

## Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση

Τόμ. 6, Αρ. 1Α (2011)

Εναλλακτικές Μορφές Εκπαίδευσης



ΤΟΜΟΣ Α  
PART / ΜΕΡΟΣ Α

Πρόσφατες Εξελίξεις στην Ανάπτυξη  
Αρχιτεκτονικών Προσαρμοστικών Εκπαιδευτικών  
Συστημάτων με χρήση Υπερμέσων

*Δημήτριος Α. Γεωργίου, Ηλίας Κουτσής*

doi: [10.12681/icodl.692](https://doi.org/10.12681/icodl.692)

**Πρόσφατες Εξελίξεις στην Ανάπτυξη Αρχιτεκτονικών Προσαρμοστικών  
Εκπαιδευτικών Συστημάτων με χρήση Υπερμέσων**

**Recent Contributions to the Development  
of Adaptive Educational Hypermedia Systems Architectures**

**Δημήτριος Α. Γεωργίου**

αν. καθηγητή

τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών  
Υπολογιστών Πολυτεχνικής Σχολής Δ.Π.Θ.

[dgeorg@ee.duth.gr](mailto:dgeorg@ee.duth.gr)

**Ηλίας Κουτσής**

καθηγητή κλάδου ΠΕ20 Πληροφορικής

MSc Πληροφορικής

[ilias\\_k@yahoo.com](mailto:ilias_k@yahoo.com)

**Abstract**

The asynchronous education is a challenge for the development of new methods and troubleshooting in areas such as Human-Computer Interaction. The objective is to develop software that would incorporate all the advantages of an experienced and well educated human tutor, using the capabilities of modern Internet and computer systems that make up. To achieve such an objective one requires the use of modern learning theories, cognitive psychology, diagnostic methods and techniques of instruction, from the area of science education. It is also necessary to apply methodologies that allow us to transform qualitative characteristics of the students, or the teaching material and assessments in purely quantitative terms, that is manageable by the machines. Such methods may be obtained from the fuzzy logic, by Bayesian models or neural networks that allow the handling of new situations on the basis of previous experience. Many scientific disciplines, contribute to the development of new methods in Adaptive Educational Hypermedia Systems. These systems are the true heirs of Learning Management Systems of the 90s and Intelligent Tutoring Systems of the 21st century's first decade. The main feature here is the concept of adaptivity. This property, on which the Adaptive WEB rely on, asks for new requirements for any single AEHS's element. For example, adaptive retrieve of learning objects from their repositories, requires the use of semantic markup that accompany each learning object. Below, we will try to describe the research activity, which takes place in the Department of Electrical and Computer Engineering at the Democritus University of Thrace, School of Engineering.

**Περίληψη**

Η ασύγχρονη εκπαίδευση αποτελεί μια πρόκληση για την ανάπτυξη νέων μεθόδων και την αντιμετώπιση προβλημάτων σε περιοχές όπως η αλληλεπίδραση ανθρώπου και μηχανής (Human-Computer Interaction). Στόχος της έρευνας είναι η ανάπτυξη λογισμικού που θα ενσωματώνει όλα τα προτερήματα του καλύτερου ανθρώπου – δάσκαλου εκμεταλλευόμενο τις δυνατότητες του σύγχρονου διαδικτύου και των υπολογιστικών συστημάτων που το συγκροτούν. Για να επιτευχθεί ένας τέτοιος στόχος, απαιτείται η χρήση των σύγχρονων θεωριών μάθησης, της γνωσιακής ψυχολογίας, των διαγνωστικών μεθόδων και των τεχνικών διδασκαλίας, από την περιοχή των επιστημών της αγωγής. Απαραίτητες είναι επίσης οι εφαρμογές μεθοδολογιών που μας επιτρέπουν να μετασχηματίζουμε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των μαθητών, του διδακτικού υλικού και των αξιολογήσεων σε καθαρά ποσοτικά

μεγέθη, που να είναι διαχειρίσιμα από τις μηχανές. Τέτοιες μέθοδοι μπορεί να προέρχονται από την ασαφή λογική, η από Μπεϋσιανά μοντέλα ή και από εφαρμογές νευρωνικών δικτύων που επιτρέπουν τον χειρισμό νέων καταστάσεων στη βάση προηγούμενης εμπειρίας. Πλείστες όσες επιστημονικές περιοχές συμβάλλουν στην ανάπτυξη νέων μεθόδων στα Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά Συστήματα με χρήση υπερμέσων<sup>1</sup>. Τα συστήματα αυτά είναι επίγονοι των Συστημάτων Διαχείρισης της Μάθησης<sup>2</sup> της δεκαετίας του 90 και των Ευφυών Συστημάτων Διδασκαλίας<sup>3</sup> της πρώτης δεκαετίας του 21<sup>ου</sup> αιώνα. Το κύριο χαρακτηριστικό τους, είναι η προσαρμοστικότητα. Η ιδιότητα αυτή, που είναι το πρόκριμα για την ανάπτυξη του Προσαρμοστικού Ιστού<sup>4</sup>, εισάγει νέες απαιτήσεις για κάθε στοιχείο ενός ΑΕΗΣ. Για παράδειγμα, η προσαρμοστική προς τον χρήστη ανάλυση των μαθησιακών αντικειμένων από τα αποθετήρια τους, προϋποθέτει τη χρήση των σημασιολογικών επισημάνσεων που συνοδεύουν κάθε ένα Μ.Α. .

Στα επόμενα, θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε την ερευνητική δραστηριότητα, που αναπτύσσεται γύρω από τον τομέα αυτόν στο τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών της Πολυτεχνικής Σχολής του Δ.Π.Θ.

**Λέξεις κλειδιά:** Εφαρμογές και έρευνα στην ανοικτή και εξ αποστάσεως εκπαίδευση

## 1. Εισαγωγή

Καθώς το Internet και το World Wide Web αναπτύσσονται ταχέως, φέρνουν τις τεχνολογίες που υποστηρίζουν τις εκπαιδευτικές διαδικασίες πιο κοντά στην παραδοσιακά εκπαιδευτικά συστήματα. Όλο και περισσότεροι εκπαιδευτές παρέχουν διδακτικό υλικό για τους σπουδαστές, με ηλεκτρονικά μέσα, και ειδικοί σε διάφορους συγγενείς της εκπαίδευσης τομείς παρέχουν συνεχώς γνώσεις για το κοινό, συνήθως με τη μορφή των σελίδων web. Μια σχετικά πρόσφατη έρευνα των Liaw, Huang & Chen (2007) έδειξε ότι οι εκπαιδευτές έχουν πολύ θετική αντίληψη για τη χρήση της ηλεκτρονικής μάθησης ως εργαλείου ενίσχυσης της διδασκαλίας στην τάξη. Όσον αφορά στη στάση των διδασκομένων, καταγράφηκαν απόψεις που συμφωνούν ότι η διδασκαλία υπό την καθοδήγηση του εκπαιδευτή καθώς και η διδασκαλία με τη χρήση πολυμέσων, είναι οι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη στάση των διδασκομένων προς το e-learning. Σύμφωνα με τους Brusilovsky και Miller (2001), τα προσαρμοστικά και ευφυή εκπαιδευτικά συστήματα βασιζόμενα στο Διαδίκτυο παρέχουν μια εναλλακτική λύση (για την παραδοσιακή προσέγγιση «just-put-it-on-the-Web») στην ανάπτυξη του εκπαιδευτικού λογισμικού που βασίζεται στο Web. Στο έργο τους, οι Brusilovsky και Pyelo, (2003) αναφέρουν ότι Προσαρμοστικά και Ευφυή Εκπαιδευτικά Συστήματα προσπαθούν να είναι περισσότερο προσαρμοσμένα στην ιδέα οικοδόμησης ενός μοντέλου που λαμβάνει υπόψη τους στόχους, τις προτιμήσεις και τις γνώσεις του κάθε επιμέρους σπουδαστή. Χρησιμοποιώντας τέτοια μοντέλα ο σπουδαστής σε όλη τη διάρκεια της αλληλεπίδρασής του με το σύστημα, διαπιστώνει ότι αυτό μπορεί να είναι πιο έξυπνο και να παραμένει ακούραστο εκτελώντας ορισμένες δραστηριότητες που παραδοσιακά εκτελεί με περιορισμένη επιτυχία ο άνθρωπος-δάσκαλος. Σύμφωνα πάντα με τους Brusilovsky και Pyelo, τα εν χρήσει Προσαρμοστικά (2003) και Ευφυή Συστήματα Διαχείρισης της Μάθησης προσανατολίζονται όλο και περισσότερο στην ιδιότητα της προσαρμοστικότητας καθώς «χτίζουν» ένα σύνθετο πρότυπο του διδασκόμενου. Το πρότυπο αυτό περιέχει

<sup>1</sup> Adaptive Educational Hypermedia Systems (AEHS)

<sup>2</sup> Learning Management Systems (LMS)

<sup>3</sup> Intelligent Tutoring Systems (ITS)

<sup>4</sup> Adaptive WEB

τους στόχους, τις προτιμήσεις και το γνωστικό υπόβαθρο κάθε ενός σπουδαστή. Χρησιμοποιώντας αυτό το πρότυπο κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης με το σπουδαστή, το σύστημα γίνεται ευφυέστερο τείνοντας στο να εκτελεί δραστηριότητες που μόνο οι άνθρωποι μπορούν να εκτελούν. Τέτοιες δραστηριότητες είναι η καθοδήγηση σπουδαστή, ή διάγνωση των παρερμηνειών που μπορεί να κάνει ο σπουδαστής στη διαδικασία κατανόησης των εννοιών.

Οι Brown και λοιποί (2005) αναφέρουν ότι τελικός στόχος των Προσαρμοστικών Εκπαιδευτικών Συστημάτων για την εκπαίδευση είναι να δημιουργούν το «ιδανικό» online μάθημα για κάθε χρήστη του – αξιοποιώντας ένα κοινό σύνολο πόρων μάθησης. Οι «κανόνες» που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή και την υλοποίηση ενός τέτοιου συστήματος δεν είναι ακόμη τυποποιημένες, και τα κριτήρια που πρέπει να χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά (υπό την παιδαγωγική έννοια ενός συνόλου παραμετροποιήσιμων κανόνων) μέχρι στιγμής, ελάχιστα αναφέρονται. Πολλά Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά Συστήματα με Υπερμέσα έχουν δημιουργηθεί σε πειραματική μορφή – κάθε ένα με το δικό του μοναδικό σύνολο προδιαγραφών. Μέχρι στιγμής, ωστόσο, δεν έχει σημειωθεί μια ενιαία συνδυασμένη προσπάθεια συγκέντρωσης των κοινών χαρακτηριστικών που ανευρίσκονται στις αρχιτεκτονικές αυτών των συστημάτων. Στην παράγραφο 4 αναφέρεται μια αποσπασματική αναφορά στο θέμα της αρχιτεκτονικής ενός τέτοιου συστήματος, που μπορεί ίσως να χρησιμεύσει ως οδηγός για την εξέλιξη των ανοικτών κατανεμημένων αρχιτεκτονικών για την ανάκτηση μαθησιακών αντικειμένων από διάσπαρτα στον ιστόχωρο αποθετήρια. Οι Rehak και Mason (2003) θεωρούν τα Μαθησιακά Αντικείμενα (M.A.) ως στοιχειώδεις ψηφιοποιημένες οντότητες που μπορούν να χρησιμοποιούνται, να επαναχρησιμοποιούνται ή να αναφέρονται κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Πρακτικά, η επανάκτηση ενός μαθησιακού αντικειμένου επιτυγχάνεται μέσω της υποβολής ερωτημάτων στα αποθετήρια που βρίσκονται οπουδήποτε στον παγκόσμιο ιστό. Για το λόγο αυτό κάθε M.A. χαρακτηρίζεται από ένα αριθμό μεταδεδομένων που υπακούν με τη σειρά τους στα καθιερωμένα πρότυπα (όπως τα LOM standards της IEEE, ή του Dublin core). Στην εργασία των Botsios και Georgiou (2008) προτείνεται μια τροποποίηση των τεχνικών και των μεθόδων για την εφαρμογή της αρχιτεκτονικής ανοικτού, αρθρωτού και κατανεμημένου συστήματος σε συνδυασμό με δεδομένη τυποποίηση.

### **1.1. Διάγνωση των γνωσιακών χαρακτηριστικών του χρήστη**

Σημαντική παράμετρος της αρχιτεκτονικής ενός ΠΕΣΥ είναι η αναγνώριση των γνωσιακών χαρακτηριστικών του χρήστη. Και τούτο διότι την παράμετρο αυτή θα χρησιμοποιήσει το σύστημα για την ανύψωση από τα αποθετήρια των μαθησιακών αντικειμένων των πλέον κατάλληλων για τον συγκεκριμένο χρήστη-μαθητή. Η πολυπλοκότητα της διαδικασίας αναγνώρισης, η περιορισμένη γνώση μας για τον τρόπο αλληλεπίδρασης των γνωσιακών χαρακτηριστικών και η δυσκολία εφαρμογής της σε σύνθετα ασύγχρονα συστήματα αποτελεί αφορμή για την προσέλκυση του ενδιαφέροντος των ερευνητών.

Στην τάξη, όπου η διδασκαλία διεξάγεται διαπροσωπικά, η αναγνώριση των γνωσιακών χαρακτηριστικών εξαρτάται από την εμπειρία του δασκάλου. Κατ' αντιστοιχία, στα ΠΕΣΥ θα πρέπει να αναπτυχθούν έμπειρα συστήματα, που θα εκμεταλλεύονται την πληροφορία που προέκυψε από τις προηγηθείσες αναγνωρίσεις και να τη χρησιμοποιούν για να βελτιστοποιήσουν την ακρίβεια κάθε νέας αναγνώρισης.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία μοντέλων και θεωριών στη βιβλιογραφία σχετικά με Μαθησιακά Στυλ (ΜΣ) και Γνωσιακά Στυλ (ΓΣ). Παρόλο που κάποιοι συγγραφείς

δεν κάνουν διάκριση μεταξύ ΜΣ και ΓΣ (Kaltz, Rezaei, 2004), υπάρχουν και άλλοι που σαφώς διακρίνουν τις δυο έννοιες (Smith, 2001). Σε κάθε περίπτωση, οι δυο έννοιες θεωρούνται σχετικές για τη διαδικασία προσαρμογής στο μοντέλο του χρήστη και έχουν χρησιμοποιηθεί ως βάση για την προσαρμογή στην ΑΕΗΣ (Georgiou, Makry, 2004). Σχετικά μοντέλα έχουν προταθεί από τους Kolb (1984), Honey and Mumford, Dunn R. and Dunn K. (1985 & 1992), Felder and Silverman (1988), Murray (1999) καθώς και άλλους. Οι περισσότεροι από τους ερευνητές κατηγοριοποιούν τα Μαθησιακά Στυλ ή/και τα Γνωσιακά Στυλ και προτείνουν ορισμένες μεθοδολογίες ικανές να ταξινομήσουν τους εκπαιδευόμενους. Οι εν λόγω μέθοδοι επηρεάζονται από ποικίλες μορφές σφαλμάτων, τα οποία προκαλούνται από διάφορες αιτίες, όπως εσφαλμένη κατανόηση των ερωτήσεων, λάθος τρόπος χρήσης του διατιθέμενου χώρου για τις απαντήσεις, ή και από λάθος σχηματοποίηση των ερωτηματολογίων. Είναι ακόμη δυνατό, οι εκπαιδευόμενοι να απαντήσουν στις ερωτήσεις με λάθος τρόπο καθώς διαφορούμενες απαντήσεις, ή απαντήσεις που επιλέγονται με τυχαίο τρόπο μπορεί να παρερμηνήσουν (VanLehn, Martin, 1995), (Reye, 2004). Άλλη σημαντική πηγή ανεπαρκούς διάγνωσης του Μαθησιακού Στυλ είναι η ατελής διαμόρφωση των ερωτηματολογίων. Οι Barros et al (2002) αναφέρουν και το πολιτισμικό περιβάλλον του εκπαιδευόμενου, ως αιτία επηρεασμού της συμπεριφοράς του εκπαιδευόμενου, αφού αυτό το περιβάλλον επηρεάζει τα γνωσιακά του χαρακτηριστικά. Στη βιβλιογραφία συναντώνται απόψεις που συμφωνούν ότι όλοι οι προαναφερθέντες παράγοντες οδηγούν σε αδυναμία εκτίμησης της πραγματικής αξίας της διάγνωσης Μαθησιακού Στυλ αλλά και της χρηστικότητάς της (Murray 1999). Παρακάμπτοντας τους ενδοιασμούς και τις αμφισβητήσεις αυτές, η τεχνολογία επινοεί τρόπους διάγνωσης εκμεταλλευόμενη τις δυνατότητες της υπολογιστικής νοημοσύνης και των σύγχρονων υπολογιστικών συστημάτων.

## 1.2. Στοχαστικά έμπειρα συστήματα<sup>5</sup>

Τα στοχαστικά έμπειρα συστήματα είναι πιθανοκρατικά μοντέλα, των οποίων η λειτουργία απαιτεί μια αρχική «εκπαίδευση» ενώ στη συνέχεια τα παραγόμενα από το σύστημα αποτελέσματα συμβάλλουν στην συνεχή βελτίωση της αξιοπιστίας του. Τα Μπεϋσιανά δίκτυα, που ανήκουν στην κατηγορία αυτή χρησιμοποιούν υπό συνθήκη πιθανότητες ως μέτρα του βαθμού συσχέτισης των παραγόντων που επηρεάζουν την τελική διάγνωση. Τέτοια συστήματα έχουν χρησιμοποιηθεί και για τη διάγνωση δυσχερειών που προκύπτουν κατά τη διαδικασία της μάθησης. Οι Bund και Conati (2003), ασχολήθηκαν με τη διάγνωση των δυσκολιών που συναντά ο μαθητής στην εξερεύνηση του εκπαιδευτικού υλικού. Χρησιμοποίησαν ένα Μπεϋσιανό δίκτυο ικανού να διαγνώσει τις δυσκολίες του μαθητή στην εξερεύνηση του μαθησιακού περιεχομένου. Επιπλέον, το σύστημά τους παρείχε και την απαραίτητη υποστήριξη ώστε να υπερπηδηθούν οι δυσκολίες στην εξερεύνηση του διατιθέμενου μαθησιακού υλικού. Οι Garcia και οι συνεργάτες του (2005), δημοσίευσαν την αξιολόγηση ενός Μπεϋσιανού δικτύου που αναγνωρίζει το μαθησιακό στυλ των μαθητών. Τα δεδομένα εισόδου στο σύστημά τους συλλέγονται από την αλληλεπίδραση του μαθητή με το διαδικτυακό εκπαιδευτικό σύστημα. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιήθηκε η κατά Felder – Silverman ταξινόμηση των μαθησιακών στυλ. Οι Zapata, Rivera και Greer (2004), παρουσίασαν το SModel, ένα Μπεϋσιανό εξυπηρετητή μαθησιακών μοντέλων που χρησιμοποιείται σε καταναμημένα περιβάλλοντα πολυπρακτόρων. Εφάρμοσαν το Μπεϋσιανό τους πρότυπο μαθητή σε μια προσαρμοσμένη έκδοση αντιληπτικού δικτύου για μαθησιακά πρότυπα που

<sup>5</sup> Stochastic Expert Systems

πρότεινε ο Reye (1996). Η εργασία τους εφαρμόζει το Μπεϋσιανό δίκτυο καθώς η μαθησιακή διαδικασία είναι σε εξέλιξη. Στηρίζει τη διάγνωση επί της συμπεριφοράς του μαθητή, αποφεύγοντας τη χρήση των ερωτηματολογίων, που προτείνονται από τους ειδικούς γνωσιακούς ψυχολόγους.

Στο τμήμα ΗΜ&ΜΥ της Πολυτεχνικής Σχολής του Δ.Π.Θ. αναπτύξαμε ένα έμπειρο σύστημα που βασίζεται σε Μπεϋσιανά Δίκτυα. Το σύστημα αυτό λαμβάνει υπόψη τόσο τις απαντήσεις του εκπαιδευόμενου, για τον οποίο θα γίνει διάγνωση, όσο και των διαγνώσεων που προέκυψαν στο παρελθόν για εκπαιδευόμενους που έδωσαν συναφείς απαντήσεις. Τα Μπεϋσιανά δίκτυα και τα διαγράμματα επιρροής αποδείχτηκαν ως τα πλέον ισχυρά εργαλεία αναπαράστασης πιθανοκρατικών ερμηνειών φυσικών φαινομένων. Αποτελούν τη βάση των μηχανισμών επαγωγής που είναι εξαιρετικά λειτουργικοί σε πρακτικές εφαρμογές. Συνοπτικά, ένα Μπεϋσιανό Δίκτυο είναι ένα προσανατολισμένο ακυκλικό<sup>6</sup> γράφημα (Pearl 1988). Οι κορυφές αντιστοιχούν σε τυχαίες μεταβλητές, ενώ οι ακμές παριστούν σχέσεις απευθείας εξάρτησης των παρακείμενων κορυφών (Milan, de la Cruz, Suarez, 2000). Έτσι, ένα Μπεϋσιανό Δίκτυο περιγράφει την κατανομή των από κοινού πιθανοτήτων των τυχαίων μεταβλητών, ώστε να είναι υπολογιστικά εφικτή οποιαδήποτε υπό συνθήκη πιθανότητα που αφορά ζεύγη τυχαίων μεταβλητών στο δίκτυο. Οι Botsios, Georgiou και Safouris (2007) διαμόρφωσαν ένα Μπεϋσιανό δίκτυο ικανό να ταξινομεί τους εκπαιδευόμενους σε προκαθορισμένο σύνολο κλάσεων. Η μέθοδος που προτάθηκε, εκμεταλλεύεται την εμπειρία που συσσωρεύεται από προηγούμενες διαγνώσεις και παράγει αποτελέσματα ακριβέστερα από εκείνα που προκύπτουν από την εξέταση μεμονωμένων περιπτώσεων. Αυτό συμβαίνει διότι στο Μπεϋσιανό δίκτυο, τόσο οι απαντήσεις που δόθηκαν για κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου στο παρελθόν, όσο και τα αποτελέσματα που προήλθαν από αυτές, συμβάλλουν στη διαμόρφωση του μέτρου συσχέτισης των τυχαίων μεταβλητών του συστήματος. Αποδείχτηκε ότι η χρήση Μπεϋσιανού δικτύου περιόρισε τις περιοχές ασάφειας, που παρατηρήθηκαν στην χρήση των κλασικών μεθόδων για τη διάγνωση του μαθησιακού στυλ. Στις περιοχές ασάφειας εντάσσονταν οι επαμφοτερίζουσες διαγνώσεις που παρήγαγαν οι κλασσικές μέθοδοι. Στο αποτέλεσμα αυτό συνέβαλλε ο αλγόριθμος αποφυγής των επιπτώσεων από λανθασμένες απαντήσεις FIAA<sup>7</sup>. Στις μελέτες αυτές χρησιμοποιήθηκε η ταξινόμηση των μαθησιακών στυλ και το σχετικό ερωτηματολόγιο του David Kolb (1999).

### 1.3. Χρήση ασαφών γνωσιακών απεικονίσεων<sup>8</sup>

Για την αναγνώριση των ΜΣ που υποστηρίζουν τη λειτουργία των ΠΕΣΥ είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν και τεχνικές ασαφούς λογικής. Μια τέτοια εφαρμογή αναπτύχθηκε στο τμήμα ΗΜ&ΜΥ του ΔΠΘ. Η εφαρμογή αυτή, χρησιμοποίησε την ταξινόμηση κατά Kolb και αναπτύχθηκε με τη βοήθεια μιας FCM. Οι απεικονίσεις αυτές, που εισήχθησαν από τους Julie Dickerson και Bart Kosko (1993), είναι εργαλεία λογισμικού και αποτελούνται από συνδυασμό τεχνικών ασαφούς λογικής και νευρωνικού δικτύου. Χάρη στον τρόπο που είναι κατασκευασμένο, ένα FCM, συνδυάζει την αποκτηθείσα εμπειρία και την πληροφορία σχετικά με την επαγωγική σχέση που υπάρχει μεταξύ των παραγόντων μιας σύνθετης κατάστασης, των χαρακτηριστικών της καθώς και των συνιστωσών ιδιοτήτων της. Η ανάπτυξη ενός FCM απαιτεί τη γνώση των προδιαγραφών πρόσημου και μεγέθους των

<sup>6</sup> Δεν περιέχει κυκλώματα

<sup>7</sup>Fault Implication Avoidance Algorithm (FIAA)

<sup>8</sup> Fuzzy Cognitive Map (FCM)

αλληλεπιδρουσών σχέσεων. Η γνώση αυτή παρέχεται αρχικά από έναν ή περισσότερους ειδικούς επαίοντες και βασίζεται σε υποκειμενικές αυτών παρατηρήσεις των σχέσεων που ενυπάρχουν μεταξύ των παραγόντων του συστήματος (Osei-Bryson, κ.ά. 2004). Είναι απαραίτητο να σημειώσουμε εδώ ότι η ευκρίνεια του βαθμού συσχέτισης δεν είναι η επιθυμητή, και έτσι ανακύπτει η ανάγκη του προσδιορισμού αυτών των σχέσεων με ένα σαφώς καθορισμένο τρόπο. Η χρήση ανθρώπινων εμπειριών διαφοροποιείται ανάλογα με την πραγματική κατάσταση που απεικονίζεται (Georgopoulos, Malandraki, and Stylios, 2003).

Για τη διάγνωση του μαθησιακού στυλ αναπτύχθηκε στο εργαστήριό μας στην αρχή μια απλό FCM, όπου το άνω επίπεδο αντιστοιχεί στις 48 επιλογές του ερωτηματολογίου του Kolb ενώ το κάτω στα τέσσερα μαθησιακά στυλ.

Αργότερα το μοντέλο αυτό βελτιώθηκε ώστε η λειτουργία του να μπορεί να ρυθμίζεται από τον εκπαιδευτή, όταν παρουσιάζονται αποκλίσεις. Πρέπει να σημειωθεί εδώ, ότι αποκλίσεις παρουσιάζονται όταν το σύστημα διάγνωσης εφαρμόζεται σε ομάδες διαφορετικής πολιτισμικής προέλευσης (Joy, Kolb, 2009), (Ogbu, 1992). Στο νέο μοντέλο, χρησιμοποιούνται δυο διαδοχικά FCM όπου το κάτω επίπεδο του πρώτου είναι άνω επίπεδο στο δεύτερο. Έτσι, θα μπορούσε να πει κανείς ότι πρόκειται για ένα τριμερές προσανατολισμένο συμπαγές γράφημα όπου στο άνω επίπεδο απεικονίζονται οι 48 επιλογές του χρήστη, στο ενδιάμεσο επίπεδο απεικονίζονται οι Παράγοντες Μαθησιακής Ικανότητας<sup>9</sup> (LAF) και στο κατώτερο επίπεδο απεικονίζονται τα μαθησιακά στυλ. Καθώς τα LAF αναγνωρίζονται εύκολα στη συμπεριφορά του μαθητή, ο εκπαιδευτής που παρατηρεί αποκλίσεις των διαγνώσεων του συστήματος από τις δικές του παρατηρήσεις, δύναται να μεταβάλλει τις τιμές των συναρτήσεων μεταφοράς που μετασχηματίζουν τις ποιοτικές σχέσεις των παραγόντων του συστήματος διάγνωσης σε ποσοτικές αποτιμήσεις αυτών των σχέσεων. Στο σχήμα αυτό χρησιμοποιήθηκε επιπλέον, ένα δυναμικός κανόνας του Hebb που βελτιώνει την αξιοπιστία του συστήματος σε σημαντικό επίπεδο.

Το νέο μοντέλο εκτός της δυνατότητας ρύθμισης που παρέχει, βελτίωσε και την αποτελεσματικότητα του Μπεϋσιανού δικτύου. Η διαπίστωση αυτή έγινε με σειρά παρατηρήσεων σε δείγμα ελέγχου 107 φοιτητών του Δ.Π.Θ.

## 2. Διάγνωση συναισθηματικών καταστάσεων του χρήστη

Σημαντικό ρόλο στην προσαρμοστική ασύγχρονη διδασκαλία διαδραματίζει και ψυχολογική κατάσταση του μαθητή. Στην ασύγχρονη εξ αποστάσεως διδασκαλία, όπου η απουσία του ανθρώπου-εκπαιδευτικού επιτρέπει την απώλεια της προσοχής και την ελάττωση της προσπάθειας, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη η ανάπτυξη εργαλείων παρακολούθησης της συγκέντρωσης της προσοχής του μαθητή.

Ο τρόπος που σχεδιάζουμε και αξιολογούμε τα συναισθήματα βασίζεται στην αντίληψη που έχουμε για τη φύση των συναισθημάτων. Στην υπολογιστική ευφυΐα και ειδικότερα στο effective computing το συναίσθημα θεωρείται συχνά ως ένα διαφορετικό είδος πληροφορίας: διακριτές συμπεριφορές ή καταστάσεις οι οποίες χαρακτηρίζονται ως εσωστρεφείς εκδηλώσεις του ατόμου. Οι συμπεριφορές αυτές, μπορούν να διαβιβαστούν μεθοδικά, χωρίς απώλειες, από ανθρώπους σε υπολογιστικά συστήματα και αντιστρόφως. Όσο η effective computing προκαλεί την υπεροχή της λογικής επί των γνωστικών συνιστωσών της ανθρώπινης δραστηριότητας, τόσο περισσότερο θα βασίζεται και θα αναπαράγει σε πλέον ακριβέστερο τρόπο το ίδιο γνωσιακό μοντέλο πληροφορίας-επεξεργασίας (Boechner e.a. 2007). Πρόσφατα επιστημονικά ευρήματα δείχνουν ότι οι συναισθηματικές

<sup>9</sup> Learning Ability Factors (LAF)

διαταραχές παίζουν ένα σημαντικό ρόλο στη Μαθησιακή Συμπεριφορά LB (Damasio, 1994) του εκπαιδευόμενου. Στο τομέα της αλληλεπίδρασης ανθρώπου και μηχανής υπάρχουν πολλές μέθοδοι για τη ρητή επικοινωνία των δυο οντοτήτων. Για να υπάρξει συνεισφορά στα Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά Συστήματα με χρήση Υπερμέσων (ΠΕΣΥ), πρέπει να κατασκευαστεί μία «σιωπηρή επικοινωνία» μεταξύ αυτών των παραγόντων. Σε ότι ακολουθεί, με τον όρο «σιωπηρή επικοινωνία» εννοείται η συναισθηματική επικοινωνία κατά την οποία η συναισθηματική κατάσταση του ατόμου ερμηνεύεται από την μηχανή. Παραδείγματα συναισθηματικών καταστάσεων τις οποίες έχουμε αρχικά ερευνήσει είναι η απογοήτευση, το άγχος, η ανησυχία και η κούραση. Από πολλούς υποστηρίζεται ότι αν οι μηχανές μπορούν να διαισθάνονται την συναισθηματική κατάσταση του ατόμου, η διάδραση μεταξύ ανθρώπου και μηχανής μπορεί να γίνει πιο διαισθητική, πιο ομαλή και πιο αποτελεσματική (Simon A 1979), (Sloman, Croucher, 1981). Για τα ΠΕΣΥ, ο εντοπισμός της συναισθηματικής κατάστασης του εκπαιδευόμενου θα αποδειχθεί μία αποφασιστική συνιστώσα της προσαρμοστικότητας.

Είναι γνωστά αρκετά εργαλεία παρακολούθησης του ενδιαφέροντος που προκαλεί ένα διαδικτυακό μάθημα ή της ανίας που αυτό το ίδιο μπορεί να προκαλέσει. Οι περισσότεροι ερευνητές εστίασαν την προσοχή τους σε συστήματα που αναλύουν τους ήχους που προκαλεί ο μαθητής και το περιβάλλον του καθώς και την εικόνα του μαθητή. Στη συνέχεια τα δεδομένα αναλύονται και αναγνωρίζονται συναισθηματικές καταστάσεις επί τη βάση σύγκρισης με αντίστοιχες εικόνες από το πρόσφατο παρελθόν του μαθητή.

Μια νέα μέθοδος που αναλύεται στην παράγραφο 2.2 επιχειρεί να καταδείξει τη συσχέτιση της κινητικότητας των χεριών του χρήστη και της αίσθησης της ανίας που του προκαλεί το μάθημα.

### **2.1. Τα εν χρήσει μοντέλα αναγνώρισης εικόνας ή ήχου**

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική αναζήτηση και τις γνώσεις των εισηγητών της παρούσας, η μέχρι σήμερα προσπάθεια ανίχνευσης της συναισθηματικής κατάστασης του χρήστη ΣΔΜ στηρίχθηκε στην αναγνώριση εικόνας ή ήχου. Στις ανακοινώσεις ερευνητικών αποτελεσμάτων, που υπήρξε πρόσβαση, αναφέρονται μέθοδοι για τη διάγνωση συναισθημάτων ανίας, ή έντασης του ενδιαφέροντος που αποτυπώνονται στο πρόσωπο του χρήστη. Μια συνεχής καταγραφή της εικόνας του χρήστη επιτρέπει στα συστήματα αυτά να αναγνωρίζουν τις μεταβολές που υφίστανται κάποιες χαρακτηριστικές γραμμές του προσώπου. Τέτοιες χαρακτηριστικές γραμμές είναι η γραμμή των χειλιών ή των φρυδιών.

Το σύστημα αναγνωρίζει στις μεταβολές των γραμμών αντίστοιχη μεταβολή της συναισθηματικής κατάστασης του μαθητή και διαπιστώνει την εκδήλωση ανίας (Paiva et al., 2007). Οι Sidney D'Mello<sup>a</sup>; Art Graesser<sup>a</sup> αναγνώρισαν τη συναισθηματική κατάσταση του μαθητή παρακολουθώντας τη συνολική κατάσταση του σώματος (θέση και κίνηση) κατά την αλληλεπίδραση χρήστη και ενός Ευφυούς Συστήματος Διδασκαλίας που ονομάζεται AutoTutor. Στη σχετική δημοσίευση ανακοινώθηκαν αποτελέσματα που αφορούν τη αποδοτικότητα συστημάτων ανίχνευσης της επίδρασης που μπορεί να έχει ο διάλογος στην συναισθηματική κατάσταση του μαθητή. Αντίστοιχη προσπάθεια έχει γίνει και με την αποτύπωση της φωνής, όπου ο τόνος, η χροιά και τα λοιπά χαρακτηριστικά της φωνής μεταβαλλόμενα είναι δυνατό να υποδηλώνουν την αντίστοιχη μεταβολή της συναισθηματικής κατάστασης του μαθητή (Rong, and Rong). Οι Πιου, T., Anagnostopoulos, C.-N. εισήγαγαν μια σύγκριση δυο ταξινομητών για αναγνώριση συναισθημάτων από φωνητικά σήματα. Τα συστήματα αναγνώρισης

συναισθηματικής κατάστασης κάνουν χρήση τεχνικών αναγνώρισης σήματος λόγου, ανάλυση σήματος εικόνας του προσώπου, αποδοτικές αναπαραστάσεις συναίσθηματος, παρακολούθηση διαμόρφωσης αισθημάτων από διάφορες πηγές πληροφορίας, ολοκληρωμένα συστήματα αναπαραστάσης συναίσθηματος από ανάλυση κειμένου και λοιπών πληροφοριών (Khanchandani and Hussain, 2009). Προηγήθηκε εκτεταμένη έρευνα σε βασικά ζητήματα ψυχολογικής και γλωσσικής ανάλυσης συναισθηματικών καταστάσεων. Οι Cowie, Douglas-Cowie, et al. (2001) κατέληξαν σε ένα υβριδικό σύστημα ικανό να χρησιμοποιεί πληροφορία που αντλεί από την εικόνα προσώπων και ήχο φωνών. Αναφέρουμε ακόμη το Facial Action Coding System του Ekman (1978) και το Optimal Estimation Optical Flow της Essa και Pentland (1997).

Οι μέθοδοι αυτοί παρουσιάζουν μια σειρά από αμφισβητούμενες λειτουργικότητες. Απαιτούν, τόσο υλικό (hardware), όσο και λογισμικό (software) αρκετά επιβαρυντικό για τη λειτουργία του συστήματος. Εδώ ενστάσεις διατυπώνονται σχετικά με την πολυπλοκότητα των απαιτήσεων των προτεινόμενων μεθόδων. Παράλληλα, τα έμπειρα συστήματα, στα οποία στηρίζονται, απαιτούν αρχική εκπαίδευση για κάθε ένα χρήστη που εισέρχεται στο σύστημα. Αυτό είναι απαραίτητο λόγω των διαφορών που υπάρχουν στα χαρακτηριστικά του κάθε προσώπου.

Τόσο στα αλληλεπιδραστικά συστήματα όσο και στα ΠΕΣΥ, η χωρίς προσήλωση ενατένιση της οθόνης καθώς και κάθε πληροφορία για την νοητική συγκέντρωση στο μαθησιακό περιεχόμενο παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον. Για παράδειγμα, συνδυάζοντας το μαθησιακό προφίλ και την εστίαση της προσοχής του χρήστη είναι δυνατό να συνάγονται πληροφορίες για τις προθέσεις του χρήστη σχετικά με την επίτευξη μαθησιακών στόχων. Η χωρίς προσήλωση ενατένιση της οθόνης χρησιμεύει επίσης ως μη φραστικό σήμα για την mediated communication με avatars ή με ανθρωποειδής αυτόνομους πράκτορες. Πρόσφατα, μελέτες έδειξαν ότι η χωρίς προσήλωση ενατένιση της οθόνης είναι μετρήσιμη όταν χρησιμοποιηθούν εγκεφαλικές δραστηριότητες ή κατάλληλες μεθοδολογίες παρακολούθησης της κίνησης του ματιού. Οι μελέτες αυτές έδωσαν νέες ευκαιρίες για τη σχεδίαση νέων ευφών διεπιφανειών που στηρίζονται στην αναγνώριση της προσοχής του χρήστη.

Η πρώτη συνάντηση εργασίας σχετικά με την χωρίς προσήλωση ενατένιση της οθόνης συνήλθε στο IUI το 2010, κάλυψε ποικιλία ερευνητικών θεμάτων που αφορούν το θέμα: παρακολούθηση του βλέμματος, ανάλυση της συμπεριφοράς του ανθρώπου με τις πληροφορίες από τη χωρίς προσήλωση ενατένιση της οθόνης, πολυμορφική αναπαραστάση, διεπιφάνειες χρήστη με χρήση της παρακολούθησης του βλέμματός του καθώς και συμπεριφορές διάσπασης της προσοχής σε διεπιφάνειες ανθρωποειδών. Η φετινή (2011) συνάντηση εργασίας έχει στόχο να συνεχίσει την αναζήτηση συνεργασιών μεταξύ επιστημόνων στις περιοχές της παρακολούθησης ανθρώπινης συμπεριφοράς, ευφών διεπιφανειών χρήστη, πολυχρηστικής ανάλυσης και της επιστήμης των επικοινωνιών. Μακροπρόθεσμος στόχος είναι η δημιουργία μιας ισχυρής διεπιστημονικής ερευνητικής κοινότητας που θα ασχολείται με “αλληλεπιδραστικά συστήματα ευαίσθητα στην συγκέντρωση της προσοχής”.

## **2.2. Το νέο προτεινόμενο μοντέλο καταγραφής των ανακλαστικών κινήσεων**

Η διαμόρφωση των σημάτων της φυσιολογικής δραστηριότητας του εγκεφάλου θεωρείται ότι έχει χαοτική μορφή αν και παρατηρήθηκαν περιοχές χαρακτηριστικών συχνοτήτων με συγκεκριμένη κυματική μορφή σε ορισμένες καταστάσεις της λειτουργίας του, όπως είναι η βαθιά συγκέντρωση, η κατάσταση χαλάρωσης ή τα στάδια του ύπνου. Στο σήμα ενός φυσιολογικού εγκεφάλου, το οποίο ενεργοποιεί το χέρι, δεν αναμένονται να παρατηρηθούν εξάρσεις και ασυνέχειες. Αυτού του είδους

οι συμπεριφορές παρατηρούνται συνήθως όταν θόρυβοι παντός είδους προστίθενται στο σήμα (όπως ο μυϊκός τρόμος). Η παρουσία συγχρονισμένων και σχεδόν περιοδικών εξάρσεων και εξαιρετικών κλίσεων είναι οι ενδείξεις ιδιόμορφης ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου που συνήθως εκδηλώνεται ως σπασμός.

Για να μελετήσουμε τη κατάσταση ανίας, η οποία σχετίζεται στενά με τις περιόδους έλλειψης προσοχής και εκφράζεται με περιόδους αδράνειας του χεριού σε ίσες χρονικές περιόδους, χρησιμοποιήσαμε τον χρόνο που ο δρομέας μένει σε ένα εικονοστοιχείο της οθόνης (pixel) προτού να μετακινηθεί σε ένα γειτονικό του.

Στην εργασία των Georgiou, Samaras, Germanakos κ.ά. (2011) εξετάζεται μία διαδικασία εντοπισμού της απώλειας ενδιαφέροντος στην μαθησιακή διαδικασία. Ο στόχος μας είναι να ανακαλύψουμε τον πιθανό βαθμό εξάρτησης μεταξύ της συναισθηματικής κατάστασης (όπως η κούραση, η ανία ή η απογοήτευση) με την αυτόνομη αντίδραση του νευρικού συστήματος του εγκεφάλου η οποία εκφράζεται με την δραστηριότητα του χεριού. Για να ερευνήσουμε ένα νευρικό σημάδι του αποτελέσματος στην κινητικότητα του χεριού καταγράψαμε τα Lateralized Readiness Potentials (LRPs) πάνω σε μηχανικό φλοιό.

Οι Paulmann και Pell (2010) έδειξαν ότι οι συναισθηματικές καταστάσεις εκφράζονται καλά και επομένως αναγνωρίζονται από τις εκφράσεις του προσώπου λόγω του ότι οι τελευταίες εξαρτώνται στην ορατότητα του ερεθίσματος. Έχοντας στόχο να συλλέξουμε δεδομένα σχετικά με την δραστηριότητα των χεριών, επικεντρωθήκαμε στην δραστηριότητα του ποντικιού του υπολογιστή και την παρεμβολή του πληκτρολογίου. Για αυτήν την πλευρά χρησιμοποιήσαμε έτοιμες συναρτήσεις σε Javascript. Στην συνέχεια επιδιώξαμε να μελετήσουμε τις χρονοσειρές οι οποίες καταγράφηκαν από την δραστηριότητα των χεριών του χρήστη.

Ένα Προσαρμοστικό Εκπαιδευτικό Σύστημα με χρήση Υπερμέσων (AEHS) με μία διαδικασία αυτού του τύπου θα είναι σε θέση να επανασχεδιάζει την παρουσίαση του μαθήματος με έναν τρόπο ο οποίος θα προσελκύει την προσοχή του επιμορφούμενου σε περίπτωση που χαθεί το ενδιαφέρον του. Αν και οι επιστήμονες και οι ερευνητές έχουν πετύχει πλούσια αποτελέσματα στην εξερεύνηση των τρόπων εντοπισμού και κατανόησης του συναισθήματος του επιμορφούμενου (π.χ. κίνηση ματιών, έκφραση προσώπου κλπ.) ακούγεται ακόμη απαραίτητο να εμβαθύνουμε την αναγνώριση του συναισθήματος του επιμορφούμενου κατά την διαδικασία επιμόρφωσης με πρωτοποριακές μεθοδολογίες. Στη βιβλιογραφία μπορούν να βρεθούν διάφορες μέθοδοι για να αναγνωριστεί η συναισθηματική κατάσταση του επιμορφούμενου βασιζόμενοι πάνω είτε στα ψυχολογικά σήματα (Shen, Wang, & Shen, 2009), (Sakr, Elhadj, & Abou-Saad Huijjer, 2010), ή στις εκφράσεις του προσώπου (Ko, & Sim, 2010). Από όσο μας είναι γνωστό, δεν υπάρχει ιδιαίτερη ερευνητική δραστηριότητα προς το παρόν για να εξετασθεί μία πιθανή σχέση μεταξύ της κινητικότητας του χεριού του χρήστη και της συναισθηματικής του αντίδρασης στο επιμορφωτικό υλικό το οποίο του παρουσιάζεται μέσω του Διαδικτύου (online). Οι νευροφυσιολόγοι όμως θεωρούν ότι η συναισθηματική κατάσταση του υποκειμένου σε συγκεκριμένα ερεθίσματα διεγείρει τις εγκεφαλικές λειτουργίες και από τον φλοιό ενεργοποιούνται κινητικοί νευρώνες. Σχετική εργασία (Higashiyama, Imoto, & Tsuinashi, 2005), που αφορά στην κινητικότητα των άνω άκρων που οδηγεί σε κατάσταση συναισθηματικής διέγερσης, δείχνει ότι συναισθήματα (ευχάριστα, ουδέτερα και δυσάρεστα) ενός αριθμού συμμετεχόντων στο πείραμα, επηρεάστηκαν από την κινητικότητα των άκρων. Τα αποτελέσματα βασίστηκαν στην αποκωδικοποίηση έντονων σωματικών δραστηριοτήτων όπως το τρέξιμο ή ήπιων σωματικών δραστηριοτήτων όπως το πλύσιμο των χεριών.

### 3. Αποθετήρια μαθησιακών αντικειμένων & προσαρμοστική ανάλυση

Το 1994 η Hogins και η επιστημονική ομάδα της οποίας ηγείτο όρισε ως M.A. μια συλλογή που μπορεί να συγκροτείται από εννοιολογικά στοιχεία, στοιχεία εξάσκησης και στοιχεία αξιολόγησης συνθέτοντας έναν ενιαίο μαθησιακό στόχο. Το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών<sup>10</sup> χρησιμοποιεί έναν απλουστευμένο ορισμό<sup>11</sup>, σύμφωνα με τον οποίο M.A. είναι μια ψηφιακή (ή μη ψηφιακή) οντότητα, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μάθηση, ή την εκπαίδευση ή την κατάρτιση. Σύμφωνα με τον Wiley (2000) τα M.A. ορίζονται ως οποιοσδήποτε πόρος που μπορεί να επαναχρησιμοποιείται για να υποστηρίξει την εκπαιδευτική διαδικασία. Ως παραδείγματα μικρών επαναχρησιμοποιούμενων πόρων θα μπορούσε κάποιος να θεωρήσει αρχεία: Κειμένων, Εικόνων, Ήχων, Βίντεο, Προσομοιώσεων και Εφαρμογών Java

Θα μπορούσαμε να χωρίσουμε τα M.A. σε δύο κατηγορίες:

1. Αυτοτελής: είναι τα M.A. εκείνα τα οποία, επειδή αποτελούν μία ολοκληρωμένη οντότητα, δεν μπορούν να καταταμηθούν σε μικρότερα τμήματα γιατί θα χάσουν την μαθησιακή τους αξία

2. Αναχρησιμοποιούμενα (reusable): είναι τα M.A. που δημιουργούνται από τη σύνθεση πολλών αυτοτελών μ.α. με σκοπό να δημιουργήσουν νέες ενότητες μαθησιακού υλικού και να εξυπηρετήσουν πολλαπλούς μαθησιακούς στόχους.

Για να μπορούν κάποια M.A. να επαναχρησιμοποιηθούν πρέπει να είναι εύκολα εντοπίσιμα σε διάφορα σημεία του παγκόσμιου ιστού.. Για να επιτευχθεί αυτό η περιγραφή τους συνοδεύεται από μεταδεδομένα (Metadata) που επιτρέπουν την αναζήτησή τους με εξειδικευμένα κριτήρια.

Με την εξέλιξη της διαδικτυακής σύνδεσης των υπολογιστικών συστημάτων την εξάπλωση του διαδικτύου και στις πλέον απρόσιτες περιοχές όπου κατοικούν άνθρωποι, οι εκπαιδευτικοί που στρέφονται προς το e-learning δύνανται πλέον να συνθέτουν M.A. παρουσιάσεις με υπερμέσα και χρήση πολυμέσων. Εργαλεία Συγγραφής<sup>12</sup> που διευκολύνουν τη διαδικασία δημιουργίας M.A. έχουν κατασκευαστεί και είναι διαθέσιμα στο διαδίκτυο. Αναφέρουμε το LOTTI –που δημιουργήθηκε και συντηρείται στο πανεπιστήμιο του Teesside στη Μ. Βρετανία., το Learning Object Creator (LOC) Tool το οποίο δημιουργήθηκε σε συνεργασία του Πανεπιστημίου του Southampton και του LLAS Subject Centre στη Μ. Βρετανία και το Classic RELOAD Editor το οποίο δημιουργήθηκε στο πλαίσιο του ομώνυμου έργου (RELOAD project)

Προκειμένου τα παραγόμενα M.A. να μην μένουν αχρησιμοποίητα ή να έχουν περιορισμένη χρήση, δημιουργήθηκαν τα αποθετήρια το M.A.<sup>13</sup> Τα αποθετήρια βρίσκονται διάσπαρτα στο διαδίκτυο και η ανάσυρση από αυτά πρέπει να είναι στο μέλλον ελεύθερη σε κάθε αιτούντα. Με αυτόν τον τρόπο ένα M.A. μπορεί να επαναχρησιμοποιείται και να είναι διαχειριστικό<sup>14</sup>.

Η ιδιότητα της επαναχρησιμοποίησης<sup>15</sup> των M.A. έδωσε αφορμή για την ανάπτυξη τεχνολογίας που τυποποιεί, καταχωρεί, ταξινομεί, παρακολουθεί, αξιολογεί κι τέλος ανασύρει με προσαρμοστικό προς τον χρήστη τρόπο τα M.A. Σε ότι αφορά τη τελευταία ιδιότητα της προσαρμοστικότητας, η συσχέτιση αφενός της εκτίμησης του

<sup>10</sup> Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)

<sup>11</sup> [http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM\\_1484\\_12\\_1\\_v1\\_Final\\_Draft.pdf](http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf)

<sup>12</sup> Authoring Tool

<sup>13</sup> Learning Object Repositories

<sup>14</sup> Interoperable

<sup>15</sup> Reusability

μαθησιακού προφίλ και αφετέρου της διαδικασίας προσαρμοστικής ανάσυρσης του κατάλληλου Μ.Α., παράγει μεγάλους αριθμούς σχέσεων αιτίου-αποτελέσματος σε πολλά αλληλεπιδρώντα επίπεδα που αφορούν τόσο την περιγραφή όσο και τη λειτουργία. Οι σχέσεις είναι απαραίτητα ασθενείς προσεγγίσεις πολύπλοκων δυναμικών συστημάτων, και πρέπει να αντιμετωπίζονται με σχετική συγκαταβατικότητα για την αβεβαιότητα που υπεισέρχεται σε αυτό το επίπεδο της περιγραφής. Σημαντικό στοιχείο για την επαναχρησιμοποίηση των Μ.Α. είναι η ταυτοποίηση τους με χρήση διεθνώς αποδεκτών προτύπων. Σήμερα, χρησιμοποιούνται πρότυπα μεταδεδομένων Μ.Α.<sup>16</sup> με τη βοήθεια των οποίων ταυτοποιούνται τα Μ.Α. Μεγάλη διάδοση έχουν τα LOM της IEEE, αλλά και τα DCIM Dublin Core Initiative. Αμφότερα περιλαμβάνονται στα εγχειρίδια SCORM<sup>17</sup>, που περιλαμβάνουν και άλλα τυποποιημένα μεταδεδομένα για Μ.Α. Η Επιτροπή Προτύπων για τις Τεχνολογίες της Μαθήσεως<sup>18</sup> της IEEE.

Μια επικρατούσα αντίληψη θέλει τη δημιουργία βάσεων μεταδεδομένων για Μ.Α. στα οποία ο δημιουργός κάθε Μ.Α. ανατρέχει για να δανειστεί και χρησιμοποιήσει τα μεταδεδομένα που εκφράζουν το Μ.Α. Τέτοιες βάσεις είναι η WISC – online του πανεπιστημίου του Wisconsin, το MERLOT -- Multimedia Educational Resource for Online Learning and Teaching, το North Carolina Learning Object Repository στις Η.Π.Α., το eduSource στον Καναδά και το Ευρωπαϊκό MACE project.

#### **4. Προσαρμοστική παρουσίαση του μαθήματος με χρήση δικτύων Petri**

Σε μια ροή διδακτικών ενοτήτων που προσαρμόζεται στις μαθησιακές ιδιαιτερότητες και ανάγκες του χρήστη, το μαθησιακό του προφίλ καθορίζει τόσο το περιεχόμενο, όσο και τον τρόπο παρουσίασης. Το μαθησιακό στυλ, το γνωσιακό υπόβαθρο, και το ενδιαφέρον του μαθητή είναι καθοριστικοί παράγοντες για τη διάρθρωση της επόμενης ενότητας που το ΠΕΣΥ θα παρουσιάσει στον μαθητή. Μια διαδικασία προσαρμοστικής διαχείρισης του μαθησιακού περιεχομένου προτείνει τη χρήση δικτύου Petri (Georgiou, 2011).

Ένα δίκτυο Petri είναι μία γραφιστική και μαθηματική περιγραφή μιας διαδικασίας, κατάλληλη για να μοντελοποιήσει συστήματα συνδιαχείρισης πόρων. Τα δίκτυα Petri είναι υπό ανάπτυξη από τις αρχές της δεκαετίας του 1960, όταν ο Carl Adam Petri τα εισήγαγε. Ήταν η πρώτη φορά που πήρε μορφή μία γενική θεωρία για διακριτά παράλληλα συστήματα. Ιστορικά, τα δίκτυα Petri έλκουν την προέλευσή τους από την διπλωματική εργασία του Carl Adam Petri που κατατέθηκε το 1962 στη Φυσικομαθηματική Σχολή του Πολυτεχνείου του Darmstadt στη Γερμανία. Αργότερα η θεωρία τελειοποιήθηκε και επισημοποιήθηκε από τον Holt.

Η γλώσσα αποτελεί μία γενίκευση της θεωρίας των αυτομάτων υπό την έννοια ότι μπορεί να εκφράσει την θεωρία γεγονότων που συντρέχουν. Από τότε τα δίκτυα Petri έχουν εξελιχθεί σε ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο για την περιγραφή και την ανάλυση συστημάτων επεξεργασίας πληροφορίας τα οποία χαρακτηρίζονται ως συντρέχοντα, ασύγχρονα, καταμεμημένα, παράλληλα, μη ντετερμινιστικά και/ή στοχαστικά. Επιπλέον, όπως εξηγεί ο Murata (1989), από τη στιγμή που τα δίκτυα Petri είναι ένα γραφικό εργαλείο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ένα βοήθημα οπτικής επικοινωνίας όπως αντίστοιχα χρησιμοποιούνται τα διαγράμματα ροής (flow charts), τα σχηματικά διαγράμματα (block diagrams) και τα δίκτυα (networks).

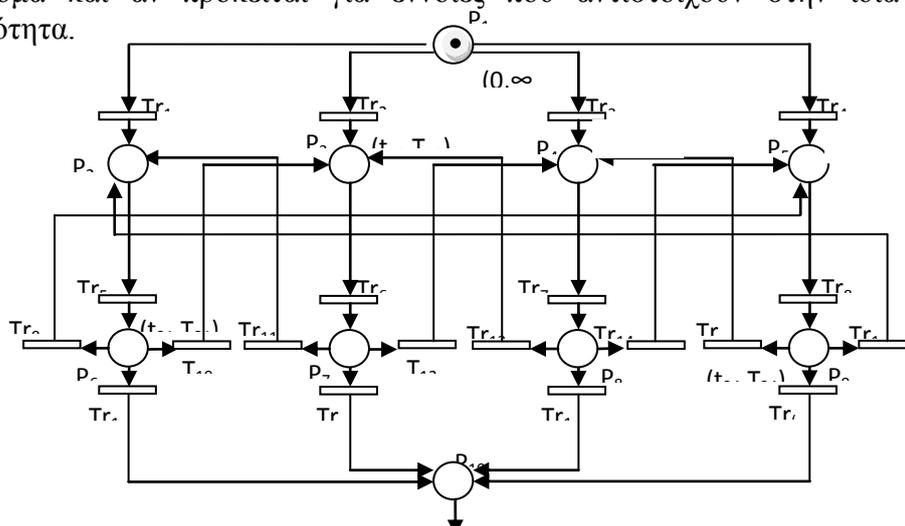
<sup>16</sup> Learning Object Metadata (LOM)

<sup>17</sup> Sharable Content Object Reference Model

<sup>18</sup> Learning Technologies Standard Committee

Τα Petri δίκτυα έχουν προταθεί σε ποικίλες εφαρμογές. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιαδήποτε περιοχή του επιστητού ή σύστημα το οποίο γίνεται να περιγραφεί γραφικά (όπως τα διαγράμματα ροής ή για να καλύψουν την ανάγκη να βρεθεί τρόπος απεικόνισης παράλληλων ή συντρεχόντων ενεργειών). Αν και μπορεί να βρεθεί μία μεγάλη ποσότητα εφαρμογών τους, μόνο ελάχιστες προσπάθειες έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι τώρα σε εφαρμογές Προσαρμοστικής Μάθησης μέσω Διαδικτύου (Web-based adaptive learning). Πρωτοποριακή εργασία μπορεί να θεωρηθεί αυτή των Gao and Dew (2007) στην οποία οι συγγραφείς προτείνουν μία προσέγγιση με τη χρήση υψηλού επιπέδου έγχρωμα χρονικά Petri δίκτυα για να προσδώσουν κάποιου επιπέδου προσαρμογή για διαφορετικούς χρήστες και μαθησιακές δραστηριότητες. Με έναν παρόμοιο τρόπο οι Gao, Zhang, Wells, and Hawryszkiewicz (2008) πρότειναν μία προσέγγιση με υψηλού επιπέδου δίκτυα Petri για να προσδώσουν κάποιου είδους προσαρμογή για μαθησιακές δραστηριότητες. Έδιναν παραδείγματα ενώ παράλληλα εξηγούσαν τρόπους για να γίνονταν κατανοητές οι οδηγίες προσαρμογής. Απ' όσο είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε τα δίκτυα Petri δεν έχουν μέχρι στιγμής εφαρμοσθεί στα Συστήματα Διαχείρισης Μάθησης (Learning Management Systems - LMS) για παρουσίαση προσαρμοστικού περιεχομένου μαθήματος.

Σύμφωνα με την προτεινόμενη μέθοδο, εξετάζεται το διάνυσμα θέσεως  $x \in \mathbb{R}^n$ , ( $n$  το σύνολο των χαρακτηριστικών του μαθητή) του μαθησιακού προφίλ και από την αρχική διεπιφάνεια έναρξης του μαθήματος, επιλέγεται μία από τις  $n$  διαφορετικές συνθέσεις παρουσίασης που αντιστοιχούν. Στη συνέχεια αξιολογείται η αποκτηθείσα γνώση και εφόσον είναι ικανοποιητική ο έλεγχος μεταφέρεται στην επόμενη ενότητα. Σε διαφορετική περίπτωση ο έλεγχος επιστρέφει στην ενότητα που δεν έγινε ικανοποιητικά κατανοητή, αλλά η παρουσίαση γίνεται με τη διεπιφάνεια που αντιστοιχεί στο κατά μέτρο πλησιέστερο διάνυσμα του μαθησιακού προφίλ. Με αυτόν τον τρόπο το σύστημα σε καμία περίπτωση δεν παρουσιάζει έννοιες με τον ίδιο τρόπο, ακόμα και αν πρόκειται για έννοιες που αντιστοιχούν στην ίδια εννοιολογική ενότητα.



Στο σχήμα παρίσταται μια στοιχειώδης δομή του προσομοιωτή p-timed Petri

Ειδικά τα p-timed δίκτυα Petri, διαθέτουν σε κάθε κορυφή του δικτύου χρονικούς περιορισμούς. Ένα φορτίο δεν αποστέλλεται στην προσκείμενη κορυφή πριν περάσει ο ελάχιστος προκαθορισμένος χρόνος, ή αν εξαντληθεί ο μέγιστος χρόνος. Στην περίπτωση του εικονιζόμενου προσομοιωτή τα χρονικά όρια σε κάθε κορυφή διαμορφώνονται δυναμικά, λαμβάνοντας υπόψη τους χρόνους εκμάθησης τόσο του ίδιου του εκπαιδευόμενου σε άλλες κορυφές του δικτύου, όσο και τους χρόνους

άλλων εκπαιδευόμενων στις ίδιες κορυφές. Το προτεινόμενο δίκτυο Petri με αυτόν τον τρόπο σχεδίασης παρουσιάζει χαρακτηριστικά έμπειρου συστήματος.

## 5. Βιβλιογραφία

- Anagnostopoulos, C.-N from: [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=5298878&tag=1](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5298878&tag=1)  
AutoTutor from: <http://www.informaworld.com/smpp/content~db=all?content=10.1080/08839510802631745>
- Barros, B., Verdejo, M.F., Read, T., Mizoguchi, R., (2002). *Lecture Notes in Computer Science; vol 2313. Proceedings of the Second Mexican International Conference on Artificial Intelligence: Advances in Artificial Intelligence*, Springer-Verlag, London
- Boehner K., DePaulab R., Dourishc P., Sengers Ph., (2007), How emotion is made and measured, *Int. Journal Human Computer Studies*, 65, pp. 275-291
- Botsios S., Georgiou D.A., (2008). Recent Adaptive e-Learning Contributions Towards A Standard Ready Architecture, *MCCSIS08 / IADIS – International Association for Development of the Information Society*, 22 to 27 July. Amsterdam, Netherlands
- Botsios S., Georgiou D.A., Safouris N., (2007). Learning Style Estimation via Bayesian Networks, *Proceedings of WEBIST (2007)*, Barcelona, Spain
- Bunt A., Conati C., (2003). Probabilistic Student Modeling to Improve Exploratory Behavior. In *User Modeling and User-Adapted Interaction, vol 13(3)*
- Classic Reload Editor, from: <http://www.reload.ac.uk/new/editor.html>, May (2011)
- Damasio A. R., (1994). *Descartes' error*, Grosset/Putnam, New York, 1994
- Dickerson J. A., & Kosko B., (1993). Virtual worlds as fuzzy cognitive maps. Paper read at 1993 IEEE Annual Virtual Reality International Symposium
- Dublin Core Initiative Metadata, from: <http://dublincore.org/>, May (2011)
- Dunn, R., Dunn K., Price, G. (1985). *Learning Style Inventory Research Manual*, Price Systems
- Dunn, R., Dunn, K., (1992). Teaching elementary students through their individual learning styles: Practical approaches for grades 3-6, Boston, MA: Allyn & Bacon
- Felder, R., Silverman, L., (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education. In *Engineering Education, vol. 78(7)*, pp. 674-681
- Felder, R., Silverman, L., (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education. In *Engineering Education, vol. 78(7)*, pp. 674-681
- Gao S., Dew R., (2007). Enhancing Web-based Adaptive Learning with Colored Timed Petri Net, *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Vol. 4798 LNAI, p.p. 177-185
- Gao S., Zhang Z., Wells J., Hawryszkiewicz H.T., (2008). 'Supporting adaptive learning with high level timed Petri nets', *International Journal of Intelligent Systems Technologies and Applications*, Volume 4, Number 3-4 , pp. 341 – 354
- Garcia, P., Amandi, A., Schiaffino, S., Campo, M., (2005). Evaluating Bayesian network's precision for detecting students' learning styles. In *Computers and Education (in press)*
- Georgiou D. A., Makry D., (2004). A Learner's Style and Profile Recognition via Fuzzy Cognitive Map. In. *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT04)*, IEEE
- Georgiou D.A., Tsoulouchas G. (2011). *Adaptive Management of Learning Content*, Proceedings of ED-MEDIA 2011, Lisbon, from <http://www.editlib.org/noaccess/38058>
- Georgiou D.A., Botsios S., Mitropoulou V. , Papaioanou M., Schizas C. and Tsoulouhas G. (2011), Learning Style Recognition Based on an Adjustable Three-Layer Fuzzy Cognitive Map, under review process in *Journal of Computers and Education*
- Georgiou D.A., Germanakos P., Samaras G., Andreou P. and Tsoulouchas G. (2011). Detection of Emotional State Based on hands Motility, under preparation
- Georgopoulos, V. C., G. A. Malandraki, & C. D. Stylios. (2003). A fuzzy cognitive map approach to differential diagnosis of specific language impairment. *Artificial Intelligence in Medicine*, 29 (3), pp. 261-278
- Higashiyama, A., Imoto, H., & Tsuinashi, S. (2005). Comprehension of emotions accompanied by everyday actions: Comparison of biological-motion pictures with real-person pictures, *Shinrigaku Kenkyu*, 76(5), pp. 486-491
- Holt A., (1968). Information system theory project, Dept.of Commerce, Clearinghouse, Springfield, VA 22151
- Iida S., Nakao T., and Ohira H., (2011). Implicit Attenuation of Subsequent Emotion by Cognitive Activity from <http://cabn.psychonomic-journals.org/content/8/3/282>

- RELOAD project from <http://www.reload.ac.uk/>
- Kaltz, L., Rezaei, R., (2004). Evaluation of the reliability and validity of the cognitive style analysis. In *Personality and Individual Differences, vol 36*
- Khanchandani, K. B., & Hussain, M. A. (2009) Emotion recognition using multilayer perceptron and generalized feed forward neural network. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 68(5), pp. 367-371. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Ko, K. -, & Sim, K. -. (2010). Emotion recognition in facial image sequences using a combination of AAM with FACS and DBN, Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Kolb, D., (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Prentice Hall, Englewood Cliffs
- Kolb, D., (1999). *Learning Style Inventory – version 3: Technical Specifications*, TRG Hay/McBer, Training Resources Group
- Learning Technologies Standarts Committee, from: [http://www.ieeeltsc.org:8080/Plone/contact-information May \(2011\)](http://www.ieeeltsc.org:8080/Plone/contact-information-May-2011).
- LOC Tool, from: <http://www.llas.ac.uk/projects/2770>
- LOM standarts by IEEE, from [http://ltsc.ieee.org/wg12/\(200\(20612-Final-LOM-Draft.html, May \(2011\)](http://ltsc.ieee.org/wg12/(200(20612-Final-LOM-Draft.html, May (2011))).
- LOTTI project, from: <http://arc.tees.ac.uk/lotti/> May (2011)
- MERLOT -- Multimedia Educational Resource for Online Learning and Teaching, from <http://www.merlot.org/merlot/index.htm>
- Millán, E., Pérez-de-la-Cruz J., Suárez, E., (2000). Adaptive Bayesian Networks for Multilevel Student Modelling, Intelligent Tutoring Systems. In *Proceedings of the Fifth International Conference*, Montreal, Canada
- Murata T., (1989). Petri Nets: Properties, Analysis, and Applications, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 77, No. 4, April 1989
- Murray, W., (1999). An Easily Implemented Linear – time Algorithm for Bayesian Student Modelling in Multi-level Trees, *Artificial Intelligence in Education: Open Learning Environments: New Conceptual Technologies to Support Learning, Exploration and Collaboration, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, vol. 50, pp. 413 – 420
- Ogbu J. U., (1992). Understanding Cultural Diversity and Learning, *Educational Researcher*, 21, No 8. 5- 14+24;
- Paiva A., Prada R., Picard R.W., (2007). Editors, *Affective Computing and Intelligent Interaction*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg
- Paulmann S. and Pell M. D., (2010). Contextual influences of emotional speech prosody on face processing: How much is enough? *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience* 10, #2, 230-242, (2010) DOI: 10.3758/CABN.10.2.230
- Pearl, J., (1988). *Probabilistic Inference in Intelligent Systems*, Morgan Kaufmann, San Mateo, California
- Petri C.A., (1966). Communication with Automata, New York: Griffiss Air Force Base. Tech. Rep. RADC-TR-65-377, vol. 1, Suppl. 1
- Reye, J., (1996). *Lecture Notes In Computer Science; vol 1086. Proceeding of the Third International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Springer-Verlag, London
- Reye, J., (2004). Student Modelling based on Belief Networks. In *International Journal of Artificial Intelligence in Education, vol 14*
- Rong from [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=4276418&tag=1](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4276418&tag=1)
- Rong, J., from [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6VC8-4TTF00J-1&\\_user=109808&\\_coverDate=05%2F31%2F\(2009\)&\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&view=c&\\_acct=C000059631&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=109808&md5=79c617ee0ecc8261eda89f4aa277c536](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VC8-4TTF00J-1&_user=109808&_coverDate=05%2F31%2F(2009)&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000059631&_version=1&_urlVersion=0&_userid=109808&md5=79c617ee0ecc8261eda89f4aa277c536)
- Sakr, G. E., Elhajj, I. H., & Abou-Saad Huijjer, H. (2010). Support vector machines to define and detect agitation transition. *IEEE Transactions on Affective Computing*, Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Shen, L., Wang, M., & Shen, R. (2009). Affective e-learning: Using "motional" data to improve learning in pervasive learning environment. *Educational Technology and Society*, 12(2), 176-189. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Simon H., (1979) "Motivational and Emotional Controls of Cognition," *Models of Thought*, pp. 29-38, Yale University Press
- Sloman A., Croucher M., (1981), Why Robots will Have Emotions, *Proc. of the Seventh International Conference on Artificial Intelligence*, pp. 197-202

- Smith, SE., (2001). The relationship between learning style and cognitive style. In *Personality and Individual Differences*, vol 30
- Van Lehn, K., Martin, J., (1995). Student assessment using Bayesian Nets. In *International Journal of Human Computer Studies*, vol 42
- Wiley, D.A., (2000),. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In D.A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects*. Bloomington, IN: Association for Educational Communications and Technology
- WISC-online from: <http://www.wisc-online.com/> May (2011)
- Zapata-Rivera, JD., Greer, J., (2004). Inspect able Bayesian student modeling servers in multi-agent tutoring systems. In *International Journal of Human-Computer Studies*, vol 61