

Κεφάλαιο 4 : Μεθοδολογίες αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού

4.1. Μέθοδοι αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού

Τη βάση για το σχεδιασμό αποτελεσματικών μελετών αξιολόγησης αποτελούν οι στόχοι που έχουν τεθεί κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και της ανάπτυξης του λογισμικού. Η μελέτη αξιολόγησης τότε επικεντρώνεται σε δύο περιοχές : στο εάν η υλοποίηση του λογισμικού ικανοποιεί τους στόχους (εκπαιδευτικές προδιαγραφές) που τέθηκαν κατά το σχεδιασμό, και στο κατά πόσον αυτοί οι στόχοι είναι αξιόπιστοι σε σχέση με τα μαθησιακά αποτελέσματα που προκύπτουν κατά την αλληλεπίδραση των μαθητών με το λογισμικό (Gunn, 1995).

Οι μελέτες αξιολόγησης του εκπαιδευτικού λογισμικού χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία που ονομάζεται *διαμορφωτική αξιολόγηση* (formative evaluation) εντάσσονται οι μελέτες που έχουν ως σκοπό από τη μια μεριά τη βελτίωση του λογισμικού προκειμένου να μπορούν να επιτευχθούν οι στόχοι του και από την άλλη τη βελτίωση της λειτουργίας του. Στη δεύτερη κατηγορία που ονομάζεται *συνολική αξιολόγηση* (summative evaluation) εντάσσονται οι μελέτες που έχουν ως σκοπό τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας του λογισμικού από εκπαιδευτική σκοπιά σε σχέση με τους στόχους που έχουν τεθεί από το σχεδιασμό, τον έλεγχο της συμβατότητάς του με τις ανάγκες των μαθητών, με τις δραστηριότητες που τίθενται ή τη σύγκρισή του με άλλα μέσα. Οι μελέτες συνολικής αξιολόγησης είναι απαραίτητες, προκειμένου να ληφθούν αποφάσεις σχετικές με τη συνέχιση ή μη της χρήσης του λογισμικού.

Γενικά η ερευνητική μελέτη που έχει σκοπό την αξιολόγηση χρησιμοποιείται, όταν εισάγεται μια καινοτομία σε έναν ανθρώπινο πληθυσμό. Για την πραγματοποίησή της μπορούν να χρησιμοποιηθούν οποιεσδήποτε μέθοδοι έρευνας. (Babbie, 1989, σελ.326). Βασικό θέμα για τις έρευνες αξιολόγησης είναι ο καθορισμός των επιθυμητών αποτελεσμάτων της καινοτομίας τα οποία σύμφωνα με το θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας θεωρούνται επιτυχή για τον ερευνητή.

Ως μέθοδοι αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού προτείνονται μέθοδοι αξιολόγησης που έχουν χρησιμοποιηθεί γενικότερα στις επιστήμες της Αγωγής (Knussen, Tanner, & Kibby, 1991). Οι μέθοδοι αυτές που προτείνονται είναι η κλασσική πειραματική μέθοδος, η μισοεμπειρική μέθοδος σύγκρισης με τη χρήση ομάδας ελέγχου (quasi - naturalistic approach), η "διαφωτιστική μεθοδολογία" (illuminative methodology), οι μελέτες περίπτωσης, η αξιολόγηση από τον καθηγητή και η αξιολόγηση από εξωτερικούς αξιολογητές με γενικότερα πολιτικά ή κοινωνικά κριτήρια (ο όρος 'διαφωτιστική μεθοδολογία' δεν είναι ένας επίσημος όρος που

αντιστοιχεί στον όρο illuminative methodology, αποτελεί απόδοση στα ελληνικά σύμφωνα με την ερευνήτρια). Ένα ενδιαφέρον μοντέλο αξιολόγησης έχει επίσης προταθεί από τους Draper, Brown, Henderson, & Mcateer (1996), βασικό σημείο του οποίου αποτελεί η ένταξη του εκπαιδευτικού λογισμικού στο αναλυτικό πρόγραμμα σε κάποιο μάθημα που διδάσκεται, ώστε το λογισμικό να αξιολογείται σε πραγματικές συνθήκες (integrative evaluation). Η πραγματοποίηση ερευνών αξιολόγησης σύμφωνα με το παραπάνω μοντέλο, ειδικότερα στη χώρα μας με τους περιορισμούς του αναλυτικού προγράμματος και του υπολογιστικού εξοπλισμού, είναι εξαιρετικά δύσκολη έως αδύνατη.

Ένας μεγάλος αριθμός ερευνών έχει πραγματοποιηθεί με στόχο την αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού. Οι Owston & Dudley - Marling (1988) αναφέρουν στην ερευνά τους 40 έως 50 διαφορετικές προσεγγίσεις. Οι μεθοδολογίες που κυρίως χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού είχαν ποσοτικό χαρακτήρα με τη μορφή συμπλήρωσης κάποιου έντυπου ή τη συγγραφή μιας κριτικής έκθεσης από κάποιον ειδικό. Οι προσεγγίσεις αυτές, όπως αναφέρουν οι παραπάνω ερευνητές, ξεκινούν από συμπλήρωση ερωτηματολογίων τα οποία μπορεί να περιέχουν ερωτήσεις τύπου ΝΑΙ - ΟΧΙ ή ερωτήσεις διαβαθμισμένης απάντησης όπως για παράδειγμα με τη χρήση της κλίμακας Likert έως και ερωτήσεις ανοικτότερου τύπου. Τα άτομα που χρησιμοποιούνται ως αξιολογητές μπορεί να είναι τυχαίοι ή επιλεγμένοι καθηγητές της εκπαίδευσης, ειδικοί ή υπηρεσίες αξιολόγησης λογισμικού. Ερωτηματολόγια έχουν παραχθεί και από επίσημους φορείς. Όμως κανένα ερωτηματολόγιο ή κριτική έκθεση δεν μπορεί να θεωρηθεί ως το τέλειο εργαλείο αξιολόγησης που είναι ιδανικό για να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις καταστάσεις. Η αξιολόγηση είναι καλύτερα να θεωρείται ως διαδικασία και τα ερωτηματολόγια ή οι κριτικές εκθέσεις να δρουν υποβοηθητικά στον εμπλουτισμό των αποφάσεων επιλογής εκπαιδευτικού λογισμικού (Schueckler & Shuell, 1989). Συνήθως, όμως, οι αποφάσεις επιλογής εκπαιδευτικού λογισμικού λαμβάνονται με βάση το κόστος του, και το κόστος των απαραίτητων συσκευών με τη βοήθεια των οποίων λειτουργεί.

Επιπλέον αναφέρεται ως μέθοδος αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού η κλασσική πειραματική μέθοδος η οποία έχει χρησιμοποιηθεί σε έναν μεγάλο αριθμό ερευνών (Kulik & Kulik, 1986). Τις περισσότερες φορές στόχος της αξιολόγησης ήταν η διερεύνηση της επίδρασης του κάθε ξεχωριστού πακέτου λογισμικού στα αποτελέσματα της μάθησης. Οι Kulik & Kulik (1986) σε μετα-αναλυτική έρευνα που πραγματοποίησαν χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα από 59 ανεξάρτητες έρευνες αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού για μαθητές κολεγίων

διαπίστωσαν ότι όλες σχεδόν οι έρευνες αξιολόγησης αναφέρουν ότι το εκπαιδευτικό λογισμικό επιδρά θετικά στα αποτελέσματα της μάθησης και επιπλέον μειώνει το χρόνο της απαιτούμενης διδασκαλίας. Όμως στα πλαίσια της ίδιας έρευνας διαπιστώθηκε ότι υπάρχει πολύ μικρή σχέση μεταξύ των δυνατοτήτων ή/και των στόχων του λογισμικού, όπως αναφέρονται στη μελέτη σχεδίασης, και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη χρήση του. Επιπλέον, δεν ήταν δυνατός ο καθορισμός των παραγόντων εκείνων του σχεδιασμού του λογισμικού που είχαν θετική ή αρνητική επίδραση στα αποτελέσματα της μάθησης. Η αδυναμία αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της δυνατότητας βελτίωσης της ποιότητας του εκπαιδευτικού λογισμικού. Η αδυναμία εύρεσης της επίδρασης των δυνατοτήτων που προκύπτουν από το σχεδιασμό του εκπαιδευτικού λογισμικού στα αποτελέσματα της μάθησης αποδόθηκε στη μεθοδολογία, με την οποία έγινε η αξιολόγησή του (Gunn, 1995).

Η "κλασσική" πειραματική μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση εκπαιδευτικών μέσων έχει το μειονέκτημα της αδυναμίας ελέγχου όλων των μεταβλητών που εμπλέκονται και επηρεάζουν ένα τόσο σύνθετο πρόβλημα, όπως είναι το πρόβλημα της διδασκαλίας και της μάθησης. Το πειραματικό περιβάλλον είναι τεχνητό και επομένως όχι τόσο αξιόπιστο όσον αφορά στην παροχή πληροφοριών σχετικά με την πραγματική επίδραση των εκπαιδευτικών μέσων στη διαδικασία της μάθησης. Η έμφαση στην ποσοτική μέτρηση της μαθησιακής επίδοσης και η χρήση στατιστικών ελέγχων παραμερίζει τις ατομικές διαφορές στη μάθηση (Marton & Saljo, 1976) και επιπλέον δεν μπορεί να μετρήσει τις μικρές διακυμάνσεις, γιατί δεν είναι ικανοποιητικά "στατιστικά σημαντικές". Η επιλογή της "κλασσικής" πειραματικής μεθόδου εκφράζει την ανάγκη για αποτελέσματα που θα επιδέχονται γενίκευση, επιλογή που έρχεται σε βάρος της ανάγκης για σημαντικά αποτελέσματα από άποψη των σημασιών τους (Gunn, 1996). Η υλοποίηση της "κλασσικής" πειραματικής μεθόδου μερικές φορές υλοποιείται με τρόπο που δεν λαμβάνει υπ' όψιν του το βασικό θεωρητικό πλαίσιο στο οποίο στηρίζεται η μέθοδος ή άλλες φορές εφαρμόζεται σε καταστάσεις στις οποίες δεν ταιριάζει. Επιπλέον, οι περισσότερες από τις έρευνες αξιολόγησης εκπαιδευτικών μέσων πραγματοποιούνται χωρίς να εντάσσονται σε κάποιο θεωρητικό πλαίσιο, κυρίως όσον αφορά στην αξιολόγηση των διδακτικών και μαθησιακών διαστάσεων του εκπαιδευτικού μέσου. Επομένως υπάρχει ανάγκη να διατυπωθεί ένα θεωρητικό πλαίσιο με βάση το οποίο να γίνεται η αξιολόγηση των εκπαιδευτικών μέσων (Bates, 1981). Επιπλέον υπάρχει ανάγκη να διατυπωθούν έγκυρα κριτήρια ουσιαστικής αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού που να αφορούν αρχές της

διδασκαλίας και της μάθησης (Schueckler & Shuell, 1989). Οι κριτικές εκθέσεις των ειδικών κοστίζουν πάρα πολύ και έχουν υποκειμενικό χαρακτήρα. Επιπλέον, τονίζεται ότι το εκπαιδευτικό λογισμικό δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως αντικείμενο αξιολογούμενο από εξωτερικούς αξιολογητές έξω από τη μαθησιακή διαδικασία, αλλά να αξιολογείται μέσα από τη χρήση του (Tucker, 1989, ό.π. οι Jones, et all, 1996). Ο Bates, (1981) υποστηρίζει ότι οι πιο έγκυρες μελέτες αξιολόγησης είναι οι μελέτες που δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στη διαδικασία από το αποτέλεσμα. Εάν υπάρχει χρόνος διαθέσιμος για την αξιολόγηση και χρήματα, τίποτε δεν μπορεί να αντικαταστήσει τον έλεγχο στο πεδίο του εκπαιδευτικού λογισμικού όπως και κανένα βιβλίο δεν μπορεί να αξιολογηθεί με έγκυρο τρόπο έξω από την τάξη (Schueckler & Shuell, 1989). Η ανάγκη της προσεκτικής παρατήρησης της διαδικασίας της διδασκαλίας και της μάθησης σε διαφορετικά μέσα καθώς και η προσεκτική διατύπωση υποθέσεων για τις συνθήκες που επηρεάζουν τη μάθηση στα διαφορετικά μέσα κρίνεται απαραίτητη για το σχεδιασμό επιτυχών μαθησιακών πειραμάτων (Bates, 1981). Ειδικότερα τονίζεται (Dudley-Marling & Owston, 1988) η ανάγκη παρατήρησης των μαθητών κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασής τους με το εκπαιδευτικό λογισμικό, προκειμένου να αξιολογηθεί το παιδαγωγικό του περιεχόμενο και η τεχνική του αρτιότητα. Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρονται στην καταλληλότητα του εκπαιδευτικού λογισμικού σε συνάρτηση με την κατάσταση στην οποία δοκιμάζεται. Επιπλέον, με αυτού του είδους την αξιολόγηση (field-testing) δοκιμάζεται η καταλληλότητα του λογισμικού από τη μεριά του χρήστη "Second order perspective" (Marton, 1981). Για παράδειγμα μπορεί ο σχεδιαστής να τεκμηριώνει με μια σειρά επιχειρήματα τις δυνατότητες του λογισμικού όμως πρέπει να διερευνηθεί μέσα από την έρευνα πεδίου κατά πόσον αυτές δυνατότητες βοηθούν τους μαθητές να κατασκευάσουν μάθηση μέσα σε αυτό το περιβάλλον (Dudley-Marling & Owston, 1988). Ακόμα, μέσα από έρευνες αυτής της μορφής είναι δυνατό να ελεγχθεί σε πραγματικές συνθήκες η καλή λειτουργία του προγράμματος. Η έρευνα πεδίου θεωρείται ως η πλέον αποτελεσματική μέθοδος αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού σύμφωνα με τους παραπάνω ερευνητές.

Η προσοχή των ερευνητών έχει αρχίσει να μην εστιάζεται πια στο πόσο "αυξάνει" η γνώση αλλά στο πως αλλάζει η φύση του αντικειμένου που μαθαίνουν οι μαθητές με τη χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού (Mason, 1995, ό.π. οι Jones, et all, 1996). Ερευνητές που έχουν αφιερώσει πολύ χρόνο της ερευνητικής τους δραστηριότητας στην επίδραση των τεχνολογιών της πληροφορικής στην εκπαίδευση, έχουν δώσει έμφαση κατά τη διάρκεια της έρευνας τους για την αξιολόγηση

εκπαιδευτικού λογισμικού αποκλειστικά στο τι μαθαίνουν οι μαθητές μέσα σε περιβάλλοντα εκπαιδευτικού λογισμικού και στο γιατί συντελείται αυτή η μάθηση (Hoyles, Sutherland, & Noss, 1991; Schwartz & Dreyfus, 1991; Barron, Bowers, & McClain, 1996). Επιπλέον, η αξιολόγηση του εκπαιδευτικού λογισμικού θα πρέπει απαραίτητα να αναγνωρίζει τις πολλαπλές ατομικές διαφορές των μαθητών και το εύρος της "δυνατής μάθησης" (potential learning) (Noss & Hoyles, 1992).

Η αξιολόγηση μιας καινοτομίας στην εκπαίδευση σε σχέση με το είδος της γνώσης που παράγουν οι μαθητές όταν τη χρησιμοποιούν υποστηρίχθηκε και από τον Stenhouse (1989). Μοντέλα αξιολόγησης που δίνουν έμφαση στο πλαίσιο των συμφραζομένων στο οποίο συντελείται η μάθηση έχουν αναπτύξει και άλλοι ερευνητές, όπως το μοντέλο SECAL (Situating Evaluation for Computer Aided Learning) που αναπτύχθηκε από την Gunn, (1995) και το μοντέλο Principled Approach to Evaluation το οποίο χρησιμοποιείται από το Ανοικτό Πανεπιστήμιο της Αγγλίας και αναπτύχθηκε από τους Jones, et al. (1996). Το μοντέλο αυτό δίνει έμφαση στην αξιολόγηση α) του πλαισίου συμφραζομένων στο οποίο εντάσσεται το εκπαιδευτικό λογισμικό β) στο είδος των αλληλεπιδράσεων των μαθητών με το λογισμικό και γ) στα αποτελέσματα της μάθησης. Κατά την αξιολόγηση του πλαισίου συμφραζομένων στο οποίο εντάσσεται το λογισμικό εξετάζονται οι στόχοι του σχεδιαστή του μέσα από τα εγχειρίδια που το συνοδεύουν ή μέσω συνεντεύξεων με τον ίδιο. Κατά την αξιολόγηση, μέσω του είδους της αλληλεπίδρασης των μαθητών με το λογισμικό, καταγράφονται ηλεκτρονικά αρχεία του συνόλου των αλληλεπιδράσεων, τηρούνται ημερολόγια παρατήρησης και γίνεται καταγραφή οποιουδήποτε λέγεται από τους μαθητές κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασής τους με το πρόγραμμα. Η αξιολόγηση του λογισμικού μέσω των μαθησιακών αποτελεσμάτων δίνει έμφαση στις αλλαγές των αντιλήψεων ή των συμπεριφορών των μαθητών, όπως προκύπτει από συνεντεύξεις ερωτηματολόγια ή άλλα μέσα. Αυτή η μέθοδος αξιολόγησης παρατέθηκε αναλυτικά, διότι έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση του λογισμικού C.AR.ME η οποία παρατίθεται αναλυτικότερα ως παράδειγμα στην ενότητα .

4.2. Μεθοδολογίες έρευνας στις επιστήμες της Αγωγής

Η μεθοδολογία στις ανθρωπιστικές και κοινωνικές επιστήμες διαφέρει από τη μέθοδο. Με τον όρο μεθοδολογία εννοούμε τη φιλοσοφία της διαδικασίας της έρευνας ενώ με τον όρο μέθοδο εννοούμε τις τεχνικές της έρευνας ή τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή των δεδομένων (Bailey, 1987). Στη μεθοδολογία εντάσσονται οι υποθέσεις και οι αξίες που αποτελούν την αιτιολόγηση της έρευνας και τα κριτήρια τα οποία χρησιμοποιεί ο ερευνητής προκειμένου να ερμηνεύσει τα δεδομένα και να εξάγει συμπεράσματα.

Στις κοινωνιολογικές επιστήμες και στις επιστήμες της Αγωγής πραγματοποιούνται έρευνες που ταξινομούνται σε δύο βασικές κατηγορίες (Cohen & Manion, 1989, σελ. 31 - 44). Στην πρώτη κατηγορία εντάσσονται οι έρευνες που δίνουν έμφαση στους γενικούς κανόνες που θεωρούν ότι επικρατούν στην ανθρώπινη συμπεριφορά. Αυτές οι έρευνες στοχεύουν στη διατύπωση γενικεύσεων μέσα από τον πειραματικό έλεγχο υποθέσεων που διατυπώνονται με βάση το θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας. Οι έρευνες αυτής της μορφής θεωρούνται ότι ακολουθούν τη λεγόμενη "κλασσική μεθοδολογία" και έχουν χαρακτηριστεί ως "θετικιστικές" επειδή δανείζονται τη μεθοδολογία των θετικών επιστημών. Στην "κλασσική" μεθοδολογία έρευνας απαντώνται 3 στάδια. Στο πρώτο στάδιο κατασκευάζεται το θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας που αφορά τη θεωρητική τεκμηρίωση του γενικού θέματός της και των βασικών εννοιών που εμπλέκονται σε αυτό. Πραγματοποιείται ορισμός των εννοιών και γράφεται η προτεινόμενη πρόταση σχέσεων μεταξύ των εννοιών. Στο δεύτερο στάδιο γίνεται γεφύρωση του εννοιολογικού με το εμπειρικό επίπεδο. Η βασική πρόταση που δημιουργήθηκε στο πρώτο στάδιο αναλύεται σε προτάσεις τέτοιες οι οποίες είναι δυνατόν να ελεγχθούν με βάση τα εμπειρικά δεδομένα. Το τρίτο και τελευταίο στάδιο αποτελεί η συλλογή και η ανάλυση των δεδομένων για την επαλήθευση της υπόθεσης. Στις έρευνες αυτές ο ερευνητής θεωρείται ότι συμμετέχει στην έρευνα από τη θέση του αντικειμενικού παρατηρητή.

Στη δεύτερη κατηγορία εντάσσονται οι έρευνες που θεωρούν απαραίτητη προϋπόθεση για την κατανόηση του ανθρώπινου κόσμου, την κατανόηση των ατομικών συμπεριφορών ως των διαφορετικών ερμηνειών όψεων της πραγματικότητας. Οι έρευνες αυτές ονομάζονται ανθρωπολογικές, επειδή δίνουν έμφαση στην ανθρώπινη προσωπικότητα και συμπεριφορά, φαινομενολογικές, επειδή συνδέουν την ανθρώπινη συμπεριφορά με τα φαινόμενα, τις καταστάσεις και γενικότερα με το πλαίσιο συμφραζομένων που εμφανίζονται και ερμηνευτικές,

επειδή ο ερευνητής προσπαθεί να κατανοήσει τις σημασίες που αποδίδει το άτομο στη συμπεριφορά του. Στις έρευνες αυτές δεν είναι δυνατή η εκ των προτέρων κατασκευή υποθέσεων και επιπλέον, οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούν έχουν ποιοτικό χαρακτήρα, γιατί έχουν στόχο να περιγράψουν την ποιότητα της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Στις έρευνες αυτές δίνεται έμφαση στην αξία της παρατήρησης και κατανόησης των διαφορετικών συμπεριφορών των ατόμων, όπως αυτές εκφράζονται στα εμπειρικά φαινόμενα, και μέσα από την κατηγοριοποίησή τους γίνεται προσπάθεια δημιουργίας του χάρτη των διαφορετικών μορφών της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Βασικές παραδοχές της φαινομενολογικής προσέγγισης αποτελούν σύμφωνα με τον Curtis (ό.π. οι Cohen & Manion, 1989):

- η αξία της υποκειμενικής συνείδησης
- η κατανόηση της συνείδησης μέσα από τις ενέργειες οι οποίες περιέχουν σημασίες
- η ύπαρξη βασικών ουσιαστών δομών συνείδησης από τις οποίες μπορούμε να πάρουμε άμεση γνώση, χρησιμοποιώντας βασικές μορφές αναστοχασμού. Οι ερευνητές που χρησιμοποιούν τη φαινομενολογική προσέγγιση ενδιαφέρονται πολύ γι αυτές τις δομές.

Κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς από τον ερευνητή σημαίνει ερμηνεία της. Ο ερευνητής δίνει έμφαση στις ενέργειες του ατόμου τις οποίες θεωρεί ως συμπεριφορά με σημασία. Ο ερευνητής που χρησιμοποιεί την ερμηνευτική προσέγγιση (interpretive approach) της συμπεριφοράς προσπαθεί να κατανοήσει τις ερμηνείες των ατόμων για τον κόσμο τους. Η γνώση που παράγεται αντιπροσωπεύει τα δεδομένα από τα οποία παράγεται. Ο ερευνητής εστιάζει την προσοχή του στην εμπειρία των ατόμων και στην κατανόηση της εμπειρίας τους, όπως τα άτομα αυτά την αντιλαμβάνονται, προκειμένου να διατυπώσει τη θεωρία του γι' αυτά. Η γνώση δηλαδή που παράγεται εκφράζει τα άτομα, από τα οποία παράγεται.

Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση θεωρείται σημαντικό η μελέτη της καθημερινής γνώσης από την άποψη της δυνατότητας τυποποίησης της συμπεριφοράς των ανθρώπων η οποία διαφέρει από κατάσταση σε κατάσταση. Έτσι αποκτά ενδιαφέρον η γνώση των πολλαπλών πραγματικοτήτων στις οποίες ζει το άτομο. Από την ερμηνευτική προσέγγιση μια παγκόσμια θεωρία θα έπρεπε να χτίζεται με τρόπο, ώστε να δίνει την ευκαιρία για τη γνώση των πολλαπλών εικόνων της ανθρώπινης συμπεριφοράς όπως αυτή ποικίλει στα διαφορετικά πλαίσια και καταστάσεις με τα οποία αλληλεξαρτάται και συνδέεται.

Σύμφωνα με τον Marton, (1981) οι έρευνες των δύο παραπάνω κατηγοριών αποτελούν αλληλοσυμπληρούμενες μορφές έρευνας. Οι έρευνες που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία

ονομάζονται έρευνες από "θεώρηση πρώτης τάξης ", (first order perspective) και διερευνούν την αλήθεια των υποθέσεων του ερευνητή, ενώ οι έρευνες που εντάσσονται στη δεύτερη κατηγορία ονομάζονται έρευνες από "θεώρηση δεύτερης τάξης ",(second order perspective) και διερευνούν τη μάθηση από τη μεριά του μαθητή. Ο Marton ανέπτυξε ένα σχετικά διαφορετικό πεδίο ερευνών οι οποίες εντάσσονται στις έρευνες τις δεύτερης κατηγορίας τις οποίες ονόμασε "φαινομενογραφικές" έρευνες. Οι φαινομενογραφικές έρευνες διαφέρουν από τις φαινομενολογικές στα παρακάτω σημεία: στις φαινομενογραφικές έρευνες

- η γνώση δεν μπορεί να διαχωριστεί από το πλαίσιο συμφραζομένων στο οποίο παράγεται.
- παράγεται γνώση σχετική με το πώς αντιλαμβάνονται τα άτομα κάποια έννοια ή γεγονός και όχι γνώση για την έννοια ή το γεγονός.
- δεν μελετώνται μόνον οι ουσιώδεις συμπεριφορές όπως στις φαινομενολογικές έρευνες. Οι συμπεριφορές αντιμετωπίζονται από τη θεώρηση ότι υπάρχει ένας σχετικά περιορισμένος αριθμός ποιοτικά διαφορετικών τρόπων κατανόησης εννοιών ή όψεων της πραγματικότητας, ο οποίος επαναλαμβάνεται σε κάθε κατάσταση που εμφανίζονται οι ίδιες έννοιες ή όψεις της πραγματικότητας. Οι κατηγορίες συμπεριφοράς που δημιουργούνται με αυτό τον τρόπο αποτελούν αφαιρετικά εργαλεία τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση συγκεκριμένων περιπτώσεων στο μέλλον. Οι κατηγορίες αυτές δεν πρέπει να θεωρούνται ότι ταξινομούν τους ανθρώπους αλλά τους τρόπους με τους οποίους οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται τα φαινόμενα.
- Οι φαινομενολόγοι ενδιαφέρονται να βγάλουν κάποια συμπεράσματα για το τι ουσιαστικά σημαίνει μια έννοια ή μια όψη της πραγματικότητας, ενώ από φαινομενογραφική άποψη ενδιαφέρει κάθε τι που τα άτομα λένε ή πράττουν και αφορά το πώς κατανοούν έννοιες ή όψεις της πραγματικότητας.
- Κυρίως η φαινομενολογική προσέγγιση ερευνά τη συμπεριφορά χωρίς το στοιχείο κάποιου είδους αναστοχασμού και ερμηνείας της. Στη φαινομενογραφική προσέγγιση η συμπεριφορά μελετάται ύστερα από αναστοχασμό και ερμηνεία με βάση το θεωρητικό ερμηνευτικό πλαίσιο του ερευνητή.

Σύμφωνα με τη φαινομενογραφική προσέγγιση η μάθηση διερευνάται από την άποψη του μαθητή (second order perspective) σε σχέση με το περιεχόμενό της. Διερευνάται δηλαδή το τι γνώση έχει ο μαθητής στο κεφάλι του και όχι τι γνώση υπάρχει στο βιβλίο ή σε κάποιο υλικό. Η μάθηση δεν είναι μια διαδικασία που μπορεί a priori να προβλεφτεί από τον ερευνητή.

Διερευνάται λοιπόν το πώς ο μαθητής μαθαίνει και τι είναι αυτό που μαθαίνει σε σχέση με το πλαίσιο συμφραζομένων στο οποίο συντελείται η μάθηση.

Με τις μεθοδολογίες πεδίου παράγεται γνώση με την επαγωγική μέθοδο ή την επαγωγική λογική (inductive logic), ενώ με την "κλασσική" μεθοδολογία παράγεται γνώση με τη λεγόμενη παραγωγική μέθοδο ή παραγωγική λογική (deductive logic) (Babbie, 1989, σελ.35-76). Η παραγωγική μέθοδος χρησιμοποιείται για τον έλεγχο υποθέσεων, ενώ η επαγωγική για τη διατύπωση υποθέσεων.

Τα πλεονεκτήματα της "κλασσικής μεθόδου" είναι ότι αποτελεί μια πλήρη μέθοδο η οποία μπορεί να οδηγήσει σε γενικεύσεις. Το βασικό της μειονέκτημα είναι ότι μπορεί να παρατηρηθούν λάθη στις μετρήσεις ιδιαίτερα όταν οι μεταβλητές που μετριοούνται δεν αναπαριστούν ικανοποιητικά την έννοια της υπόθεσης εργασίας που υπόκειται σε έλεγχο. Από την άλλη μεριά το βασικό πλεονέκτημα της επαγωγικής μεθόδου είναι πως η περίπτωση λάθους μέτρησης μειώνεται μιας και οι έννοιες που κατασκευάζονται αντικατοπτρίζουν σε μεγάλο βαθμό τα εμπειρικά δεδομένα. Επομένως η αξιοπιστία αυτής της μεθόδου είναι πολύ μεγάλη. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου αφορούν τη δυνατότητα γενίκευσης που έχει σαν αποτέλεσμα τον περιορισμό στη θεωρητικοποίηση των αποτελεσμάτων.

4.3. Η μέθοδος της έρευνας πεδίου

Η έρευνα πεδίου (field research) είναι συμβατή με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε προηγουμένως. Είναι μια μέθοδος με τη βοήθεια της οποίας μπορεί να παραχθεί επιστημονική γνώση με τη θεωρία της επαγωγικής λογικής (Babbie, 1989). Με την άμεση παρατήρηση ενός φαινομένου με τον πληρέστερο δυνατό τρόπο είναι δυνατή η ανάπτυξη βαθύτερης και πληρέστερης κατανόησής του. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για τη μελέτη θεμάτων στα οποία οι στάσεις και οι συμπεριφορές είναι καλύτερα να μελετηθούν στη φυσική τους κατάσταση. Επιπλέον, οι έρευνες πεδίου είναι κατάλληλες στην περίπτωση που υπάρχει ερευνητικό ενδιαφέρον για τη μελέτη της εξέλιξης κοινωνικών φαινομένων. Στις έρευνες αυτού του περιεχομένου ο ερευνητής συμμετέχει στην έρευνα και παρατηρεί, επεμβαίνοντας ή όχι, το μέρος ή και το σύνολο των κοινωνικών διεργασιών που συμβαίνουν στο πλαίσιο συμφραζομένων της έρευνας κατά τη διάρκειά της. Συνήθως οι ερευνητές που χρησιμοποιούν

αυτή τη μέθοδο, προσπαθούν να παρατηρήσουν οτιδήποτε συμβαίνει κατά τη διάρκεια της έρευνάς τους. Βέβαια αυτό είναι πρακτικά αδύνατο και για το λόγο αυτό οι ερευνητές επιλέγουν σε ποια στοιχεία των κοινωνικών διεργασιών θα δώσουν έμφαση και επομένως θα παρακολουθήσουν στα πλαίσια της έρευνάς τους. Επιπλέον, η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να εφαρμοσθεί σε όλο τον πληθυσμό που θα μπορούσε να αποτελέσει τον πληθυσμό της έρευνας. Για παράδειγμα θα ήταν αδύνατον να παρατηρηθεί η αλληλεπίδραση του συνόλου των μαθητών μιας χώρας με ένα περιβάλλον λογισμικού. Επομένως η επιλογή του πληθυσμού της έρευνας θα πρέπει να γίνεται με τρόπο, ώστε να είναι δυνατή η αντιπροσώπευση του συνόλου των φαινομένων που επιθυμείται να συμβούν και να ερμηνευτούν από το σχεδιασμό της έρευνας. Ο αριθμός των ατόμων του πληθυσμού θα πρέπει να είναι τέτοιος, ώστε να είναι δυνατή η παρατήρηση του συνόλου των φαινομένων στη διάρκεια του περιορισμένου χρόνου μιας έρευνας.

Η συλλογή των δεδομένων

Ο ερευνητής μπορεί να διαθέτει φύλλα παρατήρησης όπου μπορεί να σημειώνει αυτά που τον ενδιαφέρουν να παρατηρήσει ή να χρησιμοποιεί ένα απλό φύλλο στο οποίο να καταγράφει οτιδήποτε συμβαίνει κατά τη διάρκεια της έρευνας. Για το σκοπό αυτό μπορεί να χρησιμοποιεί κασέτες μαγνητοφώνου, ηλεκτρονικά αρχεία και αρχείο/ ημερολόγιο σε χαρτί. Ο ερευνητής καταγράφει κάθε τι που συμβαίνει και όπου μπορεί, καταγράφει και τις ερμηνείες που αυτός αποδίδει σε κάθε συμβάν. Τα δεδομένα της έρευνας πεδίου έχουν κυρίως ποιοτικό χαρακτήρα μερικά όμως από αυτά μπορεί να έχουν και ποσοτική διάσταση όπως π.χ. η συχνότητα εμφάνισης κάποιας συμπεριφοράς.

Η επεξεργασία των δεδομένων

Ο ερευνητής το συντομότερο δυνατόν πραγματοποιεί εκ νέου καταγραφή των παρατηρήσεων και μάλιστα σε ηλεκτρονικά αρχεία κειμένου για γρηγορότερη και καλύτερη επεξεργασία. Για το σκοπό αυτό ο ερευνητής μεταφέρει σε ηλεκτρονικά αρχεία τις απομαγνητοφωνήσεις και οποιεσδήποτε άλλες καταγραφές των ενεργειών των μαθητών. Επιπλέον, για λόγους ευκολίας και ασφάλειας παράγει ένα αντίγραφο όλων των παραπάνω καταγραφών σε χαρτί. Είναι πολύ σημαντικό αυτή η φάση της επεξεργασίας των δεδομένων να γίνει σε μικρή χρονική απόσταση από την έρευνα στο πεδίο, ώστε να μπορεί να ανακαλεί από τη μνήμη του όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες.

Η δημιουργία αρχείων: Τα πρώτα αρχεία που δημιουργούνται από τον ερευνητή είναι εκείνα που περιέχουν το σύνολο των δεδομένων με χρονολογική σειρά. Αυτά τα βασικά αρχεία (background files) είναι πολύ σημαντικά γιατί αποτελούν την πηγή όλης της πληροφορίας της έρευνας. Το σύνολο όμως αυτό των δεδομένων δεν περιέχει πρότυπα συμπεριφορών ή σημασίες που αποδίδονται σε αυτές από τον ερευνητή. Επομένως, δε μας λείπει τίποτε για την αξία του μέρους της κοινωνικής ζωής που παρατηρήθηκε.

Η δεύτερη φάση επεξεργασίας των δεδομένων αποτελείται από τη δημιουργία αρχείων τα οποία δημιουργούνται με κριτήριο τα σημαντικότερα γεγονότα τα οποία παρατηρήθηκαν σύμφωνα με τον ερευνητή. Όπως είναι φανερό αρχεία τέτοια, μπορεί να δημιουργηθούν πολλά και με πάρα πολλούς τρόπους. Η επιλογή των κριτηρίων για τη δημιουργία αρχείων αποτελεί και την αρχή της ανάλυσης των δεδομένων. Ο κατάλογος των αρχικών αρχείων μπορεί να διευρυνθεί κάθε φορά που προκύπτει κάτι ενδιαφέρον που φωτίζει μια νέα διάσταση του θέματος της έρευνας, σύμφωνα με τη γνώμη του ερευνητή.

Η τρίτη φάση επεξεργασίας αποτελεί επίσης μέρος της ανάλυσης των δεδομένων. Σε αυτή τη φάση δημιουργούνται τα αρχεία της ανάλυσης των δεδομένων. Η δημιουργία αυτών των αρχείων εξαρτάται από το θεωρητικό επίπεδο και τη μελέτη της βιβλιογραφίας από τον ερευνητή. Ουσιαστικά εξαρτάται από το τι μελετά, τι "βλέπει" και τι παρατηρεί. Μόλις ο ερευνητής αρχίσει να αποκτά μια αίσθηση των διαφορετικών όψεων από τις οποίες μπορεί να δει τα δεδομένα του, μπορεί να δημιουργήσει αρχεία για κάθε μία από αυτές τις διαφορετικές όψεις. Αυτά τα αρχεία ανάλυσης δεν μπορεί να δημιουργηθούν από την αρχή της επεξεργασίας των δεδομένων, γιατί τότε εμποδίζεται να πραγματοποιηθεί η ανάλυση έτσι, ώστε να αξιοποιεί τα δεδομένα με τον καλύτερο τρόπο. Η δυνατότητα κατασκευής ευέλικτου συστήματος δημιουργίας αρχείων ανάλυσης είναι σημαντική από την άποψη ότι επιτρέπει την επισήμανση και την εμφάνιση κάθε σχετικής πλευράς του θέματος της έρευνας.

Η ανάλυση των δεδομένων

Η ανάλυση των δεδομένων βρίσκεται σε αλληλεπίδραση με την παρατήρηση και την επεξεργασία τους. Αποτελεί μια κυκλική διαδικασία. Κατά την ανάλυση των δεδομένων ο ερευνητής ψάχνει να βρει τις ομοιότητες και τις διαφορές στη συμπεριφορά των υποκειμένων της έρευνας. Ουσιαστικά ψάχνει από τη μια μεριά για την εύρεση των κανόνων της συμπεριφοράς που κυριαρχούν στα υποκείμενα της έρευνας και από την άλλη για την εξεύρεση των διαφορετικών μορφών (τύπων) συμπεριφοράς των υποκειμένων της έρευνας. Η ποικιλία των

διαφορετικών συμπεριφορών περιγράφει σε βάθος τη συνολική συμπεριφορά του πληθυσμού της έρευνας.

Η εγκυρότητα (validity) των ερευνών πεδίου είναι μεγάλη, γιατί η θεωρία που παράγεται και τα συμπεράσματα που κατασκευάζονται αντιστοιχούν στα δεδομένα από τα οποία δημιουργήθηκαν. Η αξιοπιστία (reliability) αυτών των ερευνών είναι μικρότερη σε σχέση με την αξιοπιστία των "κλασσικών" ερευνών, διότι εμπεριέχουν το στοιχείο της υποκειμενικότητας στις ερμηνείες των δεδομένων. Πραγματικά αυτές οι έρευνες αντικατοπτρίζουν το θεωρητικό πλαίσιο του ερευνητή. Η γενικευσιμότητα (generalization) των ερευνών πεδίου είναι περιορισμένη στο δείγμα το οποίο αναφέρονται. Από την άποψη αυτή, οι έρευνες πεδίου δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απόδειξη κάποιας "υπόθεσης", δίνουν όμως δυνατότητες για εμβάθυνση σε καταστάσεις που είναι σχετικά όχι τόσο γνωστές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν προτάσεις ή υποδείξεις.

4.4. Ο σχεδιασμός της έρευνας αξιολόγησης του μικρόκοσμου C.AR.ME.

Βασικά ερωτήματα της έρευνας αξιολόγησης αφορούν στην επιλογή :

- Της μεθοδολογίας
- Της μεθόδου
- Των θεωρήσεων για τη γνώση και τη μάθηση
- των ερωτημάτων
- της αξιολόγησης της μάθησης, της ευχρηστίας ή της μάθησης σε συνδυασμό με την ευχρηστία
- του πλαισίου συμφραζομένων της έρευνας αξιολόγησης
 - Ποιος κάνει την αξιολόγηση
 - Αξιολόγηση με ή χωρίς μαθητές
 - Αξιολόγηση στην τάξη ή στο εργαστήριο
- Του είδους των δεδομένων που απαιτούνται
- Της μεθόδου επεξεργασίας των δεδομένων

4.4.1. Το θεωρητικό πλαίσιο της μεθοδολογίας της έρευνας

Η έρευνα αυτή από μεθοδολογική άποψη εντάσσεται στην κατηγορία των ανθρωπολογικών, φαινομενογραφικών και ερμηνευτικών μελετών (Cohen & Manion, 1989). Με τις έρευνες αυτές της μορφής παράγεται γνώση με χρήση της επαγωγικής λογικής (inductive logic) (Babbie, 1989).

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της μεθοδολογίας στο πεδίο είναι η έρευνα πεδίου (field research) (Babbie, 1989, σελ. 261-290). Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη όταν ο ερευνητής επιθυμεί να διερευνήσει θέματα για τα οποία στάσεις και συμπεριφορές μπορούν καλύτερα να γίνουν κατανοητές στη φυσική τους θέση. Ο ερευνητής μπορεί να επικεντρωθεί στην παρατήρηση διαφόρων "μονάδων σκέψης" όπως σημασίες, πρακτικές, γεγονότα, ρόλοι, σχέσεις, ομάδες και άλλα. Στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε οτιδήποτε είπαν ή έκαναν οι μαθητές κατά τη διάρκεια της συμμετοχής τους στην έρευνα.

Η έρευνα αυτή αποτελεί μια ποιοτική μελέτη που κρίθηκε σκόπιμο να επιλεγεί προκειμένου να διερευνήσει το τι ενδιαφέρον μπορεί να συμβαίνει σε καταστάσεις που ακόμα πολύ λίγα πράγματα είναι γνωστά όπως η επίδραση των υπολογιστών (εκπαιδευτικό λογισμικό) στη διαδικασία της μάθησης. Η ποιοτική μεθοδολογία διαθέτει ευελιξία και ευρύτητα και για το λόγο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για τη διερεύνηση θεμάτων για τα οποία δε μπορεί να υπάρξει πρόβλεψη. Τέτοια θέματα μπορεί να είναι η διερεύνηση των φαινομένων που εμφανίζονται εντός ενός πλαισίου συμφραζομένων, όπως το περιβάλλον ενός λογισμικού. Αρκετοί ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει ποιοτικές μεθόδους για τη διερεύνηση αντίστοιχων θεμάτων σε διαφορετικές περιοχές των μαθηματικών (Schofield & Verban, 1988; Hoyles, Sutherland, & Noss, 1991; Schwartz & Dreyfus, 1991). Επομένως η επιλογή της μεθοδολογίας της έρευνας ταιριάζει με το πλαίσιο συμφραζομένων στο οποίο πραγματοποιείται. Οι μέθοδοι ποιοτικής έρευνας έχουν σχετικιστικό χαρακτήρα και θέτουν ερωτήματα για θέματα που πρόκειται να απαντηθούν μέσα από αυτές.

4.4.2. Το πλαίσιο συμφραζομένων της έρευνας

Η έρευνα αξιολόγησης πραγματοποιήθηκε σε δύο πλαίσια συμφραζομένων :

Το πρώτο πλαίσιο συμφραζομένων της έρευνας αποτέλεσαν το περιβάλλον χαρτί-μολύβι, οι δραστηριότητες που τέθηκαν, οι μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα και ο ερευνητής με τις οποιεσδήποτε έστω και μικρές παρεμβάσεις του.

Το δεύτερο πλαίσιο συμφραζομένων της έρευνας αποτέλεσαν το περιβάλλον του μικρόκοσμου, οι ίδιες δραστηριότητες που τέθηκαν στο περιβάλλον χαρτί-μολύβι, οι ίδιοι

μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα στο περιβάλλον χαρτί-μολύβι και ο ερευνητής με τις οποιεσδήποτε έστω και μικρές παρεμβάσεις του.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις : Η μία φάση ήταν η πιλοτική και η άλλη φάση ήταν η κυρίως φάση της έρευνας. Στην πιλοτική φάση διερευνήθηκε η καταλληλότητα των επιλογών που έγιναν, προκειμένου να αποτελέσουν το πλαίσιο συμφραζομένων της κυρίως φάσης της έρευνας. Οι επιλογές που έγιναν αναφέρονται στις επόμενες παραγράφους αναλυτικά και αφορούν:

- στην καλή λειτουργία του λογισμικού και τον τρόπο εξοικείωσης των μαθητών με αυτό
- στη δυνατότητα του λογισμικού να αποτελέσει ένα πιθανό περιβάλλον μάθησης των εννοιών που αφορούν στη διατήρηση και στη μέτρηση της επιφάνειας,
- στις δραστηριότητες της έρευνας
- στα όργανα συλλογής των δεδομένων
- στην ηλικία των μαθητών και το χρόνο που θα συμμετέχουν στην κυρίως φάση της έρευνας

Η επιλογή των δραστηριοτήτων

Σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της σκέψης των μαθητών παίζει η δραστηριότητα την οποία καλούνται οι μαθητές να φέρουν σε πέρας (Noss & Hoyles, 1992). Ο ρόλος των δραστηριοτήτων αλλά και γενικότερα του πλαισίου (context) στο οποίο οι μαθητές λειτουργούν είναι καθοριστικός στη διαφοροποίηση των προσεγγίσεών τους (Noss & Hoyles, 1996; Kordaki & Potari, 1999). Οι δραστηριότητες που θα κληθούν οι μαθητές να φέρουν σε πέρας θα πρέπει να ανταποκρίνονται στο επίπεδο της γνωστικής τους ανάπτυξης, να τους προξενούν το ενδιαφέρον, και να τους προκαλούν να εκφράσουν ή να κατασκευάσουν έννοιες. Ειδικότερα σημαντικό ρόλο παίζει η επιλογή των δραστηριοτήτων στις έρευνες που έχουν στόχο την αξιολόγηση (Magone, Cai, Silver, & Wang, 1994). Στην περίπτωση της ανάπτυξης δραστηριοτήτων για την αξιολόγηση της επίδοσης των παιδιών τονίζεται η ανάγκη να πληρούν τις παρακάτω προϋποθέσεις. Πρώτον η πραγματοποίησή τους από τους μαθητές να απαιτεί κάποια γνωστική πολυπλοκότητα και δεύτερον, από άποψη περιεχομένου, να είναι δυνατό να ελέγξουν το μαθητή όσον αφορά στο μέγιστο δυνατό βαθμό κατανόησης που μπορεί να έχει για το θέμα. Όσον αφορά στη γνωστική πολυπλοκότητα θα πρέπει να μπορεί να φανεί μέσα από την πραγματοποίηση της δραστηριότητας η κατανόηση

των εννοιών και των διαδικασιών που εμπλέκονται στο αντικείμενο, η ικανότητα επίλυσης προβλήματος, η ικανότητα ανάπτυξης λογικών συλλογισμών και αιτιολογήσεων. Η καταλληλότητα του περιεχομένου της δραστηριότητας ελέγχεται από την άποψη της σημαντικότητάς του αλλά και από την άποψη των πολλαπλών αναπαραστάσεων, των πολλαπλών απαντήσεων και των πολλαπλών επιλύσεων που επιτρέπει να αναπτυχθούν για την πραγματοποίησή της.

Η σημασία της δραστηριότητας με τη μορφή ανοικτής εξερεύνησης και όχι με τη μορφή της απόδειξης κάποιας πρότασης μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να δημιουργήσουν σύνθετες αποδείξεις (Hadas & Arcavi, 1997).

Οι δραστηριότητες που δόθηκαν στους μαθητές στο περιβάλλον του μικρόκοσμου δόθηκαν και στο περιβάλλον χαρτί - μολύβι. Ήταν οι ίδιες που δοκιμάστηκαν και στην πιλοτική φάση της έρευνας και παρατίθενται όπως ακριβώς διατυπώθηκαν στους μαθητές.

Η πρώτη δραστηριότητα έθετε το πρόβλημα του μετασχηματισμού της επιφάνειας. Η επίλυση αυτού του προβλήματος απαιτεί κατανόηση της έννοιας της διατήρησης της επιφάνειας καθώς και της λειτουργίας της μέτρησης της επιφάνειας.

Η δεύτερη δραστηριότητα έθετε το πρόβλημα της σύγκρισης του οποίου η πραγματοποίηση φανερώνει την κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με τη μέτρηση, όπως επίσης και με τη διατήρηση της επιφάνειας. Η σημασία των παραπάνω δραστηριοτήτων αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3.

Στο πρόβλημα του μετασχηματισμού δόθηκε στους μαθητές ένα ακανόνιστο πολύγωνο με το ερώτημα:

"Μπορείς να μετασχηματίσεις αυτό το σχήμα (τυχαίο μη κυρτό πολύγωνο) σε ένα άλλο με το ίδιο ποσό επιφάνειας?"

Σε περίπτωση πραγματοποίησης μετασχηματισμού θα γινόταν η ερώτηση :

"Πώς εξηγείς ότι αυτά τα σχήματα έχουν το ίδιο ποσό επιφάνειας?"

Στο πρόβλημα της σύγκρισης δόθηκε στους μαθητές ένα ακανόνιστο μη κυρτό πολύγωνο και ένα τετράγωνο, τα οποία δεν ήταν εύκολο να συγκριθούν με το "μάτι", με το ερώτημα :

"Μπορείς να συγκρίνεις αυτά τα δύο σχήματα ως προς την επιφάνεια?".

Σε περίπτωση πραγματοποίησης της σύγκρισης θα γινόταν η ερώτηση

"Πώς εξηγείς αυτά τα αποτελέσματα?"

Στην περίπτωση που οι μαθητές θα χρησιμοποιούσαν τη μέτρηση προκειμένου να φέρουν σε πέρας τις παραπάνω δραστηριότητες και προκειμένου να διερευνηθεί η κατανόηση της αντίστροφης σχέσης μεταξύ μεγέθους και αριθμού μονάδων που απαιτούνται για την επικάλυψη της ίδιας επιφάνειας, τέθηκαν από την ερευνήτρια τα παρακάτω ερωτήματα :

"Πιστεύετε ότι η μεταβολή της μονάδας επηρεάζει και αν ναι, πώς το αποτέλεσμα της σύγκρισης ;"

"Στην περίπτωση που έχουμε ίσες επιφάνειες, τότε κατά τη γνώμη σας το πλήθος των μονάδων θα είναι μεγαλύτερο : στην περίπτωση που χρησιμοποιείτε τη μεγαλύτερη μονάδα ή στην περίπτωση που χρησιμοποιείτε τη μικρότερη ;"

Η επιλογή των δραστηριοτήτων έγινε με τα παρακάτω κριτήρια :

- Δυνατότητα ανάπτυξης προσωπικών στρατηγικών επίλυσης από τους μαθητές.
- Δυνατότητα έκφρασης μιας ποικιλίας στρατηγικών, κάθε μία από τις οποίες να μπορεί να εκφράζει διαφορετικές έννοιες της διατήρησης και της μέτρησης της επιφάνειας.
- Δυνατότητα ανάπτυξης συνθετικής σκέψης από τους μαθητές.

Η επιλογή των προβλημάτων του μετασχηματισμού και της σύγκρισης έγινε, επειδή η επίλυσή τους αναγκάζει τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν έννοιες που σχετίζονται με τη διατήρηση και τη μέτρηση της επιφάνειας. Οι δραστηριότητες αυτές τροποποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της πιλοτικής φάσης έτσι, ώστε να ζητείται από κάθε μαθητή να κατασκευάσει όσο πιο πολλές στρατηγικές επίλυσης μπορεί για τα προβλήματα του μετασχηματισμού και της σύγκρισης. Με αυτό τον τρόπο κάθε μαθητής θα μπορούσε να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες του προγράμματος για δημιουργία πολλαπλών αναπαραστάσεων της έννοιας της διατήρησης και της μέτρησης της επιφάνειας.

α) Οι δραστηριότητες στο περιβάλλον χαρτί - μολύβι

Στο περιβάλλον χαρτί - μολύβι δόθηκε στους μαθητές από την ερευνήτρια πρώτα το πρόβλημα του μετασχηματισμού και μετά τη διεκπεραίωσή του δόθηκε το πρόβλημα της σύγκρισης. Τα δύο προβλήματα δόθηκαν σε φωτοτυπία. Οι μαθητές παροτρύνθηκαν να ζητήσουν οτιδήποτε εργαλείο ή ό,τι άλλο χρειαζόνταν προκειμένου να δώσουν όλες τις λύσεις που μπορούσαν να κατασκευάσουν για τα παραπάνω προβλήματα. Η ερευνήτρια τους έδειξε μια τσάντα γεμάτη με υλικά τα οποία όμως δεν τους τα παρουσίασε, προκειμένου να μην τους προτείνει λύσεις και να είναι ελεύθεροι να αποφασίσουν να ζητήσουν αυτοί ό,τι χρειάζονται για την πραγματοποίηση των λύσεων που θα κατασκεύαζαν. Κατά τη διάρκεια αντιμετώπισης

του κάθε προβλήματος κάθε μαθητής δούλεψε ατομικά και χωρίς την παρέμβαση της ερευνήτριας. Τα προβλήματα και οι απαιτήσεις τους φάνηκαν πλήρως κατανοητά στους μαθητές και κανένας από αυτούς δεν χρειάστηκε διευκρινίσεις από την ερευνήτρια. Η ερευνήτρια έδωσε στους μαθητές όσο χρόνο χρειάστηκαν, ώστε να πραγματοποιήσουν όλους τους δυνατούς τρόπους επίλυσης των προβλημάτων που τους τέθηκαν. Αυτός ο χρόνος δεν ξεπέρασε τις 3 διδακτικές ώρες και για τα δύο προβλήματα. Η φάση αυτή της έρευνας πραγματοποιήθηκε στις 3 Φεβρουαρίου 1997.

β) Οι δραστηριότητες στο περιβάλλον του μικρόκοσμου

Το πειραματικό μέρος της έρευνας με τους μαθητές στο εργαστήριο των ηλεκτρονικών υπολογιστών χωρίστηκε σε τρία μέρη. Το πρώτο μέρος αφορούσε στην εξοικείωση των μαθητών με το λογισμικό και τα άλλα δύο αφορούσαν στην αντιμετώπιση των δύο προβλημάτων της έρευνας, από ένα κάθε φορά. Στους μαθητές διατέθηκε όσος χρόνος χρειάστηκαν, προκειμένου να πραγματοποιήσουν την επίλυση του προβλήματος που τους τέθηκε, με όσο το δυνατόν περισσότερους τρόπους μπορούσαν. Αυτός ο χρόνος ήταν περίπου 3 διδακτικές ώρες για κάθε μέρος της έρευνας. Οι μαθητές στη φάση της εξοικείωσής τους με το πρόγραμμα δούλεψαν δύο - δύο, ενώ στη φάση της επίλυσης των προβλημάτων δούλεψαν ατομικά και σε αντιστοιχία 1:1 με τον υπολογιστή. Ο χρόνος που χρειάστηκε να αφιερωθεί στην εξοικείωση των μαθητών με το πρόγραμμα ήταν περίπου 3 ώρες. Κάθε μέρα δύο ομάδες επισκέπτονταν το εργαστήριο προκειμένου να φέρουν σε πέρας κάποιο από τα τρία μέρη του πειραματικού μέρους της έρευνας. Κάθε ομάδα επισκέφθηκε συνολικά 3 φορές το εργαστήριο. Κάθε μαθητής δούλεψε συνολικά 9 διδακτικές ώρες στο περιβάλλον του υπολογιστή. Οι μαθητές της τάξης είχαν χωριστεί σε 10 ομάδες των 3 ατόμων. Η φάση της έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον του μικρόκοσμου ξεκίνησε στις 10 Φεβρουαρίου 1998 και ολοκληρώθηκε στις 11 Μαρτίου του ίδιου έτους.

Από την πιλοτική φάση της έρευνας προέκυψε η ανάγκη για διαχωρισμό της φάσης εξοικείωσης των μαθητών με το μικρόκοσμο, από την κύρια φάση αξιολόγησης του.

Οι συνθήκες πραγματοποίησης της έρευνας

α) Ο χώρος πραγματοποίησης της έρευνας

Η κύρια φάση της έρευνας στο περιβάλλον του μικρόκοσμου αλλά και στο περιβάλλον χαρτί - μολύβι πραγματοποιήθηκε στο Γυμνάσιο Κάτω Καστριτσίου κατά το διάστημα 3 Φεβρουαρίου 1997 έως 11 Μαρτίου του ίδιου έτους. Το σχολείο αυτό αποτελεί τυπικό σχολείο της Β'μιας Εκπ/σης και επιλέχθηκε διότι υπήρχε διαθέσιμη και ασφαλής αίθουσα καθώς και θετικό κλίμα για τη διεξαγωγή της έρευνας από το σύλλογο των καθηγητών και τη διευθύντρια του Γυμνασίου. Στο σχολείο αυτό δημιουργήθηκε ένα εργαστήριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών με την προσωπική φροντίδα της ερευνήτριας το οποίο εξοπλίστηκε με 3 προσωπικούς υπολογιστές (P.C's). Κάθε υπολογιστής τοποθετήθηκε σε ένα θρανίο και αποτελούσε το χώρο εργασίας ενός μαθητή.

β) Ο πληθυσμός της έρευνας

Επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ως μονάδα παρατήρησης (observation unit) για την έρευνα ο αριθμός των παιδιών μιας τάξης (Β' γυμνασίου). Η τάξη αποτελεί μια στοιχειώδη εκπαιδευτική μονάδα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή συμπερασμάτων, ιδιαίτερα, όταν πρόκειται για ποιοτικές έρευνες. Το βάθος της ανάλυσης των δεδομένων έρχεται σε αντίστροφη σχέση με τον αριθμό του δείγματος. Χρησιμοποιήθηκε μια τάξη των 30 ατόμων που για τα ελληνικά δεδομένα ήταν μια τυπική τάξη. Συμμετείχαν αγόρια και κορίτσια διαφορετικών γνωστικών επιπέδων και κοινωνικών προελεύσεων. Έως ένα βαθμό δεν προέρχονταν από ίδια γεωγραφικά σημεία της πόλης των Πατρών. Πληθυσμοί παρόμοιοι (27 παιδιά, ο.π.οι Hoyles, Sutherland, & Noss, 1991, ή 28 παιδιά, ο.π.οι Schwartz & Dreyfus, 1991) ή και μικρότεροι (12 παιδιά, ο.π. ο Edwards 1992) έχουν αναφερθεί σε έρευνες αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού.

Ο ρόλος του ερευνητή

Ο ερευνητής συμμετείχε στην έρευνα ως παρατηρητής με την ελάχιστη συμμετοχή. Πιο συγκεκριμένα, η συμμετοχή του περιορίστηκε στην καθοδήγηση της εξοικείωσης των μαθητών με το λογισμικό μέσα από τις δραστηριότητες που περιγράφονται σε επόμενη ενότητα, στην ανακοίνωση των δραστηριοτήτων της κυρίως φάσης της έρευνας και στη βοήθεια των μαθητών στην περίπτωση προβληματικής λειτουργίας κάποιου υπολογιστή. Ο ερευνητής σε όλη τη διάρκεια της έρευνας κρατούσε χειρόγραφα αρχεία. Σε αυτά κατέγραφε

περιληπτικά τις στρατηγικές επίλυσης των προβλημάτων όπως τις ανέπτυξαν οι μαθητές και οτιδήποτε έλεγαν σχετικό με αυτές.

4.4.3. Τα δεδομένα και οι τεχνικές συλλογής τους

Οι στόχοι και το πλαίσιο της αξιολόγησης, όπως περιγράφηκε παραπάνω καθορίζουν το είδος των δεδομένων τα οποία πρέπει να συλλεχθούν για το σκοπό αυτό, τα οποία επίσης με τη σειρά τους καθορίζουν τα εργαλεία και τις τεχνικές συλλογής τους.

Το σύνολο των δεδομένων της έρευνας αφορά στο είδος των στρατηγικών που ανέπτυξε κάθε μαθητής στο περιβάλλον του μικρόκοσμου αλλά και στο περιβάλλον χαρτί-μολύβι προκειμένου να αντιμετωπίσει 2 προβλήματα. Τα δεδομένα που προέκυψαν από την έρευνα στο περιβάλλον του μικρόκοσμου ήταν καταγεγραμμένα σε:

α) *ηλεκτρονικά αρχεία* ως το σύνολο των δράσεων του μαθητή με το λογισμικό του μικρόκοσμου. Τα ηλεκτρονικά αρχεία (logfiles) ως όργανα συλλογής δεδομένων έχουν χρησιμοποιηθεί και από άλλους ερευνητές (Hoyles & Noss, 1987).

β) *ηλεκτρονικές εικόνες*. Η εικόνα κάθε ξεχωριστής στρατηγικής που αναπτύχθηκε από τον κάθε μαθητή φυλάχτηκε σε ηλεκτρονικά αρχεία-εικόνες.

γ) *χειρόγραφο πρωτόκολλο περιληπτικής καταγραφής* των στρατηγικών που ανέπτυξε ο μαθητής στο περιβάλλον του μικρόκοσμου, για την επίλυση των προβλημάτων που αντιμετώπισε κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (Παράρτημα 1). Καταγραφή σε αυτό, των βασικών εννοιολογικών διαφοροποιήσεων όπως και των κυριότερων δυσκολιών που σχετίζονται με τις λειτουργίες του ηλεκτρονικού περιβάλλοντος. Σε αυτό το πρωτόκολλο καταγράφηκε επίσης οτιδήποτε ρωτήθηκε ή ειπώθηκε από το μαθητή, όπως και οτιδήποτε ειπώθηκε ή ρωτήθηκε από τον ερευνητή.

δ) *ταινίες μαγνητοφώνου*. Στις περιπτώσεις που δεν ήταν δυνατή η καταγραφή με το χέρι λόγω χρόνου, η καταγραφή έγινε σε ταινία μαγνητοφώνου. Οι ταινίες μαγνητοφώνου απομαγνητοφωνήθηκαν και αυτές οι απομαγνητοφωνήσεις αποτελούν επιπλέον πηγές δεδομένων της έρευνας.

Τα δεδομένα από τη δραστηριότητα των μαθητών στο περιβάλλον χαρτί-μολύβι ήταν καταγεγραμμένα σε *φύλλα εργασίας* που δόθηκαν στους μαθητές με τις δραστηριότητες κατά τη διάρκεια της έρευνας.

4.4.4. Η επεξεργασία των δεδομένων της έρευνας

Η επεξεργασία των δεδομένων από τη δραστηριότητα των μαθητών στο περιβάλλον του μικρόκοσμου πραγματοποιήθηκε ακολουθώντας την παρακάτω διαδικασία :

Στην πρώτη φάση δημιουργήθηκαν τα εφεδρικά αρχεία (backup files). Αυτά τα αρχεία περιείχαν τις εκτυπώσεις των ηλεκτρονικών αρχείων με τις ενέργειες και τις εικόνες των ενεργειών των μαθητών τις καταγραφές κειμένου που προήλθαν από τις απομαγνητοφωνήσεις και τα χειρόγραφα πρωτόκολλα που κρατούσε ο ερευνητής κατά τη διάρκεια της έρευνας.

Στη δεύτερη φάση δημιουργήθηκε ένα ηλεκτρονικό αρχείο κειμένου για κάθε μαθητή. Αυτό το αρχείο περιείχε όλα τα δεδομένα που αναφέρονταν στο συγκεκριμένο μαθητή όπως προέκυπτε από τα εφεδρικά αρχεία. Πιο συγκεκριμένα καταγράφηκε κάθε στρατηγική επίλυσης που πραγματοποίησε κάθε μαθητής. Για κάθε στρατηγική δημιουργήθηκαν και συμπληρώθηκαν, όπου ήταν δυνατό, τα παρακάτω πεδία :

- Περιγραφή της στρατηγικής με βάση τις στοιχειώδεις εννοιολογικές δράσεις-εργαλεία που χρησιμοποίησε ο μαθητής για τη δημιουργία της.
- Καταγραφή της σειράς εμφάνισής της.
- Καταγραφή των δυσκολιών που οφείλονται στην λειτουργικότητα ή μη των λειτουργιών του λογισμικού για την πραγματοποίηση της.
- Καταγραφή των εννοιολογικών ιδιαιτεροτήτων που αφορούν κάθε στρατηγική.
- Καταγραφή των γεγονότων που ενδεχομένως προκάλεσαν τη μη ολοκλήρωση αυτής της στρατηγικής.
- Εντοπισμός των παραγόντων που συνετέλεσαν στην τροποποίηση της κάθε στρατηγικής.
- Καταγραφή πιθανής διαδικασίας που χρησιμοποιήθηκε από το μαθητή για τον έλεγχο της ορθότητας της στρατηγικής που ανέπτυξε.
- Γνωστική ερμηνεία της κάθε στρατηγικής.

- Συσχέτιση της κάθε στρατηγικής με πεδία γνώσης από τα οποία πιθανό να αντλείται η δημιουργία της.

Στην τρίτη φάση επεξεργασίας δημιουργήθηκαν για κάθε μαθητή δύο αρχεία. Ένα αρχείο για κάθε δραστηριότητα.

Στην τέταρτη φάση δημιουργήθηκαν αρχεία με βάση το είδος της στρατηγικής επίλυσης που ακολουθήθηκε σε κάθε δραστηριότητα. Επιπλέον, δημιουργήθηκαν 2 αρχεία με τις εννοιολογικές δυσκολίες που συνάντησαν οι μαθητές, προκειμένου να φέρουν σε πέρας την κάθε δραστηριότητα και άλλα 2 με τις λειτουργικές δυσκολίες που οφείλονταν σε αδυναμίες του προγράμματος σε κάθε περίπτωση. Δημιουργήθηκαν επίσης 2 αρχεία με τις μεθόδους ελέγχου της ορθότητας των στρατηγικών που ανέπτυξαν οι μαθητές για κάθε δραστηριότητα.

Στην πέμπτη φάση έγινε ταξινόμηση των στρατηγικών με κριτήριο τα εννοιολογικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία τους.

Στην έκτη φάση έγινε ιεράρχηση των κατηγοριών των στρατηγικών επίλυσης με κριτήριο τη σύνθεση των εννοιών που απαιτούνται για τη δημιουργία τους.

4.4.5. Η μέθοδος ανάλυσης των ευρημάτων της έρευνας

Τη μονάδα ανάλυσης της έρευνας αποτελεί κάθε ένας μαθητής. Η αναφορά στο σύνολο των μαθητών της τάξης γίνεται με στόχο τη συνόψιση και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Η μεταβλητή η οποία αναλύθηκε για κάθε μαθητή ήταν η στρατηγική επίλυσης των 2 προβλημάτων που τέθηκαν σε κάθε πλαίσιο συμφραζομένων. Επιπλέον, καταγράφηκε η συχνότητα εμφάνισης αυτής της μεταβλητής σε κάθε ένα από τα προηγούμενα πλαίσια συμφραζομένων.

Έγινε ταξινόμηση (classification) της μεταβλητής "στρατηγική επίλυσης" με κριτήριο το είδος των εννοιολογικών εργαλείων που απαιτούνται για την πραγματοποίησή της. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε κάποιου είδους μέτρηση των κατηγοριών που δημιουργήθηκαν, με τη τεχνική μέτρησης "διάταξη" (Ordinal measurement, ο.π. ο Bailey, 1987, σελ.62) και με κριτήριο το πόσο σύνθετη γνώση απαιτείται για την πραγματοποίησή της. Επιπλέον, έγινε μέτρηση της συχνότητας εμφάνισης της παραπάνω μεταβλητής ανά μαθητή. Ως αποτέλεσμα της ιεράρχησης των κατηγοριών των στρατηγικών επίλυσης ήταν η δημιουργία γνωστικών

επιπέδων ανάπτυξης για τις έννοιες της διατήρησης και της μέτρησης της επιφάνειας. Στην περιοχή της έρευνας της Μαθηματικής εκπαίδευσης η αξιολόγηση της σκέψης των παιδιών σε σχέση με κάποια έννοια πολλές φορές υπονοεί τη δυνατότητα κατασκευής επιπέδων σκέψης στο συγκεκριμένο αντικείμενο (Jones, et all, 1997). Η επανάληψη της εμφάνισης ίδιων κατηγοριών στρατηγικών επίλυσης και στις δύο περιπτώσεις προβλημάτων, δίνει τη δυνατότητα για κατασκευή νέας γνώσης και θεωρητικοποίηση (Marton, 1981).

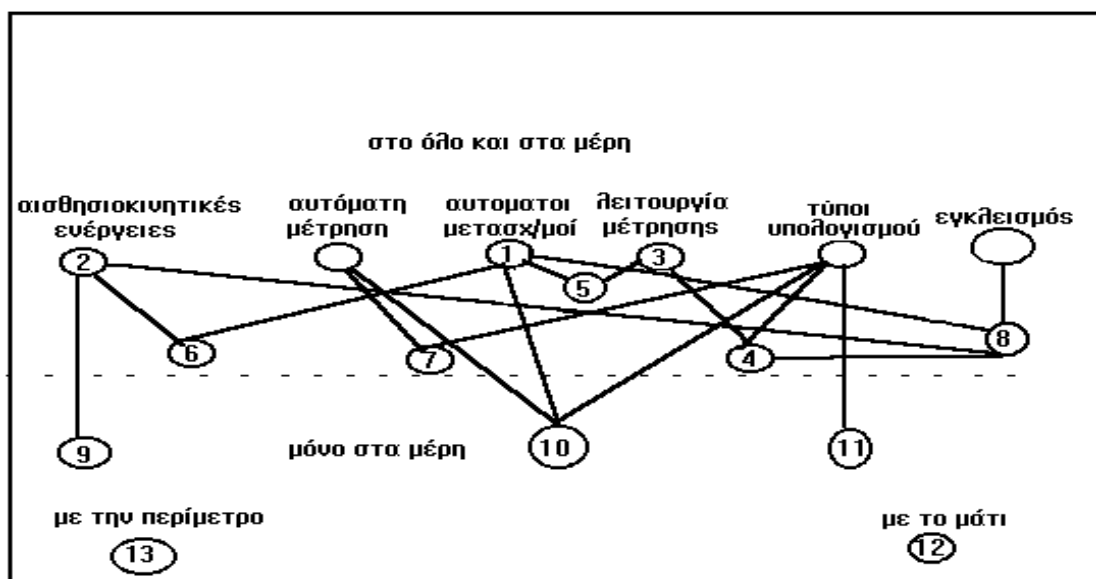
4.4.6. Παρουσίαση ανάλυση και ερμηνεία μέρους των ευρημάτων που προέκυψαν από την πειραματική έρευνα

Το πρόβλημα του μετασχηματισμού

Παρακάτω παρουσιάζονται και ερμηνεύονται τα ευρήματα της έρευνας που προέκυψαν κατά την αντιμετώπιση του προβλήματος του μετασχηματισμού από τους μαθητές, στο περιβάλλον του μικρόκοσμου και στο περιβάλλον χαρτί - μολύβι. Τα ευρήματα της έρευνας αποτελούν οι στρατηγικές επίλυσης του προβλήματος του μετασχηματισμού οι οποίες δημιουργήθηκαν από τους μαθητές και παρουσιάζονται ταξινομημένες σε κατηγορίες με κριτήριο τα εννοιολογικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίησή τους. Στις ενότητες 4.4.6.1 και 4.4.6.2 παρουσιάζονται το σύνολο των εννοιολογικών εργαλείων με τη χρήση των οποίων δημιουργήθηκαν οι στρατηγικές επίλυσης του προβλήματος του μετασχηματισμού στο περιβάλλον του μικρόκοσμου και στο περιβάλλον χαρτί-μολύβι αντίστοιχα. Σε κάθε περίπτωση παρουσιάζεται το σύνολο των κατηγοριών των μετασχηματισμών που δημιουργήθηκαν οι οποίοι παρουσιάζονται ακολούθως αναλυτικά και επιχειρείται ερμηνεία τους με βάση το θεωρητικό πλαίσιο. Με την ερμηνεία επιχειρείται μια προσπάθεια απόδοσης του γνωστικού περιεχόμενου κάθε στρατηγικής επίλυσης αλλά και μια συσχέτισή της με το περιβάλλον του μικρόκοσμου ή με κάποιο άλλο πεδίο γνώσης από το οποίο πιθανό να αντλείται η δημιουργία της. Ευρήματα της έρευνας αποτελούν επίσης οι εννοιολογικές δυσκολίες, οι δυσκολίες που αφορούν στη λειτουργία των εντολών του λογισμικού, καθώς και τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο της ορθότητας κάθε στρατηγικής επίλυσης τα οποία παρουσιάζονται ταξινομημένα στις κατηγορίες που προαναφέρθηκαν. Επιπλέον, παρουσιάζεται και σχολιάζεται το σύνολο των μετασχηματισμών που πραγματοποίησε κάθε μαθητής σε κάθε ένα από αυτά τα διαφορετικά περιβάλλοντα.

4.4.6.1. Το σύνολο των εννοιολογικών εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση μετασχηματισμών στο περιβάλλον του μικρόκοσμου C.AR.ME.

Οι μαθητές προκειμένου να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα του μετασχηματισμού στο περιβάλλον του μικρόκοσμου πραγματοποίησαν μια σειρά από στρατηγικές επίλυσης. Για την υλοποίηση αυτών των στρατηγικών χρησιμοποίησαν τα εννοιολογικά εργαλεία που ήταν διαθέσιμα σε αυτούς από το περιβάλλον του μικρόκοσμου αλλά και εννοιολογικά εργαλεία που μετέφεραν από το περιβάλλον της σχολικής γνώσης. Τα εργαλεία που σχετίζονται με τη σχολική γνώση αποτελούνται από τους τύπους υπολογισμού του εμβαδού των γεωμετρικών σχημάτων. Επιπλέον, αναπτύχθηκαν από τους μαθητές και άλλα εννοιολογικά εργαλεία, όπως η κυρτοποίηση του μη κυρτού πολυγώνου με τον εγκλεισμό του σε ένα ελάχιστο κυρτό υπερσύνολο. Με αυτόν τον τρόπο εκφράσθηκε η θεώρηση της επιφάνειας του μη κυρτού πολυγώνου σαν διαφορά επιφανειών. Του κυρτού υπερσυνόλου που προαναφέρθηκε και του συμπληρώματος του μη κυρτού πολυγώνου ως προς αυτό το υπερσύνολο. Επιπλέον, οι μαθητές πραγματοποίησαν μετασχηματισμούς με συνδυασμό των εργαλείων που προαναφέρθηκαν.



Σχήμα 4.1. Οι κατηγορίες των μετασχηματισμών σε συνδυασμό με τα εργαλεία, με τη χρήση των οποίων δημιουργήθηκαν.

Το παραπάνω διάγραμμα δείχνει τα εργαλεία και τους συνδυασμούς εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν στο σύνολο των μετασχηματισμών που δημιουργήθηκαν στο περιβάλλον του μικρόκοσμου.

Οι αριθμοί που υπάρχουν στους κόμβους αναφέρονται στις αντίστοιχες κατηγορίες στρατηγικών επίλυσης του προβλήματος του μετασχηματισμού που δημιουργήθηκαν. Στους κόμβους που δεν αναγράφεται αριθμός υποδηλώνεται ότι δεν κατασκευάστηκε στρατηγική επίλυσης από τους μαθητές με την αποκλειστική χρήση των εργαλείων που περιλαμβάνονται σε αυτό τον κόμβο.

4.4.6.2. Οι κατηγορίες των μετασχηματισμών

Οι στρατηγικές επίλυσης που δημιουργήθηκαν από τους μαθητές για την αντιμετώπιση του προβλήματος του μετασχηματισμού με κριτήριο τη χρήση των εννοιολογικών εργαλείων που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο εντάχθηκαν στις κατηγορίες που παρατίθενται παρακάτω.

Μετασχηματισμός του μη κυρτού πολυγώνου σε νέο σχήμα με :

1. Χρήση των αυτόματων μετασχηματισμών που διατίθενται από το μικρόκοσμο.
2. Χρήση των προσομοιωμένων αισθησιοκινητικών ενεργειών των μαθητών στο περιβάλλον του μικρόκοσμου.
3. Χρήση της λειτουργίας της μέτρησης της επιφάνειας.
4. Συνδυασμό της λειτουργίας της μέτρησης και των τύπων υπολογισμού.
5. Συνδυασμό
 - α) της λειτουργίας της μέτρησης της επιφάνειας και
 - β) των αυτόματων μετασχηματισμών που διατίθενται από το μικρόκοσμο.
6. Συνδυασμό :
 - α) των αυτόματων μετασχηματισμών που διατίθενται από το μικρόκοσμο και
 - β) των αισθησιοκινητικών ενεργειών του μαθητή όπως αυτές εκφράζονται στο περιβάλλον του μικρόκοσμου.
7. Συνδυασμό :
 - α) της αυτόματης μέτρησης που διατίθεται από το μικρόκοσμο και
 - β) των τύπων υπολογισμού.

8. Διαδικασίες κυρτοποίησης του μη κυρτού πολυγώνου με εγκλεισμό του σε ένα ελάχιστο υπερσύνολο.

9. Χρήση συνδυασμών των αισθησιοκινητικών ενεργειών των μαθητών όπως αυτές προσομοιώνονται στο περιβάλλον του μικρόκοσμου.

10. Συνδυασμό :

α) της αυτόματης μέτρησης που διατίθεται από το μικρόκοσμο

β) των αυτόματων μετασχηματισμών που διατίθενται από το μικρόκοσμο και

γ) των τύπων υπολογισμού.

11. Χρήση των τύπων υπολογισμού (T.Y).

12. Το "μάτι".

13. Την περίμετρο.

Το μη κυρτό πολύγωνο στις κατηγορίες στρατηγικών 9, 10 και 11 μελετήθηκε από τους μαθητές αποκλειστικά μόνον μετά από τον τεμαχισμό του σε κυρτά σχήματα όπως φαίνεται στο προηγούμενο διάγραμμα. Στις κατηγορίες στρατηγικών 4,6,7 και 8 το μη κυρτό πολύγωνο μελετήθηκε με δύο τρόπους. Ως όλο αλλά και ύστερα από κυρτοποίησή του με τεμαχισμό του σε κυρτά μέρη.

4.4.6.3. Διαγραμματική παρουσίαση του συνόλου των μετασχηματισμών

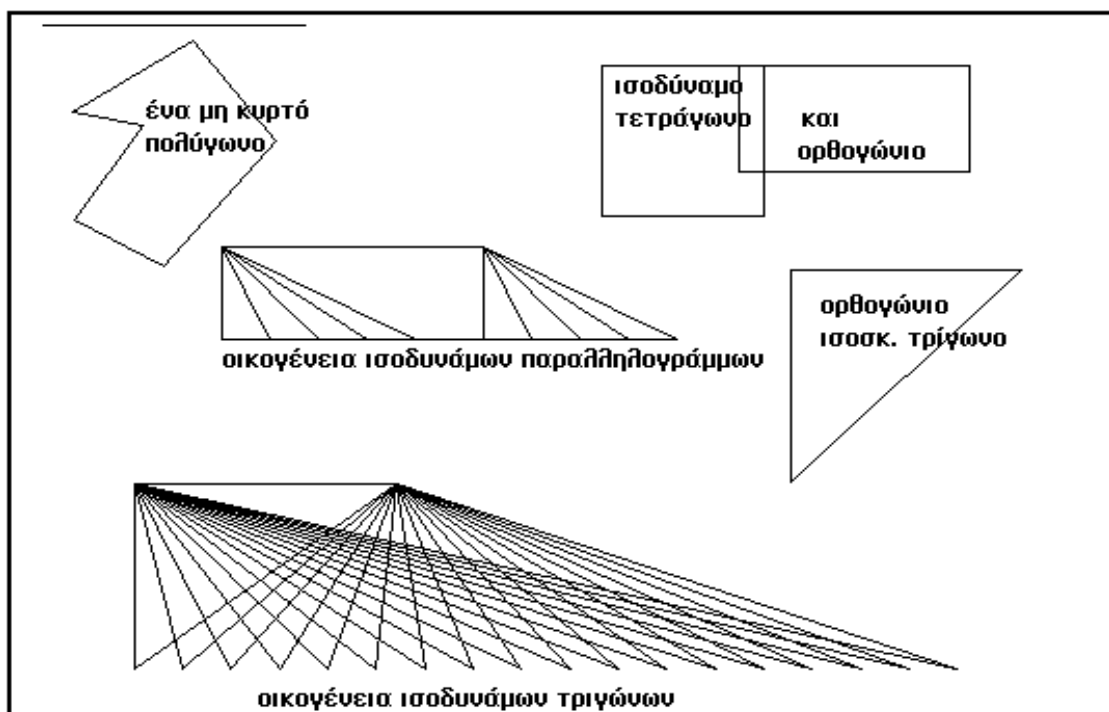


Σχήμα 4.2. Το σύνολο των μετασχηματισμών που πραγματοποιήθηκαν από τους μαθητές.

4.4.6.4. Παρουσίαση και ερμηνεία μέρους των μετασχηματισμών

Κατηγορία 1. Μετασχηματισμός του μη κυρτού πολυγώνου σε νέο σχήμα με χρήση των αυτόματων μετασχηματισμών που διατίθενται από το μικρόκοσμο

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι αυτόματοι μετασχηματισμοί που δημιουργήθηκαν από μαθητή στο περιβάλλον του μικρόκοσμου



Σχήμα 4.3. Εικόνες των στρατηγικών επίλυσης που εντάχθηκαν στην κατηγορία 1.

Οι περισσότεροι από τους μαθητές (27 στους 30) πραγματοποίησαν αυτόματους μετασχηματισμούς με τη χρήση των αντίστοιχων εντολών που διατίθενται από το μικρόκοσμο. Κάθε μαθητής μετά το τέλος της πραγματοποίησης του συνόλου των αυτόματων μετασχηματισμών που μπορούσε να πραγματοποιήσει στο περιβάλλον του μικρόκοσμου ρωτήθηκε από τον ερευνητή για το αν θεωρεί ή όχι ότι τα "ισοδύναμα"

σχήματα που παράγονται αυτόματα μπορεί να έχουν το ίδιο ποσό επιφάνειας και αν μπορεί να δώσει μια εξήγηση στην απάντησή του. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι :

- Οι περισσότεροι μαθητές αναγνωρίζουν τη δυνατότητα δύο ή περισσότερων επιφανειών να έχουν διαφορετικό σχήμα αλλά το ίδιο εμβαδόν. Για την αιτιολόγηση αυτής της άποψης οι μαθητές υποστήριξαν ότι, είτε θα πρέπει να στηριχθούν στην αξιοπιστία των εντολών του λογισμικού, είτε θα πρέπει να αναπτύξουν μεθόδους σύγκρισης. Αυτές οι μέθοδοι θα μπορούσαν να είναι η αυτόματη μέτρηση των δύο επιφανειών, η σύγκριση με διαδικασίες που θα χρησιμοποιούν τις αισθησιοκινητικές ενέργειες των παιδιών όπως αυτές είναι ενσωματωμένες στο μικρόκοσμο ή διαδικασίες που θα χρησιμοποιούν τη λειτουργία της μέτρησης.

- Οι περισσότεροι μαθητές φάνηκε ότι αναγνωρίζουν τη δυνατότητα δύο ή περισσότερων παραλληλογράμμων με κοινή βάση και ίσα ύψη να έχουν διαφορετικό σχήμα και το ίδιο εμβαδόν. Οι αιτιολογήσεις που έδωσαν στηρίχθηκαν κυρίως στην ανάπτυξη κάποιου είδους εξισορρόπησης των επιφανειών. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η αιτιολόγηση κάποιου μαθητή *"όσο μέρος αφαιρείται από το σχήμα από τη μια μεριά τόσο προστίθεται από την άλλη"*. Πολύ λίγοι μαθητές μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τις πολλαπλασιαστικές σχέσεις για να αιτιολογήσουν την ισότητα των εμβαδών.

- Οι μαθητές στην πλειοψηφία τους, φάνηκε ότι δεν αναγνωρίζουν τη δυνατότητα δύο ή περισσότερων τριγώνων με κοινή βάση και ίσα ύψη να έχουν διαφορετικό σχήμα και το ίδιο εμβαδόν. Πολύ λίγοι έδωσαν αιτιολογήσεις που στηρίζονταν στην ανάπτυξη κάποιου είδους εξισορρόπησης των επιφανειών. Επιπλέον, πολύ λίγοι μαθητές μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τις πολλαπλασιαστικές σχέσεις για να αιτιολογήσουν την ισότητα των εμβαδών.

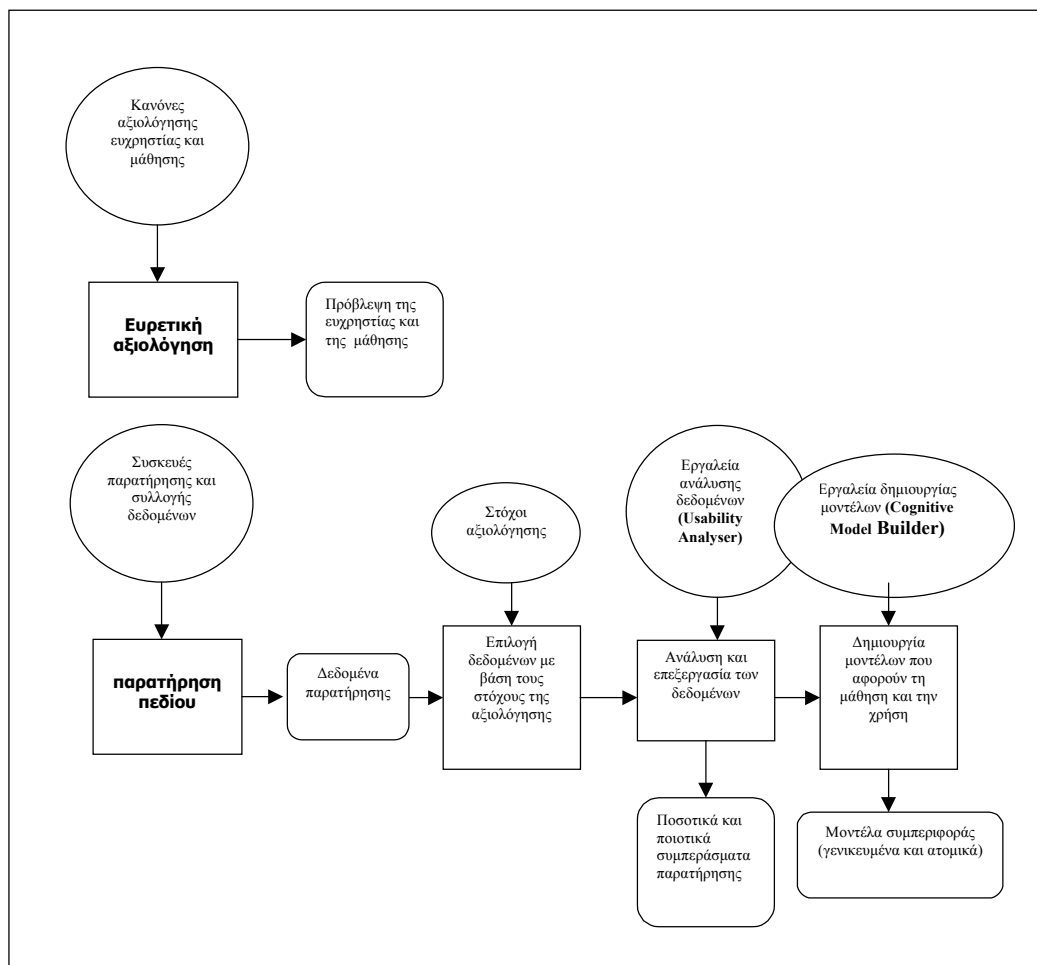
Ερμηνεία

Η γνώση αυτή κατασκευάστηκε σε αλληλεπίδραση με τις λειτουργίες του μικρόκοσμου και μέσα από τον αναστοχασμό των μαθητών στα σχήματα που δημιουργούνταν με τις παραπάνω λειτουργίες στην οθόνη του υπολογιστή. Οι μαθητές με την επιλογή των αυτόματων μετασχηματισμών φαίνεται ότι προτιμούν τις εύκολες λύσεις. Από την άλλη μεριά φαίνεται ότι οι αυτόματοι μετασχηματισμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των παιδιών και τον εντοπισμό των δυσκολιών τους σχετικά με τη δυνατότητα διατήρησης της επιφάνειας γενικά, αλλά και σε ειδικές μορφές σχημάτων όπως τα παραλληλόγραμμα και τα τρίγωνα. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη διαδικασιών αιτιολόγησης και απόδειξης όπως και

για τη διερεύνηση των πολλαπλασιαστικών σχέσεων που υπονοούνται στους παραπάνω μετασχηματισμούς.

Με τον ίδιο τρόπο παρουσιάστηκαν τα υπόλοιπα ευρήματα της έρευνας που αφορούσαν τις στρατηγικές επίλυσης των μαθητών για τις δραστηριότητες που δόθηκαν στο περιβάλλον του μικρόκοσμου και στο περιβάλλον χαρτί μολύβι. Στη συνέχεια ακολούθησε συζήτηση των ευρημάτων της έρευνας και διεξαγωγή συμπερασμάτων για το πώς κατασκευάζουν οι μαθητές τις έννοιες της διατήρησης και της μέτρησης της επιφάνειας σε κάθε περιβάλλον μάθησης.

4.4.7. Αξιολόγηση της ευχρηστίας σε σχέση με τη μάθηση : το παράδειγμα του εκπ/κού λογισμικού C.AR.ME.



Σχήμα 4.4. Διαγραμματική παράσταση του περιβάλλοντος αξιολόγησης

Στο σχήμα 4.4. παρουσιάζεται μια διαγραμματική παράσταση του περιβάλλοντος το οποίο δημιουργήθηκε για την αξιολόγηση της ευχρηστίας σε συνδυασμό με τη μάθηση του μικρόκοσμου C.AR.ME (Κορδάκη, Αβούρης & Τσέλιος, 2000). Στα πλαίσια του συνδυάζονται διαφορετικές τεχνικές που παρουσιάζονται στη συνέχεια.

4.4.7.1. Η Ευρετική αξιολόγηση

Η μέθοδος της ευρετικής αξιολόγησης αφορά στην εξέταση του συστήματος από ειδικούς οι οποίοι ελέγχουν κατά πόσο το σύστημα ικανοποιεί αποδεκτούς ευρετικούς κανόνες (heuristic rules) οι οποίοι έχουν αναπτυχθεί με βάση θεωρητικά μοντέλα και συσσωρευμένη εμπειρία. Στον πίνακα 1 παρατίθενται ορισμένοι κανόνες που διέπουν ανοικτά περιβάλλοντα μάθησης, προσαρμοσμένοι από το (Κορδάκη, και άλλοι, 2000),. Κατά την αξιολόγηση του συστήματος ελέγχεται αν ικανοποιούνται και σε ποιο βαθμό οι οκτώ απαιτήσεις αυτού του πίνακα.

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">[α1] Είναι δυνατή η ενεργητική συμμετοχή του μαθητή στην αλληλεπίδραση του με το σύστημα;[α2] Είναι δυνατή η ανάπτυξη προσωπικών στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων από τους μαθητές;[α3] Διατίθενται εργαλεία από το περιβάλλον προς τον μαθητή που ανταποκρίνονται στον τρόπο που ο μαθητής μαθαίνει σύμφωνα με το νοητικό του επίπεδο;[α4] Τα εργαλεία που διατίθενται είναι κυμαινόμενης διαφάνειας ώστε να είναι δυνατή η έκφραση ατομικών διαφορών μεταξύ των μαθητών καθώς και εσωτερικών διαφορών του κάθε μαθητή;[α5] Παρέχει το περιβάλλον δυνατότητα πειραματισμού με τις έννοιες που οικοδομούνται;[α6] Υπάρχουν πολλαπλές αναπαραστάσεις και πολλαπλές λύσεις που μπορεί να δοθούν από τους μαθητές;[α7] Παρέχεται επαρκής ανάδραση της κατάστασης του συστήματος και της προόδου που έχει επιτευχθεί ώστε να είναι δυνατός ο αναστοχασμός του μαθητή;[α8] Υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου της ορθότητας των δραστηριοτήτων από τον ίδιο τον μαθητή; |
|---|

Πίνακας 1. Κανόνες μαθησιακών χαρακτηριστικών ανοικτών περιβαλλόντων μάθησης

Στον πίνακα 2 παρατίθενται οι καθιερωμένοι ευρετικοί κανόνες ευχρηστίας λογισμικού (Nielsen, 1994).

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">[ε1] Παρέχει το σύστημα συνεχώς κατάλληλη ανάδραση της κατάστασης του σε εύλογο χρόνο;[ε2] Χρησιμοποιείται απλή και κατανοητή γλώσσα και εικονικές και συμβολικές αναπαραστάσεις που είναι προσαρμοσμένες στο νοητικό επίπεδο του χρήστη ;[ε3] Παρέχεται δυνατότητα ελέγχου και ελευθερία κίνησης στον χρήστη, π.χ. δυνατότητα αναίρεσης εσφαλμένης ενέργειας (undo) ;[ε4] Υπάρχει συνέπεια στην χρήση ορολογίας επιλογών, σημασιολογία συμβόλων κλπ, σε όλη τη διεπιφάνεια χρήστη;[ε5] Το σύστημα προστατεύει τον χρήστη από πιθανά σφάλματα;[ε6] Γίνεται προσπάθεια ελαχιστοποίησης του μνημονικού φορτίου του χρήστη, περιορίζονται στο ελάχιστο όσα ο χρήστης πρέπει να θυμάται;[ε7] Το σύστημα προσαρμόζεται στις ανάγκες των πεπειραμένων χρηστών, παρέχοντας συντομεύσεις σε συχνές ακολουθίες ενεργειών;[ε8] Το σύστημα χαρακτηρίζεται από καλαισθησία και μινιμαλισμό στην παρεχόμενη πληροφορία ώστε να αποφεύγεται σύγχυση του χρήστη;[ε9] Τα μηνύματα σε περίπτωση σφάλματος είναι σαφή και κατανοητά και προτείνουν διέξοδο από το σφάλμα;[ε10] Η παρεχόμενη βοήθεια και εγχειρίδια χρήσης είναι σύντομα και περιεκτικά, και εστιάζουν σε εργασίες του χρήστη αντί για λειτουργίες του συστήματος; |
|--|

Μετά από σύγκριση των δύο ομάδων κανόνων που φαίνονται στους Πίνακες 1 και 2, παρατηρούμε ότι αυτές δεν έρχονται σε κανένα σημείο σε σύγκρουση. Σε κάποιο βαθμό παρατηρείται επικάλυψη μεταξύ των κανόνων αν και η έμφαση είναι διαφορετική. Για παράδειγμα οι κανόνες (α7) και (ε1) ταυτίζονται. Επίσης οι κανόνες (α1) και (ε3) είναι συμπληρωματικοί και αφορούν στο ίδιο αντικείμενο, δηλ. στον βαθμό ελέγχου που ο μαθητής έχει επί της διαδικασίας. Επίσης οι κανόνες (α3) και (ε2) εκφράζουν παρόμοια απαίτηση, δηλαδή την ανάγκη το σύστημα να είναι προσαρμοσμένο στο νοητικό επίπεδο του μαθητή. Οι υπόλοιποι κανόνες είναι απόλυτα συμπληρωματικοί, γενικά δε η πρώτη ομάδα καλύπτει λειτουργικά χαρακτηριστικά ενώ η δεύτερη καλύπτει χαρακτηριστικά της διεπιφάνειας χρήσης και της διάδρασης του μαθητή με το σύστημα. Στα πειράματα που έγιναν οι κανόνες συνδυάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ως ενιαίο σύνολο. Σε αντίθεση με άλλες τεχνικές, όπως ερωτηματολόγια, οι άξονες αξιολόγησης είναι σχετικά λίγοι και γενικής μορφής. Το αποτέλεσμα της φάσης αξιολόγησης αυτής για το CARME πήρε τη μορφή μιας έκθεσης από παρατηρήσεις που αφορούν κάθε ξεχωριστό ευρετικό κανόνα. Για παράδειγμα οι παρατηρήσεις που αφορούν τον κανόνα [ε3] φαίνονται στον πίνακα 3. Μια γενική παρατήρηση ήταν ότι ενώ οι κανόνες της ομάδας (α) ικανοποιούνται σε μεγάλο βαθμό, αυτοί της ομάδας (ε) ανέδειξαν πολλαπλά προβλήματα του συστήματος.

Κανόνας [ε3]: Ελευθερία κίνησης- δυνατότητα αναιρέσης

- Δεν υπάρχει δυνατότητα αναίρεσης κάποιας ενέργειας του μαθητή (π.χ. αναίρεση σχεδίασης μιας πλευράς πολυγώνου κλπ)
- Για να γίνει στροφή ενός σχήματος, πρέπει ο μαθητής να σχεδιάσει πρώτα επιλέγοντας το σχήμα, μετά να ορίσει τη γωνία στροφής, να μετρήσει τη γωνία και τέλος να δώσει την εντολή "στροφή"
- κατά τη διαδικασία σχεδίασης αν γίνει επιλογή από μενού χωρίς να ολοκληρωθεί η σχεδίαση δεν δίνεται η δυνατότητα να ολοκληρωθεί η σχεδίαση
- δεν δίνεται η δυνατότητα εναλλακτικού τρόπου ορισμού γωνίας στροφής (π.χ. με ορισμό μοιρών)

Πίνακας 3. Παρατηρήσεις ειδικών με βάση τον ευρετικό κανόνα [ε3]

4.4.7.2. Αξιολόγηση μέσω μοντέλου εργασιών

Η μέθοδος *μοντέλου εργασιών* (task model) ή *γνωστικού μοντέλου του χρήστη* είναι μια διαδεδομένη μέθοδος σχεδιασμού διαδραστικών συστημάτων. Στηρίζεται στο συνδυασμό της τεχνικής ιεραρχικής ανάλυσης εργασιών (Hierarchical Task Analysis ή HTA) και του

γνωσιακού μοντέλου ανάλυσης δραστηριοτήτων (Goals-Operators-Methods-Selection Rules ή GOMS) (Kieras 1996).

Η μέθοδος HTA αποτελεί μια αναλυτική και ιεραρχική διαδικασία διάσπασης της βασικής δραστηριότητας σε μη επικαλυπτόμενες δραστηριότητες-μέρη. Στη συνέχεια κάθε επιμέρους δραστηριότητα αναλύεται με τον ίδιο τρόπο έως ότου προκύψουν στοιχειώδεις δραστηριότητες. Η μέθοδος του γνωσιακού μοντέλου ανάλυσης δραστηριοτήτων GOMS συνδέει τους *γνωσιακούς στόχους* (Goals) του μαθητή στο πιο πάνω επίπεδο με τις *μεθόδους* (Methods) που ακολουθεί τους *κανόνες* (Selection Rules) που επιλέγει προκειμένου να πραγματοποιήσει τις μεθόδους του και τις *λειτουργίες* (Operations) που εκτελεί στο υπολογιστή προκειμένου να υλοποιήσει τους κανόνες που επέλεξε.

Η μέθοδος του γνωσιακού μοντέλου ανάλυσης δραστηριοτήτων GOMS στο ανώτερο επίπεδο περιλαμβάνει τους στόχους που ο χρήστης επιθυμεί να επιτύχει χρησιμοποιώντας το σύστημα, ενώ στο κατώτερο ιεραρχικά επίπεδο περιγράφει ακριβώς την αλληλεπίδραση χρήστη-συστήματος (keystroke level) για την επίτευξη των στόχων αυτών. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει στον σχεδιαστή ενός συστήματος να μελετήσει το σύστημα από την πλευρά του χρήστη και να σχεδιάσει τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του και τα χαρακτηριστικά αλληλεπίδρασης. Η εφαρμογή των μεθόδων αυτών σε επίπεδο μαθητή επιτρέπει την καταγραφή της μαθησιακής του συμπεριφοράς.

Στα πλαίσια αξιολόγησης του CARME δημιουργήθηκε το μοντέλο των εργασιών του μαθητή (Kordaki & Anouris, 2000), με την αξιοποίηση της έρευνας αξιολόγησης στο πεδίο (4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 4.4.5 και 4.4.6) Το μοντέλο αυτό δεν αφορούσε την επίλυση του προβλήματος από κάποιον συγκεκριμένο μαθητή, αλλά όλες τις προσεγγίσεις που καταγράφηκαν στο πεδίο, αγνοώντας τις παρανοήσεις σημασιολογικού (σχετικές με την έννοια της επιφάνειας, κλπ) και συντακτικού χαρακτήρα (χρήση εργαλείων). Είναι σημαντικό να σημειωθεί εδώ ότι το αρχικό μοντέλο σχεδιαστή όσον αφορά τις ενέργειες του μαθητή διέφερε σε αρκετά σημεία από τα ευρήματα τα οποία προέκυψαν από τη μελέτη στο πεδίο. Για παράδειγμα το αρχικό μοντέλο σχεδιαστή προέβλεπε διακριτή χρήση των διατιθέμενων εργαλείων και διακριτή αντιμετώπιση των εννοιών «διατήρηση επιφάνειας» και «μέτρηση επιφάνειας» ενώ οι μαθητές συχνά

έτειναν να συνδυάζουν εργαλεία και να αντιμετωπίζουν τις δύο αυτές έννοιες σε συνδυασμό.

Στην παρακάτω ενότητα (4.4.7.3) γίνεται αναλυτική παρουσίαση του μοντέλου του μαθητή προκειμένου για την πραγματοποίηση της δραστηριότητας του μετασχηματισμού στο πείραμα αξιολόγησης του μικρόκοσμου C.AR.ME. με μαθητές.

Το μοντέλο που παρουσιάζεται βοηθά στην αξιολόγηση της ευχρηστίας του εκπαιδευτικού λογισμικού σε συνδυασμό με τη μάθηση διότι παρουσιάζει το είδος της μάθησης που μπορεί να λαμβάνει χώρα κατά την αλληλεπίδραση των μαθητών με το λογισμικό σε αντιστοιχία με το είδος της επιθυμητής αλληλεπίδρασης των μαθητών με τις λειτουργίες του λογισμικού - δηλαδή πως ένας expert θα πραγματοποιούσε τις στρατηγικές που επινοούν οι μαθητές στο περιβάλλον του λογισμικού - προκειμένου να επιτευχθεί αυτή η μάθηση. Στη συνέχεια μπορούν να γίνουν συγκρίσεις της επιθυμητής αλληλεπίδρασης των μαθητών με την πραγματική αλληλεπίδραση όπως αυτή προκύπτει από την καταγραφή των αλληλεπιδράσεων των μαθητών σε logfiles. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατό να διαπιστωθούν τα προβλήματα λειτουργίας του λογισμικού.

4.4.7.3. Η κατασκευή του μοντέλου του μαθητή με χρήση τεχνικών HTA και GOMS στην αξιολόγηση της ευχρηστίας σε συνδυασμό με τη μάθηση

Page 1

