

Η υποστήριξη της διδασκαλίας του μαθήματος της Ανάπτυξης Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον μέσω ενός πολυμεσικού συστήματος ηλεκτρονικής μάθησης βασισμένου στο Διαδίκτυο

Χαίδω Σαμαρά

Καθηγήτρια Πληροφορικής
Αμερικανικό Κολλέγιο «Ανατόλια»
hsamara@anatolia.edu.gr

Περίληψη

Η διδασκαλία σε αρχάριους μαθητές των αντικειμένων της σχεδίασης αλγορίθμων, των δομών δεδομένων και της συγγραφής προγραμμάτων εντάσσεται στα σύνθετα πεδία γνώσης. Τα αντικείμενα αυτά διδάσκονται σε επίπεδο μέσης εκπαίδευσης στην Γ΄ τάξη του Λυκείου μέσα από το γραπτό εξεταζόμενο μάθημα που ονομάζεται «Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον». Ιδιαίτερα όταν πρόκειται για μαθητές λυκείου το μάθημα αποδεικνύεται αρκετά απαιτητικό και δύσκολο. Μαθητές οι οποίοι δεν διαθέτουν ισχυρό μαθηματικό υπόβαθρο, δεν έχουν έφεση στον προγραμματισμό και δεν έχουν διδαχθεί προηγούμενες κάποιες βασικές έννοιες και αρχές που συνδέονται με την ανάλυση προβλήματος και τη δημιουργία αλγορίθμων συναντούν αρκετές δυσκολίες κατά την πρώτη επαφή τους με το μάθημα και συχνά το μαθαίνουν με «μηχανικό» τρόπο αδυνατώντας να το κατανοήσουν σε βάθος. Προς αυτήν την κατεύθυνση ένα πολυμεσικό σύστημα ηλεκτρονικής μάθησης βασισμένο στο Διαδίκτυο θα μπορούσε να αποτελέσει αφενός έναν συμπληρωματικό και αποτελεσματικότερο τρόπο μάθησης και αφετέρου έναν αποδοτικό τρόπο υποστήριξης της διδασκαλίας που γίνεται στην τάξη.

Λέξεις κλειδιά: Πολυμεσικά Περιβάλλοντα Μάθησης, Αλληλεπιδραστικά Πολυμέσα, Εκπαιδευτικό Λογισμικό, Πολλαπλές Αναπαραστάσεις, Ενεργός Επεξεργασία, Παροχή Υποστήριξης, Αντικείμενα Μάθησης, Μεταδεδομένα

1. Εισαγωγή

Συχνά, αναφερόμαστε στη διαδικασία ανάπτυξης αλγορίθμων, η οποία αποτελεί ανθρώπινη δραστηριότητα υψηλού επιπέδου, με τον όρο αλγοριθμική σκέψη. Γενικά με τον όρο «αλγόριθμος» εννοούμε μια πεπερασμένη σειρά ενεργειών ή βημάτων που απαιτούνται για την επίλυση ενός προβλήματος. Την έννοια του αλγορίθμου τη συναντάμε σε αρκετούς τομείς, ενώ αρχικά εμφανίζεται στην επιστήμη των μαθηματικών (π.χ. αλγόριθμος του Ευκλείδη για την εύρεση του Μέγιστου Κοινού Διαιρέτη). Ειδικά όμως στην Πληροφορική οι αλγόριθμοι ως διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων αποτελούν τον πυρήνα της επιστήμης των ηλεκτρονικών υπολογιστών, διότι το υπολογιστικό αποτέλεσμα που επιτυγχάνεται σε ορισμένα δευτερόλεπτα από έναν αποτελεσματικό αλγόριθμο δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί διαφορετικά. Στον προγραμματισμό ο όρος «αλγόριθμος» αναφέρεται σε ένα διατεταγμένο και πεπερασμένο σύνολο εντολών αυστηρά καθορισμένων και εκτελέσιμων σε πεπερασμένο χρόνο για τη διενέργεια μιας διεργασίας, στο τέλος της οποίας – και δεδομένης μιας αρχικής κατάστασης – θα προκύψουν κάποια επιθυμητά αποτελέσματα. Με άλλα λόγια θα καταλήξουμε στην επίλυση του αρχικού προβλήματος. Η ανάπτυξη ενός αλγορίθμου περιλαμβάνει την ανάλυση μιας σύνθετης εργασίας σε στοιχειώδεις εργασίες, την αναγνώριση των επαναλαμβανόμενων εργασιών, την εκτίμηση της διάρκειας μιας διαδικασίας, και την επαλήθευσή του, εάν η διαδοχή των στοιχειωδών πράξεων οδηγεί στο αναμενόμενο αποτέλεσμα (Saratzemi, 2000). Ο ρόλος του αλγορίθμου είναι θεμελιώδης για δύο τουλάχιστον λόγους. Αφενός, χωρίς αλγόριθμο δεν μπορεί να υπάρξει πρόγραμμα και επομένως δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί μια εργασία μέσω υπολογιστή. Αφετέρου, οι αλγόριθμοι είναι ανεξάρτητοι τόσο από τη γλώσσα προγραμματισμού στην οποία διατυπώνονται, όσο και από τον υπολογιστή ο οποίος τους εκτελεί (Goldshlager & Lister, 1996).

Αναπόσπαστο συστατικό ενός αλγορίθμου αποτελούν οι δομές δεδομένων με τις οποίες αυτός υλοποιείται. Με τον όρο «δομές δεδομένων» εννοούμε *διάφορες διμελείς σχέσεις που ορίζονται πάνω στα σύνολα δεδομένων είτε είναι αυτά αρχικά είτε παράγονται κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου*. Οι δομές δεδομένων αφορούν τον τρόπο που τα δεδομένα είναι οργανωμένα στη μνήμη του Η/Υ καθώς και το σύνολο των πράξεων ή λειτουργιών μέσω των οποίων υφίστανται επεξεργασία τα δεδομένα αυτά. Αυτός ο τρόπος οργάνωσης έχει τεράστια σημασία, γιατί μια εσφαλμένη οργάνωση (λανθασμένη επιλογή δομών δεδομένων) μπορεί να κάνει αναποτελεσματικό τον αντίστοιχο αλγόριθμο. Απ' την άλλη η χρήση κατάλληλων δομών δεδομένων μπορεί να κάνει τον αντίστοιχο αλγόριθμο εκατομμύρια φορές γρηγορότερο και πιο αποτελεσματικό. Βασική προϋπόθεση για να κατανοεί κανείς τα θέματα της ανάλυσης και του σχεδιασμού αλγορίθμων είναι να αποκτήσει ικανότητες ανάλυσης αλγορίθμων και να κατανοεί τις υποκείμενες δομές δεδομένων.

Τέλος, για να εκτελεστεί ένας αλγόριθμος σε Η/Υ, είναι απαραίτητο να γραφεί ένα κατάλληλο πρόγραμμα Η/Υ. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι το πρόγραμμα αυτό υλοποιεί τον συγκεκριμένο αλγόριθμο. Ένας αλγόριθμος μπορεί όμως να υλοποιείται με περισσότερα από ένα προγράμματα, τα οποία δεν είναι όλα το ίδιο αποτελεσματικά κι έτσι τίθεται το ζήτημα δημιουργίας ή επιλογής του προγράμματος εκείνου που ικανοποιεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα προκαθορισμένα κριτήρια του αλγορίθμου. Η διαδικασία ανάπτυξης προγραμμάτων Η/Υ πέρασε σταδιακά από το επίπεδο της τέχνης στο επίπεδο της επιστήμης από τα τέλη της δεκαετίας του '60. Πρωτοπόροι στην προσπάθεια αυτή ήταν οι E.W. Dijkstra και N. Wirth, οι οποίοι εισήγαγαν την έννοια του δομημένου προγραμματισμού, θέτοντας έτσι τα θεμέλια για μια μαθηματική πλέον θεώρηση του προγραμματισμού Η/Υ (Λουκάκης, 1998). Κατά τη βασική εξίσωση που διατύπωσε ο Wirth το 1976 ισχύει:

Αλγόριθμοι + Δομές Δεδομένων = Προγράμματα

Η εξίσωση αυτή δείχνει ότι η δομή δεδομένων και ο αλγόριθμος είναι αδιάσπαστες και συνυφασμένες έννοιες κατά τη δημιουργία ενός προγράμματος Η/Υ. Επομένως, βασική προϋπόθεση για να κατανοεί κανείς τα θέματα της ανάλυσης και του σχεδιασμού αλγορίθμων είναι να αποκτήσει ικανότητες ανάλυσης αλγορίθμων και να κατανοεί τις υποκείμενες δομές δεδομένων.

Η ανάπτυξη αλγορίθμων και ο προγραμματισμός συνιστούν νοητικές δραστηριότητες μιας πιο εκτεταμένης κλάσης δραστηριοτήτων που αποκαλούνται «επίλυση προβλημάτων» (problem solving). Η κλάση αυτή αποτελεί αντικείμενο μελέτης της γνωστικής ψυχολογίας (Cognitive Psychology). Έχει διαπιστωθεί ότι η πλειοψηφία των σπουδαστών, ακόμα κι αυτοί που είναι εγγεγραμμένοι σε τμήματα Πληροφορικής, θεωρούν ότι η ανάλυση και ο σχεδιασμός αλγορίθμων και ο προγραμματισμός αποτελούν πολύπλοκες γνωστικές διαδικασίες (Guindon, 1990; Kim & Lerch, 1986; Mayer, 1989). Υπάρχει μάλιστα μεγάλο ποσοστό αποτυχίας των σπουδαστών στα μαθήματα αυτά. Οι λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό είναι αρκετοί. Μεταξύ αυτών, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε τους εξής:

- Ο αλγόριθμος περιγράφει μια διαδικασία που είναι ταυτόχρονα αφηρημένη και δυναμική, ενώ οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία του δεν είναι.
- Για να κατανοήσει σε βάθος ο αρχάριος μαθητής τη λογική πίσω από έναν αλγόριθμο, η ανθρώπινη μνήμη καλείται να διαχειριστεί ταυτόχρονα πλήθος από περίπλοκα πρωτοεμφανιζόμενα στοιχεία, γεγονός που την επιβαρύνει και δυσχεραίνει τη μαθησιακή διαδικασία (Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998).
- Τα νοητικά σχήματα (οι αναπαραστάσεις) που έχουν οι μαθητές, ακόμη και οι φοιτητές, για τις προγραμματιστικές δομές είναι συχνά εσφαλμένα, δηλαδή παρατηρούνται παρανοήσεις (misconceptions) για τη λειτουργία των δομών. Για παράδειγμα, συχνά οι μαθητές χρησιμοποιούν τις σωστές εντολές, αλλά τις γράφουν με λανθασμένη σειρά μέσα στον αλγόριθμο, διότι τις παρανοούν.
- Ενώ οι περισσότεροι μαθητές είναι οπτικοί (visual) (δηλαδή μαθαίνουν καλύτερα μέσω οπτικών πληροφοριών), οι εκπαιδευτικοί παρουσιάζουν τους αλγορίθμους και τα προγράμματα μέσω λεκτικών πληροφοριών, δηλαδή με τρόπο αντίθετο προς το μαθήτυπο των μαθητών.
- Οι σπουδαστές δυσκολεύονται να μεταφράσουν εννοιολογικά τα στατικά διαγράμματα που παρουσιάζονται στα βιβλία τους και στον πίνακα στις δυναμικές διεργασίες που αντιπροσωπεύονται από τα διαγράμματα αυτά.
- Κατά τη διδασκαλία του προγραμματισμού δίνεται συχνά έμφαση στο συντακτικό της ψευδογλώσσας ή κάποιας άλλης γλώσσας προγραμματισμού και όχι επαρκής βαρύτητα στην επίλυση προβλημάτων και στη σχεδίαση του αλγορίθμου.
- Η ανάλυση και σχεδίαση αλγορίθμων και ο προγραμματισμός απαιτούν την απόκτηση σύνθετων και υψηλού επιπέδου γνωστικών δεξιοτήτων όπως είναι η λογική (reasoning), η επίλυση προβλημάτων (problem-solving) και ο σχεδιασμός (planning). Επίσης απαιτείται μαθηματικό υπόβαθρο. Έχει διαπιστωθεί σε έρευνες ότι οι μαθητές που έχουν κλίση στα μαθηματικά (δηλαδή διαθέτουν μαθηματική σκέψη) έχουν μεγαλύτερη ικανότητα στον προγραμματισμό.
- Η προγραμματιστική δραστηριότητα δεν έχει ισοδύναμο στο πλαίσιο των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, αλλά συνιστά μια ξεχωριστή δραστηριότητα μέσα στο σύνολο των νοητικών δραστηριοτήτων, δηλαδή συνιστά μια σύνθετη και πολύπλοκη μάθηση, η οποία συνδυάζει τρία είδη γνώσης: τη συντακτική (γνώσεις που αφορούν τα χαρακτηριστικά της γλώσσας προγραμματισμού), την εννοιολογική (γνώσεις που αφορούν τις δομές και τις αρχές που προσδιορίζουν τη σημασιολογία των προγραμματιστικών ενεργειών) και τη στρατηγική (τις πιο πολύπλοκες γνώσεις που πρέπει να

αποκτήσουν οι μαθητές σε σχέση με τον προγραμματισμό και αφορούν την ανάπτυξη ενός μεγάλου εύρους ικανοτήτων επίλυσης προβλημάτων).

Γενικά η διδασκαλία σε αρχάριους μαθητές των αντικειμένων της σχεδίασης αλγορίθμων, των δομών δεδομένων και της συγγραφής προγραμμάτων εντάσσεται στα σύνθετα πεδία γνώσης. Τα αντικείμενα αυτά διδάσκονται στην Ελλάδα σε επίπεδο μέσης εκπαίδευσης στην Γ' τάξη του Ενιαίου και Εσπερινού λυκείου (στην τεχνολογική κατεύθυνση) μέσα από το γραπτώς εξεταζόμενο μάθημα που ονομάζεται «Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον». Το μάθημα αυτό αποτελεί μια εισαγωγή στους αλγορίθμους και τον προγραμματισμό -με βασικές ενότητες του μαθήματος την ανάλυση προβλήματος, τη σχεδίαση αλγορίθμων, τη διαχείριση δομών δεδομένων και την υλοποίηση προγράμματος σε προγραμματιστικό περιβάλλον- και έχει ως γενικό σκοπό «οι μαθητές και μαθήτριες να αναπτύξουν αναλυτική και συνθετική σκέψη, να αποκτήσουν ικανότητες μεθοδολογικού χαρακτήρα και να μπορούν να επιλύουν απλά σχετικά προβλήματα σε προγραμματιστικό περιβάλλον» (Βακάλη, κ.ά.). Ιδιαίτερα όταν πρόκειται για μαθητές λυκείου το μάθημα αποδεικνύεται αρκετά απαιτητικό και δύσκολο.

Μαθητές οι οποίοι δεν διαθέτουν ισχυρό μαθηματικό υπόβαθρο, δεν έχουν έφεση (aptitude) στον προγραμματισμό και δεν έχουν διδαχθεί προηγουμένως κάποιες βασικές έννοιες και αρχές που συνδέονται με την ανάλυση προβλήματος και τη δημιουργία αλγορίθμων συναντούν αρκετές δυσκολίες κατά την πρώτη επαφή τους με το μάθημα και συχνά το μαθαίνουν με «μηχανικό» τρόπο αδυνατώντας να το κατανοήσουν σε βάθος. Έτσι ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών δεν καταφέρνει να εμπεδώσει το μάθημα και δεν είναι σε θέση να εφαρμόσει τις απαραίτητες δεξιότητες και τεχνικές σχεδίασης αλγορίθμων και ανάπτυξης προγραμμάτων, όταν δίνεται ένα πρόβλημα μέτριας έως αυξημένης δυσκολίας όπως είναι συνήθως το 3ο και 4ο θέμα των Πανελλαδικών εξετάσεων. Εξάλλου τα ποσοστά των υποψηφίων που έγραψαν κάτω από τη βάση στο μάθημα «Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον» τα τελευταία πέντε έτη (2003: 35,77%, 2004: 45%, 2005: 49,74%, 2006: 53,87%, 2007: 49,57%) υπογραμμίζουν τα παραπάνω και τονίζουν την ανάγκη μιας διαφορετικής αντιμετώπισης στη διδασκαλία του μαθήματος έτσι ώστε οι μαθητές να κατανοήσουν τις βασικές έννοιες από την αρχή, σταδιακά να «χτίσουν» μια καλύτερη αντίληψη του μαθήματος και τελικά να καταφέρουν να αποκτήσουν δεξιότητες αλγοριθμικής προσέγγισης στη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων και συγγραφής προγραμμάτων.

Προς αυτήν την κατεύθυνση ένα πολυμεσικό σύστημα ηλεκτρονικής μάθησης βασισμένο στο Διαδίκτυο θα μπορούσε να αποτελέσει αφενός έναν συμπληρωματικό και αποτελεσματικότερο τρόπο μάθησης και αφετέρου έναν αποδοτικό τρόπο υποστήριξης της διδασκαλίας που γίνεται στην τάξη. Ένα τέτοιο σύστημα θα μπορούσε να υποστηρίξει αρχάριους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τα θέματα αυτών των σύνθετων πεδίων γνώσης, να μειώσει τις παρανοήσεις παρέχοντας χαρακτηριστικά οπτικοποίησης, αλληλεπίδρασης, πολλαπλών αναπαραστάσεων, κ.λπ. Επίσης θα μπορούσε να βοηθήσει τους μαθητές να αποκτήσουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση απέναντι στα συγκεκριμένα αντικείμενα. Στο πλαίσιο αυτού του άρθρου παρουσιάζεται η σχεδίαση και ανάπτυξη μιας συγκεκριμένης εφαρμογής λογισμικού βασισμένης στο Διαδίκτυο, που παρέχει εξατομικευμένο πολυμεσικό εκπαιδευτικό περιεχόμενο και υποστήριξη σε μαθητές της Γ' τάξης Λυκείου έτσι ώστε να κατανοήσουν καλύτερα και να εμπεδώσουν το μάθημα «Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον» (ΑΕΠΠ).

Πιο συγκεκριμένα, στη συνέχεια αυτού του άρθρου προτείνεται ένα μοντέλο σχεδίασης αλληλεπιδραστικών πολυμεσικών περιβαλλόντων μάθησης που βασίζεται:

A) στα συμπεράσματα εδραιωμένων θεωριών πολυμεσικής μάθησης

B) στην τεχνολογία των αντικειμένων μάθησης (learning objects)

Η πρόταση αυτού του μοντέλου οδήγησε στη σχεδίαση και ανάπτυξη της συγκεκριμένης εφαρμογής λογισμικού για την υποστήριξη του μαθήματος ΑΕΠΠ.

Αναλυτικότερα, στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται:

- Οι βασικές θεωρίες πολυμεσικής μάθησης
- Οι λόγοι που οδήγησαν στην πρόταση του συγκεκριμένου μοντέλου σχεδίασης
 - Προβλήματα που συνδέονται με υπάρχουσες σχεδιάσεις
 - Νέες τάσεις για την αντιμετώπισή τους
 - Πρόταση παραμέτρων του προτεινόμενου μοντέλου
- Η προτεινόμενη προσέγγιση για τη σχεδίαση ενός πολυμεσικού περιβάλλοντος μάθησης (η χρήση αντικειμένων μάθησης, η επιλογή ενός συνόλου μεταδεδωμένων και η λογική της χρήσης τους)
- Η παρουσίαση της εφαρμογής που αναπτύχθηκε για την υποστήριξη της διδασκαλίας του μαθήματος ΑΕΠΠ

2. Νέοι τρόποι προσέγγισης υπαρχόντων προβλημάτων σχεδίασης των πολυμεσικών περιβαλλόντων μάθησης

Μέχρι πρόσφατα η έρευνα σε σχέση με την πολυμεσική μάθηση εστίαζε σε δύο κεντρικά ζητήματα: α) στο ζήτημα του πώς θα πρέπει να σχεδιάζονται τα πολυμεσικά μαθήματα έτσι ώστε να μην οδηγούν το μαθητή σε γνωστική υπερφόρτωση και να διευκολύνεται η μαθησιακή διαδικασία (Sweller 1989, Sweller & Chandler 1994) και, β) στο πώς θα πρέπει να διευθετούνται/διατάσσονται οι λεκτικές και οπτικές πληροφορίες με τρόπο τέτοιο, ώστε να διευκολύνεται ο αρχάριος μαθητής να διακρίνει δομές και σχέσεις και να κάνει τις απαραίτητες συνδέσεις μεταξύ των λεκτικών και οπτικών πληροφοριών, λειτουργίες που για τον ειδικό ενός πεδίου γνώσης γίνονται με μεγάλη ευκολία (Mayer & Moreno, 1999; Mayer 2001). Αυτές οι δύο κυρίαρχες ερευνητικές κατευθύνσεις αποτελούν τα θεμέλια των δύο βασικών θεωριών στις οποίες έχει στηριχτεί η μέχρι τώρα έρευνα στο χώρο των πολυμέσων: η θεωρία της γνωστικής υπερφόρτωσης του Sweller και η γνωστική θεωρία της πολυμεσικής μάθησης του Mayer.

Ωστόσο, λόγω των αντικρουόμενων αποτελεσμάτων, τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να αναδύεται μια νέα γενιά πολυμεσικής έρευνας (Schnotz & Bannert 2003; Mayer 2003, Kozma 2003, Seufert 2003, Siefert & Brünken 2004). Σήμερα υπάρχει ένας αυξανόμενος αριθμός εμπειρικών μελετών οι οποίες εξετάζουν πρόσθετες παραμέτρους και διαπραγματεύονται μια σειρά από νέα ζητήματα. Η νέα αυτή γενιά χαρακτηρίζεται από μια στροφή προς σύγχρονα μοντέλα και θεωρίες που επιδιώκουν να αποκτήσουν επίγνωση των παραμέτρων εκείνων οι οποίες αναμένεται να ωθήσουν την πολυμεσική έρευνα προς καινούργιες ελπιδοφόρες κατευθύνσεις (Samaras et al. 2006).

Αναπτύσσονται στη συνέχεια αναλυτικότερα ορισμένες από αυτές τις νέες παραμέτρους. Οι παράμετροι αυτοί αποτέλεσαν εφόσον άπτονται του προτεινόμενου μοντέλου της παρούσας εργασίας:

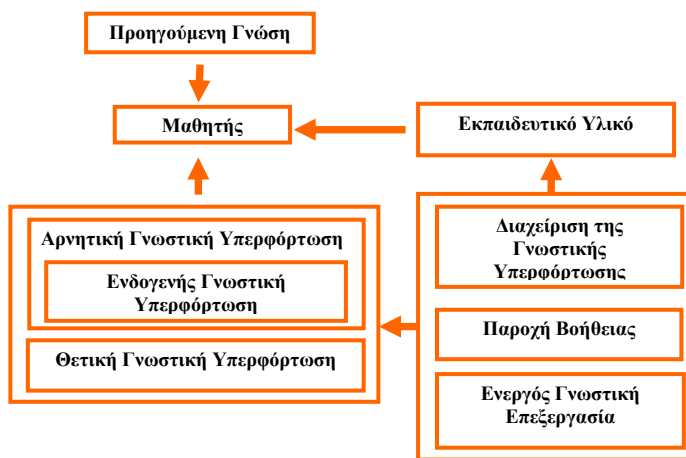
- *Αύξηση της θετικής γνωστικής υπερφόρτωσης (Increasing Germane Cognitive Load):* Η εξωτερική ή αρνητική γνωστική υπερφόρτωση (extraneous or ineffective cognitive load) αντιστοιχεί στην προσπάθεια που πρέπει να καταβάλλει ο μαθητής για να επεξεργαστεί μια ανεπαρκώς σχεδιασμένη διδασκαλία/παρουσίαση. Αντίθετα, η θετική γνωστική υπερφόρτωση (germane or effective cognitive load) συσχετίζεται με την προσπάθεια εκείνη που καταβάλλει ο μαθητής προκειμένου να συνεισφέρει στη λειτουργία της δημιουργίας νοητικών σχημάτων και της αυτοματοποίησης (όπως είναι π.χ. οι ασκήσεις που βοηθούν στην πρόσκτηση νοητικών σχημάτων μέσω αυξημένης προσπάθειας και κινήτρου) και επομένως είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη διαδικασία της μάθησης. Και τα δύο είδη υπερφόρτωσης (αρνητική και θετική) επιβάλλονται στο μαθητή μέσω του εκπαιδευτικού υλικού που παρουσιάζεται και μέσω των μαθησιακών δραστηριοτήτων που ανατίθενται, με τη διαφορά ότι, ενώ η εξωτερική υπερφόρτωση βλάπτει τη μάθηση, η θετική υπερφόρτωση τη διευκολύνει. Μέχρι τώρα οι ερευνητές στο χώρο της σχεδίασης πολυμεσικών περιβαλλόντων μάθησης εστίαζαν το ενδιαφέρον τους στον προσδιορισμό τρόπων ελάττωσης της εξωτερικής υπερφόρτωσης (με τεχνικές όπως π.χ. την κατάλληλη διεύθυνση οπτικών και λεκτικών πληροφοριών, τη χρήση λυμένων παραδειγμάτων, κ.λπ.), παραβλέποντας την πιθανή θετική επίδραση που θα μπορούσε να έχει η αξιοποίηση της θετικής γνωστικής υπερφόρτωσης. Μια μετατόπιση του ενδιαφέροντος της έρευνας προς αυτήν την κατεύθυνση έχει αρχίσει ήδη να πραγματοποιείται τα τελευταία χρόνια (Kirschner 2002).
- *Επίδεξια διαχείριση της ενδογενούς γνωστικής υπερφόρτωσης (Manipulation of Intrinsic Cognitive Load):* Η διαχείριση της ενδογενούς γνωστικής υπερφόρτωσης είναι μια εντελώς νέα προσέγγιση στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό και είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα όχι μόνο επειδή έχει προταθεί από τους «πατέρες» της γνωστικής υπερφόρτωσης αλλά γιατί αντικρούει τις αρχικές τους απόψεις αφού υποστηρίζεται σήμερα ότι υπάρχει δυνατότητα να μειωθεί η ενδογενής γνωστική υπερφόρτωση, τουλάχιστον τεχνητά (Bannert 2002, Pollock, Chandler & Sweller 2002). Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της κατάλληλης σειράς παρουσίασης του εκπαιδευτικού υλικού (appropriate information sequencing).
- *Ενεργός επεξεργασία (Active Processing):* Τα πολυμεσικά περιβάλλοντα δεν προκαλούν τη μάθηση, η ενεργός γνωστική επεξεργασία από το μαθητή (active cognitive processing) είναι αυτή που τελικά προκαλεί τη μάθηση. Με άλλα λόγια, αν οι μαθητές δεν εμπλακούν σε μια διαδικασία ενεργούς γνωστικής επεξεργασίας κατά την προσπάθειά τους να βγάλουν ένα νόημα από τις πολυμεσικές πληροφορίες που τους παρέχονται, τότε μικρό ρόλο για τη μάθηση θα παίξουν ακόμα και οι πιο κατάλληλες σχεδιάσεις. Η πολυμεσική έρευνα σήμερα εξερευνά τρόπους για την προώθηση της ενεργούς γνωστικής επεξεργασίας.
- *Η υποστήριξη/παροχή βοήθειας κατά την επεξεργασία (Support for Processing):* Μια άλλη κατεύθυνση έρευνας τονίζει την ανάγκη να προσδιορίζεται η επιρροή που θα μπορούσαν να έχουν οι διαφορετικές μορφές υποστήριξης για διαφορετικούς τύπους μαθητών. Η αποτελεσματικότητα των διαφορετικών ειδών υποστήριξης καθορίζεται από το είδος της μαθησιακής δραστηριότητας καθώς επίσης και από το επίπεδο γνώσης που έχει ο μαθητής. Για παράδειγμα, σε σχέση με τη μαθησιακή δραστηριότητα, η

Seufert (2003) βρήκε ότι οι συνθήκες υποστήριξης που παρείχε στους μαθητές της είχαν διαφορετική επίδραση ανάλογα με το είδος της μαθησιακής δραστηριότητας. Επίσης βρήκε ότι μαθητές με διαφορετικά επίπεδα προηγούμενης γνώσης αντιδρούν διαφορετικά στην υποστήριξη που τους παρέχεται.

- *Προηγούμενη γνώση (Prior knowledge):* Η επίδραση που έχει η προηγούμενη γνώση πάνω στη μάθηση μέσω των πολυμέσων είναι ένα κυρίαρχο θέμα το οποίο εξετάζεται σήμερα από την πολυμεσική έρευνα σε σχέση με το πώς συσχετίζεται με την αποτελεσματική ενεργό επεξεργασία αλλά και από τη σκοπιά του πώς πρέπει να υποστηρίζονται οι μαθητές που έχουν διαφορετικό επίπεδο προηγούμενης γνώσης. (Kozma 2003, Lowe 2003). Η έρευνα δείχνει καθαρά ότι η έλλειψη προηγούμενης γνώσης περιορίζει τις δυνατότητες της μάθησης. Επίσης υπογραμμίζει ότι ο τρόπος με τον οποίο ένας αρχάριος μαθητής αντιμετωπίζει/επεξεργάζεται το πολυμεσικό περιεχόμενο ενός σύνθετου πεδίου γνώσης είναι αρκετά περίπλοκο πρόβλημα και δεν είναι απλά θέμα παρουσίασης του κατάλληλου υλικού ή καθοδήγηση του μαθητή να χρησιμοποιήσει τη σωστή στρατηγική. Οι αρχάριοι μαθητές πρέπει να υποστηρίζονται έτσι ώστε να προχωρούν πέρα από τα επιφανειακά χαρακτηριστικά του πολυμεσικού περιεχομένου και να φτάνουν σε βαθύτερο επίπεδο ενεργούς επεξεργασίας του, πράγμα που θα τους επιτρέψει να αντιληφθούν και να διακρίνουν τις υποκείμενες αρχές, έννοιες και σχέσεις.

3. Το προτεινόμενο μοντέλο σχεδίασης πολυμεσικών περιβαλλόντων μάθησης για τα σύνθετα πεδία γνώσης

Η απόπειρα σχεδίασης κάποιου πολυμεσικού περιβάλλοντος μάθησης το οποίο θα βοηθάει τους μαθητές να αντιληφθούν και να κατανοήσουν ένα σύνθετο πεδίο γνώσης απαιτεί κάποια προσέγγιση η οποία θα επιχειρεί όσο γίνεται πιο αποτελεσματικά να αντιμετωπίζει τα προαναφερθέντα προβλήματα. Με βάση το θεωρητικό υπόβαθρο που αναπτύχθηκε στην προηγούμενη ενότητα, επιχειρήθηκε η πρόταση ενός εκτεταμένου μοντέλου σχεδίασης πολυμεσικών περιβαλλόντων μάθησης (Σχήμα 1) το οποίο βασίζεται στις αρχές των δύο κυρίαρχων θεωριών πολυμεσικής μάθησης και ταυτόχρονα ενσωματώνει τις παραμέτρους που αναπτύχθηκαν παραπάνω.



Σχήμα 1: Το προτεινόμενο μοντέλο σχεδίασης πολυμεσικών περιβαλλόντων μάθησης

Το μοντέλο βασίζεται στις εξής προϋποθέσεις και αρχές:

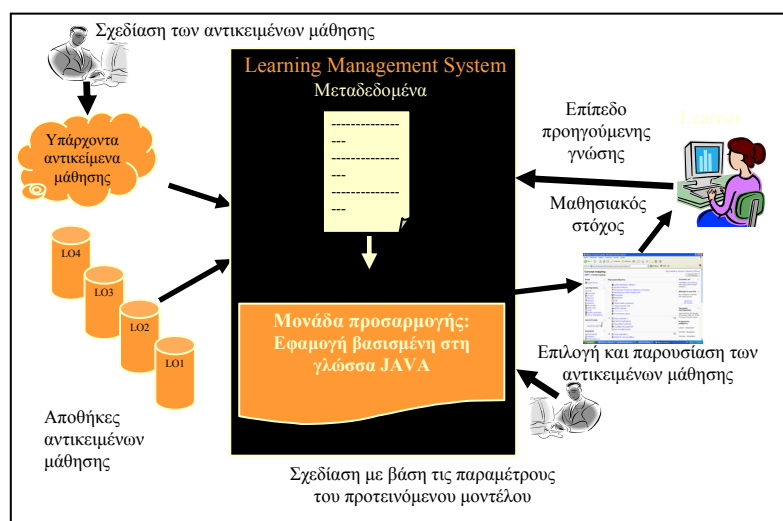
- Η ανθρώπινη προσωρινή μνήμη, η οποία αποτελείται από δύο επιμέρους ανεξάρτητα τμήματα, ένα για την επεξεργασία των οπτικών πληροφοριών και ένα την επεξεργασία των λεκτικών/ακουστικών πληροφοριών, έχει περιορισμένη χωρητικότητα για τη διαχείριση νέας (πρωτοεμφανιζόμενης) πληροφορίας.
- Υπάρχουν τριών είδη γνωστικής υπερφόρτωσης που συνδέονται με κάθε μαθησιακή εμπειρία: η ενδογενής, η αρνητική και η θετική.
- Το πολυμεσικό περιβάλλον μάθησης πρέπει να σχεδιάζεται με στόχο την ελάττωση της αρνητικής αλλά και ταυτόχρονη αύξηση της θετικής υπερφόρτωσης μέσω της παροχής εκπαιδευτικού υλικού και δραστηριοτήτων οι οποίες θα διευκολύνουν τη δημιουργία νοητικών σχημάτων.
- Η διαχείριση της ενδογενούς γνωστικής υπερφόρτωσης στα σύνθετα πεδία γνώσης μπορεί να επιτευχθεί μέσω μιας κατάλληλης σειράς παρουσίασης του εκπαιδευτικού υλικού και των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων.
- Η προηγούμενη γνώση του μαθητή είναι ένα βασικό θέμα και θα πρέπει στους μαθητές να παρέχονται κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό και δραστηριότητες ανάλογα με το επίπεδο των γνώσεων που διαθέτουν.

- Το πλαίσιο της υποστήριξης (βοήθειας) που παρέχεται πρέπει να καθορίζεται προσεκτικά και με βάση το επίπεδο των προηγούμενων γνώσεων των μαθητών.
- Το πολυμεσικό περιβάλλον μάθησης θα πρέπει να ενθαρρύνει τους μαθητές (μέσω κατάλληλου εκπαιδευτικού περιεχομένου και δραστηριοτήτων) να είναι γνωστικά ενεργοί, έτσι ώστε να προχωρούν πέρα από τα επιφανειακά χαρακτηριστικά του πολυμεσικού περιεχομένου και να φτάνουν σε βαθύτερο επίπεδο ενεργούς επεξεργασίας του.

4. Ανάπτυξη πολυμεσικού συστήματος μάθησης για την υποστήριξη της διδασκαλίας του προγραμματισμού

Με βάση το θεωρητικό πλαίσιο και το μοντέλο που παρουσιάστηκε στις προηγούμενες ενότητες σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ένα πολυμεσικό εκπαιδευτικό σύστημα το οποίο επιχειρεί να αντιμετωπίσει τις παραπάνω δυσκολίες και να βοηθήσει τους μαθητές στην αποτελεσματικότερη κατανόηση και μάθηση του μαθήματος ΑΕΠΠ. Η αρχιτεκτονική του συστήματος απεικονίζεται στο σχήμα 2. Συγκεκριμένα:

- Το σύστημα σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε με βάση το προτεινόμενο μοντέλο, αποτελεί ένα προσαρμοζόμενο αλληλεπιδραστικό περιβάλλον μάθησης το οποίο υλοποιείται στα πλαίσια του παγκόσμιου ιστού (World Wide Web) και βασίζεται στις τεχνολογίες των αντικειμένων μάθησης.
- Το προσαρμοζόμενο σύστημα βασίζεται στην ύπαρξη ενός απλού μοντέλου μαθητή στο οποίο εισάγεται η πληροφορία για το υπάρχον επίπεδο γνώσης του μαθητή (αρχάριος, μέτριος ή προχωρημένος) στα θέματα με τα οποία αυτός καταπιάνεται.
- Το σύστημα προσφέρει δυναμικά το πολυμεσικό εκπαιδευτικό υλικό με βάση το μοντέλο του μαθητή προσαρμόζοντας πάνω σε κάθε μαθησιακό στόχο και στις υπάρχουσες γνώσεις του μαθητή:
 - την επιλογή του εκπαιδευτικού υλικού
 - την αλληλουχία παρουσίασης του εκπαιδευτικού υλικού
 - τον τρόπο παροχής υποστήριξης προς το μαθητή
- Η μεθοδολογία σχεδίασης που αναπτύχθηκε λαμβάνει υπόψη της το εκπαιδευτικό υλικό ενός κλειστού συστήματος όπως ένα σύστημα διαχείρισης μαθησιακού υλικού (Learning Management System) αλλά θα μπορούσε επιπλέον να κάνει χρήση εκπαιδευτικού υλικού που διατίθεται ελεύθερα στο περιβάλλον του σημασιολογικού ιστού με τη μορφή αντικειμένων μάθησης εφόσον αυτό περιλαμβάνει ενσωματωμένη τυποποιημένη πληροφορία (μεταδεδομένα)



Σχήμα 2: Η αρχιτεκτονική του προσαρμοζόμενου πολυμεσικού συστήματος μάθησης

Βασική μονάδα του συστήματος αποτελεί η μονάδα προσαρμογής η οποία ενσωματώνει τις εξής βασικές λειτουργίες:

- την ενημέρωση του πολυμεσικού συστήματος μάθησης για τα μεταδεδομένα των διαθέσιμων αντικειμένων μάθησης
- την εισαγωγή στο πολυμεσικό σύστημα μάθησης των μαθησιακών στόχων του μαθήματος
- τη δυνατότητα να επιλέγει ο μαθητής μαθησιακό στόχο
- τη δυνατότητα να δηλώνει ο μαθητής το επίπεδο γνώσης του για τον επιλεγμένο μαθησιακό στόχο
- τη δυναμική επιλογή και παροχή περιεχομένου στο μαθητή (δηλαδή την παρουσίαση από το σύστημα συγκεκριμένων αντικειμένων μάθησης και την πρόταση μελέτης τους από το μαθητή με την προτεινόμενη

σειρά με βάση το επίπεδο των γνώσεων του πάνω στον επιλεγμένο μαθησιακό στόχο) σύμφωνα με τις παραμέτρους του προτεινόμενου μοντέλου

5. Ο σχεδιασμός του πολυμεσικού εκπαιδευτικού υλικού με μορφή αντικειμένων μάθησης με βάση τις αρχές πολυμεσικής σχεδίασης

Σε επίπεδο σχεδιασμού του εκπαιδευτικού υλικού του μαθήματος με τη μορφή αντικειμένων μάθησης χρησιμοποιήθηκαν οι αρχές των δύο βασικών θεωριών πολυμεσικής μάθησης, δηλαδή της θεωρίας γνωστικής υπερφόρτωσης του Sweller και της γνωστικής θεωρίας πολυμεσικής μάθησης του Mayer. Οι αρχές αυτές αποτέλεσαν το γενικό σχεδιαστικό υπόβαθρο ανεξάρτητα από τον τύπο ή το περιεχόμενο του κάθε αντικειμένου μάθησης και ακόμα ανεξάρτητα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε μαθητή (Πίνακας 1). Πράγματι στην παρούσα υλοποίηση ο πυρήνας του σχεδιασμού των αντικειμένων μάθησης συμπυκνώνεται στις αρχές αυτές. Με άλλα λόγια οι αρχές αυτές αποτελούν *γενικές και έγκυρες αρχές σχεδιασμού*, βασισμένες στο προτεινόμενο μοντέλο μάθησης, οι οποίες θεωρούνται ότι πρέπει να χαρακτηρίζουν το σχεδιασμό οποιουδήποτε αντικειμένου μάθησης και είναι ανεξάρτητες από το επίπεδο γνώσης των μαθητών. Πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι οι αρχές αυτές αφορούν και τη σχεδίαση όλων των επιμέρους τμημάτων (μερών) τα οποία απαρτίζουν το αντικείμενο μάθησης (π.χ. παρουσιάσεις, ιστοσελίδες, pdf έγγραφα, κ.λπ.).

Πίνακας 1: Αρχές σχεδιασμού πολυμέσων βασισμένες στη Θεωρία Γνωστικής Υπερφόρτωσης και στη Γνωστική Θεωρία Πολυμεσικής Μάθησης (Sweller, 1994; Mayer, 2003)

1. Δεν πρέπει να παρουσιάζονται πολλά διαφορετικά στοιχεία την ίδια στιγμή.
2. Οι αναπαραστάσεις πρέπει να διαθέτουν συνοχή, δηλαδή να επιτρέπουν στον μαθητή να εστιάζει την προσοχή του, παρά να τη διασπούν μεταξύ δύο σημείων, π.χ. μεταξύ μιας εικόνας και ενός κειμένου ή ακόμα και μεταξύ μιας εικόνας και των διαφόρων ετικετών (labels) της (αν δεν είναι τοποθετημένες κοντά στα σχετικά σημεία της).
3. Πρέπει να μειωθεί ο πλεονασμός στις λέξεις ή η πληθώρα στοιχείων στις εικόνες. Γενικά οι πολυμεσικές παρουσιάσεις γίνονται καλύτερα κατανοητές, όταν περιλαμβάνουν λιγότερες παρά περισσότερες περιττές λέξεις και ήχους.
4. Πρέπει να παρέχονται συστηματικές ευκαιρίες για διερεύνηση προβλημάτων και χώρων (problem-space exploration) αντί για παραδοσιακή εξάσκηση μέσω επαναλήψεων (conventional repeated practice).
5. Είναι καλύτερο να παρουσιάζεται μια πολυμεσική παρουσίαση με λέξεις και εικόνες, παρά να παρουσιάζεται εξ ολοκλήρου με λέξεις. Είναι καλύτερο να παρουσιάζονται οι λέξεις ως ακουστική αφήγηση παρά ως οπτικό κείμενο στην οθόνη. Επίσης είναι καλύτερο να παρουσιάζεται κινούμενη εικόνα με αφήγηση παρά κινούμενη εικόνα, αφήγηση καθώς και κείμενο στην οθόνη.
6. Η μορφή του πολυμεσικού εκπαιδευτικού υλικού θα πρέπει να ταιριάζει με το επίπεδο της προϋπάρχουσας γνώσης του μαθητή π.χ. να προτιμάται κινούμενη εικόνα και αφήγηση στην περίπτωση αρχάριων μαθητών αντί για κείμενο μαζί με στατικές εικόνες που είναι προτιμότερα στην περίπτωση πιο προχωρημένων μαθητών (αρχή της εναρμόνισης των μορφών παρουσίασης).
7. Είναι καλύτερο να παρουσιάζονται οι λέξεις με τις αντίστοιχες εικόνες ταυτόχρονα παρά ξεχωριστά μέσα σε μια πολυμεσική παρουσίαση π.χ. η κινούμενη εικόνα και η αφήγηση θα πρέπει να παρουσιάζονται ταυτόχρονα παρά σειριακά.
8. Κατά την παρουσίαση κινούμενης εικόνας με αφήγηση είναι καλύτερο να χρησιμοποιείται ύφος καθομιλούμενης και φιλικής παρά τυπικής γλώσσας.
9. Πρέπει να παρέχονται λυμένα παραδείγματα ως εναλλακτική πρόταση στη διδασκαλία μέσω της επίλυσης προβλημάτων.
10. Τα αποτελέσματα της κατάλληλης σχεδίασης είναι εντονότερα για αρχάριους από ότι για προχωρημένους μαθητές καθώς και για μαθητές με καλή αντίληψη του χώρου (high-spatial learners) απ' ότι για μαθητές με μειωμένη αντίληψη του χώρου (low-spatial learners).
11. Οι λέξεις που δίνονται μέσα από το κείμενο ή την αφήγηση θα πρέπει να έχουν ύφος καθομιλούμενης και φιλικής γλώσσας (conversational style) παρά τυπικής και επίσημης γλώσσας (formal style).

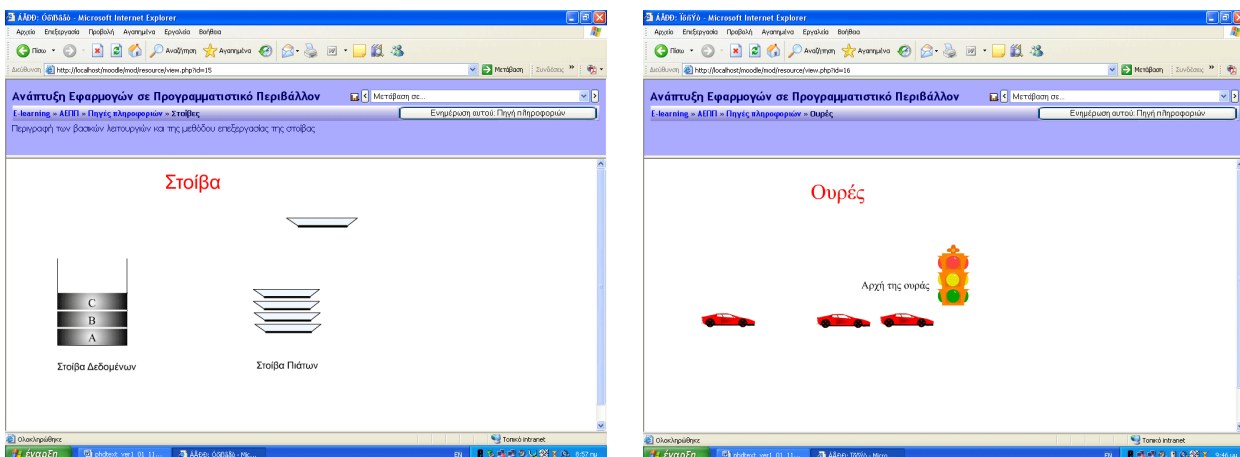
Για παράδειγμα, σύμφωνα με την αρχή 3 αποφασίστηκε ότι κατά το σχεδιασμό οποιουδήποτε αντικειμένου μάθησης δεν πρέπει να υπάρχει πλεονασμός στις λέξεις ή πληθώρα στοιχείων στις εικόνες. Οι περιττές πληροφορίες είτε αυτές αφορούν τις λέξεις είτε τις εικόνες δεν διευκολύνουν τη μάθηση, ιδιαίτερα στα σύνθετα πεδία γνώσης, αλλά αντιθέτως συμβάλλουν κι αυτές στην αύξηση της αρνητικής γνωστικής υπερφόρτωσης και στην παρεμπόδιση της κατανόησης. Για το λόγο αυτό αφαιρέθηκαν οι περιττές πληροφορίες από τα αντικείμενα

μάθησης που σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν. Για παράδειγμα το κείμενο των πολυμεσικών παρουσιάσεων δεν περιέχει πληροφορίες πέρα από τα κύρια σημεία που απαιτούνται για την κατανόηση του θέματος, οι εικόνες έχουν περιορισμένο αριθμό νέο-εμφανιζόμενων στοιχείων και οι αφηγήσεις είναι λιτές. Εξάλλου η λογική της σχεδίασης είναι ότι το κάθε αντικείμενο μάθησης θα περιορίζεται σε μικρό αριθμό εννοιών και δεν θα βγαίνει έξω από το πεδίο ενός θέματος ή ακόμα μιας συγκεκριμένης θεώρησης ή σκοπιάς του θέματος, το οποίο θέλουμε να μάθει ο μαθητής.

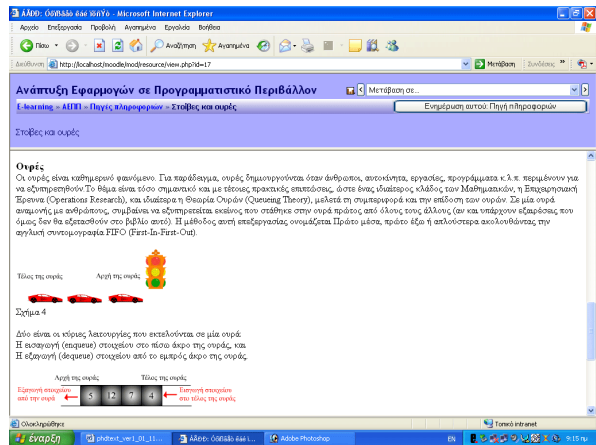
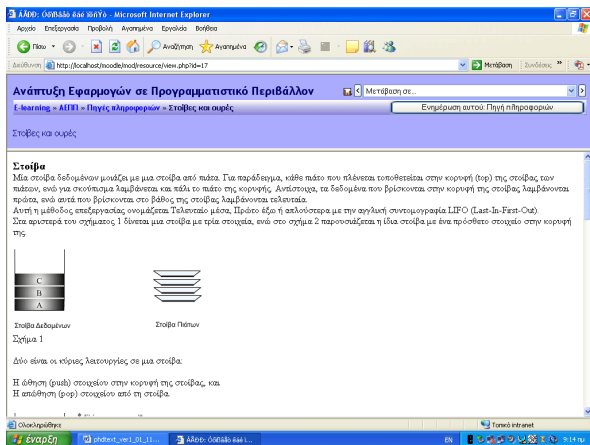
Σύμφωνα με την αρχή 5 υιοθετήθηκε η άποψη ότι κατά το σχεδιασμό των αντικειμένων μάθησης επιτρέπεται ο συνδυασμός της κινούμενης εικόνας με αφήγηση, ενώ απαγορεύεται να συνδυάζεται κινούμενη εικόνα με αφήγηση και κείμενο. Η ταυτόχρονη επεξεργασία πληροφοριών μέσα σε δυο κανάλια, το οπτικό και το λεκτικό, προσauxάνει τη δυνατότητα ανάκλησης των πληροφοριών αυτών μέσα από τη μνήμη μας (Mayer, 2001). Με άλλα λόγια η μάθηση είναι πιο αποτελεσματική όταν οι εικόνες συνοδεύονται από κείμενο ή αφήγηση, παρά όταν είναι μόνες τους, και το αντίστροφο. Αυτό συμβαίνει γιατί ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει περισσότερες γνωστικές διαδρομές, τις οποίες μπορεί να ακολουθήσει για την ανάκληση των πληροφοριών. Στις πολυμεσικές ιστοσελίδες και παρουσιάσεις που δημιουργήθηκαν (είτε ως αυτοτελή αντικείμενα μάθησης είτε ως επιμέρους στοιχεία/τμήματα των αντικειμένων μάθησης) έγινε προσπάθεια να συνοδεύονται οι λέξεις από σχετικές εικόνες ή οι εικόνες από λέξεις. Για παράδειγμα δημιουργήθηκαν ιστοσελίδες με στατικές εικόνες και συνοδευτικό κείμενο (Σχήμα 4) ή με κινούμενες εικόνες και συνοδευτική αφήγηση (Σχήμα 3).

Επιπλέον, σύμφωνα με την αρχή των εναρμονισμένων μορφών παρουσίασης (αρχή 6), είναι πολύ χρήσιμο να παρουσιάζεται η κατάλληλη μορφή παρουσίασης, ανάλογα με το επίπεδο της προϋπάρχουσας γνώσης του μαθητή. Με βάση αυτήν την αρχή, η επιλογή του μαθησιακού στόχου «Λειτουργία στοίβας και ουράς» από έναν μαθητή θα οδηγήσει στην παρουσίαση διαφορετικών αντικειμένων μάθησης, ανάλογα με το επίπεδο της προϋπάρχουσας γνώσης του. Για παράδειγμα, σε μαθητή αρχάριο ή μέτριο θα παρουσιαστούν τα αντικείμενα μάθησης του σχήματος 3 τα οποία παρουσιάζουν το θέμα της λειτουργίας στοίβας και της ουράς με κινούμενη εικόνα και αφήγηση ενώ στον προχωρημένο μαθητή, ο οποίος έχει εξοικειωθεί με το θέμα και δεν του είναι απαραίτητη η κινούμενη εικόνα για να το καταλάβει, δίνονται τα αντικείμενα μάθησης του σχήματος 4, τα οποία παρουσιάζουν το ίδιο θέμα με τη μορφή στατικών εικόνων και κειμένου.

Τα λυμένα παραδείγματα παίζουν πολύ μεγάλο ρόλο στην παρούσα υλοποίηση (αρχή 9). Για κάθε μαθησιακό στόχο έχουν συμπεριληφθεί παραδείγματα και για τα τρία επίπεδα της προϋπάρχουσας γνώσης. Ιδιαίτερα όμως για τον αρχάριο μαθητή έχει σχεδιαστεί ένας μεγάλος αριθμός λυμένων παραδειγμάτων τα οποία συχνά συνδυάζουν κινούμενη εικόνα, αφήγηση και επιπρόσθετες επεξηγήσεις.



Σχήμα 3: Παρουσίαση της λειτουργίας της στοίβας και της ουράς με κινούμενη εικόνα και συνοδευτική αφήγηση



Σχήμα 4: Παρουσίαση της λειτουργίας της στοίβας και της ουράς με στατικές εικόνες και κείμενο

6. Η επιλογή των μεταδεδομένων και η αντιστοιχισή τους με τις διαστάσεις του προτεινόμενου μοντέλου

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται το υποσύνολο των μεταδεδομένων και ο τρόπος με τον οποίο αντιστοιχίστηκαν στις διαστάσεις του προτεινόμενου μοντέλου μάθησης με χρήση των πολυμέσων. Βασική διάσταση του μοντέλου με βάση την τιμή της οποίας γίνεται η διαχείριση όλων των υπόλοιπων διαστάσεων του μοντέλου είναι η *τιμή της προϋπάρχουσας γνώσης του μαθητή*. Για παράδειγμα η προσπάθεια αύξησης της θετικής ή μείωσης της αρνητικής γνωστικής υπερφόρτωσης πετυχαίνεται με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με το επίπεδο γνώσεων του μαθητή. Συνεπώς διαχειριζόμαστε όλες τις διαστάσεις σε συνδυασμό με τη διάσταση της προϋπάρχουσας γνώσης. Οι τιμές της προϋπάρχουσας γνώσης απεικονίζονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2: Οι τιμές της διάστασης ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΓΝΩΣΗ

Προϋπάρχουσα γνώση	<ol style="list-style-type: none"> 1. Αρχάριος 2. Μέτριος 3. Προχωρημένος
--------------------	--

Στις υπόλοιπες διαστάσεις του μοντέλου αντιστοιχίστηκαν μεταδεδομένα τέτοια ώστε σε συνδυασμό με τη διάσταση της προϋπάρχουσας γνώσης να εκφράζονται σωστά οι αρχές του προτεινόμενου μοντέλου μάθησης. Συγκεκριμένα η αριστερή στήλη του πίνακα 3 περιέχει τις διαστάσεις του μοντέλου μάθησης ενώ η δεξιά στήλη παρουσιάζει τα μεταδεδομένα εκείνα που επιλέχθηκαν για να εκφράσουν τις διαστάσεις αυτές. Η λογική για την επιλογή των συγκεκριμένων μεταδεδομένων καθώς και για το πώς οι τιμές τους αντιστοιχούν με τα διαφορετικά επίπεδα προϋπάρχουσας γνώσης του μαθητή ορίζεται από το προτεινόμενο μοντέλο μάθησης μοντέλο μάθησης με χρήση των πολυμέσων.

Πίνακας 3: Αποτύπωση των μεταδεδομένων που έχουν επιλεγεί για την έκφραση των διαστάσεων του μοντέλου μάθησης με χρήση των πολυμέσων

Διάσταση/πารάμετρος του μοντέλου	Επιλεγόμενα μεταδεδομένα της προτυποποίησης SCORM
1. Ενδογενής γνωστική υπερφόρτωση (Intrinsic CL)	Educational→Learning Resource Type Educational→Typical Learning Time Relation→Requires
2. Θετική γνωστική υπερφόρτωση (Germane CL)	Educational→Learning Resource Type Educational→Interactivity Type
3. Αρνητική γνωστική υπερφόρτωση (Extraneous CL)	Technical→Format
4. Παροχή υποστήριξης (Support for processing)	Educational→Difficulty Relation→Requires
5. Ενεργός γνωστική επεξεργασία (Active Processing)	Educational→Interactivity Type

Το προσαρμοζόμενο σύστημα μάθησης πραγματοποιεί μικρο-προσαρμογές δηλαδή παρέχει διαφοροποιήσεις/ μεταβολές σε σχέση με:

α) την επιλογή του τύπου (συγκεκριμένο περιεχόμενο, επίπεδο δυσκολίας, κ.λπ.) και της ποσότητας του πολυμεσικού υλικού που θα παρουσιαστεί στο μαθητή στο αμέσως επόμενο στάδιο διδασκαλίας, και, β) τη σειρά παρουσίασης του εκπαιδευτικού υλικού.

Οι μικρο-προσαρμογές που έχουν καθοριστεί να πραγματοποιούνται σύμφωνα με τις διαστάσεις του προτεινόμενου μοντέλου ορίζουν ένα σύνολο από κανόνες.

Σε τεχνικό επίπεδο οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του προσαρμοζόμενου συστήματος είναι οι εξής:

- Πλατφόρμα Moodle (open source LMS)
- Macromedia DreamWeaver MX
- Macromedia Flash MX
- Hot Potatoes 6
- RELOAD Editor (Content Package and Metadata Editor) για τη μετατροπή του εκπαιδευτικού υλικού σε πακεταρισμένα αντικείμενα μάθησης

7. Βιβλιογραφία

- Bannert, M. (2002). Managing cognitive load – recent trends in cognitive load theory, *Learning and Instruction*, 12 139-146.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8, 293-332.
- Goldschlager, L., & Lister, A. (1996). *Εισαγωγή στη σύγχρονη Επιστήμη των Υπολογιστών*. Αθήνα: Διάλογος.
- Guindon, R. (1990). Designing the design process: exploiting opportunistic thoughts. *Human Computer Interaction*. 5 , 305-344.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1998). Levels of expertise and instructional design. *Human Factors*, 40, 1-17.
- Kim, J. & Lerch, F.J. (1997). Why is programming (sometimes) so difficult ? Programming as scientific discovery in multiple problem spaces. *Information Systems Research*. 8, (1).
- Kirschner, P. A. (2002). Cognitive load theory: Implications of cognitive load theory on the design of learning. *Learning and Instruction*, 12(1), 1-10.
- Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13, 205-226
- Lowe, R. K. (2003). Animation and learning: selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction*, 157-176
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13, 125-139
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge: University Press.
- Mayer, R.E. (1989). The psychology of how novices learn programming. In E. Soloway and J.C. Spohrer (Eds). *Studying the Novice Programmer* (pp. 129-159). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: the role of modality and contiguity. *Journal of educational psychology*, 91(2), 358-368
- Samaras H., Giouvanakis T., Bousiou, D. & Tarabanis K. Towards a New Generation of Multimedia Learning Research. *AACE Journal (AACEJ), former Educational Technology Review (ETR)*, 14(1), 2006
- Satratzemi, M. (2000) AnimGraph: Agraph algorithm animation system and its empirical evaluation as a student study tool. *Themes in Education*, 3(1), 35-52.
- Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13, 141-156.
- Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13, 227-237.
- Seufert, T. & Brünken, R. (2004). Supporting coherence formation in multimedia learning. In: Gerjets, P., Kirschner, P. A., Elen, J. & Joiner, R. (Eds.), *Instructional design for effective and enjoyable computer- supported learning. Proceedings of the first joint meeting of the EARLI SIGs Instructional Design and Learning and Instruction with Computers* (pp 138-147) (CD-ROM). Tuebingen: Knowledge Media Research Center.
- Sweller, J. (1989). Cognitive technology: Some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science. *Journal of Educational Psychology*, 81 (4), 457-466.
- Sweller, J., and Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12 (3), 185-233.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational psychology review*, 10(3 Sep 01 1998), 251-296.
- Λουκάκης, Μ. (1998). *Δομές Δεδομένων Αλγορίθμων*. Αθήνα: Ζηγός.