



# Βασικές αρχές σχεδίασης εκπαιδευτικού λογισμικού

*Βασίλης Δαγδιλέλης – Μάγια Σατρατζέμη –  
Γιώργος Ευαγγελίδης*  
Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

## Περίληψη

Τα σύγχρονα εκπαιδευτικά λογισμικά παρουσιάζουν μια πολύ μεγάλη ποικιλία ως προς τα τεχνικά αλλά και τα διδακτικά τους χαρακτηριστικά και βρίσκονται υπό διαρκή εξέλιξη, καθώς προσαρμόζονται με τη σειρά τους στις εξελίξεις των ΤΠΕ (Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών). Μια κατηγοριοποίηση τους θα μπορούσε να λαμβάνει ως βασικό κριτήριο τις διδακτικές δυνατότητες που προσφέρουν τα λογισμικά. Με βάση το κριτήριο αυτό, ορισμένα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, όπως οι ανοικτοί μικρόκοσμοι, διακρί-

νονται γιατί επιτρέπουν τη δημιουργία διδακτικών καταστάσεων με επιθυμητά χαρακτηριστικά. Τα λογισμικά αυτής της κατηγορίας παρουσιάζουν μερικά κοινά λειτουργικά στοιχεία τα οποία μπορούν να αποτελέσουν αρχές σχεδίασης για ανάλογα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

## Εισαγωγή

Η διεθνής (αλλά και η ελληνική) παραγωγή εκπαιδευτικού λογισμικού των τελευταίων ετών είναι εντυπωσιακή. Τόσο οι μεγάλοι οργανισμοί κατασκευής και εμπορίας λογισμικού, όσο και τα Πανεπιστημιακά ιδρύματα, τα κέντρα ερευνών αλλά και κοινοπραξίες μεταξύ των φορέων αυτών, δημιουργούν ή βελτιώνουν εκπαιδευτικά λογισμικά με ταχείς ρυθμούς. Όπως είναι φυσικό, η δημιουργία ενός μεγάλου πλήθους λογισμικών, προερχομένων από τόσο διαφορετικές πηγές, δημιούργησε την ανάγκη για μια συστηματική διερεύνηση, για μια κατηγοριοποίησή τους (κατηγοριοποίηση με την έννοια της ταξινόμησης, της ιεράρχησης, της αξιολόγησης).

Η τάση αυτή για συστηματική διερεύνηση και κατηγοριοποίηση των εκπαιδευτικών λογισμικών έχει βέβαια ακαδημαϊκά, αλλά και πρακτικά, ακρόμη και οικονομικά κίνητρα. Η ταξινόμηση των εκπαιδευτικών λογισμικών με διάφορα κριτήρια επιτρέπει τη γενικότερη θεώρησή τους, την ταχύτερη και πιο αξιόπιστη αξιολόγησή τους και γενικότερα τη βελτίωσή τους και την οικονομικότερη παραγωγή τους. Με ένα γενικό τρόπο, η συστηματοποίηση συνεισφέρει στη μετατροπή της εμπειρίας σε τεχνογνωσία. Στην προκειμένη περίπτωση ενδιαφερόμαστε ιδιαίτερα για ενδεχόμενα κοινά χαρακτηριστικά των λογισμικών που ανήκουν στην ίδια κατηγορία, προκειμένου να εντοπίσουμε, αν αυτό είναι δυνατόν, κατασκευαστικές αρχές που τα διέπουν.

Ωστόσο η κατηγοριοποίηση των εκπαιδευτικών λογισμικών φαίνεται να είναι δυσχερής. Οι απόπειρες να ταξινομηθούν τα εκπαιδευτικά λογισμικά είναι πολλαπλές και τα τελικά προϊόντα δε συγκλίνουν – μερικές μάλιστα φορές αποκλίνουν, δηλαδή οι σχετικές μελέτες χρησιμοποιούν και εφαρμόζουν τελείως διαφορετικά, μη-συγκρίσιμα κριτήρια και καταλήγουν σε ποικίλα συμπεράσματα. Σε μιαν άλλη πλευρά της κατηγοριοποίησης αυτής, τα κριτήρια με τα οποία αξιολογούνται τα εκπαιδευτικά λογισμικά είναι πολυάριθμα και όχι πάντοτε γενικώς αποδεκτά. Μια συνέπεια αυτής της κατάστασης είναι ότι η διαδικασία πιστοποίησης του εκπαιδευτικού λογισμικού είναι εξαιρετικά μακρόχρονη και πολύπλοκη, καθώς απαιτεί τεχνικό, επιστημονικό αλλά και παιδαγωγικό-διδακτικό έλεγχο, στο εργαστήριο αλλά και στο πεδίο εφαρμογής (δηλαδή τη σχολική τάξη) από πολλούς κριτές. Εξάλλου τα κριτήρια για την αξιολόγηση δεν είναι και δε μπορούν να είναι ενιαία: έτσι, ο έλεγχος του περιεχομένου είναι ίσως σημαντικός για ορισμένες κατηγορίες λογισμικού, αλλά δεν έχει νόημα σε μερικά από τα πλέον διαδεδομένα λογισμικά όπως τα διάφορα περιβάλλοντα της Logo ή τα προγράμματα Δυναμικής Γεωμετρίας (Cabri-γεωμέτρης, Geometer Sketchpad, Cinderella κ.ά.) γιατί τα περιβάλλοντα αυτά

*δεν έχουν περιεχόμενο* με τη συνήθη έννοια του όρου. Εύκολα μπορεί κανείς βέβαια να εντοπίσει εκπαιδευτικά λογισμικά τα οποία έχουν εν μέρει περιεχόμενο και εν μέρει όχι (για παράδειγμα το λογισμικό για την Πληροφορική ΔΕΛΥΣ) – και άρα η εφαρμογή ενός και μόνον είδους κριτηρίων αξιολόγησης των λογισμικών αυτών, δε μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα.

Οι δυσχέρειες στην κατηγοριοποίηση του εκπαιδευτικού λογισμικού οφείλονται στην πολύ μεγάλη *ποικιλία* τους και ταυτόχρονα στο γεγονός ότι τα εκπαιδευτικά λογισμικά βρίσκονται πάντοτε *υπό εξέλιξη*. Κατά κάποιο τρόπο, η πολυπλοκότητα που παρουσιάζει η κατηγοριοποίηση των λογισμικών σημαίνει ότι και η συστηματική τους διερεύνηση αναγκαστικά πρέπει να ακολουθήσει μια εξελικτική πορεία, οφείλει δηλαδή να προσαρμόζεται στην εξέλιξη των εκπαιδευτικών λογισμικών.

Στις παραγράφους που ακολουθούν εξετάζουμε με πιο λεπτομερή τρόπο τις δυσκολίες που συναντά η κατηγοριοποίηση των εκπαιδευτικών λογισμικών και την πολυπλοκότητα στην οποία αναφερθήκαμε. Στη συνέχεια, για μια συγκεκριμένη ομάδα εκπαιδευτικών λογισμικών, τους λεγόμενους *ανοιχτούς μικρόκοσμους*, αναφέρουμε μερικές βασικές αρχές που διέπουν την κατασκευή τους. Οι αρχές αυτές δεν είναι υποχρεωτικές, αλλά η μέχρι τώρα εμπειρία δείχνει ότι συναντώνται πολύ συχνά σε καθιερωμένα εκπαιδευτικά λογισμικά.

### **Η κατηγοριοποίηση των εκπαιδευτικών λογισμικών**

Όπως αναφέραμε και στην προηγούμενη παράγραφο, τα εκπαιδευτικά λογισμικά χαρακτηρίζονται από μια πολύ μεγάλη ποικιλία και από το γεγονός ότι, καθώς εξαρτώνται από μια συνεχώς εξελισσόμενη τεχνολογία, βρίσκονται πάντοτε υπό εξέλιξη και τα ίδια.

Η εξέλιξη αυτή σημαίνει ότι η τεχνολογία που ενσωματώνεται στα εκπαιδευτικά λογισμικά ακολουθεί, λίγο ή πολύ, τη γενικότερη εξέλιξη της τεχνολογίας της Πληροφορικής και γενικά των ΤΠΕ (Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών). Έτσι, στα μέσα της δεκαετίας του 1980 και τη δεκαετία του 1990, τα εκπαιδευτικά λογισμικά χαρακτηρίστηκαν από μια στροφή στο λεγόμενο *γραφικό περιβάλλον διεπαφής χρήστη* (GUI) με τα παραθυρικά περιβάλλοντα και τη χρήση του ποντικιού. Τα σύγχρονα εκπαιδευτικά λογισμικά χαρακτηρίζονται εξάλλου ολοένα και περισσότερο από τη δυνατότητά τους να *λειτουργούν σε δικτυακό περιβάλλον* και όσα παλιότερα λογισμικά υφίστανται ακόμη, εξελίσσονται προς την κατεύθυνση αυτή. Εξάλλου, η ίδια η δικτύωση των Η.Υ. φαίνεται να αποκτά μια νέα διάσταση, καθώς τα ασύρματα δίκτυα γνωρίζουν μια ταχεία ανάπτυξη και ταυτόχρονα διαφαίνεται μια μείξη των υφισταμένων τηλεφωνικών,

ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών δικτύων με τα δίκτυα των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Είναι δύσκολο να προβλέψει λοιπόν κανείς ποια θα είναι η επόμενη μεγάλη τεχνολογική πρόοδος, η οποία θα αναπροσανατολίσει την κατασκευή και τα χαρακτηριστικά του εκπαιδευτικού λογισμικού. Πάντως, όπως είναι φυσικό, οι ριζικές αυτές μεταβολές στα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών λογισμικών δυσχεραίνουν την κατηγοριοποίησή τους.

Τα σύγχρονα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα χαρακτηρίζονται ακόμη από το γεγονός ότι εμπλουτίζονται συνεχώς με νέες δυνατότητες. Βέβαια υφίστανται ακόμη λογισμικά τα οποία εστιάζονται σε *συγκεκριμένες διδακτικές περιστάσεις*, αλλά η μεγάλη πλειοψηφία των εκπαιδευτικών λογισμικών περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό από εργαλεία και προσφέρει πολλές δυνατότητες επεξεργασίας των αντικειμένων με τα οποία σχετίζεται (αντικειμένων όπως τα γεωμετρικά σχήματα, οι αριθμοί, τα κείμενα, οι εικόνες, οι χημικές ενώσεις). Έτσι ακόμη και ο όρος *εκπαιδευτικό λογισμικό* φαίνεται να μην είναι πλέον ο καταλληλότερος και να χρησιμοποιείται στη θέση του ο όρος *εκπαιδευτικά περιβάλλοντα* - όρος που αποδίδει με πιο πιστό τρόπο το γεγονός ότι ο χρήστης έχει στη διάθεση του όλα τα εργαλεία που απαιτούνται για την επίλυση ενός προβλήματος. Για να είμαστε μάλιστα ακριβείς, θα πρέπει να αναφερόμαστε σε περιβάλλοντα ή λογισμικά με *εκπαιδευτική χρήση*: για παράδειγμα, η μεγάλη πλειοψηφία των εργαλείων δικτυακής επικοινωνίας (όπως οι κατάλογοι συζητήσεων, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, οι ιστοχώροι) δεν έχουν επινοηθεί για διδακτική χρήση, δεν αποτελούν επομένως τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, αλλά χρησιμοποιούνται ευρέως για το σκοπό αυτό. Τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα χαρακτηρίζονται επίσης από μια μεγάλη ποικιλία: ποικιλία στόχων, είδους, χρήσης – για να αναφερθούμε στα διδακτικά τους και μόνο χαρακτηριστικά και όχι στα τεχνικά. Η μεγάλη αυτή ποικιλία δημιουργεί πρόσθετα προβλήματα στην κατηγοριοποίηση του εκπαιδευτικού λογισμικού ή του λογισμικού για εκπαιδευτική χρήση. Εκπαιδευτικά περιβάλλοντα μπορούν να χαρακτηριστούν περιβάλλοντα δικτυακής επικοινωνίας, λογισμικά Δυναμικής Γεωμετρίας ή προσομοιώσεων, εκπαιδευτικά ρομπότ και ένα πλήθος άλλων κατασκευών οι οποίες ως μόνο κοινό χαρακτηριστικό τους έχουν την εκπαιδευτική τους χρήση. Σε σχετικές μελέτες (για παράδειγμα Δημητρακοπούλου, 2004, Κόμης et als, 2004) μπορούμε να διακρίνουμε έως και μερικές δεκάδες κατηγοριών εκπαιδευτικού λογισμικού μόνο για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Αυτό αποτελεί μια αντανάκλαση του πλούτου που χαρακτηρίζει τη σημερινή παραγωγή εκπαιδευτικού λογισμικού, αλλά δείχνει ταυτόχρονα και τις δυσκολίες που συνεπάγεται η τα-

ξινόμηση των εκπαιδευτικών αυτών περιβάλλοντων.

Για πολλούς μελετητές, ένα σύνολο κριτηρίων για την κατηγοριοποίηση του εκπαιδευτικού λογισμικού μπορεί να βασίζεται στην ψυχολογική ή διδακτική θεωρία με βάση την οποία δημιουργήθηκε. Μπορούμε λοιπόν να κατηγοριοποιήσουμε τα εκπαιδευτικά λογισμικά με κριτήριο τις συμπεριφορικές ή τις κονστрукτιβιστικές θεωρίες (για να δώσουμε ένα παράδειγμα).

Είναι σήμερα γενικά αποδεκτό, ότι ένα εκπαιδευτικό λογισμικό αποτελεί ένα *τεχνολόγημα* και ως τέτοιο εντάσσεται σε ένα θεσμικό και κοινωνικό περίγυρο που σε μεγάλο βαθμό προσδιορίζει την ύπαρξη και τη λειτουργία του. Ο κατασκευαστής ενός τέτοιου εκπαιδευτικού περιβάλλοντος (η ομάδα που το δημιουργεί) έχει πάντοτε μια αντίληψη για τη διδακτική χρήση του περιβάλλοντος αυτού – αντίληψη η οποία μπορεί να διατυπώνεται ρητά, αλλά μπορεί και να παραμένει άρρητη. Εξάλλου, τις περισσότερες φορές τα σύγχρονα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα συνοδεύονται και από ένα μεγάλο πλήθος ενδεικτικών ή δειγματικών διδακτικών χρήσεων τους, καθιστώντας έτσι ορατή τη διδακτική αντίληψη που διέπει την κατασκευή τους. Επομένως τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα μπορούν, σε πολλές περιπτώσεις, να κατηγοριοποιηθούν με αυτό το κριτήριο.

Ωστόσο, τα κριτήρια αυτά αν και είναι σημαντικά για τις *προθέσεις* του κατασκευαστή, δεν είναι ενδεικτικά των *διδακτικών χρήσεων* των λογισμικών.

Ίσως το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα μη-εκπαιδευτικά λογισμικά τα οποία χρησιμοποιούνται για διδακτικούς λόγους. Έτσι, για παράδειγμα, τα ηλεκτρονικά λογιστικά φύλα και οι εφαρμογές επεξεργασίας κειμένων δεν αποτελούν τυπικά εκπαιδευτικά λογισμικά, χρησιμοποιούνται ωστόσο ευρύτατα ως τέτοια από πολλούς εκπαιδευτικούς. Αυτό που είναι σημαντικό στην περίπτωση αυτή δεν είναι βέβαια η (ανύπαρκτη) διδακτική πρόθεση του κατασκευαστή, αλλά η διδακτική αντίληψη του εκπαιδευτή-χρήστη. Τα ηλεκτρονικά λογιστικά φύλα (όπως το Excel): επινοήθηκαν για χρήση στη λογιστική και γενικά στην πραγματοποίηση μεγάλου όγκου στοιχειωδών αριθμητικών πράξεων, αλλά χρησιμοποιούνται ευρέως στην εκπαίδευση. Τα ηλεκτρονικά λογιστικά φύλα μπορούν να θεωρηθούν ως ένα είδος *αριθμητικού μικρόκοσμου*. Ωστόσο χρησιμοποιούνται με πολλούς τρόπους όπως για την εκτέλεση πολύπλοκων υπολογισμών, για μια εισαγωγή στην Άλγεβρα (Caroni, 1989), ως μέσα για τη διερεύνηση προβλημάτων (Jonassen, 1999) ή ακόμη και στα πλαίσια μιας εισαγωγής στον προγραμματισμό (Dagdilelis et als, 1990). Ομοίως, σχετικό είναι το παράδειγμα των εφαρμογών επεξεργασίας κειμένου (κειμενογράφων, επεξεργαστών κειμένου κλπ): είναι ίσως πιο δύσκολο (από ότι στην περί-

πτωση των ηλεκτρονικών λογιστικών φύλων) να φανταστεί κανείς εφαρμογές τους πέραν της τετριμμένης χρήσης τους ως εργαλείων για τη διαχείριση λέξεων και κειμένων. Ωστόσο, σε κάποιο μέτρο, οι εφαρμογές επεξεργασίας κειμένου, αποτελούν ένα είδος *γλωσσικού μικρόκοσμου*. Οι σημερινοί επεξεργαστές κειμένου μπορούν να συνεισφέρουν στην τυπική επεξεργασία των συμβόλων (εμφάνιση, ορθογραφία, μερικώς σύνταξη), αλλά δεν μπορούν να ανιχνεύσουν βασικά κοινωνιογλωσσικά χαρακτηριστικό ενός κειμένου, όπως το νόημα του ή το στυλ του συγγραφέα. Έτσι οι αυτόματες μεταφράσεις κειμένων είναι ακόμη πολύ χαμηλής ποιότητας και ο χαρακτηρισμός του στυλ ενός κειμένου παραμένει στοιχειώδης. Ωστόσο, ακόμη και στην περίπτωση αυτή, υπάρχουν πολλές εκπαιδευτικές χρήσεις οι οποίες στηρίζονται στα κοινωνιολογικά ή επικοινωνιακά χαρακτηριστικά μιας διδακτικής κατάστασης, παρά σε εγγενή χαρακτηριστικά των επεξεργαστών: μαθητές παράγουν κείμενα σε ομάδες, ή με συνεργασία εξ αποστάσεως, μετατρέπουν τα κείμενα τους σε ιστοσελίδες και τα εκθέτουν σε συμμαθητές τους.

Αυτό λοιπόν που προβάλλει ως βασικό χαρακτηριστικό της χρήσης ενός εκπαιδευτικού περιβάλλοντος δεν είναι τόσο τα τυπικά του χαρακτηριστικά, ούτε καν η ρητή ή υπόρρητη πρόθεση του κατασκευαστή, αλλά η πραγματική του χρήση στο σχολικό περιβάλλον. Έτσι θα ήταν ίσως σκόπιμο να αποπειραθούμε να κατηγοριοποιήσουμε τα λογισμικά ανάλογα και με το είδος της (διδακτικής) χρήσης τους. Πολλοί ερευνητές φαίνονται να υιοθετούν μια παρόμοια άποψη: κατά κάποιο τρόπο, την άποψη αυτή υιοθετεί ο Jonassen (*mindtools*) αλλά και άλλοι ερευνητές οι οποίοι εκφράζονται πιο άμεσα: *the classification of an ICT tool is based more on how it is used than its characteristics* σημειώνουν, οι Ping Lim & Yong Tay (2003).

Η υιοθέτηση αυτής της οπτικής προσδιορίζει ενδεχομένως με έναν διαφορετικό τρόπο και τις άλλες διαδικασίες κατηγοριοποίησης και συστηματικής διερεύνησης του εκπαιδευτικού λογισμικού. Έτσι, για παράδειγμα, η αξιολόγηση των εκπαιδευτικών λογισμικών μπορεί να στηρίζεται πρωτίτως όχι σε αυτά καθαυτά τα λογισμικά, το μέγεθος τους ή τις τεχνικές τους προδιαγραφές, αλλά στις *διδακτικές καταστάσεις που επιτρέπουν*, δηλαδή τις διδακτικές τους δυνατότητες.

### **Οι ανοιχτοί μικρόκοσμοι**

Οι λεγόμενοι ανοιχτοί μικρόκοσμοι αν και αποτελούν ένα από τα πρώτα είδη εκπαιδευτικού λογισμικού που αναπτύχθηκε, γνώρισαν ιδιαίτερη ανάπτυξη την τελευταία δεκαετία κυρίως. Ιστορικά ως πρώτος μικρόκοσμος θεωρείται το περιβάλλον της Logo, στις αρχές τις δεκαετίας του

1970, αλλά είναι ουσιαστικά στο τέλος της δεκαετίας του 1980 που οι μικρόκοσμοι γνώρισαν ιδιαίτερη ανάπτυξη, ταυτόχρονα με την ανάπτυξη του γραφικού ενδιαμέσου (διεπαφής).

Οι μικρόκοσμοι αποτελούν κατά κανόνα έναν ψηφιακό χώρο στον οποίο ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει προσδιορισμένες οντότητες ή να δημιουργήσει νέες, να καθορίσει τις μεταξύ τους σχέσεις και να διερευνήσει τη συμπεριφορά τους προκειμένου να επιλύσει κάποιο πρόβλημα.

Οι ανοιχτοί μικρόκοσμοι αποτελούν ψηφιακά μοντέλα ή ψηφιακά εργαλεία μοντελοποίησης κάποιου πεδίου: τα περιβάλλοντα Δυναμικής Γεωμετρίας αποτελούν την ψηφιακή εκδοχή της Ευκλείδειας Γεωμετρίας, το Interactive Physics μοντελοποιεί ψηφιακά την κλασική Φυσική. Οι μικρόκοσμοι έτσι αποτελούν μοντέλα μοντέλων, και υπόκεινται σε μια πληροφορική μετατόπιση (*transposition informatique*) αλλά υφίστανται κατά τη χρήση τους μέσα στο σχολικό περιβάλλον και μια διδακτική μετατόπιση (*transposition didactique*).

Έτσι όχι μόνο λειτουργούν με βάση το δικό τους ιδιαίτερο επιστημονικό μοντέλο, αλλά δημιουργούν αναπόφευκτα και νέα προβλήματα επιστημολογικά και διδακτικά. Τα ηλεκτρονικά λογιστικά φύλλα, για παράδειγμα, εκτελούν πράξεις με αριθμούς, οι οποίοι όμως είναι πεπερασμένοι και ασυνεχείς, όπως ακριβώς πεπερασμένα και ασυνεχή είναι και τα γεωμετρικά σχήματα που αναπαριστώνται στα περιβάλλοντα Δυναμικής Γεωμετρίας (και το κάθε σημείο του χώρου αυτού έχει το μέγεθος τουλάχιστον ενός εικονοστοιχείου – *pixel*). Ακόμη οι μικρόκοσμοι απαιτούν τη ρητή διατύπωση σχέσεων και οδηγιών προς το σύστημα, αλλά ορισμένες φορές λειτουργούν με έμμεσα προσδιορισμένες ιδιότητες.

Επιπλέον αν οι μικρόκοσμοι επιτρέπουν έναν νέο τρόπο διδασκαλίας, ωστόσο το νέο διδακτικό συμβόλαιο που καθιερώνεται μπορεί να έχει απρόβλεπτες επιπτώσεις: αν για παράδειγμα οι γεωμετρικές ιδιότητες των σχημάτων μπορούν να επαληθεύονται συστηματικά στα περιβάλλοντα Δυναμικής Γεωμετρίας, τότε ποιο λόγο ύπαρξης έχουν οι γεωμετρικές αποδείξεις; Σχετικές έρευνες έχουν δείξει επίσης ότι τα νέα αυτά περιβάλλοντα μπορούν ακόμη να αποτελέσουν και πηγή υπόρρητων αντιλήψεων για τα αντικείμενα που πραγματεύονται.

Ωστόσο, παρόλες τις εγγενείς αδυναμίες τους, οι ανοιχτοί μικρόκοσμοι, επιτρέπουν τη δημιουργία διδακτικών καταστάσεων με πολύ ενδιαφέροντα στοιχεία, αφού:

- (α) επιτρέπουν τη διερεύνηση των προβλημάτων. Η λύση σε ένα δεδομένο πρόβλημα επιβάλλει τη δημιουργία οντοτήτων με συγκεκριμένες ιδιότητες και σχέσεις, τις οποίες οι μαθητές πρέπει να εξερευνήσουν.



- (β) Οι ίδιοι οι χρήστες (οι μαθητές) πρέπει να αποφασίσουν αν ένα πρόβλημα έχει λυθεί και ποια είναι η λύση του.
- (γ) επιτρέπουν τη δημιουργία και ανάπτυξη δημιουργικών γνωστικών συγκρούσεων, οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν τη βελτίωση των αντιλήψεων των σπουδαστών.

Μέσα στο πλαίσιο αυτό λοιπόν, με κατάλληλη ρύθμιση των διαφόρων διδακτικών μεταβλητών (είδος προτεινόμενου προβλήματος, διαθέσιμα μέσα και αλληλεπίδραση των μαθητών μεταξύ τους), ο διδάσκων μπορεί να δημιουργήσει διδακτικές καταστάσεις ενδιαφέρουσες και αποτελεσματικές. Λόγω αυτού του ιδιαίτερου ενδιαφέροντος που παρουσιάζουν οι ανοικτοί μικρόκοσμοι, στις επόμενες παραγράφους θα αναφερθούμε σε αρχές σχεδίασης αυτού του είδους εκπαιδευτικών περιβαλλόντων.

### **Μερικές αρχές για την κατασκευή εκπαιδευτικού λογισμικού**

Κατά κανόνα η ανάπτυξη ενός εκπαιδευτικού λογισμικού αποτελεί μια συνεχή διαδικασία. Πολλές φορές η αρχική ιδέα αποτελεί ένα μείγμα διδακτικών αναγκών και τεχνολογικών δυνατοτήτων. Ωστόσο, θα πρέπει να τονίσουμε ότι πολλές φορές η τεχνολογία προσφέρει δυνατότητες οι οποίες δε μπορούσαν να έχουν προβλεφθεί: για παράδειγμα, το υφιστάμενο πρόβλημα στη διδασκαλία της Γεωμετρίας της διάκρισης ανάμεσα στο *γεωμετρικό σχήμα* (ένα θεωρητικό σχήμα που αντιπροσωπεύει μια κλάση άπειρων ισοδύναμων σχημάτων) και το *σχέδιο* (που ο μαθητής σχεδιάζει στο τετράδιο του) δε θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί με τη δυναμική υπόσταση των σχημάτων (δηλαδή σχημάτων που διατηρούν *μόνο* τις ιδιότητες που τους αποδίδονται ρητά, ενώ επιτρέπουν τον ελεύθερο μετασχηματισμό οποιουδήποτε άλλου χαρακτηριστικού τους). Αυτό ήταν φυσικώς αδύνατο πριν από τη χρήση Η.Υ.

Η ανάπτυξη του εκπαιδευτικού λογισμικού υπακούει σε μια διπλή σειρά κανόνων: πρόκειται για λογισμικό, επομένως η κατασκευή του υπαγορεύεται από τη μεθοδολογία που διέπει την κατασκευή οποιουδήποτε λογισμικού. Ταυτόχρονα όμως πρόκειται για λογισμικό το οποίο προορίζεται για διδακτική χρήση και επομένως η κατασκευή του πρέπει να κατευθύνεται από μια διδακτική προβληματική. Αξίζει να σημειωθεί πάντως ότι ένα κοινό χαρακτηριστικό το οποίο υπαγορεύουν και οι δυο προβληματικές είναι η *επεκτασιμότητα*. Από τεχνική άποψη η επεκτασιμότητα είναι μια καλά ορισμένη έννοια η οποία σημαίνει ότι το λογισμικό πρέπει να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να μπορεί εύκολα να επεκταθεί, να αναβαθμισθεί. Παρόμοια, από διδακτική άποψη η επεκτασιμότητα σημαίνει ότι το λογισμικό πρέπει να είναι έτσι υλοποιημένο, ώστε να επιδέχεται προσθήκες. Το εκ-

παιδευτικό λογισμικό εξελίσσεται διαρκώς και πολύ σπάνια είναι πλήρως προσδιορισμένο από την αρχή. Έτσι, η χρήση του σε πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας και σχολικής τάξης πέρα από τις ενδεχόμενες αδυναμίες ή δυσκολίες που θα καταστήσει φανερές, συνήθως αναδεικνύει την ανάγκη συμπλήρωσης του – δηλαδή την ανάγκη εμπλουτισμού του με περισσότερες λειτουργίες. Για παράδειγμα, είναι κατά κανόνα χρήσιμη, αν και σπάνια αποτελεί ένα από τα πρωταρχικά μέληματα των κατασκευαστών, η ενσωμάτωση στο λογισμικό ενός μηχανισμού καταγραφής των ενεργειών του χρήστη. Τα δεδομένα αυτά θα πρέπει να είναι διαθέσιμα σε μια εκμεταλλεύσιμη μορφή. Το σύνολο των δεδομένων αυτών είναι κατά κανόνα πολύτιμο για τη διδακτική χρήση του λογισμικού:

- (α) επιτρέπει την επαναφορά σε προηγούμενα στάδια επεξεργασίας, την ακύρωση πολλαπλών ενεργειών (όπως οι διαδικασίες ακύρωσης – undo – σε όλα τα λογισμικά ή η δυνατότητα εμφάνισης μεταβολών που ενσωματώνει για παράδειγμα ο επεξεργαστής κειμένου Microsoft Word)
- (β) επιτρέπει την αυτόματη εκτίμηση των ενεργειών του μαθητή-χρήστη, έτσι ώστε να του παράσχει (όταν αυτό είναι δυνατόν) την κατάλληλη βοήθεια
- (γ) επιτρέπει στον εκπαιδευτικό να μελετήσει εκ των υστέρων τις διαδικασίες επίλυσης που χρησιμοποίησε κάθε μαθητής, τη διαδρομή που ακολούθησε, τα ενδεχόμενα λάθη του και γενικά μια σειρά στοιχείων που είναι εξαιρετικά χρήσιμα από διδακτική άποψη.

Η *εγγραψιμότητα* λοιπόν αποτελεί ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των σύγχρονων εκπαιδευτικών περιβαλλόντων και, ακόμη και αν δεν αποτελεί την πρώτη προτεραιότητα στη σχεδίαση τους, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για μελλοντικές επεκτάσεις.

Στη διεθνή βιβλιογραφία συναντώνται πολλές μέθοδοι για την κατασκευή του εκπαιδευτικού λογισμικού. Ένας σημαντικός αριθμός των προτεινόμενων μεθόδων κατευθύνεται κατ' αποκλειστικότητα από την προβληματική του λογισμικού. Οι προτεινόμενες μέθοδοι, όπως των Lage et als (2002), Beale & Sharples (2002) εστιάζονται αποκλειστικά στο γεγονός ότι το τελικό προϊόν είναι ένα λογισμικό και δε λαμβάνουν υπόψη τους το γεγονός ότι πρόκειται για ένα εκπαιδευτικό προϊόν το οποίο πρέπει να σχεδιάζεται με γνώμονα τη διδακτική του χρήση. Η σχεδίαση και η υλοποίηση του λογισμικού λοιπόν πρέπει να κατευθύνεται από τη διδακτική προβληματική και όχι αντιστρόφως (Reusser, 1994).

Παρόλες τις μεγάλες διαφοροποιήσεις που χαρακτηρίζουν τα σύγχρονα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, οι ανοικτοί μικρόκοσμοι συχνά παρουσιάζουν μερικά κοινά χαρακτηριστικά τα οποία έχουν άμεσο διδακτικό εν-

διαφέρον. Τα χαρακτηριστικά αυτά προσδιορίζουν έμμεσα μερικές αντίστοιχες κατασκευαστικές αρχές. Τρεις από τις βασικές αυτές αρχές είναι αυτές που ονομάζουμε:

- εργαλειακή λογική
- πολλαπλές αναπαραστάσεις
- πολλαπλή διεπαφή (ενδιάμεσο).

Η αρχή που ονομάζουμε αρχή της *εργαλειακής λογικής*, σημαίνει απλά ότι ένα εκπαιδευτικό λογισμικό αποτελεί ουσιαστικά ένα *εργαλείο*, ένα μέσο δηλαδή το οποίο μας επιτρέπει να εκτελέσουμε πιο εύκολα μια εργασία, αλλά όχι *όλες* τις εργασίες. Έτσι η εργαλειακή λογική έχει δυο όψεις: από τη μια πλευρά το εκπαιδευτικό λογισμικό, όπως κάθε εργαλείο, είναι απαραίτητο για την εκτέλεση ορισμένων εργασιών (διδασκτικά νοηματοδοτημένων). Από την άλλη πλευρά το εκπαιδευτικό λογισμικό είναι κατάλληλο για την εκτέλεση ορισμένων εργασιών – αλλά όχι όλων. Αυτή η απλή αρχή διέπει, πρέπει να διέπει, τη σχεδίαση των εκπαιδευτικών περιβαλλόντων. Τα ηλεκτρονικά λογιστικά φύλλα, για παράδειγμα, είναι εξαιρετικά εύχρηστα και αξιόπιστα εργαλεία για την εκτέλεση πράξεων. Επιτρέπουν έτσι τη λύση συστημάτων εξισώσεων, τη δημιουργία αριθμητικών πινάκων, τη στατιστική επεξεργασία δεδομένων και γενικά την ταχεία και ακριβή εκτέλεση πολύπλοκων αριθμητικών υπολογισμών. Παρουσιάζουν λοιπόν μερικά χαρακτηριστικά τα οποία είναι ενδιαφέροντα και εκμεταλλεύσιμα από διδακτική σκοπιά. Ωστόσο, κατά κανόνα, τα ίδια τα φύλλα, παρέχουν τη δυνατότητα γραφικών αναπαραστάσεων συναρτήσεων, αλλά μέσω υπολογισμού συγκεκριμένων τιμών. Η γραφική παράσταση συναρτήσεων από την αναλυτική έκφραση μιας συνάρτησης δεν είναι δυνατή απευθείας, (μόνο μέσω προγραμματισμού του λογιστικού φύλλου). Το γεγονός αυτό προσδιορίζει έμμεσα, το πεδίο διδακτικής ισχύος των σχετικών λογισμικών: είναι κατάλληλα διδακτικά εργαλεία σε ορισμένες περιπτώσεις (εκτέλεση αριθμητικών πράξεων και ενδεχομένως εισαγωγή στην Άλγεβρα), αλλά όχι σε όλες (γραφικές παραστάσεις συναρτήσεων). Η σχεδόν προφανής αυτή αρχή φαίνεται να αγνοείται σε πολλές περιπτώσεις όπου το εκπαιδευτικό λογισμικό που παράγεται μπορεί να παρουσιάζει έννοιες, σχέσεις και προβλήματα σε ένα περιβάλλον πλούσιο σε διδακτικά gadgets, αλλά ανεπαρκές σε διδακτικά εργαλεία.

Η αρχή της εργαλειακής λογικής επιβάλλει την ενσωμάτωση της δυνατότητας αυτής στο μέγιστο δυνατό βαθμό, αλλά πάντα υπό το διδακτικό έλεγχο του χρήστη. Όσες εργασίες είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν από το πληροφορικό σύστημα, αυτόματα, θα πρέπει να πραγματοποιούνται από αυτό, αλλά ελεγχόμενα. Για παράδειγμα, τα λογισμικά Δυναμικής

Γεωμετρίας ενσωματώνουν τη δυνατότητα απευθείας χάραξης αξιοσημείωτων γεωμετρικών τόπων όπως οι διχοτόμοι γωνιών ή οι μεσοκάθετες ευθυγράμμων τμημάτων. Η χρήση αυτών των δυνατοτήτων προφανώς περιορίζει το λεγόμενο *διδασκτικό θόρυβο*, δηλαδή, στην περίπτωση αυτή, την απώλεια χρόνου για την πραγματοποίηση μιας εργασίας η οποία διδακτικά είναι άχρηστη. Ο μαθητής μπορεί να δημιουργήσει στην οθόνη του Η.Υ. του ένα πολύπλοκο γεωμετρικό σχήμα ακριβείας σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, η διδακτική ανάγκη αντιστρέφεται αν η κατασκευή της μεσοκαθέτου ή της διχοτόμου είναι *διδασκτικό ζητούμενο*, διδακτικός στόχος. Όταν δηλαδή ο μαθητής *μαθαίνει* τη σχετική κατασκευή, τότε βέβαια η δυνατότητα αυτόματης χάραξης των γεωμετρικών τόπων από το ίδιο το λογισμικό είναι ανεπιθύμητη. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει ο διδάσκων να έχει τη δυνατότητα να αποκρύψει προσωρινά την επιλογή αυτόματης χάραξης, για να την επανεμφανίσει όταν είναι βέβαιο ότι ο μαθητής γνωρίζει πώς να τη χαράξει ή όταν δηλαδή η εκτέλεση της συγκεκριμένης πράξης είναι διδακτικά «άχρηστη». Με την ορολογία της Διδακτικής των Μαθηματικών, θα λέγαμε ότι η επιλογή πρέπει να είναι απροσπέλαστη από το μαθητή όσο η σχετική έννοια ή διαδικασία αποτελεί *αντικείμενο διδασκαλίας* και να καταστεί προσπελάσιμη από το μαθητή όταν η σχετική έννοια ή διαδικασία είναι *μέσο διδασκαλίας*.

Παρόμοια, η αυτόματη παροχή πληροφοριών προς το χρήστη, και μάλιστα δυναμικά, κατά τη διάρκεια εξέλιξης ενός φαινομένου, μπορεί να είναι διδακτικά ωφέλιμη υπό ορισμένες προϋποθέσεις, αλλιώς μπορεί να είναι ανώφελη ή ακόμη και επιζήμια. Το λογισμικό για τη διδασκαλία της Πληροφορικής ΔΕΛΥΣ, όπως και πολλά ανάλογα διδακτικά περιβάλλοντα, κατά την εκτέλεση ενός προγράμματος, μπορεί να εμφανίζει ταυτόχρονα (σε διαφορετικά παράθυρα) τον κώδικα και την εντολή που εκτελείται, σε μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου (για παράδειγμα Pascal), τον κώδικα και την εντολή που εκτελείται σε γλώσσα Assembly, τις τιμές των μεταβλητών, τις τιμές των καταχωρητών και τα αποτελέσματα της εκτέλεσης του προγράμματος. Όπως είναι φανερό, η πολλαπλότητα αυτών των πληροφοριών και ο μεγάλος όγκος τους μπορεί να είναι στοιχεία χρήσιμα στον πεπειραμένο προγραμματιστή, αλλά να αποτελούν παράγοντα σύγχυσης για τον αρχάριο. Έτσι η εμφάνιση/απόκρυψη των σχετικών παραθύρων αποτελεί μια διδακτική επιλογή (μεταβλητή) υπό τον έλεγχο του χρήστη.

Τέλος, σε ένα παράδειγμα από τη Φυσική, θα χρησιμοποιήσουμε ως παράδειγμα παραλλαγμένο ένα περιβάλλον το οποίο υφίσταται. Έστω ένα περιβάλλον προσομοίωσης ενός πειράματος διαστολής των στερεών με το γνωστό πείραμα θέρμανσης μιας σφαίρας. Ο μαθητής, ανάλογα με τους

διδακτικούς στόχους, μπορεί να παρατηρήσει απλώς το πείραμα: όταν η σφαίρα θερμανθεί επαρκώς δεν «περνάει» από το δακτυλίδι, ενώ όταν ψύχεται «περνάει». Από μια νατουραλιστική παρατήρηση, ο μαθητής μπορεί να περάσει σε μια ποιοτική εκτίμηση του φαινομένου, σε μια ημι-ποσοτική και σε μια ποσοτική ή ακόμη και αλγεβρική διερεύνησή του. Το εκπαιδευτικό περιβάλλον, το λογισμικό, μπορεί να παρέχει πληροφορίες υπό μορφή δυναμικού πίνακα: πώς μεταβάλλεται η διάμετρος ή ο όγκος της σφαίρας, σε σχέση με το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένη, ή με την ροή θερμότητας από την πηγή προς αυτήν; Οι ίδιες πληροφορίες θα μπορούσαν ακόμη να εμφανίζονται υπό μορφή δυναμικής καμπύλης η οποία χαράσσεται κατά τη διάρκεια εξέλιξης του φαινομένου. Είναι φανερό ότι οι πληροφορίες αυτές δεν πρέπει να είναι μονίμως εμφανείς στην οθόνη, αλλά να παρέχονται μόνο όταν ο χρήστης το θελήσει και πραγματοποιήσει την αντίστοιχη επιλογή (για παράδειγμα κατά τη διαδικασία επίλυσης ενός προβλήματος).

Η αρχή της *πολλαπλής διεπαφής* (ενδιαμέσου, interface) σημαίνει ουσιαστικά την παροχή στο χρήστη της δυνατότητας να εκφράσει τις ιδέες του με πολλούς τρόπους (Δαγδιλέλης, 2004). Θα λέγαμε ότι δυο ακραίες θέσεις αποτελούν η *γραπτή διατύπωση* και η *άμεση διαχείριση*. Στην περίπτωση της Γεωμετρίας, για παράδειγμα, η άμεση διαχείριση σημαίνει ότι ο χρήστης μπορεί να σχεδιάσει ένα τρίγωνο στην οθόνη του άμεσα, κάνοντας κλικ με το ποντίκι σε τρία σημεία. Η γραπτή διατύπωση σημαίνει ότι για να χαραχθεί το ίδιο τρίγωνο ο μαθητής πρέπει να το περιγράψει – με τη βοήθεια ενός ειδικού τύπου, σε «φυσική» γλώσσα ή με τη βοήθεια ενός αυστηρού συμβολικού συστήματος. Ανάμεσα στις δυο ακραίες αυτές περιπτώσεις υφίστανται ενδεχομένως και ενδιάμεσες, όπως η χάραξη ενός τριγώνου μέσω επιλογών ενός μενού, ή με τη συμπλήρωση στοιχείων σε ένα προκατασκευασμένο πλαίσιο. Οι διαφορές ανάμεσα στους διαφόρους τρόπους κατασκευής ενός σχήματος – ή οιασδήποτε άλλης, ανάλογης οντότητας στα πλαίσια ενός μικρόκοσμου – δεν είναι απλά και μόνο εργονομικές διαφορές, αλλά όπως έχουν δείξει οι σχετικές έρευνες, έχουν σημαντικές διδακτικές επιπτώσεις. Η εκφραστική δύναμη κάθε τρόπου έκφρασης, για παράδειγμα, αποτελεί ένα σημαντικό διδακτικό στοιχείο: η χάραξη των γνωστών *νιφάδων του Koch*, με απευθείας σχεδίαση, με σχεδίαση σε προγραμματιστικό περιβάλλον με τη βοήθεια αναδρομικών συναρτήσεων (ή χωρίς αναδρομή), ή με ημι-προγραμματισμένη σχεδίαση (μέσω μακρο-εντολών σε περιβάλλον Δυναμικής Γεωμετρίας) αντιστοιχούν ενδεχομένως και σε μια διαφορετική αντίληψη των νιφάδων, σε ένα διαφορετικό επίπεδο εννοιοποίησης τους (conceptualisation) ακόμη και

όταν το τελικό αποτέλεσμα είναι το ίδιο (η εμφάνιση των νιφάδων στην οθόνη).

Η αρχή των *πολλαπλών αναπαραστάσεων* συναντάται συχνά στη διεθνή βιβλιογραφία (για παράδειγμα Sankey, 2004) ως αίτημα για τη χρήση πολλαπλών διαύλων (καναλιών) παροχής πληροφοριών (οπτικό, ακουστικό για παράδειγμα) προκειμένου να λαμβάνεται υπόψη το μαθησιακό στυλ (learning style) του χρήστη. Η δική μας προβληματική είναι αρκετά διαφορετική και η αρχή των πολλαπλών αναπαραστάσεων σημαίνει ουσιαστικά ότι οι πληροφορίες που παρέχονται στο χρήστη-μαθητή θα πρέπει να αναπαρίστανται σε πολλά πλαίσια (registres, κατά την ορολογία της Διδακτικής των Μαθηματικών), αλληλεξαρτώμενα και μάλιστα ισοδύναμα. Έτσι, οι συναρτήσεις, για παράδειγμα, πρέπει να (μπορούν να) αναπαρίστανται σε αναλυτική μορφή, υπό μορφή γραφικών παραστάσεων και αριθμητικών τιμών. Κάθε μια αναπαράσταση από αυτές έχει τα ιδιαίτερα διδακτικά της χαρακτηριστικά. Ορισμένες ιδιότητες των υπό εξέταση εννοιών μπορούν να είναι πιο ευδιάκριτες σε ορισμένα είδη αναπαραστάσεων, ενώ άλλες να είναι καταλληλότερες για μια λεπτομερή και σε βάθος διερεύνηση συγκεκριμένων φαινομένων και αυτό αποτελεί το βασικότερο κίνητρο για την ενσωμάτωση των πολλαπλών αναπαραστάσεων στα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Η σύγχρονη παρουσία των αναπαραστάσεων και η ταυτόχρονη δυναμική μεταβολή τους αποτελούν ένα από τα πλέον σημαντικά χαρακτηριστικά των σύγχρονων εκπαιδευτικών περιβαλλόντων. Μια επιθυμητή σχέση των πολλαπλών αναπαραστάσεων είναι η *συμμετρικότητά τους*, χαρακτηριστικό που επισημάνθηκε αρκετά νωρίς και ενσωματώθηκε σε πιλοτικά εκπαιδευτικά λογισμικά % (ενώ σήμερα ενσωματώνεται και σε λογισμικά όπως το fuction probe). Η συμμετρικότητα σημαίνει τη δυνατότητα ισότιμης αλληλεπίδρασης μεταξύ των αναπαραστάσεων (όπου αυτό είναι τεχνικά δυνατό). Αν για παράδειγμα ο χρήστης μεταβάλλει τους συντελεστές των όρων μιας πολυωνυμικής συνάρτησης, η αντίστοιχη γραφική παράσταση μπορεί να προσαρμοστεί αυτόματα. Η συμμετρικότητα σημαίνει την (περιορισμένη έστω) αντίστροφη δυνατότητα. Αν η γραφική παράσταση υποθέσουμε ότι είναι «φτιαγμένη» από κάποιο εύπλαστο υλικό, τότε ο χρήστης θα μπορούσε να τη μετασχηματίσει με τη βοήθεια του ποντικιού και να παρατηρήσει τις αντίστοιχες μεταβολές στην αναλυτική της έκφραση. Αν, για παράδειγμα, η καμπύλη είναι μια παραβολή, ο χρήστης θα μπορούσε να τη «μεταφέρει» παράλληλα, να την «ανοίξει», να «στρέψει» τα κοίλα της προς τα άνω ή προς τα κάτω (διατηρώντας ωστόσο πάντοτε τη βασική μορφή της παραβολής) και να προκαλεί έτσι έμμεσα την αντίστοιχη μεταβολή στη αναλυτική της έκφραση.

## Σύνθεση

Το εκπαιδευτικό λογισμικό, τα ψηφιακά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα γενικότερα, γνωρίζουν μια ταχεία ανάπτυξη σε πολλά επίπεδα. Παρουσιάζουν μια πολύ μεγάλη ποικιλία ως προς τα τεχνικά αλλά και τα διδακτικά τους χαρακτηριστικά. Ταυτόχρονα η πρόοδος των ΤΠΕ δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας περιβαλλόντων, που ενσωματώνουν νέες δυνατότητες. Η μεγάλη αυτή ποικιλία των εκπαιδευτικών περιβαλλόντων δυσχεραίνει την κατηγοριοποίηση τους και καθιστά αναποτελεσματικά τα εργαλεία ταξινόμησης τους (όπως οι ταξινομίες) ή αξιολόγησης τους.

Για την κατηγοριοποίηση αυτή έχουν προταθεί πολλά είδη κριτηρίων που λαμβάνουν υπόψη τα τεχνικά ή εξωτερικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών περιβαλλόντων, τις ψυχολογικές, γνωστικές ή διδακτικές θεωρίες που διέπουν την κατασκευή τους ή ακόμη και τους διδακτικούς ή παιδαγωγικούς στόχους που θέτουν. Καθώς η τελική χρήση των περιβαλλόντων αυτών είναι η διδακτική, ένα σημαντικό κριτήριο για την κατηγοριοποίησή τους θα έπρεπε να είναι και το είδος της διδακτικής κατάστασης στα πλαίσια της οποίας χρησιμοποιείται ένα λογισμικό. Έτσι το ίδιο λογισμικό μπορεί να μην ανήκει σε μια κατηγορία, αλλά σε πολλές, ανάλογα με τη χρήση του – η οποία εξάλλου μπορεί να μην είναι καν μοναδική στα πλαίσια ενός και μόνο μαθήματος. Η σχετική αξία λοιπόν ενός εκπαιδευτικού περιβάλλοντος μπορεί να αποτελεί συνάρτηση του είδους των διδακτικών καταστάσεων που το περιβάλλον επιτρέπει, των χρήσεων δηλαδή που είναι πραγματοποιήσιμες με το συγκεκριμένο λογισμικό.

Οι ανοικτοί μικρόκοσμοι αποτελούν μια κατηγορία εκπαιδευτικών περιβαλλόντων η οποία επιτρέπει την οργάνωση διδακτικών καταστάσεων με πολύ ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά. Αν και οι σύγχρονοι ανοικτοί μικρόκοσμοι χρησιμοποιούνται σε πληθώρα πεδίων και γνωστικών περιοχών και παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία, ωστόσο παρουσιάζουν ταυτόχρονα μερικά κοινά χαρακτηριστικά τα οποία είναι σημαντικά από διδακτική άποψη. Τα στοιχεία αυτά, ακριβώς επειδή μπορούν να αποτελέσουν σημαντικούς παράγοντες για τη δημιουργία αποτελεσματικών διδακτικών καταστάσεων, ενσωματώνονται σχεδόν συστηματικά σύγχρονους μικρόκοσμους.

Μεταξύ των στοιχείων αυτών, σημαντικό ρόλο παίζουν οι αρχές της εργαλειακής λογικής, της πολλαπλής διεπαφής και των πολλαπλών αναπαραστάσεων. Η αρχή της εργαλειακής λογικής ουσιαστικά σημαίνει ότι το εκπαιδευτικό λογισμικό πρέπει να κατασκευάζεται ως ένα εργαλείο το οποίο, καθιστά δυνατή ή διευκολύνει μια εργασία η οποία θα ήταν δυσχερής ή απραγματοποίητη χωρίς αυτό. Ταυτόχρονα, όπως όλα τα εργαλεία,

μπορεί να είναι εξαιρετικά χρήσιμο σε ορισμένες περιπτώσεις, αλλά άχρηστο ή ακόμη και επιζήμιο σε άλλες. Η αρχή της πολλαπλής διεπαφής σημαίνει ότι το περιβάλλον πρέπει να παρέχει στο χρήστη πολλές δυνατότητες έκφρασης ιδιοτήτων, κατασκευών, οντοτήτων και σχέσεων: η επιλογή του καταλληλότερου κάθε φορά τρόπου έκφρασης πραγματοποιείται από το μαθητή ή αποτελεί μια διδακτική παράμετρο που ρυθμίζεται από το διδάσκοντα. Τέλος, η αρχή των πολλαπλών αναπαραστάσεων σημαίνει ότι το λογισμικό επιτρέπει την πολλαπλή, δυναμική, όταν απαιτείται, αναπαράσταση εννοιών, σχέσεων, φαινομένων σε διάφορα πλαίσια. Η εμφάνιση και η διαχείρισή τους πρέπει να είναι στην ευχέρεια του χρήστη.

Ένα ακόμη σημαντικό χαρακτηριστικό των μικρόκοσμων, σημαντικό ακριβώς επειδή οι μικρόκοσμοι αποτελούν ανοιχτά περιβάλλοντα, είναι η δυνατότητα καταγραφής και ανάλυσης των ενεργειών των μαθητών. Η δυνατότητα αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί με διάφορους τρόπους αλλά το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της είναι ότι παρέχει σημαντικές διδακτικές πληροφορίες στον εκπαιδευτή – πληροφορίες που αλλιώς θα ήταν χαμένες.

Οι αρχές αυτές δεν είναι βέβαια μοναδικές. Αποτελούν σχεδόν σταθερά συστατικά των σύγχρονων ανοιχτών μικρόκοσμων. Η εξέλιξη των μικρόκοσμων, για παράδειγμα η λειτουργία τους σε δικτυακό περιβάλλον που είναι πια γενικευμένη, αναμφίβολα θα προσθέσει και άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά σε όσα ήδη υφίστανται και τα οποία θα αποτελέσουν σταδιακά, μέσα από μια διαδικασία επιλογής, σταθερά στοιχεία των μελλοντικών μικρόκοσμων.



## Βιβλιογραφία

- Beale R., Sharples M. (2002) *Design Guides for Developers of Educational Software*, British Educational, Communication and Technology Agency.
- Capponi B., Balacheff N. (1989) Tableur et calcul algebrique, *Educational Studies in Mathematics*, 20, pp. 179-210.
- Δαγδιλέλης Β. (2004) Ο ρόλος της διεπαφής και των αναπαραστάσεων στο σύγχρονο εκπαιδευτικό λογισμικό, στο *Νέες τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Ζητήματα Σχεδιασμού και Εφαρμογών- Φιλοσοφικές-Κοινωνικές Προεκτάσεις*, Κεκές Ι. (Επιμ.), σελ. 137-153, Εκδόσεις Ατραπός.
- Dagdilelis V., Balacheff N., Capponi B. (1990) L'apprentissage de l'iteration dans deux environnements informatiques, ASTER.
- Dagdilelis V. (2004) Principles of Educational Software Design, in *Interactive Multimedia in Education and Training*, Mishra S. & Sharma R. C. (Eds), pp.113-134, Idea Group Publishing, 2004.
- Δημητρακοπούλου Α. (2004) Τρέχουσες και νέες τάσεις στις εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, στο *Νέες τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Ζητήματα Σχεδιασμού και Εφαρμογών- Φιλοσοφικές-Κοινωνικές Προεκτάσεις*, Κεκές Ι. (Επιμ.), σελ. 203-248, Εκδόσεις Ατραπός.
- Jonassen D. H. (1999) Computers as Mindtools for Schools, Engaging Critical Thinking, Pearson Education.
- Κόμης Β., Ράπτης Α., Πολίτης π., Δημητρακοπούλου Α. (2004) Το εκπαιδευτικό λογισμικό μοντελοποίησης στη Διδακτική των Θετικών Επιστημών, στο *Νέες τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Ζητήματα Σχεδιασμού και Εφαρμογών- Φιλοσοφικές-Κοινωνικές Προεκτάσεις*, Κεκές Ι. (Επιμ.), σελ. 113-135, Εκδόσεις Ατραπός.
- Lage F. J., Zubenko Y., Cataldi Z. (2001) *An Extended Methodology for Educational Software Design: some critical Points*, 31th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, T2G-13, 2001, Reno, Nevada, U.S.A.
- Ping Lim, C., & Yong Tay, L. (2003). Information and Communication Technologies (ICT) in an Elementary School: Students' Engagement in Higher Order Thinking. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia* 12(4), 425-451.
- Sankey M. (2004) Multiple Representtions in Multimedia Materials: An Issue of Literacy, in *Interactive Multimedia in Education and Training*, Mishra S. & Sharma R. C. (Eds), pp. 135-158, Idea Group Publishing, 2004.

