χρηστών, το WS-UM. Ο πράκτορας διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών διατηρεί δύο διαφορετικά μοντέλα για κάθε χρήστη, ένα κεντρικά στον εξυπηρέτη και ένα τοπικά σε κάθε υπολογιστή που χρησιμοποιεί ο χρήστης. Με αυτόν τον τρόπο το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει και on-line και off-line. Επίσης μπορεί να αντιμετωπίσει πιθανές αποτυχίες επικοινωνίας μεταξύ του εξυπηρέτη και του υπολογιστή του χρήστη.

Η επικοινωνία μεταξύ του πράκτορα διαχείρισης των μοντέλων των χρηστών και του εξυπηρέτη WS-UM γίνεται μέσω των Web Services. Η ακριβής μετάφραση των Web Services είναι υπηρεσίες (services) που παρέχονται μέσω του ιστού (Web). Τελευταία όμως αυτός ο όρος αναφέρεται σε ένα σύνολο πρωτοκόλλων για αλληλεπίδραση απομακρυσμένων εφαρμογών. Μια αρχιτεκτονική που βασίζεται στα Web Services είναι η λογική εξέλιξη από τα αντικειμενοστρεφή ή τα τμηματικά συστήματα στα συστήματα παροχής των υπηρεσιών. Συνεπώς, μια αρχιτεκτονική που βασίζεται στα Web Services έχει όλα τα πλεονεκτήματα που έχει η αρχιτεκτονική Πελάτη – Εξυπηρέτη και όλες οι συγκεντρωτικές αρχιτεκτονικές. Ένα βασικό πλεονέκτημα αυτής της κατηγορίας είναι ότι οι πληροφορίες για το χρήστη διατηρούνται σε μία κεντρική ή σχεδόν ενοποιημένη αποθήκη δεδομένων και είναι στη διάθεση οποιουδήποτε πελάτη.

Επιπλέον των παραπάνω πλεονεκτημάτων, η μέθοδος που περιγράφεται σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει ένα νέο, βελτιωμένο τρόπο αλληλεπίδρασης του εξυπηρέτη με την εφαρμογή-πελάτη. Στην προσέγγιση εξυπηρέτη-πελάτη, για παράδειγμα, ο σχεδιαστής πρέπει να δημιουργήσει το δικό του πρωτόκολλο επικοινωνίας και οι πελάτες μπορεί να αντιμετωπίζουν προβλήματα στη λήψη δεδομένων από τον εξυπηρέτη. Από την άλλη πλευρά, οι Web Services ακολουθούν το πρωτόκολλο XML για τη διαμοίραση δεδομένων, και κατά συνέπεια τα δεδομένα μπορούν να ληφθούν ουσιαστικά από παντού. Επιπλέον, οι Web Services βασίζονται στο πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου (Hypertext Transfer Protocol) και έτσι μπορούν να περνούν μέσα από τα περισσότερα συστήματα ασφαλείας, όπως οι εξυπηρέτες Proxy και τα Firewall. Η μοντελοποίηση χρηστών που βασίζεται σε πρότυπα επιτρέπει τη δυναμική ενοποίηση των εφαρμογών που είναι καταμεμημένες στο Internet, ανεξάρτητα από την πλατφόρμα του υλικού ή του λογισμικού στην οποία έχουν υλοποιηθεί. Επίσης, η επικοινωνία γίνεται κανονικά ανεξάρτητα και από τη γλώσσα προγραμματισμού στην οποία έχουν δημιουργηθεί οι εφαρμογές.

Λόγω όλων των παραπάνω πλεονεκτημάτων, το μοντέλο που προτείνεται σε αυτό το κεφάλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε εφαρμογή. Επιπλέον, η υπηρεσία μοντελοποίησης καθώς και τα μοντέλα των χρηστών μπορούν να χρησιμοποιηθούν από οποιοδήποτε άλλο πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων και όχι μόνο. Συγκεκριμένα, τα ίδια μοντέλα χρηστών έχουν χρησιμοποιηθεί και από το I-Mailer, ένα σύστημα διαχείρισης του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, χωρίς ιδιαίτερη προσπάθεια. Όπως υποστηρίζουν οι Tsalgatidou και Pilioura [2002], το παράδειγμα των Web Service ωθεί τους σχεδιαστές να σχεδιάσουν εφαρμογές εντοπίζοντας και χρησιμοποιώντας υπάρχουσες Web Services παρά να υλοποιούν την απαραίτητη λειτουργικότητα από την αρχή. Έτσι αυτό το μοντέλο προωθεί ένα νέο τρόπο εύκολης, γρήγορης και επαρκούς ανάπτυξης εφαρμογών και άμεσης ενοποίησης.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Εξατομικευμένη Εκπαίδευση στο IFM

9.1 Προβλήματα στην εκπαίδευση για τη χρήση υπολογιστών

Οι τεχνολογίες της πληροφορίας έχουν επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο επιτελούνται τα περισσότερα είδη επαγγελματικής εργασίας. Οι ψηφιακές βιβλιοθήκες και η εξέλιξη των μέσων γίνονται όλο και πιο απαραίτητα για την επιτυχία σε κάθε τομέα της ζωής. Ακόμα και οι δουλειές που κάποτε θεωρούνταν ρουτίνας (π.χ. γραμματείς, αγρότες) χρειάζονται πλέον την επεξεργασία πολύπλοκων πληροφοριών [Collins et al. 2000]. Έτσι η ανάγκη για εκπαίδευση στις νέες τεχνολογίες των πληροφοριών και της επικοινωνίας γίνεται όλο και πιο εμφανής.

Η ανάγκη για εκπαίδευση στις νέες τεχνολογίες δεν αναφέρεται μόνο στους νέους αλλά και σε αρκετούς ενήλικες, οι οποίοι δεν είχαν την δυνατότητα να μάθουν πώς να χειρίζονται τους υπολογιστές, αφού τα μαθήματα υπολογιστών έχουν πρόσφατα προστεθεί στο σχολικό πρόγραμμα. Οι ενήλικες όμως αντιμετωπίζουν δύο βασικά προβλήματα τα οποία δυσκολεύουν την εκπαιδευτική διδασκαλία. Πρώτον, μπορεί να μην έχουν χρόνο να διαθέσουν για να κάνουν μαθήματα σε εκπαιδευτικά ιδρύματα που

απέχουν αρκετά από το σπίτι τους ή τη δουλειά τους. Δεύτερον, μπορεί να μην είναι εξοικειωμένοι ή ακόμα και να είναι φοβισμένοι με τους υπολογιστές. Όσο μεγαλύτερος είναι ένας χρήστης, τόσο λιγότερο εξοικειωμένος είναι με τους υπολογιστές, αφού η κουλτούρα των υπολογιστών δεν ήταν τόσο διαδεδομένη στο πρόσφατο παρελθόν όσο είναι τα τελευταία χρόνια. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι αναγκαίο ο ρυθμός της εκπαίδευσης να είναι πιο αργός από ότι για τους νεότερους ανθρώπους.

Μια πολύ καλή λύση στα προβλήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι η δυνατότητα εξατομικευμένης εκπαίδευσης, η οποία μπορεί να λάβει χώρα οπουδήποτε, στο χώρο εργασίας ή στο σπίτι, οποτεδήποτε και χωρίς την υποχρεωτική παρουσία δασκάλου. Επιπλέον, η εξατομικευση της εκπαιδευτικής διαδικασίας εξασφαλίζει ότι το σύστημα θα λάβει υπόψη του τα δυνατά και αδύνατα σημεία των χρηστών του προγράμματος. Δεδομένου ότι τα προγράμματα διαχείρισης του συστήματος αρχείων είναι απαραίτητα σχεδόν σε όλους τους χρήστες υπολογιστών και λαμβάνοντας υπόψη όλα τα προβλήματα της εκπαίδευσης που αναφέρθηκαν παραπάνω, το IFM παρέχει εξατομικευμένη διδασκαλία στους χρήστες, όταν θεωρηθεί απαραίτητο.

9.2 Ο εκπαιδευτικός πράκτορας

Όπως έχει αναφερθεί και στην ενότητα 9.3, όταν ο πράκτορας μοντελοποίησης, ο οποίος παρακολουθεί συνεχώς το χρήστη και αναλύει κάθε ενέργεια του, αντιληφθεί ότι ο χρήστης έχει κάνει κάποια παρανόηση, που οφείλεται στην έλλειψη γνώσης ενός τομέα, ενημερώνει τον εκπαιδευτικό πράκτορα ότι ο χρήστης χρειάζεται επιπλέον εκπαίδευση σε ένα συγκεκριμένο τομέα. Η λογική του εκπαιδευτικού πράκτορα βασίζεται στην «αρχή συνάφειας» των Sperber και Wilson (1986), η οποία δηλώνει ότι οι άνθρωποι δίνουν σημασία μόνο στις πληροφορίες που τους ενδιαφέρουν. Για αυτό ο εκπαιδευτικός πράκτορας προσαρμόζει το μάθημα στις ανάγκες του εκάστοτε χρήστη, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες στο μοντέλο του χρήστη και τις οποίες διαθέτει ο πράκτορας μοντελοποίησης.

Όλες οι πληροφορίες για κάθε εντολή, οι οποίες προσαρμόζονται ώστε να παρουσιαστούν στο χρήστη, είναι αποθηκευμένες στο τμήμα αναπαράστασης γνώσης. Ο πράκτορας γνώσης συμβουλεύεται το τμήμα αναπαράστασης γνώσης και για να βρει άλλα τμήματα του τομέα που μπορεί να ενδιαφέρουν το χρήστη. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης δε γνωρίζει πώς να αντιγράψει αντικείμενα, ο εκπαιδευτικός πράκτορας μπορεί να του προτείνει να διαβάσει εκτός του τμήματος της θεωρίας για την αντιγραφή αντικειμένων και το τμήμα που αναφέρεται στη μεταφορά αντικειμένων στο σύστημα αρχείων του. Για την προσαρμογή της παρουσίασης του μαθήματος, ο εκπαιδευτικός πράκτορας χρησιμοποιεί διάφορες τεχνικές προσαρμοστικών υπερμέσων (adaptive hypermedia). Οι τεχνικές αυτές παρουσιάζονται αναλυτικά στην επόμενη ενότητα.

9.3 Τεχνολογίες προσαρμογής

Ο εκπαιδευτικός πράκτορας του IFM χρησιμοποιεί διάφορες τεχνικές προσαρμοστικών υπερμέσων ώστε να προστατέψει τους χρήστες του από το πλεόνασμα πληροφοριών και να τους βοηθήσει να κατανοήσουν τα νέα τμήματα γνώσης.

9.3.1 Βασικές τεχνικές

Οι βασικές τεχνικές προσαρμοστικών υπερμέσων που υπάρχουν σύμφωνα με τον Brusilovsky [1996] είναι:

1. Προσαρμοστική παρουσίαση (adaptive presentation), όπου η προσαρμογή λαμβάνει χώρα σε επίπεδο περιεχομένου.
2. Προσαρμοστική πλοήγηση (adaptive navigation), όπου η προσαρμογή λαμβάνει χώρα σε επίπεδο συνδέσμων.

Η προσαρμοστική παρουσίαση στοχεύει στην προσαρμογή του περιεχομένου μια σελίδας υπερμέσων στους στόχους, τις γνώσεις και τα άλλα χαρακτηριστικά κάθε μεμονωμένου χρήστη, όπως αυτά έχουν καταγραφεί στο μοντέλο του. Έτσι κάθε σελίδα δημιουργείται δυναμικά από την αρχή ή συντίθεται από διάφορα τμήματα που θεωρούνται απαραίτητα

για τον κάθε χρήστη. Η τεχνολογία αυτή έχει υλοποιηθεί πλήρως από τους de Rosis, De Carolis & Pizzutilo [1993], Kobsa, Müller & Nill [1994] κ.ά.

Από την άλλη πλευρά, η προσαρμοστική πλοήγηση στοχεύει στην υποστήριξη των χρηστών όσον αφορά στο προσανατολισμό τους στο διδακτικό υλικό. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσαρμογή της παρουσίασης των συνδέσμων (adaptive navigation). Υπάρχουν τρεις μέθοδοι για την προσαρμογή της παρουσίασης των συνδέσμων:

1. η προσαρμοσμένη ταξινόμηση (sorting),
2. η επισημείωση (annotation),
3. η μερική απόκρυψη (hiding).

Από τις παραπάνω μεθόδους, η πιο δημοφιλής είναι η επισημείωση των συνδέσμων. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, οι σύνδεσμοι που οδηγούν σε άλλα μέρη του διδακτικού υλικού εμπλουτίζονται με κάποιου είδους σχόλια μέσω κάποιας επισήμανσης, είτε αυτή είναι κείμενο είτε κάποια άλλη οπτική ένδειξη. Οι επισημάνσεις αυτές πληροφορούν τους χρήστες για την καταλληλότητα του διδακτικού υλικού που αντιστοιχεί στον κόμβο που βρίσκεται πίσω από το σύνδεσμο για το επίπεδο γνώσεων του χρήστη. Για παράδειγμα, μια ενότητα δεν προτείνεται στο χρήστη, αν ο χρήστης δεν έχει αφομοιώσει όλη την προαπαιτούμενη γνώση. Μερικά από τα συστήματα που υλοποιούν την προσαρμοστική επισημείωση συνδέσμων είναι τα: AST [Specht et al. 1997] και το KBS HyperBook [Henze et al. 1999].

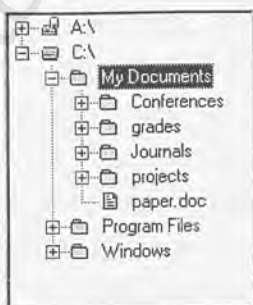
Και οι δύο παραπάνω τεχνολογίες έχουν αξιολογηθεί και τα αποτελέσματα τους αποδεικνύουν έντονα ότι η χρήση τους σε ένα Σύστημα Προσαρμοστικών Υπερμέσων μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την αλληλεπίδραση ανθρώπου – υπολογιστή (π.χ. [De Bra et al. 1999], [Murray et al. 2000]). Ο εκπαιδευτικός πράκτορας στο IFM χρησιμοποιεί και τις δύο παραπάνω τεχνικές ώστε να προσαρμόσει τις πληροφορίες που παρουσιάζονται στον κάθε χρήστη.

9.3.2 Εφαρμογή των τεχνικών από τον εκπαιδευτικό πράκτορα

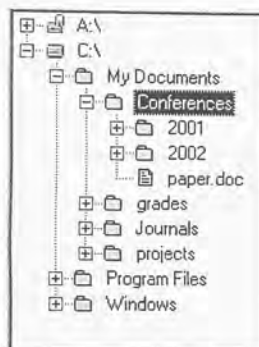
Ο εκπαιδευτικός πράκτορας χρησιμοποιεί τεχνικές προσαρμοστικής

παρουσίασης για να παρουσιάσει παραδείγματα χρήσης μιας άγνωστης εντολής στο γενικό πλαίσιο του συστήματος αρχείων του χρήστη. Συνεπώς, το σύστημα δημιουργεί παραδείγματα δυναμικά, τα οποία χρησιμοποιούν υπάρχοντα ονόματα αρχείων και φακέλων του συστήματος. Για την ακρίβεια, ο εκπαιδευτικός πράκτορας επιλέγει τα ονόματα των αρχείων ή και των φακέλων που χρησιμοποιούνται ευρέως από το χρήστη και με τα οποία ο χρήστης είναι πολύ εξοικειωμένος.

Για παράδειγμα, αν ο χρήστης επιχειρήσει να αντιγράψει το αρχείο paper.doc από το φάκελο 'C:\My Documents\' στο φάκελο 'C:\My Documents\Conferences\' και αποτύχει, τότε το σύστημα χρησιμοποιεί τις τεχνικές προσαρμοστικής παρουσίασης για να παράγει δυναμικά το παράδειγμα που παρουσιάζεται στο χρήστη. Συγκεκριμένα, οι τεχνικές προσαρμοστικής παρουσίασης χρησιμοποιούνται ώστε να παραχθούν δυναμικά οι εντολές που απαντούνται ώστε ο χρήστης να επιτύχει στους στόχους του. Επιπλέον, οι ίδιες τεχνικές χρησιμοποιούνται ώστε να σχεδιαστεί η αρχική και τελική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η αρχική και η τελική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη που δημιουργείται παρουσιάζονται στα σχήματα 9.1 και 9.2, αντίστοιχα.



Σχήμα 9.1: Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη του παραδείγματος



Σχήμα 9.2: Η τελική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη του παραδείγματος





Επιπλέον, οι εντολές που παρουσιάστηκαν στο χρήστη για να το βοηθήσουν είναι οι παρακάτω:

1. Select (C:\My Documents\)
2. Copy(C:\My Documents\paper.doc)
3. Explore(C:\)
4. Explore(C:\My Documents\)
5. Select(C:\My Documents\Conferences\)
6. Paste(C:\My Documents\Conferences\)

Κάθε μία από τις παραπάνω εντολές είναι σύνδεσμος σε ένα άλλο τμήμα της θεωρίας που δίνει περισσότερες πληροφορίες για τη συγκεκριμένη εντολή. Για παράδειγμα, πατώντας πάνω στην εντολή Copy, ο χρήστης μαθαίνει ότι μπορεί να εκτελέσει την εντολή copy από το μενού εντολών (Edit→Copy) ή από το μενού εντολών που παρουσιάζεται στο δεξί κλικ (copy) ή με Ctrl+C από το πληκτρολόγιο.

Επιπλέον, ο πράκτορας χρησιμοποιεί την επισήμανση συνδέσμων για να παρουσιάσει άλλα τμήματα γνώσης που θεωρείται ότι μπορεί να ενδιαφέρουν το χρήστη. Συγκεκριμένα, το IFM χρησιμοποιεί διαφορετικούς τύπους γραμματοσειρών και εικονιδίων για να παρέχει υποστήριξη προσαρμογής της παρουσίασης των συνδέσμων. Όταν ένας σύνδεσμος

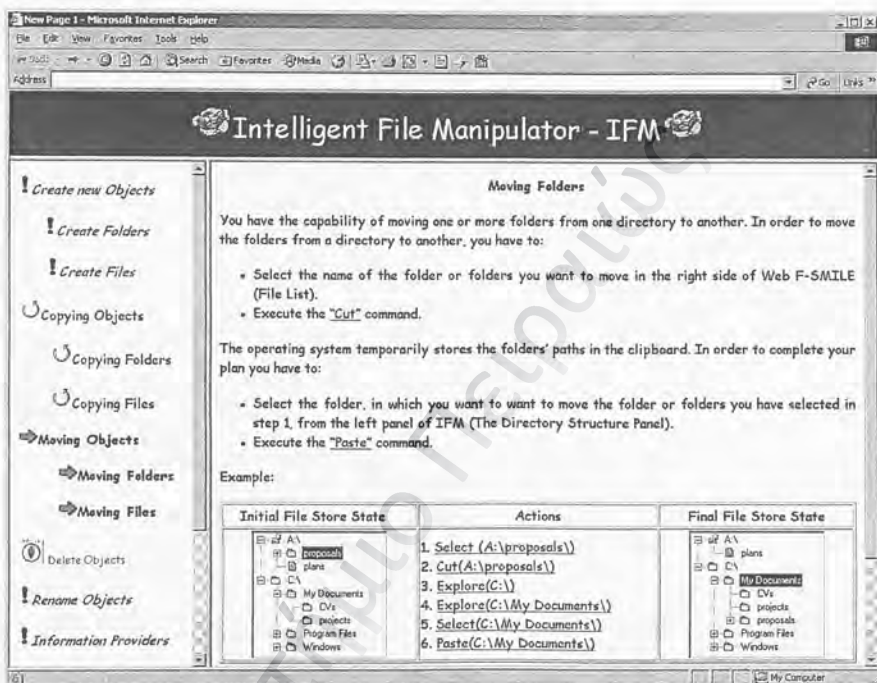
εμφανίζεται σε μια σελίδα, η γραμματοσειρά του σύνδεσμου και το εικονίδιο που εμφανίζεται μπροστά από το σύνδεσμο δηλώνουν την κατάσταση του τμήματος γνώσεως ή της άσκησης που βρίσκεται πίσω από τον σύνδεσμο, σε σχέση πάντοτε με την τρέχουσα κατάσταση γνώσης του χρήστη. Συγκεκριμένα, τα είδη επισημείωσης που χρησιμοποιεί ο εκπαιδευτικός πράκτορας παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.1.

Εικονίδιο	Γραμματοσειρά	Σημασία
	Έντονα γράμματα – 12 στιγμών	Αυτοί οι σύνδεσμοι οδηγούν σε τμήματα της θεωρίας, τα οποία είναι τα πλέον απαραίτητα στο χρήστη ώστε να επιτύχει τους στόχους του και τα σχέδιά του.
	Κανονικά γράμματα – 12 στιγμών	Αυτοί οι σύνδεσμοι οδηγούν σε τμήματα της θεωρίας, τα οποία ο χρήστης έχει επισκεφτεί ξανά στο παρελθόν αλλά δε φαίνεται να έχει εμπέδωσε. Οπότε του προτείνεται να επαναλάβει την ανάγνωση της θεωρίας αυτής.
	Πλάγια γράμματα – 12 στιγμών	Ο χρήστης γνωρίζει το συγκεκριμένο τμήμα της θεωρίας και έχει επιτυχώς εκτελέσει τις εντολές που το αφορούν. Οπότε, ο εκπαιδευτικός πράκτορας ενημερώνει το χρήστη ότι δεν είναι απαραίτητο να ξαναδιαβάσει τη θεωρία αυτή.
	Κανονικά γράμματα – 10 στιγμών	Ο χρήστης δε γνωρίζει βασικά τμήματα της θεωρίας τα οποία είναι απαραίτητα για την ανάγνωση του συγκεκριμένου τμήματος της θεωρίας. Οπότε, ο εκπαιδευτικός πράκτορας απλά τον προειδοποιεί ότι δεν είναι έτοιμος για τη θεωρία αυτή, χωρίς να του απαγορεύει όμως την είσοδο στη θεωρία.

Πίνακας 9.1: Τα είδη επισημείωσης που χρησιμοποιούνται στο IFM

Ένα παράδειγμα θεωρίας που δημιουργεί το σύστημα παρουσιάζεται στο σχήμα 9.3. Η οθόνη αυτή έχει προκύψει, επειδή ο εκπαιδευτικός πράκτορας θεώρησε ότι ένας χρήστης δε γνώριζε πώς να μετακινήσει αντικείμενα, αρχεία ή φακέλους, στο σύστημα αρχείων. Συγκεκριμένα, ο χρήστης του παραδείγματος ήθελε να μετακινήσει ένα τμήμα του περιεχομένου μιας δισκέτας που του είχε δοθεί. Για να επιτύχει το στόχο του ο χρήστης εκτελεί την εντολή `cut(A:\proposals\)`, η οποία αποτελεί το πρώτο βήμα υλοποίησης των σχεδίων μεταφοράς αντικειμένων στο σύστημα αρχείων. Αφού ολοκλήρωσε αυτήν την ενέργεια, ο χρήστης επιλέγει το φάκελο 'C:\My Documents\' και προσπαθεί να μεταφέρει εκεί το αντικείμενο που

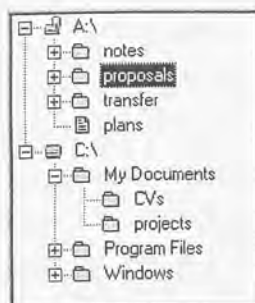
απέκοψε, δηλαδή το φάκελο 'proposals'. Παρόλα αυτά, ο χρήστης εκτελεί την εντολή 'copy(C:\My Documents\)', αντί της εντολής 'paste(C:\My Documents\)' που έπρεπε να εκτελέσει για το σχέδιό του.



Σχήμα 9.3: Μια οθόνη για εκπαίδευση στον τομέα της μεταφοράς αντικειμένων στο σύστημα αρχείων

Προφανώς, ο χρήστης λανθασμένα πίστευε ότι η εντολή copy ήταν η σωστή εντολή για την ολοκλήρωση του σχεδίου που αφορούσε τη μεταφορά του φακέλου 'proposals' από τη δισκέτα A:\ στο φάκελο 'My Documents' του σκληρού δίσκου C:\. Ο πράκτορας μοντελοποίησης βρήκε ότι η συγκεκριμένη ενέργεια του χρήστη ήταν *ύποπτη* και ότι ο συγκεκριμένος χρήστης δε γνώριζε πώς να μετακινήσει αντικείμενα στο σύστημα αρχείων, οπότε, παρήγαγε την οθόνη του σχήματος 9.3, η οποία παρουσιάζει το τμήμα της θεωρίας που αφορά στη μεταφορά αντικειμένων στο σύστημα αρχείων. Όπως φαίνεται και στην οθόνη αυτή, ο εκπαιδευτικός πράκτορας επίσης προτείνει στο χρήστη να επαναλάβει τη θεωρία αντιγραφής αντικειμένων,

αφού πιθανότατα δεν έχει αφομοιώσει ούτε αυτό το τμήμα της θεωρίας.



Σχήμα 9.4: Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη του παραδείγματος

9.4 Συμπεράσματα

Όπως αναφέρεται από τους Matthew et al. [2000], ιδιαίτερα σημαντικό για ένα ΕΣΒ είναι η αποτελεσματικότητα ενός συστήματος στην προαγωγή της εκπαιδευτικής διαδικασίας, παρέχοντας στους χρήστες του μηχανισμούς που θα τους δίνουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν την επίδοσή τους καθώς ασχολούνται με τις καθημερινές δραστηριότητές τους στο σύστημα. Επιπλέον, όπως υποστηρίζουν οι Vanoula & Sharples [2001], ένα σύστημα πρέπει να βοηθά τους χρήστες τους να αντιμετωπίζουν τις πιθανές αποτυχίες τους. Έτσι ένα σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίζει πότε ένας χρήστης έχει ελλείψεις στη γνώση του τομέα και να του παρέχει τα τμήματα της θεωρίας που του χρειάζονται, προσαρμοσμένα στις δικές του ανάγκες.

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφηκε η λειτουργία του εκπαιδευτικού πράκτορα του συστήματος. Ο πράκτορας αυτός στοχεύει στην παροχή των «κατάλληλων» πληροφοριών με τον «κατάλληλο» τρόπο και στον «κατάλληλο» χρόνο. Για να το επιτύχει αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί διάφορες τεχνολογίες προσαρμογής. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται η προσαρμοστική παρουσίαση για την προσαρμογή των παραδειγμάτων της θεωρίας στα αρχεία και στους φακέλους του συστήματος αρχείων του χρήστη καθώς και η προσαρμοστική επισημείωση συνδέσμων για να παρουσιάσει στο

χρήστη τμήματα της θεωρίας που μπορεί να τον ενδιαφέρουν και να τον αποτρέψει από το να διαβάσει άλλα για τα οποία δεν έχει το κατάλληλο υπόβαθρο.

Για να μπορούν να εφαρμοστούν αυτές οι δύο τεχνολογίες, ο εκπαιδευτικός πράκτορας λαμβάνει πληροφορίες από τον πράκτορα μοντελοποίησης. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν στους στόχους του χρήστη, στο επίπεδο γνώσης του αλλά και πιο συγκεκριμένα δεδομένα όπως το επακριβές επίπεδο γνώσης του σε κάθε τμήμα του τομέα της διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Έτσι η θεωρία που παρουσιάζεται στο χρήστη είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες και τους στόχους του εκάστοτε χρήστη αυξάνοντας έτσι τη χρησιμότητα του συστήματος.

Εφαρμογή της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης στο IFM

10.1 Εισαγωγή

Τα γραφικά συστήματα διεπαφής θεωρούνται πιο φιλικά από τα υπόλοιπα συστήματα διεπαφής. Παρόλα αυτά, η εμπειρική μελέτη, που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 6, αποκάλυψε ότι οι χρήστες γραφικών συστημάτων διεπαφής εξακολουθούν κάνουν πολλά λάθη όταν αλληλεπιδρούν με ένα σύστημα. Συνεπώς, υπάρχει ανάγκη για την παροχή άμεσης βοήθειας παρόμοια με τη βοήθεια που παρέχει ένας εμπειρογνώμονας που παρακολουθεί το χρήστη καθώς εργάζεται.

Γι αυτούς τους λόγους, διερευνήθηκε η χρησιμότητα μιας γνωστικής θεωρίας, της ΑΕΑ, για την ενσωμάτωση ανθρώπινης αιτιολόγησης σε ένα σύστημα ώστε η αλληλεπίδραση να γίνει πιο ανθρώπινη και πιο φιλική προς το χρήστη από ότι είναι τώρα. Ο βασικός λόγος επιλογής της συγκεκριμένης θεωρίας είναι ότι φάνηκε ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο, ανεξάρτητο του τομέα εφαρμογής, για την παροχή άμεσης βοήθειας βασιζόμενο στην

ανθρώπινη αιτιολόγηση.

Η ΑΕΑ έχει εφαρμοστεί στο IFM κάνοντας την υπόθεση ότι ο χρήστης ρωτάει τον εαυτό του πώς να εκτελέσει μια σωστή εντολή ώστε να επιτύχει το στόχο του. Στην περίπτωση ενός λάθους το σύστημα υποθέτει ότι ο χρήστης δεν ήξερε τη σωστή εντολή και προσπάθησε να συμπεράνει ποια είναι αυτή η εντολή. Συνεπώς, οι μετασχηματισμοί δηλώσεων χρησιμοποιούνται για την αποκάλυψη των πιθανών "ευλογοφανών" λαθών που μπορεί να κάνει αυτός.

Συνήθως η διαδικασία αυτή μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία πολλών πιθανών εντολών. Αν όμως το σύστημα παρουσιάσει πολλές εναλλακτικές στο χρήστη μπορεί να του προκαλέσει μεγαλύτερη σύγχυση. Έτσι, ο πράκτορας μοντελοποίησης αποστέλλει τις εναλλακτικές εντολές που έχει δημιουργήσει στο συμβουλευτικό πράκτορα ώστε αυτός να τις κατατάξει με σειρά προτεραιότητας. Για αυτόν το λόγο ο συμβουλευτικός πράκτορας χρησιμοποιεί μια εφαρμογή των παραμέτρων βεβαιότητας. Αυτές οι παράμετροι χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση του βαθμού βεβαιότητας του συμβουλευτικού πράκτορα για τις υποθέσεις που κάνει για τα πιστεύω και τις προθέσεις του χρήστη. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται αναλυτικά ο τρόπος εφαρμογής της ΑΕΑ στο IFM.

10.2 Μετασχηματισμοί δηλώσεων

Η ΑΕΑ θεωρία χρησιμοποιεί ένα σύνολο μετασχηματισμών δηλώσεων για να κάνει υποθέσεις σχετικά με τους πραγματικούς στόχους του χρήστη. Στην περίπτωση που το σύστημα εντοπίσει ότι κάποια ενέργεια δεν ήταν επιθυμητή, οι μετασχηματισμοί δηλώσεων χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό της ενέργειας που σκόπευε να εκτελέσει ο χρήστης. Το βασικό πρόβλημα με την εφαρμογή της ΑΕΑ είναι ότι η θεωρία προϋποθέτει ότι στο χρήστη γίνονται κάποιες ερωτήσεις. Αν όμως το σύστημα έκανε ερωτήσεις στο χρήστη, τότε θα ήταν αρκετά ενοχλητικό. Για αυτόν το λόγο θεωρούμε ότι οι χρήστες κάνουν κάποιες ερωτήσεις στον εαυτό τους σχετικά με τις εντολές που εκτελούν. Αυτή η υπόθεση αποτελεί τη βασική αρχή του

συστήματος. Ανάλογα με το είδος του μετασχηματισμού που λαμβάνει χώρα στη βασική αρχή, διαφέρει και η σοβαρότητα των εσφαλμένων αντιλήψεων. Τα είδη των εσφαλμένων αντιλήψεων παρουσιάζονται στην ενότητα 10.2.2.

10.2.1 Η βασική αρχή

Η ΑΕΑ επιχειρεί να τυποποιήσει τη συμπερασματολογία των ανθρώπων που προσπαθούν να απαντήσουν σε μια ερώτηση για την οποία δε γνωρίζουν την απάντηση. Συνεπώς, η εφαρμογή της ΑΕΑ σε ένα σύστημα προϋποθέτει την ύπαρξη ερωτήσεων που γίνονται στο χρήστη. Στο IFM το σύστημα κάνει την υπόθεση ότι οι χρήστες κάνουν τις ερωτήσεις στους εαυτούς τους. Αυτές οι ερωτήσεις λαμβάνουν χώρα στην προσπάθειά τους να επιλέξουν τη σωστή εντολή και τα αντικείμενα στα οποία αναφέρεται η εντολή αυτή.

Κάθε φορά, λοιπόν, που ο χρήστης εκτελεί μια εντολή, το IFM υποθέτει ότι ο χρήστης έχει προηγουμένως κάνει στον εαυτό του τις παρακάτω ερωτήσεις:

Ποια είναι η συντακτική δομή της ενέργειας που πρέπει να εκτελέσω;

Είναι η εκτέλεση της ενέργειας αποδεκτή από τα Windows;

Οι παραπάνω ερωτήσεις αποτελούν αυτό που εμείς ονομάζουμε βασική αρχή. Η βασική αρχή αναπαριστά την υπόθεση ότι ο χρήστης έχει εκτελέσει μια ενέργεια, αφού την έχει αιτιολογήσει και πιστεύει (ή ελπίζει) ότι αυτή η ενέργεια θα είναι σωστή.

Οι δηλώσεις της ΑΕΑ που αντιστοιχούν στις παραπάνω ερωτήσεις είναι οι ακόλουθες:

```
internal-pattern(action)=selected-pattern
```

```
Windows-acceptable(selected-pattern)=yes
```

Τα πιστεύω του χρήστη σχετικά με τη συντακτική δομή της ενέργειας αναπαριστανται στην πρώτη δήλωση ΑΕΑ της βασικής αρχής. Αυτή η

δήλωση χρησιμοποιεί την κατηγοριοποίηση των ενεργειών όπως έχει περιγραφεί στην ενότητα 10.2.3. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης έχει επιλέξει το αντικείμενο "document1.txt", πριν εκτελέσει την εντολή "delete", τότε η πρώτη δήλωση θα ήταν της μορφής `internal-pattern(delete document1.txt) = delete selected_item`.

Η σύνδεση μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης δήλωσης γίνεται μέσω της επιλεγμένης συντακτικής δομής της εντολής που εκτελέστηκε. Η συντακτική δομή που επιλέχθηκε αντιστοιχίζεται με τον όρο `selected-pattern` στις παραπάνω δύο δηλώσεις της ΑΕΑ. Η δεύτερη δήλωση θα μορφοποιηθεί με την αντικατάσταση της επιλεγμένης συντακτικής δομής με το αναφορικό της πρώτης δήλωσης. Στην περίπτωση του παραδείγματος χρήσης της εντολής "delete", η δεύτερη δήλωση θα ήταν της μορφής: `Windows-acceptable(delete selected_item) = yes`. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης πιστεύει ότι η ενέργεια που έχει εκτελέσει είναι αποδεκτή από τα Windows.

10.2.2 Είδη εσφαλμένων αντιλήψεων

Οι εσφαλμένες αντιλήψεις των χρηστών μπορεί να ποικίλλουν σημαντικά, από σημαντικές εννοιολογικές συγχύσεις σε λάθη απροσεξίας. Παρόλα αυτά στο IFM όλες οι εσφαλμένες αντιλήψεις θεωρούνται ως κενά στη γνώση του χρήστη. Ο IFM υποθέτει ότι ο χρήστης έχει εφαρμόσει τους μετασχηματισμούς ομοιότητας, ανομοιότητας, γενίκευσης και ειδίκευσης, που περιγράφει η ΑΕΑ, σε ό,τι ξέρει, ώστε να καλύψει αυτά τα κενά της γνώσης του.

Για τις δύο δηλώσεις της βασικής αρχής αναγνωρίζονται τέσσερις περιπτώσεις μετασχηματισμών. Σε κάθε περίπτωση εξηγούμε από πού μπορεί να προέκυψε η εσφαλμένη αντίληψη (*misconception*) και πόσο σοβαρή είναι. Η σοβαρότητα της λανθασμένης αντίληψης συνδέεται με το τμήμα των δύο δηλώσεων της βασικής αρχικής που μετασχηματίζεται. Οι τέσσερις περιπτώσεις παρουσιάζονται στη συνέχεια:

1. Πρόθεση για άλλη ενέργεια

Αυτή η περίπτωση χαρακτηρίζεται από ένα μετασχηματισμό ορίσματος στην πρώτη δήλωση της βασικής αρχής. Ο μετασχηματισμός έχει ως αποτέλεσμα την αντικατάσταση της ενέργειας που εκτελέστηκε από μια άλλη ενέργεια, πράγμα που σημαίνει ότι ο χρήστης επεδίωκε να εκτελέσει κάποια όμοια αλλά διαφορετική ενέργεια. Για παράδειγμα, ο χρήστης μπορεί να είχε εκτελέσει την εντολή `copy(file1)` αντί για την εντολή `copy(file2)`. Σε αυτήν την περίπτωση η πρώτη δήλωση της βασικής αρχής θα ήταν της μορφής:

`internal-pattern(transformed-action)=selected-pattern`

Τέτοιου είδους ενέργειες συνήθως αντικαθίστανται από κάποια άλλη ενέργεια, η οποία είναι παρόμοια με την ενέργεια που προσπάθησε να εκτελέσει ο χρήστης. Η εσφαλμένη αντίληψη που είχε ο χρήστης σε αυτήν την περίπτωση θεωρείται επιφανειακή. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα λάθη απροσεξίας. Με τον όρο λάθη απροσεξίας αναφερόμαστε σε λάθη που ο χρήστης κάνει επειδή μπερδεύει αντικείμενα ή εντολές που είναι γειτονικά στη γραφική αναπαράσταση του συστήματος αρχείων και του μενού εντολών ή αντικείμενα με παρόμοιο όνομα, για παράδειγμα "Doc" και "Docs". Το σύστημα δημιουργεί εναλλακτικές ενέργειες αναζητώντας εναλλακτικές εντολές ή εναλλακτικά αντικείμενα (αρχεία ή φακέλους).

2. Πρόθεση για συντακτική δομή αποδεκτή από τα Windows.

Αυτή η περίπτωση χαρακτηρίζεται από ένα μετασχηματισμό αναφορικού στην πρώτη δήλωση της βασικής αρχής. Γίνεται η υπόθεση ότι ο χρήστης σκόπευε μια συντακτική δομή παρόμοια με αυτή που επιλέχθηκε. Συνεπώς, η πρώτη δήλωση της βασικής μορφής θα ήταν της μορφής:

`internal-pattern(action)=transformed-selected-pattern.`

Η επιδιωκόμενη εντολή ήταν η εντολή που εκτελέστηκε αλλά ο χρήστης πίστευε ότι μια άλλη συντακτική δομή αντιστοιχούσε σε αυτήν την εντολή. Παρόλα αυτά η συντακτική δομή που ο χρήστης είχε υπόψη ήταν αποδεκτή

από τα Windows. Η λανθασμένη αντίληψη στη συγκεκριμένη περίπτωση θα είχε να κάνει με την επιλογή των αντικειμένων. Π.χ. ο χρήστης πιθανότατα πίστευε ότι ένα αντικείμενο είχε επιλεχθεί αλλά το αντικείμενο δεν διατηρήθηκε επιλεγμένο και έτσι προέκυψε η λανθασμένη αντίληψη που οδήγησε σε κάποιο λάθος.

3. Η εκτελούμενη ενέργεια και η συντακτική δομή της ήταν επιδιωκόμενες αλλά υπήρχε κάποια εσφαλμένη αντίληψη.

Αυτή η περίπτωση χαρακτηρίζεται από ένα μετασχηματισμό ορίσματος στη δεύτερη δήλωση της βασικής αρχής. Αυτό θα σήμαινε ότι η επιδιωκόμενη εντολή ήταν η επιλεχθείσα εντολή αλλά και ότι η επιδιωκόμενη συντακτική δομή ήταν η επιλεχθείσα. Όμως, ο χρήστης λανθασμένα συμπέρανε ότι οι παραπάνω επιλογές του ήταν αποδεκτές από τα Windows. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο χρήστης μπορεί να μπέρδευε τη σύνταξη και τη σημασιολογία των δύο εντολών. Οι δηλώσεις της βασικής αρχής λαμβάνουν την παρακάτω μορφή:

`internal-pattern(action)= selected-pattern`

`Windows-acceptable(transformed-selected-pattern)= yes`

Όταν ο χρήστης κάνει κάποιο τέτοιο λάθος, το σύστημα παράγει εναλλακτικές εντολές ή εναλλακτικά αντικείμενα για να τα προτείνει στο χρήστη. Όσον αφορά στην εσφαλμένη αντίληψη, αυτή η περίπτωση αποκαλύπτει μια εσφαλμένη αντίληψη σχετική με την σύνταξη/σημασιολογία της εντολής. Συνεπώς, η εσφαλμένη αντίληψη είναι πιο σοβαρή σε κάποιο τέτοιο λάθος από ότι στις υπόλοιπες κατηγορίες λαθών.

Για παράδειγμα, ο χρήστης εκτελεί την εντολή `copy` χωρίς να έχει επιλέξει καθόλου αντικείμενα γιατί πιστεύει ότι η εντολή `copy` είναι εντολή που δεν λαμβάνει όρισμα (`without-argument-command`). Σε αυτό το παράδειγμα το σύστημα θα υπέθετε ότι ο χρήστης πιθανότατα σκόπευε να εκτελέσει την εντολή `paste`, η οποία είναι μια εντολή που δεν απαιτεί την επιλογή ορίσματος (`without-argument-command`) και είναι παρόμοια με

την εντολή που προσπάθησε να εκτελέσει ο χρήστης.

4. *Η εκτελούμενη ενέργεια και η συντακτική δομή της ήταν επιδιωκόμενες χωρίς τη βεβαιότητα για το αν ήταν αποδεκτές από τα Windows ή όχι.*

Αυτή η περίπτωση έχει να κάνει με ένα μετασχηματισμό αναφορικού στη δεύτερη δήλωση της βασικής αρχής, δηλαδή αυτό που αλλάζει η τιμή "yes" ή "no" ανάλογα με το αν η συντακτική δομή ήταν αποδεκτή από τα Windows ή όχι. Η απάντηση "yes" δεν είναι παρόμοια με την τιμή "no", συνεπώς η αιτιολόγηση που μπορεί να δώσει κάποιος είναι ότι ο χρήστης είναι αναποφάσιτος και αποφάσισε να προχωρήσει και να αφήσει τα Windows να τον ενημερώσουν στην περίπτωση που έκανε λάθος. Οι προτάσεις της βασικής αρχής λαμβάνουν την παρακάτω μορφή:

`internal-pattern(action)= selected-pattern`

`Windows-acceptable(selected-pattern)=transformed-referent`

Εδώ αποκαλύπτεται ένα πρόβλημα με τη σύνταξη ή/και τη σημασιολογία της εντολής, το οποίο είναι πιθανότητα σοβαρό. Για παράδειγμα, ο χρήστης εκτελεί την εντολή delete έχοντας επιλέξει σε προηγούμενη ενέργεια του το σκληρό δίσκο C:\ στο αριστερό μέρος της 'Εξερεύνησης των Windows'. Ο χρήστης δεν ήταν σίγουρος αν χρειαζόταν να έχει επιλέξει τουλάχιστον ένα αντικείμενο, πριν εκτελέσει την εντολή delete, και εκτέλεσε την ενέργεια η οποία ήταν δεν ήταν αποδεκτή από τα Windows.

Από τα παραπάνω παραδείγματα χρήσης των μετασχηματισμών δηλώσεων για τη δημιουργία υποθέσεων σχετικά με τις πιθανές λανθασμένες αντιλήψεις του χρήστη είναι προφανές ότι οι μετασχηματισμοί που λαμβάνουν χώρα στη δεύτερη δήλωση υποδηλώνουν σοβαρότερες λανθασμένες αντιλήψεις από αυτές που δημιουργούνται μέσω μετασχηματισμών στην πρώτη δήλωση.

10.3 Παράμετροι βεβαιότητας

Το IFM χρησιμοποιεί τους παραπάνω μετασχηματισμούς δηλώσεων για να κάνει υποθέσεις σχετικά με τις πραγματικές προθέσεις του χρήστη και την

αναζήτηση της ενέργειας που επιθυμούσε να εκτελέσει. Όμως οι μετασχηματισμοί δηλώσεων παράγουν πολλές ενέργειες που είναι πιθανό να επιθυμούσε ο χρήστης αντί της ενέργειας που εκτέλεσε. Για την αναζήτηση της βέλτιστης εναλλακτικής ενέργειας, που θα προταθεί στο χρήστη, ο συμβουλευτικός πράκτορας του IFM χρησιμοποιεί 5 από τις παραμέτρους βεβαιότητας της ΑΕΑ. Οι πέντε παράμετροι που έχουν εφαρμοστεί είναι:

- ο βαθμός ομοιότητας (degree of similarity) ενός αντικειμένου του συστήματος αρχείων ή μιας εντολής με ένα άλλο αντικείμενο ή μια εντολή, αντίστοιχα (σ)
- ο βαθμός τυπικότητας (degree of typicality) μιας εντολής για τον κάθε χρήστη (τ)
- η συχνότητα (frequency) δημιουργίας κάθε λάθους (φ)
- η κυριαρχία (dominance) μιας κατηγορίας λαθών στο σύνολο των λαθών (δ)
- ο βαθμός βεβαιότητας (degree of certainty) του συμβουλευτικού πράκτορα (γ)

10.3.1 Περιγραφή των παραμέτρων

Ο βαθμός ομοιότητας εφαρμόζεται στους μετασχηματισμούς δηλώσεων βάσει της ομοιότητας. Αυτή η παράμετρος χρησιμοποιείται για να υπολογίσει την ομοιότητα μεταξύ δύο εντολών ή δύο αντικειμένων του συστήματος αρχείων και συνεπώς την ομοιότητα δύο ενεργειών.

Η ομοιότητα δύο εντολών είναι σταθερή και έχει υπολογιστεί εκ των προτέρων. Η τιμή της βασίζεται στη σχετική θέση των εντολών στην ιεραρχία των εντολών που παρουσιάζεται στο σχήμα 10.5. Δύο εντολές που είναι γειτονικές στην ιεραρχία των εντολών έχουν υψηλό βαθμό ομοιότητας, για παράδειγμα, οι εντολές 'mktxt' και 'mkdoc'. Πέρα της σχετικής απόστασης τους στην ιεραρχία των εντολών, για τον υπολογισμό του βαθμού ομοιότητας σημαντικό ρόλο παίζει και το αποτέλεσμα που έχουν οι εντολές, όταν εκτελεστούν. Για παράδειγμα, οι εντολές 'cut' and 'copy' έχουν παρόμοιο αποτέλεσμα, αφού και οι δύο τοποθετούν ένα ή περισσότερα

αντικείμενα του συστήματος αρχείων στο πρόχειρο· συνεπώς έχουν και μεγάλη ομοιότητα.

Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι ακόμα και οι έμπειροι χρήστες μερικές φορές μπερδεύουν εντολές οι οποίες είναι γεγονικές στο γραφικό σύστημα διεπαφής. Οπότε ο βαθμός ομοιότητας δύο εντολών εξαρτάται μεταξύ άλλων και από την σχετική απόστασή τους στο γραφικό σύστημα διεπαφής. Για παράδειγμα, δύο εντολές, όπως η 'copy' και η 'cut', έχουν μεγάλο βαθμό ομοιότητας αφού η σχετική απόσταση τους στην ιεραρχία εντολών και στο γραφικό σύστημα διεπαφής περιορίζεται στο ελάχιστο και η εκτέλεσή τους έχει παρόμοιο αποτέλεσμα.

Ο βαθμός ομοιότητας υπολογίζεται επίσης όταν οι μετασχηματισμοί δηλώσεων με βάση την ομοιότητα αφορούν τα αντικείμενα του συστήματος αρχείων. Αυτή η ομοιότητα δε μπορεί να είναι σταθερή αφού τα αντικείμενα του συστήματος αρχείων συνεχώς αλλάζουν. Ως εκ τούτου, η ομοιότητα μεταξύ δύο αντικειμένων υπολογίζεται δυναμικά. Η τιμή της ομοιότητας μεταξύ των δύο αντικειμένων υπολογίζεται βάσει της ομοιότητας των ονομάτων τους καθώς και της σχετικής θέσης τους στην γραφική αναπαράσταση του συστήματος αρχείων, όπως αυτή παρουσιάζεται στην οθόνη. Για παράδειγμα, τα αρχεία document1.doc και document2.doc έχουν μεγάλο βαθμό ομοιότητας.

Μια άλλη παράμετρος βεβαιότητας που χρησιμοποιείται είναι ο βαθμός τυπικότητας (τ). Η τιμή του βαθμού τυπικότητας υπολογίζεται δυναμικά. Ο βαθμός τυπικότητας συνδέεται με κάθε εντολή που είναι διαθέσιμη στο χρήστη. Ο υπολογισμός της τιμής του βασίζεται στη συχνότητα εκτέλεσης της εντολής από ένα συγκεκριμένο χρήστη. Η συχνότητα αυτή καταγράφεται στο ατομικό μοντέλο του χρήστη. Για παράδειγμα, μερικοί χρήστες δε δημιουργούν ποτέ νέα αρχεία χρησιμοποιώντας την εντολή 'mkfile' που παρέχουν τα προγράμματα διαχείρισης του συστήματος αρχείων αλλά προτιμούν να τα δημιουργούν μέσω των επεξεργαστών κειμένων (wordprocessors) ή άλλων εφαρμογών. Για τον λόγο αυτό δε θα ήταν σοφό για ένα σύστημα να υποθέσει ότι ένας τέτοιος χρήστης ήθελε να εκτελέσει

την εντολή 'mkfile' αντί της λανθασμένης που εκτέλεσε.

Ο βαθμός συχνότητας (φ) ενός λάθους αναπαριστά τη συχνότητα εμφάνισης ενός λάθους για ένα συγκεκριμένο χρήστη. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε εύκολα να εντοπίσουμε τα λάθη στα οποία είναι επιρρεπής κάποιος χρήστης. Ως εκ τούτου, τα λάθη του παρελθόντος μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να προβλέψουν τα καινούρια. Πράγματι, όπως αποκάλυψε και η εμπειρική μελέτη, οι χρήστες τείνουν να επαναλαμβάνουν τα ίδια λάθη. Για παράδειγμα, αν ο βαθμός συχνότητας ενός λάθους είναι 0,4 τότε είναι πολύ πιθανό ο χρήστης να έχει επαναλάβει το ίδιο λάθος.

Για την εύρεση του πιο συχνού λάθους ενός χρήστη μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την κυριαρχία (δ) ενός λάθους στο σύνολο όλων των λαθών του συγκεκριμένου χρήστη. Η τιμή αυτής της παραμέτρου αναπαριστά το ποσοστό μιας κατηγορίας λαθών στο σύνολο όλων των λαθών ενός συγκεκριμένου χρήστη. Για παράδειγμα, αν η κυριαρχία των λαθών διαγραφής για κάποιο χρήστη είναι 0,8, το σύστημα εύκολα συμπεραίνει ότι ο συγκεκριμένος χρήστης είναι κυρίως επιρρεπής σε λάθη διαγραφής. Αυτό, φυσικά, δεν σημαίνει ότι αυτός δεν κάνει και άλλα είδη λαθών.

Όλες οι παραπάνω παράμετροι συνδυάζονται για να υπολογίσουν το βαθμό βεβαιότητας (γ) για κάθε εναλλακτική ενέργεια που παράγει το σύστημα βάσει των ΑΕΑ μετασχηματισμών της βασικής αρχής. Ο βαθμός βεβαιότητας αναπαριστά την πιθανότητα ο χρήστης να σκόπευε να εκτελέσει την εναλλακτική ενέργεια για την οποία υπολογίζεται. Όπως όλες οι παράμετροι βεβαιότητας, ο βαθμός βεβαιότητας λαμβάνει τιμές στο διάστημα $[0,1]$. Η τιμή αυτή καθορίζει αν μια εναλλακτική ενέργεια θα παρουσιαστεί στον χρήστη και, αν ναι, σε τι προτεραιότητα.

Στην ΑΕΑ, ο βαθμός βεβαιότητας (γ) είναι η μόνη παράμετρος που συνδέεται με κάθε μετασχηματισμό δήλωσης και υπολογίζεται χρησιμοποιώντας μια συνάρτηση που συνδυάζει τις υπόλοιπες παραμέτρους βεβαιότητας. Παρόλα αυτά ο ακριβής τρόπος υπολογισμού του γ δεν προσδιορίζεται πλήρως από τη θεωρία. Για αυτόν το σκοπό μπορούν να

χρησιμοποιηθούν οι θεωρίες λήψης αποφάσεων. Γενικά, οι θεωρίες λήψης αποφάσεων παρέχουν τον τρόπο συνδυασμού των κριτηρίων που λαμβάνει υπόψη του ο άνθρωπος για τη διαμόρφωση μιας απόφασης. Στην προκειμένη περίπτωση τα κριτήρια είναι οι βαθμοί ομοιότητας, συχνότητας, τυπικότητας και η κυριαρχία, ενώ η απόφαση εξαρτάται από την τιμή του βαθμού βεβαιότητας.

10.3.2 Στερεότυπα για την αρχικοποίηση των τιμών των παραμέτρων

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι παράμετροι βεβαιότητας χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση πληροφοριών στο μοντέλο του χρήστη. Στην περίπτωση που το μοντέλο του χρήστη δεν έχει καταφέρει να συγκεντρώσει αρκετά στοιχεία για το χρήστη, οι τιμές που λαμβάνουν οι παράμετροι βεβαιότητας στο μοντέλο του χρήστη λαμβάνονται από τα στερεότυπα που έχουν ενεργοποιηθεί. Και οι βασικές υποθέσεις των στερεότυπων γίνονται βάσει των παραμέτρων βεβαιότητας της ΑΕΑ. Οι βασικές υποθέσεις για τους χρήστες που ανήκουν στα στερεότυπα των άπειρων, μεσαίου επιπέδου και έμπειρων χρηστών παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.1.

	Συχνότητα	Κυριαρχία
ΑΠΕΙΡΟΙ		
Λάθη εντολών	0,3	0,5
Λάθη δομής	0,2	0,3
ΜΕΣΑΙΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ		
Λάθη εντολών	0,1	0,2
Λάθη δομής	0,1	0,2
ΕΜΠΕΙΡΟΙ		
Λάθη εντολών	0	0
Λάθη δομής	0	0

Πίνακας 10.1: Οι βασικές υποθέσεις των στερεοτύπων που αφορούν στη συχνότητα και στην κυριαρχία των λαθών σε σχέση με το επίπεδο εμπειρογνωμοσύνης του χρήστη.

Από τα στοιχεία που παρουσιάζονται στον πίνακα 10.1 συμπεραίνουμε ότι οι άπειροι χρήστες είναι περισσότερο επηρρεπείς σε λάθη εντολών παρά σε λάθη που οφείλονται στη δομή των προγραμμάτων διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Τα λάθη εντολών μπορούν επίσης να θεωρηθούν ως

και το αδύνατο σημείο τους. Οι χρήστες μεσαίου επιπέδου επίσης διαπράττουν τέτοιου είδους λάθη παρόλο που δεν είναι τόσο συχνά. Από την άλλη πλευρά οι έμπειροι χρήστες δεν κάνουν καθόλου λάθη στην εκτέλεση των εντολών.

Τα στερεότυπα μπορούν να κατηγοριοποιήσουν τους χρήστες και σύμφωνα με το πόσο απρόσεκτοι ή προσεκτικοί είναι. Τα στερεότυπα αυτά περιλαμβάνουν βασικές υποθέσεις σχετικά με τα λάθη που γίνονται λόγω απροσεξίας. Για παράδειγμα, ένας χρήστης, που έχει θεωρηθεί από το σύστημα ως απρόσεκτος, συνήθως κάνει 30% λάθη ποντικιού, 30% ορθογραφικά λάθη και μόνο μερικά λάθη λόγω σύγχυσης αντικείμενων με ίδιο όνομα. Στον πίνακα 10.2 παρουσιάζονται οι βασικές υποθέσεις για τα στερεότυπα των προσεκτικών και απρόσεκτων χρηστών.

	Συχνότητα	Κυριαρχία
ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΟΙ		
Ορθογραφικά λάθη	0,3	0,4
Λάθη ποντικιού	0,3	0,4
Λάθη ιδίων ονομάτων	0,1	0,2
ΑΠΡΟΣΕΚΤΟΙ		
Ορθογραφικά λάθη	0,1	0,45
Λάθη ποντικιού	0,1	0,45
Λάθη ιδίων ονομάτων	0,025	0,1

Πίνακας 10.2: Οι βασικές υποθέσεις των στερεοτύπων που απεικονίζουν πόσο απρόσεκτος είναι ένας χρήστης.

10.4 Συμπεράσματα

Η ΑΕΑ παρέχει ένα τυπικό γενικό πλαίσιο, ανεξάρτητο του τομέα εφαρμογής του, για τη δημιουργία υποθέσεων σχετικά με τα πιστεύω και τις προθέσεις του χρήστη από την οπτική γωνία ενός συμβούλου. Το γενικό πλαίσιο της ΑΕΑ έχει χρησιμοποιηθεί ώστε να προσομοιώσει την ευλογοφανή «ανθρώπινη» αιτιολόγηση τόσο ενός χρήστη όσο και ενός συμβούλου. Πράγματι, όπως παρουσιάστηκε και στην ενότητα 4.4, η ΑΕΑ θεωρία έχει εφαρμοστεί επιτυχώς σε αρκετά συστήματα διαφορετικών τομέων, όπως είναι το UNIX.

Παρόλα αυτά, ένα πρόβλημα που παρουσιάστηκε κατά την εφαρμογή της ΑΕΑ θεωρίας ήταν ότι δεν ήταν δυνατή η άμεση εφαρμογή της σε ένα γραφικό σύστημα διεπαφής. Καταρχήν απαιτείτο ο ορισμός των ερωτήσεων που θα οδηγούσαν τη συμπερασματολογική διαδικασία, ενώ στη συνέχεια απαραίτητη ήταν και η δημιουργία ιεραρχιών διαδικαστικής γνώσης όπως είναι οι ενέργειες των χρηστών και οι εντολές. Τέλος, χρειαζόταν και η εφαρμογή των παραμέτρων της ΑΕΑ στον τομέα του γραφικού συστήματος διεπαφής. Σε μερικές περιπτώσεις χρειάστηκε η συμπλήρωση των προσδιορισμών που δίδονται από την ΑΕΑ, αφού δεν υπήρχαν αρκετές οδηγίες για την εφαρμογή. Αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε από τις θεωρίες λήψης αποφάσεων του επόμενου κεφαλαίου.

Στο IFM η συμπερασματολογική πορεία αποτελείται από ένα πολλαπλό μετασχηματισμό δηλώσεων που ονομάζεται βασική αρχή. Η βασική αρχή αναφέρεται στην επιλογή και στην εκτίμηση μιας ενέργειας από το χρήστη. Μέσω της βασικής αρχής οι μετασχηματισμοί της ΑΕΑ μπορούν να παράγουν ένα σύνολο υποθέσεων που αναπαριστούν τα πιθανά λάθη των χρηστών τα οποία είναι αρκετά ευλογοφανή.

Ένα πιθανό πρόβλημα αυτής της προσέγγισης είναι η δημιουργία πολλών εναλλακτικών ενεργειών. Αυτό το πρόβλημα έχει αντιμετωπιστεί με τη χρήση των παραμέτρων βεβαιότητας. Συγκεκριμένα, οι παράμετροι βεβαιότητας χρησιμοποιούνται για να κατατάξουν τις εναλλακτικές ενέργειες με σειρά προτεραιότητας ως προς την οπτική γωνία ενός εμπειρογνώμονα. Όμως, ο ακριβής τρόπος υπολογισμού της βασικότερης παραμέτρου, του βαθμού βεβαιότητας γ , δεν ορίζεται από τη θεωρία. Για αυτόν το λόγο η ΑΕΑ συνδυάστηκε με κάποια θεωρία λήψης αποφάσεων. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν τρεις πιθανές θεωρίες και κάθε μία από αυτές εφαρμόστηκε ξεχωριστά με την ΑΕΑ. Η εφαρμογή των θεωριών αυτών στο IFM παρουσιάζονται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

Οι τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας λαμβάνονται από το μοντέλο του χρήστη. Το πρόβλημα της αρχικοποίησης των τιμών των παραμέτρων αυτών, όταν δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες για το συγκεκριμένο χρήστη,

αντιμετωπίζεται από τα στερεότυπα. Όπως υποστηρίζει και η Kay [2000], τα στερεότυπα αποτελούν ένα σημαντικό μηχανισμό για την κατασκευή μοντέλων χρηστών και γι' αυτόν το λόγο έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στο συμβουλευτικό λογισμικό. Παρόλα αυτά η προσέγγιση του συνδυασμού των στερεοτύπων με τις παραμέτρους βεβαιότητας είναι πρωτότυπη. Επιπλέον, ο συνδυασμός των στερεοτύπων με ένα έμμεσο μηχανισμό συμπερασματολογίας φάνηκε μια πολύ χρήσιμη και γενική προσέγγιση.

Εφαρμογή των Θεωριών Λήψης Αποφάσεων στο IFM

11.1 Εισαγωγή

Η αποτελεσματικότητα ενός ΕΣΒ βασίζεται κυρίως στη δυνατότητα του συστήματος να λαμβάνει σωστές αποφάσεις για το πότε και πώς μπορεί να βοηθήσει τους χρήστες του. Για το λόγο αυτό η ενσωμάτωση κάποιας θεωρίας λήψης αποφάσεων σε ένα ΕΣΒ μπορεί να αποδειχθεί πολύ χρήσιμη. Πολλά μοντέλα βασισμένα στα μαθηματικά έχουν αναπτυχθεί, για να βοηθήσουν τη λήψη αποφάσεων και οι προσπάθειες ανάπτυξης όλο και καλύτερων μοντέλων συνεχίζονται μέχρι και σήμερα [Song & Lee 2002].

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται η εφαρμογή τριών διαφορετικών θεωριών λήψης αποφάσεων στο συμβουλευτικό πράκτορα του IFM, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την επιλογή της καταλληλότερης βοήθειας για ένα συγκεκριμένο χρήστη. Οι θεωρίες αυτές χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων των εμπειρογνώμωνών ώστε το σύστημα να είναι σε θέση να παρέχει βοήθεια παρόμοια με κάποιον εμπειρογνώμονα που παρακολουθεί το χρήστη καθ' όσον εργάζεται, επεμβαίνει, όταν αυτό κριθεί απαραίτητο, και παρέχει την κατάλληλη

βοήθεια. Το πρώτο μοντέλο που χρησιμοποιείται στο συμβουλευτικό πράκτορα του IFM είναι το Απλό Σταθμιζόμενο Αθροιστικό μοντέλο σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα ενός πειράματος που έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της εμπειρικής μελέτης.

Μια πιο εκλεπτυσμένη προσέγγιση είναι αυτή που υιοθετεί την Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας. Και αυτή η θεωρία χρησιμοποιεί τα αποτελέσματα της εμπειρικής μελέτης που διεξήχθη στα πρώτα στάδια υλοποίησης του συστήματος αλλά με διαφορετικό τρόπο. Και οι δύο αυτές θεωρίες θεωρούν ότι τα κριτήρια που λαμβάνει υπόψη του ο άνθρωπος κατά τη λήψη αποφάσεων έχουν σταθερό βάρος και ότι η σημαντικότητα κάποιου κριτηρίου δεν αλλάζει ανάλογα με την περίπτωση.

Μια αρκετά διαφορετική προσέγγιση, η οποία θεωρεί ότι τα βάρη των κριτηρίων διαμορφώνονται δυναμικά ανάλογα με την περίπτωση, υιοθετείται από την Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων. Αυτή είναι η τρίτη θεωρία που έχει εφαρμοστεί στο IFM. Και οι τρεις αυτές θεωρίες έχουν εφαρμοστεί στο συμβουλευτικό πράκτορα του IFM, ανεξάρτητα μεταξύ τους, και παρουσιάζονται αναλυτικά σε αυτό το κεφάλαιο. Από την εφαρμογή τους στο σύστημα έχουν προκύψει τα πρώτα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μεθόδων, η συγκέντρωση των οποίων θα ολοκληρωθεί στην επόμενη ενότητα με την αξιολόγηση των τριών διαφορετικών εκδόσεων του συστήματος.

11.2 Αξιοποίηση των θεωριών λήψης αποφάσεων στο IFM

Σύμφωνα και με τους Triantaphyllou & Mann [1989] υπάρχουν τρία βασικά βήματα στην αξιοποίηση οποιαδήποτε τεχνικής λήψης αποφάσεων που αφορά στην αριθμητική ανάλυση των εναλλακτικών επιλογών:

1. Ορισμός των σχετικών κριτηρίων και εναλλακτικών επιλογών.
2. Απόδοση αριθμητικών μέτρων για τη σχετική σημασία των κριτηρίων στην τελική απόφαση.
3. Επεξεργασία των αριθμητικών τιμών με στόχο την κατάταξη των εναλλακτικών επιλογών.

Ο καθορισμός των σχετικών κριτηρίων που ένα σύστημα λαμβάνει υπόψη του κατά τη λήψη αποφάσεων γίνεται στα πρώτα στάδια του κύκλου ζωής του συστήματος. Ο καθορισμός αυτός γίνεται από το σχεδιαστή - αναλυτή του συστήματος και συνήθως βασίζεται σε μια εμπειρική μελέτη, στην οποία συμμετέχουν και έμπειροι χρήστες του τομέα.

Η απόδοση των αριθμητικών μέτρων για τη σχετική σημασία των κριτηρίων στην τελική απόφαση γίνεται και αυτή κατά τα πρώτα στάδια του κύκλου ζωής του λογισμικού και βασίζεται στην ανάλυση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων των εμπειρογνομώνων του τομέα. Αυτό έγινε και στην περίπτωση του IFM.

Συγκεκριμένα, στην περίπτωση του IFM, τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για τη λήψη μιας απόφασης είναι οι παράμετροι βεβαιότητας της ΑΕΑ. Όπως υποδεικνύει η θεωρία, η πιο σωστή υπόθεση (εναλλακτική ενέργεια) είναι αυτή με τον υψηλότερο βαθμό βεβαιότητας. Η ΑΕΑ, όμως, παρόλο που αναφέρει πως ο βαθμός βεβαιότητας προκύπτει από το συνδυασμό των υπολοίπων κριτηρίων, δεν αναφέρει τον ακριβή τρόπο υπολογισμού του. Για αυτόν το λόγο χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικές θεωρίες λήψης αποφάσεων ώστε να επιλεγεί η βέλτιστη. Και οι τρεις θεωρίες χρησιμοποιούν την αθροιστική αναλυτική μορφή, συνεπώς ο βαθμός βεβαιότητας δίδεται και στις τρεις περιπτώσεις από τον παρακάτω τύπο:

$$\gamma = w_{\sigma}\sigma + w_{\delta}\delta + w_{\phi}\phi + w_{\tau}\tau \quad (11.1)$$

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο ακριβής τρόπος εφαρμογής των τριών θεωριών και πώς προκύπτει ο βαθμός βεβαιότητας σε κάθε μία από αυτές.

11.3 Εφαρμογή ενός Απλού Σταθμιζόμενου Αθροιστικού μοντέλου

Στα πρώτα βήματα υλοποίησης της ΑΕΑ στο IFM χρησιμοποιήθηκε ένα Απλό Σταθμιζόμενο Αθροιστικό μοντέλο (Simple Additive Weighting – ΑΣΑ) [Fishburn 1967; Hwang & Yoon 1981]. Το μοντέλο αυτό είναι πιθανώς το πιο γνωστό και πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο λόγω της απλότητάς του και αποτελείται από δύο βασικά βήματα:

1. Διαμόρφωση των τιμών των n κριτηρίων ώστε να γίνουν συγκρίσιμα. Αυτό το βήμα δεν χρειαζόταν να υλοποιηθεί στο IFM αφού όλα τα κριτήρια, στην προκειμένη περίπτωση οι παράμετροι βεβαιότητας της ΑΕΑ, λαμβάνουν τις τιμές τους στο ίδιο διάστημα, δηλαδή στο $[0,1]$.
2. Άθροισμα όλων των τιμών των n κριτηρίων για κάθε εναλλακτική περίπτωση. Η τιμή της πολυκριτήριας συνάρτησης υπολογίζεται για κάθε εναλλακτική περίπτωση ως ένας γραμμικός συνδυασμός των n κριτηρίων.

Η θεωρία όμως αυτή προϋποθέτει ότι οι τιμές των κριτηρίων, δηλαδή των παραμέτρων βεβαιότητας της ΑΕΑ, και των βαρών αυτών είναι εκ των προτέρων γνωστά. Οι τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας είναι κάθε φορά γνωστές από το μοντέλο του χρήστη και λαμβάνονται είτε από το ατομικό του μοντέλο είτε από τα στερεότυπα, στην περίπτωση που το πρώτο δεν έχει αρκετά στοιχεία. Το πρόβλημα παρουσιάστηκε με τον υπολογισμό του βάρους που είχε κάθε παράμετρος βεβαιότητας στον υπολογισμό του βαθμού βεβαιότητας ότι ο χρήστης πράγματι σκόπευε να εκτελέσει την εναλλακτική ενέργεια που δημιούργησε το σύστημα.

Αφού το σύστημα θέλει να προσομοιώσει έναν εμπειρογνώμονα στην απόφαση για το ποια ενέργεια τελικά θα πρέπει να προτείνεται στο χρήστη και με ποια προτεραιότητα, αποφασίστηκε ότι τα βάρη θα έπρεπε να βασιστούν σε μια μελέτη για το τι είναι σημαντικότερο για ένα εμπειρογνώμονα όταν επιλέγει μια εναλλακτική εντολή για ένα χρήστη που πιθανότατα είναι μπλεγμένος σε μια προβληματική κατάσταση. Πιο συγκεκριμένα, ζητήθηκε από τους 10 εμπειρογνώμονες, που έλαβαν μέρος στην εμπειρική μελέτη, να κατατάξουν τις τέσσερις παραμέτρους βεβαιότητας, που έχουν εφαρμοστεί στο IFM, βάσει του πόσο σημαντικοί είναι στην αιτιολογική τους διαδικασία, όταν επιλέγουν τη βοήθεια που παρέχουν στους χρήστες ενός προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Σε κάθε εμπειρογνώμονα ζητήθηκε να καθορίσει ένα βαθμό από το σύνολο βαθμών (1, 2, 3, 4) σε κάθε μία από τις τέσσερις παραμέτρους

βεβαιότητας και όχι την ίδια για δύο διαφορετικές παραμέτρους. Το άθροισμα του συνόλου των βαθμών που αποδόθηκε στους χρήστες ήταν 10 ($1+2+3+4=10$).

Όταν συγκεντρώθηκαν οι βαθμοί όλων των εμπειρογνομόνων, αυτοί χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των βαρών των παραμέτρων βεβαιότητας. Τα βάρη που αντιστοιχήθηκαν σε κάθε παράμετρο από κάθε εμπειρογνώμονα αθροίστηκαν και διαιρέθηκαν από το άθροισμα των βαθμών όλων των παραμέτρων βεβαιότητας ($10 \cdot 10$ εμπειρογνώμονες = 100). Έτσι το άθροισμα όλων των βαρών θα ήταν ίσο με 1.

Ως αποτέλεσμα τα υπολογιζόμενα βάρη των παραμέτρων βεβαιότητας ήταν τα παρακάτω:

- Το βάρος της ομοιότητας (σ): $w_{\sigma} = \frac{37}{100} = 0,37$
- Το βάρος της κυριαρχίας (δ): $w_{\delta} = \frac{32}{100} = 0,32$
- Το βάρος της συχνότητας (φ): $w_{\varphi} = \frac{19}{100} = 0,19$
- Το βάρος της τυπικότητας (τ): $w_{\tau} = \frac{12}{100} = 0,12$

Πράγματι, όπως αποδείχθηκε, το πιο σημαντικό κριτήριο που χρησιμοποίησαν οι έμπειροι χρήστες, όταν αξιολογούσαν μια υποψήφια εναλλακτική, ήταν η ομοιότητα μια εναλλακτικής ενέργειας με αυτήν που εκτελέστηκε από το χρήστη. Η πλειοψηφία αυτών δήλωσαν ότι η ομοιότητα δύο εντολών είναι σημαντική, επειδή οι χρήστες τείνουν να μπερδεύουν ενέργειες ή αντικείμενα που είναι πολύ παρόμοια. Αυτό το κριτήριο συνδέεται με το βαθμό ομοιότητας και οι περισσότεροι χρήστες του απέδωσαν το βαθμό 4. Το βάρος της συγκεκριμένης παραμέτρου που αναπαριστά τη σχετική σπουδαιότητά του, όπως υπολογίστηκε από την εμπειρική μελέτη, είναι 0,37.

Το δεύτερο σημαντικότερο στοιχείο που ελέγχουν οι εμπειρογνώμονες είναι το κατά πόσον ένα λάθος είναι το συχνότερο λάθος ενός χρήστη. Αυτό το κριτήριο αντιστοιχεί στην κυριαρχία ενός λάθους στο σύνολο των λαθών

ενός χρήστη. Το βάρος γι' αυτό το κριτήριο, όπως προέκυψε από την παραπάνω διαδικασία, είναι 0,32.

Ένα άλλο κριτήριο που θεωρήθηκε σημαντικό αλλά όχι για να ληφθεί από τα πρώτα υπόψη, ήταν η συχνότητα με την οποία ένας χρήστης κάνει κάποιο λάθος, όταν αλληλεπιδρά με το σύστημα. Αυτό το κριτήριο αντιστοιχεί στη συχνότητα δημιουργίας ενός συγκεκριμένου λάθους στο σύνολο εκτελέσεων κάποιας εντολής. Το βάρος για την συχνότητα υπολογίστηκε στο 0,19.

Τέλος, οι εμπειρογνώμονες θεώρησαν ότι ήταν χρήσιμο να γνωρίζουν αν ένας χρήστης χρησιμοποιούσε συχνά ή όχι την εντολή που θα του πρότειναν. Γενικά, οι εμπειρογνώμονες πιστεύουν ότι οι χρήστες δεν είναι πιθανό να έχουν κάνει λάθος σε μια εντολή που χρησιμοποιούν αρκετά συχνά και πιθανότατα γνωρίζουν πώς να την εκτελέσουν. Παρόλα αυτά, πάντα υπάρχει η πιθανότητα τέτοιου είδους λάθους λόγω απροσεξίας. Για αυτούς του λόγους η τυπικότητα μιας εντολή για ένα συγκεκριμένο χρήστη θεωρήθηκε ότι πρέπει να λαμβάνεται υπόψη αλλά όχι σαν κριτήριο πρωταρχικής σημασίας. Έτσι, το βάρος του συγκεκριμένου κριτηρίου ήταν μόνο 0,12.

Σύμφωνα με τα παραπάνω και εφαρμόζοντας το δεύτερο βήμα του ΑΣΑ ο υπολογισμός του βαθμού βεβαιότητας γ γίνεται με το γραμμικό συνδυασμό των τιμών των τεσσάρων παραμέτρων χρησιμοποιώντας την συνάρτηση:

$\gamma(X_j) = \sum_{i=1}^4 w_i x_{ij}$, όπου x_{ij} και w_i είναι οι τιμές και τα βάρη των παραμέτρων

βεβαιότητας για την ενέργεια X_j , αντίστοιχα.

Βάσει των παραπάνω ο βαθμός βεβαιότητας για κάθε εναλλακτική εντολή δίδεται από τον τύπο:

$$\gamma = 0,37\sigma + 0,32\delta + 0,19\phi + 0,12\tau \quad (11.2)$$

Ένα βασικό όμως πρόβλημα αυτής της μεθόδου είναι ότι οι έμπειροι χρήστες δεν είναι σε θέση να ποσοτικοποιήσουν τη σπουδαιότητα κάθε κριτηρίου που λαμβάνουν υπόψη τους. Επιπλέον, μπορεί ακόμα και να

κάνουν λάθος για το κατά πόσο λαμβάνουν υπόψη τους ένα κριτήριο. Οπότε τα αποτελέσματα από αυτήν τη διαδικασία μπορεί να μην είναι και ακριβή. Για αυτόν το λόγο αναζητήθηκε μια άλλη μέθοδος που να παρέχει ένα πιο τυποποιημένο τρόπο υπολογισμού των βαρών των παραμέτρων βεβαιότητας για τον υπολογισμό του βαθμού βεβαιότητας.

11.4 Εφαρμογή της Πολυκριτήριας Θεωρίας Χρησιμότητας

Σύμφωνα με τη Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας κάθε πολυκριτήριο πρόβλημα, όπως είναι και η επιλογή εναλλακτικών λύσεων για την περίπτωση που ο χρήστης έχει κάνει κάποιο λάθος, είναι μια κατάσταση στην οποία έχοντας ορίσει ένα σύνολο A από εναλλακτικές ενέργειες και μια σταθερή ομάδα F από n κριτήρια, οι οποίες στην προκειμένη περίπτωση είναι οι παράμετροι βεβαιότητας σ , δ , ϕ , τ , ο συμβουλευτικός πράκτορας επιθυμεί να κατατάξει τις εναλλακτικές ενέργειες του A από την καλύτερη στη χειρότερη και να ορίσει ένα υποσύνολο από ενέργειες που θεωρούνται καλύτερες ως προς το F .

Για την κατάταξη των στοιχείων του A ο συμβουλευτικός πράκτορας χρησιμοποιεί το βαθμό βεβαιότητας. Παρόλα αυτά, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, η ΑΕΑ δε δίνει ένα συγκεκριμένο τρόπο υπολογισμού της συγκεκριμένης παραμέτρου. Για αυτόν το λόγο χρησιμοποιείται η αθροιστική μορφή, η οποία είναι η απλούστερη και πιο συχνά χρησιμοποιούμενη. Μέχρι εδώ η θεωρία αυτή δε διαφέρει και πολύ από το ΑΣΑ μοντέλο. Το πλεονέκτημα, όμως, αυτής της θεωρίας είναι ότι προσφέρει ένα προκαθορισμένο τρόπο υπολογισμού των βαρών των παραμέτρων βεβαιότητας. Σύμφωνα με τα παραπάνω ο βαθμός βεβαιότητας δίδεται από τον τύπο:

$$\gamma = w_{\sigma}\sigma + w_{\delta}\delta + w_{\phi}\phi + w_{\tau}\tau \quad (11.3)$$

όπου $w_{\sigma} + w_{\delta} + w_{\phi} + w_{\tau} = 1$.

Για τον υπολογισμό των τιμών των w_{σ} , w_{δ} , w_{ϕ} και w_{τ} απαιτούνται 3 ζεύγη εναλλακτικών ενεργειών που να έχουν την ίδια βαρύτητα για το λήπτη αποφάσεων. Για δύο ενέργειες που έχουν την ίδια βαρύτητα για το

λήπτη των αποφάσεων ισχύει ότι $\gamma(a) = \gamma(b)$. Οι τρεις γραμμικές εξισώσεις που προκύπτουν από αυτήν τη διαδικασία, μαζί με το δεδομένο ότι το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων ισούται 1 ($w_\sigma + w_\delta + w_\phi + w_\tau = 1$), συνθέτουν ένα σύστημα 4 εξισώσεων με 4 αγνώστους. Η επίλυση του παραπάνω συστήματος επιτρέπει τον υπολογισμό της τιμής του βάρους κάθε παραμέτρου βεβαιότητας.

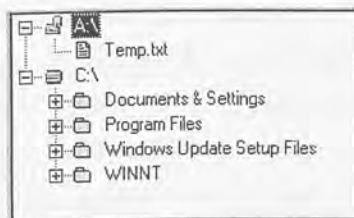
Για το λόγο αυτό συλλέχθηκαν κάποια παραδείγματα από τη βοήθεια που παρείχαν οι εμπειρογνώμονες στους χρήστες της εμπειρικής μελέτης. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν 4 παραδείγματα όπου οι εμπειρογνώμονες ήταν αναποφάσιμοι μεταξύ δύο ενεργειών, επειδή είχαν την ίδια βαρύτητα γι αυτούς.

11.4.1 Επιλογή παραδειγμάτων

Η εμπειρική μελέτη αποκάλυψε ότι σε αρκετές στιγμές οι εμπειρογνώμονες δε μπορούσαν να αποφασίσουν μεταξύ δύο εναλλακτικών ενεργειών. Οι ενέργειες που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των βαρών των παραμέτρων βεβαιότητας και παρουσιάζονται σε αυτήν την ενότητα επιλέχθηκαν γιατί είχαν την ίδια βαρύτητα για την πλειοψηφία των εμπειρογνομώνων, αν όχι για όλους.

Στο πρώτο παράδειγμα 8 στους 10 εμπειρογνώμονες δήλωσαν ότι οι δύο εναλλακτικές ενέργειες είχαν την ίδια βαρύτητα γι αυτούς. Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη παρουσιάζεται στο σχήμα 11.1. Ο χρήστης του παραδείγματος εκτέλεσε την εντολή *copy* αφού εξερεύνησε τα περιεχόμενα της δισκέτας A:\. Όμως η ενέργεια *copy(A:\)* δεν έχει κανένα αποτέλεσμα. Αν κάποιος θέλει να αντιγράψει το περιεχόμενο μιας δισκέτας στο σκληρό δίσκο, πρέπει πρώτα να επιλέξει όλα τα αντικείμενα που περιέχει η δισκέτα και στη συνέχεια να εκτελέσει την εντολή *copy*. Οι εμπειρογνώμονες έκριναν ότι μάλλον η συγκεκριμένη ενέργεια δεν ήταν και η επιδιωκόμενη από το χρήστη και πρότειναν δύο εναλλακτικές εντολές:

- $s_1 \rightarrow Copy(A:\Temp.txt)$
- $s_2 \rightarrow Cut(A:\Temp.txt)$



Σχήμα 11.1: Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη του πρώτου παραδείγματος

	S_1	S_2
σ	0,90	0,80
δ	0,38	0,50
ϕ	0,21	0,30
τ	0,45	0,40

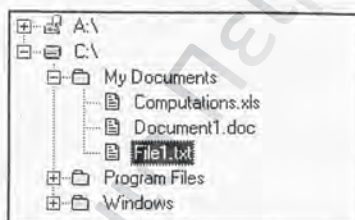
Πίνακας 11.1: Οι τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας της ΑΕΑ για τις εναλλακτικές ενέργειες του πρώτου παραδείγματος

Οι δύο εναλλακτικές ενέργειες δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας το αρχείο Temp.txt γιατί ήταν το μοναδικό αρχείο που περιείχε η δισκέτα. Ο βαθμός ομοιότητας των δύο εντολών με την αρχική εντολή που εκτέλεσε ο χρήστη είναι 0,90 και 0,80, αντίστοιχα ($\sigma_{s_1} = 0,90, \sigma_{s_2} = 0,80$). Επιπλέον, σύμφωνα με τα στοιχεία που συγκεντρώνει ο πράκτορας μοντελοποίησης για το χρήστη, η κυριαρχία λαθών για την εντολή *copy* είναι 0,38 ($\delta_{s_1} = 0,38$), ενώ για την εντολή *cut* είναι 0,50 ($\delta_{s_2} = 0,50$). Η συχνότητα δημιουργία λαθών που αφορούν τις δύο εντολές είναι 0,21 και 0,30, αντίστοιχα ($\phi_{s_1} = 0,21, \phi_{s_2} = 0,30$). Τέλος, η τυπικότητα της εντολής *copy* στο σύνολο όλων των εντολών είναι 0,45 έναντι της 0,40 της εντολής *cut* ($\tau_{s_1} = 0,45, \tau_{s_2} = 0,40$). Συγκεντρωτικά, οι τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας της ΑΕΑ για το πρώτο ζεύγος εναλλακτικών εντολών παρουσιάζονται στο πίνακα 11.1.

Στο δεύτερο παράδειγμα, όλοι οι εμπειρογνώμονες δήλωσαν ότι οι δύο

ενέργειες είχαν την ίδια βαρύτητα γι' αυτούς. Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων παρουσιάζεται στο σχήμα 11.2. Ο χρήστης αυτού του παραδείγματος, αφού εισήγαγε μια δισκέτα στον υπολογιστή του, εξερεύνησε τα περιεχόμενα του φακέλου C:\My Documents\, επέλεξε το αρχείο C:\My Documents\File1.txt και εκτέλεσε την εντολή *paste*. Παρόλα αυτά ο χρήστης δεν είχε προηγουμένως εκτελέσει ούτε την εντολή *copy* ούτε την *cut*. Για αυτό, όλοι οι εμπειρογνώμονες έκριναν την συγκεκριμένη εντολή *ύποπτη* και έκριναν ότι πιθανότατα ο χρήστης ήθελε να εκτελέσει την εντολή s_1 ή την εντολή s_2 που παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- $s_3 \rightarrow \text{Copy}(C:\text{My Documents}\backslash\text{file1.txt})$
- $s_4 \rightarrow \text{Cut}(C:\text{My Documents}\backslash\text{file1.txt})$



Σχήμα 11.2: Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη του δεύτερου παραδείγματος

Ο βαθμός ομοιότητας κάθε μίας από τις εναλλακτικές εντολές με την αρχική εντολή του χρήστη ήταν 0,90 και 0,80, αντίστοιχα ($\sigma_{s_3} = 0,90$, $\sigma_{s_4} = 0,80$). Σύμφωνα με τις πληροφορίες του μοντέλου των χρηστών, η κυριαρχία των λαθών εντολών που έχει κάνει ο χρήστης και συνδέονται με την εντολή *copy* είναι 0,10 ενώ ο αντίστοιχος βαθμός για τα λάθη εντολών που συνδέονται με την εντολή *cut* είναι 0,25 ($\delta_{s_3} = 0,10$, $\delta_{s_4} = 0,25$). Η συχνότητα δημιουργίας λάθους κατά την εκτέλεση της εντολής *copy* είναι 0,38 ενώ για την εντολή *cut* είναι 0,25 ($\phi_{s_3} = 38$, $\phi_{s_4} = 0,25$). Η κυριαρχία είναι μικρότερη από τη συχνότητα για την πρώτη εναλλακτική ενέργεια. Αυτό συμβαίνει γιατί ο συγκεκριμένος χρήστης δεν έχει κάνει πολλά λάθη που αφορούν στην εντολή *copy* συγκριτικά με το σύνολο των εντολών του

αλλά έχει κάνει πολλά λάθη συγκριτικά με το σύνολο των εκτελέσεων της συγκεκριμένης εντολής. Δηλαδή ο χρήστης έχει κάνει 7 λάθη στην εκτέλεση της εντολής *copy*, τα οποία είναι ένα μικρό ποσοστό των συνολικών λαθών (το σύνολο των λαθών του είναι 64), ενώ είναι ένα μεγάλο ποσοστό των εκτελέσεων της συγκεκριμένης εντολής. Ο χρήστης έχει εκτελέσει την εντολή *copy* μόνο 18 φορές. Συνεπώς, και η τυπικότητα της εντολής *copy* στο σύνολο των εντολών που έχουν εκτελεστεί είναι πολύ μικρή, μόλις 0,02 ($\tau_{s_3} = 0,02$) ενώ ο βαθμός τυπικότητας είναι ελαφρώς μεγαλύτερος για την εντολή *cut* ($\tau_{s_4} = 0,09$). Συνοπτικά, οι τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας παρουσιάζονται στο πίνακα 11.2.

	S_3	S_4
σ	0,90	0,80
δ	0,10	0,25
φ	0,38	0,25
τ	0,02	0,09

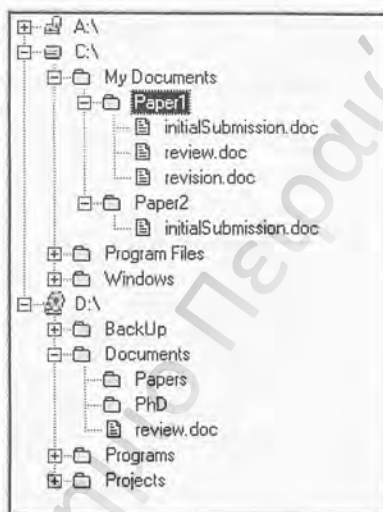
Πίνακας 11.2: Οι τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας της ΑΕΑ για τις εναλλακτικές ενέργειες του δεύτερου παραδείγματος

Στο τρίτο παράδειγμα που επιλέχθηκε, 9 στους 10 εμπειρογνώμονες δήλωσαν ότι οι δύο εναλλακτικές ενέργειες που προέκυψαν είχαν την ίδια βαρύτητα γι αυτούς. Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του συγκεκριμένου χρήστη παρουσιάζεται στο σχήμα 11.3. Ο χρήστης σε αυτή την περίπτωση αρχικά αντιγράφει το αρχείο *review.doc* που βρίσκεται στον φάκελο *Documents* του *cd D:*. Στη συνέχεια ο χρήστης επικόλλησε το συγκεκριμένο αντικείμενο στην δισκέτα *A:*. Και οι δύο αυτές εντολές θεωρήθηκαν ως αναμενόμενες από το σύνολο των εμπειρογνώμωνων.

Στη συνέχεια, ο χρήστης του παραδείγματος εξερευνεί τα περιεχόμενα του σκληρού δίσκου *C:* και διαδοχικά εξερευνεί τα περιεχόμενα των φακέλων *'My Documents'* και *'Paper1'*. Τέλος εκτελεί την εντολή *paste* για να επικολλήσει το αντικείμενο που αντέγραψε. Όμως, ο φάκελος *C:\My Documents\Paper1* περιέχει ήδη ένα αρχείο με το ίδιο όνομα. Αν ο χρήστης αντιγράφει το αρχείο μέσα σε αυτό τον φάκελο, τότε το αρχείο που

ήδη υπάρχει θα αντικατασταθεί με το νέο και ο χρήστης θα χάσει το παλιότερο αρχείο. Ως εκ τούτου, οι εμπειρογνώμονες πρότειναν δύο εναλλακτικές εντολές που είχαν την ίδια βαρύτητα γι αυτούς:

- $s_5 \rightarrow \text{Copy}(C:\backslash\text{My Documents}\backslash\text{Paper1}\backslash)$
- $s_6 \rightarrow \text{Paste}(C:\backslash\text{My Documents}\backslash\text{Paper2}\backslash)$



Σχήμα 11.3: Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη του τρίτου παραδείγματος

Οι εμπειρογνώμονες δήλωσαν ότι η πρώτη εντολή δημιουργήθηκε γιατί θεώρησαν πιθανό ότι ο χρήστης ολοκλήρωσε το σχέδιο που είχε δηλώσει (δηλαδή την αντιγραφή του αρχείου), οπότε μπορεί και να ήθελε να αντιγράψει τον φάκελο που επέλεξε, ενώ η δεύτερη εντολή δημιουργείται επειδή ο χρήστης μπορεί να ήθελε πραγματικά να επικολλήσει το συγκεκριμένο αντικείμενο και σε ένα άλλο μέρος του σκληρού δίσκου του.

Η ομοιότητα της πρώτης εντολή με την εντολή που εκτέλεσε ο χρήστης ήταν 0,75 ($\sigma_{s_5} = 0,75$) ενώ η δεύτερη εναλλακτική είχε σαφώς μεγαλύτερη ομοιότητα με την αρχική εντολή του χρήστη ($\sigma_{s_6} = 0,90$). Η κυριαρχία των λαθών που αφορούν στην εντολή *copy* είναι 0,48 ενώ για τα λάθη που

αφορούν στην εντολή *paste* η κυριαρχία είναι 0,31 ($\delta_{s_5} = 0,48, \delta_{s_6} = 0,31$). Η συχνότητα δημιουργίας λάθους στην εκτέλεση της εντολής *copy* ήταν 0,34 ενώ ο αντίστοιχος βαθμός ήταν 0,25 για την εντολή *paste* ($\phi_{s_5} = 0,34, \phi_{s_6} = 0,25$). Τέλος, η τυπικότητα εκτέλεσης της εντολής *copy* είναι 0,29 σε αντίθεση με την εντολή *paste* που είναι μόνο 0,25 ($\tau_{s_5} = 0,29, \tau_{s_6} = 0,25$). Συνολικά οι τιμές των βαθμών βεβαιότητας για τις δύο εναλλακτικές εντολές που πρότειναν οι χρήστες παρουσιάζονται στον πίνακα 11.3.

	S_5	S_6
σ	0,75	0,90
δ	0,48	0,31
ϕ	0,34	0,25
τ	0,29	0,25

Πίνακας 11.3: Οι τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας της ΑΕΑ για τις εναλλακτικές ενέργειες του τρίτου παραδείγματος

Ενώ στο συγκεκριμένο παράδειγμα, η δεύτερη εντολή φαίνεται εκ πρώτης όψεως πιο πιθανή από την πρώτη. Όμως, οι τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας που λαμβάνονται από τις πληροφορίες του μοντέλου του χρήστη, δείχνουν ότι ο χρήστης έχει εκτελέσει την εντολή *paste* λιγότερες φορές από ότι την εντολή *copy*, το οποίο σημαίνει ότι δε συνηθίζει να κάνει επικόλληση των αντικειμένων, που έχει προηγουμένως αντιγράψει, περισσότερες από μία φορές. Άρα μειώνεται η πιθανότητα ο χρήστης να ήθελε να εκτελέσει τη δεύτερη εντολή και εξισορροπείται με την πιθανότητα να ήθελε να εκτελέσει την πρώτη εναλλακτική περίπτωση.

11.4.2 Υπολογισμός των βαρών των παραμέτρων βεβαιότητας

Από τα παραδείγματα που επιλέχθηκαν από την εμπειρική μελέτη, και που παρουσιάστηκαν παραπάνω, προέκυψαν οι τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας της ΑΕΑ για 3 ζεύγη ενεργειών που είχαν την ίδια βαρύτητα για τους εμπειρογνώμονες. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, ο βαθμός βεβαιότητας για κάθε εναλλακτική ενέργεια δίδεται από τον τύπο (11.3).

Έτσι ο βαθμός βεβαιότητας για την πρώτη εναλλακτική του πρώτου παραδείγματος προκύπτει εφαρμόζοντας στον τύπο (11.3) τις τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας, όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 11.1, δηλαδή: $\gamma_{s_1} = 0,90w_{\sigma} + 0,38w_{\delta} + 0,21w_{\phi} + 0,45w_{\tau}$. Ομοίως, ο βαθμός βεβαιότητας για τη δεύτερη εναλλακτική του πρώτου παραδείγματος είναι $\gamma_{s_2} = 0,80w_{\sigma} + 0,50w_{\delta} + 0,30w_{\phi} + 0,40w_{\tau}$. Αφού οι δύο εναλλακτικές ενέργειες έχουν την ίδια βαρύτητα για τους εμπειρογνώμονες, ισχύει ότι:

$$\gamma_{s_1} = \gamma_{s_2} \Leftrightarrow 0,90w_{\sigma} + 0,38w_{\delta} + 0,21w_{\phi} + 0,45w_{\tau} = 0,80w_{\sigma} + 0,50w_{\delta} + 0,30w_{\phi} + 0,40w_{\tau}$$

Ομοίως έχει γίνει και ο υπολογισμός για το δεύτερο παράδειγμα. Δηλαδή, ο βαθμός βεβαιότητας προκύπτει εφαρμόζοντας στον τύπο (11.3) τις τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας, όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 11.2, δηλαδή:

$$\gamma_{s_3} = 0,90w_{\sigma} + 0,10w_{\delta} + 0,38w_{\phi} + 0,02w_{\tau},$$

$\gamma_{s_4} = 0,80w_{\sigma} + 0,25w_{\delta} + 0,25w_{\phi} + 0,09w_{\tau}$, για την πρώτη και τη δεύτερη εναλλακτική του δεύτερου παραδείγματος, αντίστοιχα. Αφού οι δύο εναλλακτικές ενέργειες έχουν την ίδια βαρύτητα για τους εμπειρογνώμονες, ισχύει ότι:

$$\gamma_{s_3} = \gamma_{s_4} \Leftrightarrow 0,90w_{\sigma} + 0,10w_{\delta} + 0,38w_{\phi} + 0,02w_{\tau} = 0,80w_{\sigma} + 0,25w_{\delta} + 0,25w_{\phi} + 0,09w_{\tau}$$

Τέλος, από το τρίτο παράδειγμα, ακολουθώντας την ίδια λογική και εφαρμόζοντας τις τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας του πίνακα 11.3 στον τύπο (11.3) έχουμε τους βαθμούς βεβαιότητας για τις δύο εναλλακτικές: $\gamma_{s_5} = 0,75w_{\sigma} + 0,48w_{\delta} + 0,34w_{\phi} + 0,29w_{\tau}$, $\gamma_{s_6} = 0,90w_{\sigma} + 0,31w_{\delta} + 0,25w_{\phi} + 0,25w_{\tau}$. Και σε αυτό το παράδειγμα, οι δύο εναλλακτικές έχουν την ίδια βαρύτητα για τους εμπειρογνώμονες, οπότε ισχύει ότι:

$$\gamma_{s_5} = \gamma_{s_6} \Leftrightarrow 0,75w_{\sigma} + 0,48w_{\delta} + 0,34w_{\phi} + 0,29w_{\tau} = 0,90w_{\sigma} + 0,31w_{\delta} + 0,25w_{\phi} + 0,25w_{\tau}$$

Οι τρεις παραπάνω εξισώσεις μαζί απλοποιούνται περαιτέρω και μαζί με το δεδομένο ότι το σύνολο των βαρών των παραμέτρων ισούται με ένα ($\sum_{j=1}^4 w_j = 1$ για $j=1, \dots, 4$) διαμορφώνουν ένα σύστημα 4 εξισώσεων με 4 αγνώστους, οποίο παρατίθεται στη συνέχεια:

$$w_{\sigma} + w_{\delta} + w_{\phi} + w_{\tau} = 1$$

$$0,10w_{\sigma} - 0,12w_{\delta} - 0,09w_{\phi} + 0,05w_{\tau} = 0$$

$$0,10w_{\sigma} - 0,15w_{\delta} + 0,13w_{\phi} - 0,07w_{\tau} = 0$$

$$-0,15w_{\sigma} + 0,17w_{\delta} + 0,09w_{\phi} + 0,04w_{\tau} = 0$$

Ένα τέτοιο σύστημα λύνεται απλά και προκύπτει ότι τα βάρη των παραμέτρων έχουν τις παρακάτω τιμές:

$$w_{\sigma} = 0,483$$

$$w_{\delta} = 0,366$$

$$w_{\phi} = 0,086$$

$$w_{\tau} = 0,065$$

Συνεπώς ο υπολογισμός της παραμέτρου βεβαιότητας υπολογίζεται απλά βάσει του παρακάτω τύπου όταν οι τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας είναι γνωστές από το μοντέλο του χρήστη:

$$\gamma = 0,483\sigma + 0,366\delta + 0,086\phi + 0,065\tau \quad (11.4)$$

Και αυτή η μέθοδος, όπως και η προηγούμενη αποκάλυψε, ότι το σημαντικότερο στοιχείο που λαμβάνουν υπόψη τους οι εμπειρογνώμονες όταν αξιολογούν μια υποψήφια εναλλακτική είναι η ομοιότητα μια εναλλακτικής ενέργειας με αυτήν που εκτελέστηκε από τον χρήστη. Αυτό το κριτήριο συνδέεται με το βαθμό ομοιότητας και το βάρος της υπολογίστηκε στο 0,483. Αν και οι δύο μέθοδοι υποδεικνύουν ότι ο βαθμός ομοιότητας είναι το πιο σημαντικό κριτήριο από όλα, το βάρος σύμφωνα με τη δεύτερη μέθοδο είναι αρκετά μεγαλύτερο και αντίστοιχα αυξάνεται και η διαφορά με το βάρος του δεύτερου σημαντικότερου κριτηρίου.

Το δεύτερο σημαντικότερο κριτήριο σύμφωνα και με τις δύο παραπάνω μεθόδους είναι η κυριαρχία ενός λάθους στο σύνολο των λαθών ενός συγκεκριμένου χρήστη. Και το βάρος της παραμέτρου στη διαδικασία λήψης που προκύπτει με κάθε μία από αυτές τις μεθόδους της τελικής απόφασης δε διαφέρει σημαντικά. Έτσι, το βάρος του κριτηρίου σύμφωνα με τη δεύτερη μέθοδο είναι 0,366 ενώ αυτό που προέκυψε από την πρώτη μέθοδο είναι 0,32.

Αντιθέτως με το προηγούμενο κριτήριο, το βάρος για το κριτήριο που αναφέρεται στη συχνότητα δημιουργίας κάποιου λάθους διαφέρει αρκετά μεταξύ των δύο μεθόδων αφού έχει υπολογιστεί γύρω στο 0,19 με την πρώτη

μέθοδο και μόνο 0,086 με τη δεύτερη. Αντίστοιχα διαφέρει και η διαφορά των βαρών για το τελευταίο κριτήριο. Η πρώτη μέθοδος του απέδωσε το βάρος 0,12 ενώ η δεύτερη του απέδωσε το βάρος 0,065. Γενικά η δεύτερη μέθοδος ενισχύει τα βάρη των δύο πρώτων κριτηρίων και μειώνει τη σημασία των δύο τελευταίων.

Παρόλο που παρουσιάζονται διαφορές στις τιμές των βαρών των κριτηρίων, η κατάταξη των κριτηρίων σύμφωνα με τη σπουδαιότητά τους είναι η ίδια σύμφωνα και με τις δύο μεθόδους και μικρές διαφορές στον υπολογισμό των βαρών είναι δικαιολογημένες. Γενικά όμως η δεύτερη μέθοδος είναι πολύ πιο αντικειμενική από ότι η πρώτη αφού βασίζεται σε πιο αντικειμενικά στοιχεία. Η αναγνώριση των εναλλακτικών ενεργειών που έχουν την ίδια βαρύτητα για κάποιον, είναι πιο αντικειμενική διαδικασία από ότι η κατηγοριοποίηση των κριτηρίων που χρησιμοποιεί αυτός ώστε να βγάλει κάποιο συμπέρασμα. Ως εκ τούτου, η δεύτερη μέθοδος φαίνεται να είναι καλύτερη από την πρώτη.

Και η παραπάνω προσέγγιση όμως έχει κάποιους περιορισμούς. Καταρχήν, πριν την εφαρμογή της θεωρίας πρέπει να επιλεγούν κάποια παραδείγματα κατά τα οποία οι λήπτες αποφάσεων να έχουν προτείνει δύο εναλλακτικές ενέργειες που να έχουν την ίδια βαρύτητα για αυτούς. Κατά δεύτερον, ακόμα και αυτή η ποσοτικοποίηση των βαρών δεν μπορεί να είναι ακριβής για τους εμπειρογνώμονες. Κανείς δεν μπορεί να πει με ακρίβεια ότι ένα κριτήριο ή μια παράμετρος βεβαιότητας είναι ακριβώς τόσο σημαντική σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα κριτήρια ή τις υπόλοιπες παραμέτρους. Τέλος, οι εμπειρογνώμονες μπορεί να λαμβάνουν τα κριτήρια, ή στην προκειμένη περίπτωση τις παραμέτρους βεβαιότητας, με διαφορετικό βάρος ανάλογα με την περίπτωση. Για όλους τους παραπάνω λόγους, για τη βελτιστοποίηση της παραπάνω διαδικασία υλοποιήθηκε η ΠΑΔ, η οποία δίνει λύσεις σε όλα τα παραπάνω προβλήματα αφού τα βάρη δεν προκαθορίζονται από την αρχή αλλά υπολογίζονται δυναμικά κατά την διάρκεια της διαδικασίας.

11.4 Εφαρμογή της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων

Το πρόβλημα απόφασης στο IFM είναι να βρεθούν οι εναλλακτικές ενέργειες που είναι πιο κατάλληλες για να προταθούν σε ένα χρήστη. Οι πιθανές εναλλακτικές ενέργειες παράγονται χρησιμοποιώντας τους μετασχηματισμούς δηλώσεων της ΑΕΑ στην αρχική ενέργεια του χρήστη και αποστέλλονται στο συμβουλευτικό πράκτορα. Ο πράκτορας αυτός κάνει την αναζήτηση των καταλληλότερων ενεργειών βάσει της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων. Γενικά, η θεωρία αυτή στοχεύει στην αποτίμηση των μονάδων απόφασης και την αναζήτηση αυτών που είναι αποδοτικές. Έτσι, η ΠΑΔ χρησιμοποιείται στο IFM για το διαχωρισμό των εναλλακτικών ενεργειών σε κυρίαρχες και μη-κυρίαρχες σε σχέση πάντοτε με τους στόχους, τις ανάγκες και τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε χρήστη.

11.4.1 Εφαρμογή του κλασσικού μοντέλου της ΠΑΔ

Σύμφωνα με την ΠΑΔ, στο IFM, οι εναλλακτικές ενέργειες μπορούν να θεωρηθούν ως οι μονάδες απόφασης και τα κριτήρια, που λαμβάνει υπόψη του το σύστημα για την αξιολόγηση των εναλλακτικών ενεργειών, ως εκροές που μεγιστοποιούνται. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η αποδοτικότητα μιας εναλλακτικής ενέργειας συνδέεται με τη βεβαιότητα που έχει το σύστημα ότι η ενέργεια αυτή ήταν και η επιδιωκόμενη από το χρήστη. Έτσι μια ΠΑΔ-αποδοτική μονάδα είναι αυτή που έχει βεβαιότητα ίση με την μονάδα, δηλαδή το σύστημα έχει την απόλυτη βεβαιότητα ότι αυτή η ενέργεια ήταν και η επιδιωκόμενη από το χρήστη [Kabassi, Virvou & Despotis 2003]. Για αυτόν το λόγο, από εδώ και στο εξής μια ΠΑΔ-αποδοτική μονάδα θα ονομάζεται *κυρίαρχη* (dominant). Για την περιγραφή της προσέγγισης που υιοθετείται σε αυτήν την περίπτωση, εισάγεται ο παρακάτω συμβολισμός:

- A : το σύνολο των εναλλακτικών ενεργειών
- $j \in A$: οποιαδήποτε ενέργεια στο A
- j_0 : η ενέργεια που αξιολογείται
- $\sigma_j, \delta_j, \phi_j, \tau_j$: οι τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας για τη συγκεκριμένη ενέργεια j .

- $w_\sigma, w_\delta, w_\phi, w_\tau$: τα βάρη που αντιστοιχούν στις παραμέτρους βεβαιότητας.

Ο συμβουλευτικός πράκτορας του IFM λύνει το ακόλουθο γραμμικό πρόγραμμα (11.5) ώστε να υπολογίσει το σχετικό βαθμό βεβαιότητας κάθε μίας από τις n εναλλακτικές ενέργειες που έχει δημιουργήσει ο πράκτορας μοντελοποίησης:

$$\begin{aligned} \max \gamma_{j_0} &= \sigma_{j_0} w_\sigma + \delta_{j_0} w_\delta + \phi_{j_0} w_\phi + \tau_{j_0} w_\tau \\ \text{s.t.} & \\ \sigma_{j_0} w_\sigma + \delta_{j_0} w_\delta + \phi_{j_0} w_\phi + \tau_{j_0} w_\tau &\leq 1, j \in A \\ w_\sigma, w_\delta, w_\phi, w_\tau &\geq \varepsilon \end{aligned} \quad (11.5)$$

όπου ε είναι μία απειροελάχιστη θετική σταθερά που βεβαιώνει ότι κανένα από τα βάρη των κριτηρίων δε θα μηδενιστεί. Στην πραγματικότητα, το μοντέλο (11.5) είναι αντίστοιχο με ένα εισοδοστρεφές, σταθερά αναπροσαρμοζόμενο ΠΑΔ μοντέλο με τέσσερις εκκρές ($\sigma_j, \delta_j, \phi_j, \tau_j$) και υποτίθεται ότι όλες οι ενέργειες έχουν μία εικονική εισροή ίση με 1.

Οι τιμές των κριτηρίων για κάθε εναλλακτική ενέργεια λαμβάνονται από το μοντέλο του χρήστη, το οποίο παρέχεται από τον πράκτορα μοντελοποίησης. Σύμφωνα με τις τιμές του βαθμού βεβαιότητας, οι εναλλακτικές ενέργειες χωρίζονται σε δύο βασικές ομάδες, τις *κυρίαρχες* εναλλακτικές ενέργειες (αυτές που έχουν βαθμό βεβαιότητας ίσο με το 1) και τις *κυριαρχούμενες* εναλλακτικές ενέργειες (αυτές που έχουν βαθμό βεβαιότητας μικρότερο της μονάδας). Μια *κυρίαρχη* εναλλακτική ενέργεια στην πραγματικότητα κατατάσσεται από μόνη της ως κυρίαρχη επιλέγοντας το ευνοϊκότερο σύνολο βαρών, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μεγιστοποιείται ο βαθμός βεβαιότητας που της αντιστοιχεί έναντι των υπολοίπων.

Ο χαρακτηρισμός μιας εναλλακτικής ενέργειας ως *κυριαρχούμενης* είναι αδιαμφισβήτητος, αφού ο βαθμός βεβαιότητας υπολογίζεται υπό τους ευνοϊκότερους όρους για την ενέργεια που αποτιμάται. Για τον ίδιο ακριβώς λόγο, όμως, ο χαρακτηρισμός των κυρίαρχων εναλλακτικών ενεργειών είναι αμφισβητήσιμος. Τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει πάντα μια

διαφορετική «οπτική γωνία» να δει κανείς τον τρόπο που σταθμίζονται οι παράμετροι βεβαιότητας (διαφορετικά βάρη), υπό την οποία μια αποδοτική εναλλακτική ενέργεια φαίνεται κυριαρχούμενη.

11.4.2 Διασταύρωση των βαθμών βεβαιότητας

Από την εφαρμογή του κλασσικού μοντέλου της ΠΑΔ, προκύπτει ένα βέλτιστο σύνολο βαρών για κάθε εναλλακτική ενέργεια i . Αυτό το σύνολο περιέχει τις τιμές που λαμβάνουν τα βάρη όταν η τιμή του βαθμού βεβαιότητας της εναλλακτικής ενέργειας μεγιστοποιείται. Όταν υπολογιστούν τα βέλτιστα σύνολα βαρών για όλες τις εναλλακτικές ενέργειες σχεδιάζεται ο $n \times n$ πίνακας των διασταυρούμενων βαθμών βεβαιότητας. Τα στοιχεία της i γραμμής του πίνακα είναι οι βαθμοί βεβαιότητας που λαμβάνουν οι n εναλλακτικές ενέργειες λαμβάνοντας υπόψη τα βέλτιστα βάρη της i εναλλακτικής ενέργειας.

Κατά μία έννοια λοιπόν, η γραμμή i του πίνακα C δίδει μια εικόνα των εναλλακτικών ενεργειών «στη σκιά» της ενέργειας i . Η στήλη j του πίνακα C δίδει μια εικόνα για τη συμπεριφορά του βαθμού βεβαιότητας της ενέργειας j , όταν η επιλογή των βαρών γίνεται από άλλες εναλλακτικές ενέργειες. Προφανώς, οι τιμές του βαθμού βεβαιότητας των εναλλακτικών ενεργειών ευρίσκονται στην κύρια διαγώνιο του πίνακα C ($c_{ij} = h_j^*$, $j = 1, \dots, n$).

Βάσει των στοιχείων του πίνακα C μπορούν να εξαχθούν κάποια πρώτα χρήσιμα συμπεράσματα για την κυριαρχία των εναλλακτικών ενεργειών. Για παράδειγμα, χρησιμοποιείται ο μέσος διασταυρούμενος βαθμός βεβαιότητας για να γίνει μια πρώτη κατάταξη των ενεργειών. Ο δείκτης αυτός δίδει μια εικόνα για την ευρωστία και τη μεταβλητότητα του βαθμού βεβαιότητας των εναλλακτικών ενεργειών που έχει παράγει ο πράκτορας μοντελοποίησης.

11.4.3 Υπολογισμός του καθολικού βαθμού βεβαιότητας για την κατάταξη των εναλλακτικών ενεργειών

Από την προηγούμενη διαδικασία έχουν προκύψει οι εναλλακτικές

ενέργειες που είναι κυρίαρχες καθώς και μια πρώτη κατάταξη αυτών. Για να βελτιωθεί η διακριτική δύναμη της ΠΑΔ, ο Despotis [2002] προτείνει τη μέθοδο της καθολικής αποδοτικότητας, η οποία λαμβάνει χώρα μετά την υλοποίηση του βασικού μοντέλου της ΠΑΔ σε ένα δεύτερο στάδιο ανάλυσης (post DEA analysis). Κατά τη διάρκεια αυτού του δεύτερου σταδίου ανάλυσης, αναζητούνται κοινά βάρη με στόχο οι προκύπτοντες βαθμοί βεβαιότητας (καθολικοί βαθμοί βεβαιότητας) να είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο ιδεατό σημείο (μέγιστος βαθμός βεβαιότητας). Για να γίνει καλύτερη διάκριση των κυρίαρχων εναλλακτικών ενεργειών, επιλέγουμε μόνο τις καθολικά κυρίαρχες εναλλακτικές ενέργειες. Αυτές είναι οι εναλλακτικές ενέργειες που διατηρούν την 100% κυριαρχία τους κάτω από μια κοινή σταθμισμένη δομή. Ως εκ τούτου, ο Despotis [2002] προτείνει το παρακάτω μοντέλο με την παράμετρο t :

$$\min t - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_j + (1-t)z \quad (11.6)$$

s. t.

$$w_\sigma \sigma + w_\delta \delta + w_\phi \phi + w_\tau \tau + d_j - h_j^* = 0, \quad j = 1, \dots, n$$

$$d_j - z \leq 0, \quad j = 1, \dots, n$$

$$w_\sigma \geq \varepsilon,$$

$$w_\delta \geq \varepsilon,$$

$$w_\phi \geq \varepsilon,$$

$$w_\tau \geq \varepsilon,$$

$$z \geq 0,$$

$$d_j \geq 0 \quad \forall j$$

Το παραπάνω μοντέλο λύνεται επαναληπτικά για μη συνεχείς τιμές της παραμέτρου t , όπου $0 < t \leq 1$. Συγκεκριμένα, το σύστημα δημιουργεί μια σειρά από εξίσου απέχουσες τιμές στο $(0,1]$, ξεκινώντας από την τιμή $t = 0,01$ και δημιουργώντας τη σειρά με βήμα $0,01$ μέχρι το 1 . Οι διάφορες λύσεις που θα δημιουργηθούν με αυτόν τον τρόπο χρησιμοποιούνται ώστε να προμηθευτεί ένας σταθερός αριθμός από διακριτές τιμές προτύπων καθολικού βαθμού βεβαιότητας και μετά η τιμή του μέσου βαθμού βεβαιότητας. Ο Despotis [2002] υποστηρίζει δύο βασικά σημεία:

- Δεν είναι απαραίτητο να επιλυθεί το μοντέλο για όλες τις τιμές της

παραμέτρου t . Πράγματι, λόγω κυρτότητας, εάν η ίδια λύση ληφθεί για δύο διαφορετικές τιμές της παραμέτρου t (για παράδειγμα t_1 και t_2) τότε αυτή η λύση είναι διεθέσιμη για κάθε $t \in [t_1, t_2]$ και συνεπώς οι τιμές του t που ανήκουν στο $[t_1, t_2]$ εξαιρούνται από περαιτέρω εξέταση.

- Όταν λύνεται το μοντέλο για διαφορετικές τιμές της παραμέτρου t , το διάστημα λύσεων δεν αλλάζει. Μόνο η κλίση της γραφικής παράστασης της αντικειμενικής συνάρτησης αλλάζει λίγο. Έτσι οι λύσεις που λαμβάνονται για διαφορετικές τιμές του t , αν δεν είναι ίδιες, είναι γειτονικές.

Οι κυρίαρχες μονάδες που διατηρούν την 100% κυριαρχία τους κάτω από τουλάχιστον ένα κοινό σύνολο βαρών θεωρούνται ως καθολικά κυρίαρχες. Λαμβάνοντας υπόψη μόνο τις καθολικά κυρίαρχες εναλλακτικές ενέργειες, το σύνολο των κυρίαρχων εναλλακτικών ενεργειών μειώνεται δραστικά και έτσι βελτιώνεται η διακριτική δύναμη της ΠΑΔ. Επιπλέον, μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τις κυρίαρχες μονάδες με τον παράγοντα $q_j + \bar{h}_j$, όπου q_j είναι οι φορές που μια κυρίαρχη μονάδα j διατηρεί την κυριαρχία της μετά από καθολικούς υπολογισμούς και \bar{h}_j είναι ο μέσος καθολικός βαθμός βεβαιότητας.

11.5 Συμπεράσματα

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η ΑΕΑ παρόλο που αποδείχθηκε πολύ επιτυχής στη μοντελοποίηση της αιτιολόγησης των χρηστών και στη δημιουργία υποθέσεων σχετικά με τις προθέσεις του χρήστη, η μη ολοκλήρωσή της δημιουργεί πρόβλημα στην επιλογή της υπόθεσης που είναι πιο πιθανό να είναι σωστή. Αυτό συμβαίνει γιατί παρόλο του ότι η θεωρία ορίζει τις παραμέτρους βεβαιότητας και συγκεκριμένα το βαθμό βεβαιότητας, ο οποίος συνδέεται με κάθε μετασχηματισμό δηλώσεως, δεν προκαθορίζει τον τρόπο υπολογισμού αυτών.

Από την άλλη πλευρά, οι θεωρίες λήψης αποφάσεων, και ιδιαίτερα οι θεωρίες λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, έχουν αποδειχθεί πολύ επιτυχημένες στη μοντελοποίηση των ανθρώπινων αποφάσεων. Για αυτόν το λόγο, σε αυτό το κεφάλαιο ελέγχθηκε η χρήση κάποιων θεωριών λήψης αποφάσεων ως μέσο συμπλήρωσης της ΑΕΑ θεωρίας. Στις περισσότερες και πιο διαδεδομένες θεωρίες λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, η αξιολόγηση των μονάδων απόφασης γίνεται βάσει ενός σταθμισμένου αθροιστικού μοντέλου. Αυτό συμβαίνει και στις τρεις θεωρίες που εφαρμόζει ο συμβουλευτικός πράκτορας του IFM.

Το πρώτο μοντέλο που περιγράφηκε, το Απλό Σταθμιζόμενο Αθροιστικό μοντέλο, είναι ένα απλό και ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια. Το βασικό πρόβλημα με αυτήν την προσέγγιση είναι ότι ο λήπτης αποφάσεων πρέπει να προκαθορίσει τα βάρη των κριτηρίων που λαμβάνουν μέρος στη λήψη της απόφασης και η θεωρία δεν παρέχει ένα συγκεκριμένο τρόπο καθορισμού των βαρών. Ως εκ τούτου η θεωρία αυτή συνδυάστηκε με τα αποτελέσματα της εμπειρικής μελέτης, κατά την οποία οι εμπειρογνώμονες ερωτήθηκαν για τη σπουδαιότητα των κριτηρίων στη διαδικασία που ακολουθούν όταν λαμβάνουν μια απόφαση. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίστηκε ότι τα βάρη που θα επιλεγόντουσαν θα ήταν σε αντιστοιχία με τις απόψεις των εμπειρογνομώνων του τομέα.

Ένα βασικό όμως πρόβλημα αυτής της μεθόδου είναι ότι οι εμπειρογνώμονες δεν είναι πάντοτε σε θέση να ποσοτικοποιήσουν τη σπουδαιότητα κάθε κριτηρίου που λαμβάνουν υπόψη τους. Επιπλέον, μπορεί ακόμα και να κάνουν λάθος για το πόσο σοβαρό είναι ένα κριτήριο για αυτούς. Συνεπώς, τα αποτελέσματα από αυτήν τη διαδικασία μπορεί να μην είναι και ακριβή. Για αυτόν το λόγο αναζητήθηκε μια άλλη μέθοδος που να παρέχει ένα πιο τυποποιημένο τρόπο υπολογισμού των βαρών των παραμέτρων βεβαιότητας για τον υπολογισμό του βαθμού βεβαιότητας.

Η Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας, από την άλλη πλευρά, αποτελεί μια διεθνώς αναγνωρισμένη μέθοδο, η οποία έχει χρησιμοποιηθεί σε πληθώρα συστημάτων για την μοντελοποίηση των ανθρώπινων αποφάσεων.

Η θεωρία αυτή παρουσιάζει ένα πιο εκλειπτιωμένο τρόπο υπολογισμού των βαρών των κριτηρίων. Σύμφωνα με αυτήν τη θεωρία, για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων, αρκεί να βρεθούν κάποιες ενέργειες που έχουν την ίδια βαρύτητα για τους λήπτες αποφάσεων. Η εύρεση ενεργειών που έχουν την ίδια βαρύτητα για τους λήπτες αποφάσεων είναι μια πολύ πιο αντικειμενική διαδικασία. Η εφαρμογή όμως και αυτής της θεωρίας όμως προϋποθέτει την ύπαρξη μιας εμπειρικής μελέτης από την οποία θα ληφθούν κάποιες περιπτώσεις κατά τις οποίες οι εμπειρογνώμονες του τομέα έχουν ανακαλύψει δύο εναλλακτικές ενέργειες που θεωρούν ότι είναι εξίσου πιθανές για το συγκεκριμένο χρήστη.

Μια αρκετά διαφορετική προσέγγιση υιοθετείται από την Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων. Η ΠΑΔ είναι αρκετά πιο πολύπλοκη από τις δύο προηγούμενες θεωρίες και η εφαρμογή της σε ένα σύστημα είναι αρκετά δύσκολη λόγω της επίλυσης των γραμμικών μοντέλων που χρησιμοποιεί. Παρόλα αυτά, δεν προϋποθέτει τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων εκ των προτέρων. Και για αυτόν το λόγο δεν βασίζεται στην υποκειμενική γνώμη των ληπτών αποφάσεων. Συνεπώς και η εφαρμογή της σε ένα σύστημα δεν προϋποθέτει την ύπαρξη μιας εμπειρικής μελέτης.

Ένα βασικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδους είναι ότι απλά διαχωρίζει τις εναλλακτικές ενέργειες που δημιουργεί το σύστημα σε κυρίαρχες και κυριαρχούμενες. Κυρίαρχες ενέργειες θεωρούνται αυτές που έχουν βαθμό βεβαιότητας ίσο με τη μονάδα, το οποίο σημαίνει ότι το σύστημα έχει πολύ μεγάλη βεβαιότητα ότι η ενέργεια αυτή είναι η προτεινόμενη. Από την άλλη πλευρά, κυριαρχούμενες είναι όλες οι εναλλακτικές ενέργειες που δεν καταφέρνουν με καμία σιγή να κάνουν το βαθμό βεβαιότητας που τους αντιστοιχεί ίσο με τη μονάδα. Ο χαρακτηρισμός μιας εναλλακτικής ενέργειας ως κυριαρχούμενης είναι αδιαμφισβήτητος, αφού ο βαθμός βεβαιότητας υπολογίζεται υπό τους ευνοϊκότερους όρους για την ενέργεια που αποτιμάται. Για τον ίδιο ακριβώς λόγο, όμως, ο χαρακτηρισμός των κυρίαρχων εναλλακτικών ενεργειών είναι αμφισβητήσιμος. Τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει πάντα μια διαφορετική «οπτική γωνία» να δει κανείς τον τρόπο που σταθμίζονται τα διαφορετικά βάρη, υπό την οποία μια

κυρίαρχη εναλλακτική ενέργεια φαίνεται κυριαρχούμενη.

Ως εκ τούτου, έχουν ερευνηθεί δύο άλλες μέθοδοι, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα στάδιο μετά-ανάλυσης της ΠΑΔ, η διασταύρωση αποδοτικότητας και η μέθοδος της καθολικής αποδοτικότητας. Η πρώτη μέθοδος μετά-ανάλυσης της ΠΑΔ υπολογίζει το μέσο όρο των βαθμών βεβαιότητας, ο οποίος δίνει μια εικόνα για την ευρωστία και τη μεταβλητότητα της κυριαρχίας των εναλλακτικών ενεργειών που έχει παράγει ο πράκτορας μοντελοποίησης. Από την άλλη πλευρά όμως, η μέθοδος της καθολικής αποδοτικότητας παρέχει έναν πολύ καλά τεκμηριωμένο τρόπο μείωσης των κυρίαρχων εναλλακτικών ενεργειών, αφού επιλέγει μόνο τις κυρίαρχες ενέργειες που διατηρούν την 100% κυριαρχία τους κάτω από τουλάχιστον ένα κοινό σύνολο βαρών. Αυτές οι ενέργειες θεωρούνται ως καθολικά κυρίαρχες. Επιπλέον, και αυτή η μέθοδος υπολογίζει ένα δείκτη, ο οποίος παρέχει τη δυνατότητα κατάταξης των εναλλακτικών ενεργειών και την επιλογή της βέλτιστης.

Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια αξιολόγηση του συστήματος χρησιμοποιώντας τις τρεις διαφορετικές υλοποιήσεις του συμβουλευτικού πράκτορα του IFM. Από την αξιολόγηση αυτή θα προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα για την εφαρμογή των θεωριών λήψης αποφάσεων σε ένα ΕΣΒ.

Αξιολόγηση

12.1 Εισαγωγή

Ένα πολύ σημαντικό θέμα το οποίο φαίνεται να έχει παραγκωνιστεί στη βιβλιογραφία των ΕΣΒ είναι η σοβαρότητα των πειραματικών μελετών σε διάφορες φάσεις του κύκλου ζωής του λογισμικού. Ο Chin [2001] σε μια έρευνα σε σημαντικό αριθμό ερευνητικών άρθρων που αναφέρονται σε μοντέλα χρηστών, υπογραμμίζει τη μεγάλη ανάγκη που υπάρχει για αξιολογήσεις μοντέλων χρηστών και συμπεραίνει ότι μέχρι στιγμής έχουν υπάρξει πολλές ημιτελείς. Από την άλλη πλευρά, ο Murray [1999] αναφέρει ότι 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, ποια όχι και γιατί. Γενικά μια διαμορφωτική αξιολόγηση ελέγχει το σχεδιασμό και τη συμπεριφορά ενός συστήματος στοχεύοντας στην βελτίωσή του [Mark & Greer 1993]. Ο βασικός στόχος της είναι να βοηθήσει το σχεδιαστή του συστήματος ώστε το τελικό προϊόν να επιτύχει του δηλωθέντες στόχους του

[Chou 1999].

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω στοιχεία, κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής λογισμικού του IFM διενεργήθηκαν διάφορες μελέτες αξιολόγησης ώστε να εξεταστεί κάθε χαρακτηριστικό του συστήματος ξεχωριστά. Βασικό πλεονέκτημα αυτών των μελετών ήταν ότι κάθε πρωτόκολλο ενεργειών του χρήστη που συγκεντρώθηκε δόθηκε σε μερικούς εμπειρογνώμονες, οι οποίοι ενεργούσαν ως σύμβουλοι, ώστε να το σχολιάσουν. Κάθε εμπειρογνώμονας έκανε τα σχόλιά του ανεξάρτητα από όλους τους υπόλοιπους. Οι μελέτες αυτές έδωσαν μια εικόνα για το τι είναι δυνατό να μοντελοποιηθεί και τι είδους βοήθεια μπορεί να προσφερθεί.

Υπήρχαν περιπτώσεις όπου οι απόψεις των εμπειρογνώμωνών διέφεραν σημαντικά. Σε αυτές τις περιπτώσεις θεωρήθηκε αδύνατο για ένα ΕΣΒ να είναι ικανό να παρέχει βοήθεια με μεγάλο βαθμό βεβαιότητας, όταν δεν μπορούν ούτε και οι ίδιοι οι εμπειρογνώμονες να συμφωνήσουν μεταξύ τους. Αντιθέτως, υπήρχαν πολλές περιπτώσεις όπου υπήρχε ομοφωνία στις απόψεις των εμπειρογνώμωνών σχετικά με το τι κάνει ο χρήστης και τι είδους βοήθεια χρειάζεται. Η παροχή αυτόματης βοήθειας σε προβληματικές καταστάσεις τέτοιου είδους θεωρήθηκε απαραίτητη λειτουργική απαίτηση του συστήματος. Συνεπώς, στην αξιολόγηση του συστήματος που διενεργήθηκε όλοι οι εμπειρογνώμονες ζητήθηκε να σχολιάσουν τις ίδιες ενέργειες χρηστών. Μετά οι απόψεις τους συγκρίθηκαν με τις αποκρίσεις του IFM.

Σε αυτό το σημείο η αξιολόγηση του IFM διαφέρει από άλλες σχετικές αξιολογήσεις που έχουν διενεργηθεί και αφορούν στην ανάπτυξη ΕΣΒ. Για παράδειγμα, στο πρόγραμμα Lumière [Horvitz et al. 1998] καθώς και κατά την ανάπτυξη ενός ΕΣΒ για τους χρήστες του UNIX [Jerrams-Smith 2000], υπήρχαν αναφορές σε εμπειρικές μελέτες όπου ο σχολιασμός γινόταν από έναν μόνο εμπειρογνώμονα ανά πρωτόκολλο. Συνεπώς, σε αυτές τις μελέτες δεν μπορούσε να γίνει σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών απόψεων των εμπειρογνώμωνών όσον αφορά στις ίδιες ενέργειες των χρηστών. Κατά κοινή ομολογία, πάντως, οι εμπειρογνώμονες ήταν γενικά αβέβαιοι σχετικά με

τους στόχους των χρηστών και το είδος της βοήθειας που απαιτείτο. Αυτό ενισχύει την άποψη ότι η αξιολόγηση πρέπει να αποκαλύψει τι χρειάζεται ακριβώς και τι είναι πιθανό να επιτευχθεί στα ΕΣΒ.

Η αξιολόγηση του συστήματος χωρίστηκε σε μερικές βασικές φάσεις. Στο πρώτο πείραμα αξιολογήθηκε η ΑΕΑ και ο μηχανισμός περιορισμένης αναγνώρισης στόχων. Στην παρούσα φάση ελέγχθηκε αν το σύστημα μπορούσε να αναπαράγει την πρόταση της πλειοψηφίας των εμπειρογνομόνων. Ως εκ τούτου, απλά εξετάστηκε αν η πρόταση που έκανε η πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων ήταν μεταξύ των εναλλακτικών ενεργειών που παρήγαγε το σύστημα χρησιμοποιώντας την ΑΕΑ. Στην επόμενη φάση αξιολογήθηκε η βελτίωση της ΑΕΑ με κάθε μία από τις τρεις θεωρίες λήψης αποφάσεων που χρησιμοποιήθηκε, δηλαδή το Απλό Σταθμιζόμενο Αθροιστικό μοντέλο, την Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας και την Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων. Για αυτόν το λόγο συγκρίθηκε η εναλλακτική ενέργεια που έχει επιλεγεί από το σύστημα ως «βέλτιστη» με την ενέργεια που πρότειναν ως πρώτη οι εμπειρογνώμονες. Γενικά, οι θεωρίες λήψης αποφάσεων ασχολούνται με την κρίση των ανθρώπων, η οποία δεν μοντελοποιείται εύκολα. Επίσης, όπως έχουν δείξει και οι Triantaphyllou and Mann [1989], οι θεωρίες λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια μπορεί να δώσουν διαφορετικές απαντήσεις στο ίδιο πρόβλημα. Αφού όμως η πραγματικά καλύτερη εναλλακτική είναι πάντοτε η ίδια, ανεξάρτητα από τη μέθοδο που έχει επιλεγεί, αυτό που απαιτείται είναι μια εκτίμηση της ακρίβειας κάθε μεθόδου. Τέλος, κατά τη διάρκεια της τελευταίας φάσης του πειράματος αξιολογήθηκε η αλληλεπίδραση των χρηστών με το σύστημα. Για αυτόν το λόγο μερικοί χρήστες αλληλεπίδρασαν με το IFM και στη συνέχεια αναλύθηκαν τα σχόλια που έκαναν για το σύστημα.

12.2 Αξιολόγηση της Αντιλογικής Διαδικασίας του IFM σε σχέση με εμπειρογνώμονες

Αφού ολοκληρώθηκε η υλοποίηση του IFM, το σύστημα αξιολογήθηκε έτσι ώστε να διασφαλισθεί η χρησιμότητα της λειτουργίας του. Ένας βασικός

στόχος του IFM ήταν η ανάπτυξη ενός πιο προσαρμοστικού και ευφυούς γραφικού συστήματος διεπαφής από ένα κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Για το λόγο αυτό το σύστημα περιέχει επιπλέον μηχανισμούς αιτιολόγησης, οι οποίοι στοχεύουν στο να κάνουν την αλληλεπίδραση πιο ανθρώπινη. Συνεπώς, ένας σημαντικός στόχος της αξιολόγησης είναι να εκτιμήσει το ποσοστό επιτυχίας του συστήματος στην παραγωγή επιπλέον αιτιολόγησης σε σχέση με ένα κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Ακόμα πιο σημαντική ήταν η αξιολόγηση του συστήματος σχετικά με το κατά πόσον μπορούσε να αναπαράγει την αιτιολόγηση των εμπειρογνομόνων που παρακολουθούσαν την αλληλεπίδραση. Συγκεκριμένα, σε αυτήν τη φάση του πειράματος αυτό που αξιολογήθηκε είναι η επιτυχία του μηχανισμού περιορισμένης αναγνώρισης στόχων για την αναγνώριση των στόχων των χρηστών καθώς και η επιτυχία της ΑΕΑ στη μοντελοποίηση της διαδικασίας αιτιολόγησης των χρηστών.

Για όλους τους παραπάνω λόγους 30 χρήστες διαφορετικών επιπέδων γνώσεων στη χρήση υπολογιστών και τη διαχείριση του συστήματος αρχείων εργάστηκαν με ένα κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων και οι ενέργειες τους καταγράφηκαν σε βίντεο. Τα πρωτόκολλα που συγκεντρώθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας δόθηκαν στους 10 εμπειρογνώμονες που έλαβαν μέρος και στην εμπειρική μελέτη ώστε να τα σχολιάσουν. Συγκεκριμένα από τους εμπειρογνώμονες ζητήθηκε να αιτιολογήσουν κάθε ενέργεια των πρωτοκόλλων και να παρέχουν βοήθεια στην περίπτωση που αυτό θεωρηθεί απαραίτητο. Επιπλέον δε, τα πρωτόκολλα εισήχθησαν και στο IFM και οι αποκρίσεις του καταγράφηκαν.

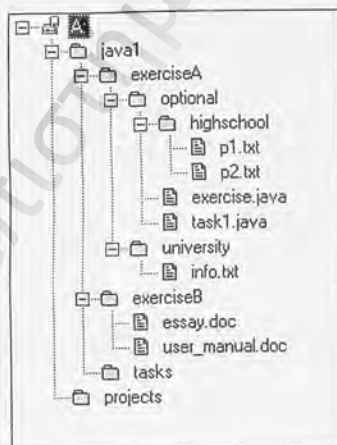
Στη συνέχεια οι αποκρίσεις του συστήματος συγκρίθηκαν με τις αποκρίσεις του κοινού προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων καθώς και με τα σχόλια που έκαναν οι εμπειρογνώμονες, όταν ανέλυσαν τα πρωτόκολλα. Στόχος του συγκεκριμένου πειράματος ήταν να ελεγχθεί η επιτυχία της ΑΕΑ στη δημιουργία υποθέσεων για τις πραγματικές προθέσεις του χρήστη. Έτσι, αυτό που εξετάστηκε ήταν αν η πρόταση των εμπειρογνομόνων περιλαμβανόταν μέσα στις εναλλακτικές ενέργειες που

δημιούργησε το σύστημα εφαρμόζοντας την ΑΕΑ και αφού ελέγχθηκαν από τον περιορισμένο μηχανισμό αναγνώρισης στόχων ώστε να είναι συμβατές με τα σχέδια του χρήστη.

Παρόλα αυτά, τόσο τα σχόλια των εμπειρογνομόνων όσο του IFM δεν εμφανίζονταν στους χρήστες που αλληλεπίδρασαν με το κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Ως εκ τούτου, υπήρχαν αρκετές περιπτώσεις όπου η ορθότητα των υποθέσεων του IFM μπορούσε να επαληθευτεί από τις μεταγενέστερες ενέργειες των χρηστών.

12.2.1 Ένα δείγμα αλληλεπίδρασης

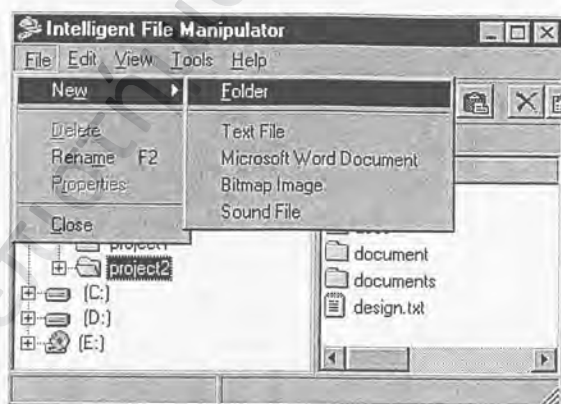
Στον πίνακα 12.1 παρουσιάζεται ένα δείγμα πρωτοκόλλου, οι αντιδράσεις του IFM στις ενέργειες των χρηστών, το τρόπο σύγκρισής τους με τις αντιδράσεις που έχει ένα κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων καθώς και με τις αντιδράσεις των 10 εμπειρογνομόνων που συμμετείχαν στη μελέτη. Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη παρουσιάζεται στο σχήμα 12.1.



Σχήμα 12.1: Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη

Στον πίνακα 12.1 υπάρχουν τέσσερις στήλες. Στην πρώτη στήλη παρουσιάζονται οι ακριβείς ενέργειες των χρηστών. Όμως, λόγω περιορισμένου χώρου, χρησιμοποιείται η έννοια ενός συνόλου ενεργειών

παρά η αναπαράσταση αυτών καθαυτών των ενεργειών, όπως εμφανίστηκαν στους εμπειρογνώμονες. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης είχε επιλέξει ένα φάκελο (π.χ. A:\project2\), μετά την εντολή «File» από τη μπάρα των μενού εντολών και στη συνέχεια διαδοχικά τις εντολές «New» και «Folder» (όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 12.2), η εντολή που θα αντικαθιστούσε αυτήν την ακολουθία εντολών θα ήταν «CREATE_NEW_FOLDER_IN A:\project2\», η οποία αποτελεί μια σύνοψη της έννοιας των παραπάνω ενεργειών. Η δεύτερη στήλη παρουσιάζει την αιτιολόγηση που έκανε ο IFM για κάθε ενέργεια. Στην περίπτωση που κάποια ενέργεια θεωρήθηκε ως *ύποπτη* ή *λανθασμένη*, το IFM παρήγαγε εναλλακτικές ενέργειες και τις πρότεινε στο χρήστη ώστε να αντικαταστήσει την αρχική του εντολή με κάποια από τις εναλλακτικές. Η τρίτη στήλη παρουσιάζει τις αποκρίσεις ενός κοινού προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Τέλος, στην τέταρτη στήλη παρουσιάζεται αν οι προτάσεις του IFM ήταν συμβατές με τις προτάσεις που έκαναν οι εμπειρογνώμονες για κάθε εντολή.



Σχήμα 12.2: Οι ενέργειες για την δημιουργία ενός νέου φακέλου στο A:\project3\

Στο δείγμα πρωτοκόλλου του πίνακα 12.1 ο αναγνώστης μπορεί να δει ότι το IFM είναι σε θέση να κατανοήσει τη λογική των χρηστών σε αρκετά περισσότερες περιπτώσεις από ένα κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Οι εντολές που θεωρούνται από το σύστημα ως

αναμενόμενες απέδειξαν ότι το IFM έχει τη σχετική βεβαιότητα ότι ο χρήστης πραγματικά σκόπευε τις συγκεκριμένες εντολές. Στο δείγμα πρωτοκόλλου τέτοιου είδους εντολές είναι οι 2, 5, 6, 12 και 14, οι οποίες αντιστοιχούν στο 1/3 του συνόλου των εντολών του χρήστη.

A/A	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΧΡΗΣΤΩΝ	ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΚΟΙΝΟΥ ΠΡΟΓ/ΤΟΣ	ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ IFM ΜΕ ΕΜΠΕΙΡΟΓΝΩΜΟΝΕΣ
7.	CREATE_NEW_FOLDER_IN A:\	Καμία απόκριση.	
IFM: Ουδέτερη εντολή.			
8.	RENAME A:\NewFolder, A:\java\	Καμία απόκριση.	
IFM: Αναμενόμενη ενέργεια που αφορά τη μετονομασία ενός φακέλου.			
9.	CREATE_NEW_FOLDER_IN A:\java\	Καμία απόκριση.	Η αιτιολόγηση του IFM ήταν συμβατή με το 30% των εμπειρογνομώνων.
IFM: Υποπη εντολή. Η εναλλακτική ενέργεια του IFM: create_new_folder_in A:\java\. Αυτή η ενέργεια προτείνεται επειδή ο πρόσφατα δημιουργούμενος φάκελος A:\java\ δεν έχει καθόλου περιεχόμενα, ενώ ο φάκελος A:\java\ έχει ήδη αρκετά.			
10.	DELETE A:\java\New Folder\	Είσατε βέβαιοι ότι επιθυμείτε να διαγράψετε το φάκελο 'New Folder' και όλα τα περιεχόμενά του;	
IFM: Ουδέτερη εντολή.			
11.	CREATE_NEW_FOLDER_IN A:\java\	Καμία απόκριση.	
IFM: Αναμενόμενη εντολή. Αυτή η εντολή επικυρώνει την πρόταση του IFM στην ενέργεια 3.			
12.	RENAME A:\java\New Folder\ A:\java\programs\	Καμία απόκριση.	
IFM: Αναμενόμενη ενέργεια.			
13.	CUT A:\java\exerciseA\optional\exercise.java	Καμία απόκριση.	
IFM: Ουδέτερη ενέργεια.			
14.	COPY A:\java\programs\	Καμία απόκριση.	Η αιτιολόγηση του IFM σχετικά με το πιθανό λάθος του χρήστη και η ανάγκη εκτέλεσης της εντολής paste ήταν συμβατή με την πλειοψηφία των εμπειρογνομώνων (100%).
IFM: Υποπη εντολή. Το IFM θα περίμενε μια εντολή paste να ακολουθήσει την εντολή cut της ενέργειας 5. Η εναλλακτική ενέργεια του IFM: paste (A:\java\programs\). Αυτή η ενέργεια προτείνεται επειδή η εντολή copy είναι παρόμοια με την paste και επειδή έχει επιλεγεί ο φάκελος A:\java\programs\, ο οποίος είναι πρόσφατα δημιουργούμενος και δεν έχει ακόμα περιεχόμενα			

15.	CREATE_NEW FOLDER_IN A:\	Καμία απόκριση.	Η αιτιολόγηση του IFM σχετικά με το πιθανό λάθος του χρήστη και η ανάγκη εκτέλεσης της εντολής <i>paste</i> ήταν συμβατή με την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων (100%).
IFM: Ουδέτερη εντολή.			
16.	RENAME A:\New Folder\ A:\ java2\	Καμία απόκριση.	
IFM: Ουδέτερη εντολή.			
17.	CUT A:\java1\exerciseB\ user manual.doc	Καμία απόκριση.	
IFM: Ουδέτερη εντολή.			
18.	PASTE A:\java2\	Καμία απόκριση.	
IFM: Αναμενόμενη εντολή.			
19.	CUT A:\java1\exerciseB\ ssay.doc	Καμία απόκριση.	
IFM: Ουδέτερη εντολή.			
20.	PASTE A:\java2\	Καμία απόκριση.	
IFM: Αναμενόμενη εντολή.			
21.	DELDIR A:\java1\exerciseA\	Είσατε βέβαιοι ότι επιθυμείτε να διαγράψετε τον φάκελο 'exerciseA' και όλα τα περιεχόμενά του;	Η αιτιολόγηση του IFM ήταν συμβατή με την άποψη που εκφράστηκε από το 70% των εμπειρογνομόνων.
IFM: Υποπιη εντολή. Η εναλλακτική εντολή του IFM: deldir(A:\java1\exerciseB\). Αυτή η εντολή προτείνεται επειδή ο φάκελος A:\java1\exerciseB\ έχει μείνει κενός σε αντίθεση με το A:\java1\exerciseA\. Επιπλέον, τα ονόματα των φακέλων είναι παρόμοια.			

Πίνακας 12.1: Ένα μέρος του πρωτοκόλλου ενός χρήστη με τα σχόλια του IFM και σύγκριση με τα σχόλια ενός κοινού προγράμματος του συστήματος αρχείων και όλων των εμπειρογνομόνων

Επιπλέον, στο δείγμα πρωτοκόλλου το IFM αποδείχθηκε πολύ επιτυχές στη διάγνωση δύο λαθών του χρήστη στις ενέργειες 8 και 15, οι οποίες αναγνωρίστηκαν και από την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων, αλλά το κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων είτε δεν τα αναγνώρισε καθόλου (π.χ. ενέργεια 8) είτε τα αναγνώρισε μερικώς (π.χ. ενέργεια 15). Για παράδειγμα, στην ενέργεια 8 του δείγματος πρωτοκόλλου που παρουσιάζεται στον πίνακα 12.1, ο χρήστης αντί να επικολλήσει ένα αρχείο, το οποίο είχε προηγουμένως αποκόψει, εκτέλεσε μια εντολή αντιγραφής. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα ο χρήστης να μην αντιληφθεί ότι είχε

κάνει κάποιιο λάθος και κινδύνευε να διαγράψει το αντικείμενο που λανθασμένα πίστευε ότι έχει μεταφέρει κάπου αλλού. Αυτό το λάθος αναγνωρίστηκε από όλους τους εμπειρογνώμονες, αλλά δεν αναγνωρίστηκε καθόλου από το κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Σε αυτήν την περίπτωση η αιτιολόγηση του IFM ήταν συμβατή με την ομόφωνη άποψη των εμπειρογνομώνων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, βέβαια, το IFM παρήγαγε μόνο μία εναλλακτική ενέργεια. Η δυνατότητα του συστήματος να επιλέξει την κατάλληλη εναλλακτική ενέργεια μεταξύ πολλών που δημιουργεί το σύστημα θα παρουσιαστεί στην επόμενη ενότητα.

Παρόλα αυτά υπήρχαν περιπτώσεις όπου υπήρχε ασυμβατότητα στα σχόλια των εμπειρογνομώνων. Σε αυτές τις περιπτώσεις η συμβουλή του IFM ήταν συνήθως συμβατή με τη συμβουλή που πρότεινε η πλειοψηφία των εμπειρογνομώνων (π.χ. στην ενέργεια 15 του δείγματος αλληλεπίδρασης του πίνακα 12.1). Σε αυτήν τη συγκεκριμένη εντολή το IFM αναγνώρισε ένα λάθος, το οποίο αναγνωρίστηκε και από το 70% των εμπειρογνομώνων. Σε αυτήν την περίπτωση ο χρήστης προσπάθησε να διαγράψει ένα φάκελο που είχε πολλά περιεχόμενα παρότι στις προηγούμενες ενέργειές του 11-14 είχε αδειάσει έναν παρόμοιο, αλλά διαφορετικό φάκελο, μεταφέροντας τα περιεχόμενά του κάπου αλλού. Το IFM, όπως και το 70% των εμπειρογνομώνων, πίστευε ότι ο χρήστης πιθανότητα σκόπευε να διαγράψει τον άδειο φάκελο παρά αυτόν που επέλεξε. Το κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων απλά παρουσίασε στο χρήστη ένα γενικού περιεχομένου μήνυμα επιβεβαίωσης του τύπου: «Είσαστε βέβαιοι ότι επιθυμείτε να διαγράψετε το φάκελο 'exerciseA' και όλα τα περιεχόμενά του;». Αντιθέτως όμως με το IFM, δεν πρότεινε καμία εναλλακτική εντολή που μπορεί να επιθυμούσε να εκτελέσει ο χρήστης.

Σε λιγότερες περιπτώσεις, η συμβουλή του IFM ήταν συμβατή με τη μειοψηφία των εμπειρογνομώνων (π.χ. στην ενέργεια 3 του δείγματος αλληλεπίδρασης που παρουσιάζεται στον πίνακα 12.1). Παρόλα αυτά, αξίζει να σημειωθεί ότι στη συγκεκριμένη ενέργεια οι επόμενες ενέργειες του χρήστη (4 και 5) επικυρώνουν την ορθότητα της υπόθεσης του IFM.

Συνολικά, στο δείγμα αλληλεπίδρασης το IFM κατάφερε να ακολουθήσει τη σωστή ή λανθασμένη αιτιολόγηση των χρηστών σε 5 αναμενόμενες και 3 ύποπτες ενέργειες, οι οποίες αντιστοιχούν σε περισσότερες από τις μισές ενέργειες των χρηστών. Αντιθέτως, ένα κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων δεν έχει κάποιου είδους μηχανισμό αιτιολόγησης των ενεργειών των χρηστών και κατά συνέπεια δεν μπορεί να ακολουθήσει την αιτιολόγηση των χρηστών όπως μπορεί το IFM.

12.2.2 Συνολικά αποτελέσματα

Τα πρωτόκολλα των χρηστών που εξετάστηκαν σε αυτήν τη μελέτη αποτελούντο από 1260 ενέργειες χρηστών. Σε αυτές τις ενέργειες υπήρχαν 135 λανθασμένες ή πιθανώς λανθασμένες ενέργειες σύμφωνα με ένα κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Σε όλες αυτές τις ενέργειες, οι οποίες αντιστοιχούσαν στο 11% των συνολικών ενεργειών, ακολούθησε ένα μήνυμα λάθους ή επιβεβαίωσης. Στις 1260 ενέργειες η πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων αναγνώρισε 185 πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες, οι οποίες αντιστοιχούσαν στο 15% όλων των ενεργειών. Αυτές οι πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες περιλαμβάνουν κι εκείνες που ακολουθήθηκαν από ένα μήνυμα λάθους, αλλά δεν περιλαμβάνουν κατ' ανάγκην και τις ενέργειες που ακολουθήθηκαν από ένα μήνυμα επιβεβαίωσης ή επαλήθευσης (π.χ. ενέργεια 4 του δείγματος αλληλεπίδρασης). Επιπλέον, όμως, περιλάμβαναν και εντολές που ήταν «σωστές» σύμφωνα με τις τυπικές διαδικασίες του κοινού προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων, αλλά δεν ήταν συμβατές με τις προθέσεις του χρήστη (π.χ. οι ενέργειες 8 και 15 του δείγματος της αλληλεπίδρασης του πίνακα 12.1). Το IFM αναγνώρισε 226 πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες, οι οποίες αντιστοιχούσαν στο 18% των συνολικών ενεργειών.

Ο πίνακας 12.2 παρουσιάζει το συνολικό αριθμό ενεργειών που θεωρήθηκαν ως πιθανώς μη επιδιωκόμενες σύμφωνα με το κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων, το IFM, την ομόφωνη άποψη των εμπειρογνομόνων, την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων και την

μειοψηφία τουλάχιστον των εμπειρογνομόνων, αντίστοιχα. Παραδείγματα τέτοιου είδους εκτιμήσεων παρουσιάζονται στο δείγμα αλληλεπίδρασης του πίνακα 12.1:

- Οι ενέργειες 4 και 15 θεωρήθηκαν ως πιθανώς μη επιδιωκόμενες από ένα κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων (13% των συνολικών ενεργειών του δείγματος αλληλεπίδρασης).
- Οι ενέργειες 3, 8 και 15 θεωρήθηκαν ως πιθανώς μη επιδιωκόμενες από το IFM (20% των συνολικών ενεργειών του δείγματος αλληλεπίδρασης).
- Η ενέργεια 8 θεωρήθηκε ως πιθανώς μη επιδιωκόμενη από όλους τους εμπειρογνώμονες (6% των συνολικών ενεργειών του δείγματος αλληλεπίδρασης).
- Οι ενέργειες 8 και 15 θεωρήθηκαν ως πιθανώς μη επιδιωκόμενες από την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων (13% των συνολικών ενεργειών του δείγματος αλληλεπίδρασης).
- Οι ενέργειες 3, 8 και 15 θεωρήθηκαν ως πιθανώς μη επιδιωκόμενες από τουλάχιστον μια μειονότητα εμπειρογνομόνων (10% των συνολικών ενεργειών του δείγματος αλληλεπίδρασης).

Παρόλα αυτά, πρέπει να τονιστεί ότι τα ακριβή ποσοστά του πίνακα 12.2 δεν υποδεικνύουν την επιτυχία ή όχι του IFM και του κοινού προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων σε σχέση με τους εμπειρογνώμονες, επειδή αυτά τα ποσοστά δε δείχνουν πόσο συμβατές ήταν οι απόψεις του IFM ή του κοινού προγράμματος με τις απόψεις των εμπειρογνομόνων. Για παράδειγμα, στο δείγμα αλληλεπίδρασης που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα το κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων παρήγαγε ένα προειδοποιητικό μήνυμα σε δύο ενέργειες του χρήστη (ενέργειες 4 και 15). Αυτός ο αριθμός είναι ο ίδιος με τον αριθμό των ενεργειών που θεωρήθηκε ως μη επιδιωκόμενη από την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων (ενέργειες 8 και 15). Παρόλα αυτά, οι ενέργειες που προκάλεσαν «ανησυχία» στους εμπειρογνώμονες δεν ήταν οι

ίδιες με τις ενέργειες που προκάλεσαν «ανησυχία» στο κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Από την άλλη πλευρά, οι ενέργειες, που προκάλεσαν «ανησυχία» στην πλειοψηφία των εμπειρογνομώνων, «ανησύχησαν» και το IFM.

	Όλες οι ενέργειες	Δείγμα ενεργειών του πίνακα 12.1
Συνολικός αριθμός ενεργειών	1260	15
Συνολικός αριθμός πιθανώς μη επιδιωκόμενων ενεργειών σύμφωνα με το κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων	135 (11%)	13%
Συνολικός αριθμός πιθανώς μη επιδιωκόμενων ενεργειών σύμφωνα με το IFM	226 (18%)	20%
Συνολικός αριθμός πιθανώς μη επιδιωκόμενων ενεργειών σύμφωνα με την ομόφωνη άποψη των εμπειρογνομώνων	96 (8%)	6%
Συνολικός αριθμός πιθανώς μη επιδιωκόμενων ενεργειών σύμφωνα με την πλειοψηφία των εμπειρογνομώνων	185 (15%)	13%
Συνολικός αριθμός πιθανώς μη επιδιωκόμενων ενεργειών σύμφωνα με μια μειοψηφία, τουλάχιστον, εμπειρογνομώνων	252 (20%)	20%

Πίνακας 12.2: Συνολικά αποτελέσματα σχετικά με τις εκτιμήσεις των πιθανώς μη επιδιωκόμενων ενεργειών

Λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις διαφοροποιήσεις ποιότητας, ο βαθμός επιτυχίας του IFM και του κοινού προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων υπολογίστηκε βάσει της συμβατότητας των περιπτώσεων που «ανησύχησαν» αυτά τα προγράμματα με τις περιπτώσεις που «ανησύχησαν» οι εμπειρογνώμονες. Για παράδειγμα, στο δείγμα αλληλεπίδρασης οι πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες, που αναγνωρίστηκαν τόσο από την πλειοψηφία των εμπειρογνομώνων όσο και το IFM, ήταν 2 (ενέργειες 8 και 15). Σε αυτήν την ενότητα η συμβατότητα «ανησυχίας» του IFM με την πλειοψηφία των εμπειρογνομώνων ήταν 100%. Από την άλλη πλευρά, στο δείγμα αλληλεπίδρασης υπήρχε μόνο μία πιθανώς μη επιδιωκόμενη ενέργεια (ενέργεια 15) που αναγνωρίστηκε και από την πλειοψηφία των εμπειρογνομώνων και το κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων, ενώ η πλειοψηφία των εμπειρογνομώνων αναγνώρισε δύο ενέργειες (8 και 15). Ως εκ τούτου, η συμβατότητα «ανησυχίας» του κοινού προγράμματος διαχείρισης του

συστήματος αρχείων με την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων ήταν μόνο 50%. Ο πίνακας 12.3 παρουσιάζει τη συμβατότητα «ανησυχίας» του IFM και του κοινού προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων με τους εμπειρογνώμονες στο σύνολο των 1260 ενεργειών του πειράματος.

Σμβατότητα των περιπτώσεων «ανησυχίας» όπου οι εμπειρογνώμονες είχαν μια ομόφωνη άποψη		
IFM	Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με το IFM και όλους τους εμπειρογνώμονες	88
	(Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με το IFM και όλους τους εμπειρογνώμονες) / (Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με όλους τους εμπειρογνώμονες)	88/96 92%
Κοινό πρόγραμμα	Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με το κοινό πρόγραμμα και όλους τους εμπειρογνώμονες	52
Σμβατότητα των περιπτώσεων «ανησυχίας» με την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων		
IFM	Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με το IFM και την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων	164
	(Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με το IFM και την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων) / (Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων)	164/185 89%
Κοινό πρόγραμμα	Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με το κοινό πρόγραμμα και την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων	87
	(Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με το κοινό πρόγραμμα και την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων) / (Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων)	87/185 47%
Σμβατότητα των περιπτώσεων «ανησυχίας» με μία τουλάχιστον μειοψηφία εμπειρογνομόνων		
IFM	Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με το IFM και μία τουλάχιστον μειοψηφία εμπειρογνομόνων	218
	(Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με το IFM και μία τουλάχιστον μειοψηφία εμπειρογνομόνων) / (Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με μία τουλάχιστον μειοψηφία εμπειρογνομόνων)	218/252 87%
Κοινό πρόγραμμα	Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με το κοινό πρόγραμμα και μία τουλάχιστον μειοψηφία εμπειρογνομόνων	97
	(Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με το κοινό πρόγραμμα και μία τουλάχιστον μειοψηφία εμπειρογνομόνων) / (Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με μία τουλάχιστον μειοψηφία εμπειρογνομόνων)	97/252 38%

Πίνακας 12.3: Σύγκριση των περιπτώσεων «ανησυχίας» του κοινού προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων και του IFM με τους εμπειρογνώμονες

Όσον αφορά στη σύγκριση των αποκρίσεων του IFM με τις αποκρίσεις των εμπειρογνομόνων τα αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά. Η

συμβατότητα αναγνώρισης των πιθανώς μη επιδιωκόμενων ενεργειών από το IFM με την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων ήταν 89%, ενώ ο αντίστοιχος βαθμός για το κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων ήταν μόλις 47%. Το IFM είχε επίσης «ανησυχήσει» στο 92% των περιπτώσεων που όλοι οι εμπειρογνώμονες πίστευαν ότι μια ενέργεια του χρήστη ήταν μη επιδιωκόμενη. Παρόλα αυτά, το κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων «ανησυχούσε» μόνο στο 54% των περιπτώσεων. Ως εκ τούτου, το IFM αποδείχθηκε πολύ επιτυχές στις περιπτώσεις που υπήρχε απόλυτη συμφωνία μεταξύ των εμπειρογνομόνων.

Εντούτοις, ακόμα και στις περιπτώσεις όπου οι ίδιες εντολές «ανησυχούσαν» και τους εμπειρογνώμονες και το κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων, το περιεχόμενο της βοήθειας αυτών δεν ήταν υποχρεωτικά το ίδιο. Για παράδειγμα, στην ενέργεια 15 του δείγματος αλληλεπίδρασης τόσο οι εμπειρογνώμονες όσο και το κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων «ανησυχούσαν» με την ενέργεια του χρήστη. Παρόλα αυτά, όμως, η πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων θα πρότεινε στο χρήστη να διαγράψει έναν άλλο συγκεκριμένο φάκελο, ενώ το κοινό πρόγραμμα θα παρουσίαζε ένα γενικό μήνυμα επιβεβαίωσης. Από την άλλη πλευρά, το IFM στη συγκεκριμένη περίπτωση παρήγαγε το ίδιο περιεχόμενο βοήθειας με τους εμπειρογνώμονες.

Βάσει αυτών των διαφορών αλλά και των ομοιοτήτων του περιεχομένου της βοήθειας που παράγεται σε περιπτώσεις «ανησυχίας», συγκρίθηκε η βοήθεια που προσφέρει το IFM και το κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων με τη βοήθεια που παρέχουν οι εμπειρογνώμονες (πίνακας 12.4). Από αυτήν την άποψη το IFM αποδείχθηκε ότι παράγει παρόμοια βοήθεια με τους εμπειρογνώμονες από ότι το κοινό πρόγραμμα.

Το πείραμα απέδειξε ότι το IFM αντέδρασε σε πολύ περισσότερες περιπτώσεις, στις οποίες αντέδρασαν και οι εμπειρογνώμονες, και η βοήθεια που παρείχε ήταν πιο κοντά στη βοήθεια αυτών από ότι του κοινού προγράμματος. Σε πολλές από τις περιπτώσεις που το σύστημα «ανησυχούσε»

και προσπάθησε να βρει την ενέργεια που ήθελε στην πραγματικότητα να εκτελέσει ο χρήστης, από την εφαρμογή της ΑΕΑ προέκυψαν πολλές εναλλακτικές ενέργειες που ήταν συμβατές και με τις υποθέσεις του συστήματος για τα σχέδια και τους στόχους του χρήστη. Σε αυτή τη φάση της αξιολόγησης, όμως, αυτό που πραγματικά ελέγχθηκε ήταν αν η πρόταση των εμπειρογνομόνων ήταν μεταξύ των εναλλακτικών ενεργειών που παρήγαγε το σύστημα.

Συμβατότητα της συμβουλής στις περιπτώσεις όπου υπήρχε ομοφωνία στις απόψεις των εμπειρογνομόνων	
Συμβατές συμβουλές του IFM με την ομόφωνη άποψη των εμπειρογνομόνων	88
(Συμβατές συμβουλές του IFM με την ομόφωνη άποψη των εμπειρογνομόνων) / (Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με όλους τους εμπειρογνώμονες)	88/96 92%
Συμβατές συμβουλές του κοινού προγράμματος με την ομόφωνη άποψη των εμπειρογνομόνων	17
(Συμβατές συμβουλές του κοινού προγράμματος με την ομόφωνη άποψη των εμπειρογνομόνων) / (Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με όλους τους εμπειρογνώμονες)	17/96 17,7%
Συμβατότητα συμβουλής με την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων	
Συμβατές συμβουλές του IFM με την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων	153
(Συμβατές συμβουλές του IFM με την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων) / (Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων)	153/185 82,7%
Συμβατές συμβουλές του κοινού προγράμματος με την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων	17
(Συμβατές συμβουλές του κοινού προγράμματος με την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων) / (Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με την πλειοψηφία των εμπειρογνομόνων)	17/185 9%
Συμβατότητα συμβουλής με ένα τουλάχιστον εμπειρογνώμονα	
Συμβατές συμβουλές του IFM με έναν τουλάχιστον εμπειρογνώμονα	188
(Συμβατές συμβουλές του IFM με έναν τουλάχιστον εμπειρογνώμονα) / (Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με μία τουλάχιστον μειοψηφία εμπειρογνομόνων)	188/252 75%
Συμβατές συμβουλές του κοινού προγράμματος με έναν τουλάχιστον εμπειρογνώμονα	17
(Συμβατές συμβουλές του κοινού προγράμματος με έναν τουλάχιστον εμπειρογνώμονα) / (Πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες σύμφωνα με μία τουλάχιστον μειοψηφία εμπειρογνομόνων)	17/252 7%

Πίνακας 12.4: Σύγκριση των συμβουλών του κοινού προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων και του IFM με τους εμπειρογνώμονες

Η τιμή του βαθμού συμβατότητας της βοήθειας του IFM με τους εμπειρογνώμονες αποκάλυψε ότι το σύστημα μπορεί να αναπαράγει τη

βοήθεια που παρέχουν οι εμπειρογνώμονες σε ένα ικανοποιητικό βαθμό. Πιο συγκεκριμένα, ο μηχανισμός αναγνώρισης στόχων που χρησιμοποιεί το IFM μπορεί επιτυχώς να αναγνωρίσει λάθη που φαίνονται «προφανή» σε έναν εμπειρογνώμονα, αλλά δεν αναγνωρίζονται καθόλου από ένα κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Τέτοιου είδους λάθη αναγνωρίστηκαν από όλους τους εμπειρογνώμονες. Η αναγνώριση «προφανών» λαθών είναι ένα σημαντικό επίτευγμα για ένα σύστημα διεπαφής όσον αφορά στη φιλικότητά του προς το χρήστη.

Παρόλα αυτά, η αναγνώριση ενός λάθους δεν είναι αρκετή. Ένα σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να βρει και τις πραγματικές προθέσεις του χρήστη ώστε να τον συμβουλευεί σωστά. Έτσι τα ποσοστά επιτυχίας του IFM, όπως υπολογίστηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος, αποκάλυψαν ότι η ΑΕΑ ήταν πολύ επιτυχής στη δημιουργία υποθέσεων για τις πραγματικές προθέσεις του χρήστη. Το βασικό πρόβλημα, όμως, που παρουσιάστηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος, ήταν ότι η εφαρμογή της ΑΕΑ είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πολλών εναλλακτικών ενεργειών και δεν αρκούσε απλά η πρόταση των εμπειρογνομώνων να είναι μεταξύ των προτάσεων που έκανε το σύστημα. Έτσι, η θεωρία συνδυάστηκε με τρεις διαφορετικές θεωρίες λήψης αποφάσεων, ώστε να μπορεί να επιλέξει τη «βέλτιστη» εναλλακτική λύση.

12.3 Αξιολόγηση του μηχανισμού αξιολόγησης των ενεργειών

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το σύστημα χρησιμοποιεί τα στοιχεία που συγκεντρώνει για κάθε χρήστη ώστε να κάνει υποθέσεις σχετικά με τα σχέδια και τις προθέσεις του χρήστη αυτού. Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται περαιτέρω ώστε να υπολογιστούν οι τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας, οι οποίες χρησιμοποιούνται ως κριτήρια στην επιλογή της «βέλτιστης» εναλλακτικής ενέργειας. Με τον όρο «βέλτιστη» εναλλακτική ενέργεια εννοούμε την εναλλακτική ενέργεια που πραγματικά επιθυμούσε να εκτελέσει ο χρήστης αντί αυτής που προκάλεσε το πρόβλημα. Το IFM έχει εφαρμόσει τρεις διαφορετικές θεωρίες λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια ώστε να συνδυάσει τις τιμές των κριτηρίων και να

βγάλει συμπεράσματα.

Στη δεύτερη φάση της αξιολόγησης του συστήματος εξετάστηκε η επιτυχία κάθε μιας από τις τρεις θεωρίες λήψης αποφάσεων που χρησιμοποιεί το σύστημα στην επιλογή της «βέλτιστης» εναλλακτικής ενέργειας μεταξύ αυτών που δημιουργεί το σύστημα εφαρμόζοντας την ΑΕΑ. Και σε αυτή τη φάση της αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκαν τα πρωτόκολλα που συγκεντρώθηκαν κατά την προηγούμενη φάση της αξιολόγησης καθώς και τα σχόλια που έκαναν οι εμπειρογνώμονες για κάθε μία από τις ενέργειες των χρηστών.

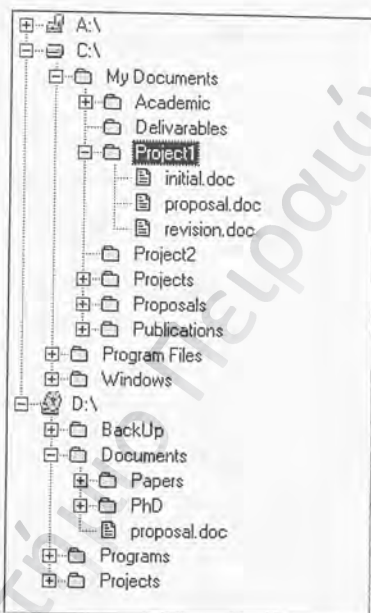
Αρχικά παρουσιάζεται ένα δείγμα αλληλεπίδρασης ενός χρήστη με το IFM κατά τη διάρκεια του οποίου παρουσιάζεται αναλυτικά πως εφαρμόζεται κάθε ένα από τα βήματα των τριών θεωριών λήψης αποφάσεων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τη σύγκριση του συστήματος με τους εμπειρογνώμονες καθώς και μια σύγκριση των τριών θεωριών λήψης αποφάσεων μεταξύ τους.

12.3.1 Δείγμα αλληλεπίδρασης

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζεται ένα δείγμα αλληλεπίδρασης του χρήστη με το IFM καθώς και οι υπολογισμοί που γίνονται από το συμβουλευτικό πράκτορα όταν εφαρμόζει κάθε μία από τις τρεις θεωρίες λήψης αποφάσεων που έχουν εφαρμοστεί. Ο χρήστης του παραδείγματος έχει μικρή εμπειρία στη χρήση υπολογιστών, ενώ έχει αλληλεπιδράσει και με προγράμματα διαχείρισης του συστήματος αρχείων μερικές φορές. Συνεπώς κατατάσσεται στους χρήστες μεσαίου επιπέδου. Το βασικό χαρακτηριστικό, όμως, του συγκεκριμένου χρήστη είναι η απροσεξία του. Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του παρουσιάζεται στο σχήμα 12.3.

Ο χρήστης αρχικά αντιγράφει το αρχείο 'proposal.doc', που βρίσκεται στο φάκελο 'D:\Documents\PhD\proposal.doc', και στη συνέχεια κάνει επικόλληση στο φάκελο 'C:\My Documents\Academic\'. Σε μια επόμενη ενέργεια ο χρήστης εξερευνά το φάκελο 'Project1' και εκτελεί την εντολή

επικόλλησης για άλλη μια φορά. Αφού όμως ο χρήστης έχει ήδη επικολλήσει το αντικείμενο που αντέγραψε και ο φάκελος 'Project1' περιέχει ήδη ένα φάκελο που ονομάζεται 'proposal.doc', το σύστημα βρίσκει τη συγκεκριμένη ενέργεια ως ύποπτη και παράγει εναλλακτικές ενέργειες εφαρμόζοντας τους μετασχηματισμούς δηλώσεων της ΑΕΑ.



Σχήμα 12.3: Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη

Οι εναλλακτικές ενέργειες που φαίνεται να ταιριάζουν με τους στόχους και τα σχέδια του χρήστη σύμφωνα με τον περιορισμένο μηχανισμό αναγνώρισης στόχων είναι οι ακόλουθες:

- A1. Paste(C:\My Documents\Delivarables\)
- A2. Paste(C:\My Documents\Project2\)
- A3. Paste(C:\My Documents\Projects\)
- A4. Copy(C:\My Documents\Project1\)
- A5. Cut(C:\My Documents\Project1\)

Οι πρώτες τρεις ενέργειες προκύπτουν από την υπόθεση ότι ο χρήστης έχει μπερδέψει το φάκελο στον οποίο θέλει να επικολλήσει το αντικείμενο

που έχει προηγουμένως αντιγράψει. Πράγματι, το σύστημα αναζητά άλλους παρόμοιους φακέλους, στους οποίους μπορεί να επιθυμούσε ο χρήστης να επικολλήσει το αρχείο που αντέγραψε αντί γι' αυτόν που επέλεξε. Το σύστημα βρίσκει δύο γειτονικούς φακέλους, το 'C:\My Documents\Delivarables\' και το 'C:\My Documents\Project2\'', καθώς και δύο φακέλους που έχουν παρόμοιο όνομα με αυτόν που είχε επιλεχθεί αρχικά. Ο φάκελος 'C:\My Documents\Project2\' φαίνεται να είναι η καλύτερη λύση, αφού είναι γειτονικός με το φάκελο που επέλεξε ο χρήστης και τα ονόματά τους διαφέρουν σε ένα μόνο χαρακτήρα. Παρόλα αυτά, όλες οι λύσεις είναι αποδεκτές σύμφωνα με τις υποθέσεις που έχουν γίνει από το σύστημα για τους στόχους και τα σχέδια του χρήστη.

Οι δύο τελευταίες εναλλακτικές ενέργειες προκύπτουν από την υπόθεση ότι ο χρήστης έχει μπερδέψει την εντολή που ήθελε να εκτελέσει. Η αλήθεια είναι ότι, αφού ο χρήστης είναι άπειρος, είναι αρκετά πιθανό να έχει μπερδέψει μια εντολή με μια άλλη, αφού η γνώση του γύρω από τις διαθέσιμες εντολές είναι αρκετά περιορισμένη. Η πιθανότητα να έχει μπερδέψει την εντολή *paste* με τη *cut* ή τη *copy* ενισχύεται από το γεγονός ότι η *copy* και η *cut* θεωρούνται παρόμοιες με τη *paste*.

Στο επόμενο βήμα ο πράκτορας μοντελοποίησης υπολογίζει τις τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας για κάθε εναλλακτική ενέργεια που έχει παραχθεί από το σύστημα. Οι τιμές των παραμέτρων για το συγκεκριμένο χρήστη και τις συγκεκριμένες πέντε εναλλακτικές ενέργειες παρουσιάζονται στον πίνακα 12.5.

Η τιμή της παραμέτρου σ αποκαλύπτει πόσο όμοια είναι η εναλλακτική ενέργεια που δημιούργησε το σύστημα με την αρχική ενέργεια του χρήστη. Η ενέργεια που φαίνεται να ριιάζει περισσότερο με την αρχική ενέργεια του χρήστη είναι η εναλλακτική ενέργεια A2. Αυτό συμβαίνει, γιατί η εντολή είναι ίδια με αυτή που επέλεξε ο χρήστης και ο φάκελος που προτείνεται είναι γειτονικός και το όνομα του διαφέρει μόνο κατά ένα χαρακτήρα με το φάκελο που αποτελούσε την αρχική επιλογή του χρήστη. Ως εκ τούτου η ενέργεια A2 έχει το μεγαλύτερο βαθμό ομοιότητας ($\sigma=0,95$)

από όλες τις άλλες εναλλακτικές ενέργειες. Ο βαθμός ομοιότητας μειώνεται λίγο για τις ενέργειες που προτείνουν μόνο γειτονικά ($\sigma_{A1}=0,70$) ή αντικείμενα που έχουν απλά όμοιο όνομα ($\sigma_{A3}=0,80$). Τέλος, ο βαθμός ομοιότητας είναι αρκετά μικρότερος, όταν προτείνεται άλλη εντολή, όπως συμβαίνει στις δύο τελευταίες περιπτώσεις. Παρόλα αυτά, ακόμα και σε αυτές τις περιπτώσεις, παρατηρείται μια διαφορά μεταξύ των τιμών της παραμέτρου σ , αφού η εντολή copy είναι παρόμοια αλλά και γειτονική στο μενού εντολών με τη paste ($\sigma_{A4}=0,30$), που αρχικά επέλεξε το χρήστης, ενώ η cut είναι απλά παρόμοια ($\sigma_{A5}=0,20$).

	σ	δ	φ	τ
A1	0,70	0,17	0,06	0,25
A2	0,95	0,35	0,17	0,25
A3	0,80	0,18	0,10	0,25
A4	0,30	0,12	0,07	0,17
A5	0,20	0,09	0,13	0,05

Πίνακας 12.5: Οι τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας για τις εναλλακτικές ενέργειες που δημιούργησε το σύστημα

Η κυριαρχία ενός λάθους παρουσιάζει πόσο συχνό είναι ένα λάθος στο σύνολο όλων των λαθών που κάνει ένας χρήστης και προκύπτει από τη διαίρεση του αριθμού των λαθών που ανήκουν σε μια συγκεκριμένη κατηγορία με το σύνολο όλων των λαθών. Ο χρήστης του παραδείγματος έχει κάνει κυρίως λάθη μεταξύ γειτονικών αντικειμένων με παρόμοια ονόματα, οπότε η κυριαρχία αυτής της κατηγορίας λαθών είναι μεγαλύτερη από όλες. Συγκεκριμένα, τα 56 από τα 137 λάθη του χρήστη αφορούν σε αυτήν την κατηγορία και η τιμή της παραμέτρου διαμορφώνεται στο 0,35. Ομοίως υπολογίστηκαν και οι τιμές των παραμέτρων για τις υπόλοιπες κατηγορίες λαθών.

Η συχνότητα ενός λάθους δείχνει πόσο συχνό είναι ένα λάθος σε σχέση με τη συγκεκριμένη εντολή και προκύπτει από τη διαίρεση του αριθμού των λαθών που ανήκουν σε μια κατηγορία και έχουν γίνει σε σχέση με την εντολή που εμπλέκεται στην εναλλακτική ενέργεια με το σύνολο των εκτελέσεων της εντολής αυτής. Για παράδειγμα, η συχνότητα για τη δεύτερη

εναλλακτική ενέργεια έχει προκύψει με τη διαίρεση του αριθμού 26, που είναι το σύνολο των λαθών μεταξύ γειτονικών αντικειμένων με παρόμοιο όνομα που συνδέονται με την εντολή paste, με τον αριθμό 150, που είναι το σύνολο των εκτελέσεων της εντολής paste. Ομοίως προέκυψαν και οι υπόλοιπες τιμές των παραμέτρων.

Τέλος, η παράμετρος τ αναπαριστά τη συχνότητα εκτέλεσης μιας εντολής και υπολογίζεται διαιρώντας τον αριθμό των εκτελέσεων της εντολής με το σύνολο όλων των εντολών που έχει χρησιμοποιήσει ο χρήστης. Για παράδειγμα, ο χρήστης του παραδείγματος έχει εκτελέσει συνολικά 607 εντολές και έχει χρησιμοποιήσει την εντολή paste 150 φορές, άρα η τιμή της παραμέτρου τ για τις τρεις πρώτες εναλλακτικές ενέργειες που αναφέρονται στην εντολή paste διαμορφώνεται στο 0,25. Η τιμή της συγκεκριμένης παραμέτρου μειώνεται αρκετά για τις άλλες δύο εντολές, όπως είναι και το αναμενόμενο. Συγκεκριμένα, όμως, για την εντολή cut η τυπικότητα της εντολής είναι πολύ μικρή, αφού κυρίως οι έμπειροι χρήστες κάνουν χρήση της συγκεκριμένης εντολής.

Οι τιμές των παραμέτρων χρησιμοποιούνται από το συμβουλευτικό πράκτορα ώστε να υπολογίσει το βαθμό βεβαιότητας για κάθε εναλλακτική ενέργεια και να επιλέξει τη «βέλτιστη». Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι υπολογισμοί που γίνονται σε κάθε μία από τις τρεις διαφορετικές εκδόσεις του συμβουλευτικού πράκτορα ανάλογα με τη θεωρία που εφαρμόζει.

Απλό Σταθμιζόμενο Αθροιστικό Μοντέλο

Βάσει του Απλού Σταθμιζόμενου Αθροιστικού Μοντέλου ο βαθμός βεβαιότητας για κάθε εναλλακτική εντολή δίδεται από τον τύπο:

$$\gamma = 0,37\sigma + 0,32\delta + 0,19\phi + 0,12\tau$$

Εφαρμόζοντας στον τύπο αυτό τις τιμές των κριτηρίων που παρουσιάζονται στον πίνακα 12.5 προκύπτουν οι τιμές του βαθμού βεβαιότητας για κάθε εναλλακτική ενέργεια, οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 12.6. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή η εναλλακτική ενέργεια A2 θεωρείται ως η «βέλτιστη» εναλλακτική, οπότε και προτείνεται στο χρήστη.

	γ
A1	0,35
A2	0,53
A3	0,40
A4	0,18
A5	0,13

Πίνακας 12.6: Οι τιμές του βαθμού βεβαιότητας σύμφωνα με το Απλό Σταθμιζόμενο Αθροιστικό Μοντέλο

Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας

Βάσει της Πολυκριτήριας Θεωρίας Χρησιμότητας ο βαθμός βεβαιότητας για κάθε εναλλακτική εντολή δίδεται από τον τύπο:

$$\gamma = 0,483\sigma + 0,366\delta + 0,086\phi + 0,065\tau$$

	γ
A1	0,42
A2	0,62
A3	0,48
A4	0,21
A5	0,14

Πίνακας 12.7: Οι τιμές του βαθμού βεβαιότητας σύμφωνα με την Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας

Εφαρμόζοντας στον τύπο αυτό τις τιμές των κριτηρίων που παρουσιάζονται στον πίνακα 12.5 προκύπτουν οι τιμές του βαθμού βεβαιότητας για κάθε εναλλακτική ενέργεια, οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 12.7. Σύμφωνα και με αυτήν τη μέθοδο, όπως και με την προηγούμενη, η εναλλακτική ενέργεια A2 θεωρείται ως η «βέλτιστη» εναλλακτική, οπότε και προτείνεται στο χρήστη.

Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων

Σύμφωνα με την Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων ο συμβουλευτικός πράκτορας αναζητά τις κυρίαρχες εναλλακτικές ενέργειες. Ως εκ τούτου, ο πράκτορας λύνει το γραμμικό πρόγραμμα 5 του κεφαλαίου 10 για κάθε μία

από τις πέντε εναλλακτικές ενέργειες που παρήγαγε ο πράκτορας μοντελοποίησης και κάθε εναλλακτική ενέργεια προσπαθεί να κατηγοριοποιηθεί ως κυρίαρχη. Έτσι το γραμμικό πρόγραμμα που λύνεται για την εναλλακτική ενέργεια A1 είναι το παρακάτω:

$$\max \gamma_{j_0} = 0,70w_{\sigma} + 0,17w_{\delta} + 0,06w_{\phi} + 0,25w_{\tau}$$

s.t.

$$0,70w_{\sigma} + 0,17w_{\delta} + 0,06w_{\phi} + 0,25w_{\tau} \leq 1$$

$$0,95w_{\sigma} + 0,35w_{\delta} + 0,17w_{\phi} + 0,25w_{\tau} \leq 1$$

$$0,80w_{\sigma} + 0,18w_{\delta} + 0,10w_{\phi} + 0,25w_{\tau} \leq 1$$

$$0,30w_{\sigma} + 0,12w_{\delta} + 0,07w_{\phi} + 0,17w_{\tau} \leq 1$$

$$0,20w_{\sigma} + 0,09w_{\delta} + 0,13w_{\phi} + 0,05w_{\tau} \leq 1$$

$$w_{\sigma}, w_{\delta}, w_{\phi}, w_{\tau} \geq \varepsilon$$

Ο συμβουλευτικός πράκτορας λύνει το παραπάνω γραμμικό πρόγραμμα και βρίσκει τη μεγαλύτερη τιμή της παραμέτρου βεβαιότητας ίση με 1. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει ένα σύνολο βαρών που επιτρέπουν στην παράμετρο βεβαιότητας να λάβει την τιμή 1. Έτσι η πρώτη εναλλακτική ενέργεια θεωρείται από το σύστημα ως κυρίαρχη.

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για κάθε μία από τις άλλες τέσσερις εναλλακτικές ενέργειες που δημιουργήθηκαν. Οι τιμές του βαθμού βεβαιότητας για κάθε εναλλακτική ενέργεια, κάνοντας χρήση των βαρών που μεγιστοποιούν το βαθμό βεβαιότητας κάθε εναλλακτικής ενέργειας, παρουσιάζονται στον πίνακα 12.8, ο οποίος αποτελεί τον πίνακα διασταυρούμενης κυριαρχίας. Οι τιμές στη i γραμμή του πίνακα 12.8 είναι οι βαθμοί βεβαιότητας των 5 εναλλακτικών ενεργειών χρησιμοποιώντας τα βέλτιστα βάρη της i εναλλακτικής ενέργειας (δηλαδή τα βάρη που μεγιστοποιούν το βαθμό βεβαιότητας της i εναλλακτικής). Συνεπώς, στην πρώτη γραμμή μπορεί κανείς να δει μια άποψη των πέντε εναλλακτικών ενεργειών «στη σκιά» της πρώτης εναλλακτικής ενέργειας, αφού έχουν χρησιμοποιηθεί τα βέλτιστα βάρη αυτής για να υπολογιστούν όλοι οι βαθμοί βεβαιότητας.

Οι βέλτιστες τιμές των βαθμών βεβαιότητας για όλες τις εναλλακτικές ενέργειες βρίσκονται στη διαγώνιο του πίνακα 12.8. Από αυτή τη διαδικασία οι εναλλακτικές ενέργειες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τις κυρίαρχες,

αυτές δηλαδή που έχουν καταφέρει να βρουν ένα σύνολο βαρών με τα οποία ο βαθμός βεβαιότητας γίνεται ίσος με 1, και τις κυριαρχούμενες. Οι ενέργειες που ανήκουν στην τελευταία κατηγορίες δε θεωρούνται κατάλληλες, αφού δεν έχουν καταφέρει να βρουν ένα σύνολο βαρών με τα οποία ο βαθμός βεβαιότητάς τους θα γινόταν 1. Συνεπώς, το σύστημα επιλέγει μόνο τις κυρίαρχες ενέργειες, που στην προκειμένη περίπτωση είναι η A1, η A2 και η A3. Οι ενέργειες A4 και A5 θεωρήθηκαν ως κυριαρχούμενες και απορρίπτονται.

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1,00	1,00	1,00	0,70	0,20
A2	1,00	1,00	1,00	0,70	0,20
A3	1,00	1,00	1,00	0,70	0,20
A4	1,00	1,00	1,00	0,70	0,20
A5	0,35	1,00	0,59	0,41	0,76
M.O.	0,87	1,00	0,92	0,64	0,31

Πίνακας 12.8: Ο πίνακας διασταυρούμενης κυριαρχίας

Οι τιμές της j στήλης του πίνακα 12.8 δίνει μια εικόνα των τιμών του βαθμού βεβαιότητας της j εναλλακτικής ενέργειας με τα βέλτιστα βάρη όλων των εναλλακτικών ενεργειών. Λαμβάνοντας το μέσο όρο αυτών των τιμών λαμβάνεται ένα πρώτο μέτρο για την κατηγοριοποίηση των ενεργειών. Όμως ένα βασικό πρόβλημα με αυτή τη μέθοδο είναι ότι πολλές φορές ο μέσος όρος δύο ή περισσότερων εναλλακτικών είναι πολύ κοντά ο ένας στον άλλο. Οπότε ο συμβουλευτικός πράκτορας αναζητά τις ενέργειες που είναι καθολικά κυρίαρχες. Για να το επιτύχει αυτό, ο συμβουλευτικός πράκτορας λύνει το μοντέλο 6 του κεφαλαίου 10 για διαφορετικές τιμές της παραμέτρου t .

Τα αποτελέσματα από την παραπάνω διαδικασία παρουσιάζονται στον πίνακα 12.9. Η πρώτη στήλη παρουσιάζει την εναλλακτική ενέργεια που αξιολογείται. Η δεύτερη στήλη του πίνακα 12.9 παρουσιάζει τις τιμές της παραμέτρου βεβαιότητας για κάθε εναλλακτική λύση, όπως προέκυψαν από την εφαρμογή του κλασικού μοντέλου της ΠΑΔ. Στις στήλες 3 και 4 παρουσιάζονται οι τιμές της παραμέτρου βεβαιότητας για κάθε εναλλακτική

λύση και για διαφορετικές τιμές του t . Οι στήλες είναι μόνο δύο, γιατί η ίδια λύση λαμβάνεται για δύο διαφορετικές τιμές του t (π.χ. 0,01 και 0,78), άρα, όπως έχει αναφερθεί και στην ενότητα 12.4.3, η λύση αυτή είναι διαθέσιμη για κάθε $t \in [0,01,0,78]$. Η μέση καθολική τιμή της παραμέτρου βεβαιότητας (AGDC) παρουσιάζεται στη στήλη 5. Τέλος, στην τελευταία στήλη γίνεται μια κατάταξη των εναλλακτικών ενεργειών χρησιμοποιώντας τον παράγοντα $q_j + \bar{h}$, όπου q_j είναι οι φορές που ο βαθμός βεβαιότητας της εναλλακτικής λαμβάνει την τιμή 1 και \bar{h} είναι η μέση καθολική τιμή της παραμέτρου βεβαιότητας για τη συγκεκριμένη εναλλακτική.

DMU	A1	A2	A3	A4	A5	
DEA scores	1,00	1,00	1,00	0,70	0,76	
GDC	$t=0.01-0.78$	0,70	1,00	0,81	0,57	0,46
	$t=0.79-1.00$	1,00	1,00	1,00	0,70	0,20
AGDC(\bar{h})	0,85	1,00	0,90	0,63	0,33	
Ranking factor $q_j + \bar{h}$	1,85	3,00	1,90	-	-	

Πίνακας 12.9: Οι βέλτιστες τιμές της παραμέτρου βεβαιότητας (DEA scores), οι καθολικές τιμές της παραμέτρου βεβαιότητας (GDC) και η μέση τιμή των καθολικών τιμών των παραμέτρων βεβαιότητας (AGDC)

Τρεις από τις πέντε εναλλακτικές ενέργειες (A1-A3) θεωρούνται κυρίαρχες από το κλασικό μοντέλο της ΠΑΔ. Όμως μόνο η ενέργεια A2 καταφέρνει να διατηρήσει την 100% κυριαρχία της κάτω από μια κοινή δομή στάθμισης και γι' αυτό διαχωρίζεται από τις υπόλοιπες κυρίαρχες ενέργειες. Αντιθέτως, οι ενέργειες A1 και A3 θεωρούνται ως καθολικά κυρίαρχες μόνο για ένα σύνολο κοινών βαρών. Έτσι η ενέργεια που προτείνεται είναι η 'paste(C:\My Documents\Project2\)'.

Στο συγκεκριμένο δείγμα αλληλεπίδρασης και οι τρεις μέθοδοι κατέταξαν τις εναλλακτικές ενέργειες που πρότεινε ο πράκτορας μοντελοποίησης με την ίδια σειρά. Έτσι, και οι τρεις μέθοδοι βρήκαν ότι η ενέργεια που πιθανότερα επιθυμούσε να εκτελέσει ο χρήστης ήταν η εναλλακτική ενέργεια A2. Επιπλέον, «καλές» εναλλακτικές αλλά λιγότερο πιθανές βρήκαν τις ενέργειες A3 και A1. Είναι προφανές ότι οι εναλλακτικές

ενέργειες που έχουν προκύψει από την υπόθεση ότι ο χρήστης έχει κάνει λάθος απροσεξίας είναι πιο πιθανές, αφού ο χρήστης είναι ενδιάμεσου επιπέδου, οπότε θεωρείται λίγο απίθανο ο χρήστης να κάνει λάθος επιλογή εντολής (γι' αυτό και το μοντέλο της ΠΑΔ τις απορρίπτει ως κυριαρχούμενες) και είναι αρκετά απρόσεκτος. Από τις τρεις εναλλακτικές που ανήκουν στην κατηγορία των λαθών απροσεξίας, η A2 είναι πιο κοντά στην αρχική επιλογή του χρήστη αφού ο φάκελος που προτείνεται είναι γειτονικός και έχει παρόμοιο όνομα με το φάκελο που είχε επιλέξει ο χρήστης. Επιπλέον, από τα λάθη απροσεξίας που κάνει ο συγκεκριμένος χρήστης αυτά που φαίνεται να υπερισχύουν είναι τα λάθη που γίνονται μεταξύ γειτονικών αντικειμένων με παρόμοιο όνομα.

Πράγματι, 8 από τους 10 εμπειρογνώμονες, λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία που είναι γνωστά από το μοντέλο του χρήστη, πρότειναν την ίδια εναλλακτική ενέργεια με το σύστημα, ενώ ένας πρότεινε την εναλλακτική ενέργεια A1 και ένας την ενέργεια A3. Σύμφωνα με τα παραπάνω και οι τρεις θεωρίες κατάφεραν όχι μόνο να εντοπίσουν την εναλλακτική ενέργεια που πρότεινε η πλειοψηφία των εμπειρογνομένων αλλά και δώσει μια γενικότερη εικόνα για το τι θα πρότειναν όλοι οι εμπειρογνώμονες κατατάσσοντας τις ενέργειες A3 και A1 ως δεύτερη και τρίτη, αντίστοιχα.

12.3.2 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Τα πρωτόκολλα των χρηστών που εξετάστηκαν συνολικά, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αποτελούντο από 1260 ενέργειες χρηστών. Από αυτές τις ενέργειες, η πλειοψηφία των εμπειρογνομένων αναγνώρισε 185 πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες, οι οποίες αντιστοιχούσαν στο 15% όλων των ενεργειών. Στις 96 από τις ενέργειες που αναφέρθηκαν παραπάνω υπήρχε ομοφωνία μεταξύ των εμπειρογνομένων. Τέλος, υπήρχαν και περιπτώσεις που μια ενέργεια θεωρήθηκε ως μη-επιδιωκόμενη από μια μειοψηφία χρηστών. Συνολικά εμφανίστηκαν 67 τέτοιες περιπτώσεις. Το IFM, από την άλλη πλευρά, αναγνώρισε 226 πιθανώς μη επιδιωκόμενες ενέργειες, οι οποίες αντιστοιχούσαν στο 18% των συνολικών ενεργειών. Στο συγκεκριμένο, όμως, τμήμα του πειράματος δε μας ενδιαφέρει να ελέγξουμε

την επιτυχία του IFM στην αναγνώριση των ενεργειών που προκαλούν πρόβλημα στο χρήστη. Στη προκειμένη περίπτωση αυτό που ζητείται να ελεγχθεί είναι η επιτυχία του συστήματος στον εντοπισμό της εναλλακτικής ενέργειας που θα πρότειναν ως πρώτη λύση και οι εμπειρογνώμονες που παρακολουθούν και βοηθούν το χρήστη.

	Δείγμα μη επιδοκόμενων ενεργειών	ΑΣΑ		ΜΑΥΤ		ΠΑΔ (1 ^η φάση)		ΠΑΔ (2 ^η φάση)	
		#	%	#	%	#	%	#	%
		Συμβατότητα της «βέλτιστης» εναλλακτικής στις περιπτώσεις όπου υπήρχε ομοφωνία στις απόψεις των εμπειρογνώμωνων	96	65	68%	67	70%	76	79%
Συμβατότητα της «βέλτιστης» εναλλακτικής με την πλειοψηφία των εμπειρογνώμωνων	185	123	66%	126	68%	142	77%	149	81%
Συμβατότητα της «βέλτιστης» εναλλακτικής με τουλάχιστον ένα εμπειρογνώμονα	252	161	64%	167	66%	190	75%	199	79%

Πίνακας 12.10: Συνολικά αποτελέσματα σχετικά με τις εκτιμήσεις των διαφορετικών μοντέλων λήψης αποφάσεων

Συγκεκριμένα, σε κάθε μία από τις περιπτώσεις, που οι εμπειρογνώμονες θεώρησαν ότι μια ενέργεια ήταν μη επιθυμητή, πρότειναν κάποιες εναλλακτικές ενέργειες με σειρά προτεραιότητας. Σε αυτή τη φάση της αξιολόγησης μας ενδιαφέρει μόνο η πρώτη εναλλακτική που είναι και η «βέλτιστη» σύμφωνα με την άποψη των εμπειρογνώμωνων που έλαβαν μέρος στην αξιολόγηση. Ως εκ τούτου, η ενέργεια αυτή συγκρίθηκε με την εναλλακτική ενέργεια που θα πρότεινε κάθε έκδοση του συμβουλευτικού πράκτορα του IFM. Πράγματι, τα πρωτόκολλα εισήχθησαν σε τρεις διαφορετικές εκδόσεις του IFM, κάθε μία από τις οποίες χρησιμοποιούσε και διαφορετική θεωρία λήψης αποφάσεων. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα από αυτή τη διαδικασία παρουσιάζονται στον πίνακα 12.10.

Τα αποτελέσματα από τη σύγκριση μεταξύ των εμπειρογνώμωνων και του IFM ήταν πολύ ενθαρρυντικά και αποκάλυψαν ότι οι θεωρίες λήψης

αποφάσεων μπορούν επιτυχώς να συμπληρώσουν την ΑΕΑ και να βελτιώσουν τα αποτελέσματα εφαρμογής της. Για παράδειγμα, στη προηγούμενη φάση της αξιολόγησης οι εναλλακτικές ενέργειες δίδονταν μπερδεμένες, όπως τις είχε δημιουργήσει ο συμβουλευτικός πράκτορας χρησιμοποιώντας τη θεωρία ΑΕΑ και τον περιορισμένο μηχανισμό αναγνώρισης στόχων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα σε αρκετές περιπτώσεις να προτείνονται 5, 6 ή και περισσότερες εναλλακτικές, οι οποίες παρουσιάζονταν άτακτα και είναι πιθανόν περισσότερο να μπερδεύαν το χρήστη παρά να τον βοηθούσαν. Μετά την εφαρμογή των θεωριών λήψης αποφάσεων το σύστημα είναι σε θέση πλέον να επιλέξει τη «βέλτιστη» εναλλακτική και να προτείνει μόνο αυτή.

Συγκεκριμένα, όταν υπήρχε ομοφωνία μεταξύ των χρηστών στην εναλλακτική ενέργεια που πρότειναν πρώτη, το Απλό Σταθμιζόμενο Αθροιστικό μοντέλο κατάφερε να εντοπίσει αυτή την εναλλακτική ενέργεια σε ποσοστό 68%. Το ποσοστό αυτό βελτιώθηκε και διαμορφώθηκε στο 70% με την εφαρμογή της Πολυκριτήριας Θεωρίας Χρησιμότητας. Στη συνέχεια οι εναλλακτικές ενέργειες που προτάθηκαν ομόφωνα από τους εμπειρογνώμονες συγκρίθηκαν και με τις «βέλτιστες» εναλλακτικές ενέργειες που επέλεξε η ΠΑΔ. Όταν η κατάταξη των ενεργειών, που αξιολογήθηκαν ως κυρίαρχες από την ΠΑΔ, έγινε βάσει του διασταυρούμενου βαθμού βεβαιότητας, το ποσοστό επιτυχίας του συμβουλευτικού πράκτορα ήταν 79%, το οποίο είναι αρκετά υψηλότερο από τα ποσοστά επιτυχίας του Απλού Σταθμιζόμενου Αθροιστικού μοντέλου ή της Πολυκριτήριας Θεωρίας Χρησιμότητας. Τα αποτελέσματα, όμως, ήταν ακόμα καλύτερα, όταν η κατάταξη των ενεργειών έγινε βάσει του καθολικού βαθμού βεβαιότητας. Σε αυτή την περίπτωση το ποσοστό επιτυχίας του συμβουλευτικού πράκτορα άγγιξε το 84%.

Τα ποσοστά αυτά διαφοροποιήθηκαν όταν οι εναλλακτικές ενέργειες που επιλέχθηκαν από κάθε μοντέλο λήψης απόφασης συγκρίθηκαν με τις προτάσεις της πλειοψηφίας των εμπειρογνομώνων, δηλαδή και με τις περιπτώσεις που δεν υπήρχε ομοφωνία απόψεων. Σε αυτές τις περιπτώσεις το ποσοστό επιτυχίας τόσο του Απλού Σταθμιζόμενου Αθροιστικού μοντέλου

όσο και της Πολυκριτήριας Θεωρίας Χρησιμότητας μειώθηκε περίπου κατά δύο μονάδες και διαμορφώθηκε στο 66% και 68%, αντίστοιχα. Την ίδια περίπου συμπεριφορά ακολούθησαν και τα ποσοστά επιτυχίας από την ΠΑΔ, όπου τα ποσοστά επιτυχίας μειώθηκαν κατά δύο μονάδες όταν η κατάταξη των ενεργειών έγινε βάσει του διασταυρούμενου βαθμού βεβαιότητας και κατά τρεις μονάδες, όταν η κατάταξη έγινε βάσει του καθολικού βαθμού βεβαιότητας.

Αυτή η διαφορά στα ποσοστά αυτά αποδεικνύει ότι και τα τρία διαφορετικά μοντέλα λήψης αποφάσεων κατάφεραν καλύτερα να προσεγγίσουν την άποψη των εμπειρογνομόνων, όταν υπήρχε ομοφωνία μεταξύ τους. Ωστόσο, όταν μια περίπτωση ήταν πιο δύσκολη, και αυτό αποδεικνυόταν από το γεγονός ότι και οι εμπειρογνώμονες διαφωνούσαν μεταξύ τους, ήταν πιο δύσκολο και για το συμβουλευτικό πράκτορα, ανεξάρτητα από το μοντέλο λήψης απόφασης που χρησιμοποιούσε, να επιλέξει την κατάλληλη εναλλακτική ενέργεια, για να προτείνει στο χρήστη που αλληλεπιδρούσε με το σύστημα.

Γενικά, η ΠΑΔ αποδείχθηκε πολύ πιο επιτυχής από τις άλλες δύο θεωρίες λήψης αποφάσεων στον εντοπισμό της ενέργειας που επιθυμούσε να εκτελέσει ο χρήστης, όταν είχε κάνει κάποιο λάθος. Επιπλέον, η σύγκριση μεταξύ της κατάταξης των ενεργειών βάσει του διασταυρούμενου και του καθολικού βαθμού βεβαιότητας έκανε εμφανές ότι ο δεύτερος είναι αρκετά πιο έγκυρος. Το βασικό πρόβλημα που εντοπίστηκε στον πρώτο ήταν ότι πολλές φορές οι βαθμοί βεβαιότητας δύο διαφορετικών εναλλακτικών ενεργειών ήταν πολύ κοντά ο ένας στον άλλο με αποτέλεσμα το σύστημα να μην είναι απόλυτα βέβαιο για την πρόταση που θα έκανε.

12.4 Αξιολόγηση της αλληλεπίδρασης των χρηστών με το IFM

Μία άλλη δοκιμή της χρηστικότητας του IFM αφορούσε στην παρακολούθηση της αλληλεπίδρασης των άπειρων και έμπειρων χρηστών με το IFM και στο πόσο χρήσιμο ήταν το σύστημα στην αναγνώριση, διάγνωση και πρόληψη των λαθών που έκαναν και οι δύο ομάδες χρηστών. Την

αξιολόγηση της αλληλεπίδρασης έκαναν 5 εμπειρογνώμονες, οι οποίοι παρακολούθησαν 16 χρήστες, καθώς αλληλεπιδρούσαν με το σύστημα. Οι χρήστες αυτοί είχαν διαφορετικό υπόβαθρο και ενδιαφέροντα και αποτελούσαν ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα έμπειρων και άπειρων χρηστών. Και στους 16 χρήστες ζητήθηκε να αλληλεπιδράσουν με το IFM, όπως θα έκαναν με ένα κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Έτσι, στην περίπτωση που το IFM είχε διαγνώσει μια προβληματική κατάσταση ενημέρωνε το χρήστη ότι ίσως είχε κάνει κάποιο λάθος και πρότεινε μια εναλλακτική ενέργεια. Η αξιολόγηση των εναλλακτικών ενεργειών που προέκυψαν από την εφαρμογή της ΑΕΑ έγινε με την Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων, ενώ η κατάταξη των ενεργειών του χρήστη έγινε με τον καθολικό βαθμό βεβαιότητας.

Το πείραμα απαιτούσε την παρακολούθηση των χρηστών καθ' όσον αλληλεπιδρούσαν με το σύστημα. Για αυτόν το λόγο χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της βιντεοσκόπησης (computer logging) για την καταγραφή όλων των ενεργειών των χρηστών. Αφού οι χρήστες ολοκλήρωσαν την αλληλεπίδρασή τους με το σύστημα, ρωτήθηκαν σχετικά με την ποιότητα της αλληλεπίδρασης, την ποιότητα της βοήθειας αλλά και την μέθοδο επέμβασης στην περίπτωση που το σύστημα εντόπιζε κάποιο λάθος. Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζεται ένα δείγμα αλληλεπίδρασης ενός χρήστη με το σύστημα καθώς και οι αποκρίσεις που δίνει το σύστημα στην περίπτωση που εντοπίσει κάποιο λάθος. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα, που προέκυψαν από την μελέτη των πρωτοκόλλων, καθώς και μερικά στοιχεία από τις απαντήσεις των χρηστών στις συνεντεύξεις μετά το πέρας της αλληλεπίδρασής τους με το σύστημα.

12.4.1 Δείγμα αλληλεπίδρασης

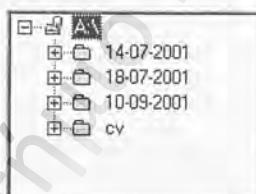
Ένα δείγμα αλληλεπίδρασης ενός χρήστη με το IFM μαζί την αιτιολόγηση που έκανε το σύστημα για κάθε ενέργεια παρουσιάζεται στον πίνακα 12.11. Η πρώτη στήλη παρουσιάζει τις εντολές των χρηστών και η δεύτερη στήλη την αιτιολόγηση του IFM. Στην περίπτωση που μια εντολή θεωρήθηκε από το σύστημα ουδέτερη ή αναμενόμενη, η εντολή αυτή εκτελέστηκε κανονικά.

Σε διαφορετική περίπτωση το IFM ενημέρωνε το χρήστη ότι πιθανότατα έκανε κάποιο λάθος. Η συνολική αιτιολόγηση του συστήματος για κάθε ενέργεια του χρήστη παρουσιάζεται στη δεύτερη στήλη του πίνακα 12.11. Το σχήμα 12.4 αναπαριστά την κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη στην αρχή της αλληλεπίδρασής του με το σύστημα. Ο φάκελος A:\18-7-2001\ περιέχει τρία αρχεία, τα οποία ονομάζονται «submitted.doc», «program.pas», «report.doc».

ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΧΡΗΣΤΩΝ	ΣΧΟΛΙΑ ΤΟΥ IFM
1. CREATE_NEW_FOLDER_IN A:\	Ουδέτερη ενέργεια.
2. EXPLORE A:\18-7-2001\	Ουδέτερη ενέργεια.
3. CUT A:\18-7-2001\submitted.doc	Ουδέτερη ενέργεια.
4. PASTE A:\New Folder\	Αναμενόμενη ενέργεια. Αυτή η ενέργεια διαγράφει την αστάθεια που είχε εισαχθεί από την εκτέλεση της εντολής <i>cut</i> κατά την προηγούμενη ενέργεια.
5. CUT A:\18-7-2001\program.pas	Ουδέτερη ενέργεια.
6. PASTE A:\New Folder\	Αναμενόμενη ενέργεια. Αυτή η ενέργεια διαγράφει την αστάθεια που είχε εισαχθεί από την εκτέλεση της εντολής <i>cut</i> κατά την προηγούμενη ενέργεια.
7. DELETE A:\New Folder\	Υποπιτη ενέργεια. Αυτή η ενέργεια θα έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια πολλών χρησιμων αρχείων και φακέλων. [Η πρόταση του IFM: Μήπως επιθυμούσατε να μετονομάσετε το φάκελο New Folder? Οι εντολές <i>delete</i> και <i>rename</i> είναι γετονικές στο μενού των εντολών.]
8. RENAME A:\New Folder\ A:\15-10-2001\	Αναμενόμενη ενέργεια. Αυτή η ενέργεια διαγράφει την αστάθεια για το όνομα New Folder του νεο-δημιουργούμενου φακέλου. Αυτή η ενέργεια επαληθεύει την ορθότητα της πρότασης του IFM στην ενέργεια 7.
9. COPY A:\18-7-2001\report.doc	Ουδέτερη ενέργεια.
10. PASTE A:\15-10-2001\	Αναμενόμενη ενέργεια. Αυτή η ενέργεια διαγράφει την αστάθεια που είχε εισαχθεί από την εκτέλεση της εντολής <i>copy</i> κατά την προηγούμενη ενέργεια.
11. COPY A:\18-7-2001\	Ουδέτερη ενέργεια.
12. PASTE A:\15-10-2001\	Υποπιτη ενέργεια. Ο φάκελος A:\15-10-2001\ περιέχει ήδη ένα αντίγραφο των περιεχομένων του φακέλου A:\18-7-2001\. [Η πρόταση του IFM: Σε αυτήν και την προηγούμενη ενέργεια πραγματικά

	<p>σκοπεύατε να εκτελέσετε τις ενέργειες που δηλώσατε, δηλαδή να αντιγράψετε το A:\18-7-2001\ μέσα στο A:\15-10-2001; <input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Όχι</p> <p>Η μήπως επιθυμούσατε να κάνετε ένα από τα παρακάτω:</p> <p>1. Να αντιγράψετε το φάκελο A:\14-7-2001 και να το επικολλήσετε στο φάκελο A:\15-10-2001; <input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Όχι</p> <p>2. Κάποια άλλη ενέργεια <input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Όχι]</p> <p>Ο χρήστης επέλεξε «Κάποια άλλη ενέργεια» και δήλωσε την ενέργεια 13.</p>
13. PASTE A:\10-9-2001\	<p>Αναμενόμενη ενέργεια.</p> <p>Αυτή η ενέργεια διαγράφει την αστάθεια που είχε εισαχθεί από την εκτέλεση της εντολής <i>copy</i> κατά την προηγούμενη ενέργεια.</p>
14. DELETE A:\18-7-2001\	<p>Αναμενόμενη ενέργεια.</p> <p>Αυτός ο φάκελος περιέχει ήδη αντιγραφα των αρχείων που υπάρχουν κι αλλού, οπότε η ύπαρξή του δεν έχει νόημα.</p>

Πίνακας 12.11: Ένα τμήμα ενός πρωτοκόλλου με την αιτιολόγηση του χρήστη



Σχήμα 12.5: Η αρχική κατάσταση του συστήματος αρχείων του χρήστη

Στο παράδειγμα που παρουσιάζεται στον πίνακα 12.11, το IFM πέτυχε στο να παρέχει τη σωστή συμβουλή στην ενέργεια 7 όπου ο χρήστης κατά λάθος επέλεξε την εντολή *delete* από την εντολή *rename* από το μενού εντολών. Τυοιουτοτρόπως, το IFM κατάφερε να εμποδίσει το χρήστη από το να διαγράψει κατά λάθος τον νεοδημιουργούμενο φάκελο, στον οποίο είχε μόλις μεταφέρει δύο αντικείμενα και αντιγράψει άλλο ένα. Επιπλέον, στην εντολή 12, το IFM σωστά «ανησύχησε», όταν ο χρήστης προσπάθησε να επικολλήσει όλο το φάκελο A:\18-7-2001\ μέσα σε έναν άλλο φάκελο, τον A:\15-10-2001\, όπου είχε ήδη επικολλήσει όλα τα περιεχόμενα του πρώτου φακέλου. Το IFM δημιούργησε μια ευλογοφανή εναλλακτική

ενέργεια μετατρέποντας την εντολή *copy* και πρότεινε ότι ίσως ο χρήστης ήθελε να αντιγράψει έναν άλλο φάκελο με παρόμοιο όνομα. Παρόλα αυτά, ο χρήστης είχε κάνει λάθος στην εντολή επικόλλησης και είχε επιλέξει λάθος φάκελο. Τελικά, το IFM δημιούργησε και αυτή την εντολή αλλά επέλεξε να παρουσιάσει στο χρήστη αυτή με τη μεγαλύτερη ομοιότητα. Αξιολόγηση του μηχανισμού επιλογής των εναλλακτικών ενεργειών παρουσιάζεται στην επόμενη ενότητα.

12.4.2 Ανάλυση των πρωτοκόλλων

Αφότου οι χρήστες ολοκλήρωσαν την αλληλεπίδρασή τους με το IFM, τα πρωτόκολλα συγκεντρώθηκαν και δόθηκαν σε 5 εμπειρογνώμονες ώστε να σχολιαστούν. Στους εμπειρογνώμονες ζητήθηκε να αξιολογήσουν το μηχανισμό αιτιολόγησης του IFM για τις ενέργειες των χρηστών, καθώς αυτοί αλληλεπιδρούσαν με το σύστημα. Συνεπώς, το IFM αξιολογήθηκε σχετικά με το ποσοστό επιτυχίας του στο να παρακολουθεί την αιτιολόγηση των χρηστών και την παροχή βοήθειας. Η επιτυχία του συστήματος υπολογίστηκε λαμβάνοντας υπόψη πόσο συχνά οι ενέργειες των χρηστών θεωρήθηκαν ως αναμενόμενες και πόσο συχνά θεωρήθηκαν ως ύποπτες.

Στην περίπτωση που μια ενέργεια έχει θεωρηθεί από το IFM ως αναμενόμενη αυτό σημαίνει ότι το IFM είχε καταφέρει επιτυχώς να αναγνωρίσει τις προθέσεις του χρήστη και να ακολουθήσει την αιτιολόγηση του. Από την άλλη πλευρά, το IFM θεωρήθηκε ότι είχε σωστά «ανησυχήσει» στην περίπτωση που εμφάνισε στο χρήστη ένα μήνυμα βοήθειας σχετικά με μια ύποπτη ενέργεια και ο χρήστης παραδέχθηκε το λάθος του εκτελώντας μια διορθωτική ενέργεια. Επιπλέον, στις περιπτώσεις όπου η διορθωτική ενέργεια ήταν ίδια με την πρόταση του συστήματος, τότε το IFM θεωρήθηκε επιτυχές στην παροχή βοήθειας.

Στο παράδειγμα του πίνακα 12.11 οι 6 εκ των 14 ενεργειών ήταν αναμενόμενες, το οποίο αντιστοιχούσε στο 42% του συνολικού αριθμού των ενεργειών. Επιπλέον, το IFM ανησυχούσε σωστά σε δύο ενέργειες (7 και 12). Αν αυτές οι 2 ενέργειες προστεθούν στις 6 αναμενόμενες ενέργειες, τότε οι φορές που το IFM είχε επιτυχώς παρακολουθήσει την αιτιολόγηση του

χρήστη και αναγνωρίζει τις προθέσεις του αντιστοιχεί στο 57% των συνολικών ενεργειών. Το IFM ήταν απόλυτα επιτυχές στην παροχή βοήθειας στην ενέργεια 7.

Συνολικός αριθμός ενεργειών	619	
	Ενέργειες	Ποσοστό
Αναμενόμενες	195	32%
Υποπτες	88	14%
Ουδέτερες	294	47%
Λανθασμένες	42	7%
Υποπτες + Λανθασμένες	130	21%

Πίνακας 12.12: Κατηγοριοποίηση των ενεργειών των χρηστών σύμφωνα με το IFM

Σε όλα τα πρωτόκολλα που συγκεντρώθηκαν, τα οποία συνολικά αποτελούντο από 619 ενέργειες, το IFM κατηγοριοποίησε αυτές τις ενέργειες με τον τρόπο που παρουσιάζεται στον πίνακα 12.12. Το IFM είχε «ανησυχήσει» σε ενέργειες που θεώρησε υποπτες ή λανθασμένες. Συνολικά υπήρχαν 130 ενέργειες που ήταν υποπτες ή λανθασμένες και αντιστοιχούσαν στο 21% των συνολικών ενεργειών. Σε αυτές τις ενέργειες το IFM παρήγαγε μηνύματα που περιείχαν τη βοήθεια για το χρήστη. Το IFM κατάφερε να αναγνωρίσει 195 (32%) ενέργειες ως αναμενόμενες και «ανησυχήσει» σωστά σε 102 (16%) ενέργειες. Αν προσθέσουμε αυτές τις ενέργειες και τις διαιρέσουμε με το συνολικό αριθμό ενεργειών των χρηστών, ανακαλύπτουμε ότι το IFM κατάφερε να κατανοήσει τη λογική των χρηστών στο 48% των ενεργειών.

Το IFM θεωρήθηκε ότι είχε αποτύχει εντελώς στην παροχή βοήθειας, όταν δεν «ανησυχήσει» καν σε περιπτώσεις που ο χρήστης αντιμετώπιζε κάποιο πρόβλημα. Πράγματι, το IFM δε μπόρεσε να αναγνωρίσει όλα τα λάθη των χρηστών. Υπήρχαν περιπτώσεις όπου οι χρήστες είχαν κάνει κάποιο λάθος και το σύστημα δεν κατάλαβε ότι κάτι πάει στραβά. Αυτό πιθανότατα συνέβη, επειδή το IFM δεν αντελήφθη ότι η ενέργεια του χρήστη ήταν υποπτη. Παρόλα αυτά, στις περισσότερες προβληματικές καταστάσεις το IFM κατηγοριοποίησε την ενέργεια ως υποπτη, αλλά σε μερικές περιπτώσεις δεν κατάφερε να βρει κάποια εναλλακτική ενέργεια για να

προτείνει στο χρήστη. Σε αυτές τις περιπτώσεις η ενέργεια του χρήστη εκτελέστηκε κανονικά και ο χρήστης ήταν αναγκασμένος να αντιμετωπίσει τις συνέπειες της ενέργειάς του. Πάντως, με τον έναν ή τον άλλον τρόπο, το IFM δεν επενέβη στο 22% των ενεργειών που οδήγησαν σε μια κατάσταση που δεν ήταν επιθυμητή από τους χρήστες, όπως αποκαλύφθηκε και από τις συνεντεύξεις που έδωσαν οι χρήστες.

Τέλος, το IFM θεωρήθηκε παραπλανητικό στις περιπτώσεις που είχε «ανησυχίσει» λανθασμένα. Αυτές οι ενέργειες αντιστοιχούσαν στο 5% των συνολικών ενεργειών. Επιπλέον, υπήρχε ένα μικρό ποσοστό (10%) των περιπτώσεων που το IFM επενέβη, όπου ο χρήστης παραδέχθηκε ότι είχε κάνει κάποιο λάθος αλλά η επόμενη ενέργεια του δεν ήταν συμβατή με την πρόταση του συστήματος. Φυσικά αυτό δε σημαίνει σίγουρα ότι το σύστημα έδωσε λάθος βοήθεια, μπορεί απλά οι χρήστες να άλλαξαν τα σχέδιά τους, όταν ενημερώθηκαν για τα πιθανά λάθη τους. Πάντως από τις 102 ενέργειες, που σωστά εκτίμησε το σύστημα ως μη επιθυμητές από το χρήστη, στις 87 ενέργειες ο χρήστης ακολούθησε τη συμβουλή του συστήματος. Αυτό σημαίνει ότι η ΠΑΔ κατάφερε μέσω του καθολικού βαθμού βεβαιότητας να εντοπίσει την πραγματική πρόθεση του χρήστη με ποσοστό επιτυχίας 85%.

Τα παραπάνω ποσοστά έχουν υπολογιστεί ως ο μέσος όρος των ποσοστών που προέκυψαν από τα πρωτόκολλα των άπειρων και έμπειρων χρηστών. Για την ακρίβεια, ανεξάρτητα τα ποσοστά των άπειρων και έμπειρων χρηστών δείχνουν ότι το IFM ήταν πιο επιτυχές στην κατηγορία των άπειρων χρηστών από ότι στους έμπειρους. Επίσης παρατηρήθηκε ότι οι χρήστες μαθαίνουν από τα ίδια τους τα λάθη, όταν υπάρχει ένα σύστημα που τους συμβουλεύει και η εμφάνιση των λαθών τους μειώνεται σταδιακά. Αυτό δε συμβαίνει στα κοινά προγράμματα διαχείρισης του συστήματος αρχείων, από ότι παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της εμπειρικής μελέτης. Επιπλέον, μέσω της χρήσης του IFM έχουμε μια αύξηση των περιπτώσεων κατά τις οποίες οι χρήστες επιτυγχάνουν τους στόχους τους και δε χάνουν χρήσιμες πληροφορίες που δεν μπορούν να ανακτήσουν στη συνέχεια.

Αφού ολοκληρώθηκε η αλληλεπίδραση των χρηστών με το σύστημα, οι

χρήστες ρωτήθηκαν για την αλληλεπίδρασή τους με το σύστημα. Το 56,25% των χρηστών βρήκε την αλληλεπίδραση με το σύστημα πολύ καλή, το 25% την βρήκε καλή και μόνο το 18,75% αποκρίθηκε ότι η αλληλεπίδραση χρειαζόταν πολύ βελτίωση. Όσον αφορά στο τρόπο επέμβασης στην περίπτωση λάθους, στο 56,25% των χρηστών άρεσε πολύ ο ομιλών πράκτορας και ο τρόπος επέμβασής του, ενώ το 12,5% των χρηστών βρήκε τον πράκτορα ενοχλητικό. Τέλος, το 62,5% των χρηστών αποκρίθηκε ότι η βοήθεια που παρείχε το σύστημα τους βοήθησε να επιτύχουν τους στόχους τους και να κατανοήσουν μερικές από τις λειτουργίες του συστήματος. Τέλος, μόνο το 12,5% των χρηστών θεώρησε ότι η βοήθεια του συστήματος ήταν εντελώς περιττή.

12.5 Συμπεράσματα

Το IFM παρακολουθεί συνεχώς τους χρήστες του καθώς αυτοί διαχειρίζονται το σύστημα αρχείων τους και παρέχει βοήθεια σε αυτούς που αντιμετωπίζουν κάποιο πρόβλημα σχετικά με την επίτευξη των στόχων τους. Η μόνη απόδειξη ότι ένα τέτοιο σύστημα πραγματικά δουλεύει και επιτυγχάνει τους στόχους του είναι μέσω της αξιολόγησής του από πραγματικούς χρήστες. Έτσι, το IFM αξιολογήθηκε με τη συμμετοχή πραγματικών χρηστών και εμπειρογνομόνων. Συγκεκριμένα, τα πρωτόκολλα από την αλληλεπίδραση χρηστών διαφορετικών επιπέδων με ένα κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων σχολιάστηκαν από 10 εμπειρογνώμονες. Επιπλέον, τα πρωτόκολλα αυτά εισήχθησαν και στο IFM και η αιτιολόγηση του συγκρίθηκε με την αξιολόγηση των εμπειρογνομόνων. Σε αυτήν την πρώτη φάση της αξιολόγησης εξετάστηκε ο περιορισμένος μηχανισμός αναγνώρισης στόχων καθώς και η εφαρμογή της ΑΕΑ για τη δημιουργία υποθέσεων σχετικά με τους στόχους του χρήστη.

Τα ποσοστά επιτυχίας του IFM και του κοινού προγράμματος διαχείρισης του συστήματος αρχείων απέδειξαν ότι η βοήθεια που παρέχεται από τα κοινά προγράμματα είναι ελλιπής, ενώ το IFM μπορεί σαφώς καλύτερα να προσομοιάσει τη βοήθεια που παρέχει ένας εμπειρογνώμονας που παρακολουθεί το χρήστη και επεμβαίνει, όταν αυτό θεωρηθεί απαραίτητο.

Συγκεκριμένα, από την αξιολόγηση προέκυψε ότι ο περιορισμένος μηχανισμός αναγνώρισης στόχων σε συνδυασμό με την ΑΕΑ μπορούν επιτυχώς να ακολουθήσουν την αιτιολόγηση των χρηστών, καθώς αλληλεπιδρούν με το σύστημα. Επιπλέον, η ΑΕΑ κατάφερε μέσω των μετασχηματισμών δηλώσεων να εντοπίσει την εναλλακτική ενέργεια που πρότειναν οι χρήστες. Όμως το βασικό πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε ήταν ότι η εφαρμογή της ΑΕΑ είχε πολλές φορές ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πολλών εναλλακτικών ενεργειών και δεν ήταν δυνατό να επιλεγεί μόνο μία.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα το σύστημα χρησιμοποιεί κάποιες θεωρίες λήψης αποφάσεων ώστε να συνδυάσει τις τιμές των παραμέτρων βεβαιότητας και να βρει τη «βέλτιστη» εναλλακτική σύμφωνα με τους στόχους του χρήστη. Η αξιολόγηση και η σύγκριση των τριών διαφορετικών θεωριών λήψης αποφάσεων γίνεται κατά τη δεύτερη φάση της αξιολόγησης. Από τα ποσοστά επιτυχίας που προέκυψαν αποδείχθηκε ότι μια θεωρία λήψης αποφάσεων μπορεί να βελτιώσει πραγματικά την ΑΕΑ και να παρέχει καλύτερα αποτελέσματα. Επιπλέον, από τη σύγκριση των τριών θεωριών προέκυψε ότι η θεωρία που έχει την μεγαλύτερη επιτυχία στην αναγνώριση της «βέλτιστης» εναλλακτικής είναι η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων και μάλιστα όταν η κατάταξη των ενεργειών γίνεται βάσει του καθολικού βαθμού βεβαιότητας. Η συγκεκριμένη θεωρία ήταν αυτή που προσέγγιζε καλύτερα τις προτάσεις των εμπειρογνομόνων και γι' αυτό θεωρήθηκε και πιο επιτυχής.

Η τελευταία φάση της αξιολόγησης αφορούσε στην απευθείας αλληλεπίδραση χρηστών με το IFM. Οι χρήστες αλληλεπίδρασαν με την έκδοση του συστήματος που χρησιμοποιούσε την Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων και η κατάταξη των ενεργειών γινόταν βάσει του καθολικού βαθμού βεβαιότητας, αφού αυτή θεωρήθηκε η καλύτερη υλοποίηση από την προηγούμενη φάση της αξιολόγησης. Τα πρωτόκολλα που συγκεντρώθηκαν από αυτή τη διαδικασία ελέγχθηκαν από πέντε εμπειρογνώμονες, ώστε να αξιολογήσουν την ποιότητα της αλληλεπίδρασης. Τα αποτελέσματα και από αυτή τη φάση ήταν πολύ ενθαρρυντικά, αφού αποδείχθηκε ότι το σύστημα κατάφερε με επιτυχία να ακολουθήσει τη λογική των χρηστών και να

εντοπίσει τους πραγματικούς στόχους τους σε ένα μεγάλο αριθμό εντολών. Επιπλέον, όμως, ερωτήθηκαν και οι ίδιοι οι χρήστες που αλληλεπίδρασαν με το σύστημα ώστε να σχολιάσουν το είδος της αλληλεπίδρασης, τη μέθοδο επέμβασης στην περίπτωση κάποιου λάθους καθώς και το είδος της βοήθειας που παρήχθη. Τα αποτελέσματα και από αυτήν τη διαδικασία ήταν πολύ ενθαρρυντικά, αφού η πλειοψηφία των χρηστών βρήκαν την αλληλεπίδραση πολύ καλύτερη από ένα κοινό πρόγραμμα διαχείρισης του συστήματος αρχείων αλλά και πολλοί από αυτούς, κυρίως άπειροι, δήλωσαν ότι το σύστημα τους βοήθησε να επιτύχουν τους στόχους τους και να σώσουν πολύτιμα αρχεία και πληροφορίες.

Συμπεράσματα

Η έρευνα που διεξήχθη στην παρούσα διατριβή είχε ως στόχο τη βελτίωση και εξατομίκευση των αλληλεπιδράσεων των χρηστών με εφαρμογές λογισμικού που απευθύνονται σε ευρύ πλήθος χρηστών διαφορετικών αναγκών. Για αυτό το σκοπό εξετάστηκαν τα γραφικά συστήματα διεπαφής για τους χρήστες προσωπικών υπολογιστών.

Πρώτα θεωρήθηκε απαραίτητο να διαπιστωθεί κατά πόσο υπάρχει πράγματι ανάγκη για τη βελτίωση τέτοιων προγραμμάτων και αν ναι τι είδους ανάγκη υπάρχει. Για το σκοπό αυτό διεξήχθη μία εμπειρική μελέτη, αφού δεν υπήρχαν αρκετές μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία που να αφορούν στα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι χρήστες των αντικειμενοστρεφών, γραφικών συστημάτων διεπαφής. Η μελέτη αυτή κατέδειξε πολλά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι χρήστες κατά την αλληλεπίδρασή τους με τα γραφικά συστήματα διεπαφής. Επιπλέον επέτρεψε τον προσδιορισμό αρκετών σημείων βελτίωσης αυτών των προγραμμάτων. Η μελέτη που διεξήχθη αποτελεί σημαντική συνεισφορά στον τομέα των αντικειμενοστρεφών, γραφικών συστημάτων διεπαφής αφού

μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη και άλλων συστημάτων βοήθειας ή τη βελτίωση των συστημάτων διεπαφής.

Για την αποτελεσματική έρευνα στα θέματα βελτίωσης και εξατομικής των γραφικών συστημάτων διεπαφής αναπτύχθηκε ένα πρότυπο γραφικό σύστημα διεπαφής, το IFM, το οποίο ενσωματώνει ένα ευφυές σύστημα βοήθειας. Τα συστήματα βοήθειας που αναφέρονται σε γραφικά συστήματα διεπαφής είναι ελάχιστα και γι' αυτόν το λόγο, η ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος αποτελεί σημαντική συνεισφορά στον τομέα των γραφικών συστημάτων διεπαφής και των ΕΣΒ.

Το σύστημα IFM προσπαθεί όχι μόνο να βοηθά τους χρήστες να επιτύχουν τους στόχους τους αλλά στοχεύει και στην προαγωγή των γνώσεών τους. Ως εκ τούτου, όταν το IFM κρίνει ότι ο χρήστης δεν γνωρίζει τη χρήση κάποιων εντολών που χρειάζεται για να επιτύχει τους στόχους του, τότε το IFM εμφανίζει αυτόματα πληροφορίες για τις εντολές αυτές προσαρμοσμένες στις ανάγκες του χρήστη. Συγκεκριμένα, το σύστημα χρησιμοποιεί διάφορες τεχνικές προσαρμοστικών υπερμέσων ώστε να προσαρμόσει την αλληλεπίδραση με τον εκάστοτε χρήστη και να του παρέχει τις πληροφορίες που χρειάζεται.

Στο IFM διερευνήθηκε η εφαρμογή δύο μηχανισμών αιτιολόγησης που είχαν χρησιμοποιηθεί για πρώτη φορά στο RESCUER [Virvou 1992], το οποίο ήταν ένα Ευφυές Σύστημα Βοήθειας (ΕΣΒ) για τους χρήστες του UNIX. Με αυτόν τον τρόπο ελέγχθηκε η καταλληλότητά των δύο αυτών μηχανισμών για ένα γραφικό σύστημα διεπαφής, το οποίο είναι πολύ διαφορετικό από ένα σύστημα γραμμής εντολών όπως το UNIX. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν ο μηχανισμός αναγνώρισης στόχων και η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση, ως μέσο μοντελοποίησης της αιτιολόγησης τόσο των χρηστών του συστήματος όσο και των εμπειρογνομόνων που τους παρακολουθούν και ενεργούν ως σύμβουλοι. Όμως η έρευνα της Virvou [1992] στο RESCUER είχε επικεντρωθεί κυρίως στη χρήση των αλυσίδων αιτιολόγησης που παρέχει η Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση (ΑΕΑ) για τον προσδιορισμό του βάθους της

παρανόησης του χρήστη. Από την άλλη πλευρά, η παρούσα έρευνα επικεντρώθηκε σε θέματα σχετικά με την ΑΕΑ που είχαν μείνει ανοιχτά.

Έτσι το πρώτο θέμα που εξετάστηκε ήταν η εφαρμογή των στοιχείων της ΑΕΑ σε ένα γραφικό σύστημα διεπαφής, το οποίο διαφέρει σε πάρα πολλά σημεία από ένα σύστημα διεπαφής γραμμής εντολών. Το γεγονός ότι τα δύο αυτά είδη συστημάτων διεπαφής διαφέρουν τόσο πολύ επηρεάζει τόσο την αναπαράσταση της γνώσης όσο και τους μηχανισμούς συμπερασμού της ΑΕΑ.

Ένα άλλο βασικό θέμα που είχε μείνει ανοιχτό από την έρευνα της Virvou [1992] αφορούσε στην αντιμετώπιση της έλλειψης ενός ακριβούς μαθηματικού τρόπου υπολογισμού των παραμέτρων βεβαιότητας της ΑΕΑ. Έτσι ελέγχθηκε η καταλληλότητα των θεωριών λήψης αποφάσεων ως μέσου συμπλήρωσης της ΑΕΑ. Οι θεωρίες λήψης αποφάσεων δεν είχαν χρησιμοποιηθεί ποτέ μέχρι τώρα για τους σκοπούς της μοντελοποίησης χρηστών και της παροχής βοήθειας σε χρήστες ενός γραφικού συστήματος διεπαφής. Στην παρούσα διατριβή εξετάστηκε για πρώτη φορά η καταλληλότητα τους για αυτό τον τομέα και μάλιστα διερευνήθηκε η δυνατότητα συνδυασμού τους με την ΑΕΑ.

Το συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι οι θεωρίες λήψης αποφάσεων μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά τον έλεγχο σε ένα ΕΣΒ και μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά σε συνδυασμό με μια γνωστική θεωρία όπως είναι η ΑΕΑ. Συγκεκριμένα ότι ο συνδυασμός της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης και των θεωριών λήψης αποφάσεων επιτυγχάνει μια πολύ καλή ταξινόμηση των πιθανών συμβουλών του συστήματος όταν οι συμβουλές που παράγονται είναι πολλές. Αυτό αποτελεί σημαντική συνεισφορά στο ερευνητικό πεδίο των ΕΣΒ διότι δείχνει ότι οι θεωρίες λήψης αποφάσεων μπορούν να αποτελέσουν ένα σημαντικό εργαλείο για τους μηχανισμούς αιτιολόγησης αυτών των συστημάτων. Επιπλέον δημιουργούνται προοπτικές για περαιτέρω διερεύνηση του θέματος αυτού και από άλλους ερευνητές. Η επιτυχής προσπάθεια συνδυασμού των θεωριών λήψης αποφάσεων με την ΑΕΑ που είναι μια

γνωστική θεωρία αποτελεί συνεισφορά και στην γνωστική επιστήμη γενικότερα διότι δείχνει ένα τρόπο εμπλουτισμού των μηχανισμών αιτιολόγησης που προσφέρει η επιστήμη αυτή. Τέλος, ο συνδυασμός αυτός διευρύνει το πεδίο εφαρμογών των θεωριών λήψης αποφάσεων.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το χρήστη λαμβάνονται από το μοντέλο του χρήστη. Ένα πρόβλημα όμως που υπήρχε είναι ότι ο χρήστης απαιτείτο να αλληλεπιδράσει με το σύστημα αρκετή ώρα προτού το σύστημα καταφέρει να συγκεντρώσει αρκετές πληροφορίες για αυτόν. Αυτό το πρόβλημα είναι γενικότερο και υπάρχει σε πολλά συστήματα που βασίζονται στη μοντελοποίηση χρηστών και αφορά στην αρχικοποίηση των μοντέλων χρηστών. Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα δόθηκε μέσω ενός καινοτόμου συνδυασμού των παραμέτρων της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης με τα στερεότυπα για την αρχικοποίηση των μοντέλων των χρηστών. Αυτός ο συνδυασμός αποτελεί σημαντική βελτίωση της τεχνικής των «στερεοτύπων» γιατί παραμετροποιεί τα συμπεράσματα που εξάγονται για το χρήστη μέσω αυτής της τεχνικής.

Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν τα πλεονεκτήματα του Παγκόσμιου Ιστού ώστε να διατηρούνται τα δεδομένα των χρηστών σε ένα κεντρικό εξυπηρέτη και έτσι να μη χρειάζεται η αρχικοποίηση του μοντέλου του χρήστη κάθε φορά που αυτός αλλάζει τον υπολογιστή που χρησιμοποιεί. Σε αυτό τον τομέα, χρησιμοποιήθηκε ένας νέος τρόπος αλληλεπίδρασης του συστήματος με τον εξυπηρέτη που βασίζεται στα Web Services. Αυτός ο νέος τρόπος αλληλεπίδρασης, ο οποίος βασίζεται σε πρότυπα, επιτρέπει τη λήψη των δεδομένων ουσιαστικά από παντού και επιτρέπει τη δυναμική ενοποίηση των εφαρμογών που είναι κατανεμημένες στο Internet, ανεξάρτητα από την πλατφόρμα του υλικού ή του λογισμικού στην οποία έχουν υλοποιηθεί. Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τη χρήση αυτής της νέας τεχνολογίας στο συγκεκριμένο τομέα αποτελούν σημαντική συνεισφορά στο πεδίο της μοντελοποίησης χρηστών.

Τέλος, τα διάφορα πειράματα αξιολόγησης του IFM με τη συμμετοχή

πολλών εμπειρογνομόνων συνέβαλαν στην εξαγωγή πολύ χρήσιμων συμπερασμάτων. Συγκεκριμένα έδειξαν ότι ο συνδυασμός του μηχανισμού αναγνώρισης στόχων του χρήστη με την γνωστική θεωρία ΑΕΑ είναι δυνατό να παράγουν σε μεγάλο βαθμό συμβουλές παρόμοιες με αυτές που θα έδιναν οι άνθρωποι-εμπειρογνώμονες. Η μεγαλύτερη επιτυχία των μηχανισμών αιτιολόγησης σημειώνεται σε περιπτώσεις όπου η πλειοψηφία των ανθρώπων-εμπειρογνομόνων συμφωνούν μεταξύ τους ως προς το είδος της συμβουλής που πρέπει να δοθεί. Επιπλέον, οι αξιολογήσεις έδειξαν ότι οι θεωρίες λήψης αποφάσεων μπορούν να συνδυαστούν επιτυχώς με τους άλλους μηχανισμούς αιτιολόγησης για τη βελτίωση της παροχής συμβουλών. Όλες οι θεωρίες λήψης αποφάσεων που εξετάστηκαν πέτυχαν βελτίωση της παροχής συμβουλών. Όμως η θεωρία που είχε τη μεγαλύτερη επιτυχία ήταν η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων. Αυτή η θεωρία είχε ακόμα μεγαλύτερη επιτυχία όταν σε ένα δεύτερο στάδιο ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της καθολικής αποδοτικότητας [Despotis 2002]. Τα πειράματα αξιολόγησης αποτελούν σημαντική συνεισφορά στο ερευνητικό πεδίο των ΕΣΒ, αφού τόσο η μεθοδολογία εκτέλεσης των πειραμάτων όσο και τα συμπεράσματα που εξήχθησαν μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από άλλους ερευνητές.

13.1 Συνεισφορά στην έρευνα

13.1.1 Συνεισφορά στον τομέα των Αντικειμενοστρεφών, Γραφικών Συστημάτων Διεπαφής

Τα γραφικά συστήματα διεπαφής ήταν πολύ πιο εύχρηστα από άλλα συστήματα, όπως τα συστήματα διεπαφής γραμμής εντολών που κυριαρχούσαν παλιότερα. Πράγματι, τα γραφικά συστήματα διεπαφής κατάφεραν να αναβαθμίσουν την αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή και να γίνουν πιο φιλικά προς το χρήστη. Γι' αυτό το λόγο θεωρήθηκαν επαρκή από πολλούς ερευνητές και έτσι παρατηρείται μια έλλειψη μελετών σχετικά με τα προβλήματα ευχρηστίας τους. Όμως, οι χρήστες εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν προβλήματα κατά την αλληλεπίδρασή τους.

Λαμβάνοντας υπόψη την έλλειψη τέτοιου είδους μελετών, η εμπειρική

μελέτη που διεξήχθη στα πρώτα στάδια υλοποίησης του IFM αποτελεί σημαντική συνεισφορά στον τομέα των αντικειμενοστρεφών, γραφικών συστημάτων διεπαφής. Στα πλαίσια αυτής της μελέτης προέκυψαν συμπεράσματα για τα προβλήματα χρηστικότητα που αντιμετωπίζουν τα κοινά συστήματα διαχείρισης αρχείων αλλά και τα αντικειμενοστρεφή, γραφικά συστήματα διεπαφής γενικότερα. Επιπλέον, από τη διενέργεια αυτής της μελέτης, η οποία διεξήχθη με τη συμμετοχή χρηστών διαφορετικών επιπέδων δεξιοτήτων στη χρήση των υπολογιστών καθώς και εμπειρογνομόνων που ενεργούσαν ως σύμβουλοι, προέκυψε ο προσδιορισμός των βασικών απαιτήσεων των χρηστών για τη βοήθεια που πρέπει να παρέχει ένα σύστημα.

Πολλά από τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παραπάνω διαδικασία είναι ανεξάρτητα του τομέα εφαρμογής τους και, συνεπώς, μπορούν να αξιοποιηθούν για τη βελτίωση των αντικειμενοστρεφών, γραφικών συστημάτων διεπαφής αλλά και για την ανάπτυξη βελτιωμένων συστημάτων βοήθειας.

13.1.2 Συνεισφορά στον τομέα ανάπτυξης των Ευφυών Συστημάτων Βοήθειας

Οι ερευνητές στον τομέα των ΕΣΒ είχαν δώσει μέχρι τώρα ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη συστημάτων για την εξυπηρέτηση των χρηστών που αλληλεπιδρούν με συστήματα διεπαφής γραμμής εντολών. Μετά από εκτενή έρευνα στη σχετική βιβλιογραφία εντοπίστηκε μια έλλειψη για συστήματα βοήθειας που αναφέρονται σε γραφικά συστήματα διεπαφής, παρότι οι χρήστες αυτών των συστημάτων διεπαφής αντιμετωπίζουν πολλά προβλήματα κατά την αλληλεπίδρασή τους με τον υπολογιστή. Ως εκ τούτου, η ανάπτυξη του IFM, ενός ΕΣΒ για ένα αντικειμενοστρεφές, γραφικό σύστημα διεπαφής αποτελεί σημαντική συνεισφορά στον τομέα των ΕΣΒ.

Επιπλέον, τα περισσότερα ελαττώματα των ΕΣΒ οφείλονται στο ότι η ανάπτυξη αυτών των συστημάτων δεν βασίζεται σε κάποια γνωστή μεθοδολογία ανάπτυξης λογισμικού. Όπως υποστηρίζουν και οι Delisle &

Moulin [2002], αυτό που πρέπει να τονιστεί σε ένα σύστημα είναι η σημαντικότητα μιας μεθοδολογίας λογισμικού, η οποία θα είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες των χρηστών και θα περιγράφει τις λειτουργίες του συστήματος από την οπτική τους γωνία. Επιπλέον, ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί και στην εργονομία (χρησιμότητα και χρηστικότητα) του σχεδιασμού του συστήματος διεπαφής καθώς και των λειτουργιών παροχής βοήθειας. Ως εκ τούτου, η ανάπτυξη του IFM βάσει του μοντέλου του κύκλου ζωής της Rational Unified Process, το οποίο έχει προσαρμοστεί ώστε να περιλάβει πολλές εμπειρικές μελέτες, αποτελεί σημαντική συνεισφορά στο τομέα της ανάπτυξης των ΕΣΒ. Το συγκεκριμένο αντικειμενοστρεφές μοντέλο, το οποίο συνιστά πολλαπλές επαναλήψεις στον κύκλο ζωής του λογισμικού, μπορεί να εφαρμοστεί για την ανάπτυξη οποιουδήποτε συστήματος βοήθειας ώστε αυτό να ανταποκρίνεται στις πραγματικές προσδοκίες των χρηστών.

13.1.3 Ευφυή Συστήματα Βοήθειας για γραφικά συστήματα διεπαφής και Ανθρώπινη Ευλογοφανής Αιτιολόγηση

Ο βασικός στόχος του IFM ήταν να βελτιώσει την αλληλεπίδραση προς το χρήστη ώστε να γίνει πιο ανθρώπινη και πιο φιλική από ότι είναι στα κοινά προγράμματα διαχείρισης του συστήματος αρχείων. Ένας τρόπος βελτίωσης της αλληλεπίδρασης ήταν μέσω της παροχής άμεσης βοήθειας παρόμοιας με τη βοήθεια που παρέχει ένας εμπειρογνώμονας που παρακολουθεί το χρήστη καθώς εργάζεται. Για αυτόν το λόγο αναζητήθηκε ένας τρόπος μοντελοποίησης της ανθρώπινης αιτιολόγησης.

Η Virvou [1992] είχε διερευνήσει τη χρησιμότητα μιας γνωστικής θεωρίας, της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης, για ένα σύστημα βοήθειας, το RESCUER, που απευθυνόταν στους χρήστες του UNIX. Στη παρούσα έρευνα ελέγχθηκε η καταλληλότητα της ίδιας θεωρίας για ένα άλλο σύστημα βοήθειας το IFM. Η βασική διαφορά του IFM με το RESCUER είναι στο είδος της αλληλεπίδρασης με το χρήστη, αφού το πρώτο έχει γραφικό σύστημα διεπαφής και το δεύτερο έχει σύστημα διεπαφής γραμμής εντολών.

Δεδομένων των διαφορών που υπάρχουν μεταξύ του IFM και του RESCUER, η εφαρμογή της ΑΕΑ και στο IFM απέδειξε ότι η θεωρία αυτή αποτελεί ένα δυνατό εργαλείο, ανεξάρτητο του τομέα εφαρμογής του, για την παροχή άμεσης βοήθειας βασισμένο στην ανθρώπινη αιτιολόγηση. Η ΑΕΑ παρέχει ένα τρόπο αιτιολόγησης που αποφεύγει τελείως κάθε είδους «προκατασκευασμένης» γνώσης, όπως είναι οι βιβλιοθήκες σχεδίων, οι λίστες λαθών, κλπ. Έτσι, το IFM χρησιμοποιεί αναλογικό συλλογισμό, βασισμένο σε βασικές αρχές που υπογραμμίζουν τη σωστή χρήση του συστήματος αρχείων.

Παρόλα αυτά, ένα πρόβλημα που παρουσιάστηκε κατά την εφαρμογή της ΑΕΑ ήταν ότι δεν ήταν δυνατή η άμεση εφαρμογή της σε ένα γραφικό σύστημα διεπαφής. Μερικά από τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν αφορούσαν στον ορισμό των ερωτήσεων που θα οδηγούσαν τη συμπερασματολογική διαδικασία, στη δημιουργία ιεραρχιών διαδικαστικής γνώσης και στην εφαρμογή των παραμέτρων βεβαιότητας της ΑΕΑ στον τομέα του γραφικού συστήματος διεπαφής. Μέσω αυτής της διατριβής γίνεται εμφανής η χρησιμότητα της ΑΕΑ σε ένα γραφικό σύστημα διεπαφής και καθορίζεται ένα γενικό πλαίσιο για την ενσωμάτωση μιας τέτοιας θεωρίας σε οποιοδήποτε αντικειμενοστρεφές γραφικό σύστημα διεπαφής.

13.1.4 Καινοτόμος συνδυασμός της Ανθρώπινης Ευλογοφανούς Αιτιολόγησης με κάποια θεωρία λήψης αποφάσεων

Η εφαρμογή της ΑΕΑ σε ένα γραφικό σύστημα διεπαφής μπορεί πραγματικά να βελτιώσει την αλληλεπίδραση του χρήστη με το σύστημα. Όμως ένα βασικό πρόβλημα που προκύπτει κατά την εφαρμογή της θεωρίας είναι ο τρόπος υπολογισμού των παραμέτρων βεβαιότητας, αφού οι δημιουργοί της δεν όριζαν τον ακριβή μαθηματικό τρόπο υπολογισμού τους. Ως εκ τούτου, εξετάστηκε πως μπορεί να λυθεί αυτό το πρόβλημα με κάποια θεωρία λήψης αποφάσεων.

Η συμπλήρωση της ΑΕΑ με κάποια θεωρία λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια αποτελεί βασική συνεισφορά στον τομέα της γνωστικής επιστήμης αλλά και στον τομέα των ΕΣΒ. Συγκεκριμένα, για τη

συμπλήρωση της ΑΕΑ ελέγχθηκαν διαδοχικά τρεις διαφορετικές θεωρίες λήψης αποφάσεων, το Απλό Σταθμιζόμενο Αθροιστικό μοντέλο, η Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας και η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων.

Στη διατριβή παρουσιάστηκε μια εκτενής ανάλυση των τριών αυτών θεωριών στο IFM από την οποία προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα για το ποια θεωρία μπορεί καλύτερα να μοντελοποιήσει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων των εμπειρογνομόνων όταν παρέχουν βοήθεια σε χρήστες ηλεκτρονικών υπολογιστών. Τα συμπεράσματα αυτά αποδεικνύουν τη γενικότητα του μοντέλου που προτείνεται. Έτσι, ορίστηκε το γενικό πλαίσιο εφαρμογής της ΑΕΑ σε συνδυασμό με κάποια θεωρία λήψης αποφάσεων ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μοντελοποίηση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων σε οποιοδήποτε γραφικό σύστημα διεπαφής, ανεξαρτήτως του τομέα εφαρμογής του.

13.1.5 Συνεισφορά στην αρχικοποίηση και διατήρηση των μοντέλων χρηστών

Η μοντελοποίηση χρηστών κερδίζει συνεχώς έδαφος δεδομένης της αναγκαιότητας της και των πλεονεκτημάτων που προσφέρει. Για αυτόν το λόγο, οι σχεδιαστές λογισμικού έχουν επικεντρωθεί στην αναζήτηση νέων τεχνικών για τη λήψη, διατήρηση και χρήση των δεδομένων των χρηστών έτσι ώστε η αλληλεπιδραστική συμπεριφορά των συστημάτων να μπορέσει να βελτιωθεί.

Ένα από τα βασικά προβλήματα που υπάρχουν είναι το πρόβλημα της αρχικοποίησης των μοντέλων των χρηστών, ώστε οι συμβουλές που παράγονται από το σύστημα σε πρώιμο στάδιο αλληλεπίδρασης με τους χρήστες να είναι αξιόπιστες και αποδεκτές. Για το λόγο αυτό, στην παρούσα διατριβή προτάθηκε ένας καινοτόμος συνδυασμός των στερεοτύπων με τις παραμέτρους βεβαιότητας της ΑΕΑ. Ο συνδυασμός αυτός επιτρέπει τη σωστή αρχικοποίηση των μοντέλων των χρηστών πριν το σύστημα συλλέξει αρκετές πληροφορίες για κάθε χρήστη ξεχωριστά.

Επιπλέον, ένα άλλο πρόβλημα που διερευνήθηκε ήταν τα πλεονεκτήματα

του Παγκόσμιου Ιστού ώστε να μην απαιτείται η αρχικοποίηση του μοντέλου του χρήστη κάθε φορά που αυτός αλλάζει τον υπολογιστή που χρησιμοποιεί. Έτσι, στα πλαίσια της παρούσης διατριβής, διερευνήθηκε η χρήση των Web Services για τη βελτίωση της επικοινωνίας μεταξύ του εξυπηρέτη στον οποίο διατηρούνται τα μοντέλα των χρηστών και στον υπολογιστή που τρέχει η εφαρμογή. Οι Web Services (υπηρεσίες του Ιστού) είναι αυτόνομες, τμηματοποιημένες εφαρμογές που παρέχουν ένα σύνολο από λειτουργίες κατ' απαίτηση. Το βασικό χαρακτηριστικό των Web Services είναι ότι αλληλεπιδρούν με τις εφαρμογές τις οποίες επικαλούνται χρησιμοποιώντας καθιερωμένα πρότυπα. Η χρήση αυτής της νέας μεθόδου αποτελεί σημαντική συνεισφορά στο ερευνητικό πεδίο της μοντελοποίησης χρηστών και στη παροχή εξατομικευμένων υπηρεσιών.

Βασικό πλεονέκτημα αυτού του νέου μοντέλου είναι η δυνατότητα που έχουν τα δεδομένα να περνούν μέσα από τα περισσότερα συστήματα ασφάλειας, όπως οι εξυπηρέτες Proxy και τα Firewall. Επιπλέον, η μοντελοποίηση χρηστών που βασίζεται σε καθιερωμένα πρότυπα επιτρέπει τη δυναμική ενοποίηση των εφαρμογών που είναι καταμεμημένες στο Internet, ανεξάρτητα από την πλατφόρμα του υλικού ή του λογισμικού στην οποία έχουν υλοποιηθεί. Επίσης, η επικοινωνία γίνεται κανονικά ανεξάρτητα και από τη γλώσσα προγραμματισμού στην οποία έχουν δημιουργηθεί οι εφαρμογές. Έτσι, στη διατριβή αυτή γίνεται η παρουσίαση μιας νέας αρχιτεκτονικής για τη διαχείριση των μοντέλων των χρηστών, βασικό χαρακτηριστικό της οποίας είναι η επικοινωνία των πρακτόρων με τις Web Services. Η αρχιτεκτονική αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιοδήποτε σύστημα μοντελοποίησης χρηστών για τη διατήρηση των μοντέλων σε ένα κεντρικό εξυπηρέτη και τη διαχείρισή τους από οποιαδήποτε εφαρμογή-πελάτη.

13.1.6 Αξιολόγηση Ευφυών Συστημάτων Βοήθειας με τη συμμετοχή εμπειρογνομόνων

Μετά την ολοκλήρωση της υλοποίησης του IFM, διενεργήθηκαν τρεις μελέτες αξιολόγησής του. Η αξιολόγηση ενός ΕΣΒ είναι αρκετά δύσκολη

διαδικασία και οφείλεται κυρίως στο ότι το σύστημα που έχει επιλεγεί στην προκειμένη περίπτωση αναφέρεται σε ένα μεγάλο πλήθος χρηστών με πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά. Από την άλλη πλευρά, πολλοί ερευνητές στην περιοχή των ΕΣΒ έχουν υπογραμμίσει τη μεγάλη σημασία αυτών των μελετών αφού μόνο έτσι μπορεί να αποδειχθεί ότι το σύστημα πραγματικά δουλεύει. Ένας επιπλέον λόγος για τη διενέργεια τέτοιων μελετών είναι το ότι τα αποτελέσματα από τέτοιου είδους μελέτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλους ερευνητές για την ανάπτυξη μελλοντικών συστημάτων, αφού αποκαλύπτουν τι μπορεί να μοντελοποιηθεί και τι όχι, τι είναι απαραίτητο και τι όχι, κλπ.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό όλων των πειραμάτων που διενεργήθηκαν και περιγράφηκαν παραπάνω ήταν η συμμετοχή πολλών εμπειρογνομόνων και η σύγκριση του συστήματος βοήθειας με αυτούς. Στις περισσότερες αξιολογήσεις ΕΣΒ συμμετέχει ένας εμπειρογνώμονας ανά πρωτόκολλο και αυτός συνήθως απλώς σχολιάζει την αλληλεπίδραση. Στην προκειμένη περίπτωση συμμετείχαν αρκετοί εμπειρογνώμονες ανά πρωτόκολλο, οι οποίοι σχολίασαν τον τρόπο με τον οποίο πίστευαν ότι έπρεπε να δοθεί βοήθεια στους χρήστες. Τα σχόλια των εμπειρογνομόνων συγκρίθηκαν μεταξύ τους καθώς και με το αξιολογούμενο σύστημα βοήθειας.

Τα συμπεράσματα από το πρώτο πείραμα αξιολόγησης έδειξαν τη σημαντική χρησιμότητα του μηχανισμού αναγνώρισης στόχων και της ΑΕΑ σε ένα γραφικό σύστημα διεπαφής. Τα στοιχεία αυτά σε συνδυασμό με τα στοιχεία που προέκυψαν από τη μελέτη των Virvou & Du Boulay [1999] δείχνουν ότι τα δύο αυτά εργαλεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλα συστήματα βοήθειας.

Το δεύτερο πείραμα στόχευε στην αξιολόγηση και σύγκριση των τριών θεωριών λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια. Τα αποτελέσματα από αυτή τη διαδικασία απέδειξαν τη βελτίωση της ΑΕΑ μέσω κάποιας θεωρίας λήψης αποφάσεων και αποκάλυψαν ότι η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων σε συνδυασμό με τη μέθοδο της καθολικής αποδοτικότητας μπορεί να μοντελοποιήσει καλύτερα από τις υπόλοιπες τη διαδικασία

λήψης αποφάσεων των εμπειρογνομόνων. Η συνεισφορά αυτής της μελέτης είναι ότι εντόπισε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε μεθόδου λήψης αποφάσεων για τη χρήση τους σε ένα γραφικό σύστημα διεπαφής.

Το τρίτο πείραμα αξιολόγησης επιβεβαίωσε τη χρηστικότητα του IFM καθώς και την αναγκαιότητα παροχής βοήθειας στους χρήστες. Τα αποτελέσματα από αυτή τη μελέτη εντόπισαν κάποιες ελλείψεις του συστήματος και πιθανές βελτιώσεις (π.χ. βελτίωση μεθόδου επέμβασης στην περίπτωση λάθους), οι οποίες μπορούν να διερευνηθούν περαιτέρω.

13.2 Ανοιχτά ερευνητικά πεδία

Η έρευνα που διεξήχθη στα πλαίσια της παρούσης διατριβής συνεισφέρει σημαντικά σε αρκετά ερευνητικά πεδία. Παράλληλα, όμως, αφήνει και μερικά ζητήματα ανοιχτά για περαιτέρω έρευνα. Συγκεκριμένα από την ανάπτυξη του IFM προέκυψε ένα πλαίσιο για την ανάπτυξη ΕΣΒ σε εφαρμογή με αντικειμενοστρεφές γραφικό σύστημα διεπαφής. Το πλαίσιο αυτό συνδυάζει την εφαρμογή της ΑΕΑ με κάθε μία από τις θεωρίες λήψης αποφάσεων που εξετάστηκε. Η εφαρμογή αυτού του πλαισίου και σε άλλα ΕΣΒ για γραφικά συστήματα διεπαφής διαφορετικών τομέων θα μπορούσε να οδηγήσει σε πολύτιμα συμπεράσματα για τη γενικότερη χρησιμότητά του σε γραφικά συστήματα διεπαφής με τους χρήστες. Για παράδειγμα, το πλαίσιο αυτό θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε ένα σύστημα βοήθειας για έναν πελάτη (client) ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Για παράδειγμα, το σύστημα αυτό θα παρείχε βοήθεια καθώς οι χρήστες λαμβάνουν ή στέλνουν mail και οργανώνουν το ηλεκτρονικό τους ταχυδρομείο. Ως εκ τούτου, η εφαρμογή του πλαισίου σε ένα τόσο διαφορετικό σύστημα μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία ενός γενικότερου πλαισίου ανάπτυξης Ευφών Συστημάτων Βοήθειας για γραφικά συστήματα διεπαφής με τους χρήστες.

Επίσης μεγάλο ενδιαφέρον θα είχε και μια μελέτη γύρω από τα στοιχεία των μοντέλων των χρηστών που μπορούν να γενικευθούν. Για παράδειγμα, το πόσο απρόσεκτος είναι ένας χρήστης είναι ανεξάρτητο από την εκάστοτε εφαρμογή που χρησιμοποιεί. Αυτό το χαρακτηριστικό του χρήστη είναι

ανεξάρτητο πεδίου και εφόσον διαγνωσθεί σε μια εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες εφαρμογές για τον ίδιο χρήστη. Υπάρχουν επίσης κάποιες εντολές που χρησιμοποιούνται σε περισσότερες από μία εφαρμογές γραφικών συστημάτων διεπαφής για τους χρήστες. Για παράδειγμα, οι εντολές «cut» και «paste» χρησιμοποιούνται και σε εφαρμογές όπως ο Windows Explorer, αλλά και σε εφαρμογές κειμενογράφων όπως είναι το Word, κ.ά. Το επίπεδο γνώσης του χρήστη για τις εντολές αυτές μπορεί επομένως να χρησιμοποιηθεί στη μοντελοποίηση του συγκεκριμένου χρήστη σε περισσότερες από μία εφαρμογές. Έτσι η μελέτη των στοιχείων του χρήστη που είναι παρόμοια σε περισσότερες της μιας εφαρμογής θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ενός εξυπηρέτη μοντελοποίησης χρηστών (user modeling server) για περισσότερες εφαρμογές. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για όλες τις εφαρμογές που περιλαμβάνουν τα πακέτα της Microsoft (Excel, Word, Outlook Express, Windows).

Αν ένας τέτοιος εξυπηρέτης μοντελοποίησης χρηστών βασίζεται στα Web Services θα μπορούσε να παρέχει τα μοντέλα χρηστών ώστε να χρησιμοποιηθούν από οποιαδήποτε εφαρμογή, ανεξάρτητα από την πλατφόρμα του υλικού ή του λογισμικού στην οποία έχουν υλοποιηθεί. Άλλο ένα στοιχείο των Web Services που μπορεί να είναι εξαιρετικά σημαντικό σε ένα εξυπηρέτη μοντελοποίησης χρηστών αφορά στη χρήση του πρωτοκόλλου XML για τη διαμοίραση δεδομένων, το οποίο σημαίνει ότι τα δεδομένα μπορούν να ληφθούν ουσιαστικά από οπουδήποτε. Όλα αυτά τα στοιχεία των Web Services μπορούν να οδηγήσουν σε ένα εξυπηρέτη μοντελοποίησης χρηστών που δεν θα αντιμετωπίζει τα προβλήματα των υπαρχόντων.

Ο εξυπηρέτης μοντελοποίησης χρηστών μπορεί μελλοντικά να αναβαθμιστεί σε μια ανοικτή αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων. Η αρχιτεκτονική αυτή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με κάποια θεωρία λήψης απόφασης και να προσφέρει ένα πλαίσιο πάνω στο οποίο οι αναλυτές διαφόρων εφαρμογών θα μπορούν να χτίσουν τα μοντέλα των χρηστών τους και να αναθέσουν στον εξυπηρέτη την ολοκληρωτική

διαχείρισή τους. Σε μια τέτοια αρχιτεκτονική θα μπορούσαν οι σχεδιαστές των εφαρμογών να ορίζουν δυναμικά τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη καθώς και τη δομή του μοντέλου του χρήστη. Ο εξυπηρέτης αυτός θα μπορούσε να προσαρμόζεται κάθε φορά στα εκάστοτε κριτήρια, να λαμβάνει τις τιμές τους από τα στοιχεία του χρήστη σύμφωνα με κάποιες οδηγίες που θα έχουν δώσει οι σχεδιαστές του συστήματος και να κάνει όλους τους υπολογισμούς δυναμικά. Για παράδειγμα, αν μια εφαρμογή χρειάζεται τρία κριτήρια για την αξιολόγηση των εναλλακτικών περιπτώσεων και μια άλλη απαιτεί πέντε, μια γενίκευση του εξυπηρέτη θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και από τις δύο εφαρμογές. Επιπλέον, οι τεχνολογίες των Web Services εξασφαλίζουν την πλήρη ανεξαρτησία του μοντέλου από οποιονδήποτε συνδυασμό υλικού/λογισμικού.

Τέλος, εξαιρετικό ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η εφαρμογή των θεωριών λήψης αποφάσεων που έχουν αναλυθεί στα πλαίσια της παρούσης διατριβής και σε άλλα ευφυή συστήματα διαφορετικών τομέων τα οποία βασίζονται σε μοντελοποίηση χρηστών, ανεξάρτητα από την Ανθρώπινη Ευλογοφανή Αιτιολόγηση. Η εφαρμογή όμως οποιασδήποτε από τις θεωρίες που αναφέρθηκαν παραπάνω θα πρέπει να συνδυάζεται με μια μελέτη κατά την οποία θα ορίζονται τα κριτήρια που θα λαμβάνονται υπόψη στη διαδικασία αξιολόγησης των εναλλακτικών περιπτώσεων. Η μελέτη αυτή είναι απαραίτητη ώστε τα κριτήρια αξιολόγησης να ανταποκρίνονται στα πραγματικά κριτήρια που λαμβάνουν υπόψη τους οι εμπειρογνώμονες του τομέα. Για παράδειγμα, η εφαρμογή αυτών των θεωριών σε κάποιο Ευφυές Διδακτικό Σύστημα θα μπορούσε να γίνει μετά τη διενέργεια μιας μελέτης σχετικά με τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη από τους καθηγητές όταν αξιολογούν τους μαθητές τους.

Βιβλιογραφία

- Agah A. & Tanie K. (2000) Intelligent graphical user interface design utilizing multiple fuzzy agents. *Interacting with Computers*, 12, 529-542.
- Akoumianakis D., Savidis A. & Stephanidis C. (2000) Encapsulating Intelligent Interactive Behaviour in Unified User Interface Artifacts. *Interacting with Computers*, 12, 383-408.
- Alexandris N., Virvou M. & Moundridou M. (1998) A multimedia tool for teaching geometry at schools. In Proceedings of ED-MEDIA/ED-TELECOM 98 world conference on Educational Multimedia and Hypermedia and on Educational Telecommunications, 2, 1546-1548.
- 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, 183-197.
- Ambrosini L., Cirillo V. & Micarelli A. (1997) A hybrid architecture for user-adapted information filtering on the World Wide Web. In A. Jameson, C. Paris & C. Tasso (eds.): *User Modeling: Proceedings of the Sixth International Conference, UM97*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 59-61.
- André E., Rist T. & Muller J. (1999) Employing AI methods to control the behaviour of animated interface agents. *Applied Artificial Intelligence*, 13, 415-448.
- Ardissono L., Felfernig A., Friedrich G., Jannach D., Schäfer R., & Zanker M. (2001) Intelligent Interfaces for Distributed Web-Based Product and Service Configuration. In M. Zhong et al. (eds.): *Web Intelligence*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, subseries of Lecture Notes in

- Computer Science, Vol. 2198, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 184-188.
- Ardissono L. & Goy A. (2000) Tailoring the Interaction with Users in Web Stores. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 10(4), 251-303.
- Avouris N., Tselios N., Fidas C. & Papachristos E. (2003) Website Evaluation: A Usability-Based Perspective. In Y. Manolopoulos et al. (Eds.): *PCI 2001, LNCS 2563*, pp. 217-231, 2003. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2003.
- Azar F.S. (2000) *Multiattribute Decision-Making: Use of Three Scoring Methods to Compare the Performance of Imaging Techniques for Breast Cancer Detection*. Technical Report MS-BE-00-01 Dept. of Computer Science. University of Pennsylvania.
- Belkada S., Cristea A.I. & Okamoto T. (2001) Measuring Knowledge Transfer Skills by Using Constrained-Student Modeler Autonomous Agent, Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2001), IEEE Computer Society, 375-378.
- Bell J. & Hardiman R.J. (1989) The third role – the naturalistic knowledge engineer. In D. Diaper (Ed.): *Knowledge elicitation: Principles, Techniques, and Applications*, Chichester, England, Ellis Horwood Ltd., 49-85.
- Benyon D. & Murray D. (1993) Adaptive Systems: from intelligent tutoring to autonomous agents. *Knowledge-Based Systems*, 6(4), 197-219.
- Booch G., Rumbaugh J. & Jacobson I. (1999) *The Unified Modeling Language User Guide*, Addison-Wesley.
- Boose J.H. (1993) A survey of knowledge acquisition techniques and tools. In B.G. Buchanan & D.C. Wilkins (eds.): *Readings in Knowledge Acquisition and Learning*, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 29-56.
- Bouyssou D. (1990) Building criteria: a prerequisite for MCDA. In Costa, C. (ed.): *Readings in SCDA*, Bana e Springer Verlag (1990).

- Box D., Ehnebuske D., Kakivaya G., Layman A., Mendelsohn N., Nielsen H., Thatte S. & Winer D. (2000) Simple Object Access Protocol (SOAP) 1.1, *W3C Note*, <http://www.w3.org/TR/SOAP>.
- Brown J. S. & Burton R. R. (1978) Diagnostic Models for Procedural Bugs in Basic Mathematical Skills. *Cognitive Science*, 2, 155-192.
- Brown S. M., Santos Jr. E. & Banks S. B. (1998) Utility theory-based user models for intelligent interface agents. In *Proceedings of the Twelfth Canadian Conference on Artificial Intelligence (AI 98)*, 378-392.
- Brusilovsky P. (1996) Methods and techniques of adaptive hypermedia. *User Modeling and User Adapted Interaction*, 6(2-3), 87-129.
- Brusilovsky P., Ritter S. & Schwarz E. (1996) ELM-ART: An Intelligent Tutoring System on World Wide Web. In C. Frasson, G. Gautier & A. Lesgold (eds.) *Intelligent Tutoring Systems, Third International Conference, ITS'96*, Springer, Berlin, 261-269.
- Brusilovsky P. & Maybury M. T. (2002) From Adaptive Hypermedia to the Adaptive Web. *Communications of the ACM*, 45(5), 31-33.
- Burstein M.H. & Collins A.M., Modeling a theory of Human Plausible Reasoning. In T. O'Shea & V. Sgurev (eds.): *Artificial Intelligence III: Methodology, Systems, Applications*. Elsevier Science Publishers B.V., North Holland, 1988, pp. 21-28.
- Burstein M.H., Collins A. & Baker M. (1991) Plausible Generalisation: Extending a model of Human Plausible Reasoning, *Journal of the Learning Sciences*, 3-4, 319-359.
- Calistri-Yeh R. J. (1991) Utilizing User Models to Handle Ambiguity and Misconceptions in Robust Plan Recognition, *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 1(4), 289-322.
- Calvi L. & De Bra P. (1997) Using dynamic hypertext to create multi-purpose textbooks. In T. Müldner & T.C. Reeves (eds.): *Proceedings of ED-MEDIA/ED-TELECOM'97 - World Conference on Educational Multimedia/ Hypermedia and World Conference on Educational Telecommunications*, AACE, Charlottesville, VA, 130-135.

- Carbonell J.R. & Collins A. (1973) Natural semantics in artificial intelligence, *Proceedings of the Third International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Stanford, California, 344-351.
- Cerri, S. A., & Loia, V. (1997) A Concurrent, Distributed Architecture for Diagnostic Reasoning. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 7(2), 69-105.
- Chen P. & Li K. (2003) Ontology of Domain Modeling in Web Based Adaptive Learning System. In V. Palade, R. J. Howlett & L. Jain (eds.): *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems – KES 2003*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, subseries of Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2773, Springer, Berlin, Part I, 886-892.
- Chin D. N. (1989) KNOOME: Modeling What the User Knows in UC. In Kobsa, A. & Wahlster, W (eds.) *User Models in Dialog Systems*. Springer Verlag.
- Chin D. N. (2001) Empirical Evaluation of User Models and User-Adapted Systems, *User Modeling and User Adapted Interaction*, 11(1-2), 181-194.
- Chin D. & Porage A. (2001) Acquiring User Preferences for Product Customization. In M. Bauer, P. Gmytrasiewicz & J. Vassileva (eds.) *Proceedings of the 8th International Conference on User Modeling*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, subseries of Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2109, Springer, Berlin, 95 –104.
- Chiu B.C., Webb G.I. & Kuzmycz (1997) A comparison of first-order and zeroth-order induction for Input-Output Agent Modelling. In A. Jameson, C. Paris and C. Tasso (eds.) *User Modeling: Proceedings of the Sixth International Conference, UM97*, Springer, Vienna, New York, 347-358.
- Chou C. (1999) Developing CLUE: A Formative Evaluation System for Computer Network Learning Courseware. *Journal of Interactive Learning Research*, 10(2), 179-193.

- Christensen E., Curbera F., Meredith G. & Weerawarana S. (2001) *Web Services Description Language (WSDL) 1.1*, W3C Note, <http://www.w3.org/2001/NOTE-wsdl-20010315>.
- Collins A. & Michalski R. (1989) The Logic of Plausible Reasoning: A core Theory. *Cognitive Science*, 13, 1-49.
- Collins A., Neville P. & Bielaczyc K. (2000) The role of different media in designing learning environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11, 144-162.
- Conati C., Gertner A.S., VanLehn K. & Druzdzel M.J. (1997) On-line student modeling for coached problem solving using Bayesian networks. In A. Jameson, C. Paris and C. Tasso (eds.) *User Modeling: Proceedings of the Sixth International Conference, UM97*, Springer, Vienna, New York, 231-242.
- Conger S. (1994). *The New Software Engineering*. Wadsworth Publishing Company.
- Cooper W. W., Seiford L. M. & Tone K. (1999) *Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publisher, Boston.
- Csinger A., Booth K. S. & Poole D. (1994) AI meets authoring: User models for intelligent multimedia. *Artificial Intelligence Review*, 8, 447-468.
- Csinger A. & Poole D. (1996) User models and perceptual salience: Formal abduction for model recognition and presentation design. *Proceedings of the Fifth International Conference, UM96*, 51-58.
- De Bra P., Houben G.J. & Wu H. (1999) AHAM: A Dexter-based Reference Model for Adaptive Hypermedia. In K. Tochtermann, J. Westbomke, U.K. Will & J. Leggett (eds.): *Proceedings of the 10th ACM Conference on Hypertext and Hypermedia*, ACM Inc, New York, 1999, 147-156.
- de Rosi, F., De Carolis B. & Pizzutilo S. (1993) User tailored hypermedia explanations. *INTERCHI'93 Adjunct proceedings*, Amsterdam, 169-170.

- Delisle S. & Moulin, B. (2002) User Interfaces and Help Systems: From Helplessness to Intelligent Assistance, *Artificial Intelligence Review*, 18(2), 117-157.
- DeMarco T. (1979) *Structured Analysis and System Specification*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Despotis D.K. (2002) Improving the discriminating power of DEA: focus on globally efficient units, *Journal of the Operational Research Society*, 53, 314-323.
- Dix A., Finlay J., Abowd G. & Beale R. (1993) *Human-Computer Interaction*, Prentice-Hall, New York.
- Doux A.C., Laurent J.P. & Nadal J.P. (1997) Symbolic data analysis with the K-means algorithm for user profiling. In A. Jameson, C. Paris and C. Tasso (eds.) *User Modeling: Proceedings of the Sixth International Conference, UM97*, Springer, Vienna, New York, 359-361.
- El-Beltagy S., De Roure D. & Hall W. (1999) A Multiagent system for Navigation Assistance and Information Finding. *Proceedings of the 4 International Conference on the Practical Applications of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology*, 281-295.
- 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*, AACE, Charlottesville, VA, 161-165.
- Eller R. & Carberry S. (1992) A Meta-rule Approach to Flexible Plan Recognition in Dialogue, *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 2(1-2), 27-53.
- Elliot C. (1997). Implementing Web-based intelligent tutors. *Proceedings of the workshop "Adaptive Systems and User Modelling on the World Wide Web"*, Sixth International conference on User Modelling.
- Eriksson H.E. & Penker M. (1998) *UML Toolkit*, John Wiley & Sons Inc.
- Fischer G., Lemke A. C. & Schwab T. (1985) Knowledge-based help systems. In L. Borman & B. Curtis (eds.) *Proceedings of CHI 85*

- Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, New York, 161-167.
- Fishburn P.C. (1967) Additive Utilities with Incomplete Product Set: Applications to Priorities and Assignments, *Operations Research*.
- Giangrandi P. & Tasso C. (1997) Managing temporal knowledge in student modeling. In A. Jameson, C. Paris and C. Tasso (eds.): *User Modeling: Proceedings of the Sixth International Conference, UM97*, Springer, Vienna, New York, 415-426.
- 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.
- Gori M., Maggini M. & Martinelli (1997). Web-browser access through voice input and page interest prediction. In A. Jameson, C. Paris and C. Tasso (eds.): *User Modeling: Proceedings of the Sixth International Conference, UM97*, Springer, Vienna, New York, 17-19.
- Haakma R. (1999) Towards explaining the behaviour of novice users. *International Journal of Human-Computer Studies*, 50 557-570.
- Harrington R. A. & Brown S. M. (1997) Intelligent interface learning with uncertainty. In E. Santos Jr. (ed.): *Proceedings of the Eighth Midwest Artificial Intelligence and Cognitive Science Conference*, 27-34. AAAI Press.
- Hecking M. (2000) The SINIX Consultant – Towards a Theoretical Treatment of Plan Recognition. In St. J. Hegner, P. Mc Kevitt, P. Norvig & R. Wilensky (eds.): *Artificial Intelligence Review, Intelligent Help Systems for Unix*, 14(3), 153-180.
- Henze N., Naceur K., Nejd W. & Wolpers M. (1999) Adaptive hyperbooks for constructivist teaching. *Künstliche Intelligenz*, 4, 26-31.
- Hoppe H. U. (1994) Deductive Error Diagnosis and Inductive Error Generalization for Intelligent Tutoring Systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 5(1), 27-49.
- Horvitz E., Breese J., Heckerman D., Hovel D. & Rommelse K. (1998) The Lumiere Project: Bayesian User Modeling for Inferring the Goals and

- Needs of Software Users. *Proceedings of the fourteenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, Morgan Kaufmann: San Francisco, 256-265.
- Hwang C.L. & Yoon K. (1981) Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, Vol. 186. Springer, Berlin/Heidelberg/New York.
- Jameson A. (1996) Numeric uncertainty management in user and student modeling: An overview of systems and issues. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 5, 193-251.
- Jerrams-Smith J. (2000) An Intelligent Human-Computer Interface for Provision of On-Line Help. In St. J. Hegner, P. Mc Kevitt, P. Norvig & R. Wilensky (eds.): *Artificial Intelligence Review, Intelligent Help Systems for Unix*, 14 (1/2), 5-22.
- Johnson W.L., Rickel J.W. & Lester J.C. (2000) Animated Pedagogical Agents: Face-to-Face Interaction in Interactive Learning Environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11, 47-78.
- Jones J. & Virvou M. (1991) User modelling and advice giving in Intelligent Help Systems for UNIX. *Information & Software Technology*, 33, 121-133.
- Kabassi K. & Virvou M. (2003a) *Adaptive Help for e-mail Users*. In C. Stephanidis & J. Jacko (eds.) *Human Computer Interaction: Theory and Practice - Part II (Proceedings of the 10th International Conference on Human Computer Interaction - HCII'2003)*, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, New Jersey, pp. 405-409.
- Kabassi K. & Virvou M. (2003b) Combination of a Cognitive Theory with the Multi-Attribute Utility Theory. *Proceedings of the Seventh International Conference on Knowledge-Based Intelligent Information & Engineering Systems 2003, Lecture Notes in Artificial Intelligence, subseries of Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 2773, Springer, Berlin, Part I, 944-950.

- Kabassi, K., Virvou, M. & Despotis D.K. (2003). Dynamic Reasoning in an Intelligent User Interface by an Index-Maximizing LP Model. In *Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, to appear.
- Kass R & Finin T. (1989) The role of User Models in Cooperative Interactive Systems. *International Journal of Intelligent Systems*, 4, 81-112.
- Kay J. (2000) Stereotypes, Student Models and Scrutability. In G. Gautier, C. Frasson and K. VanLehn (eds.): *Lecture Notes in Computer Science, Intelligent Tutoring Systems*, vol. 1839, Springer, Berlin, 19-30.
- Kemke C. (2000) What Do You Know about Mail? Knowledge Representation in the SINIX Consultant. In St. J. Hegner, P. McKeivitt, P. Norvig & R. Wilensky (eds.): *Artificial Intelligence Review, Intelligent Help Systems for Unix*, 14(3), 253-275.
- Kobsa A., Koenemann J. and Pohl W. (2001) Personalized hypermedia presentation techniques for improving on-line customer relationships, *The Knowledge Engineering Review*, 16, 111-115.
- Kobsa A., Müller D. & Nill A. (1994) KN-AHS: An adaptive hypertext client of the user modeling system BGP-MS. *Proceedings of the 4-th International Conference on User Modeling*, Hyannis, MA, pp. 31-36.
- Kolonder L. (1993) *Case-Based Reasoning*, Morgan Kaufmann Publisher Inc., San Mateo CA.
- Kruchten P. (1999) *Rational Unified Process-An Introduction*, Addison-Wesley.
- Kudenko D., Bauer M. & Dengler D. (2003) Group Decision Making Through Mediated Discussions, *Proceedings of the 9th International Conference on User Modelling*, 2003.
- Kuno, H. & Sahai, A. (2002). *My Agent Wants to Talk to Your Service: Personalizing Web Services through Agents*. HPL-2002-114. HP Labs Technical Report.

- Lahdelma R., Salminen P. & Hokkanen, J. (2000) Using Multicriteria Methods in Environmental Planning and Management. *Environmental Management*, Springer-Verlag, New York, 26 (6), 565-605.
- Leake D.B. (1996) *Case-Based Reasoning: Experiences, Lessons and Future Directions*, AAAI Press, Menlo Park, California.
- Lesser V. (1995) Multiagent Systems: An Emerging Subdiscipline of AI. *ACM Computing Surveys*, 27(3), 340-342.
- Lif M. (1998) User Interface Modelling – adding usability to use cases. Rep. No 84 CMD, Uppsala University, 1998.
- Linden G., Hanks S. & Lesh N. (1997) Interactive assessment of user preference models: The Automated Travel Assistant. In A. Jameson, C. Paris & C. Tasso (eds.) *User Modeling: Proceedings of the Sixth International Conference, UM97*, pp. 67-78. Vienna, New York: Springer. Available online at <http://www.um.org>
- Machado, I., Martins, A. and Paiva, A. (1999). One for All and All in One – A learner modelling server in a multi-agent platform. In J. Kay (Ed.) *Proceedings of the Seventh International Conference on User Modelling* (pp. 211-221), Springer Verlag.
- Maes P. (1994) Modeling adaptive autonomous agents. *Artificial Life Journal*, vol. 1 (1 & 2). MIT Press (C. Langton Ed.).
- Mark M.A. & Greer J.E. (1991) The VCR tutor: Evaluating instructional effectiveness. In K.J. Hammond & D.Q. Gentner (Eds.): *Proceedings of 13th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 564-569.
- Martin J. & VanLehn K. (1995) Student assessment using Bayesian nets. *International Journal of Human Computer Studies*, 42, 575-591.
- Martin-Lof (1982) *Constructive mathematics and computer programming. Methodology and Philosophy of Science VI*, Amsterdam: North Holland Publishing Company, 1982.

- Massam B.H. (1999) The Classification of Quality of Life Using Multi-Criteria Analysis. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 3(2), 1-8.
- Matsuo T. & Ito T. (2002) A Decision Support System for Group Buying based on Buyers' Preferences in Electronic Commerce. *Proceedings of the 11th World Wide Web International Conference (WWW-2002)*, Honolulu, Hawaii, USA.
- Matthews M., Pharr W., Biswas G. & Neelakandan (2000) USCSH: An Active Intelligent Assistance System. In St. J. Hegner, P. Mc Kevitt, P. Norvig & R. Wilensky (eds.): *Artificial Intelligence Review, Intelligent Help Systems for Unix*, 14, 121-141.
- Mayfield, J. (1989) *Goal Analysis: Plan Recognition in Dialogue Systems*. Ph.D. dissertation, Computer Science Division, University of California, Berkeley, CA.
- Mayfield J. (1992) Controlling inference in plan recognition. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 2(1-2), 55-82.
- Mayfield J. (2000) Evaluating Plan Recognition Systems: Three Properties of a Good Explanation. *Artificial Intelligence Review*, 14, 351-376.
- McGraw, K., L. (1994). Performance Support Systems: Integrating AI, Hypermedia and CBT to Enhance User Performance. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 5(1), 3-26.
- Mc Kevitt P. (2000) The OSCON Operating System Consultant. In St. J. Hegner, P. Mc Kevitt, P. Norvig & R. Wilensky (eds.): *Artificial Intelligence Review, Intelligent Help Systems for Unix*, 14(1/2), 89-119
- McTear M.F. (2000) Intelligent interface technology: from theory to reality? *Interacting with computers*, 12, 323-336.
- Michalski R.S. & Winston P.H. (1986) Variable precision logic. *Artificial Intelligence*, 29, 121-146.
- Microsoft Corporation (1998) Microsoft® Windows® 98 Resource Kit, Microsoft Press, Readmod, Washington.

- Minsky M. (1975) A Framework for Representing Knowledge. *The Psychology of Computer Vision*, 211-277.
- Mizoguchi R. & Bourdeau J. (2000) Using Ontological Engineering to Overcome Common AI-ED Problems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11, 107-121.
- Muller P.A. (1997) *Instant UML*. Wrox Press Ltd.
- Muller M.J., Haslwanter J.H. & Dayton T. (1997) Participatory Practices in the Software Lifecycle. In M. Helander, T.K. Landauer & P. Prabhu (eds.): *Handbook of Human-Computer Interaction*, Elsevier Science B.V., Amsterdam, 255-297.
- 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/webbits/itsworkshop/murray.html>.
- Murray T., Piemonte J., Khan S., Shen T. & Condit C. (2000) Evaluating the Need for Intelligence in an Adaptive Hypermedia System. In G. Gauthier, C. Frasson & K. VanLehn (eds.): *Intelligent Tutoring Systems, Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1839, Springer-Verlag, Vienna, 373-382.
- Myers B.A. & Rosson M.B. (1990) Survey on user interface programming, *CHI'92 Conference Proceedings of the Conference on Computer Supported Cooperative Work*, 195-202.
- Nakabayashi K., Maruyama M., Koike Y., Kato Y., Touhei H. & Fukuhara Y. (1997) *Architecture of an Intelligent Tutoring System on the WWW. Proceedings of AIED' 97, the Eighth World Conference on Artificial Intelligence in Education*, 39-46.

- Naumann, F. (1998) Data Fusion and Data Quality. *Proceedings of the New Techniques and Technologies for Statistics*.
- Neagu C.D., Avouris N., Kalapanidas E. & Palade V. (2002) Neural and neuro-fuzzy integration in a knowledge-based system for air quality prediction. *Applied Intelligence*, 17 (2), 141-169.
- Noh S. & Gmytrasiewicz P. (1997) Agent modeling in anti-air defense: A case study. In A. Jameson, C. Paris & C. Tasso (eds.): *User Modeling: Proceedings of the Sixth International Conference, UM97*. Springer, Vienna, New York, 389-400.
- Okazaki Y., Watanabe K. & Kondo H. (1996) An Implementation of an intelligent tutoring system on the World-Wide Web. *Educational Technology Research*, 19 (1), 35-44.
- Paranagama P., Burstein F. and Arnott D. (1997) Modeling the personality of decision makers for active decision support. In A. Jameson, C. Paris & C. Tasso (eds.): *User Modeling: Proceedings of the Sixth International Conference, UM97*, Springer, Vienna, New York, 79-81.
- Petrushin V.A. & Sinitza K.M. (1993) Using probabilistic reasoning techniques for learner modelling. *World Conference on AI in Education*, 418-425.
- Pohl W. & Höhle (1997) Mechanisms for flexible representation and use of knowledge in user modeling shell systems. In A. Jameson, C. Paris and C. Tasso (eds.): *User Modeling: Proceedings of the Sixth International Conference, UM97*, 403-414.
- Pressman R. S. (1997) *Software Engineering (A Practitioner's Approach)*, 4th edition.
- Quatrani T. (1998) *Visual Modeling with Rational Rose and UML*. Addison-Wesley.
- Quilici A. (1989) AQUA: A system that detects and responds to user misconceptions. In A. Kobsa & A. Wahlster (eds.): *User Modeling and Dialog Systems*, New York, Springer-Verlag, 108-132.

- Rich E. (1989) Stereotypes and User Modeling. In A. Kobsa & W. Wahlster (eds.): *User Models in Dialog Systems*, 199-214.
- Rich E. (1999) Users are individuals: individualizing user models. *International Journal of Human-Computer Studies*, 51, 323-338.
- Rich E. & Knight K. (1991) *Artificial Intelligence*, 2d ed., McGraw-Hill, New York.
- Ritter S. (1997) PAT Online: A model-tracing tutor on the World-Wide Web. In P. Brusilovsky, K. Nakabayashi & S. Ritter (eds.): *Proceedings of the workshop "Intelligent Educational Systems on the World Wide Web" 8th World Conference of the AIED Society*, 11-17.
- Schäfer R. & Weyrath T. (1997) Assessing temporally variable user properties with dynamic Bayesian networks. In A. Jameson, C. Paris & C. Tasso (eds.): *User Modeling: Proceedings of the Sixth International Conference, UM 97*, Springer, Vienna, New York, 377-388.
- Schütz W. & Schäfer R. (2001) Bayesian networks for estimating the user's interests in the context of a configuration task. In R. Schäfer, M. E. Müller & S. A. Macskassy (eds.): *Proceedings of the UM2001 Workshop on Machine Learning for User Modeling*, 23-36.
- Shiri M.E., Aïmeur E. & Frasson C. (1998) Student Modelling by Case-Based Reasoning. In B.P. Goettl, H.M. Half, C.L. Redfield & V.J. Shute (eds.): *Fourth International Conference on Intelligent Tutoring Systems. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1452. Springer-Verlag, Berlin, 394-404.
- Shneiderman B. (1983) Direct Manipulation: A Step Beyond Programming Languages. *IEEE Computer*, 16(8), 57-69.
- Silber J. (1990) PAL: An Intelligent Help System. *Proceedings of the 3rd International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems*, Vol. I, 882-889.
- Sison R. & Shimura M. (1998) Student Modeling and Machine Learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 9, 128-158.

- Stephanidis C. (1999) Adaptive Techniques for Universal Access, *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11, 159-179.
- Solomos K. & Avouris N. (1999) A Multi-Agent System of Intelligent Online Education. *Journal of Interactive Learning Research*, Special Issue on Intelligent Agents for Educational Computer-Aided Systems, 10(3/4), 243-262.
- Sommerville, I. (2000) *Software Engineering*. 5th edition, Addison-Wesley. Επίσης δείτε τον ιστοχώρο <http://www.comp.lancs.ac.uk/computing/resources/SEG/>
- Song S. & Lee S. (2002) A Strategy of Dynamic Reasoning in Knowledge-Based System with Fuzzy Production Rules. *Journal of Intelligent Information Systems*, 19(3).
- 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,
- Sutcliffe A.G., Ennis M. & Hu J. (2000) Evaluating the effectiveness of visual user interfaces for information retrieval. *International Journal of Human-Computer Studies*, 53(5), 741-763.
- Sutton J.A. & Sprague Jr. R.H. (1978) A study of display generation and management in interactive business applications, *Rep. RJ2392*, IBM.
- Sycara K. (1998) Multi-Agent Systems. *AI Magazine*, 19 (2).
- Theodoridis S. & Koutroumbas K. (2003) *Pattern Recognition*, Second Edition, Elsevier Science.
- Thurman D.A., Braun D.M. & Mitchell C.M. (1997) An Architecture to Support Incremental Automation of Complex Systems. In *Proceedings of the 1997 IEEE International Conferences on Systems, Man and Cybernetics*, Orland, 1997.
- Triantaphyllou E. & Mann S.H. (1989) An Examination of the Effectiveness of Four Multi-Dimensional Decision-Making Methods:

- A Decision-Making Paradox. *International Journal of Decision Support Systems*, 5, 303-312.
- Tsalgatidou A. & Pilioura T. (2002) An Overview of Standards and Related Technology in Web Services. *Distributed and Parallel Databases*, 12, 135-162.
- Twidale M.B. (1992) Knowledge Acquisition for Intelligent Tutoring Systems. In F.L. Engel, D.G. Bouwhuis, T. Besser and G. d'Ydewalle, (eds.) *Cognitive Modelling and Interactive Environments in Language Learning*, Berlin, Springer-Verlag, 62-71.
- Tyler S. W., Schlossberg J. L., Gargan Jr. R. A., Cook L. K. & Sullivan, J. W. (1991) An Intelligent Interface Architecture For Adaptive Interaction. In J. W. Sullivan & S. W. Tyler (Eds.), *Intelligent User Interface*, ACM Press, New York. Addison-Wesley Publishing Company, 85-109.
- Universal Description, Discovery and Integration (UDDI) Version 2.0 Specification, June 2001 <http://uddi.org/specification.html>
- Vassileva J. (1997) Dynamic Courseware Generation. *Communication and Information Technologies*, 5 (2), 87-102.
- Vavoula G. & Sharples M. (2001) Studying the Learning Practice: Implications for the Design of a Lifelong Learning Support System. In T. Okamoto, R. Hartley, Kinshuk & J.P. Klus (eds.): *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies; Issues, Achievements, and Challenges – ICALT 2001*, IEEE Computer Society, Los Alamitos, California, 379-380.
- P. Vincke (1992) *Multicriteria Decision-Aid*. Wiley.
- Virvou M. (1992) Human Plausible Reasoning in the Context of an Active Intelligent Help System for UNIX Users. PhD diss. Computer Science Division, University of Sussex, U.K.
- Virvou M. (1998) RESCUER: Intelligent Help for Plausible User Errors. *Proceedings of ED-MEDIA/ED-TELECOM 98, World Conferences on Educational Multimedia and Educational Telecommunications*, 2, 1413-1420.

- Virvou M. (1999) Automatic reasoning and help about human errors in using an operating system. *Interacting with Computers*, 11(5), 545-573.
- Virvou M. (2002) A Cognitive Theory in an Authoring Tool for Intelligent Tutoring Systems, *IEEE International Conference on Systems Man and Cybernetics 2002 (SMC 02)*, Hammamet, Tunisia, October 2002, 410-415
- Virvou M. (2003) Modelling the Knowledge and Reasoning of Users in a Knowledge-Based Authoring Tool. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning, Special issue on Technological Support for New Educational Perspectives*, 13, 399-412.
- Virvou M. & Du Boulay B. (1999) Human Plausible Reasoning for Intelligent Help. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 9, 321-375
- Virvou M., Jones J. & Millington M. (2000) Virtues and Problems of an Active Help System for UNIX. In St. J. Hegner, P. Mc Kevitt, P. Norvig & R. Wilensky (eds.): *Artificial Intelligence Review, Intelligent Help Systems for Unix*, 14(1/2), 23-42.
- Virvou M. & Katsionis G. (2003) Relating Error Diagnosis and Performance Characteristics for Affect Perception and Empathy in an Educational Software Application. In C. Stephanidis & J. Jacko (eds.): *Human Computer Interaction: Theory and Practice - Part II (Proceedings of the 10th International Conference on Human Computer Interaction - HCII'2003)*, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, New Jersey, 480-484.
- Virvou M. & Manos K. (2003) Learning and Forgetting Aspects in Student Models of Educational Software. In D. Harris, V. Duffy, M. Smith & C. Stephanidis (eds.): *Human Computer Interaction: Cognitive, Social and Ergonomic Aspects (Proceedings of the 10th International Conference on Human Computer Interaction - HCII'2003)*, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, New Jersey, 370-374.

- Virvou M., Manos C., Katsionis G. & Tourtoglou K. (2002) VR-ENGAGE: A Virtual Reality Educational Game that Incorporates Intelligence, In Petrushin V., Kommers P., Kinshuk, Galeev I. (eds.): *Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies: Media and the Culture of Learning – ICALT 2002*, IEEE Computer Society, 425-430
- Virvou M. & Moundridou M. (2001) Student and Instructor Models: Two Kinds of User Model and their Interaction in an ITS Authoring Tool. In M. Bauer, P. Gmytrasiewicz & J. Vassileva (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. & 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.
- Walczak S. (1998) Knowledge acquisition and knowledge representation with class: the object-oriented paradigm. *Expert Systems with Applications*, 1(5), 235-244.
- Walker J.H., Sproull L. & Subramani R. (1994) Using a Human Face in an Interface. *Proceedings of ACM Conference on Human Factors in Computing Systems CHI'94*, 85-91.
- Warendorf K. & Tan C. (1997) ADIS-An animated data structure intelligent tutoring system or Putting an interactive tutor on the World Wide Web. *Proceedings of the workshop "Intelligent Educational Systems on the World Wide Web" 8th World Conference of the AIED Society*.
- Webb G. (1998) Preface to UMUAI Special Issue on Machine Learning for User Modeling. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 8, 1-3.

- Wilensky R., Chin D.N., Luria M., Martin J., Mayfield J. & Wu D. (2000) The Berkeley UNIX Consultant Project. In St. J. Hegner, P. Mc Kevitt, P. Norvig & R. Wilensky (eds.): *Artificial Intelligence Review, Intelligent Help Systems for Unix*, 14 (1/2), 43-88.
- Wu D. (1991) Active acquisition of user models: Implications for decision-theoretic dialog planning and plan recognition. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 1, 149-172.
- Yoon K.P. & Hwang C.L. (1995) Multiple Attribute Decision Making: An Introduction, *Sage University Papers (Series: Quantitative Applications in the Social Sciences)*.
- Zadeh L.A., (1965) Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.
- Zeleny M. (1982) *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw Hill, 185-211.
- Zlotkin G. & Rosenchein J.S. (1996) Compromise in negotiation: exploiting worth functions over states. *Artificial Intelligence*, 84, 151-176.
- Αβούρης Ν. (2000) Εισαγωγή στην Επικοινωνία Ανθρώπου-Υπολογιστή, Διάλογος.
- Βίρβου Μ. (2001). Αντικειμενοστρεφής Τεχνολογία Λογισμικού. VarMar Publication, Αθήνα.
- Παναγιωτόπουλος Θ. (1997) Τεχνολογία Γνώσης. Σημειώσεις διδασκαλίας για το μάθημα Τεχνολογία Γνώσης, Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Τοιχριντζής Γ. (2000) Εισαγωγή στην Αναγνώριση Προτύπου. Σημειώσεις για το μάθημα Αναγνώριση Προτύπου – Ανάλυση Εικόνας, Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.