

**Η πιλοτική μελέτη αξιολόγησης ενός μικρόκοσμου που αφορά στην έννοια
της διατήρησης της επιφάνειας.**

Μαρία Κορδάκη και Δέσποινα Πόταρη

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Παν/μίου Πατρών

e-mail : kordaki@packet-g.cti.gr, potari@patreas.upatras.gr

Περίληψη

Σε αυτή την εργασία θα σας παρουσιάσουμε την πιλοτική φάση ποιοτικής και διαμορφωτικής αξιολόγησης ενός μικρόκοσμου ο οποίος κατασκευάστηκε προκειμένου να αποτελέσει ένα πιθανό περιβάλλον μάθησης εννοιών που αφορούν στη διατήρηση της επιφάνειας. Κατά τη διάρκεια της πιλοτικής φάσης δοκιμάστηκαν ερωτήματα που σχετίζονται με την αξιολόγηση του λογισμικού ως προς τη λειτουργικότητά του και ως προς τη δυνατότητά του να αποτελέσει ένα πιθανό περιβάλλον μάθησης. Για το σκοπό αυτό δοκιμάστηκαν οι επιλογές του interface του μικρόκοσμου ως προς τη καλή λειτουργία τους αλλά και ως προς τη σημασία που αποκτούν για το μαθητή. Επιπλέον διερευνήθηκε ο καταλληλότερος τρόπος εξοικείωσης των μαθητών με το λογισμικό. Προκειμένου για την αξιολόγηση του λογισμικού ως πιθανό περιβάλλον μάθησης δοκιμάστηκε η καταλληλότητα της δραστηριότητας με την οποία τα παιδιά καλούνται να αλληλεπιδράσουν στο περιβάλλον του μικρόκοσμου. Επιπλέον καθορίστηκε η ηλικία των παιδιών με τα οποία θα πραγματοποιηθεί η κυρίως φάση της έρευνας, το είδος των δεδομένων που απαιτούνται για την αξιολόγηση καθώς και οι τεχνικές συλλογής τους.

1. Εισαγωγή

Η διατήρηση και η μέτρηση της επιφάνειας

Η μέτρηση γενικά αποτελεί μια σημαντική δραστηριότητα για όλους τους λαούς γιατί συνδέεται με την σύγκριση, την ταξινόμηση και την ποσοτικοποίηση ποιοτήτων που έχουν αξία και ενδιαφέρον. Ειδικότερα η μέτρηση της επιφάνειας αποτελεί μέρος του πολιτισμού, της επιστήμης και της τεχνολογίας αλλά και της καθημερινής ζωής του κάθε ατόμου ξεχωριστά αλλά και όλων των ανθρώπων γενικότερα ([17]). Ως εκ τούτου η κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με τη μέτρηση της επιφάνειας αποκτούν ιδιαίτερη σημασία. Σύμφωνα με τον Piaget et al ([15]) προαπαιτούμενη έννοια για την κατανόηση της έννοιας της μέτρησης θεωρείται η έννοια της διατήρησης ([15],[1]). Τα παιδιά παρουσιάζουν δυσκολίες στο να κατανοήσουν την έννοια της διατήρησης της επιφάνειας ύστερα από τεμαχισμό και ανασύνθεση ([4]), και ιδιαίτερα όταν πρόκειται για επιφάνειες που δεν έχουν γνωστό γεωμετρικό σχήμα ή δεν αποτελούνται από σύνθεση γνωστών γεωμετρικών σχημάτων ([4]). Επιπλέον όταν δίδονται στα παιδιά σχήματα με αριθμητικά δεδομένα προσπαθούν να δημιουργήσουν απαντήσεις χρησιμοποιώντας αυτά τα δεδομένα με κάθε τρόπο ([7]). Στο Δημοτικό Σχολείο όπως φαίνεται από τα βιβλία και τα αναλυτικά προγράμματα, τα παιδιά δεν έρχονται σε επαφή με προβλήματα διατήρησης. Στο Γυμνάσιο, οι μαθητές

αντιμετωπίζουν προβλήματα διατήρησης τα οποία όμως καλούνται να λύσουν μέσα από τη μέτρηση, χρησιμοποιώντας τετραγωνισμένο χαρτί.

Η Παρουσίαση του λογισμικού

Παίρνοντας υπόψη τη σημασία της έννοιας της διατήρησης για τη λειτουργία της μέτρησης, τις δυσκολίες των μαθητών που σχετίζονται με αυτή την έννοια και το ότι συνήθως δεν δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να περάσουν στη μέτρηση μέσα από τη διατήρηση, αναπτύξαμε ([9]) έναν μικρόκοσμο σε ηλεκτρονικό υπολογιστή προκειμένου να δώσουμε ευκαιρίες πειραματισμού στους μαθητές με αυτή την έννοια. Το εκπαιδευτικό λογισμικό που χρησιμοποιήσαμε ([9]) δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να αντιμετωπίσουν προβλήματα που σχετίζονται με τη διατήρηση της επιφάνειας μέσα από τη χρήση της αντιγραφής, της κοπής και της επικόλλησης, καθώς και της στροφής και της συμμετρίας ενός σχήματος ως προς άξονα. Αυτές οι λειτουργίες αποτελούν προσομοιώσεις στο περιβάλλον του υπολογιστή των αισθησιοκινητικών ενεργειών του παιδιού όταν εμπλέκεται σε προβλήματα διατήρησης. Επιπλέον ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να σχεδιάσει τα δικά του σχήματα (πολύγωνα) με τη χρήση των εντολών σχεδίασης που του προσφέρει αυτό το περιβάλλον.

Οι λειτουργίες του λογισμικού όπως εμφανίζονται στο interface παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

ΑΡΧΕΙΟ	ΣΧΕΔΙΑΣΗ	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	ΒΟΗΘΕΙΑ
Ανοιγμα	Τετραγωνικός καμβάς	Επιλογή όλου	ΑΡΧΕΙΟ
Αποθήκευση	Τριγωνικός καμβάς	Επιλογή μέρους	ΣΧΕΔΙΑΣΗ
Εξοδος	Σχεδίαση πολυγώνου	Κοπή	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ
	Σχεδίαση	Επικόλληση	
	ευθ. τμήματος	Επιλογή	
	Καθάρισμα οθόνης	γωνίας στροφής	
		Στροφή	
		Επιλογή	
		άξονα συμμετρίας	
		Συμμετρία	
		ως προς άξονα	
		Σβύσιμο	

Η διάθεση δύο καμβάδων (καρρέ), ενός που δημιουργείται με μονάδα το ορθογώνιο και ενός που δημιουργείται με μονάδα το ισόπλευρο τρίγωνο, δίνουν στο μαθητή τη δυνατότητα να σχεδιάσει σχήματα των οποίων οι πλευρές έχουν κάποια αναλογία όπως και γωνίες πολλαπλάσια ή υποπολλαπλάσια των 90 και 60 μοιρών αντίστοιχα. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η πρόωρη αριθμητικοποίηση της μέτρησης μηκών και γωνιών με τη χρήση των τυποποιημένων μονάδων ή με χρήση της αυτόματης μέτρησης τους μέσω κάποιας λειτουργίας του υπολογιστή.

Η αλληλεπίδραση των μαθητών με τις αισθησιοκινητικές τους ενέργειες σε περιβάλλον υπολογιστή τους δίνει τη δυνατότητα να μετατρέψουν αυτές τις ενέργειες σε συνειδητές πράξεις ([6]). Σε αυτή τη

διαδικασία αναγκάζονται να πάρουν αποφάσεις για τη σειρά και τον τρόπο που θα χρησιμοποιήσουν αυτές τις ενέργειες με περισσότερη συνείδηση και συντονισμό από ότι στο περιβάλλον χαρτί – μολύβι. Η εξεικόνιση αυτών των ενεργειών στο περιβάλλον του λογισμικού βοηθά τους μαθητές να αναστοχάζονται και να αναπτύσσουν έτσι τις γνωστικές τους δομές ([5]).

Επιπλέον τους δίνεται η δυνατότητα να έλθουν σε επαφή με τις Μαθηματικές έννοιες που έχουν χρησιμοποιηθεί από το σχεδιαστή του λογισμικού για την υλοποίηση αυτών των ενεργειών και επομένως να διευρύνουν τις ευκαιρίες τους για μάθηση ([2]). Πιο συγκεκριμένα, η επικόλληση γίνεται μέσα από την παράλληλη μετατόπιση του σχήματος και τη στροφή. Η στροφή πραγματοποιείται στο χώρο με συνδυασμό στροφής στο επίπεδο και συμμετρίας ως προς άξονα. Η στροφή πραγματοποιείται με σχεδίαση της γωνίας στροφής. Η πρώτη πλευρά της γωνίας σχεδιάζεται ώστε να βρίσκεται πάνω στη θέση του σχήματος πριν τη στροφή, η κορυφή της γωνίας να δείχνει το σημείο της στροφής ενώ η τελευταία πλευρά της γωνίας δείχνει την κατεύθυνση προς την οποία θα πρέπει να στραφεί το σχήμα. Στο ηλεκτρονικό περιβάλλον η έννοια της διατήρησης έχει αναλυθεί ώστε να εκφράζονται οι πολλαπλές όψεις της έννοιας μέσα από την αλλαγή της θέσης του σχήματος (μεταφορά, στροφή, συμμετρία) ή μέσα από την αλλαγή του σχήματος (τεμαχισμός και ανασύνθεση). Η δυνατότητα αυτή έχει θετική επίδραση στη γνωστική ανάπτυξη του μαθητή διότι τον βοηθά να σχηματίζει πιο αφηρημένες έννοιες ([5],[8]).

Η δημιουργία αντιγράφου και η υλοποίηση της κοπής έτσι ώστε να παραμένει το ίχνος του περιγράμματος της επιφάνειας που έχει κοπεί, μπορούν να δημιουργήσουν μια σύνδεση της προηγούμενης μορφής του σχήματος με την μορφή του μετά το μετασχηματισμό. Έτσι μέσα από την αισθητηριακή σύγκριση των σχημάτων δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να κατανοήσουν την έννοια της διατήρησης. Επιπλέον η μη εμφάνιση αριθμητικών στοιχείων στις πλευρές και τις γωνίες των σχημάτων στρέφουν τους μαθητές σε μετασχηματισμούς της επιφάνειας με ποιοτικούς χειρισμούς και όχι με τη χρήση των τύπων υπολογισμού ([16]).

2. Η πιλοτική φάση της αξιολόγησης

Το θεωρητικό πλαίσιο

Η αξιολόγηση ενός εκπαιδευτικού υλικού διερευνάται μέσα από την επίδρασή του στην ποιότητα της γνώσης που μπορούν οι μαθητές να κατασκευάσουν κατά την αλληλεπίδραση τους με αυτό ([18]). Η γνωσιοθεωρητική τοποθέτηση του σχεδιαστή ενός υλικού αντανακλάται σε αυτό και καθορίζει τον τρόπο αξιολόγησης του. Η γνωσιοθεωρητική μας τοποθέτηση θεωρεί τη μάθηση μια υποκειμενική και ενεργητική διαδικασία του ατόμου στην προσπάθειά του να προσαρμοσθεί στο περιβάλλον του ([23]). Σύμφωνα με αυτή τη θεώρηση είναι η μεθοδολογική επιλογή να δοθεί έμφαση κατά την αξιολόγηση στη διαδικασία κατασκευής της γνώσης και όχι μόνο στο αποτέλεσμα. Δεν υπάρχουν κάποιοι συγκεκριμένοι και προκαθορισμένοι μαθησιακοί στόχοι. Προσεγγίζουμε δηλαδή την αξιολόγηση αυτού του ηλεκτρονικού εκπαιδευτικού υλικού με μια ποιοτική και φαινομενολογική μέθοδο ([3]).

Η διαδικασία της αλληλεπίδρασης του μαθητή με το ηλεκτρονικό περιβάλλον πραγματοποιείται στα πλαίσια της δραστηριότητας την οποία καλείται ο μαθητής να φέρει σε πέρας. Ο ρόλος των δραστηριοτήτων αλλά και γενικότερα του πλαισίου (context) στο οποίο οι μαθητές λειτουργούν είναι καθοριστικός στη διαφοροποίηση των προσεγγίσεών τους ([14], [13], [10]). Από αυτήν την άποψη ένα περιβάλλον μάθησης αξιολογείται σε συνάρτηση με τη δραστηριότητα που τίθεται. Σημαντικό ρόλο επίσης στη διαδικασία της αλληλεπίδρασης κατέχει η επικοινωνία των μαθητών μεταξύ τους.

Το εκπαιδευτικό υλικό αποτελεί ένα εργαλείο που το συνθέτουν μια σειρά από λειτουργίες. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να βρεθεί ο καταλληλότερος τρόπος εξοικείωσης των μαθητών με αυτό, στα πλαίσια πάντοτε του περιορισμένου χρόνου μιας έρευνας ο οποίος θα πρέπει επίσης να προσδιορισθεί. Κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης θα πρέπει να γίνει διερεύνηση ως προς τα πιθανά προβλήματα που σχετίζονται με τη λειτουργία του λογισμικού αλλά και ως προς τη φιλικότητα των εντολών που βρίσκονται στο interface με το μαθητή.

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

Οι έννοιες και ο τρόπος με τον οποίο αυτές υλοποιούνται στο λογισμικό καθορίζουν με τη σειρά τους το φάσμα των ηλικιών των παιδιών τα οποία στα πλαίσια της αλληλεπίδρασης τους με αυτό και τη δραστηριότητα θα δώσουν τα δεδομένα εκείνα στον ερευνητή ώστε να του επιτρέψουν να το αξιολογήσει.

Ερωτήματα και επιλογές κατά την πιλοτική φάση της έρευνας

Τα ερωτήματα τα οποία έπρεπε να απαντηθούν στα πλαίσια της πιλοτικής φάσης της αξιολόγησης ήταν:

α) σχετικά με την αξιολόγηση της λειτουργικότητας των λειτουργιών του λογισμικού

- Η εξοικείωση με το ηλεκτρονικό περιβάλλον θα γίνει στα πλαίσια της κύριας δραστηριότητας της έρευνας ή θα αποτελέσει ανεξάρτητο μέρος?

Αποφασίσαμε να δοκιμάσουμε να εντάξουμε αυτή τη διαδικασία στα πλαίσια της κύριας δραστηριότητας.

- Ποιες αλλαγές χρειάζονται να γίνουν στις εντολές του interface ώστε να αποκτούν νόημα για τους μαθητές και να αποφεύγονται προβλήματα κακής λειτουργίας;

β) σχετικά με την διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης του λογισμικού ως πιθανού περιβάλλοντος μάθησης

- Ποιά θα είναι η κύρια δραστηριότητα και τα ερωτήματα που θα κληθούν οι μαθητές να αντιμετωπίσουν στα πλαίσια της κυρίας φάσης της έρευνας;

Δοκιμάσαμε να δώσουμε στους μαθητές ένα ακανόνιστο πολύγωνο με το ερώτημα:

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

Σε περίπτωση πραγματοποίησης μετασχηματισμού θα γίνεται η ερώτηση "Πως εξηγείς ότι αυτά τα σχήματα έχουν το ίδιο ποσό επιφάνειας?"

- Ποιες μορφές επικοινωνίας θα αξιολογηθούν σε σχέση με το περιβάλλον του Υπολογιστή; Προκειμένου να δοθεί έμφαση στην αξιολόγηση της επίδρασης του λογισμικού στις ενέργειες του μαθητή επιλέξαμε να υπάρχει αντιστοιχία 1-1 μεταξύ μαθητή και Υπολογιστή. Μέσα από αυτή την αλληλεπίδραση ο μαθητής μπορεί να εκφράσει τις δικές του αναπαραστάσεις για μια έννοια ή να εξερευνήσει τις αναπαραστάσεις του σχεδιαστή του ηλεκτρονικού περιβάλλοντος ([11], [12]).

γ) σχετικά με τα δεδομένα και τις τεχνικές συλλογής τους

- Τι είδους δεδομένα εξυπηρετούν το είδος της αξιολόγησης που επιθυμούμε να πραγματοποιήσουμε και με ποιες διαδικασίες θα γίνει η συλλογή τους;

Τα δεδομένα που ικανοποιούν το είδος της αξιολόγησης που περιγράψαμε πρέπει να έχουν ποιοτικό χαρακτήρα. Επομένως πρέπει να καταγράφεται κάθε τι που έγινε και το πώς έγινε. Για το λόγο αυτό τα όργανα συλλογής δεδομένων που θα χρησιμοποιήσουμε στην πιλοτική φάση της έρευνας θα είναι:

1) Η ηλεκτρονική καταγραφή όλων των ενεργειών του μαθητή.(log files).

2) Η ηλεκτρονική καταγραφή όλων των εικόνων των αποτελεσμάτων των ενεργειών του μαθητή.

3) Χειρόγραφο περιληπτικό πρωτόκολλο όλων των μεθόδων που οι μαθητές ακολούθησαν προκειμένου να φέρουν σε πέρας τη δραστηριότητα της έρευνας. Καταγραφή σε αυτό των βασικών εννοιολογικών διαφοροποιήσεων όπως και των κυριότερων δυσκολιών που σχετίζονται με τις λειτουργίες του ηλεκτρονικού περιβάλλοντος

4) Καταγραφή οποιασδήποτε συνομιλίας που συνόδευε τις ενέργειες των μαθητών.

- Ποια είναι η καταλληλότερη ηλικία παιδιών για να γίνει η κυρίως έρευνα;

Δοκιμάσαμε να πραγματοποιήσουμε την πιλοτική φάση αξιολόγησης του λογισμικού σε παιδιά ηλικίας Α' και Β' Γυμνασίου.

Οι επιλογές που έγιναν δοκιμάστηκαν ως προς την καταλληλότητά τους από μικρό δείγμα μαθητών. Πιο συγκεκριμένα το λογισμικό δοκιμάστηκε με 4 μαθητές. Από αυτούς οι δύο ήταν μαθητές της Α' Γυμνασίου και οι άλλοι δύο της Β'. Για την εξοικείωση των μαθητών με τις λειτουργίες του λογισμικού στα πλαίσια της δραστηριότητας της έρευνας, διατέθηκε όσος χρόνος χρειάστηκε στον καθένα.

3. Ανάλυση των δεδομένων - Αποτελέσματα

Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε:

α) οσον αφορά στις λειτουργίες του λογισμικού

Σχετικά με την διαδικασία εξοικείωσης των μαθητών με το περιβάλλον

Οι ενέργειες των μαθητών ήταν ασυντόνιστες. Ο κύριος λόγος ήταν ότι εξυπηρετούσαν δύο στόχους. Το στόχο της εξοικείωσης με το περιβάλλον και το στόχο της πραγματοποίησης της δραστηριότητας. Η πλοήγηση δηλαδή στο περιβάλλον των εντολών του μικρόκοσμου και της "Βοήθειας" απασχολούσε τους μαθητές ώστε να παραμελούν να φέρουν σε πέρας τη δραστηριότητα που τους είχε ανατεθεί.

Η εξερεύνηση των εντολών του interface από τους μαθητές δεν ήταν μεθοδική. Παρατηρήθηκε εξερεύνηση μόνο της πρώτης εντολής από κάθε λίστα με αποτέλεσμα να μην πειραματίζονται οι μαθητές με το σύνολο των εντολών. Επιπλέον παρατηρήθηκε μη αντιστοίχιση των εντολών του κυρίως προγράμματος

και της "Βοήθειας" που παρέχεται on-line από το πρόγραμμα. Έτσι κάποιος μαθητής ξεχνούσε ποια εντολή είχε επιλέξει από το κυρίως πρόγραμμα για να την επιλέξει και από τη "Βοήθεια" και όταν γύριζε στο κυρίως πρόγραμμα ξεχνούσε σε ποια εντολή αντιστοιχούσε η "Βοήθεια" στην οποία είχε ανατρέξει. Παρατηρήθηκε επίσης μαθητής που δε χρησιμοποιούσε καθόλου τη "Βοήθεια".

Οι μαθητές της Α' τάξης χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο για να εξοικειωθούν με τις λειτουργίες του λογισμικού σε σχέση με τους μαθητές της Β' τάξης στα πλαίσια της κύριας δραστηριότητας της έρευνας.

Για όλους τους παραπάνω λόγους αποφασίσαμε να διαχωρίσουμε τη φάση της εξοικείωσης των μαθητών με το λογισμικό από τη φάση της αντιμετώπισης από αυτούς του βασικού προβλήματος της έρευνας. Έτσι κατασκευάσαμε και δοκιμάσαμε να προτείνουμε στους μαθητές μια σειρά βασικών και στοιχειωδών δραστηριοτήτων. Αυτές ήταν:

- 1) Δοκίμασε να εμφανίσεις τον τετραγωνικό καμβά και μετά απόσυρε τον.
- 2) Δοκίμασε να εμφανίσεις τον τριγωνικό καμβά και μετά απόσυρε τον.
- 3) Σχεδίασε ένα σχήμα.
- 4) Σχεδίασε ένα ευθύγραμμο τμήμα.
- 5) Αντέγραψε το σχήμα που σχεδίασες και μετέφερε το σε ένα άλλο μέρος της οθόνης.
- 6) Στρίψε το σχήμα ως προς ένα σημείο και κατά μια γωνία της επιλογής σου. Πειραματίσου ως προς τη στροφή ενός σχήματος ως προς μια ποικιλία γωνιών και σημείων στροφής.
- 7) Κατασκεύασε έναν άξονα συμμετρίας και δοκίμασε να φτιάξεις το συμμετρικό του σχήματος ως προς αυτόν τον άξονα. Πειραματίσου με τη συμμετρία ενός σχήματος ως προς διάφορους άξονες συμμετρίας.
- 8) Επέλεξε ένα μέρος του σχήματος.
- 9) Δοκίμασε τις δραστηριότητες 5, 6 και 7 για το μέρος που επέλεξες. Επέλεξε διαφορετικά μέρη του σχήματος και πειραματίσου με τις ίδιες δραστηριότητες.

Σχετικά με τη κατανόηση των εντολών του interface από το μαθητή

Υπήρξαν δυσκολίες κατανόησης ορισμένων τίτλων εντολών γι' αυτό έγινε αντικατάσταση του τίτλου της λίστας "Γραφικά" με τον τίτλο "Σχεδίαση" και της λίστας " Διαχείριση" με τον τίτλο " Επεξεργασία". Διαπιστώθηκε επίσης η ανάγκη βαθύτερης κατανόησης του ότι για να επιδράσουν οι εντολές της λίστας " Επεξεργασία" σε ένα σχήμα θα πρέπει προηγουμένως να έχει επιλεγεί. Εάν αυτό έχει σχεδιαστεί με τις εντολές της λίστας " Σχεδίαση" θα πρέπει το σχήμα να επιλεγεί με την εντολή " Επιλογή όλου" ενώ αν πρόκειται για κάποιο μέρος σχήματος θα πρέπει αυτό να επιλεγεί επανασχεδιαζόμενο με χρήση της εντολής "Επιλογή μέρους". Αυτές οι παρατηρήσεις συνδέονται πιθανό με το ότι οι μαθητές δεν γνωρίζουν ότι ο υπολογιστής δεν αντιλαμβάνεται τις επιθυμίες του χρήστη παρά μόνο αν αυτός του τις δηλώσει και με τον τρόπο μάλιστα που ο υπολογιστής τις καταλαβαίνει.

Οι μαθητές είχαν δυσκολία στο να προσαρμοστούν στους κανόνες σχεδίασης του προγράμματος και μετέφεραν τις συνήθειες σχεδίασης από το περιβάλλον χαρτί – μολύβι. Για παράδειγμα σχεδίαζαν με το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού πατημένο κάτω συνέχεια και ανέμεναν να προκύπτουν πάντοτε λεία ευθύγραμμα τμήματα.

Σχετικά με τη λειτουργία των εντολών του προγράμματος.

Δεν είχε προβλεφθεί η περίπτωση επιλογής της εντολής "Συμμετρία ως προς "άξονα " χωρίς να έχει επιλεγεί η εντολή "κατασκευή άξονα συμμετρίας" έτσι στο πρόγραμμα παρατηρήθηκε ανώμαλος τερματισμός του προγράμματος το οποίο και διορθώθηκε.

β) σχετικά με την αξιολόγηση της καταλληλότητας του λογισμικού ως περιβάλλοντος μάθησης.

Γνωστικές διαστάσεις

Το ερώτημα "Μπορείς να μετασχηματίσεις αυτό το σχήμα σε ένα άλλο με το ίδιο ποσό επιφάνειας;" ήταν κατανοητό στους μαθητές και αποτελούσε γι αυτούς κίνητρο για να εμπλακούν στη διαδικασία αντιμετώπισης του. Οι δυνατότητες αλληλεπίδρασης όμως που τους έδινε δεν ήταν τέτοιες ώστε να αξιοποιούν με το μέγιστο τρόπο τις δυνατότητες του ηλεκτρονικού περιβάλλοντος και να κατασκευάζουν γνώση μέσα από μια ποικιλία αναπαραστάσεων. Αποφασίσαμε λοιπόν να τροποποιήσουμε το ερώτημα αυτό προς αυτή την κατεύθυνση. Ως εκ τούτου η νέα μορφή του ερωτήματος ήταν "Μπορείς να μετασχηματίσεις αυτό το σχήμα σε ένα άλλο με το ίδιο ποσό επιφάνειας με όσο το δυνατόν περισσότερους διαφορετικούς τρόπους;". Σε κάθε περίπτωση πραγματοποίησης μετασχηματισμού θα γίνεται η ερώτηση "Πως εξηγείς ότι αυτά τα σχήματα έχουν το ίδιο ποσό επιφάνειας?". Η απόφαση αυτή πάρθηκε κατά τη διάρκεια της πιλοτικής φάσης, δοκιμάστηκε και έδειξε πράγματι ότι τα παιδιά μπορούν να εξερευνήσουν τη δυνατότητα πραγματοποίησης μιας σειράς μετασχηματισμών του ίδιου σχήματος και βρίσκουν την δραστηριότητα ενδιαφέρουσα.

Το είδος της γνώσης που οι μαθητές κατασκεύασαν στο περιβάλλον του μικρόκοσμου είχε ποιοτικό χαρακτήρα καθώς οι μετασχηματισμοί που πραγματοποίησαν έγιναν με χρήση των προσομοιωμένων αισθησιοκινητικών τους ενεργειών στο περιβάλλον του υπολογιστή και όχι με χρήση των τύπων υπολογισμού. Επιπλέον πραγματοποιήθηκαν μετασχηματισμοί που προέκυψαν από συνθέσεις ήδη μετασχηματισμένων μερών. Πιο συγκεκριμένα οι στρατηγικές που παρατηρήθηκαν για την αντιμετώπιση του προβλήματος του μετασχηματισμού με όλους τους δυνατούς τρόπους από τους μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα ήταν:

- Μετασχηματισμός του σχήματος σε νέο ύστερα από διατήρηση του σχήματος και αλλαγή της θέσης του πάνω στην οθόνη του υπολογιστή.
 - Μετασχηματισμός ύστερα από κοπή και επικόλληση.
 - Μετασχηματισμός ύστερα από στροφή.
 - Μετασχηματισμός ύστερα από επικόλληση και στροφή.
 - Μετασχηματισμός ύστερα από την κατασκευή του συμμετρικού του σχήματος ως προς άξονα συμμετρίας.

Οι μαθητές που πραγματοποίησαν τις παραπάνω στρατηγικές φαίνεται να κατανοούν την έννοια της διατήρησης της επιφάνειας χωρίς αλλαγή του σχήματος και μόνον ύστερα από αλλαγή θέσης.

- Μετασχηματισμός ύστερα από αλλαγή της θέσης και του σχήματος στην οθόνη του υπολογιστή.
 - Τεμαχισμός του σχήματος σε μέρη και ανασύνθεση των μερών για τη δημιουργία νέου σχήματος.

Η στρατηγική αυτή πραγματοποιήθηκε με χρήση των εργαλείων που αποτελούν τις προσομοιώσεις των αισθησιοκινητικών ενεργειών των μαθητών. Αυτά τα εργαλεία επίσης αποτελούν προσομοιώσεις στοιχειωδών διατηρήσεων έτσι η στρατηγική αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως σύνθεση επι μέρους διατηρήσεων. Επιπλέον η διαδικασία πραγματοποίησης της βοηθά τους μαθητές να εξοικειωθούν με συνδυασμούς μαθηματικών εννοιών όπως παράλληλη μεταφορά στροφή και συμμετρία σχήματος ως προς άξονα. Μερικές από αυτές τις έννοιες ήταν άγνωστες για τους μαθητές όπως για παράδειγμα η έννοια της συμμετρίας ως προς άξονα. Διαπιστώθηκε η ανάγκη κατανόησης της επίδρασης της διαφοροποίησης του άξονα συμμετρίας στο συμμετρικό ενός σχήματος ως προς άξονα.

- *Μετασχηματισμός του σχήματος σε νέο με χρήση της λειτουργίας της μέτρησης.* Σ' αυτήν την στρατηγική χρησιμοποιήθηκε ως όργανο μέτρησης ο τετραγωνικός καμβάς, καταμετρήθηκε ο αριθμός των μονάδων που επικαλύπτουν το σχήμα και εκτιμήθηκαν μονάδες ως σύνθεση των μερών τους όπου αυτό ήταν απαραίτητο. Τέλος κατασκευάστηκε ένα νέο σχήμα (τετράγωνο) με τον ίδιο αριθμό μονάδων. Η στρατηγική αυτή δείχνει κατανόηση της διατήρησης της επιφάνειας ύστερα από τεμαχισμό της σε μονάδες και ανασύνθεση των μονάδων. Επιπλέον δείχνει κατανόηση της λειτουργίας της μέτρησης, δηλαδή κατανόηση της έννοιας της μονάδας και της έννοιας της καταμέτρησης των μονάδων με ανασύνθεση της μονάδας από τα μέρη της. Η δραστηριότητα και τα βασικά ερωτήματα της έρευνας ήταν κατάλληλα για τα παιδιά και των δύο τάξεων που δοκιμάστηκαν. Τα παιδιά της Α' τάξης χρειάζονταν περισσότερο χρόνο κυρίως με την κατανόηση της συσχέτισης της γωνίας στροφής του σημείου στροφής και της στροφής ενός σχήματος, όπως επίσης και για την κατανόηση της συμμετρίας ως προς άξονα.

Επικοινωνία

Σχετικά με την επικοινωνία, είδαμε ότι αξίζει τον κόπο να επικεντρωθούμε στη μελέτη της αλληλεπίδρασης υπολογιστή-μαθητή για τη διερεύνηση της ποικιλίας των μετασχηματισμών που ο μαθητής μπορεί να κατασκευάσει. Επίσης φάνηκε ότι είναι δυνατή η ταυτόχρονη πλήρης παρακολούθηση αυτής της δραστηριότητας δύο μαθητών και πλέον από έναν ερευνητή.

γ) σχετικά με τα δεδομένα και τις τεχνικές συλλογής τους

Το είδος των δεδομένων φάνηκε ότι ικανοποιούσαν τους στόχους αυτού του είδους της αξιολόγησης. Τα εργαλεία συλλογής τους βελτιώθηκαν και διαμορφώθηκαν ώστε:

α) κάθε αρχείο καταγραφής των ενεργειών του μαθητή (log.file) να έχει ένα όνομα που θα αποτελείται από αρχικά του επωνύμου του μαθητή.

β) κάθε εικόνα που περιγράφει μια ολοκληρωμένη προσπάθεια του μαθητή να πραγματοποιήσει μια προσέγγιση στο πρόβλημα του μετασχηματισμού, να αποθηκεύεται. Το όνομα που θα την αποθηκεύει στον Υπολογιστή θα αποτελείται από τα αρχικά που έχουν δοθεί στο αρχείο (log. file) με την προσθήκη ενός αριθμού που αναφέρεται στη στρατηγική που πραγματοποιεί ο μαθητής.

γ) το χειρόγραφο πρωτόκολλο των μεθόδων που οι μαθητές ακολούθησαν προκειμένου να φέρουν σε πέρας το πρόβλημα του μετασχηματισμού θα περιέχει, το όνομα του μαθητή, τον κωδικό που αντιστοιχεί στο (log.file), και την περιληπτική περιγραφή της μεθόδου στην οποία θα αντιστοιχεί επίσης ένας κωδικός, που θα παράγεται από τον κωδικό του (log.file) και έναν αριθμό. Ο κωδικός που αντιστοιχεί

στην κάθε μέθοδο θα δίδεται και στην εικόνα της και θα καταγράφεται επίσης και στο ηλεκτρονικό αρχείο καταγραφής των ενεργειών του μαθητή (log. file).

4. Συμπεράσματα

Με βάση την ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από την πιλοτική φάση αξιολόγησης του λογισμικού βγάλαμε συμπεράσματα που μας οδήγησαν στις παρακάτω αποφάσεις.

Σχετικά με την αξιολόγηση των λειτουργιών του λογισμικού, αποφασίσαμε τον διαχωρισμό της φάσης εξοικείωσης των μαθητών με το λογισμικό από την κυρίως δραστηριότητα της έρευνας. Διορθώσαμε ορισμένες επιλογές από το interface ώστε να γίνουν κατανοητές από το μαθητή και καταγράψαμε εκείνες τις επιλογές του λογισμικού που οι μαθητές δεν μπορούν εύκολα να χειριστούν ή έμφανίζουν εννοιολογικές δυσκολίες.

Η αξιολόγηση του λογισμικού ως περιβάλλον μάθησης επικεντρώνεται στο είδος της δραστηριότητας, στο είδος των μετασχηματισμών που μπορούν να πραγματοποιηθούν με τη χρήση του, καθώς και στο είδος της επικοινωνίας που πρέπει να επιλεγεί ώστε να διερευνηθεί κατά το δυνατόν η επίδραση του λογισμικού στην ποικιλία των αναπαραστάσεων.

Η δραστηριότητα που τέθηκε στους μαθητές φάνηκε να μπορεί να πραγματοποιηθεί στο περιβάλλον του λογισμικού και η τροποποίησή της οδήγησε σε ένα περιβάλλον που φαίνεται να προσφέρει στο μαθητή ευκαιρίες για πραγματοποίηση πολλαπλών αναπαραστάσεων της έννοιας της διατήρησης της επιφάνειας.

Η ποικιλία και το είδος των μετασχηματισμών που παρατηρήθηκαν αναδεικνύουν τις δυνατότητες του λογισμικού. Επιπλέον η πραγματοποίηση των μετασχηματισμών με τη χρήση των προσομοιωμένων αισθησιοκινητικών ενεργειών των μαθητών τους βοήθησε να τις χρησιμοποιούν πιο συνειδητά και να κατανοήσουν τις μαθηματικές έννοιες με τις οποίες έχουν υλοποιηθεί αυτές οι προσομοιώσεις.

Σχετικά με την επικοινωνία αποφασίσαμε να μελετήσουμε την αλληλεπίδραση λογισμικού - μαθητή για τη διερεύνηση της επίδρασης του λογισμικού στην κατασκευή της γνώσης από το μαθητή αποφεύγοντας κατά το δυνατόν την παρεμβολή άλλων παραγόντων.

Τα δεδομένα που προέκυψαν από την ανάλυση της πιλοτικής φάσης της έρευνας καθόρισαν τη φάση της κυρίως έρευνας ως προς την επιλογή της δραστηριότητας, τα ερωτήματα της έρευνας καθώς και το είδος και τον τρόπο συλλογής των δεδομένων. Επιπλέον βοήθησαν στη τροποποίηση και περαιτέρω ανάπτυξη του λογισμικού. Η καταγραφή των μετασχηματισμών που παρατηρήθηκαν αποτέλεσε μια βάση για τη συνέχιση της έρευνας αναδεικνύοντας σε πρώτη φάση τις δυνατότητες του λογισμικού.

5. Αναφορές

- [1]. Beattys B. C & Maher A.C.(1985). Approaches to learn area measurement and its relation to spatial skill.In S.Damarin, M. Shetton (eds). *PME N.A7th* pages 2-7. Colombus Ohio USA.
- [2]. Bliss J.(1994).From Mental Models to Modelling.In *Learning w/ Artificial Words: Computer Based Modelling in the Curriculum*. The Falmer Press,4 John Street,London WCIN 2ET.
- [3]. Cohen L. & Manion L. (1989). Research Methods in Education. In Routledge (eds). London.

- [4]. Douady R, & Perrin M-J (1986).Concerning conceptions of area (pupils aged 9 to 11).In University of London Institute of Education (Eds).*PME 10*.London,pages 253-258
- [5]. Forman, G. (1988). Making Intuitive Knowledge Explicit Through Future Technology. In G. Forman, B. P. Pufall (Eds), *Constructivism in the Computer Age*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- [6]. Forman, G., Pufall, B. P. (1988). Constructivism in the Computer Age: A Reconstructive Epilogue. In G. Forman, B. P. Pufall (Eds), *Constructivism in the Computer Age*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- [7].Hiebert J.(1981).Units of measure: Results and implications from National Assesment. *Arithmetic Teacher*, vol.28,number 6:38-43.
- [8].Kaput J.J.(1992).Technology and Mathematics Education. In D. A. Grouws(eds). *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*,NCTM 1992.
- [9].Kordaki, M. & Potari, D.(1997). Η έννοια της διατήρησης της επιφάνειας μέσα από ένα περιβάλλον υπολογιστή. Δημοσιεύτηκε στα πρακτικά του Πανελλήνιου συνέδριου Διδακτικής των Μαθηματικών και Πληροφορικής στην εκπαίδευση.Πάτρα Μάιος 1997.
- [10].Kordaki, M. & Potari, D. (submitted). Children's approaches on area measurement through different contexts.
- [11]. Mellar, H. & Bliss, J (1994). Modelling and Education. In *Learning with Artificial Words: Computer Based Modelling in the Curriculum*. In H. Mellar, J. Bliss, R. Booham, J. Ogborn, C. Tompsett (Eds.), *Learning with Artificial Words: Computer Based Modelling in the Curriculum*. London: The Falmer Press
- [12]. Murray, B. F. (1988). The child - Computer Dyad and cognitive development. In G. Forman, B. P. Pufall (Eds), *Constructivism in the Computer Age*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- [13].Noss, R. & Hoyles, C (1996). The visibility of meanings: modelling the mathematics of banking. *International Journal of Computers for Mathematical Learning* 1, 3-31.
- [14].Nunes T., Light P., Mason J., (1993).Tools for thought:the measurement of lenght and area.*Learning and instuction*.Vol.3,pp.39-54.
- [15].Piaget J. , Inhelder B., Sheminska A.(1981), *The childs conception of geometry*.W.W. Norton & Company. N. Y.
- [16].Patronis & Thomaidis (to appear) On Arithmetization of School Geometry in the Setting of Modern Axiomatics.
- [17].Sanders J.W.(1976).Why measure?.In D. Nelson, R. Reys (Eds).*Measurement in school Mathematics*.N.C.T.M. Year Book, Reston,VA.
- [18]. Stenhouse L. (1989). An introduction to curriculum research and development. In Heinemman Educational Books Ltd. Oxford.

[19].von Glasersfeld (1990). An Exposition of Constructivism: Why Some Like It Radical. In R. B. Davis, C. a. Maher, and N. Noddings (eds). *Constructivist views on the teaching and Learning of Mathematics*, J. for research in Mathematics Education. Monograph number 4. N.C.T.M., Reston VA.