

## Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2010)

7ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»



**Εσωγενείς και εξωγενείς προοπτικές θέασης  
τρισδιάστατων κατασκευών**

*Μαρία Λάτση, Χρόνης Κυνηγός*

### Βιβλιογραφική αναφορά:

Λάτση Μ., & Κυνηγός Χ. (2023). Εσωγενείς και εξωγενείς προοπτικές θέασης τρισδιάστατων κατασκευών. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση, 1*, 433-440. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/5028>

# Εσωγενείς και εξωγενείς προοπτικές θέασης τριδιάστατων κατασκευών

Μαρία Λάτση, Χρόνης Κυνηγός

[mlatsi@ppp.uos.gr](mailto:mlatsi@ppp.uos.gr), [kyngigos@ppp.uoa.gr](mailto:kyngigos@ppp.uoa.gr)

Τμ. Φιλοσοφίας Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο  
Αθηνών

## Περίληψη

Στο παρόν άρθρο γίνεται αναφορά σε μέρος των ευρημάτων μιας έρευνας τάξης, η οποία είχε ως στόχο τη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι μαθητές χρησιμοποίησαν τα διαθέσιμα σε ένα περιβάλλον Γεωμετρίας της Χελώνας εργαλεία δυναμικού χειρισμού της γωνίας θέασης του προσομοιούμενου τριδιάστατου χώρου, καθώς κατασκεύαζαν τριδιάστατα αντικείμενα. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων ανέδειξε τη διαλεκτική σχέση μεταξύ του τρόπου χρήσης των διαθέσιμων εργαλείων αλλαγής οπτικής γωνίας και των κατασκευαστικών στρατηγικών που ακολούθησαν οι μαθητές, στο πλαίσιο συγκεκριμένων δραστηριοτήτων. Ο τριδιάστατος χώρος φαίνεται να έγινε αντιληπτός από τους μαθητές μέσω δύο διαφορετικών προοπτικών: μιας εσωγενούς και μιας εξωγενούς. Όταν οι μαθητές εστίαζαν στην πλοήγηση και στον προσανατολισμό της χελώνας, ο τριδιάστατος χώρος γινόταν αντιληπτός μέσω μιας εσωγενούς προοπτικής θέασης, σύμφωνα με την οποία ο χρήστης γινόταν μέρος του προσομοιούμενου χώρου και τον έβλεπε μέσα από τη σκοπιά της χελώνας. Εν αντιθέσει, όταν το σημείο εστίασης ήταν κατασκευή γραφικών αντικειμένων, ο τριδιάστατος χώρος γινόταν αντιληπτός μέσω μιας εξωγενούς προοπτικής θέασης, μέσα δηλαδή από τη σκοπιά ενός εξωτερικού παρατηρητή που κοιτούσε τα γραφικά αποτελέσματα της κίνησης της χελώνας.

**Λέξεις κλειδιά:** τριδιάστατη Logo, εξεικόνιση, κατασκευαστικές στρατηγικές και γωνία θέασης

## Θεωρητικό Υπόβαθρο

Η συμβολή των Νέων Τεχνολογιών στη διδασκαλία και μάθηση της Γεωμετρίας θεωρείται ότι συνδέεται στενά με τη διαδραστικότητα, τις πολλαπλές αλληλοσυνδεόμενες αναπαραστάσεις, το δυναμικό χειρισμό και τη δυναμική εξεικόνιση (Laborde et al., 2006). Μολαταύτα ελάχιστες έρευνες έχουν διεξαχθεί αναφορικά με τον τρόπο που τα παραπάνω χαρακτηριστικά των ηλεκτρονικών μέσων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εμπλέξουν τους μαθητές σε διερευνήσεις με νόημα, ιδιαίτερα όσον αφορά στην τριδιάστατη Γεωμετρία. Επιδιώκοντας να φέρουμε στο προσκήνιο τις διαισθήσεις και τις ιδέες των μαθητών αναφορικά με την αντίληψη του χώρου και να τις διασυνδέσουμε με γεωμετρικές έννοιες, αναπτύξαμε μια σειρά μικροκόσμων και δραστηριοτήτων με βάση την κατασκευαστική θεώρηση (Kafai & Resnick, 1996). Σχεδιάσαμε τους μικρόκοσμούς έτσι, ώστε να είναι 'μισοψημμένοι' (Κυνηγός, 2007), ημιτελείς δηλαδή εκ προθέσεως, και καλέσαμε τους μαθητές να διερευνήσουν πώς λειτουργούν και κατόπιν να τους αλλάξουν και να τους διορθώσουν. Στόχος ήταν να εμπλέξουμε τους μαθητές στην κατασκευή γραφικών αντικειμένων στον τριδιάστατο χώρο τόσο μέσω προγραμματισμού σε γλώσσα Logo όσο και μέσω δυναμικού χειρισμού των τιμών παραμετρικών διαδικασιών.

Οι εικονικές/οπτικές και συμβολικές αναπαραστάσεων (Noss, Healy & Hoyles, 1997) που είναι διαθέσιμες στα υπολογιστικά περιβάλλοντα που στηρίζονται στη γλώσσα

προγραμματισμού Logo και οι μεταφορές που χρησιμοποιούνται θεωρούνται ως ένα μέσο για να διασυνδεθεί η κίνηση του σώματος με την επίλυση γεωμετρικών προβλημάτων. Η σχεδίαση με τη χελώνα απαιτεί την ανάπτυξη νέων τρόπων προσανατολισμού στο χώρο, όπου το σημείο αναφοράς δεν είναι η θέση του σώματος του χρήστη αλλά η θέση του σώματος της χελώνας, σύμφωνα με την οποία το όλο σύστημα του προσανατολισμού πρέπει να μεταβληθεί. Έτσι, κατά την κατασκευαστική διαδικασία ένα κρίσιμο σημείο είναι η νοερή εξεικόνιση του χώρου μέσω των διαφορετικών οπτικών γωνιών της χελώνας. Ταυτόχρονα, οι μαθητές πρέπει να αναζητήσουν τρόπους να συλλάβουν εκ νέου τα τρισδιάστατα αντικείμενα με όρους που να μπορούν να μεταφραστούν σε εντολές Logo σύμφωνα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της Γεωμετρίας της Χελώνας (Papert, 1980; Abelson & diSessa, 1981). Πρόσφατες επεκτάσεις της Γεωμετρίας της Χελώνας στον τρισδιάστατο χώρο φαίνεται ότι δεν παρέχουν απλά μια νέα προοπτική στη διδασκαλία της γεωμετρίας. Νέα θέματα εγείρονται τόσο αναφορικά με τη χρήση της μεταφοράς της χελώνας όσο και αναφορικά με τον τρόπο που βαθιά ριζωμένες χωρικές διαισθήσεις μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για την κατανόηση γεωμετρικών εννοιών (Κυνίγος & Λατσί, 2007). Ειδικότερα, στόχος της έρευνάς μας ήταν να διερευνήσουμε: α) τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές χρησιμοποίησαν τις λειτουργικότητες αλλαγής οπτικών γωνιών κατά τη διάρκεια των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων, β) την αλληλόδραση μεταξύ της μεταφοράς της χελώνας και χωρικών εικόνων μέσω των διαφόρων οπτικών γωνιών και γ) την αλληλόδραση μεταξύ του τρόπου που τα γεωμετρικά σχήματα έγιναν αντιληπτά τόσο σε σχέση με τις διαφορετικές οπτικές γωνίες όσο και σε σχέση με τις γεωμετρικές τους ιδιότητες.

### Το υπολογιστικό περιβάλλον

Το MachineLab είναι ένα υπολογιστικό περιβάλλον για τη δημιουργία και τη διερεύνηση αλληλοδραστικών προσομοιώσεων εικονικής πραγματικότητας που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του έργου ReMath (ReMath, 2005-2008). Το MaLT ως ένας υπολογιστικός μικρόκοσμος επεκτείνει τη Γεωμετρία της Χελώνας του 'Χελωνόκοσμου' στον τρισδιάστατο γεωμετρικό χώρο. Έτσι, στο MaLT έχουν ενσωματωθεί τέσσερις νέες εντολές στροφής της χελώνας στον τρισδιάστατο χώρο: *κλίση\_πάνω/κάτω n μοίρες* ('*uppitch-downpitch n degrees*' ή '*up-down n degrees*') και *περιστροφή\_αριστερά/δεξιά κατά n μοίρες* ('*leftroll-rightroll n degrees*' ή '*lr-rr n degrees*'). Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό, όμως του MaLT είναι ότι στη Γεωμετρία της Χελώνας που βασίζεται στη Logo έχει ενσωματωθεί ο δυναμικός χειρισμός αλληλεπιδραστικών γραφικών αναπαραστάσεων, μια λειτουργικότητα που είναι χαρακτηριστική των περιβαλλόντων Δυναμικής Γεωμετρίας (Κυνίγος, 2007). Ειδικότερα, τα διαθέσιμα εργαλεία δυναμικού χειρισμού (Σχήμα 1) μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:



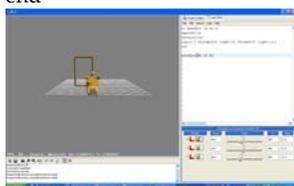
Σχήμα 1. Η κάτωψη, πλάγια όψη, μονοδιάστατος μεταβολές και ενεργό διάνυσμα

- Δυναμικός χειρισμός γραφικών αναπαραστάσεων μέσω σειριακής μεταβολής των τιμών των μεταβλητών μεγεθών των διαδικασιών που τις δημιούργησαν, μέσα από τη χρήση ειδικά σχεδιασμένων δυναμικών εργαλείων μεταβολής
- Δυναμικός χειρισμός της γωνίας θέασης του τρισδιάστατου χώρου: α) μέσα από την επιλογή εικονιδίων της μπάρας εργαλείων, όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μεταξύ τριών προκαθορισμένων οπτικών (κόρια όψη, πλάγια όψη, κάτοψη) β) μέσω χειρισμού με το ποντίκι ενός ειδικά σχεδιασμένου διανυσματικού εργαλείου, που ονομάζεται ενεργό διάνυσμα, όπου ο χρήστης μπορεί να ορίσει είτε την κατεύθυνση είτε τη θέση της κάμερας.

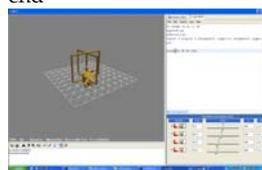
### Μεθοδολογία

Η έρευνα στην οποία γίνεται αναφορά στο παρόν άρθρο αποτελεί τμήμα μιας έρευνας σχεδιασμού (Cobb et al., 2003). Έλαβε χώρα στη Στ' τάξη ενός δημόσιου ελληνικού σχολείου. για 16 διδακτικές ώρες στη διάρκεια δύο μηνών στα πλαίσια της Ευέλικτης Ζώνης. Οι μαθητές δεν είχαν προηγούμενη εμπειρία με περιβάλλοντα τρισδιάστατης γεωμετρίας, είχαν όμως χρησιμοποιήσει στο παρελθόν περιβάλλοντα δισδιάστατης Γεωμετρίας της Χελώνας. Στην παρούσα έρευνα παρουσιάζονται αποτελέσματα μόνο από την ομάδα εστίασης, η οποία αποτελούνταν από δύο μαθητών, οι οποίοι και συνεργάστηκαν για να φέρουν σε πέρας τις δραστηριότητες. Ειδικότερα, η μαθησιακή διαδικασία χωρίστηκε σε δύο φάσεις, καθεμιά από τις οποίες περιελάμβανε δύο δραστηριότητες. Στην 1<sup>η</sup> δραστηριότητα ζητήθηκε από τους μαθητές να πλοηγήσουν τη χελώνα με τέτοιο τρόπο, ώστε να μιμηθούν την προσγείωση και την απογείωση ενός αεροσκάφους. Στη 2<sup>η</sup> δραστηριότητα ζητήθηκε από τους μαθητές να κατασκευάσουν ορθογώνια παραλληλόγραμμα σε δύο τουλάχιστον διαφορετικά επίπεδα του προσομοιούμενου χώρου στο MaLt, τα οποία και θα αναπαριστούσαν δύο διαδοχικούς τοίχους ενός εικονικού δωματίου. Στη 2<sup>η</sup> φάση των δραστηριοτήτων οι μαθητές πειραματίστηκαν με μισοψημένους μικροκόσμους. Ειδικότερα, στην 3<sup>η</sup> και 4<sup>η</sup> δραστηριότητα ζητήθηκε από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν το μονοδιάστατο μεταβολέα για να ελέγξουν και να πειραματιστούν με τις μεταβλητές των μισοψημένων μικροκόσμων 'movedoor', και 'revolving', οι οποίες και αντιστοιχούσαν σε διαφορετικές στροφές της χελώνας με στόχο να δημιουργήσουν τις προσομοιώσεις μιας πόρτας που ανοιγοκλείνει και μιας περιστρεφόμενη πόρτας αντίστοιχα (Σχήμα 2).

```
to movedoor :a :b :c
  uppitch(:a)
  leftroll(:b)
  repeat 2 [forward(3) right(:c) forward(2) right(:c)]
end
```



```
to revolving :a :b :c :d
  up(:a)
  lr(:b)
  repeat 4 [repeat 2 [fd(7) rt(:c) fd(4) rt(:c)] lr(:d)]
end
```



Σχήμα 2. Ο κώδικας σε Logo των μοντέλων της πόρτας που ανοιγοκλείνει και της περιστρεφόμενης πόρτας

Οι μαθητές έπρεπε πρώτα να αποφασίσουν ποιος ο ρόλος της κάθε μεταβλητής και κατόπιν ποιες τιμές έπρεπε να δοθούν σε αυτές. Στη συνέχεια έπρεπε να κάνουν τις απαραίτητες αλλαγές στις παραμετρικές διαδικασίες ώστε να κατασκευάζονται οι αντίστοιχες προσομοιώσεις με τις κατά το δυνατόν λιγότερες μεταβλητές. Στο τέλος της 4<sup>ης</sup> δραστηριότητας ζητήθηκε από τους μαθητές να επεκτείνουν τη διαδικασία της περιστρεφόμενης πόρτας, ώστε να δημιουργήσουν την προσομοίωση της έλικας ενός ανεμόμυλου.

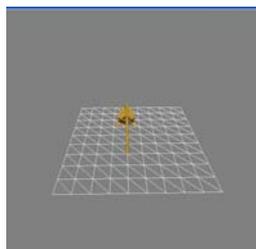
Για να περιγραφεί η μαθησιακή πορεία που ακολούθησαν οι μαθητές, υιοθετήσαμε μια μεθοδολογία συμμετοχικής παρατήρησης, ενώ το κύριο σώμα των δεδομένων περιελάμβανε βιντεοσκοπήσεις, σημειώσεις των ερευνητών καθώς και πλήρη καταγραφή και αρχειοθέτηση της δουλειάς των μαθητών στον υπολογιστή ή γύρω από αυτόν. Τα δεδομένα κατηγοριοποιήθηκαν σε ομάδες σημαντικών επεισοδίων που δεν αντιπροσωπεύουν μετρήσιμες ποσότητες, αλλά έχουν επιλεγεί με στόχο να αποδίδουν ξεκάθαρα το είδος των δραστηριοτήτων που έλαβαν χώρα σε δεδομένες στιγμές στην τάξη.

### **Κατασκευαστικές διαδικασίες μέσω διαφορετικών προοπτικών**

Η ανάλυση των δεδομένων μας έδειξε ότι οι κατασκευαστικές διαδικασίες που ακολούθησαν οι μαθητές μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες: κατασκευαστικές διαδικασίες μέσω μιας εσωγενούς προοπτικής και κατασκευαστικές διαδικασίες μέσω μιας εξωγενούς προοπτικής θέασης του χώρου, ανάλογα με το σημείο εστίασης και τον τρόπο με τον οποίο ο προσομοιούμενος χώρος γίνεται αντιληπτός. Αυτή η διάκριση αντανακλά τις δύο κυρίαρχες προοπτικές που υιοθετούνται από τους ανθρώπους στις καθημερινές τους εμπειρίες στον πραγματικό χώρο (Tversky, 2005), μια εξωτερική προοπτική, όταν παρατηρούν το χώρο και χειρίζονται αντικείμενα σε αυτόν και μια εσωτερική, όταν εξερευνούν ένα περιβάλλον και πλοηγούνται σε αυτό.

### **Κατασκευαστικές διαδικασίες μέσω μιας εσωγενούς προοπτικής**

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας υπογραμμίζουν τη σημασία του συντονισμού του σώματος με τη χελώνα-όχημα της κίνησης στον τρισδιάστατο προσομοιούμενο χώρο. Στα πλαίσια της 1<sup>ης</sup> δραστηριότητας οι μαθητές προτίμησαν να 'πετάξουν' τη χελώνα κατά μήκος του άξονα των  $z$ , ενώ συνέχισαν να δουλεύουν στην προκαθορισμένη κύρια όψη (αν και ελαφρώς κεκλιμένη μέσα από τη χρήση του ενεργού διανύσματος), παρότι με αυτή την οπτική δεν είχαν μια καθαρή αναπαράσταση του ταξιδιού της χελώνας (Σχήμα 3).



Up(45)  
Fd(2)  
Dp(45)  
Fd(2)  
Dp(45)  
Fd(2)  
Up(45)

**Σχήμα 3.** Η απογείωση και προσγείωση της χελώνας κατά μήκος του άξονα των  $Z$  και ο αντίστοιχος κώδικας σε Logo

Πετώντας τη χελώνα κατά μήκος του άξονα των Z ο προσανατολισμός του οχήματος της κίνησης, δηλαδή της χελώνας, συμπίπτει τόσο με τον προσανατολισμό του σώματος των μαθητών στον πραγματικό χώρο όσο και με τον προκαθορισμένο τρόπο με τον οποίο αναφερόμαστε στον προσανατολισμό των πληροφοριών στην οθόνη του υπολογιστή (π.χ. δεξιά σε σχέση με την οθόνη, αριστερά σε σχέση με την οθόνη). Τα σχόλια των μαθητών ενισχύουν αυτή την άποψη. Όταν ρωτήθηκαν γιατί προτιμούν το συγκεκριμένο είδος πτήσης, απάντησαν: «Αν θέλαμε να στρίψουμε τη χελώνα δεξιά ή αριστερά, μπορούσαμε να το δούμε από τα χέρια μας. Αν θέλαμε για παράδειγμα να τη στρίψουμε δεξιά, θα σκεφτόμασταν πού είναι τα χέρια μας και θα τη στέλναμε προς τα 'κει».

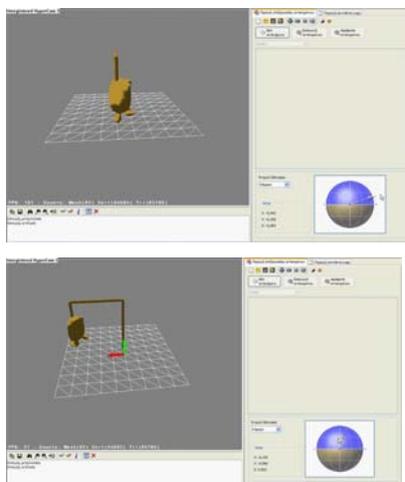
Είναι ενδιαφέρον ότι τα παιδιά εστίασαν περισσότερο στο συντονισμό του σώματος με τη χελώνα ενώ δε φάνηκε να επηρεάζονται από την κακή οπτική αναπαράσταση, όπου μόνο μια κεκλιμένη γραμμή - η οποία αντιστοιχούσε στην απογείωση της χελώνας - ήταν εμφανής στην οθόνη του υπολογιστή. Αυτό το εύρημα έρχεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών που έχουν διεξαχθεί στα πλαίσια τρισδιάστατων υπολογιστικών περιβαλλόντων και οι οποίες έχουν επισημάνει την προτίμηση των μαθητών στο να δουλεύουν σε ένα επίπεδο παράλληλο προς το επίπεδο της οθόνης του υπολογιστή (Κυπίγος & Λασι, 2006, 2007). Η εργασία σε ένα επίπεδο παράλληλο στην οθόνη του υπολογιστή θεωρείται προτιμητέα, καθώς αφενός βρίσκεται εγγύτερα στις εμπειρίες των μαθητών με διοδιάστατα σχήματα (στα σχολικά εγχειρίδια ή στην οθόνη του υπολογιστή), αφετέρου εξαλείφει τις τυχόν παραμορφώσεις των σχημάτων εξαιτίας των συμβάσεων που χρησιμοποιούνται στον τρισδιάστατο προσομοιούμενο χώρο. Παρόλα αυτά φαίνεται ότι το είδος των δραστηριοτήτων και οι μεταφορές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν κριτικής σημασίας: στόχος δεν ήταν η κατασκευή μιας κεκλιμένης ευθείας ή ενός γεωμετρικού σχήματος, αλλά η προσομοίωση της απογείωσης και της προσγείωσης της χελώνας-αεροσκάφους. Σε αυτό το πλαίσιο η χρήση των εντολών *uppitch/downpitch* καθώς και η κίνηση κατά μήκος του άξονα των Z ήταν πιο συμβατά με τις καθημερινές εμπειρίες και τις αναπαραστάσεις των παιδιών.

#### Επεισόδιο 1

M1: Fd, πιο πολύ Fd, πιο πολύ...Πρέπει να το κάνουμε forward 0,5. Έχει 0,5?

M2: Περίμενε, περίμενε, η χελώνα είναι εδώ.

M1: Ναι, αλλά δεν έχει αγγίξει το έδαφος. Το έχει; Περίμενε, πρέπει να δούμε. (Αλλάζει τη γωνία θέασης από πλάγια σε κύρια μέσω του ενεργού διανύσματος και συνεχίζει να προχωράει τη χελώνα)



Up(180)

Dp(45)

Dp(45)

Fd(4)

Rt(90)

Rt(90)

Rt(90)

Rt(90)

Rt(90)

Fd(4)

Bk(1)

Bk(1)

Bk(1)

Fd(1)

Fd(1)

Fd(1)

Dp(45)

Rt(90)

Fd(1)

Fd(1)

Σχήμα 4. Επεισόδιο 1, αλλάζοντας οπτικές γωνίες, και ο σχετικός κώδικας Logo

Στις επόμενες δραστηριότητες οι μαθητές χρησιμοποίησαν εκτενώς τις προκαθορισμένες γωνίες θέασης αλλά και το ενεργό διάνυσμα κατά τη διάρκεια των κατασκευών τους.

Από τα δεδομένα προκύπτει ότι τα διάφορα εργαλεία χειρισμού της γωνίας θέασης του τρισδιάστατου χώρου χρησιμοποιήθηκαν ιδιαίτερα α) όταν οι μαθητές υιοθετούσαν μια στρατηγική κατασκευής που χαρακτηρίζεται ως μερεμέτι (bricolage construction strategy) (επεισόδιο 1) β) όταν οι μαθητές πειραματιζόνταν με συγκεκριμένες πιυχές των κατασκευών τους.

Στο παραπάνω επεισόδιο οι μαθητές προσπαθούν να κατασκευάσουν ένα τοίχο στα πλαίσια της 2<sup>ης</sup> δραστηριότητας. Δίνουν εντολές στη χελώνα στηριζόμενοι σε οπτικές ενδείξεις ενώ δεν έχουν κατά νου κάποια ξεκάθαρη στρατηγική. Αυτή η στρατηγική της δοκιμής και πλάνης αντανακλάται χαρακτηριστικά και στο μεγάλο αριθμό εντολών που δίνονται στη χελώνα καθώς προσπαθούν να φτιάξουν ένα παραλληλόγραμμο. Όταν δεν ήταν οπτικά ξεκάθαρο, αν είχαν κατασκευάσει ένα κλειστό σχήμα, οι μαθητές δεν ασχολήθηκαν με τις γεωμετρικές ιδιότητες του σχήματος (π.χ. ότι θα έπρεπε οι απέναντι πλευρές του παραλληλογράμμου να έχουν τα ίδια μήκη για να κλείσει το σχήμα), αλλά κατέφυγαν στα εργαλεία χειρισμού της οπτικής γωνίας για να ελέγξουν, αν έκλεισε το σχήμα. Κατόπιν προχώρησαν τη χελώνα με μοναδιαία βήματα. Σε αυτή τη φάση ήταν πιο σημαντικό για τους μαθητές να διερευνήσουν το περιβάλλον 'από μέσα', μέσω μια εσωγενούς προοπτικής, να πλοηγήσουν δηλαδή τη χελώνα εντολή προς εντολή εκμεταλλευόμενοι τη μεταφορά του συντονισμού του σώματος.

### **Κατασκευαστικές διαδικασίες μέσω μιας εξωγενούς προοπτικής**

Καθώς οι δραστηριότητες εξελίσσονται, οι μαθητές προοδευτικά αλλάζουν στρατηγικές και υιοθετούν μια εξωγενή προοπτική του τρισδιάστατου χώρου, τον οποίο και βλέπουν ως εξωτερικοί παρατηρητές. Στο τέλος της 2<sup>ης</sup> δραστηριότητας υπήρχε λίγος ελεύθερος χρόνος και οι μαθητές αυθόρμητα αποφάσισαν να κατασκευάσουν ένα κλειστό σχήμα στηριζόμενοι στις εμπειρίες τους από τις 'πτώσεις' της χελώνας στην 1<sup>η</sup> δραστηριότητα. Κάθε απογείωση και προσγείωση της χελώνας χρησιμοποιήθηκε ως δομικός λίθος ενός περιεργού σχήματος που προέκυψε ως αποτέλεσμα των επαναλήψεων του αρχικού ταξιδιού της χελώνας, η οποία και έστριβε κατά 90 μοίρες πριν το επανεκτελέσει. Είναι επίσης ενδιαφέρον –όπως φαίνεται και στο 2<sup>ο</sup> επεισόδιο- ότι οι μαθητές υιοθέτησαν μια πιο αναλυτική στρατηγική, συλλαμβάνοντας νοερά όλο το ταξίδι της χελώνας το οποίο και εξηγούσαν ο ένας στον άλλο πριν το εκτελέσουν στον υπολογιστή. Επιπλέον, δεν εκτέλεσαν της εντολές μια προς μία, αλλά τις εισήγαγαν και τις εκτέλεσαν ως ομάδα εντολών.

Ένα άλλο ενδιαφέρον σημείο είναι ότι πριν ξεκινήσουν την κατασκευή τους, οι μαθητές προσάρμοσαν τη γωνία θέασης του τρισδιάστατου χώρου μέσω του ενεργού διανύσματος, έτσι ώστε να έχουν μια ξεκάθαρη αίσθηση προοπτικής του προσομοιούμενου χώρου (Σχήμα 5). Κατόπιν, συνέχισαν να δουλεύουν κρατώντας αυτή την οπτική γωνία σταθερή. Αυτό δεν ήταν πιθανότατα μια τυχαία επιλογή, καθώς έκαναν τις ίδιες επιλογές όσον αφορά στην οπτική γωνία στη διάρκεια της κατασκευής της έλικας του ανεμόμυλου στην 4<sup>η</sup> δραστηριότητα: προσάρμοσαν και πάλι τη γωνία θέασης, ώστε να έχουν μια ξεκάθαρη αίσθηση προοπτικής του τρισδιάστατου χώρου και τη διατήρησαν σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της κατασκευής. Όταν ρωτήθηκαν γιατί προτιμούν τη συγκεκριμένη γωνία θέασης, απάντησαν: «Είναι πιο βολικό, γιατί μπορείς να δεις όλο το αντικείμενο».

**Επεισόδιο 2**

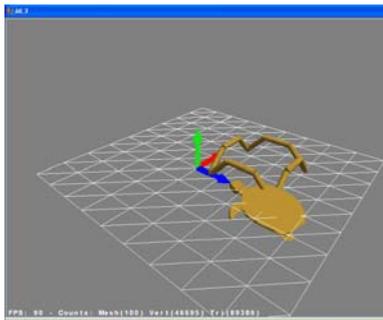
M1: Θες να κάνουμε ένα σχήδιο;

M2: Να κάνουμε ένα κύκλο;

M1: Να πάμε έτσι και μετά έτσι και πάλι έτσι.

M2: Να κάνουμε ένα τρίγωνο. Όχι, έχω μια ιδέα. Να βάλουμε 45, για να πάει έτσι, και μετά πάλι 45 για να πάει έτσι και μετά πάλι 45 (Δείχνουν στην οθόνη του υπολογιστή και χρησιμοποιούν τα χέρια τους για να αναπαραστήσουν το ταξίδι της χελώνας).

M1: Ας φτιάξουμε ένα ρόμβο. Όχι λοιπόν 45, αλλά δεξιά 90 (Επιστρέφουν στον υπολογιστή και εκτελούν τις εντολές)



Uppitch(45)  
Forward(2)  
Downpitch(45)  
Forward(2)  
Downpitch(45)  
Forward(2)  
Uppitch(45)  
Right(90)

**Σχήμα 5. Το κλειστό σχήμα και ο αντίστοιχος κώδικας σε Logo (εκτελέστηκε 4 φορές για να κατασκευάσει το εν λόγω σχήμα)**

Τα ερωτήματα που προκύπτουν είναι τα εξής: Γιατί οι μαθητές συνέχισαν να δουλεύουν με μια δεδομένη οπτική γωνία καθ' όλη τη διάρκεια των κατασκευών, οι οποίες μάλιστα φαίνεται ότι απαιτούσαν ένα υψηλό βαθμό εξεικόνισης και υψηλές ικανότητες προσανατολισμού στον τρισδιάστατο προσομοιούμενο χώρο; Ποιοι ήταν οι λόγοι για αυτή την αλλαγή όσον αφορά στη χρήση των εργαλείων χειρισμού της γωνίας θέασης; Φαίνεται ότι καθώς οι μαθητές σιγά σιγά εξοικειώνονταν με την κίνηση της τρισδιάστατης χελώνας και την αναπαραστασιακή δομή του λογισμικού, έπαψαν να ασχολούνται τόσο με το συντονισμό του σώματος με τη χελώνα, ενώ ήταν πιο σημαντικό για αυτούς να έχουν μια ξεκάθαρη αίσθηση τόσο του τρισδιάστατου προσομοιούμενου χώρου όσο και του προσομοιούμενου αντικειμένου. Κατασκευάζοντας την προσομοίωση ενός τρισδιάστατου αντικειμένου και βλέποντας τον προσομοιούμενο χώρο υπό προοπτική ήταν πιθανότατα κάτι πιο ρεαλιστικό και πιο οικείο στους μαθητές. Επιπρόσθετα μπορούμε να εικάσουμε ότι οι μαθητές προτίμησαν μια σταθερή γωνία θέασης κατά τη διάρκεια των κατασκευών τους για να μην αλλάξουν θέση ως παρατηρητές και να έχουν, έτσι, ένα σταθερό σημείο αναφοράς, κάτι το οποίο θα ήταν πιθανότατα λιγότερα γνωστικά απαιτητικό (Yakimaskaya, 1991). Θα μπορούσαμε, λοιπόν, να ισχυριστούμε ότι καθώς η κατασκευαστική διαδικασία γινόταν πιο περίπλοκη, οι μαθητές προτίμησαν να παρατηρήσουν το χώρο μέσω μιας εξωγενούς προοπτικής, ως εξωτερικοί δηλαδή παρατηρητές οι οποίοι εστίαζαν περισσότερο στον προγραμματισμό και τις γεωμετρικές ιδιότητες αντικειμένων λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο του χώρου.

### Συμπεράσματα

Η παραπάνω ανάλυση προσπάθησε να δείξει ότι ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιήθηκαν τα διαθέσιμα εργαλεία χειρισμού της γωνίας θέασης του τρισδιάστατου χώρου βρισκόταν σε διαρκή αλληλόδραση τόσο με τις δραστηριότητες που εκτελούσαν οι μαθητές όσο και με τις κατασκευαστικές στρατηγικές που ακολουθούνταν. Όταν το σημείο εστίασης ήταν η πλοήγηση της χελώνας και ο προσανατολισμός στον τρισδιάστατο χώρο, η μεταφορά του συντονισμού του σώματος με τη χελώνα ερχόταν στο προσκήνιο, ενώ χώρος γινόταν αντιληπτός μέσω μια εσωγενούς προοπτικής: ο χρήστης ήταν 'εμβυθισμένος' στο χώρο και

προσπαθούσε να τον δει από το εσωτερικό του. Σε αυτή την περίπτωση οι μαθητές χρησιμοποίησαν διάφορες γωνίες θέασης που τους βοήθησαν να αντιμετωπίσουν συγκεκριμένες προκλήσεις και να εστιάσουν σε συγκεκριμένες πτυχές των κατασκευών τους. Αυτή η εσωγενής προοπτική και η χρήση πολλαπλών οπτικών γωνιών φαίνεται ότι υιοθετήθηκε ιδίως στις περιπτώσεις που οι μαθητές ακολούθησαν κατασκευαστικές στρατηγικές που χαρακτηρίζονται ως μερεμέτι, όταν δηλαδή δεν είχαν ξεκάθαρη ιδέα σχετικά με τις δράσεις που έπρεπε να αναλάβουν και όταν η κατασκευή τους προχωρούσε εντολή-εντολή μέσω δοκιμής και πλάνης.

Καθώς οι δραστηριότητες ξεδιπλώνονταν και οι μαθητές άλλαζαν το σημείο εστίασης από τη διαχείριση των κινήσεων της χελώνας στην κατασκευή γραφικών αντικειμένων, άρχισαν να αντιλαμβάνονται το χώρο μέσω μιας εξωγενούς προοπτικής, μέσα από το σημείο θέασης ενός εξωτερικού παρατηρητή που παρατηρεί τα γραφικά αποτελέσματα των κινήσεων της χελώνας. Σε αυτή την περίπτωση μια σταθερή τρισδιάστατη οπτική του χώρου, ήταν πιθανότατα λιγότερο γνωστικά απαιτητική και παρείχε στους μαθητές αφενός ένα ρεαλιστικό εφέ οικείων αντικειμένων αφετέρου μια σταθερότητα του χώρου και των σχημάτων. Επιπλέον, μια ολιστική/εξωτερική οπτική του τρισδιάστατου χώρου φαίνεται να ταυριάζει με μια αναλυτική κατασκευαστική στρατηγική όπου οι μαθητές προσπαθούν να συλλάβουν νοερά το ταξίδι της χελώνας λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο του τρισδιάστατου χώρου, πριν εκτελέσουν τις εντολές στην οθόνη του υπολογιστή.

### Αναφορές

- Abelson H., & DiSessa, A. (1981). *Turtle Geometry: The computer as a medium for exploring mathematics*. Cambridge M.A.: MIT Press.
- Cobb, P., Confrey, J., DiSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- Harel, I. & Papert, S. (1991). *Constructionism: Research reports and essays*. Ablex. Publishing Corporation. Norwood, New Jersey.
- Kafai, Y., & Resnick, M. (eds.) (1996). *Constructionism in practice: Designing, thinking and learning in a digital world*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Publishers.
- Kynigos, C., & Latsi, M. (2006) Vectors in use in a 3d juggling game simulation. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 13(1),
- Kynigos, C., & Latsi, M. (2007). Turtle's navigation and manipulation of geometrical figures constructed by variable processes in 3d simulated space. *Informatics in Education*, 6(2), 359-372.
- Kynigos, C. (2007). Half-baked Logo microworlds as boundary objects in integrated design. *Informatics in Education*, 6(2), 335-358.
- Noss, R., Healy, L., & Hoyles, C. (1997). The construction of Mathematical meanings: Connecting the visual with the symbolic. *Educational Studies in Mathematics*, 33, 203-233.
- Papert, S. (1980) *MindStorms-Children, computers and powerful ideas*. London: The Harvester Press Limited.
- 'ReMath' - *Representing Mathematics with Digital Media* FP6, IST-4, STREP 026751 (2005 - 2008).
- Tversky, B. (2005). Functional Significance of Visuospatial Representations. In P. Shah & A. Miyake (eds.), *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking* (pp. 1-34), New York: Cambridge University Press.
- Yakimanskaya, I. S., Wilson, P. S., & Davis, E. J. (1991). *The Development of Spatial Thinking in Schoolchildren*, NCTM.