

# «Σχεδιασμός, Ανάπτυξη και Πιλοτική Αξιολόγηση ενός Σοβαρού Παιχνιδιού για την Περιτροφοική Συμμετρία»

Καρρά Γεωργία<sup>1</sup>, Καρασαββίδης Ηλίας<sup>2</sup>, Τριανταφυλλίδης Τριαντάφυλλος<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Μεταπτυχιακή φοιτήτρια, ΠΤΠΕ του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας  
karroulag@gmail.com

<sup>2</sup> Επίκουρος Καθηγητής, ΠΤΠΕ του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας  
[ikaras@uth.gr](mailto:ikaras@uth.gr)

<sup>3</sup> Αναπληρωτής Καθηγητής, ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας  
ttriant@uth.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα σοβαρά εκπαιδευτικά παιχνίδια ορίζονται ως τα παιχνίδια που έχουν ως κύριο σκοπό τη μάθηση, χωρίς να αποκλείουν την ψυχαγωγία. Η εργασία αυτή παρουσιάζει τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την πιλοτική αξιολόγηση ενός ψηφιακού εκπαιδευτικού παιχνιδιού με θέμα την περιτροφοική συμμετρία. Για τον σχεδιασμό του παιχνιδιού χρησιμοποιήθηκε το Ολιστικό Μοντέλο Ανάπτυξης Σοβαρών Παιχνιδιών IGENAC. Το παιχνίδι απευθύνεται σε μαθητές της Ε' και ΣΤ' τάξης του Δημοτικού και οι δραστηριότητές του βασίστηκαν στο 1ο επίπεδο Γεωμετρικής σκέψης κατά Van Hiele. Η παρούσα εργασία αναπτύσσει τη συλλογιστική σχεδιασμού του παιχνιδιού, περιγράφει τον τρόπο ενσωμάτωσης του περιεχομένου του παιχνιδιού στην αφήγηση και παρουσιάζει τα βασικά στοιχεία από την πιλοτική αξιολόγηση του παιχνιδιού με μια ομάδα 6 μαθητών Ε' και Στ' Δημοτικού. Τα αποτελέσματα έδειξαν την ανάγκη εμπλουτισμού του παιχνιδιού με περισσότερα έργα και επίπεδα, καθώς και τη συστηματική διερεύνηση της μαθησιακής του αποτελεσματικότητας με κατάλληλα πειραματικά σχέδια.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Σοβαρά Παιχνίδια, ΠΠΕ, Μοντέλο Σχεδιασμού, Γεωμετρία, Περιτροφοική Συμμετρία

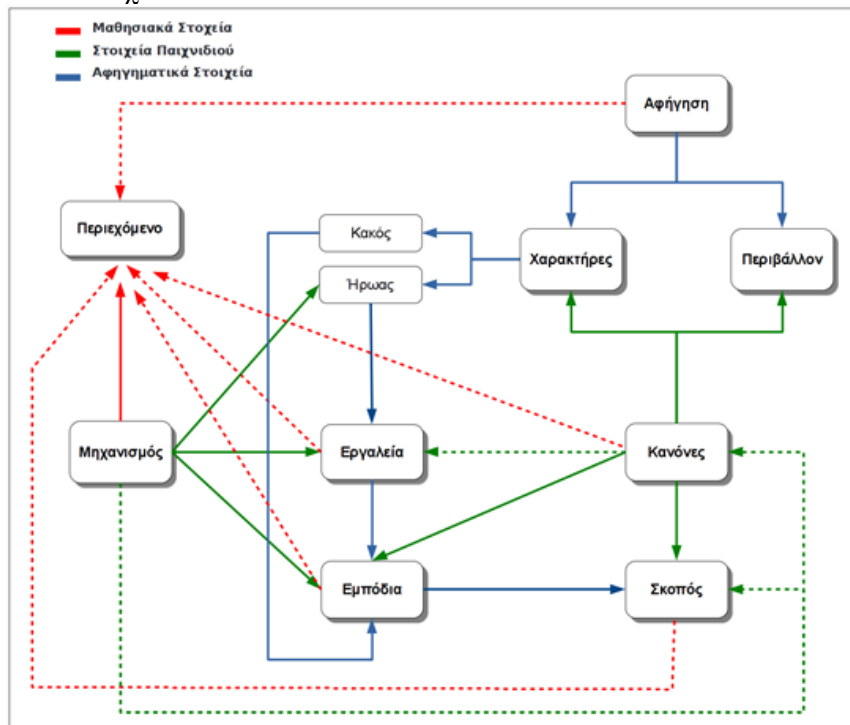
## ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΑΙΧΝΙΔΙ

Τα τελευταία χρόνια τα ψηφιακά παιχνίδια έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον της ακαδημαϊκής και εκπαιδευτικής κοινότητας. Αυτό συνέβει επειδή, όπως έδειξε ο Gee (2003), ένας παίχτης μπορεί να μάθει ακόμα και τα πιο περίπλοκα και απαιτητικά παιχνίδια, επειδή αυτά ενσωματώνουν αρχές μάθησης. Ως ψηφιακό παιχνίδι, νοείται ένα παιχνίδι μέρος του συστήματος του οποίου υλοποιείται διαμέσου της ψηφιακής τεχνολογίας (Salen & Zimmerman, 2004). Τα ψηφιακά παιχνίδια ανήκουν στην κατηγορία παιχνιδιών τύπου «game», που αποτελούν οργανωμένα παιχνίδια με κανόνες, σε αντίθεση με τα παιχνίδια τύπου «play», που συνιστούν αυθόρμητες μορφές παιχνιδιού (Salen & Zimmerman, 2006). Πιο συγκεκριμένα, τα ψηφιακά παιχνίδια που έχουν ως κύριο σκοπό τους την μάθηση, χωρίς να αποκλείουν την ψυχαγωγία, ονομάζονται σοβαρά παιχνίδια (Αναγνώστου, 2009).

Οι αποτελεσματικές εφαρμογές των ψηφιακών παιχνιδιών στην κατάρτιση υπαλλήλων και στην εκπαίδευση των στρατιωτών (π.χ. παιχνίδια προσομοιώσεων), οδήγησε βαθμιαία στην εισαγωγή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία (Prensky, 2007). Τα σοβαρά παιχνίδια παρέχουν περιβάλλοντα στα οποία οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα (α) να εξασκήσουν τις γνώσεις και τις δεξιότητές τους και (β) να αξιοποιήσουν γνώσεις και δεξιότητες με πολλούς εναλλακτικούς τρόπους. Επίσης, μπορούν να συνδυάσουν τα υψηλά επίπεδα ελκυστικότητας, πρόκλησης, κινητοποίησης και εμπλοκής, που προσφέρει το παιχνίδι, με την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων, που προσφέρει ο υπολογιστής, δίνοντας τη δυνατότητα για εξατομικευμένη διδασκαλία και για ανάπτυξη της κριτικής σκέψης (Bellotti et al., 2012).

Παρά το ενδιαφέρον που έχει εκδηλωθεί για τα σοβαρά παιχνίδια, έχει επισημανθεί πως υπάρχει σημαντική απόκλιση μεταξύ του σχεδιασμού των παραδοσιακών

ψηφιακών παιχνιδιών και του απαιτούμενου εκπαιδευτικού σχεδιασμού (Arnab et al., 2015; Bellotti et al., 2012; Van Staalduinen & de Freitas, 2011). Για να είναι αποτελεσματικά ως προς τους μαθησιακούς τους στόχους, τα εκπαιδευτικά παιχνίδια θα πρέπει να αποτελούν αντικείμενο βέλτιστου σχεδιασμού, τόσο τεχνικού όσο, κυρίως, εκπαιδευτικού. Απαραίτητα προς την κατεύθυνση αυτή είναι μοντέλα σχεδιασμού εκπαιδευτικού παιχνιδιού, τα οποία συνδυάζουν τα διάφορα στοιχεία και πόρους του παιχνιδιού με την αφήγηση, το διδακτικό περιεχόμενο και τις αντιλήψεις για τη μάθηση. Το Ολιστικό Μοντέλο Ανάπτυξης Σοβαρών Παιχνιδιών IGENAC (Integrated Game Elements, Narrative, Content) συνιστά ένα μοντέλο που πληροί αυτές τις προϋποθέσεις (Karasanvidis, at al., submitted). Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε το Ολιστικό Μοντέλο για το σχεδιασμό ενός ψηφιακού εκπαιδευτικού παιχνιδιού στο πεδίο της περιστροφικής συμμετρίας. Τα βασικά στοιχεία που συνιστούν το μοντέλο παρουσιάζονται στο Σχήμα 1. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, οι πόροι του παιχνιδιού θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία, όπως ορίζουν οι κανόνες του παιχνιδιού, ώστε να ξεπεραστούν τα εμπόδια και να επιτευχθεί ο τελικός αντικειμενικός σκοπός του παιχνιδιού, ο οποίος ορίζεται με την αφήγηση. Επίσης, η επίτευξη του τελικού σκοπού οδηγεί οργανικά στην επίτευξη των τιθέμενων μαθησιακών στόχων με βάση το περιεχόμενο του παιχνιδιού.



**Σχήμα 1:** Διάγραμμα παρουσίασης του μοντέλο σχεδιασμού σοβαρού παιχνιδιού IGENAC (Ενσωμάτωση Στοιχείων Παιχνιδιού, Αφήγησης και Περιεχομένου).

Ακολουθώντας το παράδειγμα άλλων εργασιών δομημένου σχεδιασμού ψηφιακών εκπαιδευτικών παιχνιδιών (π.χ. Γιαμπολδάκη & Καρασαββίδης, 2013; Παπαπέσιου & Καρασαββίδης, 2015; Πετροδασκαλάκη & Καρασαββίδης, υπό έκδοση), η παρούσα εργασία εστιάζεται στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός σοβαρού παιχνιδιού για την προσέγγιση της περιστροφικής συμμετρίας. Η επιλογή ανάπτυξης ψηφιακού παιχνιδιού για την διδακτική-μαθησιακή προσέγγιση της περιστροφικής συμμετρίας προέκυψε από τη διαπίστωση ότι, μέχρι σήμερα, η ανάπτυξη εννοιών συμμετρίας δεν έχει προσεγγιστεί συστηματικά διαμέσου τρισδιάστατων ψηφιακών παιχνιδιών (Καρρά, 2016). Για τη σχεδίαση του ψηφιακού παιχνιδιού αξιοποιήθηκε το ολιστικό μοντέλο σχεδιασμού IGENAC, επειδή συνδυάζει τα τυπικά στοιχεία σχεδιασμού ενός παιχνιδιού (χαρακτήρες, μέσα, εμπόδια, εργαλεία, μηχανισμός) με την αφήγηση και την εσωτερική ενσωμάτωση περιεχομένου στα πλαίσια μιας κοινωνικοπολιτισμικής θεώρησης.

## ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ

Το περιεχόμενο του εκπαιδευτικού παιχνιδιού που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε εστιάζει στη συμμετρία. Στα Μαθηματικά, η *συμμετρία* ορίζεται ως μια εσωτερική ιδιότητα ενός μαθηματικού αντικειμένου, η οποία το κάνει να παραμένει αναλλοίωτο από την επίδραση κάποιων μετασχηματισμών, όπως της περιστροφής, της ανάκλασης και της μετατόπισης. Οι γεωμετρικοί μετασχηματισμοί έχουν σχετιστεί με την *χωρική ικανότητα* (Clements & Battista, 1992), η οποία ορίζεται ως η ικανότητα του ατόμου να αναπαριστά νοητικές εικόνες και να χειρίζεται αυτές τις εικόνες στο μυαλό (Lean & Clements, 1981). Οι Lean και Clements (1981) έχουν συνδέσει την χωρική ικανότητα με την κατανόηση της συμμετρίας και με την επίδοση στα Μαθηματικά. Με βάση τη θεώρηση του Lohman (στο Τσαούσης, 2008), η χωρική ικανότητα απαρτίζεται από τρία βασικά συστατικά: (α) τον *σχηματισμό νοερών εικόνων* (Visualization), δηλαδή την νοητική αναπαράσταση αντικειμένων κατά τους μετασχηματισμούς τους, (β) τον *χωρικό προσανατολισμό*, δηλαδή τον τρόπο νοητικής αναπαράστασης ενός αντικειμένου, όταν το βλέπουν από διαφορετική οπτική γωνία (Clements, 1998) και (γ) τις *χωρικές σχέσεις* (Spatial Relations). Οι χωρικές σχέσεις περιλαμβάνουν τις νοητικές περιστροφές αντικειμένων (mental rotation), κατά τις οποίες δισδιάστατα (2Δ) ή τρισδιάστατα (3Δ) σχήματα περιστρέφονται νοερά (Τσαούσης, 2008). Η μελέτη των Shepard και Metzler (1971) έδειξε ότι στις περιπτώσεις ενασχόλησης με έργα περιστροφής, οι νοητικές περιστροφές αποτελούν ένα εργαλείο, το οποίο χρησιμοποιούν μη συνειδητά τα άτομα. Κατά τη διδασκαλία της συμμετρίας οι μαθητές θα πρέπει να εξασκήσουν αυτά τα τρία βασικά συστατικά της χωρικής τους ικανότητας (Clements, 1998).

### Η διδασκαλία της περιστροφικής συμμετρίας στην παιδική ηλικία

Ένας από τους τέσσερις στόχους της Γεωμετρίας, όπως αναφέρονται στο National Council of Teachers of Mathematics (NCTM, 2000), έχει τον τίτλο “Μετασχηματισμοί” και περιλαμβάνει τη μελέτη μεταφορών, ανακλάσεων και περιστροφών και τη μελέτη της συμμετρίας (Van de Walle, 2007). Εμπειρικές μελέτες για τις γνώσεις συμμετρίας που έγιναν σε παιδιά σχολικής ηλικίας έδειξαν πως η επίδοσή τους ποικίλλει σε διαφορετικού τύπου και βαθμού δυσκολίας έργα, τα οποία εξετάζουν οπτικούς μετασχηματισμούς (Xistouri, 2007). Συγκεκριμένα, στον μετασχηματισμό της μεταφοράς συναντώνται λιγότερες δυσκολίες σε σχέση με την δίπλωση και την περιστροφή. Ακόμη, άλλη μελέτη έδειξε πως οι μαθητές είχαν χαμηλότερες επιδόσεις στην περιστροφή και αντιμετώπιζαν μεγάλη δυσκολία σε έργα που απαιτούν μετασχηματισμό με διαγώνιο προσανατολισμό (Enbuomwan, 2013). Γενικά, η αίσθηση του χώρου και οι επιδόσεις σε χωρικά ζητήματα αναπτύσσονται με την πάροδο του χρόνου, μέσα από πλούσιες γεωμετρικές εμπειρίες με τα σχήματα και τις σχέσεις στο χώρο (Clements & Battista, 1992). Η δυνατότητα περαιτέρω εξοικείωσης παιδιών προσχολικής και σχολικής ηλικίας με την έννοια της συμμετρίας, μπορεί να γίνει μέσα από πραγματικές πράξεις όπως είναι το καθρέφτισμα, το δίπλωμα ή η περιστροφή αντικειμένων (Tzekaki, 1996).

Σε ό,τι αφορά την ανάπτυξη της γεωμετρικής κατανόησης, αυτή συμβαδίζει με το πέρασμα από την άτυπη στην τυπική σκέψη. Σύμφωνα με τη θεωρία του van Hiele, η Γεωμετρική σκέψη είναι ιεραρχημένη σε πέντε επίπεδα (0 έως 4) των τρόπων κατανόησης των ιδεών του χώρου και η εκπαίδευση είναι απαραίτητη για την πρόοδο μέσα σε αυτά τα επίπεδα (Clements, 1998). Ο Van de Walle (2007) προτείνει οι δραστηριότητες για τους μαθητές της Γ΄-Ε΄ Δημοτικού να κυμαίνονται μεταξύ των επιπέδων 0 και 1, ενώ οι δραστηριότητες για τους μαθητές της ΣΤ΄ Δημοτικού μέχρι της Β΄ Γυμνασίου να κυμαίνονται ανάμεσα στο 1ο και το 2ο επίπεδο γεωμετρικής σκέψης. Δεδομένου ότι το παιχνίδι σχεδιάστηκε για παιδιά Ε΄ και ΣΤ΄ Δημοτικού, οι δραστηριότητες του παιχνιδιού βασίστηκαν στο 1ο επίπεδο γεωμετρικής σκέψης του van Hiele. Οι δραστηριότητες μετασχηματισμών για τα παιδιά του επιπέδου 1 περιλαμβάνουν την ανάλυση των μετασχηματισμών με περισσότερες λεπτομέρειες και την εφαρμογή τους σε αντικείμενα που μπορούν να δουν. Συγκεκριμένα, για την περιστροφική συμμετρία, οι μαθητές μπορούν να εξασκηθούν στην περιστροφή σχημάτων, 180° γύρω από ένα σημείο σε τετραγωνισμένο χαρτί (Van de Walle, 2007).

## Διδακτική Προσέγγιση της Περιτροφικής Συμμετρίας μέσω Ψηφιακού παιχνιδιού

Τα ψηφιακά περιβάλλοντα μάθησης μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη νοητικών περιστροφών, χωρικών ικανοτήτων και κατ' επέκταση στη βελτίωση της επίδοσης στην περιστροφική συμμετρία, επειδή προσφέρουν εμπειρίες χειρισμού και οπτικοποίησης των αντικειμένων που παρέχουν (Turgut & Uygan, 2015). Ο Freudenthal (στο Enbuomwan, 2013) υποστηρίζει πως η γεωμετρική κατάρτιση θα πρέπει να αρχίσει από 3Δ αντικείμενα και στη συνέχεια να προχωρήσει σε 2Δ αντικείμενα. Με βάση το σκεπτικό αυτό, επιλέχθηκε να σχεδιαστεί και να αναπτυχθεί ένα 3Δ ψηφιακό παιχνίδι επειδή :

α) παρέχει τη δυνατότητα χειρισμού αντικειμένων σε ένα τρισδιάστατο κόσμο , β) προωθεί τη διερεύνηση ιδιοτήτων, την κατανόηση εννοιών και διαδικασιών περιστροφής και γ) επιτρέπει την άμεση ανατροφοδότηση.

Τα ψηφιακά παιχνίδια συνιστούν χώρο μελέτης των φαινομένων, όπου οι μαθητές μπορούν να συνδέσουν τις οπτικές αναπαραστάσεις που τους προσφέρονται με λεκτικές πληροφορίες και με κινούμενα, δυναμικά μοντέλα (Clements, 1999). Μέσα στον 3Δ κόσμο των ψηφιακών παιχνιδιών υπάρχει η δυνατότητα περιστροφής των αντικειμένων για την ανάπτυξη των χωρικών ικανοτήτων και των νοητικών περιστροφών και κατ' επέκταση για τη σύνδεση τους με την έννοια και τα έργα της περιστροφικής συμμετρίας.

Στην παρούσα εργασία σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ένα σοβαρό παιχνίδι εκπαιδευτικού τύπου, το οποίο προωθεί την ανάπτυξη της δεξιότητας εύρεσης συμμετρικού σχήματος ως προς κέντρο. Μαθησιακά, το παιχνίδι στοχεύει στη δημιουργία ορθών νοητικών αναπαραστάσεων για την περιστροφική συμμετρία και στην ανάπτυξη της ικανότητας νοητικών περιστροφών του παίχτη. Το παιχνίδι που αναπτύχθηκε φιλοδοξεί να προσφέρει ένα εναλλακτικό μαθησιακό και ψυχαγωγικό, τεχνολογικά-υποστηριζόμενο περιβάλλον για την κατανόηση της έννοιας της συμμετρίας ως προς ένα σημείο από μαθητές των τελευταίων τάξεων του Δημοτικού.

### ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ

#### Το σενάριο του παιχνιδιού

Ο παίκτης εισάγεται στην ιστορία του παιχνιδιού μέσα από διάφορες εισαγωγικές σκηνές (cut scenes). Πιο συγκεκριμένα, στην αρχή του παιχνιδιού παρατίθεται ένα βίντεο, το οποίο εισάγει τα παιδιά στην ιστορία, περιγράφει το σκοπό του παιχνιδιού και παρέχει τις βασικές οδηγίες χρήσης του. Στην πρώτη σκηνή της αφήγησης δίνονται οι απαραίτητες πληροφορίες για τον βασικό ήρωα του παιχνιδιού, τον Μέγκαχαντ, που συνιστούν το γενικό πλαίσιο του παιχνιδιού. Σύμφωνα με την ιστορία του παιχνιδιού, ο Μέγκαχαντ είναι ένα ρομπότ που κατασκευάστηκε από τον καθηγητή Σύμμετρος. Το βασικό χαρακτηριστικό του ήρωα είναι ότι είναι ασύμμετρος, καθώς το ένα του χέρι είναι μεγαλύτερο από το άλλο (Εικόνα 1).



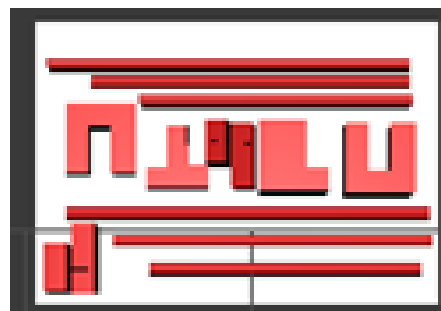
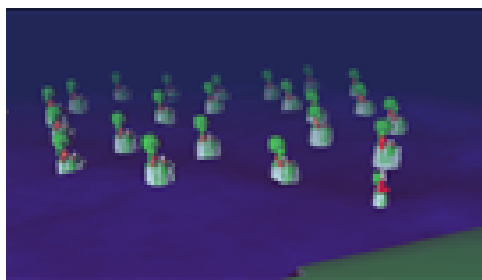
Εικόνα 1: Ο Μέγκαχαντ, το ρομπότ με το ασύμμετρο σώμα

Λόγω αυτού του χαρακτηριστικού του, ο ήρωας νιώθει πολύ μειονεκτικά και συζητά με την Έλλη, την μοναχοκόρη της οικογένειας Πέτρου, για αυτό (Εικόνα 2). Ο Μέγκαχαντ δυσανασχετεί με το ασύμμετρο σώμα του και θέλει να το αλλάξει. Η Έλλη του λέει πως αν αλλάξει το σώμα του, τότε θα χάσει το δυνατό του χέρι. Όμως, ο Μέγκαχαντ έχει πάρει την απόφασή του να αλλάξει το σώμα του και πάει στον κατασκευαστή του προκειμένου να του ζητήσει να τον κάνει συμμετρικό.



**Εικόνα 2:** Η Λίζα, η κυρία Πέτρου και ο κύριος Πέτρου, οι ιδιοκτήτες του Μέγκαχαντ.

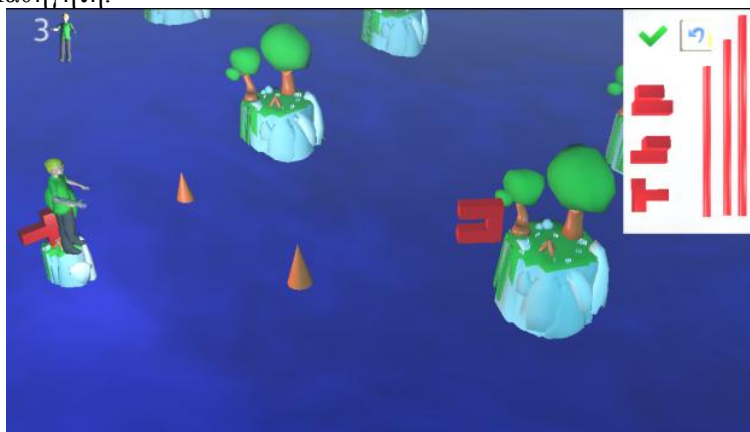
Στην δεύτερη σκηνή της αφήγησης, ο Μέγκαχαντ ανακοινώνει στους ιδιοκτήτες του, κύριο και την κυρία Πέτρου, την ανάγκη του να γίνει συμμετρικός και τους ζητά οδηγίες για να φτάσει στο εργαστήριο του καθηγητή Σύμμετρου. Ο κύριος Πέτρου τον ενημερώνει πως η διαδρομή προς το εργαστήριο είναι πολύ δύσκολη και η κυρία Πέτρου ανησυχεί πολύ. Ο Μέγκαχαντ επιμένει και προσπαθεί να τους πείσει. Από τη μια πλευρά, ο κύριος και η κυρία Πέτρου δεν θέλουν να χάσουν τη βοήθεια που τους προσφέρει το δυνατό χέρι του Μέγκαχαντ. Από την άλλη πλευρά, δεν θέλουν να τον βλέπουν στενοχωρημένο. Αποφασίζουν λοιπόν να του δώσουν τα εργαλεία που άφησε ο καθηγητής Σύμμετρου σε περίπτωση που τον χρειαστούν. Ο κύριος και η κυρία Πέτρου δίνουν στον Μέγκαχαντ τις οδηγίες του παιχνιδιού για τον τρόπο που πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι ράβδοι και τα κυβάρια (Εικόνα 3, δεξιά), για να περάσει τη βαθιά θάλασσα στη χώρα της Συμμετρίας (Εικόνα 3, αριστερά).



**Εικόνα 3:** Η χώρα της Συμμετρίας και τα εργαλεία του παιχνιδιού.

### Τα επίπεδα του παιχνιδιού

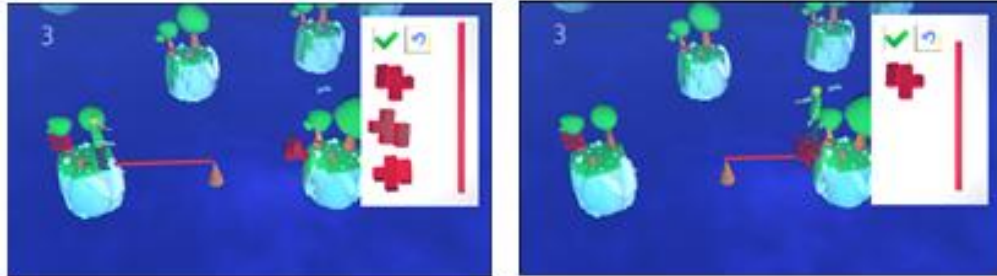
Στο πρώτο μέρος του παιχνιδιού τα παιδιά έρχονται σε επαφή με την περιστροφή, χωρίς ρητή αναφορά σε μοίρες (Εικόνα 4) ενώ στο δεύτερο μέρος του παιχνιδιού προστίθενται και οι μοίρες περιστροφής (Εικόνα 6). Η χώρα της συμμετρίας αποτελείται από πολλά μικρά νησιά και ο παίχτης μπορεί να περάσει πάνω από αυτά, χρησιμοποιώντας τα εργαλεία, πραγματοποιώντας νοητικές περιστροφές και περιστρέφοντας τα αντικείμενα 180° (στο 2<sup>ο</sup> μέρος του παιχνιδιού). Η αλληλεπίδραση του παίχτη με το παιχνίδι γίνεται διαμέσου του ποντικιού, της οθόνης και του πληκτρολογίου. Το παιχνίδι είναι προοπτικής τρίτου προσώπου. Τελικός σκοπός του παιχνιδιού είναι ο παίχτης να περάσει τα νησιά, για να φτάσει στο εργαστήριο του καθηγητή.



**Εικόνα 4:** Στιγμιότυπα από το πρώτο επίπεδο του παιχνιδιού.

### Μαθησιακός Σχεδιασμός

Στο πρώτο μέρος του παιχνιδιού οι βασικοί στόχοι είναι (α) να εκτιμούν οι μαθητές το μήκος που πρέπει να έχει η ράβδος για να ενώσει το νησί με το κέντρο συμμετρίας (Εικόνα 5, αριστερά) και (β) να σκέφτονται νοητικά την περιστροφή που θα κάνει το κυβάκι, έτσι ώστε να κουμπώσει στην υποδοχή που βρίσκεται στο απέναντι νησί (στο νησί στόχο) (Εικόνα 5, δεξιά).



**Εικόνα 5:** Επιλογή ράβδου και το κατάλληλο μήκος (αριστερά). Ο κύβος κουμπώνει στην απέναντι υποδοχή (δεξιά).

Κάνοντας χρήση ενός πάνελ που επιτελεί ρόλο εργαλειοθήκης, ο παίχτης επιλέγει με το ποντίκι μία ράβδο και αυτή εμφανίζεται στη θέση που ενώνει το κέντρο συμμετρίας με το αρχικό νησί (Εικόνα 5, αριστερά). Το ίδιο συμβαίνει και με τη επιλογή του αντίστοιχου κύβου (θήκης). Ο παίχτης μπορεί να επιλέξει αρχικά είτε τη ράβδο, είτε το κυβάκι. Αφού επιλέξει ένα συνδυασμό ράβδου και κύβου, ο παίχτης πατάει το κουμπί της επιβεβαίωσης για να ελεγχθεί η ορθότητα της επιλογής. Σε περίπτωση λάθους ή αμφιβολίας μπορεί να πατήσει το κουμπί της αναίρεσης, το οποίο αρχικοποιεί τις τιμές όλων των αντικειμένων της εργαλειοθήκης (ράβδους, κύβους), επιστρέφοντας τα στις αρχικές τους θέσεις.

Στην περίπτωση λανθασμένης επιλογής ράβδου ή κύβου, εκτελείται περιστροφή του κύβου  $180^\circ$  γύρω από τον κώνο, σύγκρουση του λάθος κύβου με τη θήκη και επιστροφή του κύβου στην αρχική του θέση με περιστροφή  $-180^\circ$  γύρω από τον κώνο. Το ίδιο συμβαίνει αν επιλεγεί η ράβδος με το λάθος μήκος. Κάθε φορά που εκτελείται μία λάθος περιστροφή, ακούγεται μια ηχητική ειδοποίηση λάθους και αφαιρείται μία ζωή από τον Μέγκαχαντ. Όταν οι ζωές γίνουν μηδέν (0), όταν, δηλαδή, ο παίχτης χάσει 3 ζωές, το παιχνίδι τερματίζει. Εάν ο παίχτης επιθυμεί μπορεί να ξεκινήσει εκ νέου το παιχνίδι, ενώ σε κάθε διαφορετική περίπτωση εγκαταλείπει το παιχνίδι.

Όταν πατηθεί το κουμπί της επιβεβαίωσης και ο συνδυασμός ράβδου-κύβου είναι σωστός, τότε ακούγεται μια ηχητική ειδοποίηση επιβράβευσης, εκτελείται περιστροφή του κύβου  $180^\circ$  γύρω από τον κώνο και ο Μέγκαχαντ μεταβαίνει στο εκάστοτε νησί-στόχο. Στη συνέχεια, εμφανίζεται στην οθόνη το επόμενο εμπόδιο. Τα εμπόδια γίνονται όλο και πιο απαιτητικά, καθώς το παιχνίδι εξελίσσεται. Οι υποδοχές και τα κυβάκια γίνονται ολοένα και πιο περίπλοκα, ενώ μεταβάλλεται και η φορά της απαιτούμενης περιστροφής (δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα).

Στο δεύτερο επίπεδο του παιχνιδιού, προστίθεται ένας ακόμη μαθησιακός στόχος, ο οποίος περιλαμβάνει τη σύνδεση περιστροφικής συμμετρίας με την περιστροφή των αντικειμένων  $180^\circ$  γύρω από ένα σημείο. Όπως προηγουμένως, ο παίχτης επιλέγει τη ράβδο και τον κύβο από την εργαλειοθήκη και στην συνέχεια, χρησιμοποιώντας το δεξί βέλος από το πληκτρολόγιο, περιστρέφει το κυβάκι, τη ράβδο και τον Μέγκαχαντ,  $45^\circ$  για κάθε πάτημα. Οι μοίρες περιστροφής εμφανίζονται στο πάνω μέρος της οθόνης, που λειτουργεί αθροιστικά, δηλαδή  $90^\circ$  στο δεύτερο κλικ,  $135^\circ$  στο τρίτο κ.ο.κ. (Εικόνα 6). Με το αριστερό βελάκι πραγματοποιείται αντίθετη περιστροφή και η ένδειξη των μοιρών μειώνεται κατά  $45^\circ$  αντίστοιχα. Όπως και στο πρώτο μέρος του παιχνιδιού, το κουμπί της αναίρεσης ακυρώνει όλους του μετασχηματισμούς, επιστρέφοντας όλα τα αντικείμενα στις αρχικές τους θέσεις και τιμές.



**Εικόνα 6:** Στιγμιότυπα από το δεύτερο επίπεδο με τις μοίρες.

Αν ο παίχτης έχει επιλέξει το σωστό συνδυασμό ράβδου-κύβου και οι μοίρες περιστροφής είναι  $180^\circ$ , τότε με το πάτημα του κουμπιού της επιβεβαίωσης ο Μέγκαχαντ περνάει στο απέναντι νησί, ενώ παράλληλα ακούγεται μια θετική ηχητική ενημέρωση. Σε κάθε διαφορετική περίπτωση (π.χ. λανθασμένη επιλογή κύβου, ράβδου, τιμή μοιρών διαφορετική από  $180^\circ$ ), ακούγεται ο ήχος του λάθους, αφαιρείται μία ζωή και ο παίχτης έχει τη δυνατότητα να προσπαθήσει εκ νέου να περάσει το εμπόδιο. Όπως και στο πρώτο επίπεδο του παιχνιδιού, όταν χάνονται όλες οι ζωές, επέρχεται ο τερματισμός. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο δεύτερο επίπεδο του παιχνιδιού τα κυβάρια και οι θήκες διατηρούν την περιπλοκότητά τους στο επίπεδο που βρίσκονταν στο 5ο εμπόδιο (το τελευταίο εμπόδιο του 1<sup>ου</sup> επιπέδου).

### Ολοκλήρωση Παιχνιδιού-Τελικό Βίντεο

Με βάση το σενάριο του παιχνιδιού, ο Μέγκαχαντ φτάνει στο εργαστήρι του καθηγητή Σύμμετρος και του ζητάει να τον κάνει συμμετρικό. Για να πειστεί ο καθηγητής Σύμμετρος ότι ο Μέγκαχαντ θέλει πραγματικά να γίνει συμμετρικός, του ζητάει να επιλύσει ένα πρόβλημα περιστροφής. Μετά από την τελευταία δοκιμασία, ο καθηγητής Σύμμετρος ανακοινώνει στο Μέγκαχαντ πως αν του αλλάξει το σώμα, δεν θα μπορέσει ποτέ να του επιστρέψει πίσω το δυνατό του χέρι, σε περίπτωση που αλλάξει ποτέ γνώμη στο μέλλον. Ο καθηγητής θέλει να βεβαιωθεί πως ο Μέγκαχαντ είναι σίγουρος πως θέλει να γίνει συμμετρικός. Η τελική επιλογή γίνεται από τα παιδιά. Αν θέλουν τον Μέγκαχαντ συμμετρικό, τότε ο καθηγητής μικραίνει το χέρι του. Αν θέλουν ο Μέγκαχαντ να παραμείνει ασύμμετρος, δεν γίνεται καμία αλλαγή. Ο Μέγκαχαντ ευχαριστεί τον καθηγητή και παίρνει τον δρόμο της επιστροφής, έχοντας ολοκληρώσει επιτυχώς την περιπέτεια του.

### ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Με βάση τον παραπάνω σχεδιασμό επιχειρήθηκε η ανάπτυξη του παιχνιδιού για τις ανάγκες της διπλωματικής εργασίας της 1ης συγγραφέως (Καρρά, 2016). Λόγω σημαντικών χρονικών περιορισμών, αναπτύχθηκε τελικά μόνο ένα μέρος του παιχνιδιού που σχεδιάστηκε. Το παιχνίδι που αναπτύχθηκε περιλάμβανε την εισαγωγή (αρχικά βίντεο με την ιστορία) και τα 2 επίπεδά του. Το 1<sup>ο</sup> επίπεδο περιλάμβανε συνολικά 5 εμπόδια, τα οποία αφορούσαν την περιστροφή χωρίς την εμπλοκή μοιρών. Το 2<sup>ο</sup> επίπεδο περιλάμβανε 3 εμπόδια, τα οποία περιλάμβαναν και τις μοίρες περιστροφής.

Μετά την ανάπτυξη ακολούθησε η πιλοτική αξιολόγηση του παιχνιδιού με μια ομάδα 6 μαθητών Ε' και Στ' τάξης. Η πιλοτική αυτή αξιολόγηση αποσκοπούσε στον έλεγχο (α) της καταλληλότητας της διεπαφής του παιχνιδιού, (β) της διαδικασίας του παιχνιδιού και (γ) της μαθησιακής αποτελεσματικότητας του παιχνιδιού.

Η συλλογή δεδομένων περιλάμβανε (α) δύο τεστ με έργα περιστροφικής συμμετρίας, (β) την παρατήρηση της αλληλεπίδρασης του κάθε μαθητή με το παιχνίδι, (γ) την καταγραφή των σημαντικότερων μεταβλητών του παιχνιδιού: χρόνος που χρειάστηκε ο κάθε μαθητής ανά εμπόδιο, συνολικός χρόνος παιχνιδιού, αριθμός λανθασμένων επιλογών ανά εμπόδιο, χρήση αναίρεσης) και (δ) την αλληλεπίδραση του μαθητή με την ερευνήτρια (πρώτη συγγραφέα) η οποία και μαγνητοφωνήθηκε. Η διαδικασία αξιολόγησης περιλάμβανε τη χορήγηση ενός προ-τεστ με έργα περιστροφικής συμμετρίας, το παίξιμο του παιχνιδιού

από κάθε παιδί ατομικά και ακολούθως τη χορήγηση προ-τεστ που απαρτίζονταν από έργα συμμετρίας.

Αναφορικά με την αλληλεπίδραση των μαθητών με το παιχνίδι, τα αποτελέσματα ανέδειξαν 3 προβλήματα: (α) δυσκολίες χειρισμού του παιχνιδιού στην έναρξή του, (β) δυσκολίες χειρισμού κατά την εναλλαγή του παιχνιδιού από το πρώτο στο δεύτερο επίπεδο (με την προσθήκη των μοιρών) και (γ) πρόβλημα αντίληψης του προσανατολισμού της υποδοχής ενός περιστρεφόμενου κύβου.

Πιο αναλυτικά, προέκυψαν τρεις βασικές κατηγορίες δυσκολιών κατά την αλληλεπίδραση των μαθητών με το παιχνίδι. Πρώτον, φάνηκε ότι οι μαθητές έκαναν αρκετές αποτυχημένες προσπάθειες στην αρχική τους επαφή με το παιχνίδι, ιδιαίτερα στο 1ο εμπόδιο. Το γεγονός αυτό δείχνει μια δυσκολία των μαθητών με τον μηχανισμό του παιχνιδιού. Ωστόσο, στην πορεία οι μαθητές εξοικειώθηκαν με τον μηχανισμό του παιχνιδιού και κατάφεραν να χειριστούν το παιχνίδι με αυτοπεποίθηση. Από το στοιχείο αυτό εξάγεται το συμπέρασμα πως ο μηχανισμός του παιχνιδιού δεν είναι δύσκολος, αλλά απαιτείται μια διαδικασία στοιχειώδους εξοικείωσης των παιχτών πριν ξεκινήσουν να παίζουν αποτελεσματικά το παιχνίδι. Δεύτερο, εμφανίστηκαν δυσκολίες στο 2ο μέρος του παιχνιδιού όπου και εισάγονται για πρώτη φορά οι μοίρες. Στα συγκεκριμένα εμπόδια παρατηρήθηκε πως οι μαθητές δεν πραγματοποιούσαν νοητικές περιστροφές των κύβων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στα εμπόδια με τις μοίρες οι παίχτες είχαν την δυνατότητα να περιστρέψουν τους κύβους βαθμηδόν και να ελέγξουν την ορθότητα της επιλογή τους, πριν πατήσουν το κουμπί της επιβεβαίωσης για τον οριστικό έλεγχο από τη μηχανή του παιχνιδιού. Παρότι η συμπεριφορά των μαθητών είναι κατανοητή, στην ουσία ακυρώνει στην πράξη το βασικό σκεπτικό δημιουργίας του παιχνιδιού, δηλαδή την εξάσκηση των μαθητών στη νοητική περιστροφή αντικειμένων. Με βάση τα αποτελέσματα της πιλοτικής μελέτης, το 2ο μέρος του παιχνιδιού που περιλαμβάνει τις μοίρες θα πρέπει να βελτιωθεί σχεδιαστικά ώστε οι παίχτες να μην αποφεύγουν τη νοητική περιστροφή. Τέλος, σε ένα από τα εμπόδια του παιχνιδιού, οι 3 από τους 6 μαθητές δυσκολεύτηκαν να αντιληφθούν τις εσοχές και τα εξογκώματα της υποδοχής ενός κύβου. Όπως διαπιστώθηκε, αυτό οφείλονταν (α) στο φωτισμό της σκηνης, που υπήρχε το συγκεκριμένο εμπόδιο και (β) στην απόσταση και γωνία της χρησιμοποιούμενης κάμερας. Συμπερασματικά, με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δυσκολιών που προέκυψαν, το παιχνίδι χρήζει βελτίωσης στα 3 παραπάνω σημεία στα οποία καταγράφηκαν δυσκολίες αλληλεπίδρασης των μαθητών με το παιχνίδι.

Αναφορικά με την επίδραση του παιχνιδιού στην **κατανόηση εννοιών** περιστροφικής συμμετρίας, τα αποτελέσματα έδειξαν πως η μαθησιακή πρόοδος των μαθητών σε έργα περιστροφικής συμμετρίας από το προ-τεστ στο μετα-τεστ ήταν πολύ μικρή (για λεπτομέρειες βλ. Καρρά, 2016). Οι όποιες βελτιώσεις καταγράφηκαν μετά το παιχνίδι αφορούσαν κυρίως τη βελτίωση της σχεδίασης συμμετρικών σχημάτων διατηρώντας τις διαστάσεις και τις γωνίες των αρχικών σχημάτων, καθώς και την ορθή περιστροφή τους 180° γύρω από σημείο. Σε μικρότερο βαθμό διαπιστώθηκε βελτίωση στην σχεδίαση σχημάτων σε ίσες αποστάσεις από το κέντρο συμμετρίας. Θα πρέπει ωστόσο να σημειωθεί πως η συνολική διάρκεια του παιχνιδιού ήταν πολύ μικρή χρονικά, καθώς κυμάνθηκε από 3 έως 5 λεπτά. Συνεπώς, θα ήταν υπερβολικό να αναμένουμε σοβαρές γνωστικές βελτιώσεις στα πλαίσια της αλληλεπίδρασης των παιδιών με το παιχνίδι μέσα σε ένα τόσο σύντομο χρονικό διάστημα. Από τις απαντήσεις των μαθητών σε ερωτήσεις που τους έγιναν στη διάρκεια του παιχνιδιού διαπιστώθηκε πως χρησιμοποιούσαν τις νοητικές περιστροφές ως στρατηγική εύρεσης λύσης στο εκάστοτε εμπόδιο. Επίσης, οι μαθητές ήταν σε θέση να εντοπίζουν το κέντρο συμμετρίας και να προσδιορίζουν τις απαιτούμενες μοίρες περιστροφής (180°). Ωστόσο, στην πλειοψηφία τους δεν μπορούσαν να συνδέσουν τα συμμετρικά σχήματα και την διαδικασία εύρεσης συμμετρικού ως προς κέντρο με την έννοια της περιστροφής.

Ως εμπειρία, τα παιδιά ανέφεραν ότι βρήκαν το παιχνίδι ενδιαφέρον. Θεώρησαν τα εμπόδια σημαντική πρόκληση, στην οποία και επιχείρησαν να ανταποκριθούν. Στην τρέχουσα μορφή του, το παιχνίδι περιλαμβάνει μικρό αριθμό εμποδίων οπότε η συνολική εμπειρία είναι σχετικά μικρή. Για να καταστεί δυνατή η μεγαλύτερη ενασχόληση των μαθητών με αυτό, το παιχνίδι θα πρέπει να επεκταθεί προσθέτοντας περισσότερα εμπόδια με βάση το σενάριο.



Στα άμεσα πλάνα περιλαμβάνεται η δωρεάν διάθεση του παιχνιδιού στην εκπαιδευτική κοινότητα με άδεια Creative Commons Attribution. Θα πρέπει να σημειώσουμε πως η διάθεση του παιχνιδιού δεν θα περιορίζεται μόνο στη χρήση του για εκπαιδευτικούς σκοπούς, αλλά θα περιλαμβάνει συνολικά όλους τους πόρους του παιχνιδιού (source files). Αυτό θα επιτρέψει στην εκπαιδευτική κοινότητα να το προσαρμόσει, να το τροποποιήσει και να το επεκτείνει κατά βούληση.

#### ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Αναγνώστου, Κ. (2009). *Βιντεοπαιχνίδια: Βιομηχανία και ανάπτυξη*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Arnab, S., Lim, T., Carvalho, M. B., Bellotti, F., de Freitas, S., Louchart, S., Suttie, N., Berta, R. and De Gloria, A. (2015), Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 391-411.
- Bellotti, F., Berta, R., De Gloria, A., D'ursi, A., & Fiore, V. (2012). A serious game model for cultural heritage. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 5(4), 17.
- Clements, D. H. (1998). Geometric and Spatial Thinking in Young Children. In J. V. Copley (Ed.), *Mathematics in the early years* (pp. 66-79). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Clements, D. H., & Battista, M. T. (1992). Geometry and spatial reasoning. In D.A. Grows (Ed.), *Handbook of Research in Mathematics Teaching and Learning*. New York: McMillan.
- Γιαμπολδάκη, Ε. & Καρασαββίδης, Η. (2013). Όλιβερ: ένα σοβαρό ψηφιακό παιχνίδι για την ανάπτυξη χωρικών εννοιών στην προσχολική εκπαίδευση. Στο Α. Λαδιάς, Α. Μικρόπουλος, Χ. Παναγιωτακόπουλος, Φ. Παρασκευά, Π. Πιντέλας, Π. Πολίτης, Σ. Ρετάλης, Δ. Σάμψων, Ν. Φαχαντίδης, Α. Χαλκίδης (επιμ.), *Πρακτικά Εργασιών 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Ένταξη των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»* της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης ΤΠΕ στην Εκπαίδευση (ΕΤΠΕ), Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Enbuomwan, D. (2013). An investigation into the difficulties faced by Form C students in the learning of transformation geometry in Lesotho secondary schools.
- Gee, J. P. (2003). *What video game have to teach us about language and literacy*. NY: Palgrave Macmillan.
- Καρρά, Γ. (2016). *Σχεδιασμός και ανάπτυξη ενός σοβαρού παιχνιδιού για την περιστροφική συμμετρία. Ανέκδοτη Διπλωματική Εργασία*. ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Karasavvidis, I., Petrodaskalaki, E., & Theodosiou, S. (submitted), IGENAC: A model for SERIOUS Game design. Manuscript submitted for publication.
- Lean, G., & Clements, M. A. (1981). Spatial ability, visual imagery and mathematics performance. *Educational Studies in Mathematics*, 12, 267-299.
- Παπαπέσιου, Ε. & Καρασαββίδης, Η. (2015). «Ηρακλής»: Αρχές σχεδιασμού ενός ψηφιακού εκπαιδευτικού παιχνιδιού για την ανάπτυξη εννοιών Μυθολογίας στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Στο Β. Δαγδιλέλης, Α. Λαδιάς, Κ. Μπίκος, Ε. Ντρενογιάννη, Μ. Τσιτουρίδου (επιμ.), *Πρακτικά Εργασιών 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Ένταξη των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»* της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης ΤΠΕ στην Εκπαίδευση (ΕΤΠΕ), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης & Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη.
- Πετροδασκαλάκη, Ε. & Καρασαββίδης, Η. (υπό έκδοση). Πτυχές σχεδιασμού και ανάπτυξης ενός ψηφιακού εκπαιδευτικού παιχνιδιού για τη διδασκαλία του κύκλου του νερού σε μικρές ηλικίες. *Πρακτικά 9ου Συνεδρίου Διδακτικής των Θετικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. Θεσσαλονίκη.
- Prensky, M. (2007). *Μάθηση βασισμένη στο ψηφιακό παιχνίδι. Αρχές, δυνατότητες και παραδείγματα εφαρμογής στην εκπαίδευση και την κατάρτιση*. (μετ. Παπασταύρου, Κ. & Παπασταύρου, Ν.), Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Salen, K. & Zimmerman, E. (2004). *Rules of play. Game design fundamentals*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2006). *The Game design reader: rules of play anthropology*. Massachusetts: MIT Press.

- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science* 171: 701–703.
- Turgut, M., & Uygan, C. (2015). Designing Spatial Visualization Tasks for Middle School Students with a 3D Modelling Software. *R&E-SOURCE*.
- Τσαούσης, Ι. (2008). Μετρώντας την χωρο-αντιληπτική ικανότητα: Η ανάπτυξη και τα ψυχομετρικά Τέστ Αντίληψης Χώρου (TAX). *Ψυχολογία*. 15 (4), 411-431.
- Tzekaki, M. (1996). Reasoning in early childhood. *European Early Childhood Education Research Journal*, 4 (2): 49-62.
- Van de Walle, A., J. (2007). *Διδάσκοντας Μαθηματικά. Για Δημοτικό και Γυμνάσιο. Μια Αναπτυξιακή Διαδικασία*. Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.
- Van Staaldin, J. P., & de Freitas, S. (2011). A Game-Based Learning Framework: Linking Game Design and Learning. *Learning to play: exploring the future of education with video games*, 53, 29.
- Xistouri, X. (2007). Students' ability in solving line symmetry tasks. Paper presented at the meeting of *Proceedings of the Fifth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*, Department of Education, University of Cyprus, Cyprus.