

Εισαγωγή σε Βασικές Αρχές και Δομές Προγραμματισμού με τις Ρομποτικές Κατασκευές LEGO Mindstorms

Ανθή Καρατράντου, Νικόλαος Τάχος, Δημήτρης Αλιμήσης
ΑΣΠΑΙΤΕ, Παράρτημα Πάτρας
a.karatrantou@eap.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η πιλοτική προσπάθεια αξιοποίησης του εκπαιδευτικού πακέτου ρομποτικών κατασκευών LEGO Mindstorms στη κατανόηση βασικών αρχών, εννοιών και δομών προγραμματισμού. Η βασισμένη σε σχέδιο εργασίας (project) εκπαιδευτική δραστηριότητα πραγματοποιήθηκε σε ένα Τ.Ε.Ε. της Πάτρας με τη συμμετοχή μαθητών του Ηλεκτρολογικού και του Μηχανολογικού τομέα, αρχάριων στον προγραμματισμό, με αυξημένες όμως κατασκευαστικές δεξιότητες. Οι μαθητές κλήθηκαν να σχεδιάσουν, να κατασκευάσουν και κυρίως να προγραμματίσουν μια ρομποτική κατασκευή χρησιμοποιώντας γρανάζια, αισθητήρες και τουβλάκια Lego σε μια προσπάθεια να διερευνήσουν την επίδραση των τεχνικών χαρακτηριστικών των γραναζιών και των συνδυασμών τους στη μετάδοση της κίνησης. Η παρατήρηση και αξιολόγηση των ενεργειών των μαθητών έδειξαν πως η εργασία αυτή τους βοήθησε να κατανοήσουν και να χρησιμοποιήσουν βασικές αρχές (κύκλος προγράμματος) και έννοιες του προγραμματισμού (δομή ακολουθίας, δομή ελέγχου, δομή επανάληψης, παράλληλες διαδικασίες) αλλά και της μηχανικής ενώ ταυτόχρονα συνεργάστηκαν μεταξύ τους ανταλλάσσοντας εμπειρίες και δεξιότητες και δοκιμάζοντας νέους τρόπους μάθησης ενδυναμώνοντας την αυτοπεποίθησή και αυτοεκτίμησή τους.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Lego Mindstorms, Ρομποτική, Διδακτική προγραμματισμού

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο προγραμματισμός δεν συνιστά μόνο γνωστικό αντικείμενο αλλά και εκπαιδευτικό εργαλείο για την ανάπτυξη νοητικών δεξιοτήτων. Η διδασκαλία και εκμάθηση του όμως παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες, που οφείλονται κυρίως στη κλασική προσέγγιση διδασκαλίας, που συνίσταται στη χρήση μιας γλώσσας γενικού σκοπού, ενός επαγγελματικού περιβάλλοντος προγραμματισμού και στην επίλυση προβλημάτων επεξεργασίας αριθμών και συμβόλων και είναι ασύμβατη με τις πραγματικές διδακτικές ανάγκες των μαθητών (Ξυνόγαλος κ. α. 2000). Εναλλακτικές προσεγγίσεις περιλαμβάνουν τη LOGO, μικρόκοσμους και μικρογλώσσες (Mwrgo), το ρομπότ Karel, εικονιστικές γλώσσες, συστήματα δυναμικής προσομοίωσης εκτέλεσης προγραμμάτων,

καθώς και αξιοποίηση των ρομποτικών πακέτων LEGO Mindstorms μέσα σε ένα αντικειμενοστραφές πλαίσιο (Lawhead et al. 2002). Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η πιλοτική προσπάθεια χρήσης του πακέτου ρομποτικών κατασκευών LEGO Mindstorms και η αξιοποίηση βασικών αρχών προγραμματισμού σε μια βασισμένη σε σχέδιο εργασίας (project-based) προσέγγιση, που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια ανάπτυξης ενός ερευνητικού προγράμματος για τη διδακτική αξιοποίηση της τεχνολογίας ελέγχου στις φυσικές επιστήμες και την τεχνολογία στην Τ.Ε.Ε. (Alimisis et al. 2005).

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Το ερευνητικό μας πρόγραμμα εμπνέεται από βασικές ιδέες της εποικοδομητικής (constructivist) αντίληψης για τη μάθηση (Piaget 1972) και την «κατασκευαστική» εκπαιδευτική φιλοσοφία (constructionism) του Papert σύμφωνα με τις οποίες η κατασκευή νέας γνώσης είναι περισσότερο αποτελεσματική όταν οι μαθητές εμπλέκονται στην κατασκευή προϊόντων που έχουν προσωπικό νόημα για τους ίδιους (Papert, 1993). Ως τέτοια δραστηριότητα επιλέχθηκε η βασισμένη σε γρανάζια μετάδοση της κίνησης και ζητήθηκε από τους μαθητές να σχεδιάσουν, κατασκευάσουν και προγραμματίσουν μια ρομποτική συσκευή που θα τους επέτρεπε να τη μελετήσουν. Η επιλογή μας στηρίχθηκε στη διαπίστωση ότι η βασισμένη σε γρανάζια μετάδοση της κίνησης είναι βασική ιδέα της μηχανικής με πολλές εφαρμογές στην καθημερινή ζωή.

Τα τελευταία χρόνια η έρευνα στη διδακτική των επιστημών και της τεχνολογίας έχει οδηγήσει στη δημιουργία τεχνολογιών ελέγχου που επιτρέπουν την ανάπτυξη δραστηριοτήτων μοντελοποίησης, οι οποίες παρουσιάζουν ευρύτερο ενδιαφέρον παιδαγωγικής αξιοποίησης (Κυνηγός & Φράγκου 2000). Η σειρά LEGO Mindstorms έχει χρησιμοποιηθεί αρκετά στη διδασκαλία της τεχνολογίας και των επιστημών αλλά και στη διδασκαλία βασικών αρχών προγραμματισμού και εισαγωγικών εννοιών της επιστήμης των υπολογιστών (Lawhead et al. 2002). Τα πακέτα LEGO Mindstorms μπορούν να προσφέρουν πολλά σε μια λογική διδασκαλίας του προγραμματισμού όχι με την έννοια του 'υπολογισμού' αλλά με την έννοια της 'αλληλεπίδρασης', όπου τα δεδομένα δεν είναι 'τιμές (values)' αλλά 'οντότητες που θα παρατηρηθούν' και τα αποτελέσματα δεν είναι 'νέες τιμές' αλλά 'ενέργειες μέσα σε μια δυναμική διαδικασία'. Μια τέτοια λογική υλοποιείται σε ένα αντικειμενοστραφές πλαίσιο όπου ο δεσμός ανάμεσα στη συμπεριφορά της ρομποτικής κατασκευής και στο πρόγραμμα του μαθητή είναι ισχυρός και άμεσα παρατηρήσιμος (Lawhead et al. 2002)

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για τις ανάγκες της έρευνας χρησιμοποιήθηκε το εκπαιδευτικό πακέτο ρομποτικών κατασκευών Lego Mindstorms 'Τεχνολογικές Επινόησεις'. Το πακέτο προσφέρει «οικοδομικά» υλικά (τουβλάκια, γρανάζια, τροχούς, κ.α.), αισθητήρες, εξωτερικές συσκευές (κινητήρες, λαμπτήρες κ.ά.), τη προγραμματιζόμενη μονάδα RCX (τούβλο RXC) και μια θύρα υπερύθρων ακτίνων. Το προγραμματιστικό περιβάλλον του είναι το ROBO LAB, ένα βασισμένο σε διαγράμματα ροής περιβάλλον που επιτρέπει στο χρήστη να προγραμματίσει χρησιμοποιώντας εικόνες που αναπαριστούν όλους τους τύπους

δεδομένων και τις βασικές εντολές και δομές. Ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα τέτοιων γλωσσών προγραμματισμού είναι η ελαχιστοποίηση των συντακτικών λεπτομερειών με τις οποίες έρχεται αντιμέτωπος ο μαθητής. Η διδασκαλία του προγραμματισμού στα πλαίσια της προσέγγισης αυτής επικεντρώνεται στην ανάπτυξη ικανοτήτων επίλυσης προβλημάτων και ανάπτυξης αλγορίθμων και όχι στην εκμάθηση της γλώσσας προγραμματισμού και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική (Ξυνόγαλος κ. α. 2000, Lawhead et al 2002).

Η εργασία πραγματοποιήθηκε στο 3ο ΤΕΕ Πάτρας (εσπερινό). Η πιλοτική ομάδα αποτελούνταν από 6 μαθητές της πρώτης τάξης του Ηλεκτρολογικού και Μηχανολογικού τομέα (δύο κορίτσια). Όλοι τους ήταν αρχάριοι στον προγραμματισμό, είχαν όμως αυξημένες δεξιότητες στο σχεδιασμό και την υλοποίηση κατασκευών. Κατά τη διάρκεια του έργου οι μαθητές δούλευαν με τον καθηγητή τους σε εβδομαδιαία βάση (1 3ωρη συνάντηση την εβδομάδα) για μία περίοδο έξι εβδομάδων. Οι μαθητές έπρεπε να σχεδιάζουν και να υλοποιούν μια κατασκευή και να αναπτύσσουν το πρόγραμμα που θα την διαχειρίζεται χρησιμοποιώντας τα «οικοδομικά» υλικά του πακέτου Lego Mindstorms. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε ώστε κατά την ανάπτυξη των προγραμμάτων από τους μαθητές να ολοκληρώνουν τον κύκλο ανάπτυξης του προγράμματος (ανάλυση του προβλήματος, σχεδιασμός αλγορίθμου για την επίλυση του προβλήματος, υλοποίηση του αλγορίθμου, έλεγχος του προγράμματος).

Εκπαιδευτικές δραστηριότητες

Η εργασία των μαθητών αποτελούνταν από τρεις βασικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες:

α. Εξοικείωση με το πακέτο Lego Mindstorms και το ROBOLAB: Η πρώτη δραστηριότητα υλοποιήθηκε σε δύο συναντήσεις. Σε αυτήν ο καθηγητής παρουσίασε το περιεχόμενο του πακέτου Lego Mindstorms και το λογισμικό ROBOLAB. Αρχικά οι μαθητές εξερεύνησαν τα παραδείγματα που παρέχονται και ανέπτυξαν απλά προγράμματα χρησιμοποιώντας αισθητήρες, ηλεκτροκινητήρες και λαμπτήρες. Στη συνέχεια με βάση ένα φύλλο εργασίας κατασκεύασαν και προγραμματίσαν ένα αυτοκίνητο, το οποίο μπορούσε να κινείται προς τα εμπρός και προς τα πίσω για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα.

β. Προγραμματισμός συσκευής μέτρησης της ταχύτητας περιστροφής ενός ηλεκτροκινητήρα: Η δεύτερη δραστηριότητα αναπτύχθηκε σε μια συνάντηση. Βασίστηκε σε φύλλο εργασίας το οποίο είχε ως σκοπό το σχεδιασμό, την κατασκευή, τον προγραμματισμό και έλεγχο μέσω υπολογιστή μιας συσκευής που θα ήταν ικανό να μετρά την ταχύτητα περιστροφής ενός ηλεκτροκινητήρα. Οι μαθητές θα μπορούσαν έτσι να μετρήσουν τις περιστροφές των κινητήρων της Lego στα διάφορα επίπεδα λειτουργίας τους.

γ. Αξιοποίηση της συσκευής για την κατανόηση της μετάδοσης της κίνησης με χρήση γραναζιών: Η τελευταία δραστηριότητα πραγματοποιήθηκε στη διάρκεια τριών συναντήσεων. Σε αυτή τη φάση ζητήθηκε από τους μαθητές να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν μια συσκευή για να διερευνήσουν τη σχέση μεταξύ των τεχνικών

χαρακτηριστικών των γραναζιών (*αριθμός δοντιών*) και των ταχυτήτων περιστροφής (*εισόδου και εξόδου*) από ένα σύστημα μετάδοσης της κίνησης.

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Κατά τη διάρκεια των έξι συναντήσεων τρεις μέθοδοι παρακολούθησης της εργασίας των μαθητών χρησιμοποιήθηκαν:

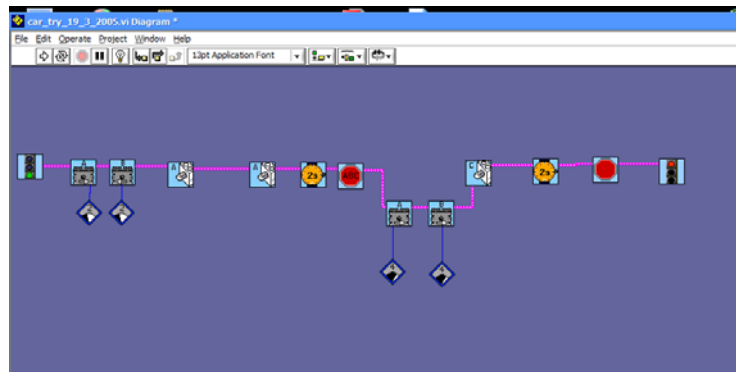
- α.** Παρακολούθηση από τον καθηγητή-ερευνητή και προσωπικές σημειώσεις
- β.** Βιντεοσκόπηση της εργασίας της ομάδας
- γ.** Ημιδομημένες συνεντεύξεις με τους μαθητές μετά το τέλος κάθε συνάντησης.

Ο καθηγητής παρακολουθούσε με προσοχή των καταγισμό ιδεών, τις συζητήσεις, τις δραστηριότητες και τις αντιδράσεις των μαθητών, επεμβαίνοντας όταν οι μαθητές χρειάζονταν βοήθεια, λειτουργώντας συμβουλευτικά ως πεπειραμένος σύμβουλος.

Περιγραφή της μαθητικής εργασίας

Κατά τη διάρκεια των συναντήσεων υπήρξαν συζητήσεις, επιχειρήματα, συμφωνίες, διαφωνίες, με σκοπό να ολοκληρωθούν οι εκάστοτε δραστηριότητες.

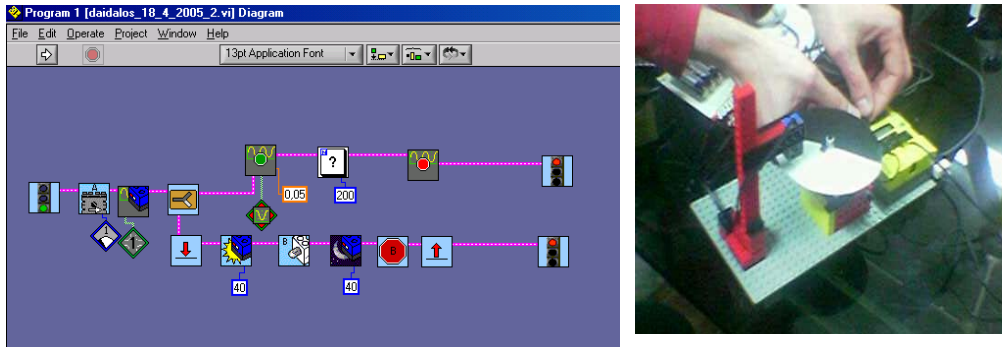
α. Εξοικείωση με το πακέτο Lego Mindstorms: Οι μαθητές κατασκεύασαν σύντομα το αυτοκίνητο και άρχισαν αμέσως τον προγραμματισμό του. Ο έλεγχος του προγράμματος έγινε μέσα από μια διαδικασία δοκιμής και λάθους. Για την υλοποίηση του προγράμματος χρησιμοποιήθηκε η δομή της ακολουθίας εντολών (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: Το πρόγραμμα για την κίνηση του αυτοκινήτου

β. Προγραμματισμός συσκευής μέτρησης της ταχύτητας περιστροφής ενός ηλεκτροκινητήρα: Οι μαθητές σε αυτή την δραστηριότητα δούλεψαν για να σχεδιάσουν και να αναπτύξουν μια μετρητική διάταξη για την ταχύτητα περιστροφής ενός ηλεκτροκινητήρα. Αποφάσισαν να χρησιμοποιήσουν ένα αισθητήρα φωτός, ένα κυκλικό χαρτόνι βαμμένο το μισό μαύρο έτσι ώστε καθώς περιστρέφεται ο αισθητήρας να 'βλέπει' τις μαύρες και λευκές περιοχές και έναν λαμπτήρα για να παρατηρούν τις

αλλαγές από τα επίπεδα φωτός που ο αισθητήρας θα μπορούσε να αντιληφθεί και να μετρήσει (έλεγχος καλής λειτουργίας) (Σχήμα 2).



Σχήμα 2: Η συσκευή και το πρόγραμμα για τη μέτρηση της ταχύτητας περιστροφής

Σύμφωνα με το πρόγραμμα ο αισθητήρας καταγράφει την ένδειξη φωτός που αντιλαμβάνεται για κάθε 0.05 sec (ρυθμός δειγματοληψίας). Οι μετρήσεις συνεχίζονται έως ότου ληφθούν 200 τιμές, οπότε και τερματίζεται το πρόγραμμα. Ταυτόχρονα ο λαμπτήρας ανάβει όταν ο αισθητήρας αντιλαμβάνεται φωτεινή περιοχή και σβήνει όταν αντιληφθεί σκοτεινή περιοχή. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε για ρυθμούς δειγματοληψίας 0.10, 0.01, 0.05 sec και για τα 5 επίπεδα λειτουργίας του κινητήρα.

γ. Αξιοποίηση της συσκευής για κατανόηση της μετάδοσης της κίνησης με χρήση γραναζιών: Κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας αυτής οι μαθητές έπρεπε να επεκτείνουν την μετρητική τους διάταξη σύμφωνα με τις οδηγίες του τρίτου φύλλου εργασίας. Χρησιμοποίησαν διαφορετικά ζεύγη γραναζιών για να μεταφέρουν την περιστροφική κίνηση του κινητήρα στο χάρτινο τροχό και να αυξήσουν ή να μειώσουν την ταχύτητα περιστροφής του. Το πρόγραμμα που θα 'ζωντάνευε' τη συσκευή ήταν αυτό που ήδη είχαν αναπτύξει. Στο πρόγραμμα αυτό οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με πιο σύνθετες δομές προγραμματισμού. Η επιθυμία τους να παρατηρούν και να ελέγχουν την λειτουργία του αισθητήρα τους οδήγησε στη χρήση δυο ακολουθιών εντολών που εκτελούνται ταυτόχρονα (παράλληλη εκτέλεση εντολών). Σε κάθε μια από αυτές χρησιμοποιήθηκε η δομή επανάληψης. Η ακολουθία εντολών που συλλέγει μετρήσεις επαναλαμβάνεται έως ότου οι μετρήσεις γίνουν 200 (επανάλαβε μέχρις ότου 'συνθήκη'). Η ακολουθία εντολών με τον λαμπτήρα επαναλαμβάνεται έως ότου διακόψουμε το πρόγραμμα (ατέρμονη επανάληψη). Στην ίδια ακολουθία εντολών εμφανίζεται η δομή ελέγχου (εάν 'συνθήκη' εντολή1 αλλιώς εντολή2): αν ο αισθητήρας φωτός 'βλέπει' φωτεινή περιοχή ο λαμπτήρας ανάβει, αλλιώς σβήνει.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Παρατηρώντας τη δουλειά των μαθητών διαπιστώσαμε ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον και αφοσίωση για το έργο. Όλοι οι μαθητές ήταν αρχάριοι στον προγραμματισμό και αρχικά αντιμετώπισαν με δυσπιστία την όλη διαδικασία. Στο τέλος της εργασίας όλοι τους ήταν σε θέση να χρησιμοποιούν το ROBOLAB για να προγραμματίσουν τις κατασκευές τους. Ήταν σε θέση να αναλύσουν το πρόβλημα, να σχεδιάσουν τον τρόπο λύσης του και στη συνέχεια να αναπτύξουν το πρόγραμμα για τη διαχείριση της κατασκευής τους προσδίδοντας τις λειτουργίες που εκείνοι επιθυμούσαν. Θεωρούμε πως έτσι ήρθαν σε επαφή και κατανόησαν, έστω και εισαγωγικά, βασικές δομές προγραμματισμού και τον τρόπο χρήσης τους. Είχαν την ευκαιρία να εργαστούν σε ένα πλούσιο σε υλικά περιβάλλον που ενθάρρυνε τον πειραματισμό και τους έδινε τη δυνατότητα να βλέπουν άμεσα το αποτέλεσμα του προγράμματός τους, έτσι ώστε να γνωρίσουν τον προγραμματισμό του υπολογιστή ως μια διαδικασία *αλληλεπίδρασης* και όχι *μαθηματικών υπολογισμών και συλλογισμών*. Δουλεύοντας σε κάθε δραστηριότητα οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να αποκτήσουν εμπειρία και να επωφεληθούν τελικά από τα λάθη τους. Η μεταξύ τους συνεργασία ανέπτυξε το αίσθημα της συλλογικής σκέψης και το πνεύμα ομαδικότητας. Ταυτόχρονα απέκτησαν καλύτερη άποψη για τις μαθησιακές τους δυνατότητες και η εμπιστοσύνη στον εαυτό τους μεγάλωσε.

Η πιλοτική αυτή εφαρμογή παρέχει θετικές ενδείξεις ότι ο προγραμματισμός μπορεί να ενταχθεί αποδοτικά σε μια διαδικασία δημιουργίας ρομποτικών κατασκευών, κατά την οποία οι προγραμματιστικές τεχνικές *‘αποκτούν νόημα’* για τους μαθητές χάρη στην άμεση και παρατηρήσιμη σύνδεση του αλγόριθμου τους με τη συμπεριφορά της κατασκευής τους. Έδειξε επίσης πως οι ρομποτικές κατασκευές LEGO Mindstorms, με την προϋπόθεση της κατάλληλης παιδαγωγικής πλαισίωσης, μπορούν να συμβάλλουν ουσιαστικά στη διδασκαλία της Πληροφορικής και του προγραμματισμού.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το ερευνητικό πρόγραμμα, τμήμα του οποίου παρουσιάζεται, χρηματοδοτείται από το Εθνικό Ίδρυμα Νεότητας (Ε.Ι.Ν.) στα πλαίσια του προγράμματος *‘ΔΑΙΔΑΛΟΣ’*.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alimisis D., Karatrantou A. & Tachos N., Technical school students design and develop robotic gear-based constructions for the transmission of motion, *Eurologo Conference 2005, Warsaw*, 76-86
- Lawhead P. B., Duncan M. E., Bland C. G., Goldweber M., Schep M., Barnes D. J. & Hollingsworth R. G. (2002), A road map for teaching introductory programming using lego mindstorms robots, *In Working group reports from ITiCSE on Innovation and technology in computer science education*, 191-201, ACM Press
- Papert S. (1993), *The children's machine*, New York: Basic Books
- Piaget J. (1972), *The principles of genetic epistemology*, New York: Basic Books

- Κυνηγός, Χ. & Φράγκου Σ., (2000), Πτυχές της παιδαγωγικής αξιοποίησης της Τεχνολογίας Ελέγχου στη σχολική τάξη, στο Β. Κόμης (επιμ.), *2ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»*, 83-91, Πάτρα
- Ξυνόγαλος Σ, Σατρατζέμη Μ. & Δαγδιλέλης Β. (2000), Η εισαγωγή στον προγραμματισμό: Διδακτικές προσεγγίσεις και εκπαιδευτικά εργαλεία, στο Β. Κόμης (επιμ.), *2ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»*, 115-124, Πάτρα