ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2010)

5ο Συνέδριο Διδακτική της Πληροφορικής

Προτάσεις Διδακτικών Πρακτικών για τη Διαχείριση του Γνωστικού Φόρτου στη Μάθηση της Σχεδίασης με Βάση τον Υπολογιστή

Ι. Παλιόκας

Βιβλιογραφική αναφορά:

Παλιόκας Ι. (2023). Προτάσεις Διδακτικών Πρακτικών για τη Διαχείριση του Γνωστικού Φόρτου στη Μάθηση της Σχεδίασης με Βάση τον Υπολογιστή. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 373–383. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/5164

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 01/03/2026 04:45:08

Προτάσεις Διδακτικών Πρακτικών για τη Διαχείριση του Γνωστικού Φόρτου στη Μάθηση της Σχεδίασης με Βάση τον Υπολογιστή

Ι. Παλιόκας

Τμήμα Πληροφορικής, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης
ipalioka@it.teithe.gr

Περίληψη

Παρατίθενται μια σειρά από προβληματισμοί σχετικά με το Γνωστικό Φόρτο (Cognitive Load) κατά την μάθηση της σχεδίασης με βάση τον υπολογιστή (Computer Aided Design-CAD) σε προπτυχιακό επίπεδο. Με δεδομένο ότι οι φοιτητές της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης παρουσιάζουν αρχικά σημαντική ανομοιομορφία ως προς τις γνώσεις και τις ικανότητες σχεδίασης με CAD, παρουσιάζονται συγκεκριμένες διδακτικές παρεμβάσεις που μπορούν να βοηθήσουν στη διαχείριση του Γνωστικού Φόρτου κατά τη διάρκεια των μαθημάτων και να διατηρήσουν υψηλό το κίνητρο συμμετοχής σε εργαστηριακής φύσεως σχεδιαστικά πονήματα. Σκοπός είναι η γεφύρωση της διαδικασίας σχεδίασης 3Δ μοντέλων και φωτορεαλιστικών σκηνών με τη δημιουργική διάθεση και την ουσία της απόδοσης νέων ιδεών. Οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις και ο έντονα συμμετοχικός χαρακτήρας της εκπαίδευσης σε CAD είναι παράγοντες που οφείλει να διαχειρίζεται ο ακαδημαϊκός δάσκαλος για να οδηγήσει τους φοιτητές στην ανακάλυψη των πιο ενεργητικών στοιχείων της παρουσίας τους στο εργαστήριο.

Λέξεις κλειδιά: *Γνωστικός Φόρτος, CAD, Βέλτιστες Διδακτικές Μέθοδοι*

Abstract

This paper focuses on Cognitive Load resulting from the learning of Computer Aided Design (CAD) at undergraduate level. Given that University students initially have a significant variation in CAD knowledge and design skills, our aim is to present specific teaching practices that can reduce the student's Cognitive Load during courses and maintain a high motivation when participating in design studios. The educational goal is to bridge the 3D modeling and photorealistic design process with creativity and expression of new ideas. Social interactions and the willingness to participate are factors that must be managed by the academic teacher to lead students to their most active enrolment in design studios.

Keywords: *Cognitive Load, CAD, Best Teaching Practices*

1. Εισαγωγή

Η αποδοτική χρήση των εργαλείων σχεδίασης με βάση τον υπολογιστή (Computer Aided Design-CAD) και είναι πολύ απαιτητική και προϋποθέτει την ύπαρξη ιδιαίτερων δεξιοτήτων (Briggs, 2001). Από την άλλη, η εκπαίδευση στο CAD παρουσιάζει κάποιες ιδιαιτερότητες. Οι κυριότερες από αυτές αναφέρονται στη διαφορετική τεχνική και φιλοσοφία σχεδίασης σε σχέση με τη σχεδίαση με το 'χέρι' (με παραδοσιακά σχεδιαστικά όργανα), τις απαιτήσεις για προηγούμενες γνώσεις τεχνικής σχεδίασης, τρισδιάστατης αντίληψης (αντίληψη χώρου) και δεξιότητες χρήσης υπολογιστή. Σήμερα η εκπαίδευση CAD παρουσιάζει αυξανόμενη εξάρτηση και από άλλα επιστημονικά πεδία (Kosasih, 2001) όπως είναι η Αναλυτική Γεωμετρία και οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) προκειμένου να εφοδιάσει τους μελλοντικούς επαγγελματίες με τις κατάλληλες γνώσεις και δεξιότητες για μια ανταγωνιστική παρουσία στην επαγγελματική πραγματικότητα. Εάν μαζί με τα παραπάνω συνυπολογιστεί η έλλειψη προηγούμενης εμπειρίας στο αντικείμενο από τη Μέση Εκπαίδευση και η μορφή της καμπύλης μάθησης (learning curve) του λογισμικού CAD, γίνεται αντιληπτό ότι οι φοιτητές των τεχνικών ειδικοτήτων της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης αντιμετωπίζουν αυξημένη δυσκολία προσαρμογής στις απαιτήσεις της CAD σχεδίασης.

Στην εργασία αυτή θα επικεντρωθούμε στις δυσκολίες που παρουσιάζονται στην εκπαίδευση CAD ιδιαίτερα σε σχέση με τον παράγοντα του Γνωστικού Φόρτου (Cognitive Load). Σε γενικές γραμμές, πολλά από τα σημεία που απασχολούν την εκπαίδευση CAD αποτελούν θέματα υπό διερεύνηση, ενώ οι βιβλιογραφικές αναφορές σπανίζουν (Unver, 2006) (Field, 2004). Αρχικά παρατηρείται ότι από την

πλευρά του διδακτικού προσωπικού, αυτό που συμβαίνει συχνά σε επίπεδο μικροδιδασκαλίας είναι η εφαρμογή κλειστών εκπαιδευτικών προσεγγίσεων προσανατολισμένων μόνο στη συναρτησιακή γνώση (Command Knowledge). Σύμφωνα με αυτή, μετά την εισαγωγική επίδειξη των εργαλείων και εντολών σχεδίασης, ζητείται από τους φοιτητές η πρακτική εφαρμογή σε σχεδιαστικά προβλήματα. Έτσι, στη διδακτική της σχεδίασης με CAD, η παραδοσιακή μέθοδος γίνεται αντιληπτή από τους μαθητευόμενους περισσότερο ως 'ξενάγηση' στη διεπαφή του λογισμικού και επίδειξη των δυνατοτήτων μιας συγκεκριμένης έκδοσης (platform dependent). Η απαίτηση για συνδυαστική χρήση των εργαλείων CAD και η ανάπτυξη σύνθετων ικανοτήτων ανάπτυξης στρατηγικής (Functional Knowledge) υποβαθμίζεται ή απλά απουσιάζει. Επιθυμητή είναι η επίτευξη μιας ισορροπίας ανάμεσα στη συναρτησιακή γνώση που παρέχεται και την ανάπτυξη ικανοτήτων στρατηγικής επίλυσης του σχεδιαστικού προβλήματος χωρίς να αποβαίνει το ένα εις βάρος του άλλου όπως περιγράφεται από τους Bhanvani et al. (2001).

Στην πράξη, η απλή κυκλική απαρίθμηση των διαθέσιμων εντολών κάθε σχεδιαστικού λογισμικού δεν είναι ικανή να κινητοποιήσει δημιουργικά τους μαθητευόμενους. Ακόμη και αν οι διδακτικές ενότητες βασίζονται σε ποιοτικές διαλέξεις με πλούσιες σειρές παραδειγμάτων και ασκήσεις πράξης, η αδυναμία χειρισμού των νοητικών αναπαραστάσεων των μαθητευόμενων από τους εκπαιδευτικούς αποτελεί τροχοπέδη στην καλλιέργεια δεξιοτήτων. Παρατηρείται λοιπόν ότι οι συνήθεις διδακτικές στρατηγικές δε στοχεύουν στη 'σχεδιαστική ευφυΐα' των φοιτητών, αλλά στην απομνημόνευση της διαδικασίας σχεδίασης προτύπων αντικειμένων για έτοιμη χρήση.

Εκτός από τη διαχείριση των γνωστικού φόρτου του μαθήματος, σκοπός είναι μέσα από εκπαιδευτικές ενέργειες να δημιουργούνται τα κατάλληλα νοητικά μοντέλα και ταυτόχρονα να καλλιεργούνται δεξιότητες αυτομάθησης καθώς οι τεχνολογίες CAD εξελίσσονται με ραγδαίους ρυθμούς και οι φοιτητές θα πρέπει να είναι σε θέση να αφομοιώνουν αυτοδύναμα τις επερχόμενες τεχνολογικές αλλαγές.

2. Εκπαίδευση CAD και Γνωστικός Φόρτος

2.1. Ορισμοί

Όλες οι φάσεις του κύκλου ζωής ενός προϊόντος υποστηρίζονται από διάφορα συστήματα πληροφοριών που συχνά αναφέρονται με το σύγχρονο όρο 'CAx' και η αντίστοιχη κατάρτιση ως 'CAx Education' (Dankwort et al., 2004). Στα παραπάνω, εκτός από τη σχεδίαση εισάγονται θέματα ανάλυσης, μελέτης λειτουργικότητας και εργασία με χωρομετρικά σχεδιαγράμματα (Briggs, 2001). Παρόλα αυτά, στην παρούσα εργασία διατηρούμε τους διαχρονικότερους όρους CAD και CAD Education καθώς είναι περισσότερο διαδεδομένοι και αναγνωρίσιμοι.

Όταν αναφέρεται η παραδοσιακή σχεδίαση ή σχεδίαση με το 'χέρι' (hand drawing ή hand drafting) εννοείται η χρήση παραδοσιακών σχεδιαστικών εργαλείων όπως μολύβια, ραπιντογράφοι, διαβήτης, μοιρογνωμόνιο, χάρακας κτλ.

Ο γνωστικός φόρτος συνδέεται με την ικανότητα της βραχυπρόθεσμης μνήμης (Short Term Memory) να συγκρατεί πληροφορίες καθώς τις επεξεργάζεται ο ανθρώπινος εγκέφαλος κατά τη διάρκεια διαλέξεων και επαφής με το εκπαιδευτικό υλικό (συνήθως εννοείται πολυμεσικό υλικό). Από μια άλλη άποψη, ο γνωστικός φόρτος συνδέεται με την προσπάθεια να επεξεργαστούμε διακριτές συλλογές πληροφοριών συγκρατώντας τες στη βραχυπρόθεσμη μνήμη. Αντίστοιχα, η Θεωρία της Γνωστικής Υπερφόρτωσης, (Cognitive Load Theory) βασίζεται στην ιδέα της υπερφόρτωσης της βραχυπρόθεσμης μνήμης (Sweller, 1988). Αυτό συμβαίνει όταν ένα πρόβλημα είναι πολύ δύσκολο για ένα δεδομένο επίπεδο κατανόησης του μαθητή με αποτέλεσμα όλη η πνευματική προσπάθεια του να επικεντρώνεται στην επίλυση του προβλήματος χωρίς να αφήνει περιθώρια μάθησης και αποθήκευσης του περιεχομένου στη μνήμη μακράς διάρκειας (Holmes, 2009).

2.2. Στοιχεία του μαθήματος

Το μάθημα 'Γραφικά Υπολογιστών' είναι κατ' επιλογής υποχρεωτικό μάθημα στο Τμήμα Πληροφορικής του ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης και παραδίδεται στο Ζ εξάμηνο. Περιλαμβάνει 2 ώρες θεωρία, 2 ώρες εργαστήριο και 2 ώρες ασκήσεις πράξης. Ο σκοπός, το αντικείμενο και το

περιεχόμενο του μαθήματος σύμφωνα με τον οδηγό σπουδών είναι ευρύτερα από τους προβληματισμούς της παρούσας εργασίας. Εδώ θα μας απασχολήσει μόνο το σχεδιαστικό τμήμα και αναφερόμαστε στο πρώτο μέρος των εργαστηριακών μαθημάτων που αφορά στη σχεδίαση CAD. Παρά το γεγονός ότι στο εργαστήριο γίνεται επίδειξη χρήσης διαφόρων λογισμικών σχεδίασης όπως το AutoCAD (AutoDesk) και το 3D Studio Max (AutoDesk), το κυριότερο περιβάλλον σχεδίασης για τα συγκεκριμένα μαθήματα είναι το SketchUp (Google). Το εργαστήριο είναι εξοπλισμένο με σύγχρονους υπολογιστές, ενώ ο περιορισμός του αριθμού των συμμετεχόντων επιτυγχάνει αναλογία χρηστών/υπολογιστών 1:1. Παρόλο που γίνεται αναφορά στα στοιχεία ενός συγκεκριμένου μαθήματος, η μελέτη που ακολουθεί δεν είναι προσδιοριστική ως προς αυτό, αλλά ενδιαφέρει ευρύτερες ομάδες συμμετεχόντων στην εκπαίδευση CAD από την Τριτοβάθμια Εκπαίδευση και την Τεχνική Κατάρτιση.

2.3. Γνωστικός Φόρτος

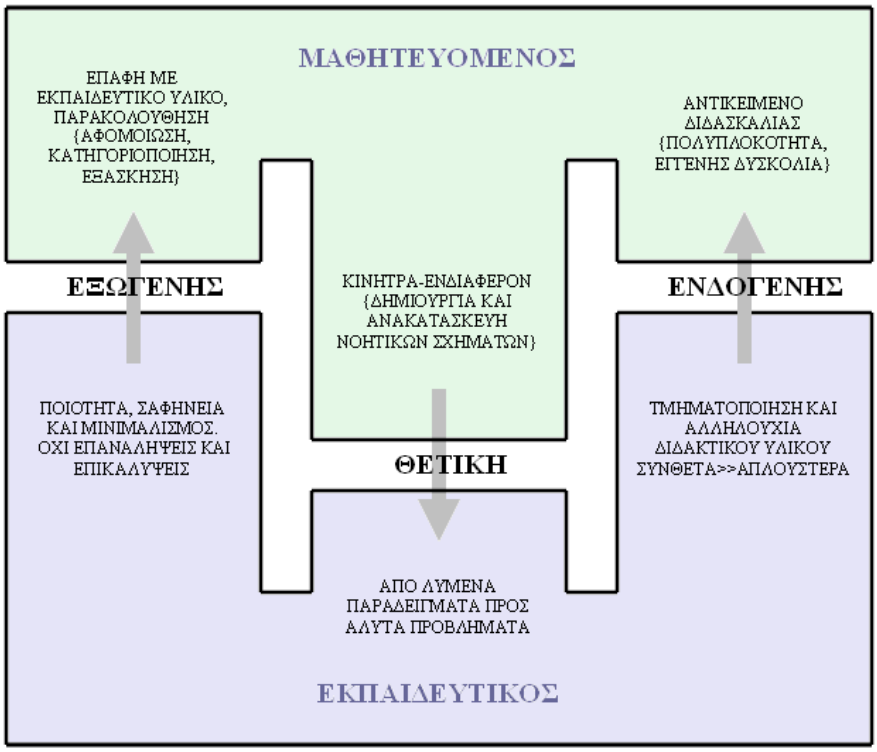
Ο Γνωστικός Φόρτος που καταβάλλεται για την κατανόηση και νοηματική επεξεργασία μιας έννοιας δεν είναι καθόλου αρνητικός. Αντίθετα όσο περισσότερο αυξάνεται, τόσο πιο αποτελεσματική γίνεται η μάθηση (Salomon, 1979; Τσέλιος κ. α., 2004). Κατά τη διάρκεια των ασκήσεων πράξης και του εργαστηρίου ζητείται η ανάπτυξη των κατάλληλων νοητικών μοντέλων που αναφέρονται στην αφαιρετική αναπαράσταση των σχεδιαστικών αντικειμένων στο χώρο και στην κατανόηση και ερμηνεία της πραγματικής φύσης των γεωμετρικών μετασχηματισμών που εκτελούνται στον υπολογιστή. Δίδοντας το κατάλληλο θεωρητικό υπόβαθρο αποφεύγονται ταυτόχρονα και λαθεμένες εκτιμήσεις περί του φόρτου εργασίας του υπολογιστή και της απαιτούμενης δέσμευσης πόρων από τις εντολές που δίνει ο χρήστης. Χωρίς τα προαναφερόμενα, οι μαθητευόμενοι δυσκολεύονται να αναπτύξουν γνωστικές και μεταγνωστικές ικανότητες για να μπορέσουν να εκτιμήσουν την απόσταση που τους χωρίζει από τους εκάστοτε νοητικούς στόχους (Flavell,1979).

Ακόμη και στην περίπτωση ενός έμπειρου σχεδιαστή (π.χ. Graphics Designer, μηχανολόγος μηχανικός, κ.α.) η προσπάθεια που καταβάλλεται είναι αυξημένη όταν γίνεται χρήση ενός νέου ή άγνωστου σχεδιαστικού λογισμικού. Ο εγκέφαλος του χρήστη είναι επιφορτισμένος με τη νοητική επεξεργασία της ιδέας του σχεδίου, ενώ ταυτόχρονα προσπαθεί να βρει λύσεις μέσα από τις επιλογές του συγκεκριμένου λογισμικού που χρησιμοποιεί. Όταν δεν έχουν διερευνηθεί όλες οι δυνατότητες του περιβάλλοντος εργασίας (διεπαφή) τότε δεν έχει αποκτηθεί η απαραίτητη άνεση στη χρήση του λογισμικού με αποτέλεσμα να επέρχεται γρήγορα η κόπωση ή/και να εξάγονται λαθεμένες εκτιμήσεις περί της ποιότητας ή χρησιμότητας του λογισμικού. Σε μια τυπική μορφή εκπαίδευσης πάνω στη σχεδίαση CAD ο Γνωστικός Φόρτος μπορεί να τίθεται υπό έλεγχο με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού. Είναι χρήσιμο να έρχονται οι μαθητευόμενοι σε επαφή με πάνω από ένα λογισμικά σχεδίασης για λόγους σύγκρισης και συνδυαστικής χρήσης, αλλά χωρίς υπερβολές για να μη δημιουργείται Πληροφοριακή Υπερφόρτωση (Information Overloading), Πληροφοριακός Αποπροσανατολισμός (Information Disorientation) και αύξηση του Γνωστικού Φόρτου εξαιτίας των διαφορετικών αλληγοριών αλληλεπίδρασης από τις διεπαφές (Δικαιάκος & Ζεϊναλιπούρ, 2000).

Οι τρεις μορφές του Γνωστικού Φόρτου είναι προσθετικές μεταξύ τους και έχουν σχέση συγκοινωνούντων δοχείων (Clark & Nguyen, 2005) όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Ο Εσωτερικός Γνωστικός Φόρτος (Intrinsic Cognitive Load) προκύπτει από την ίδια τη μαθησιακή δραστηριότητα και άπτεται του αντικειμένου διδασκαλίας και της πολυπλοκότητάς του (Chandler & Sweller, 1991). Το μόνο που μπορεί ο εκπαιδευτικός να κάνει είναι να βοηθήσει τον μαθητευόμενο να διαχειριστεί αυτόν το φόρτο με το διαχωρισμό του διδακτικού περιεχομένου σε τμήματα και τη διαδοχική παρουσίαση αυτού. Παρόμοια, οι Clark και Nguyen (2005) προτείνουν την κατάτμηση των σύνθετων σχεδιαστικών προβληματισμών σε απλούστερους έτσι ώστε να μπορούν οι μαθητευόμενοι να τους επεξεργάζονται ανεξάρτητα (Gerjets et al., 2004). Στα παραπάνω μπορούμε να προσθέσουμε τη δυνατότητα προσαρμογής του λογισμικού στο μοντέλο χρήστη (μαθητευόμενου) με την έννοια της προσαρμογής των οπτικών στοιχείων της διεπαφής και της δημιουργίας προσωπικών προτιμήσεων εμφάνισης.

Στη συνέχεια προστίθεται ο Εξωγενής Γνωστικός Φόρτος (Extraneous Cognitive Load) που συνδέεται με τυχόν ανεπάρκειες του διδακτικού σχεδιασμού, του εκπαιδευτικού υλικού και των προφορικών παρουσιάσεων. Ο τρίτος και τελευταίος τύπος είναι ο Θετικός Γνωστικός Φόρτος

(Germane Cognitive Load) που ευνοεί τη μάθηση καθώς σχετίζεται με τη δημιουργία κινήτρων και την πρόκληση του ενδιαφέροντος και επομένως το ζητούμενο είναι η αύξησή του. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί ελευθερώνοντας νοητικούς πόρους που δεσμεύονται εξ' αιτίας του Εξωγενούς Γνωστικού Φόρτου και ανακατευθύνοντας τη προσοχή του μαθητευόμενου στη δημιουργία και ανακατασκευή νοητικών σχημάτων (Schemata). Συστήνεται η οπτικοποίηση εννοιών και διαδικασιών, η παρουσίαση λυμένων παραδειγμάτων και σταδιακά η ενασχόληση με άλυτα σχεδιαστικά προβλήματα.



Σχήμα 1: *Τα τρία είδη Γνωστικού φόρτου έχουν τη σχέση των 'συγκοινωνούντων δοχείων'*

Με βάση τα παραπάνω, ακολουθεί μια σειρά από προβληματισμούς που σχετίζονται με τις τυχόν προϋπάρχουσες γνώσεις των φοιτητών πάνω στη σχεδίαση, το σχεδιασμό του μαθήματος, τη διδασκαλία της διεπαφής και την ανακατασκευή νοητικών σχημάτων.

3. Διαχείριση των διαφορών ανάμεσα στη σχεδίαση με το 'χέρι' και το CAD

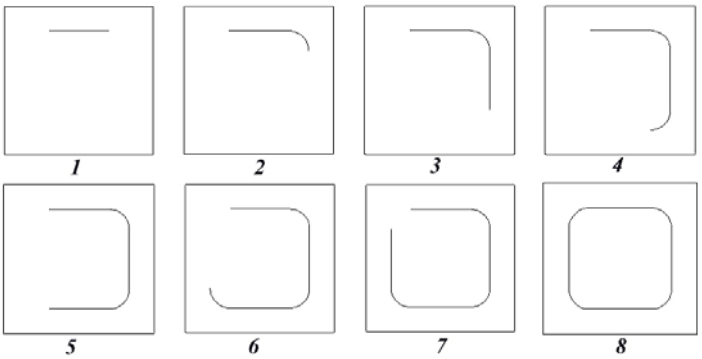
3.1. Αναγνώριση και αποδοχή των διαφορών

Δύο ενδιαφέρουσες απόψεις πάνω σε αυτές τις διαφορές παρουσιάζονται από το Agonist Learning Center (ALC, 2007) και από τον Romaniuk στην online community Helium (Romaniuk, 2008). Με δεδομένο το γεγονός ότι υπάρχουν διαφορές και ότι οι διαφορές αυτές έχουν περιέλθει στην αντίληψη των μαθητευομένων (όλοι έχουν προηγούμενα σχεδιάσει κάτι με το μολύβι), αναζητείται μια γεφυρωτική διδακτική αντιμετώπιση. Μπορεί η σχεδίαση CAD να μην ακυρώνει τη σχεδίαση με το 'χέρι' (π.χ. αρχικό σκαρίφημα), αλλά αναμένεται από τους μαθητευομένους η κατασκευή διαφορετικών νοητικών μοντέλων για χρήση ανά περίπτωση. Είναι σκόπιμο να επισημανθεί ότι η αναγνώριση και παραδοχή των διαφορών είναι το πρώτο συνειδησιακό βήμα για την περεταίρω ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων. Καθώς οι περισσότεροι φοιτητές έχουν κάποια προηγούμενη εμπειρία από σχεδίαση χωρίς τη χρήση υπολογιστή (με τη χρήση σχεδιαστικών οργάνων, ή ένα απλό σκαρίφημα στο χαρτί), σκοπός είναι η αναζήτηση μιας διαδρομής που να οδηγεί από τα νοητικά σχήματα που εξυπηρετούν τη σχεδίαση με το 'χέρι' προς αυτά που εξυπηρετούν τη σχεδίαση CAD αυξάνοντας το θετικό γνωστικό φόρτο. Μάλιστα προς αυτήν την κατεύθυνση κινούνται οι Stavric et al. (2005) που αναγνωρίζοντας τη σημασία της αναγνώρισης και αποδοχής των διαφορών ζητούν από τους φοιτητές τους την ταυτόχρονη χρήση παραδοσιακών μεθόδων σχεδίασης και CAD για να καλλιεργήσουν σε αντιδιαστολή πλέον τα διαφορετικά νοητικά σχήματα σε όλες τις μορφές της απεικόνισης στις διαστάσεις του χώρου.

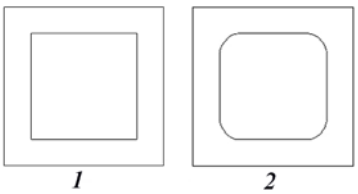
3.2. Δυναμική και στατική σχεδίαση

Ο εκπαιδευτικός οφείλει ήδη από τις πρώτες συναντήσεις με τους φοιτητές να αποσαφηνίσει θεμελιώδεις διαφορές όπως είναι η φύση της δυναμικής σχεδίασης και η άρση του 'τετελεσμένου αποτελέσματος'. Λόγω της ύπαρξης μεταβλητών στη σχεδίαση CAD και της δυνατότητας ανάκτησης από λάθος κάθε στιγμή, το τετελεσμένο, όπως επίσης και το λάθος αποκτούν διαφορετική έννοια. Για παράδειγμα η σχεδίαση ενός κύκλου με τη χρήση διαβήτη και ραπιντογράφου πάνω στο χαρτί είναι καταληκτική. Στο ψηφιακό σχέδιο, αυτό που έχει νόημα να γίνει οπτικά αντιληπτό και να επεξεργαστεί νοητικά είναι το ίδιο το γεγονός της ύπαρξης του κύκλου. Θεμελιώνεται στο νου του μαθητευομένου σχεδιαστή ότι η ακτίνα του κύκλου είναι μία μεταβλητή η τιμή της οποίας μπορεί να μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια εκπόνησης του σχεδίου. Το ίδιο ισχύει και για το κέντρο του κύκλου που επιδέχεται μετασχηματισμούς μετατόπισης και αντιγραφή σε πολλαπλά αντίγραφα. Δεν υπάρχουν λοιπόν συνέπειες από τη λαθεμένη χρήση των εντολών σχεδίασης ούτε από την επιλογή λάθος εντολής καθώς η ανάκτηση από λάθος είναι πολύ εύκολη. Το μόνο που μένει να διαχειριστεί ο μαθητής με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού είναι η βελτίωση της στρατηγικής προσέγγισης του σχεδιαστικού προβλήματος. Αυτό επιτρέπει να γίνονται δεκτά αρκετά μεγάλα περιθώρια ανοχής σε λάθη συναρτησιακής φύσης (σε επίπεδο χρήσης εντολών δηλαδή) και να θεωρούνται αναμενόμενα τα λάθη των φοιτητών στο πλαίσιο μιας πολιτικής διαχείρισης του λάθους (Error Management Policy). Ακόμη καλύτερα είναι δυνατόν ο εκπαιδευτικός να εκμεταλλευθεί τα λάθη που προκύπτουν για να εξηγήσει την κατάλληλη στιγμή (που συμβαίνει ένα λάθος) μια νέα δυνατότητα του λογισμικού ή έναν διαφορετικό τρόπο χρήσης μιας εντολής.

Στη σχεδίαση CAD γίνεται διαφορετικά η παρατήρηση επιμέρους χαρακτηριστικών για τη σχηματοποίηση μιας ολοκληρωμένης εικόνας. Στο χέρι σχεδιάζουμε αυτό που υποδεικνύεται. Στον υπολογιστή σχεδιάζουμε αντικείμενα που παίρνουν τη μορφή που θέλουμε με δυναμικό τρόπο. Παρατηρούμε το παράδειγμα της πλαγιότμησης (Σχήμα 1). Είναι εμφανής η διαφορά των δύο διαφορετικών τρόπων νοητικής προσέγγισης ενός απλού σχεδιαστικού προβλήματος. Για τη σχεδίαση ενός τετραγώνου 1χ1 με στρογγυλευμένες γωνίες ο άπειρος σχεδιαστής (σε CAD) προετοιμάζεται νοητικά για την πορεία Α ακολουθώντας τα βήματα από το πρώτο έως το όγδοο. Αυτή η πορεία συμπίπτει με τον παραδοσιακό τρόπο σχεδίασης με το 'χέρι'. Ο σχεδιαστής που έχει κάνει κτήμα του την έννοια της δυναμικής σχεδίασης σχεδιάζει πρώτα ένα τετράγωνο (εντολή rectangle) και στη συνέχεια εφαρμόζει την εντολή Fillet (π.χ. στο AutoCAD) με δεδομένη ακτίνα καμπυλότητας στις γωνίες όπως φαίνεται στην πορεία Β του Σχήματος 2. Το ποια διαδρομή είναι πιθανό να ακολουθήσει ο μαθητευόμενος σχεδιαστής εξαρτάται από τα προϋπάρχοντα νοητικά σχήματα που έχει ανασκευάσει.



(a)



(b)

Σχήμα 2: *Σύγκριση δύο διαφορετικών νοητικών διαδρομών στο παράδειγμα της πλαγιότμησης*

Παρατηρούμε λοιπόν ότι στη σχεδίαση με το 'χέρι', τα σχεδιαστικά αντικείμενα επιβάλλονται στο σχέδιο ως τετελεσμένα και οι αρχικές εκτιμήσεις του σχεδιαστή διαμορφώνουν το τελικό λειτουργικό και αισθητικό αποτέλεσμα. Στον αντίποδα, η σχεδίαση CAD αποδεσμεύει από το άγχος της επίδοσης και φέρνει την ικανότητα του σχεδιαστή πιο κοντά στο επίπεδο της νόησης παρά της κινησιολογικής ακρίβειας. Επίσης, επιτρέπονται ευέλικτες στρατηγικές αντιμετώπισης του λάθους και αντιμετωπίζεται πιο δημιουργικά η αποτύπωση μιας ιδέας με τρόπο δυναμικό και μη εξαρτώμενο από κατωτέρου επιπέδου δυσκολίες. Ο πρώτο-μυημένος μαθαίνει μια σχεδιαστική γλώσσα που ανήκει σε υψηλότερο αφαιρετικό επίπεδο με αποτέλεσμα το ίδιο το μέσο να τον οδηγεί σε πιο ευφυείς συνειρμούς.

3.3. Επεκτάσιμες ομάδες εντολών και προσαρμοστικότητα

Στα σύγχρονα λογισμικά CAD οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα δημιουργίας νέων εντολών πλήρως ενταγμένων στις προσωπικές τους ανάγκες καθώς συνήθως το κάθε σετ εντολών είναι τροποποιήσιμο και επεκτάσιμο. Τα σχεδιαστικά λογισμικά ενσωματώνουν περιγραφικές γλώσσες προγραμματισμού (Scripting Languages όπως η Autolisp) ή συνοδεύονται από API (Application Programming Interfaces) που επεκτείνουν τις δυνατότητες της υπάρχουσας γκάμας εντολών ή επιτρέπουν τη συνδυαστική τους χρήση. Αν το προηγούμενο θεωρείται απαιτητικό για χρήστες που δεν έχουν προγραμματιστικές γνώσεις, το θέμα της προσαρμογής της διεπαφής στις προσωπικές προτιμήσεις δεν εξαντλείται εδώ. Σχεδόν σε όλα τα σύγχρονα λογισμικά CAD υπάρχει η δυνατότητα εμφάνισης/απόκρυψης εργαλειοθηκών, δημιουργίας προσωπικών συλλογών από σχεδιαστικά πρότυπα και οργάνωσης της βιβλιοθήκης προτυποποιημένων γεωμετρικών μοντέλων με εύκολο τρόπο. Σε ορισμένα λογισμικά μάλιστα υπάρχει και η δυνατότητα μετονομασίας των εντολών σε μια πιο κατανοητή μορφή για τους χρήστες (π.χ. Customize program parameters στο αρχείο acad.pgp του AutoCAD). Κάθε ενέργεια προσαρμογής του λογισμικού μειώνει τον ενδογενή γνωστικό φόρτο.

3.4. Έτοιμες βιβλιοθήκες αντικειμένων

Ένα από τα σημαντικά θέματα που πρέπει να αποσαφηνίσει ο εκπαιδευτικός είναι ο τρόπος χρήσης των βιβλιοθηκών έτοιμων αντικειμένων που υπάρχουν διαθέσιμες στο Διαδίκτυο. Για παράδειγμα, η γνωστή βιβλιοθήκη 3D Warehouse της Google προσφέρει άφθονο υλικό σε τρισδιάστατα μοντέλα σχεδόν για κάθε αντικείμενο του φυσικού κόσμου. Με δεδομένη την ύπαρξη τέτοιων βιβλιοθηκών ποιο μπορεί να είναι το κίνητρο για την μάθηση σχεδίασης CAD όταν η λύση είναι έτοιμη; Η ευκολία από τη χρήση προτυποποιημένων μοντέλων δε θα πρέπει να αποβαίνει εις βάρος της δημιουργικότητας και της καλλιέργειας σχεδιαστικών δεξιοτήτων. Μια συζήτηση με τους φοιτητές πάνω στο θέμα έχει θετικά αποτελέσματα όταν αποσαφηνίζει τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η έτοιμη βιβλιοθήκη σχεδιαστικών αντικειμένων και ταυτόχρονα εξηγεί την ανάγκη αντίστασης απέναντι στην τεχνο-νωθρότητα, έναν όρο που χρησιμοποιεί ο Φραγκόπουλος (2008).

4. Σχεδιασμός μαθημάτων και αποκάλυψη της διεπαφής

Το αντικείμενο της CAD σχεδίασης αποτελεί σήμερα ένα πεδίο με μεγάλο εύρος αλλά και βάθος. Οι χρονικοί και άλλοι περιορισμοί που υφίστανται στο σχεδιασμό του μαθήματος επιτάσσουν το φιλτράρισμα των εκπαιδευτικά χρήσιμων πληροφοριών (information filtering) με κριτήριο τη σημαντικότητά τους στην επίτευξη των στόχων του μαθήματος. Σε γενικές γραμμές, το διδακτικό υλικό, αλλά και οι διδακτικές δραστηριότητες πρέπει να είναι απαλλαγμένες από άχρηστες πληροφορίες, επαναλήψεις και επικαλύψεις. Έχει παρατηρηθεί επίσης ότι η πληθώρα των πληροφοριών και το ανεξάντλητο υλικό που βρίσκεται διαθέσιμο στο Διαδίκτυο αυξάνουν τη γνωστική φόρτωση (Quiroga et al., 2004). Σύμφωνα με τα παραπάνω, οδηγούμαστε στη λύση ενός μινιμαλιστικού μοντέλου παρουσίασης του αντικειμένου. Παρακάτω αποκαλύπτονται κάποιοι προβληματισμοί σχετικά με την αλληλεπίδραση μαθητευόμενου-διεπαφής με έμφαση στα πρώτα στάδια γνωριμίας με το λογισμικό.

4.1. Έλλειψη προηγούμενης εμπειρίας

Οι διεπαφές των σχεδιαστικών λογισμικών παρουσιάζουν ορισμένες ιδιαιτερότητες σε σχέση με άλλα λογισμικά που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση. Τα CAD λογισμικά δεν παρουσιάζουν ομοιότητες

με άλλα ήδη γνωστά περιβάλλοντα εργασίας όπως είναι οι επεξεργαστές κειμένου και οι υπηρεσίες Διαδικτύου με τα οποία ως ένα βαθμό όλοι οι εισακτέοι στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση είναι εξοικειωμένοι. Το σχεδιαστικό λογισμικό που θα επιλεγεί και θα χρησιμοποιηθεί ως βάση για τις διδακτικές δραστηριότητες του εργαστηρίου ταυτίζεται με το επαγγελματικό εργαλείο. Δεν υπάρχουν εκπαιδευτικές εκδόσεις για το CAD λογισμικό. Όταν αναφέρονται εκπαιδευτικές εκδόσεις εννοούνται οι άδειες χρήσης, ενώ το λογισμικό και οι δυνατότητές του είναι παρόμοιο με το επαγγελματικό εργαλείο. Οι προδιαγραφές του κατασκευαστή δηλαδή δεν είναι προσανατολισμένες στην εκπαίδευση αλλά στην επαγγελματική πραγματικότητα. Αυτό από μόνο του μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως δεν υπάρχει βαθμιαία αύξηση του επιπέδου δυσκολίας χρήσης του λογισμικού, παρά μόνο βαθμιαία αύξηση του επιπέδου δυσκολίας των σχεδιαστικών προβληματισμών.

Την έλλειψη προηγούμενης εμπειρίας μπορούν να καλύψουν τα ηχογραφημένα βιντεομαθήματα (Videotutorials) που δείχνουν τον τρόπο λύσης των πρώτων εισαγωγικών σχεδιαστικών ασκήσεων. Αυτά μπορούν να δημιουργούνται από τον εκπαιδευτικό καταγράφοντας την οθόνη του υπολογιστή καθώς εργάζεται και συνοδεύονται από ηχητική περιγραφή του τρόπου εργασίας. Τα videotutorials αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του εκπαιδευτικού υλικού και αποτελούν ένα είδος υποκατάστατου της ελλιπούς προηγούμενης εμπειρίας. Μπορούν να διαμοιράζονται μέσα από το τοπικό δίκτυο του εργαστηρίου ή μέσω άλλων πηγών του Διαδικτύου. Επίσης, σε γνωστούς ελεύθερης πρόσβασης ιστοτόπους με βιντεο (π.χ. www.youtube.com) υπάρχουν διαθέσιμα πολλά εκπαιδευτικά βίντεο γεμάτα επιδείξεις του τρόπου χρήσης διαφόρων CAD εργαλείων.

4.2. Η πολυπλοκότητα προκαλεί 'σοκ'

Η άλλη ιδιαιτερότητα που παρουσιάζουν οι διεπαφές των σχεδιαστικών περιβαλλόντων γεννάται από το βαθμό της πολυπλοκότητάς τους. Πράγματι, το λογισμικό CAD αποτελεί μια κατηγορία λογισμικού με αυξημένη πολυπλοκότητα ως προς τη διεπαφή και τον τρόπο χειρισμού. Σε αυτό συμβάλει: Α) η πληθωρική συλλογή σχεδιαστικών εντολών, εντολών τροποποίησης, επιλογής και απεικόνισης, Β) η ανάγκη για διαχείριση των εικονιδίων και άλλων στοιχείων ελέγχου (interface controls) σε περιορισμένη επιφάνεια εργασίας (οθόνη). Αν προστεθεί στα παραπάνω η δυνατότητα παραμετροποίησης της εμφάνισης και λειτουργίας του περιβάλλοντος γίνεται εύκολα αντιληπτή η πολυπλοκότητα που παρουσιάζουν οι διεπαφές αυτής της κατηγορίας λογισμικού. Αυτό που απαιτείται είναι η βαθμιαία εισαγωγή στο νέο περιβάλλον εργασίας για την αποφυγή πιθανής απογοήτευσης, το κτίσιμο μιας σχέσης εμπιστοσύνης με το λογισμικό και η καλλιέργεια θετικής στάσης απέναντί του που είναι πρωταρχικής σημασίας κυρίως κατά τις πρώτες συνεδριάσεις του εργαστηρίου. Επίσης, η προσαρμογή του λογισμικού στο μοντέλο χρήστη (προηγούμενες γνώσεις και δεξιότητες) έχει αποδειχθεί ότι περιορίζει τον πληροφοριακό αποπροσανατολισμό και την γνωστική υπερφόρτωση (Magoulas et al., 2001).

4.3. Σειρά παρουσίασης των εντολών

Οι διαδικασίες οργάνωσης και κατηγοριοποίησης του εκπαιδευτικού υλικού είναι απαραίτητες για τους μαθητευόμενους προκειμένου να γίνουν εύστοχοι συσχετισμοί και να αφομοιωθούν ιεραρχικά (Quiroga et al., 2004; Bownam, 1994). Στόχος είναι σε κάθε δραστηριότητα η παρουσίαση της νέας γνώσης να γίνεται με τρόπο έτσι ώστε να εξυπηρετεί ένα δεδομένο σχεδιαστικό προβληματισμό και να αφομοιώνεται βιωματικά από τους φοιτητές. Η ουσία εδώ είναι η αναζήτηση εκείνης της νοητικής πορείας που επιτρέπει τη λύση κάθε νέου προβλήματος με βάση την προηγούμενη γνώση συν ένα νέο στοιχείο (π.χ. μια νέα εντολή σχεδίασης). Επειδή η σειρά παρουσίασης των εντολών παρουσιάζει αυξημένο ενδιαφέρον στη δημιουργία συσχετισμών και στη μείωση του Εξωγενή Γνωστικού Φόρτου, παρακάτω παρουσιάζονται οι συνήθεις πρακτικές παρουσίασης που γίνονται με βάση:

4.3.1. Τη γεωγραφική γειτνίαση

Κατά την πρακτική αυτή, οι εντολές που γειτνιάζουν χωρικά στη διεπαφή του λογισμικού έχουν αυξημένες πιθανότητες να παρουσιαστούν ταυτόχρονα ή πολύ κοντά χρονικά. Αυτή η ακολουθιακή παρουσίαση δείχνει βολική για τους εκπαιδευτικούς καθώς φαίνεται αρχικά ότι εξυπηρετεί καλύτερα το πρόγραμμα των μαθημάτων κάνοντάς το πιο ευανάγνωστο. Οι σπουδαστές κρατούν καλύτερα λογαριασμό της διδαχθείσας ύλης και αντιλαμβάνονται το μήκος της πορείας που τους χωρίζει από

την επίτευξη του στόχου του μαθήματος που τον αντιλαμβάνονται συνήθως ως την κάλυψη του 100% της ύλης. Το μειονέκτημα της πρακτικής αυτής είναι ότι οι φοιτητές εμμένουν στην αντίληψη ότι σκοπός της παρουσίας τους στο εργαστηριακό μάθημα είναι η εξάντληση δεδομένης ποσότητας ύλης, και η αδυναμία να συνδέουν λειτουργικά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε εντολής με τους σκοπούς που αυτές εξυπηρετούν. Η γεωγραφική αποκάλυψη των εντολών (σαν η διεπαφή να είναι ένας χάρτης) φαίνεται να εξυπηρετεί καλύτερα τους φοιτητές που ταιριάζουν στο οπτικό στυλ μάθησης. Αφήνονται όμως σημαντικά νοηματικά κενά και πίσω από την επιφανειακή οργανωτική δομή των μαθημάτων κρύβεται η αδυναμία να καλλιεργηθούν ουσιαστικά οι σχεδιαστικές δεξιότητες των μαθητευόμενων.

4.3.2. Τον τρόπο λειτουργίας ή ομοιότητας του εξαγόμενου αποτελέσματος

Λαμβάνοντας υπόψη διάφορες ομοιότητες των εντολών (ομοιότητες αναφορικά με τον τρόπο εφαρμογής τους ή την ομοιότητα του αποτελέσματος που επιφέρουν), ο εκπαιδευτικός αποκαλύπτει νέες συστάδες εντολών και πάνω σε αυτές βασίζει τη σειρά των διδακτικών του ενεργειών. Υπάρχουν και περιπτώσεις όπου η ομαδοποίηση των εντολών με βάση τη λειτουργική τους ομοιότητα συμπίπτει με τη χωρική τους τοποθέτηση στη διεπαφή. Μια τέτοια δομή προσεγγίζεται από τις γνωστές εργαλειοθήκες (toolboxes). Η παρουσίαση νέων εντολών με βάση τη λειτουργική τους ομοιότητα με ήδη διδαχθείσες εντολές είναι εκπαιδευτικά ορθότερη σε σύγκριση με το προηγούμενο (γεωγραφική γειτνίαση στο μενού). Η κατανόηση της νέας πληροφορίας βασίζεται στα νοητικά σχήματα που δημιουργήθηκαν προηγούμενα.

4.3.3. Τη σχεδιαστική οικονομία

Η παρουσίαση των εντολών με γνώμονα την οικονομία της σχεδίασης αποδεικνύεται στην πράξη ως η πιο αποδοτική. Διευκολύνει τους φοιτητές στην πρόσληψη της νέας πληροφορίας και εξυπηρετεί την οικοδόμηση της νέας γνώσης πάνω στην παλαιότερη πάντοτε σε σχέση με την ουσία του εκάστοτε σχεδιαστικού προβλήματος. Είναι πολύ σημαντικό οι φοιτητές να ανακαλύπτουν τη μικρή ‘επανάσταση’ που φέρνει κάθε νέα εντολή και τη συνδρομή της στην οικονομία της σχεδίασης. Ένα παράδειγμα είναι η θεαματική οικονομία που προσφέρει στη σχεδίαση η εντολή mirror όταν εφαρμόζεται σε περιπτώσεις συμμετρικών αντικειμένων, αφού πρώτα προσδιοριστούν οι άξονες συμμετρίας του ζητούμενου μοντέλου.

Είναι γνωστό ότι πολλές εντολές της CAD σχεδίασης παρέχουν στους χρήστες εναλλακτικές μεθόδους χρήσης. Αν υποθέσουμε ότι οι επιμέρους διαφορετικές μέθοδοι χρήσης αποτελούν πολυεπίπεδες εφαρμογές της ίδιας εντολής κάτω από διαφορετικές συνθήκες, τότε η αποκάλυψη όλων των παραμέτρων χρήσης μπορεί να ακολουθεί το ελλειπτικό μοντέλο. Σύμφωνα με αυτό, κάθε νέα γνώση (εντολή) παρουσιάζεται κάθε φορά υπό διαφορετικό πρίσμα σε σχεδιαστικά προβλήματα σταδιακά αυξανόμενης δυσκολίας. Για παράδειγμα, η σχεδίαση ενός κύκλου στο SketchUp μπορεί τελικά να οδηγήσει σε σχεδίαση ενός πολυγώνου μεταβάλλοντας την ιδιότητα sides (πλευρές). Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ουσιαστικά πρόκειται για μία εντολή που την εφαρμόζουμε ανά περίπτωση αντιμετωπίζοντας τις αναμενόμενες γνωστικές συγκρούσεις που προκύπτουν. Στο AutoCAD υπάρχουν 11 διαφορετικές μέθοδοι να σχεδιάσεις ένα τόξο. Το ποια μέθοδος είναι επιλέξιμη κάθε φορά με βάση τα γνωστά δεδομένα και το επιθυμητό αποτέλεσμα έχει άμεση σχέση με την οικονομία της σχεδίασης. Οι διαφορετικές μέθοδοι παρουσιάζονται με βάση απλές εκπαιδευτικές ασκήσεις όπου η επιλογή μιας μεθόδου είναι πολύ πιο οικονομική από τις ανταγωνιστικές της.

5. Αντί επιλόγου

Καθώς σήμερα η CAD σχεδίαση ενδιαφέρει ολοένα και περισσότερα επιστημονικά και επαγγελματικά αντικείμενα, στη διδακτική της αξίζει να αποδοθεί η δέουσα σημασία. Ο σκοπός της μάθησης του λογισμικού CAD είναι να δημιουργήσει ανεξάρτητους και αποδοτικούς σχεδιαστές, ανταγωνιστικούς στον επαγγελματικό στίβο και προσαρμοστικούς στις επερχόμενες αλλαγές. Οι φοιτητές πρέπει να εκφράζουν αυθόρμητα τους προβληματισμούς τους και να βιώνουν ενεργητικά τη μαθησιακή τους εμπειρία στη σχεδίαση CAD διατηρώντας θετική στάση απέναντι στις μελλοντικές εξελίξεις. Προς την κατεύθυνση αυτή η διαχείριση του γνωστικού φόρτου με τις κατάλληλες

ενέργειες του εκπαιδευτικού παίζει σημαντικό ρόλο. Η σύγχρονη άποψη στη διαχείριση του γνωστικού φόρτου προτείνει (Σαμαρά & Μπούσιου, 2006):

- τη μείωση της Εξωγενούς Γνωστικής Υπερφόρτωσης,
- την αύξηση της Θετικής Γνωστικής Υπερφόρτωσης,
- τον επαναπροσδιορισμό του θέματος της Ενδογενούς Γνωστικής Υπερφόρτωσης προς την κατεύθυνση της τεχνητής μείωσης της (Bannert, 2002).

Στον πίνακα 1 γίνεται μια ανασκόπηση των διδακτικών πρακτικών που προτάθηκαν στην παρούσα εργασία σε αντιστοιχία με την επίδραση που εκτιμάται ότι έχουν πάνω στο Γνωστικό Φόρτο σύμφωνα με τη Θεωρία της Γνωστικής Υπερφόρτωσης. Ορισμένα από αυτά μπορούν να έχουν κατά προσέγγιση θετική ή αρνητική επίδραση σε περισσότερα του ενός κλάσματα του Γνωστικού Φόρτου.

Πίνακας 1: *Διδακτικές προτάσεις και αντίστοιχη αναμενόμενη επίδραση στο Γνωστικό Φόρτο*

	Διδακτική πρόταση	**Εξωγενής**	**Ενδογενής**	**Θετική**
Παρου-σίαση	Επίδειξη λυμένων παραδειγμάτων			⇧
	Αποφυγή επαναλήψεων και επικαλύψεων	⇩		
	Αποφυγή επεξήγησης και χρήσης των δευτερεύουσας σημασίας δυνατοτήτων του λογισμικού	⇩		
	Επίδειξη προηγούμενων άριστων εργασιών	⇩		
	Πολλαπλές απεικονίσεις (πίνακας, προβολέας, βιντεομαθήματα, προτάσεις από το Διαδίκτυο).	⇩		
	Σειρά παρουσίασης των εντολών με βάση τη σχεδιαστική οικονομία που επιτυγχάνουν	⇩		⇧
Εκπ/κό υλικό	Παρόμοιες σχεδιαστικές ασκήσεις αλλά με διαφορετικά ζητούμενα που να σχετίζονται άμεσα με τις μεταβλητές του σχεδίου			⇧
	Κατάτμηση σύνθετων σχεδιαστικών προβλημάτων σε απλούστερα		⇩	
	Διδασκαλία στοιχείων αναλυτικής Γεωμετρίας και γεωμετρικών μετασχηματισμών			⇧
	Αποφυγή πληθώρας πληροφοριών (ογκώδη βιβλία CAD, πολυσέλιδες σημειώσεις, πολυπληθείς αναφορές)	⇩		
	Ξεκάθαρες, μορφοποιημένες και καλά οργανωμένες οδηγίες προφορικές και γραπτές	⇩		
	Προσαρμογή του λογισμικού στο μοντέλο χρήστη (προηγούμενες γνώσεις, & δεξιότητες)		⇩	
Λογισμικό	Αναγνώριση και αποδοχή των διαφορών ανάμεσα στη σχεδίαση CAD και την παραδοσιακή (με σχεδιαστικά όργανα)			⇧
	Εργασία με περισσότερα του ενός λογισμικά CAD για λόγους σύγκρισης και συνδυαστικής χρήσης αλλά όχι περισσότερα από 2-3	⇩		
Διδακτικό & μαθησιακό στυλ	Οπτικοποίηση των νοημάτων, των προβλημάτων και των λύσεων και αποφυγή εκτεταμένων προφορικών εξηγήσεων	⇩		
	Ανίχνευση και επίλυση των γνωστικών συγκρούσεων που προκύπτουν με διαρκή ανατροφοδότηση			⇧
	Επιμονή στην καλλιέργεια των κατάλληλων νοητικών σχημάτων			⇧
	Κατά την παρουσίαση του περιεχομένου σε ιεραρχική σειρά η βηματική εμπλοκή των φοιτητών και συγχρονισμό των ενεργειών τους (διατήρηση ενός σταθερού ρυθμού που να καλύπτει όλους)	⇩		

	Υιοθέτηση μιας στρατηγικής διαχείρισης του λάθους (Error management policy)	⇩		
Συνολική αντιμετώ-πιση	Προσεκτική εξήγηση των στόχων του μαθήματος, των προσδοκιών και των αναμενόμενων αποτελεσμάτων (παραδοτέα)	⇩		⇧
	Σταδιακή ανάπτυξη μιας σχέσης εμπιστοσύνης με το περιβάλλον εργασίας	⇩		
	Καλλιέργεια μεταγνωστικών δεξιοτήτων, δεξιοτήτων αυτορύθμισης και αυτομάθησης			⇧

Βιβλιογραφία

Agonist Learning Center (2007). Hand Drafting As A Pro – Feasibility. Available on the Internet at: http://www.agonist.org/Learning-Center/hand_drafting_as_a_pro_-_feasibility.htm

Bannert, M. (2002). Managing Cognitive Load-recent trends in cognitive load theory. *Learning and Instruction,* 12, 139-146.

Bhanvani, S.-K., Reif, F. & John, B.E (2001). Beyond command knowledge: identifying and teaching strategic knowledge for using complex computer applications. *SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 229-236.

Bowman, C., Danzig, P., Manber, U. & Schwartz, F. (1994). Scalable Internet resources discovery: Research problems and approaches. *Communications of the ACM*, 37(8), 98-107.

Briggs, C. (2001). The Role of CAx in Design Education, *International Journal of Engineering Education,* 17, 455-459.

Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, 4, 293–332.

Clark, R.C. & Nguyen, F. (2005). Efficiency in e-Learning: Proven instructional methods for faster, better online learning. *Learning Solutions E-Magazine*. Available on the Internet at: http://www.clarktraining.com/content/articles/Guild_E-Learning.pdf

Dankwort C.W., Weidlich, R, Guenther, B. & Blaurock, J.E. (2004). Engineers' CAx education-it's not only CAD , *Computer-Aided Design*, Elsevier, 36(14), 1439-1450.

Field, D.A. (2004). Education and training for CAD in the auto industry, General Motors Research, Development and Planning Center. *Computer-Aided Design,* 36, 1431–1437.

Flavell, J.H. (1979). Metacognition and Cognitive Monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.

Gerjets, P., Scheiter, K. & Catrambone, R. (2004). Designing Instructional Examples to Reduce Intrinsic Cognitive Load: Molar versus Modular Presentation of Solution Procedures. *Instructional Science*, 32(1-2), 33-58.

Holmes, A,L. (2009). Quantifying Intrinsic Cognitive Load in DC Circuit Problems, 39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, pp. T2C1-T2C2.

Kosasih, S. (2001). The research on the relevance of the computer applications, Education & Architectural Information Technology Curricula, Helsinki. Available on the Internet at: http://www.tkk.fi/events/ecaade/E2001schedulethu_fin.html

Magoulas, G.D, Papanikolaou, K.A. & Grigoriadou, M. (2001). Neuro-fuzzy Synergism for Planning the Content in a Webbased, Informatica, 25, 39-48.

Quiroga, L.M., Crosby, M.E. & Iding, M.K. (2004). Reducing Cognitive Load. *37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, Track 5.50131.1., IEEE Computer Society.

Romaniuk, O. (2008). *Comparing hand-drafting to AutoCAD for producing architectural drawings*. Available at: http://www.helium.com/items/916930-succeed-world-architectural-practice

Salomon, G. (1979). *Interaction of Media, Cognition, and Learning: An Exploration of How Symbolic Forms Cultivate Mental Skills and Affect Knowledge Acquisition*. Jossey-Bass Inc. Publishers, San Francisco, CA.

Stavric, M., Wiltsche, A. & Schimek, H. (2005). New Dimension in Geometrical Education. *Methods of Representation Course,* 45-54.

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning, *Cognitive Science*, 12(2), 257-285.

Unver, E. (2006). Strategies for the Transition to CAD Based 3D Design Education. *Computer Aided Design & Applications,* 3, 323-330.

Δικαιάκος, Μ. & Ζεϊναλιπούρ, Μ. (2000). Σύστημα παροχής πληροφοριών Διαδικτύου μέσω κινητών ευέλικτων πρακτόρων Διαδικτύου {παρουσίαση poweroint}. Πανεπιστήμιο Κύπρου, Τμήμα

Πληροφορικής. Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο: http://www.cs.ucy.ac.cy/Projects/eRACE/talks/zeinalipour-erace.pdf.

Σαμαρά, Χ. & Μπούσιου, Δ. (2006). Ένα μοντέλο σχεδίασης πολυμεσικού περιβάλλοντος μάθησης για την υποστήριξη της διδασκαλίας του προγραμματισμού στην Γ λυκείου. *5ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση-Απολογισμός και Προοπτικές,* Θεσσαλονίκη, σελ. 83-90.

Τσέλιος, Ν., Κόμης, Β. & Αβούρης, Ν. (2004). Ευρετική αξιολόγηση από προσομοιωμένους ειδικούς σε ανοιχτά περιβάλλοντα μάθησης, *4ο Συνέδριο ΕΤΠΕ*, σελ. 587-596.

Φραγκόπουλος, Σ.Γ. (2008). *Η Ιστορία της Τεχνολογίας*. Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο: http://sfrang.com/historia/default.htm#per.