

Σχέσεις περιμέτρου - εμβαδού με χρήση ΤΠΕ σε φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης

Σολάκης Δημήτριος

Μεταπτυχιακός φοιτητής στις Επιστήμες της Αγωγής και της Εφαρμοσμένης Πληροφορικής,
Καθηγητής Πληροφορικής στην Πυροσβεστική Ακαδημία
dimsolakis@gmail.com

Νικολαντωνάκης Κωνσταντίνος

Καθηγητής, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
knikolantonakis@uowm.gr

Περίληψη

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, έγινε μια προσπάθεια κατανόησης και αποσαφήνισης των εννοιών της περιμέτρου και του εμβαδού. Διερευνήθηκε η συμβολή της Ενσώματης Μάθησης, όπως αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί μέσα από την χρήση ΤΠΕ, στην αποσαφήνιση της πρακτικής διάστασης των δύο γεωμετρικών εννοιών, όπου συχνά παρατηρείται οι μαθητές να τελούν υπό σύγχυση γύρω από τη σχέση τους. Για το λόγο αυτό σχεδιάστηκε η «Ευκλείδειος Σχολή», ένα εκπαιδευτικό ψηφιακό πρόγραμμα, όπου αξιοποιείται η Ενσώματη Μάθηση μέσω απτικών διεπαφών μέσα σε ένα δυναμικό περιβάλλον μεικτής πραγματικότητας και υλοποιήθηκε σε ένα δείγμα 25 φοιτητών του ΠΤΔΕ.

Λέξεις κλειδιά: ΤΠΕ, Περίμετρος, Εμβαδόν, Scratch, Απτικές διεπαφές

Εισαγωγή

Τα Μαθηματικά αποτελούν έναν από τους πυλώνες της υποχρεωτικής εκπαίδευσης προσφέροντας το πεδίο ανάπτυξης γνώσεων και δεξιοτήτων, που προϋποτίθενται για την περαιτέρω ακαδημαϊκή εξέλιξη των μαθητών, την κατάκτηση αυτονομίας στην καθημερινότητα και τη συνολική διαμόρφωση της προσωπικότητάς τους (Kablan., et al, 2013). Κατά τη διδασκαλία των μαθηματικών αυτό, που κυρίως επιδιώκεται, είναι να γίνει κατανοητή η χρηστική, πρακτική διάστασή τους, να συνειδητοποιήσουν οι μαθητές ότι τα μαθηματικά έχουν νόημα για την ίδια τους τη ζωή (Cifarelli & Sevim, 2015· Παπαδόπουλος, 2013). Αυτό μπορεί να συμβεί, όταν η οικοδόμηση της μαθηματικής γνώσης γίνεται μέσα από διάφορες οπτικές γωνίες και πλαίσια, όπου ο μαθητής κατανοεί βάσει συσχετίσεων ανάμεσα στο αφηρημένο και το συγκεκριμένο, με πολλαπλά οφέλη σε γνωστικό, μεταγνωστικό και συναισθηματικό επίπεδο (Κολέζα, 2000· Olanoff, Lo & Tobias, 2014). Για την επίτευξη μιας τέτοιας μορφής μαθησιακής διαδικασίας, όπου ο μαθησιακός στόχος κατακτάται με ευέλικτες, ποικιλότροπες και πολυμεθοδικές διδακτικές πράξεις, αξιοποιήθηκε η χρήση ΤΠΕ μεταξύ άλλων μαθημάτων και στον τομέα των Μαθηματικών (Jupri, et al, 2015). Το βασικό εκπαιδευτικό πλεονέκτημα της χρήσης ΤΠΕ είναι ότι προσφέρεται ως περιβάλλον και εργαλείο μάθησης ταυτόχρονα με ποικίλες δυνατότητες. Μεταξύ των δυνατοτήτων αυτών τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ότι οι Απτικές Διεπαφές «κερδίζουν έδαφος» ως εκπαιδευτικό μέσο (Manches & O'Malley, 2012), ωστόσο η έρευνα για τη συμβολή τους στον τομέα των Μαθηματικών πρόσφατα ξεκίνησε και παραμένει περιορισμένη σε συγκεκριμένα γνωστικά αντικείμενα. Οι Απτικές Διεπαφές αφορούν στο ευρύτερο πλαίσιο της Ενσώματης Μάθησης, όπου υπογραμμίζεται η σημαντικότητα της αισθητηριακής αντίληψης και κίνησης στην κατάκτηση μάθησης (Skulmowski et al., 2016).

Ύστερα από ανάλυση του θεωρητικού υπόβαθρου και ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, προτείνεται και εφαρμόζεται ένα ψηφιακό εκπαιδευτικό πρόγραμμα Απτικών Διεπαφών, όπου προωθείται η Ενσώματη Μάθηση, για τη λύση της γνωστικής σύγκρουσης, που πιθανά υπάρχει σε φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής

Εκπαίδευσης (ΠΤΔΕ) του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας ως προς τη σχέση εμβαδού και περιμέτρου. Με τη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα SPSS, εξάγουμε τα συμπεράσματα του δείγματος και της έρευνας μας και καταλήγουμε στη συζήτηση των αποτελεσμάτων, όπου δρομολογείται το πλαίσιο κάτω από το οποίο αυτό το πεδίο της Τεχνολογίας Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) συμβάλει στην καλύτερη και ευρύτερη οικοδόμηση της γεωμετρικής γνώσης και σκέψης.

Περίμετρος και Εμβαδόν

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της ανθρώπινης σκέψης είναι η ικανότητα έκφρασης μιας ιδέας με πολλούς τρόπους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το γεγονός ότι παρουσιάζεται ένα σχέδιο ή μια εικόνα ως επεξήγηση μιας φράσης ή ενός κειμένου, χωρίς να παρέχεται οποιαδήποτε εξήγηση. Κατά συνέπεια, η εκπαιδευτική πράξη, η οποία είναι μια από τις εκφράσεις της ανθρώπινης σκέψης, χαρακτηρίζεται από τη χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων με στόχο την απόδοση ιδεών με διαφορετικούς τρόπους. Κατ' επέκταση, η Μαθηματική Εκπαίδευση ως αναπόσπαστο μέρος της εκπαιδευτικής πράξης, που περιλαμβάνει σύνολα ιδεών και εννοιών, αποτελεί επίσης τομέα της ανθρώπινης δραστηριότητας και σκέψης, ο οποίος χαρακτηρίζεται από τη χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων.

Η ανάγκη μελέτης της έννοιας της αναπαράστασης προκύπτει τόσο για πρακτικούς όσο και για θεωρητικούς λόγους. Οι πρακτικοί αφορούν στις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στη μετάφραση από τη μια αναπαράσταση στην άλλη σε σχέση με τις μαθηματικές έννοιες, καθώς επίσης και ανάμεσα στην καθημερινή εμπειρία και τα μαθηματικά.

Τα παιδιά από μικρή ηλικία έρχονται καθημερινά σε επαφή με μια μεγάλη ποικιλία εξωτερικών αναπαραστάσεων μέσα στα πλαίσια της διδασκαλίας των μαθηματικών. Στόχος είναι η σε βάθος κατανόηση των μαθηματικών εννοιών μέσα από τη δημιουργία πλούσιων και καλά οργανωμένων νοητικών αναπαραστάσεων. Η κατανόηση μιας έννοιας προϋποθέτει την ικανότητα αναγνώρισης της έννοιας, όταν αυτή παρουσιάζεται με μια ποικιλία ποιοτικά διαφορετικών συστημάτων αναπαράστασης, την ικανότητα ευέλικτου χειρισμού της έννοιας μέσα στα συγκεκριμένα συστήματα αναπαράστασης και τέλος, την ικανότητα μετάφρασης της έννοιας από το ένα σύστημα στο άλλο. Η ικανότητα μετάφρασης από το ένα σύστημα στο άλλο είναι ιδιαίτερα σημαντική τόσο για τη μάθηση των μαθηματικών εννοιών όσο και για την επίλυση προβλήματος (Γαγάτση κ.ά., 2000).

Η διδασκαλία των Μαθηματικών ιδιαίτερα για τις μικρές ηλικίες, ήταν για πολλά χρόνια προσανατολισμένη στις λεγόμενες προ-μαθηματικές έννοιες και κατά συνέπεια έριχνε ένα ιδιαίτερο βάρος σε αυτές πριν καταλήξει τελικά στην ουσιαστική μάθηση. Στη λογική αυτή η ανάπτυξη «χωρικής σκέψης» και η είσοδος στο σχηματισμό γεωμετρικών εννοιών περιοριζόνταν σε απλές έννοιες χώρου και στις ονομασίες γεωμετρικών σχημάτων. Γενικότερα η ανάπτυξη χωρικών και γεωμετρικών εννοιών σε όλο το φάσμα της εκπαίδευσης εμφανίζεται μειωμένο σε σχέση, αρχικά με τις αριθμητικές και μεταγενέστερα τις αλγεβρικές έννοιες (Τζεκάκη Μ., 2007).

Οι τέσσερις στόχοι της Γεωμετρίας μπορούν να συνοψισθούν στους ακόλουθους τίτλους: *Σχήματα και Ιδιότητες, Μετασχηματισμός, Θέση στο χώρο και Νοερή απεικόνιση.*

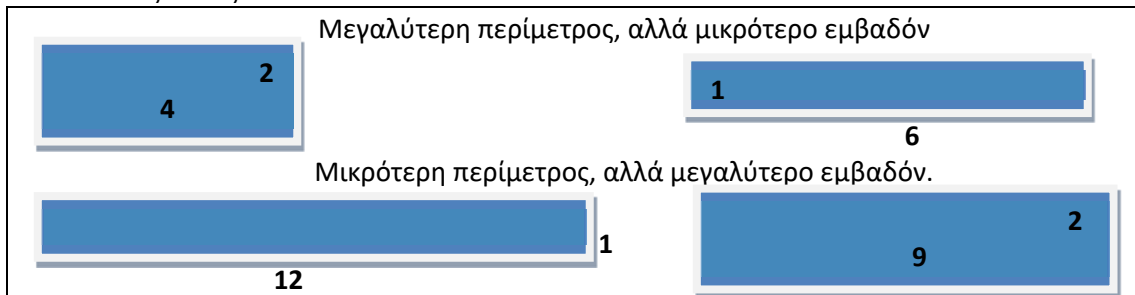
Παραδείγματα παιδαγωγικού χειρισμού Γεωμετρικού θέματος

Η ανάπτυξη ικανότητας επίλυσης προβλήματος είναι ένας από τους πιο σημαντικούς στόχους της μαθηματικής εκπαίδευσης και, κατά συνέπεια, διατρέχει όλα τα σύγχρονα προγράμματα σπουδών. Η κατάλληλη επιλογή προβλημάτων με νόημα για τους μαθητές και η αντιμετώπιση τους από τους ίδιους αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία της διδασκαλίας των Μαθηματικών.

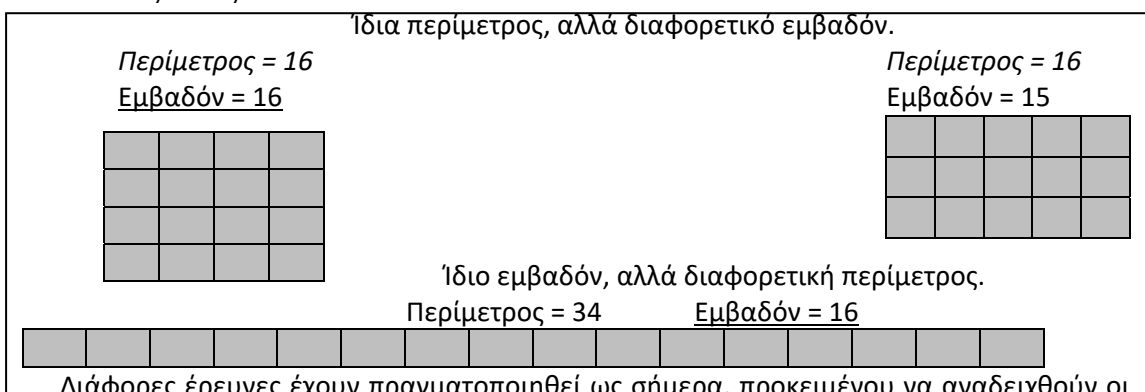
Τρεις περιπτώσεις παράγουν μια αύξηση στην περίμετρο: α) Εάν το μήκος ή το πλάτος αυξάνεται, β) Εάν το μήκος και το πλάτος αυξάνονται και γ) Εάν είτε το μήκος είτε το πλάτος αυξάνονται, αλλά το άλλο μέτρο μειώνεται.

Μαθηματική λύση (Γενίκευση): Όταν μια αύξηση στην περίμετρο προκαλείται από την αύξηση μιας των διαστάσεων ή και των δύο, το εμβαδόν θα αυξηθεί αναλόγως. Όταν μια αύξηση στην περίμετρο προκαλείται από μια αύξηση σε μια διάσταση (μήκος ή πλάτος) που ακολουθείται από μια μείωση στην άλλη διάσταση, το εμβαδόν μπορεί να αυξηθεί, μπορεί και όχι.

1ος τύπος



2ος τύπος



Διάφορες έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί ως σήμερα, προκειμένου να αναδειχθούν οι ακριβείς παρανοήσεις, που συνήθως εμφανίζουν τα παιδιά γύρω από το Εμβαδόν και τη Περίμετρο. Παρανοήσεις, που σε ορισμένες περιπτώσεις τους ακολουθούν ακόμη και κατά τη διάρκεια της μέσης εκπαίδευσης (Cifarelli & Sevim, 2015' Bonotto & Santo, 2015)

Παρανοήσεις

Οι συνήθεις δυσκολίες ή παρανοήσεις μαθητών Δημοτικού στον τομέα της Γεωμετρίας είναι οι εξής (Bonotto & Santo, 2015' Cai et al., 2015' Cifarelli & Sevim, 2015' Kablan et al., 2013):

- Συγκεχυμένη αντίληψη της σχέσης Περιμέτρου - Εμβαδού (πιστεύουν ότι το ένα καθορίζει το άλλο).
- Ασαφής αντίληψη της περίπτωσης διατήρησης του Εμβαδού μιας επιφάνειας.
- Μη παραγωγική κατανόηση και μηχανική χρήση των μαθηματικών τύπων, που συχνά οδηγεί σε αμοιβαίες μεταθέσεις μεταξύ τους (εκτέλεση πολλαπλασιασμού για την Περίμετρο / εκτέλεση πρόσθεσης για το Εμβαδόν).
- Αδυναμίες παραγωγικής εφαρμογής σε πρακτικές δραστηριότητες είτε λόγω εσφαλμένης μέτρησης και οργάνωσης επιμέρους τμημάτων για τη σύνθεση μιας συνολικής επιφάνειας, είτε ορθής μεν αναπαραγωγής ενός μοντέλου διαχείρισης χωρίς όμως προηγούμενη κατανόηση των στρατηγικών, που το υπαγορεύουν.
- Δυσκολίες στο μετασχηματισμό σχημάτων και στην εύρεση του Εμβαδού τους.

Στο ισχύον Αναλυτικό Πρόγραμμα του Δημοτικού Σχολείου (ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ), το ζήτημα των εννοιών του Εμβαδού και της Περιμέτρου και η έννοια της διατήρησης του Εμβαδού (επιφάνειας), δε διδάσκεται καθόλου. Οι μαθησιακές δραστηριότητες συχνά δίνουν έμφαση στον υπολογισμό Εμβαδών, χρησιμοποιώντας τύπους και σπάνια αναφέρονται στη μέτρηση επιφανειών με τη χρήση μονάδων επιφάνειας. Στους μαθητές επίσης, ποτέ δεν ζητείται να κατασκευάσουν επιφάνειες ίσες και όμοιες με μια δοσμένη επιφάνεια. Τα παιδιά κάνουν

σφάλματα σε δραστηριότητες, που εμπλέκουν το Εμβαδόν, εξαιτίας της ανικανότητάς τους να αφαιρούν το Εμβαδόν από γραμμικές μετρήσεις του χώρου. Τα παιδιά δεν μπορούν να κατανοήσουν την έννοια του Εμβαδού, μέχρι να κατακτήσουν την αφηρημένη έννοια (ιδέα) της επιφάνειας, ως συνεχούς ξετυλίγματος ανάπτυξης των μονοδιάστατων γραμμών.

Σύγκριση τριών προγραμμάτων σπουδών στον άξονα γνωστικού περιεχομένου Μετρήσεις και Περίμετρος

Τα προγράμματα σπουδών που εξετάστηκαν είναι ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ, το Νέο ελληνικό πρόγραμμα (ΝΠΣ) του 2011 και το πρόγραμμα CCSS της Αμερικής. Τα τρία ΠΣ είναι μαθητοκεντρικά, συμπεριλαμβάνουν την ομαδοσυνεργατική μέθοδο διδασκαλίας και συνδέουν την διδασχή του διδακτικού αντικειμένου με την πραγματικότητα και την καθημερινότητα των παιδιών. Η σύγκριση ως προς τους σκοπούς και την διδασκαλία ανέδειξε ουσιαστικές διαφορές.

Το Ισχύον (2003) είναι πρόγραμμα που συνοδεύεται από βιβλία και καταλήγει από μαθητοκεντρικό σε βιβλιοκεντρικό. Η σπειροειδής ροή της ύλης ανά τάξη εστιάζει στην εξέλιξη της γνώσης του περιεχομένου και όχι στην ουσιαστική κατανόηση της από τον μαθητή. Η χρήση τεχνολογίας αναφέρεται ως τρόπος απόκτησης επιπλέον πληροφορίας και ακολουθεί την τεχνολογική εξέλιξη της εποχής που γράφτηκαν τα βιβλία (συνοδευτικά cd – 2007). Ωστόσο η ύπαρξη βιβλίων αποτελεί μια βάση που μπορεί να εξεταστεί το γνωστικό περιεχόμενο λεπτομερώς όσον αφορά την ροή διδασκαλίας και συγκεκριμένες δραστηριότητες. Ο εκπαιδευτικός δύναται να ακολουθήσει το διάγραμμα ροής μαθήματος για την διδασχή των κεφαλαίων της ύλης.

Από την άλλη τα δυο σύγχρονα ΠΣ, το ελληνικό ΝΠΣ 2011 και το CCSS-M των ΗΠΑ, δεν συνοδεύονται από συγγραφή βιβλίων και δεν μπορεί να γίνει σύγκριση με το ισχύον στην ίδια βάση. Η κοινή ακολουθία τους, της θεωρίας των τροχιών μάθησης, στοχεύει στην εξελικτική συνοχή της μάθησης διδακτικού αντικειμένου από τον μαθητή βάσει της εμπειρίας του και του μαθησιακού του στυλ μετακινούμενος στα επίπεδα της συγκεκριμένης θεωρίας. Ο εκπαιδευτικός έχει τον ρόλο του ανιχνευτή του επίπεδου συνοχής που βρίσκεται ο μαθητής αφού και τα δύο ΠΣ του δίνουν την αιτιολογία της όλης εξελικτικής πορείας της ουσιαστικής κατανόησης και μάθησης ενός μαθηματικού διδακτικού αντικειμένου. Η χρήση τεχνολογίας στην μάθηση συμβαδίζει με την εξέλιξη της, γίνεται με χρήση λογισμικών διαδικτυακά για δραστηριότητες και εφαρμογές.

ΤΠΕ

Οι εκπαιδευτικές χρήσεις των ΤΠΕ χωρίζονται σε 3 κατηγορίες (Βοσνιάδου, 2006). Η πρώτη κατηγορία αφορά στην ανάπτυξη βασικών δεξιοτήτων και στην εξοικείωση με την Τεχνολογία. Επίσης, οι μαθητές μαθαίνουν να χρησιμοποιούν λογισμικά. Η δεύτερη περίπτωση επικεντρώνεται σε λογισμικά εξάσκησης και επανάληψης. Τέλος η τελευταία κατηγορία χρήσεων των ΤΠΕ περιλαμβάνει περισσότερο κonstruktivistικές προσεγγίσεις.

Τεχνολογία – Δυναμικά Περιβάλλοντα & Γεωμετρία

Ένα βασικό χαρακτηριστικό, που χρειάζεται να διέπει τη διδασκαλία κατά τη Γεωμετρία, είναι η πρόταση της δυναμικής της προοπτικής (Παπαδόπουλος, 2013). Προς ικανοποίηση αυτής της ανάγκης στα τέλη της δεκαετίας του '80 αναπτύχθηκαν τα αλληλεπιδραστικά ψηφιακά περιβάλλοντα «Δυναμικής Γεωμετρίας» με έντονη παρουσία έκτοτε κατά την εκπαιδευτική πράξη (Arango, Gaviria & Valencia, 2015). Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η ψηφιοποίηση του γεωπίνακα, η ανάπτυξη του γεωμετρικού sketchpad, όπου προωθούνται οι φυσικές μεταφορές και/ή οι οπτικές αναπαραστάσεις με δυνατότητα άμεσης διαχείρισης μαθηματικών αντικειμένων και εννοιών και ολιστικής επεξεργασίας τους και το e-tangram (Ζωγόπουλος, 2012).

Διαδραστικά συστήματα απτικής διεπαφής

Ένα είδος δυναμικών ψηφιακών εφαρμογών, που φαίνεται ότι ενισχύει τη μάθηση και την κατανόηση αφηρημένων φαινομένων αποτελούν τα διαδραστικά συστήματα απτικών διεπαφών (Istencić Starčić, Turk & Zajc, 2015' Fleck & Hachet, 2016). Οι απτικές διεπαφές (Tangible User Interfaces ή TUIs) αφορούν στην αλληλεπίδραση του χρήστη – δέκτη δερματικών και μυϊκών ερεθισμών (ανάδραση) με εικονικά ή απομακρυσμένα συστήματα (Skulmowski et al., 2016). Η απτική ανάδραση ενσωματώνεται από τον χρήστη, ο οποίος μπορεί να δράσει ποικιλοτρόπως σε σχέση με τα αντικείμενα του περιβάλλοντος (Manches et al., 2012). Ένα σύστημα απτικών διεπαφών περιλαμβάνει τη συσκευή της αλληλεπίδρασης και μια αναπαράσταση του εικονικού περιβάλλοντος, με το οποίο αλληλεπιδρά ο χρήστης (O'Malley & Stanton Fraser, 2004). Επομένως η διεπαφή διαμεσολαβεί στη σχέση χρήστη και αναπαράστασης ως δέκτης και πομπός σωματικών ερεθισμάτων για τον χρήστη (Antle & Wise, 2013). Οι απτικές διεπαφές διαχωρίζονται σε φορητές και μη φορητές, καθώς και σε διεπαφές με δερματική ή κιναισθητική ανάδραση, που μπορούν να είναι φορητές ή μη (Burlson et al., 2017).

Εκπαιδευτικά με τη χρήση απτικών διεπαφών επιδιώκεται μεταξύ άλλων η παροχή ενός συνεργατικού περιβάλλοντος, όπου οικοδομούν τη γνώση ουσιαστικά παίζοντας (Orit & Eva, 2009). Οι απτικές διεπαφές σε εκπαιδευτικό επίπεδο συνάδουν με τις θεωρίες της ενσώματης μάθησης, όπου υποστηρίζεται ότι το σώμα είναι εργαλείο γνωστικής ανάπτυξης μέσα από διαδικασίες ενσωμάτωσης σωματικών ερεθισμάτων και μετατροπής τους σε εμπειρίες μέσω κινητικών δράσεων (Παλαιγεωργίου, 2017). Η μάθηση σε αυτή την περίπτωση είναι προϊόν της σύνδεσης και αλληλεπίδρασης νόησης, σωματικής δράσης και αναπαράστασης – περιβάλλοντος (Παλαιγεωργίου, 2017).

Το κύριο πλεονέκτημα των απτικών διεπαφών είναι ο συνδυασμός πολυάριθμων ερεθισμάτων και παιδαγωγικής υποστήριξης παράλληλα με τη διατήρηση του χρήστη σε εμπλοκή με πραγματικούς φυσικούς πειραματισμούς (Burlson et al., 2017' Fleck & Hachet, 2016). Το πλεονέκτημα αυτό τις καθιστά ικανά μέσα υποστήριξης γνωστικών λειτουργιών και μοντελοποίησης ιδεών, που υποβοηθείται από την παροχή πολλαπλών αναπαραστάσεων (Istencić Starčić et al., 2015).

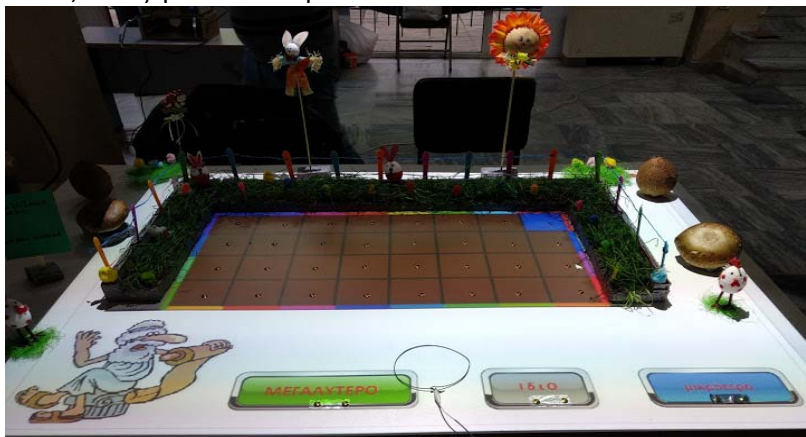
Η Ευκλείδειος Σχολή

Στη βάση όλων των προαναφερθέντων σχεδιάστηκε ένα εκπαιδευτικό ψηφιακό πρόγραμμα, όπου αξιοποιείται η Ενσώματη Μάθηση μέσω απτικών διεπαφών μέσα σε ένα δυναμικό περιβάλλον μεικτής πραγματικότητας. Το περιβάλλον χαρακτηρίζεται ως «μεικτής πραγματικότητας», επειδή πλαισιώνεται η ψηφιακή αναπαράσταση με φυσικά αντικείμενα, ώστε να γίνει πιο ρεαλιστική και να ενισχυθεί η αισθησιοκινητική μάθηση εκ μέρους του παιδιού (Παλαιγεωργίου, 2017). Το πρόγραμμα σχεδιάστηκε με την εφαρμογή scratch (γλώσσα προγραμματισμού) σε συνδυασμό με τα εργαλεία Makey – Makey, μέσω των οποίων γίνονται οι απτικές διεπαφές. Δημιουργήθηκε μια κατάλληλη για τις ανάγκες του συγκεκριμένου εκπαιδευτικού προγράμματος τρισδιάστατη μακέτα ενός κήπου, όπου διαδραματίζονταν οι δραστηριότητες του προγράμματος μέσα από εικονικές αναπαραστάσεις, που προβάλλονταν με τη βοήθεια ενός προτζέκτορα πάνω στην επιφάνεια της μακέτας. Εκεί είχαν την ευκαιρία να ασχοληθούν με δραστηριότητες, που παρουσιάζονταν από το πρόγραμμα, οι οποίες αφορούσαν στις γεωμετρικές έννοιες του Εμβαδού και της Περιμέτρου.

Κατά την επιλογή των δραστηριοτήτων ελήφθη αρχικά υπόψη το επίπεδο μαθησιακής ετοιμότητας, στο οποίο τυπικά βρίσκεται ένα παιδί Στ' Δημοτικού, όσον αφορά το σχολικό βιβλίο και την ύλη που διδάσκεται. Στη συνέχεια έγιναν οι απαραίτητες βελτιώσεις – προσθήκες, ώστε να προσαρμοστεί το επίπεδο δυσκολίας στο επίπεδο των φοιτητών (μελλοντικών δασκάλων) λαμβάνοντας υπόψη και την εντριβή τους με το μάθημα του Δ' εξαμήνου «Στοιχεία γεωμετρίας και επίλυση προβλημάτων».

Περιελήφθησαν κατάλληλες μορφές ανατροφοδότησης, ώστε να υπάρχει «scaffolding», προκειμένου να οδηγηθεί η σκέψη των φοιτητών με ενεργητική, διερευνητική μάθηση σε ένα επόμενο μαθησιακό επίπεδο.

Το εκπαιδευτικό περιβάλλον της προτεινόμενης εφαρμογής εξελίσσεται με τη χρήση μιας μακέτας 1,5m X 1m, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1. Το εκπαιδευτικό περιβάλλον της εφαρμογής

Το περιβάλλον συνδυάζει ψηφιακά και παιγνιωδώς ρεαλιστικά στοιχεία, που συνθέτουν έναν πραγματικό κήπο (περίφραξη, χόρτο, φυτά, ζώακια, βρύσες). Η συνολική διάρκεια του εκπαιδευτικού προγράμματος είναι περίπου 25-30 λεπτά και μπορούν να συμμετέχουν φοιτητές είτε κατ' άτομο, είτε σε μικρές ομάδες 2-3 ατόμων. Οι χρήστες στέκονται μπροστά στη μακέτα και κρατώντας έναν «ειδικό» μεταλλικό κρίκο (Εικόνα 1) για να γίνει η γείωση, που ενεργοποιεί τη λειτουργία του συστήματος makey-makey και με τον οποίο μπορούν να αλληλοεπιδρούν με όσα προβάλλονται στην επιφάνεια της μακέτας αναπτύσσοντας απτική επαφή (πατώντας πάνω σε διάφορες περιοχές της επιφάνειας). Χωρίς να χρειάζεται παρέμβαση από τον ερευνητή οι χρήστες μπορούν εξ ολοκλήρου να διαχειριστούν την εφαρμογή ακολουθώντας το σενάριο της εφαρμογής, όπως προβάλλεται πάνω στην επιφάνεια της και αλληλοεπιδρώντας με αυτή.

Οι χρήστες εισάγονται στην εφαρμογή με την εμφάνιση ενός ήρωα, του Αριθμομνήμων, ο οποίος είναι μαθητής του Ευκλείδη. Αρχικά τους παρουσιάζει μια σειρά δραστηριοτήτων Νοερής Απεικόνισης, όπως ζωγραφικοί πίνακες με γεωμετρικά σχήματα. Στο 2^ο επίπεδο δραστηριοτήτων, αυτό της Ανάλυσης, οι χρήστες καλούνται να κάνουν χρήση ορολογίας και αναγνώριση ιδιοτήτων με επιχειρηματολόγηση γύρω από το εμβαδόν και την περίμετρο. Στη φάση αυτή χρησιμοποιούνται, όποτε χρειάζεται, ανάλογα με το επίπεδο μαθησιακής ετοιμότητας των χρηστών οπτικοί και ακουστικοί ενισχυτές, δείκτες και στοιχεία ανατροφοδότησης, ώστε να καταφέρουν να οικοδομήσουν περαιτέρω γνώση. Βάσει αυτής οδηγούνται σταδιακά στο επίπεδο της Μη Τυπικής Παραγωγής, αναπτύσσοντας λεπτομερέστερη αντίληψη και διαισθητική κατανόηση των ιδιοτήτων του εμβαδού και της περιμέτρου και επιχειρηματολογώντας λογικά για τις σχέσεις μεταξύ τους.

Σε αυτή τη φάση το εκπαιδευτικό πλαίσιο είναι ένας κήπος, που οι χρήστες καλούνται να διαμορφώσουν ως χώρο με διάφορους τρόπους, μέσω των οποίων επηρεάζονται φαινομενικά ή πραγματικά οι διαστάσεις του εμβαδού ή / και της περιμέτρου του. Για παράδειγμα, οι χρήστες θα πρέπει να κρίνουν αν αλλάζει η περίμετρος του κήπου με την προσθήκη μιας βρύσης σε μια γωνιά, αν αλλάζει το εμβαδόν της επιφάνειας, όπου φυτεύονται λάχανα, όταν αλλάζει το σχήμα της επιφάνειας ή αν αλλάζει η περίμετρος της επιφάνειας, όπου φυτεύονται τριαντάφυλλα, όταν αλλάζει το εμβαδόν και το αντίστροφο. Οι υπολογισμοί γίνονται με διάφορους τρόπους εκ μέρους των χρηστών. Δηλαδή μπορούν να υπολογίσουν με τη χρήση συγκεκριμένων μέτρων με φυσικό τρόπο (μετρώ τα

τετραγωνάκια - Εικόνα 2) ή με τη χρήση σχοινιού (Εικόνα 3) ακολουθώντας ψηφιακή οπτικοακουστική ανατροφοδότηση.

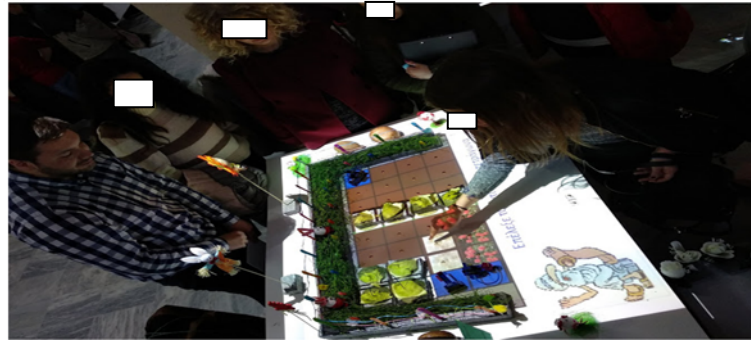


Εικόνα 2. Υπολογισμός με φυσικό τρόπο



Εικόνα 3. Χρήση σχοινιού

Στην τελική φάση, ζητείται από τους χρήστες μέσα από διάφορες σχετικές με τον κήπο δραστηριότητες να αποδείξουν τις μη απαραίτητα αλληλοεπηρεαζόμενες μεταξύ τους διαστάσεις της περιμέτρου και του εμβαδού, κάνοντας επιπλέον προσαρμογές στα στοιχεία του κήπου όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.



Εικόνα 4. Δραστηριότητες με προσαρμογές στα στοιχεία του κήπου

Για να προσαρμοστεί ο βαθμός δυσκολίας στο επίπεδο των φοιτητών, ζητήθηκε η επαρκής αιτιολόγηση – σχολιασμός πριν από κάθε απάντηση. Κατά την διάρκεια της χρήσης της εφαρμογής, υπήρχε ένα μικρόφωνο και ηχογραφούσε τις αιτιολογήσεις των φοιτητών. Το πρόγραμμα δεν επέτρεπε στους φοιτητές να συνεχίσουν στην επόμενη ερώτηση αν προηγουμένως δεν αιτιολογούσαν – επιχειρηματολογούσαν την απάντησή τους.

Επιπλέον έγιναν προσθήκες στα γεωμετρικά σχήματα, με περισσότερα παραδείγματα και περισσότερες ερωτήσεις, όπως η εύρεση - υπολογισμός της περιμέτρου και του εμβαδού σε ακανόνιστα σχήματα (Εικόνα 5), πέραν των κλασικών γεωμετρικών σχημάτων.

Επίσης πριν το τέλος της εφαρμογής ενσωματώθηκαν και 2 ερωτήσεις που παρακινούν τους χρήστες να υπολογίσουν τους δύο κήπους με λουλούδια (άσπρα και κόκκινα), οι οποίοι έχουν την ίδια περίμετρο, αλλά διαφορετικό εμβαδόν. Καταλήγουν έτσι στο συμπέρασμα ότι το τετράγωνο έχει το μεγαλύτερο εμβαδόν από τα υπόλοιπα σχήματα, ότι δυο διαφορετικά σχήματα με ίδια περίμετρο δεν έχουν πάντοτε και ίσο εμβαδό όπως και δύο διαφορετικά σχήματα με ίδιο εμβαδό (ισοεμβαδικά) δεν έχουν πάντοτε ίση περίμετρο.



Εικόνα 5. Υπολογισμός περιμέτρου και εμβαδού σε ακανόνιστα σχήματα

Διεξαγωγή της έρευνας

Οι φοιτητές συμπλήρωσαν στα πλαίσια του μαθήματος του Δ εξαμήνου «Στοιχεία γεωμετρίας και επίλυση προβλημάτων» ερωτηματολόγια (αρχική αξιολόγηση) και 1 εβδομάδα μετά ήρθαν σε επαφή με την απτική διεπαφή που δημιουργήθηκε και «στήθηκε» για το σκοπό αυτό, στο φουαγιέ της Παιδαγωγικής Σχολής του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας. Με το πέρας της χρήσης της απτικής διεπαφής, οι φοιτητές συμπλήρωσαν ένα διαφορετικό ερωτηματολόγιο (τελική αξιολόγηση).

Το δείγμα της έρευνας

Το δείγμα αποτελείται από 25 φοιτητές/ριες του ΠΤΔΕ, οι 3 ήταν άνδρες και οι 22 γυναίκες. Αξίζει να αναφερθεί ότι υπήρχαν και άλλες αξιολογήσεις – ερωτηματολόγια, τα οποία όμως δεν ήταν ολοκληρωμένα στο σύνολο τους ή δεν υπήρχε η τελική αξιολόγηση. Τα κριτήρια επιλογής των συμμετεχόντων ήταν να είναι φοιτητές του ΠΤΔΕ και να παρακολουθούν ή να είχαν παρακολουθήσει το μάθημα «Στοιχεία Γεωμετρίας και επίλυση προβλημάτων». Θεωρήθηκε σκόπιμο οι φοιτητές να κατέχουν μια στοιχειώδη γνώση γεωμετρίας και κυρίως να έχουν ασχοληθεί με τις έννοιες της περιμέτρου και του εμβαδού.

Ερευνητικά μέσα

Στους φοιτητές δόθηκαν 2 αξιολογήσεις. Μία αρχική (pre test) και μία τελική (post test). Και οι δυο αξιολογήσεις αποτελούνταν από συνολικά 17 ερωτήσεις ίδιου επιπέδου και ίδιων κατηγοριών: α) εννοιολογικές (ερωτήσεις 1-4 τύπου Σ-Λ και πολλαπλής επιλογής σχετικά με τις έννοιες και τον υπολογισμό), β) οπτικές (ερ.5-7 δίνονται σχήματα και ζητούνται τα αντίστοιχα ως προς την περίμετρο και το εμβαδό), γ) υπολογιστικές (ερ.8-14 πράξεις για εύρεση της περιμέτρου και του εμβαδού) και δ) σχεδιαστικές (ερ.15-17 σχεδιασμός σχημάτων με συγκεκριμένες διαστάσεις και εύρεση της περιμέτρου και του εμβαδού). Η κάθε ερώτηση βαθμολογείται με 2 μονάδες. Δηλαδή συνολικά ένας φοιτητής που θα τα απαντούσε όλα σωστά θα λάμβανε μέγιστο σκορ 34 μονάδες. Αν σε μία ερώτηση υπήρχαν 2 υποερωτήματα, τότε το καθένα λάμβανε από μία μονάδα, έτσι ώστε η ερώτηση συνολικά να λάβει 2 μονάδες.

Ερευνητικά ερωτήματα – Βασικός σκοπός

Τα ερευνητικά ερωτήματα που απασχολούν τον ερευνητή είναι πρωτίστως εάν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στον μέσο όρο των βαθμολογιών της αρχικής με την τελική αξιολόγηση, αλλά και μεταξύ των κατηγοριών των ερωτήσεων (εννοιολογικές – οπτικές – υπολογιστικές - σχεδιαστικές). Επίσης ο ερευνητής θα αναζητήσει εάν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της αρχικής και της τελικής αξιολόγησης (θετική ή αρνητική, χαμηλή, μέτρια ή υψηλή) καθώς και εάν υπάρχει βελτίωση στις επιδόσεις των φοιτητών και εάν υπάρχει, τότε πόσοι φοιτητές βελτίωσαν τις επιδόσεις τους. Βασικός σκοπός της έρευνας είναι να ερευνηθεί εάν η χρήση της απτικής διεπαφής σχετικά με τις έννοιες περίμετρο και εμβαδόν βοήθησε τους φοιτητές στην αποσαφήνιση των εννοιών και των σχέσεων τους.

Στατιστική ανάλυση των αξιολογήσεων

Η μέση βαθμολογία (mean) της αρχικής αξιολόγησης (presum) του δείγματος (25 φοιτητές) ήταν 28,8 με τυπική απόκλιση 3,38. Η μεγαλύτερη βαθμολογία ήταν 33/34 και η ελάχιστη 20/34. Δηλαδή υπήρχε ένα εύρος 13 βαθμών στο δείγμα. Η επικρατούσα τιμή (mode) από τις βαθμολογίες των φοιτητών δεν είναι μία, αλλά δύο. Στον πίνακα 1 αναγράφεται η χαμηλότερη, δηλαδή η 31. Η δεύτερη επικρατούσα τιμή είναι η 32. Οι μισοί φοιτητές (διάμεσος - median) είχαν βαθμό έως 30. Το 25% των φοιτητών με την χαμηλότερη επίδοση είχαν βαθμό έως 26 και το 25% των φοιτητών με την μεγαλύτερη επίδοση πήρε βαθμό πάνω από 31,5 στα 34.

Η μέση βαθμολογία (mean) της τελικής αξιολόγησης του δείγματος ήταν 32,64 με τυπική απόκλιση 1,7. Η μεγαλύτερη βαθμολογία ήταν 34/34 και η ελάχιστη 28/34. Δηλαδή υπήρχε ένα εύρος 6 βαθμών στο δείγμα. Η επικρατούσα τιμή (mode) από τις βαθμολογίες των φοιτητών στην μεταβλητή postsum είναι μοναδική και ισούται με 34, δηλαδή το μέγιστο. Οι μισοί φοιτητές (διάμεσος - median) είχαν βαθμό έως 34. Το 25% των φοιτητών με την χαμηλότερη επίδοση είχαν βαθμό έως 32 και το 25% των φοιτητών με την μεγαλύτερη επίδοση πήρε βαθμό 34/34.

Πίνακας 1. Στατιστική ανάλυση συνολικού σκορ αρχικής και τελικής αξιολόγησης
Statistics

		presum	postsum
N	Valid	25	25
	Missing	0	0
Mean		28,8000	32,6400
Median		30,0000	34,0000
Mode		31,00 ^a	34,00
Std. Deviation		3,37886	1,70489
Variance		11,417	2,907
Range		13,00	6,00
Minimum		20,00	28,00
Maximum		33,00	34,00
Percentiles	25	26,0000	32,0000
	50	30,0000	34,0000
	75	31,5000	34,0000

Σύμφωνα με τον έλεγχο κανονικότητας που πραγματοποιήθηκε στο SPSS, για την Αρχική αξιολόγηση, $\text{sig}=0,502 > \alpha=0,01$. Άρα η μεταβλητή presum, δηλαδή η συνολική βαθμολογία ανά φοιτητή στην αρχική αξιολόγηση ακολουθεί κανονική κατανομή. Αντίστοιχα για την μεταβλητή postsum, $\text{sig}=0,013 > \alpha=0,01$, δηλαδή η συνολική βαθμολογία ανά φοιτητή στην τελική αξιολόγηση ακολουθεί κανονική κατανομή.

Στα αποτελέσματα του παρακάτω **sign test**, που διενεργήθηκε στο SPSS, διαπιστώνουμε ότι 21 φοιτητές βελτιώσαν την συνολική τους επίδοση μέσω της εφαρμογής της ενσώματης μάθησης.

Frequencies		N
postsum - presum	Negative Differences ^a	3
	Positive Differences ^b	21
	Ties ^c	1
	Total	25
a. postsum < presum	b. postsum > presum	c. postsum = presum

Έλεγχος για τις μέσες τιμές της αρχικής αξιολόγησης και της τελικής αξιολόγησης

Η μέση τιμή των βαθμολογιών των φοιτητών στη Αρχικής αξιολόγηση είναι **28,8** στα 34 με τυπική απόκλιση 3,38, ενώ η μέση τιμή των βαθμολογιών των φοιτητών στην Τελική

αξιολόγηση είναι **32,64** στα 34 με τυπική απόκλιση 1,7. Η διαφορά που παρατηρείται είναι στατιστικά σημαντική ($t=5,863$, $df=24$, $p=0<0.001$).

Έλεγχος συσχέτισης

Ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson (Αποτελέσματα SPSS, Correlations $r=0,312$, p -τιμή $>0,01$) ανάμεσα στην Αρχική αξιολόγηση και στην Τελική αξιολόγηση είναι θετικός σε επίπεδο σημαντικότητας 1%. Άρα υπάρχει μέτρια θετική συσχέτιση μεταξύ Αρχικής αξιολόγησης και Τελικής αξιολόγησης ($0.3 < r \leq 0.65$).

Στατιστική ανάλυση στις εννοιολογικές ερωτήσεις

Από τον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε φαίνεται ότι 18 φοιτητές είχαν τις ίδιες πεποιθήσεις πριν και μετά την εφαρμογή και 6/25 φοιτητές βελτίωσαν το σκορ τους.

Το τεστ Wilcoxon έδειξε ότι υπάρχει ομοιογένεια ανάμεσα στις εννοιολογικές ερωτήσεις της αρχικής και της τελικής αξιολόγησης, επομένως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις βαθμολογίες των φοιτητών ($Z = -1,930$, $p = 0,054$) ανάμεσα στις εννοιολογικές ερωτήσεις. Η μέση βαθμολογία των φοιτητών πριν την εφαρμογή της ενσώματης μάθησης ήταν 1,5667 και έγινε 1,9333 μετά την εφαρμογή.

Στον εννοιολογικό τομέα, οι φοιτητές κατά την διάρκεια της εφαρμογής φαίνεται να έχουν βελτίωση.

Στατιστική ανάλυση στις οπτικές ερωτήσεις

Από τον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε φαίνεται ότι 1 φοιτητής είχε τις ίδιες πεποιθήσεις πριν και μετά την εφαρμογή, 2 φοιτητές δεν κατάφεραν στην τελική αξιολόγηση να συγκεντρώσουν το σκορ που είχαν στην αρχική αξιολόγηση και 22/25 φοιτητές βελτίωσαν το σκορ τους.

Το τεστ Wilcoxon έδειξε ότι δεν υπάρχει ομοιογένεια ανάμεσα στις οπτικές ερωτήσεις της αρχικής και της τελικής αξιολόγησης, επομένως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις βαθμολογίες των φοιτητών ($Z = -4,066$, $p = 0,000$) ανάμεσα στις οπτικές ερωτήσεις.

Πράγματι, η μέση βαθμολογία των φοιτητών πριν την εφαρμογή της ενσώματης μάθησης ήταν 3,64 και έγινε 5,6 μετά την εφαρμογή. Στον οπτικό κομμάτι, οι φοιτητές κατά την διάρκεια της εφαρμογής φαίνεται να έχουν βελτίωση.

Στατιστική ανάλυση στις υπολογιστικές ερωτήσεις

Από τον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε φαίνεται ότι 10 φοιτητές είχαν τις ίδιες πεποιθήσεις πριν και μετά την εφαρμογή, 6 φοιτητές δεν κατάφεραν να διατηρήσουν το σκορ που είχαν στην αρχική αξιολόγηση και 9/25 βελτίωσαν το σκορ τους.

Το τεστ Wilcoxon έδειξε ότι υπάρχει ομοιογένεια ανάμεσα στις υπολογιστικές ερωτήσεις της αρχικής και της τελικής αξιολόγησης, επομένως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις βαθμολογίες των φοιτητών ($Z = -1,345$, $p = 0,179$) ανάμεσα στις υπολογιστικές ερωτήσεις. Η μέση βαθμολογία των φοιτητών πριν την εφαρμογή της ενσώματης μάθησης ήταν 12,48 και έγινε 13,12 μετά την εφαρμογή.

Στον υπολογιστικό τομέα υπάρχει μια μικρή βελτίωση παρόλο που 6 φοιτητές δεν διατήρησαν το σκορ τους και μόνο 9 κατάφεραν να το βελτιώσουν.

Στατιστική ανάλυση στις σχεδιαστικές ερωτήσεις

Από τον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε φαίνεται ότι 18 φοιτητές είχαν τις ίδιες πεποιθήσεις πριν και μετά την εφαρμογή και 7/25 φοιτητές που βελτίωσαν το σκορ τους.

Το τεστ Wilcoxon έδειξε ότι δεν υπάρχει ομοιογένεια ανάμεσα στις σχεδιαστικές ερωτήσεις της αρχικής και της τελικής αξιολόγησης, επομένως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις βαθμολογίες των φοιτητών ($Z = -2,388$, $p = 0,017$).

Πράγματι, η μέση βαθμολογία των φοιτητών πριν την εφαρμογή της ενσώματης μάθησης ήταν 5,24 και έγινε 6 μετά την εφαρμογή. Στον σχεδιαστικό κομμάτι, οι φοιτητές κατά την διάρκεια της εφαρμογής φαίνεται να έχουν βελτίωση.

Σύγκριση ανά ερώτηση στην αρχική και τελική αξιολόγηση

Από το σύνολο των 17 ερωτήσεων, στις 14 ο μέσος όρος βελτιώθηκε στην τελική αξιολόγηση σε σχέση με την αρχική αξιολόγηση. Άξιο αναφοράς είναι ότι στις 9 από τις 14 ερωτήσεις, ο μέσος όρος στην τελική αξιολόγηση έλαβε την μέγιστη τιμή 2. Δηλαδή όλοι οι φοιτητές μετά την εφαρμογή απάντησαν σωστά στην ερώτηση.

Στην ερώτηση 14 (*Υπολογιστική – Δίνονται σχήματα με ίση περίμετρο και ζητείται το μεγαλύτερο εμβαδόν ή να μπουν ανάλογα με το εμβαδόν τους, σε φθίνουσα σειρά*) υπήρξε ο ίδιος μέσος όρος (1,76) και στις δύο αξιολογήσεις, ενώ σε δύο ερωτήσεις υπήρξε μείωση του μέσου όρου στην τελική αξιολόγηση από ότι ήταν στην αρχική. Συγκεκριμένα στην ερώτηση 6 (*Οπτική – Υπολογισμός περιμέτρου σε ακανόνιστο σχήμα με δοσμένες πλευρές*), στην αρχική αξιολόγηση υπήρξε η μέγιστη βαθμολογία (2) και στην τελική έπεσε στο 1,76. Στην ερώτηση 12 (*Υπολογιστική – Δίνεται σχήμα, περίμετρος και μία πλευρά και ζητείται το εμβαδόν*), ο μέσος όρος από 1,84, έγινε 1,6.

Λαμβάνοντας υπόψη τα Paired Samples Test και το αντίστοιχο sig, οι ερωτήσεις με την μεγαλύτερη στατιστικά σημαντική διαφορά είναι οι: ερ. 5 (*Οπτική – Δίνονται σχήματα και ζητούνται αυτά που έχουν ίσο εμβαδόν*) όπου $t = -7,184$, $df = 24$, $p = 0.000 < 0.001$, ερ. 7 (*Οπτική – Δίνονται σχήματα, τεμαχισμένα σε τετραγωνάκια $1cm^2$. Από κάτω υπάρχουν φράσεις που πρέπει να ελεγχτούν για την ορθότητα τους και οι οποίες αναφέρονται σε συνδυασμούς σχημάτων συγκρίνοντας περίμετρο και εμβαδό*) όπου $t = -6,532$, $df = 24$, $p = 0.000 < 0.001$ και ερ. 17 (*Σχεδιαστική – Σχεδιασμός σχήματος με συγκεκριμένο εμβαδό και υπολογισμός περιμέτρου*), όπου $t = -2,317$, $df = 24$, $p = 0.029 < 0.05$.

Συμπεράσματα

Με την προτεινόμενη εφαρμογή φάνηκε ότι υπάρχουν παρανοήσεις γύρω από το εμβαδόν και την περίμετρο, οι οποίες όμως μπορούν να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά, αρκεί να αξιοποιηθούν σωστά τα συγκεκριμένα τεχνολογικά μέσα. Η διαπίστωση αυτή μπορεί να ανοίξει καινούριες οδούς στα εκπαιδευτικά μέσα που αξιοποιούνται, ώστε να προσφερθεί η δυνατότητα σε όλους τους φοιτητές και κατ' επέκταση στους αυριανούς μαθητές, ανάλογα με το επίπεδο μαθησιακής ετοιμότητας στο οποίο βρίσκονται να οικοδομήσουν σωστά τις έννοιες του εμβαδού και της περιμέτρου.

Στην έρευνα μας και συγκεκριμένα στις σχέσεις περιμέτρου - εμβαδού, πριν την παρέμβαση, πολλοί φοιτητές αποδέχτηκαν ότι στα ορθογώνια παραλληλόγραμμα, ίση περίμετρος συνεπάγεται ίσο εμβαδόν ή/και ότι μεγαλύτερη ή μικρότερη περίμετρος συνεπάγεται, αντιστοίχως, μεγαλύτερο ή μικρότερο εμβαδόν. Κάποιοι φοιτητές έκριναν το ένα μέγεθος με βάση το άλλο.

Πιο συγκεκριμένα λαμβάνοντας υπόψη την στατιστική ανάλυση που προηγήθηκε στην αρχική και τελική αξιολόγηση των 25 φοιτητών, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή επέφερε θετικά αποτελέσματα και συνέβαλε στην αποσαφήνιση των δύο εννοιών βελτιώνοντας την μέση βαθμολογία των φοιτητών από 28,8/34 σε 32,64/34. Η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική.

Την συνολική τους επίδοση βελτίωσαν 21 από τους 25 φοιτητές. Αυτό καθιστά σημαντική την παρέμβαση που έγινε μέσω της διαδραστικής – απτικής διεπαφής. Οι φοιτητές μέσω αυτής της εφαρμογής βελτίωσαν σημαντικά τις επιδόσεις τους και οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι αποσαφήνισαν τις παρανοήσεις που είχαν σχετικά με τις έννοιες της περιμέτρου και του εμβαδού. Αυτό διασταυρώνεται και από τις αιτιολογήσεις (προφορικές) που έδιναν σε κάθε απάντηση, καθώς οι φοιτητές επεξηγούσαν και δικαιολογούσαν την κάθε απάντηση στο μικρόφωνο που υπήρχε μπροστά τους.

Συνοψίζοντας και λαμβάνοντας υπόψη τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν στην αρχή της έρευνας καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι πράγματι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στον μέσο όρο των βαθμολογιών της αρχικής αξιολόγησης με την τελική αξιολόγηση, αλλά και μεταξύ των κατηγοριών των ερωτήσεων (εννοιολογικές – οπτικές – υπολογιστικές - σχεδιαστικές). Από την στατιστική ανάλυση παρατηρούμε ότι υπάρχει μέτρια θετική συσχέτιση μεταξύ των δύο Αξιολογήσεων. Σχετικά με τις βελτιώσεις στις επιδόσεις των φοιτητών, όπως προαναφέραμε υπάρχει αισθητή πρόοδος καθώς 21 από τους 25 φοιτητές βελτίωσαν τις συνολικές τους επιδόσεις. Όσον αφορά το τελευταίο ερευνητικό ερώτημα που αποτελεί και τον βασικό σκοπό της έρευνας, παρατηρούμε ότι η χρήσης της απτικής διεπαφής σχετικά με τις δύο γεωμετρικές έννοιες, βοήθησε τους φοιτητές στην αποσαφήνιση των εννοιών και των σχέσεων τους.

Αναφορές

- Antle, A. & Wise, A.F. (2013). Getting Down to Details: Using Theories of Cognition And Learning to Inform Tangible User, *Interface Design Interacting with Computers*, 1-20.
- Arango, J., Gaviria, D. & Valencia, A. (2015). Differential Calculus Teaching Through Virtual Learning Objects in the Field of Management Sciences, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 176, pp. 412-418.
- Bonotto, C., & Santo L. D. (2015). On the relationship between problem posing, problem solving, and creativity in primary school. In F. M. Singer, N. F.
- Burlson, W. et al. (2017). Active Learning Environments with Robotic Tangibles: Children's Physical and Virtual Spatial Programming Experiences, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 99.
- Cai, J., Hwang, S., Jiang, C. & Silber, S. (2015). Problem-posing research in Mathematics education: Some answered and unanswered questions. In F. M.
- Cifarelli, V. V. & Sevim V. (2015). Problem Posing as reformulation and sense Making within problem solving. In F. M. Singer, N. F. Ellerton & J. Cai (Eds.), *Mathematical Problem Posing: From research to effective practice* (pp. 177 194). New York: Springer.
- Fleck, S. & Hachet, M. (2016). Making Tangible the Intangible: hybridization of the Real and the Virtual to enhance learning of Abstract phenomena, *Frontiers in ICT*, 3, (30).
- Istencić Starčić, A., Turk, Ž. & Zajc, M. (2015). Transforming Pedagogical Approaches Using Tangible User Interface Enabled Computer Assisted Learning, *iJET*, 10, 42 – 52.
- Jupri, A., Drijvers, P. & van de Heuvel – Panhuizen, M. (2015). Improving Grade 7 Student's Achievement in Initial Algebra Through a Technology – Based Intervention, *Digital Experiences in Mathematic's Education*, 1 (1), 28 – 58.
- Kablan, Zeynel, Topan Beyda & Erkan Burak (2013). The Effectiveness Level of Material Use in Classroom Instruction: A Meta-analysis Study. *Educational Sciences Theory & Practice*, 13(3). 1638-1644.
- Manches, A. & O'Malley, C. (2012). Tangibles for learning: a representational analysis of physical manipulation, *Pers Ubiquit Comput*, 16, pp. 405–419.
- O'Malley, C. & Stanton Fraser, D. (2004). *REPORT 12: Literature Review in Learning with Tangible Technologies*, Nesta Futurelab Series.
- Olanoff, D. Lo, J. J. & Tobias, J. M. (2014). Mathematical Content Knowledge for Teaching Elementary Mathematics: A Focus on Fractions. *TME*, 11, (2), 267 – 277.
- Orit, S. & Eva, H. (2009). Tangible user interfaces: Past, present, and future directions. *Foundations and Trends in Human–Computer Interaction*, 3(1-2), 1-137.
- Skulmowski, A., Pradel, S., Kühnert, T., Brunnett, G. & Rey, G. D. (2016). Embodied learning using a tangible user interface: The effects of haptic perception and selective pointing on a spatial learning task, *Computers & Education*, 92 – 93, 64 – 75.
- Βοσνιάδου, Σ. (2006). *Παιδιά Σχολεία και Υπολογιστές*. Αθήνα: Gutenberg.
- Γαγάτση, Α., Μιχαηλίδου, Ε., & Σιακαλλή, Μ. (2000). *Συναρτήσεις. Ένα παιχνίδι αλλαγών πεδίου αναπαράστασης*. Λευκωσία: Πανεπιστήμιο Κύπρου, ERASMUS IP1.

Ζωγόπουλος, Ε. (2012). Η αποτελεσματική ενσωμάτωση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία. *i Teacher*, 4, 153-164.

Κολέζα, Ε. (2000). *Γνωσιολογική και διδακτική προσέγγιση των στοιχειωδών Μαθηματικών εννοιών*. Αθήνα: Εκδόσεις Leader Books.

Παλαιγεωργίου, Γ. (2017). Μαθητές και δάσκαλοι ως δημιουργοί απτικών εκπαιδευτικών εφαρμογών, *Πρακτικά Εργασιών 5^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»*, 21-23 Απριλίου 2017.

Παπαδόπουλος, Γ. (2013). *Τα Μαθηματικά στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση και η Διδασκαλία τους*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας.

Τζεκάκη Μ. (2007). *Μικρά παιδιά, μεγάλα μαθηματικά νοήματα : προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία*. Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg.