|  |
| --- |
| Ατομική Διπλωματική Εργασία  **Mixed Reality Interaction:  A Cognitive and Visual Behavior Analysis through HoloLens**  **Έλενα Μάτση**  **ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ**  ゚᪀゚  **ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**  **Μάιος 2018** |

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ**

**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**Mixed Reality Interaction:   
A Cognitive and Visual Behavior Analysis through HoloLens**

**Έλενα Μάτση**

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Γιώργος Σαμάρας

Η Ατομική Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου

Μάιος 2018

**Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Γιώργο Σαμάρα που μου έδωσε την ευκαιρία να είμαι μέλος της ομάδας των μαθητών των οποίων θα ήταν ο επιβλέπων καθηγητής της διπλωματικής τους εργασίας αλλά και που μου έδειξε εμπιστοσύνη να διεκπεραιώσω τις έρευνες που αναφέρονται στη παρούσα διπλωματική.

Θέλω όμως να πω και ένα μεγάλο ευχαριστώ στη Δρ. Στυλιανή Κλεάνθους η οποία ήταν δίπλα μου και με στήριζε από την αρχή μέχρι το τέλος της διαδικασίας εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Αφιέρωσε αρκετές ώρες τόσο από τον διδακτικό της χρόνο, όσο και από τον προσωπικό της για να με καθοδηγήσει σωστά για να ολοκληρώσω την έρευνα που έγινε.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω τον φίλο και συμφοιτητή μου Μάριο για τη στήριξη και τη βοήθεια που μου πρόσφερε όταν την χρειαζόμουν.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υποστήριξη και κατανόηση που μου έδειχναν και τα τέσσερα χρόνια των σπουδών μου.

**Περίληψη**

Τα τελευταία χρόνια βλέπουμε πως όλο και περισσότερες τεχνολογίες μπαίνουν στη ζωή μας και αλλάζουν τον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε τον κόσμο. Αρχικά, είσοδο στις ζωές μας έκανε το Virtual Reality (VR) όμως αρκετά πρόσφατα βλέπουμε μια νέα άφιξη στο χώρο. Το Augmented Reality/ Mixed Reality ήρθε για να αλλάξει 180ο τον τρόπο σκέψης και αντίληψης των ανθρώπων.

Η Microsoft έχει δημιουργήσει το MS HoloLens, μια αυτόνομη συσκευή μικτού περιβάλλοντος (MR). Το HoloLens ενώνει τον πραγματικό με τον ψηφιακό κόσμο, δημιουργώντας μια συναρπαστική εμπειρία όπου οι μαθητές μπορούν να μάθουν και να δημιουργήσουν χωρίς περιορισμούς. Δηλαδή προωθεί την νέα αυτή τεχνολογία στην εκπαίδευση. Το HoloLens χρησιμοποιείται ήδη σε αρκετά θέματα της εκπαίδευσης όπως είναι η μοντελοποίηση μορίων, στην εξερεύνηση των μουσείων κ.α. Επίσης χρησιμοποιείται από το Case Western Reserve University και από την Cleveland Clinic με σκοπό να αλλάξουν τον τρόπο που μαθητές μαθαίνουν και ασχολούνται με την ιατρική.

Βλέπουμε όμως πως ο τομέας της εκπαίδευσης κάνει μεγάλη έρευνα στον τομέα των γνωστικών χαρακτηριστικών και τις διαφορές των μαθητών με βάση την κατηγορία στην οποία ανήκουν. Οι δύο πιο σημαντικές κατηγορίες των γνωστικών χαρακτηριστικών είναι οι Field Dependent (FD) και οι Field Independent (FI). Αφορά το πόσο εύκολα ή δύσκολα μπορεί ο καθένας να εντοπίσει ένα απλό σχήμα μέσα σε ένα πιο περίπλοκο περιβάλλον.

Οι έρευνες που εκτελέστηκαν στη παρούσα διπλωματική εργασία είχαν σκοπό να μελετήσουμε και να συνδυάσουμε τα δύο πιο πάνω θέματα. Οι και οι δύο έρευνες έγιναν μέσω του HoloLens και συγκεκριμένα του Galaxy Explorer Application, μια εφαρμογή που σκοπός της είναι να πλοηγηθεί ο χρήστης μέσα στο γαλαξία και να μάθει λεπτομέρειες για το κάθε στοιχείο του σύμπαντος.

Η μία έρευνα είχε σκοπό να δούμε πως οι FD-I αλληλεπιδρούν στη νέα αυτή τεχνολογία εκτελώντας μια εργασία τριών επιπέδων δυσκολίας. Σκοπός της δεύτερης έρευνας ήταν να δούμε μέσα από μια απλή εργασία πόσο εύκολα ή δύσκολα αλληλεπιδρούν οι έμπειροι χρήστες του HoloLens σε σχέση με κάποιους νέους χρήστες.

Τελικά βλέπουμε πως όντως υπάρχουν διαφορές μεταξύ των FD-I και πως οι νέοι χρήστες χρειάζονται μόνο λίγο χρόνο στην αρχή για να φτάσουν στο ίδιο επίπεδο με τους έμπειρους χρήστες και για να αλληλεπιδρούν με τον ίδιο τρόπο.

## Περιεχόμενα

[Περιεχόμενα iii](#_Toc515811208)

[Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή 3](#_Toc515811209)

[1.1 Ορισμός Προβλήματος 3](#_Toc515811210)

[1.2 Σκοπός Διπλωματικής 4](#_Toc515811211)

[1.3 Περιγραφή Κεφαλαίων 4](#_Toc515811212)

[Κεφάλαιο 2 Σχετική Βιβλιογραφία 6](#_Toc515811213)

[2.1 Εισαγωγή 6](#_Toc515811214)

[2.2 Mixed (MR) and Augmented Reality (AR) 6](#_Toc515811215)

[2.3 MR/AR έρευνες για την εκπαίδευση 7](#_Toc515811216)

[2.4 Γνωστικά θέματα και τα αποτελέσματά τους στην οπτική συμπεριφορά και στην αλληλεπίδραση 8](#_Toc515811217)

[2.5 Κίνητρα 9](#_Toc515811218)

[2.6 Επίλογος 10](#_Toc515811219)

[Κεφάλαιο 3 HoloLens 11](#_Toc515811220)

[3.1 Εισαγωγή 12](#_Toc515811221)

[3.2 Βασικά στοιχεία για το HoloLens 12](#_Toc515811222)

[3.2.1 Εισαγωγή στο HoloLens 12](#_Toc515811223)

[3.2.2 Πρώτη επαφή 12](#_Toc515811224)

[3.2.3 Βασικές λειτουργίες του HoloLens 13](#_Toc515811225)

[3.3 Ανάπτυξη λογισμικού στο HoloLens 15](#_Toc515811226)

[3.3.1 Βασικά εργαλεία ανάπτυξης λογισμικού 15](#_Toc515811227)

[3.3.2 Πώς να τρέξεις την εφαρμογή σου 16](#_Toc515811228)

[3.4 Σύνδεση του HoloLens μέσω WiFi 17](#_Toc515811229)

[3.5 Σύνδεση του HoloLens μέσω USB 17](#_Toc515811230)

[3.6 Αντιστοίχηση/Pairing συσκευών 18](#_Toc515811231)

[3.7 Windows Device Portal for HoloLens 18](#_Toc515811232)

[3.7.1 Ρυθμίσεις στο HoloLens για να χρησιμοποιήσουμε το Device Portal 18](#_Toc515811233)

[3.7.2 Δημιουργία Username και κωδικού 19](#_Toc515811234)

[3.7.3 Mixed Reality Capture 19](#_Toc515811235)

[3.7.4 Event Tracing for Windows (ETW) 20](#_Toc515811236)

[3.7.5 Virtual Input 21](#_Toc515811237)

[3.8 Mixed Reality Toolkit 21](#_Toc515811238)

[3.8.1 Τι είναι το Mixed Reality Toolkit; 21](#_Toc515811239)

[3.8.2 Input 22](#_Toc515811240)

[3.9 Επίλογος 23](#_Toc515811241)

[Κεφάλαιο 4 Ερευνητικό Θέμα και Υλοποίηση 24](#_Toc515811242)

[4.1 Εισαγωγή 25](#_Toc515811243)

[4.2 Αρχική ιδέα 25](#_Toc515811244)

[4.3 Σκοπός 25](#_Toc515811245)

[4.4 HoloStudio 25](#_Toc515811246)

[4.5 Interaction Logging 26](#_Toc515811247)

[4.6 Κλειστού Κώδικα Εφαρμογές 27](#_Toc515811248)

[4.7 Galaxy Explorer-Open Source Εφαρμογή 27](#_Toc515811249)

[4.8 Εναλλακτική ιδέα 28](#_Toc515811250)

[4.8.1 Field Dependence – Independence (FD-I) 28](#_Toc515811251)

[4.9 Υλοποίηση του Logger 28](#_Toc515811252)

[4.9.1 GazeSelectionManager.cs 28](#_Toc515811253)

[4.9.2 HandInput.cs 29](#_Toc515811254)

[4.9.3 PlayerInputManager.cs 29](#_Toc515811255)

[4.9.4 Timer 30](#_Toc515811256)

[4.9.5 Αποθήκευση του log file 30](#_Toc515811257)

[4.10 Επίλογος 31](#_Toc515811258)

[Κεφάλαιο 5 Έρευνα 1: Ανάλυση της γνωστικής και οπτικής συμπεριφοράς του χρήστη 32](#_Toc515811259)

[5.1 Εισαγωγή 33](#_Toc515811260)

[5.2 Οργάνωση έρευνας 33](#_Toc515811261)

[5.3 Προσδιορισμός χρηστών σε FD-I 33](#_Toc515811262)

[5.4 Συμμετέχοντες 34](#_Toc515811263)

[5.5 HoloLens στην έρευνα 34](#_Toc515811264)

[5.6 Galaxy Explorer MS HoloLens Application 35](#_Toc515811265)

[5.7 Διαδικασία 35](#_Toc515811266)

[5.7.1 Εύρεση και ο συντονισμός χρηστών 35](#_Toc515811267)

[5.7.2 Διεξαγωγή του GEFT 35](#_Toc515811268)

[5.7.3 Εκπαίδευση χρηστών 36](#_Toc515811269)

[5.7.4 Εργασία στο Galaxy Explorer και συνέντευξη 36](#_Toc515811270)

[5.8 Ανάλυση Αποτελεσμάτων 37](#_Toc515811271)

[5.8.1 Δοκιμές Υποθέσεων 38](#_Toc515811272)

[5.8.2 Διερευνητική Ανάλυση 39](#_Toc515811273)

[5.8.3 Ποιοτική Ανάλυση 40](#_Toc515811274)

[5.9 Επίλογος 42](#_Toc515811275)

[Κεφάλαιο 6 Έρευνα 2: Ευχρηστία στο HoloLens 43](#_Toc515811276)

[6.1 Εισαγωγή 43](#_Toc515811277)

[6.2 Οργάνωση έρευνας 44](#_Toc515811278)

[6.3 Συμμετέχοντες 44](#_Toc515811279)

[6.4 Galaxy Explorer MS HoloLens Application 44](#_Toc515811280)

[6.5 Διαδικασία 45](#_Toc515811281)

[6.5.1 Οδηγίες χρήσης 45](#_Toc515811282)

[6.5.2 Εργασία στο Galaxy Explorer 45](#_Toc515811283)

[6.6 Ανάλυση αποτελεσμάτων 46](#_Toc515811284)

[6.6.1 Διαφορές έμπειρων και άπειρων χρηστών 46](#_Toc515811285)

[6.6.2 Διαφορές FD-I 47](#_Toc515811286)

[6.6.3 Διαφορές ανάμεσα στο φύλο 47](#_Toc515811287)

[6.7 Επίλογος 48](#_Toc515811288)

[Κεφάλαιο 7 Συμπεράσματα και Μελλοντικές Προοπτικές 49](#_Toc515811289)

[7.1 Συμπεράσματα 49](#_Toc515811290)

[7.1.1 Συμπεράσματα πρώτης έρευνας 49](#_Toc515811291)

[7.1.2 Συμπεράσματα δεύτερης έρευνας 50](#_Toc515811292)

[7.2 Μελλοντικές Προτάσεις 51](#_Toc515811293)

[Βιβλιογραφία 52](#_Toc515811294)

Πίνακες

[Πίνακας 1 Βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την διάρκεια εκτέλεσης της εργασίας μαζί με τα αντικείμενα εντοπισμού και το επίπεδο δυσκολίας 37](#_Toc515810369)

[Πίνακας 2 Η επίδραση αλληλεπίδρασης μεταξύ των FD-I και του επιπέδου δυσκολίας στο χρόνο που αφιερώθηκε 38](#_Toc515810370)

[Πίνακας 3 Επίδραση αλληλεπίδρασης μεταξύ των γνωστικών χαρακτηριστικών FD-I και του επιπέδου δυσκολίας προς τα αντικείμενα που βλέπουν οι χρήστες 39](#_Toc515810371)

[Πίνακας 4 Βήματα που έπρεπε να εκτελέσουν οι χρήστες για την ολοκλήρωση της εργασίας 45](#_Toc515810372)

[Πίνακας 5 Στατιστικά αποτελέσματα της έρευνας ΙΙ 46](#_Toc515810373)

[Πίνακας 6 Αποτελέσματα ανάλυσης για τα δύο φύλα 47](#_Toc515810374)

Εικόνες

[Εικόνα 3.1 Νοητό πλαίσιο κατά την χρήση του HoloLens και χρήση του Ready Position. 13](file:///C:\Users\user\Dropbox\Elena\_ADE.docx#_Toc515810375)

[Εικόνα 3.2 Air Tap Gesture 14](file:///C:\Users\user\Dropbox\Elena\_ADE.docx#_Toc515810376)

[Εικόνα 3.3 Bloom Gesture 14](file:///C:\Users\user\Dropbox\Elena\_ADE.docx#_Toc515810377)

[Εικόνα 3.4 Ρυθμίσεις για να κάνουμε Build 16](file:///C:\Users\user\Dropbox\Elena\_ADE.docx#_Toc515810378)

[Εικόνα 3.5 Ρυθμίσεις για να τρέξουμε μια εφαρμογή έχοντας ενωμένο το HoloLens μέσω WiFi 16](file:///C:\Users\user\Dropbox\Elena\_ADE.docx#_Toc515810379)

[Εικόνα 3.6 Ρυθμίσεις του Mixed Reality Capture 19](file:///C:\Users\user\Dropbox\Elena\_ADE.docx#_Toc515810380)

[Εικόνα 3.7 Πρόβλημα Σύνδεσης 20](file:///C:\Users\user\Dropbox\Elena\_ADE.docx#_Toc515810381)

[Εικόνα 4.1 Αλληλεπίδραση χρήστη με το HoloStudio 26](file:///C:\Users\user\Dropbox\Elena\_ADE.docx#_Toc515810382)

[Εικόνα 4.2 Galaxy Explorer Application 27](file:///C:\Users\user\Dropbox\Elena\_ADE.docx#_Toc515810383)

[Εικόνα 4.3 Μονοπάτι αποθήκευσης του Log File στο Device Portal 30](file:///C:\Users\user\Dropbox\Elena\_ADE.docx#_Toc515810384)

[Εικόνα 5.1 Διεξαγωγή του GEFT 33](file:///C:\Users\user\Dropbox\Elena\_ADE.docx#_Toc515810385)

[Εικόνα 5.2 Χρήση του HoloLens στο περιβάλλον του χρήστη 34](file:///C:\Users\user\Dropbox\Elena\_ADE.docx#_Toc515810386)

[Εικόνα 5.3 Χρήση του Holograms Application 36](file:///C:\Users\user\Dropbox\Elena\_ADE.docx#_Toc515810387)

.

# Εισαγωγή

1.1 Ορισμός Προβλήματος 3

1.2 Σκοπός Διπλωματικής 4

1.3 Περιγραφή Κεφαλαίων 4

## Ορισμός Προβλήματος

Η τεχνολογίας στις μέρες μας επαναστατεί στον τομέα της εκπαίδευσης και όχι μόνο. Το Mixed Reality/Augmented Reality είναι η επανάσταση αυτή. Βλέπουμε πως η Microsoft ενδυναμώνει την επανάσταση με την κυκλοφορία του MS HoloLens το οποίο ενώνει τον πραγματικό με τον ψηφιακό κόσμο, δημιουργώντας μια συναρπαστική εμπειρία όπου οι μαθητές μπορούν να μάθουν και να δημιουργήσουν.

Επίσης, βλέπουμε την έντονη μελέτη που γίνεται στην εκπαίδευση για τα γνωστικά χαρακτηριστικά των μαθητών και πως αυτά μπορούν να επηρεάσουν την μάθηση. Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες με βάση τα γνωστικά χαρακτηριστικά, οι Field Dependent (FD) και οι Field Independent (FI).

Δεν υπάρχουν όμως έρευνες που να συνδυάζουν τα δύο θέματα. Να μελετούν δηλαδή τις διαφορές των FD-I σε ένα περιβάλλον όπως του Mixed Reality. Θα έπρεπε όμως να γίνουν αρκετές τέτοιες έρευνες αφού το Mixed Reality προωθείτε ως ο μελλοντικός τρόπος μάθησης.

## Σκοπός Διπλωματικής

Σε αυτά τα πλαίσια η παρούσα διπλωματική εργασία καλείτε να καλύψει το κενό που υπάρχει στο τομέα αυτό κάνοντας δύο έρευνες χρησιμοποιώντας το HoloLens. Η μία έρευνα είχε σκοπό να μελετηθούν οι διαφορές των γνωστικών χαρακτηριστικών στο MR περιβάλλον εκτελώντας μια εργασία 3 επιπέδων δυσκολίας και η άλλη να δούμε πόσο εύχρηστο είναι αυτό το περιβάλλον συγκρίνοντας την αλληλεπίδραση άπειρων και έμπειρων χρηστών.

Κατά συνέπεια τα ερευνητικά ερωτήματα που έρχεται να απαντήσει αυτή η μελέτη είναι τα ακόλουθα:

1. Να δούμε αν υπάρχει κάποια σχέση ανάμεσα των ομάδων FD-I και του επιπέδου δυσκολίας σχετικά με το χρόνο που δαπανάται για την επίτευξη κάθε επιπέδου.
2. Να μελετήσουμε τη σχέση μεταξύ των FD-I και του επιπέδου δυσκολίας προς την συμπεριφορά του βλέμματος, δηλαδή τον αριθμό εστιασμένων αντικειμένων για την επίτευξη κάθε επιπέδου.
3. Να δούμε αν υπήρχαν διαφορές ανάμεσα στους έμπειρους και στους αρχάριους χρήστες ως προς την ευχρηστία

## Περιγραφή Κεφαλαίων

Αφού ορίσαμε το σκοπό αυτής της εργασία και κλείνοντας την εισαγωγή ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των επόμενων κεφαλαίων.

Στο Κεφάλαιο 2 θα δούμε πως ορίζετε η μικτή πραγματικότητα και ποιος είναι ο ρόλος της στην εκπαίδευση. Επίσης θα δούμε κάποια γνωστικά θέματα και τα αποτελέσματά τους στην οπτική συμπεριφορά και στην αλληλεπίδραση και τέλος τα κίνητρα της έρευνας αυτής.

Στη συνέχεια, το Κεφάλαιο 3 αναφέρεται στο HoloLens, στις λειτουργίες του και γενικά στις πληροφορίες που χρειάζεται να ξέρει ένας προγραμματιστής για να υλοποιήσει μια εφαρμογή στο Mixed Reality του HoloLens. Στο Κεφάλαιο 4 περιγράφεται η πορεία της ιδέας, η τελική ιδέα και πως αυτή υλοποιήθηκε.

Ακολούθως στο Κεφάλαιο 5 και στο Κεφάλαιο 6 εξηγούνται αναλυτικά τα βήματα διεξαγωγής των δύο ερευνών αντίστοιχα αλλά και τα αποτελέσματα τους.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 7 αναφέρονται τα συμπεράσματα των ερευνών μας καθώς επίσης και η μελλοντική δουλειά η οποία μπορεί να γίνει.

# Σχετική Βιβλιογραφία

2.1 Εισαγωγή 6

2.2 Mixed (MR) and Augmented Reality (AR) 6

2.3 MR/AR έρευνες για την εκπαίδευση 7

2.4 Γνωστικά θέματα και τα αποτελέσματά τους στην οπτική συμπεριφορά και στην αλληλεπίδραση 8

2.5 Κίνητρα 9

2.6 Επίλογος 10

## Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθεί το ερευνητικό υπόβαθρο που έγινε η βάση πίσω από την ιδέα της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

## Mixed (MR) and Augmented Reality (AR)

Η MR και η AR είναι όροι που χρησιμοποιούνται στη βιβλιογραφία για να δείξουν την ένωση του πραγματικού κόσμου με την εικονική πραγματικότητα. Η AR μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών και ήδη υπάρχουν εφαρμογές που σχετίζονται με την ιατρική/φαρμακευτική, τη ψυχαγωγία, την εκπαίδευση, τη μηχανική, την αρχιτεκτονική και τον σχεδιασμό κ.α.[6]

Σύμφωνα με τον ερευνητή Ron Azuma [7] το AR είναι μια τεχνολογία που πρέπει να ικανοποιεί τις εξής τρεις απαιτήσεις:

1. Να συνδυάζει πραγματικό και εικονικό περιεχόμενο
   * Να μπορείς να δεις και τα δύο την ίδια στιγμή
2. Να αλληλεπιδρά σε πραγματικό χρόνο
   * Να μπορεί το εικονικό περιεχόμενο να αλληλεπιδράσει μεταξύ του
3. Να απεικονίζεται σε τρισδιάστατη μορφή (3D)
   * Τα εικονικά αντικείμενα να μπορούν να εμφανίζονται σταθερά στη θέση τους μέσα στο χώρο

## MR/AR έρευνες για την εκπαίδευση

Γύρω στα μέσα της δεκαετίας του 1990 άρχισαν να διερευνώνται διάφοροι τομείς εφαρμογών όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί MR / AR. Η εκπαίδευση θεωρείται ως ένας σημαντικός τομέας όπου μπορεί να εφαρμοστεί MR / AR. Ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα του MR / AR στη εκπαίδευση είναι ότι οι φοιτητές είτε στην επίσημη είτε όχι εκπαίδευση και ακόμα και σε διαφορετικά επίπεδα μπορούν να οπτικοποιήσουν ολογραφικά κάποια φαινόμενα που δεν μπορεί κάποιος να τα παρατηρήσει διαφορετικά όπως η περιστροφή της γης (π.χ. εφαρμογή Galaxy Explorer HoloLens) ή πλοήγηση σε ανθρώπινο σώμα (π.χ. [8, 9] ή Project Esper[[1]](#footnote-1) από την Vocativ).

Υπάρχει ένα μεγάλο μέρος της βιβλιογραφίας το οποίο αναφέρει πως επηρέασε θετικά η MR/AR στην εκπαίδευση μέσα στις τάξεις (π.χ. [10, 11, 12, 13]). Ο Pan et al. [12] το 2006 αλλά και πιο πρόσφατα ο Wu et al. [10], υποστηρίζουν πως οι μαθητές έχουν περισσότερα και καλύτερα κίνητρα και μπορούν να κατανοήσουν πιο εύκολα κάποια πολύπλοκα γεγονότα μέσω του MR το οποίο δίνει ένα πιο παιχνιδιάρικο και συναρπαστικό περιβάλλον [12]. Οι περισσότερες μελέτες που έγιναν επικεντρώθηκαν περισσότερο στη σύγκριση του MR/AR με άλλα περιβάλλοντα και εργαλεία μάθησης με νέα τεχνολογία [13], ενώ οι μαθητές ανέφεραν πως κατανοούν καλύτερα τις χωρικές/spatial δομές και λειτουργίες μέσω της αλληλεπίδρασής τους με αντικείμενα [14]. Έτσι οι μαθητές έχουν βελτιώσει τη μακροπρόθεσμη μνήμη [15, 16] και συνεργάζονται καλύτερα και πιο εύκολα όταν είναι σε ομάδες [17, 18, 19]. Επίσης οι συγγραφείς στο [20] αναφέρουν ότι οι μαθητές, φαίνεται ότι έχουν αναπτύξει βασικές δεξιότητες για την οργάνωση, την αναζήτηση και την αξιολόγηση πρωτογενών και δευτερογενών πηγών πληροφόρησης μέσω των παιχνιδιών AR.

Παρόλο που η χρήση του MR/AR στη διδασκαλία και τη μάθηση φαίνεται να είναι ενθαρρυντική, υπάρχουν κάποια ζητήματα [10, 13] που πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω πριν από την ενσωμάτωση αυτής της τεχνολογίας στην ευρύτερη παιδεία. Οι μαθητές υπερφορτώνονται με μεγάλη ποσότητα πληροφοριών με τις οποίες αλληλεπιδρούν σε μια εκπαιδευτική συνεδρία [10]. Συγκεκριμένα, οι χρήστες στο [21] ανέφεραν ότι κατά την εκτέλεση μιας εργασίας σε AR αγνοούσαν τα σφάλματα που γίνονταν, σε σύγκριση με τους μαθητές που εκτελούσαν κάποια εργασία στο χαρτί. Αυτό γίνεται λόγω της εστίασης της προσοχής των χρηστών στο σύστημα. Επιπλέον, οι διαφορετικές ικανότητες μάθησης [10, 13] απαιτούν περισσότερες μελέτες αφού θα πρέπει να ενημερώνεται ο σχεδιασμός του εκπαιδευτικού υλικού ανάλογα με τις δυνατότητες του μαθητή.

## Γνωστικά θέματα και τα αποτελέσματά τους στην οπτική συμπεριφορά και στην αλληλεπίδραση

Ο τομέας της εκπαίδευσης έχει κάνει πολλές έρευνες και έχει μελετήσει αρκετά τα γνωστικά χαρακτηριστικά [7] στους μαθητές και την επεξεργασία των οπτικών πληροφοριών[4]. Το FD-I σχετίζεται με την οπτική αντίληψη των ατόμων. Οι μαθητές που ανήκουν στην κατηγορία των FD σε αντίθεση με τους FI χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να εντοπίσουν ένα απλό σχήμα το οποίο είναι ενσωματωμένο σε ένα πιο περίπλοκο περιβάλλον [4, 7]. Έτσι, οι FD μαθητές δυσκολεύονται περισσότερο να αφαιρέσουν απλές πληροφορίες από κάποιο οπτικό υλικό ή ακόμη και από κάποιο κείμενο. Αυτό συμβαίνει συνήθως σε πιο πολύπλοκες και δύσκολες εργασίες [4, 23]. Ακόμη, οι FI φαίνεται να έχουν έναν πιο δομημένο τρόπο αναζήτησης πληροφοριών, κάτι που φαίνεται σε πρόσφατες μελέτες παρακολούθησης των ματιών, σε σύγκριση με τα FD που έχουν μια πιο μη δομημένη προσέγγιση στην οπτική αναζήτηση [23, 24, 25].

Σε μια έρευνα [22] των ατομικών διαφορών των εκπαιδευομένων σε ένα σύστημα διδασκαλίας μιας βιβλιοθήκης, οι FD φάνηκε να έχουν περισσότερα οφέλη από το σύστημα AR αντί οι FI. Οι συγγραφείς υποστήριξαν τα συμπεράσματά τους, δηλώνοντας ότι ο σχεδιασμός του συστήματος φαίνεται να ταιριάζει σε FD και όχι σε FI. Ομοίως, στο [26] οι συγγραφείς αναφέρουν ότι οι όχι και τόσο καλοί αναγνώστες δεν επωφελήθηκαν από το περιεχόμενο που παρουσιάστηκε σε γραπτή μορφή στην εμπειρία AR. Αντίθετα, οι συγγραφείς στο [27] παρατήρησαν ότι οι μαθητές με χαμηλή και μέση βαθμολογία κέρδισαν περισσότερα από την εμπειρία της AR σε σύγκριση με αυτούς με υψηλές επιδώσεις που επωφελούνται περισσότερο από δραστηριότητες που γίνονται μέσα στην τάξη. Η γενική ανάλυση [13] των παραγόντων που σχετίζονται με την ανθρώπινη γνώση και μπορούν να επηρεάσουν την εκπαίδευση των μαθητών στην AR υπογραμμίζει: πολλαπλή αναπαράσταση του περιεχομένου (π.χ. ακουστική, γραπτή, Visual 2D και 3D), χρονική αναπαράσταση περιεχομένου (παρουσιάζεται ή προσαρμόζεται όταν ο μαθητής εκτελεί μια σχετική δραστηριότητα).

Τα παραπάνω αποτελέσματα απαιτούν περισσότερες μελέτες που θα εξετάζουν την ανθρώπινη γνώση και τις ατομικές διαφορές, λαμβάνοντας υπόψη τον ιδιαίτερο σχεδιασμό τόσο του οπτικού όσο και του γραπτού περιεχομένου.

## Κίνητρα

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, η συγκεκριμένη έρευνα μπορεί να επωφεληθεί από μια συστηματική διερεύνηση των μεμονωμένων διαφορών στις ανθρώπινες νοητικές ικανότητες και πώς αυτές επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο τα άτομα αντιλαμβάνονται και αλληλεπιδρούν με το οπτικό περιεχόμενο. Επομένως, πρέπει να διερευνήσουμε τη συμπεριφορά των χρηστών σε αυτές τις νέες τεχνολογίες που προσφέρουν πλούσιο οπτικό περιεχόμενο.

Σε αυτή την εργασία, στόχος μας είναι να μελετήσουμε τις διαφορές μεταξύ των FD και FI χρηστών προς τη συμπεριφορά τους και την αλληλεπίδραση τους όταν καλούνται να εκτελέσουν μια εργασία πολλαπλών επιπέδων σε ένα MR περιβάλλον. Η εργασία που πρέπει να εκτελεστεί σχεδιάστηκε για να μπορεί ο χρήστης να περιηγηθεί μέσα στην εφαρμογή και αποτελείται από τρία επίπεδα δυσκολίας (εύκολο, μέτριο, δύσκολο) όσον αφορά την αναγνώριση του στόχου. Για κάθε επίπεδο δυσκολίας καταγράφηκε:

1. Ο χρόνος που χρειάστηκε ο κάθε χρήστης για να ολοκληρώσει την εργασία
2. Ο αριθμός των αντικειμένων που είδε ο χρήστης κατά την αναζήτηση του αντικείμενου-στόχος

Η εργασία μας έχει ως ξεχωριστό στοιχείο σε σχέση με τις υπόλοιπες έρευνες ότι χρησιμοποιεί δεδομένα από τη συσκευή MS HoloLens. Σε σύγκριση με άλλες έρευνες που διερευνούν τα γνωστικά χαρακτηριστικά (π.χ. [23]) φαίνεται ότι η καταγραφή των δεδομένων αλληλεπίδρασης μέσα στο HoloLens μπορεί να περιέχει πλούσια δεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη μοντελοποίηση των χρηστών στον πραγματικό κόσμο.

Χρησιμοποιήσαμε μια γενική εφαρμογή που ταιριάζει με τα εκπαιδευτικά χαρακτηριστικά (βλ. Ενότητα 4.7 παρακάτω), αλλά χωρίς καμία παιδαγωγική επιρροή κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού του, με στόχο οι διαφορές των FD-I να είναι διακριτές στην οπτική συμπεριφορά και στην αλληλεπιδραστική των χρηστών .

Επιπρόσθετα, η μελέτη μας εκτελείται σε ένα γνήσιο MR περιβάλλον. Το MS HoloLens είναι η μόνη τεχνολογία/συσκευή που εμπλέκεται τόσο στενά στην αλληλεπίδραση με τον μικτό κόσμο, σε σύγκριση με τις μελέτες που αναφέρθηκαν παραπάνω, ότι οι ρυθμίσεις MR / AR προσομοιώθηκαν χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό mobile, projection, desktop devices.

Παρόμοια, και η διαδικασία συλλογής δεδομένων έγινε αποκλειστικά μέσω της logger εφαρμογής στο HoloLens που αναπτύξαμε, αντί να ενσωματώσουμε διάφορες συσκευές για καταγραφή δεδομένων.

Αυτή η μελέτη, ευθυγραμμισμένη με τον ερευνητικό μας στόχο, επιχειρεί να απαντήσει στις ακόλουθες ερευνητικές υποθέσεις:

*H01 Δεν υπάρχει επίδραση αλληλεπίδρασης μεταξύ του FD-I και του επιπέδου δυσκολίας σχετικά με το χρόνο που δαπανάται για την επίτευξη κάθε αντικειμένου-στόχου.*

*H02 Δεν υπάρχει επίδραση αλληλεπίδρασης μεταξύ του FD-I και του επιπέδου δυσκολίας προς την συμπεριφορά του βλέμματος (τον αριθμό εστιασμένων αντικειμένων) για την επίτευξη κάθε αντικείμενου-στόχου.*

## Επίλογος

Πιο πάνω είδαμε πως η βιβλιογραφία αναφέρεται σε θέματα Mixed Reality σε σχέση με τα γνωστικά χαρακτηριστικά των μαθητών αλλά και την εκπαίδευση. Στο επόμενο κεφάλαιο θα δούμε τα βασικά χαρακτηριστικά της συσκευής που χρησιμοποιήσαμε, του HoloLens.

# HoloLens

3.1 Εισαγωγή 12

3.2 Βασικά στοιχεία για το HoloLens 12

3.2.1 Εισαγωγή στο HoloLens 12

3.2.2 Πρώτη επαφή 12

3.2.3 Βασικές λειτουργίες του HoloLens 13

1. Βλέμμα/Gaze 13

2. Χειρονομίες/Gestures 13

3. Φωνή/Voice 15

3.3 Ανάπτυξη λογισμικού στο HoloLens 15

3.3.1 Βασικά εργαλεία ανάπτυξης λογισμικού 15

3.3.2 Πώς να τρέξεις την εφαρμογή σου 16

3.4 Σύνδεση του HoloLens μέσω WiFi 17

3.5 Σύνδεση του HoloLens μέσω USB 17

3.6 Αντιστοίχηση/Pairing συσκευών 18

3.7 Windows Device Portal for HoloLens 18

3.7.1 Ρυθμίσεις στο HoloLens για να χρησιμοποιήσουμε το Device Portal 18

3.7.2 Δημιουργία Username και κωδικού 19

3.7.3 Mixed Reality Capture 19

3.7.4 Event Tracing for Windows (ETW) 20

3.7.5 Virtual Input 21

3.8 Mixed Reality Toolkit 21

3.8.1 Τι είναι το Mixed Reality Toolkit; 21

3.8.2 Input 22

3.9 Επίλογος 23

## Εισαγωγή

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έχουμε δει μια ανασκόπηση της ερευνητικής περιοχής που αφορά AR, VR, FD/FI. Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε μια γενική περιγραφή του HoloLens, τα εργαλεία και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την επίτευξη αυτής της διπλωματικής εργασίας.

## Βασικά στοιχεία για το HoloLens

### Εισαγωγή στο HoloLens

Το Microsoft HoloLens[[2]](#footnote-2) είναι μια καινούρια συσκευή με πολλές δυνατότητες στα AR συστήματα, η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την έρευνα που θα περιγράψουμε σε αυτή τη διπλωματική εργασία. Το HoloLens είναι μέρος του Windows Mixed Reality AR Platform που έχει δημιουργήσει η Microsoft και τρέχει σε Windows 10. Ανακοινώθηκε στις 21 Ιανουαρίου 2015 κατά τη διάρκεια ενός γεγονότος για Windows 10 όμως κυκλοφόρησε στις 30 Μαρτίου 2016 στην τιμή των $3.000.

### Πρώτη επαφή

Η πρώτη επαφή με το HoloLens είναι δύσκολη εμπειρία και προπάντων δεν είναι τόσο απλό όσο φαίνεται στα βίντεο. Αρχικά, χρειάζεται να το στερεώσεις πολύ καλά και σωστά στο κεφάλι αλλιώς δεν μπορείς να το αντέξεις για αρκετή ώρα. Ανοίγοντας το για πρώτη φορά χρειάζεται να συνδεθείς με ένα λογαριασμό της Microsoft. Η ενέργεια αυτή όσο αφορά την ευχρηστία δεν είναι αυτονόητη. Χρειάζεται να «πληκτρολογήσεις» ένα ένα τα γράμματα χρησιμοποιώντας το βλέμμα και την χειρονομία air tap. Για να γίνουν αυτά σωστά χρειάζεται κάποιος χρόνος και λίγη πρακτική για να εξοικειωθείς μαζί τους, κάτι που δεν μπορείς να κάνεις αν δεν γίνει η διαδικασία αυτή. Επίσης, προσπαθώντας να κάνεις το air tap, αν δεν ξέρεις που ακριβώς πρέπει να είναι το χέρι σου για να γίνει πιο εύκολα, είναι πολύ πιθανό να το πονέσεις.

### Βασικές λειτουργίες του HoloLens

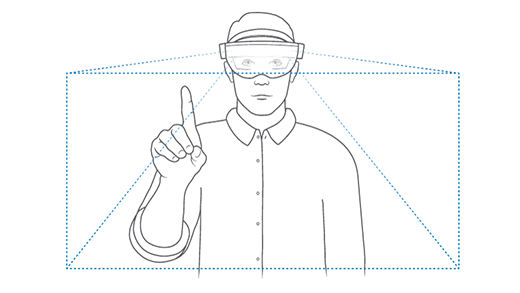
Το HoloLens πρόκειται για μια συσκευή κεφαλής που δεν απαιτεί σύνδεση με υπολογιστή ή κινητό για να χρησιμοποιηθεί. Μπορούμε να αλληλεπιδράσουμε με τα ολογράμματα που εμφανίζονται με 3 φυσικούς τρόπους, τα μάτια (βλέμμα/gaze), τα χέρια (χειρονομίες/gestures) και τη φωνή (Voice).

##### Βλέμμα/Gaze

Το βλέμμα παρομοιάζεται με το ποντίκι του υπολογιστή. Μπορούμε να ξέρουμε που συγκεντρώνεται η προσοχή του χρήστη. Για να εστιάσει ο χρήστης σε κάποιο αντικείμενο υπάρχει προαιρετικά ένας κέρσορας (μία κουκκίδα) που δείχνει την κατεύθυνση του βλέμματος και μετακινείται ανάλογα με το που κοιτάζει. Όταν ο χρήστης εστιάσει σε ένα αντικείμενο και θέσει το χέρι του σε **Ready Position**, δηλαδή να έχουμε όλα τα δάχτυλα κλειστά εκτός από τον δείχτη, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.1, ο κέρσορας αλλάζει όψη και δημιουργείται ένα κενό μέσα στη κουκκίδα και έτσι το αντικείμενο αυτό μπορεί να επιλεχτεί.

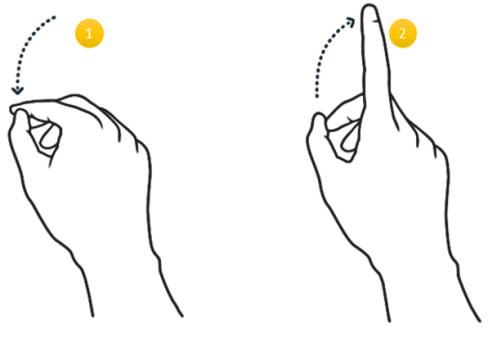
##### Χειρονομίες/Gestures

Οι χειρονομίες δουλεύουν σε συνεργασία με το βλέμμα αφού επιλέγουν και ενεργοποιούν αυτό που βλέπει ο χρήστης. Με απλές χειρονομίες ο χρήστης μπορεί να ανοίξει εφαρμογές, να επιλέξει τις πληροφορίες που τον ενδιαφέρουν αλλά και να επεξεργαστεί τα ολογράμματα που εμφανίζονται στον πραγματικό κόσμο. Η πιο βασικές χειρονομίες είναι το Air Tab και το Bloom.

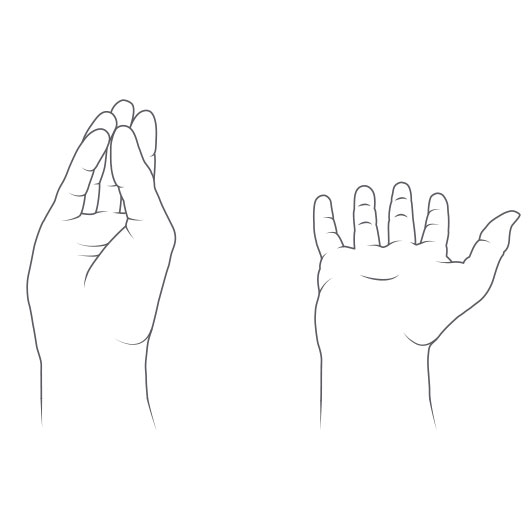
Για να χρησιμοποιήσουμε οποιαδήποτε χειρονομία θα πρέπει να τοποθετήσουμε το χέρι μας, νοητά μέσα στο πλαίσιο που εμφανίζεται μπροστά μας και να έχουμε το χέρι μας σε **Ready Position**, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.1.

**Air tap:** Με το Air tap μπορούμε να επιλέξουμε μια εφαρμογή, ένα ολόγραμμα ή οτιδήποτε βρίσκεται μπροστά μας σε συνδυασμό με το βλέμμα που εστιάζει το αντικείμενο. Κοιτάζουμε δηλαδή, το αντικείμενο που θέλουμε να επιλέξουμε και κάνουμε την κίνηση Air tap, η οποία φαίνεται στην Εικόνα 3.2.

Εικόνα . Νοητό πλαίσιο κατά την χρήση του HoloLens και χρήση του Ready Position.

**Bloom:** Το χρησιμοποιούμε όταν θέλουμε να εμφανίσουμε το Start Menu ή όταν θέλουμε να το κρύψουμε. Μπορούμε επίσης να το χρησιμοποιήσουμε για να κάνουμε pause ένα παιχνίδι, να βγούμε από αυτό ή και ακόμα όταν δεν ξέρουμε τι πρέπει να κάνουμε. Η χειρονομία αυτή φαίνεται στην Εικόνα 3.3.

Εικόνα . Air Tap Gesture



Εικόνα . Bloom Gesture

**Tap and Hold:** Η κίνηση είναι όπως και στο Αir Τap απλά στο τέλος κρατάμε το δάχτυλο κάτω αντί να το σηκώσουμε αμέσως. Χρησιμοποιείται για τα παρακάτω τα οποία ισχύουν γενικά στο HoloLens αλλά και σε εφαρμογές που απαιτούν αυτή τη χειρονομία για πιο συγκεκριμένες λειτουργίες:

* **Scroll**. On the app bar, select Scroll Tool . Πατάμε παρατεταμένα μέχρι να εμφανιστεί το εργαλείο και μετακινούμε το χέρι μας πάνω, κάτω ή πλάγια. Για να μετακινηθεί πιο γρήγορα, μετακινούμε το χέρι μας πιο μακριά από το κέντρο του εργαλείου.
* **Drag**. On the app bar, select Drag Tool  Πατάμε παρατεταμένα μέχρι να εμφανιστεί το εργαλείο και μετακινούμε αργά το χέρι μας πάνω, κάτω ή πλάγια
* **Zoom**. On the app bar, select Zoom Tool. Πατάμε παρατεταμένα μέχρι να εμφανιστεί το εργαλείο. Σύρετε το χέρι σας προς τα πάνω για μεγέθυνση και προς τα κάτω για σμίκρυνση
* **Pin, unpin, or uninstall an app**. Πατάμε παρατεταμένα πάνω σε μια εφαρμογή και μετά διαλέγουμε μια από τις επιλογές που μας δίνει το μενού που εμφανίζεται.
* **Resize an app**. On the app bar, select Adjust . Πατάμε παρατεταμένα πάνω σε ένα από τα μπλε τετράγωνα στις γωνιές του παραθύρου και μετακινούμε το χέρι μας για αλλαγή μεγέθους.
* **Move an app**. On the app bar, select Adjust . Συνεχίζουμε να βλέπουμε στο παράθυρο της εφαρμογής και μετακινούμε το χέρι μας για να τοποθετήσουμε την εφαρμογή στη καινούρια τοποθεσία.

##### Φωνή/Voice

Η φωνή λειτουργεί και πάλι σε συνδυασμό με το βλέμμα και τη χρησιμοποιούμε για να δώσουμε εντολές για να εκτελεστούν κάποιες ενέργειες που αφορούν το σημείο εστίασης μας. Όλα όσα μπορούμε να κάνουμε με τις χειρονομίες μπορούμε να τα κάνουμε και δίνοντας εντολές μέσω της φωνή μας. Όπως για παράδειγμα η εντολή “Select” που αντικαθιστά το Air Tab. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα αν θέλει να θέσει τις δικές του εντολές και πως αυτές θα πραγματοποιούνται όταν φτιάχνει την δική του εφαρμογή. Επιπλέον, υπάρχει η Cortana όπου μιλώντας της μπορεί να σε βοηθήσει να ολοκληρώσεις κάποια εργασία δίνοντας σου πληροφορίες αλλά και να εκτελέσει κάποιες πιο περίπλοκες εντολές. Η κάθε εφαρμογή ίσως έχει τις δικές τις εντολές οι οποίες αναγράφονται σε μια ετικέτα όταν εστιάσουμε κάποιο εξειδικευμένο εργαλείο.

## Ανάπτυξη λογισμικού στο HoloLens

### Βασικά εργαλεία ανάπτυξης λογισμικού

Για να ξεκινήσει κάποιος να αναπτύσσει λογισμικό για το HoloLens και γενικά Windows Mixed Reality εφαρμογές, το πρώτο πράγμα που πρέπει να κάνει είναι να έχει τα παρακάτω εργαλεία.

**Visual Studio 2017**: Χρειάζεται το Visual Studio 2017 με Windows 10 Fall Creators Update SDK και από το workload να επιλέξουμε το Universal Windows Platform development αφού σε αυτό θα χτίζονται οι εφαρμογές, το Game Development with Unity για να μπορούμε να χρησιμοποιούμε το Unity και το Desktop development with C++ αν στο Unity χρησιμοποιείται το IL2CPP.

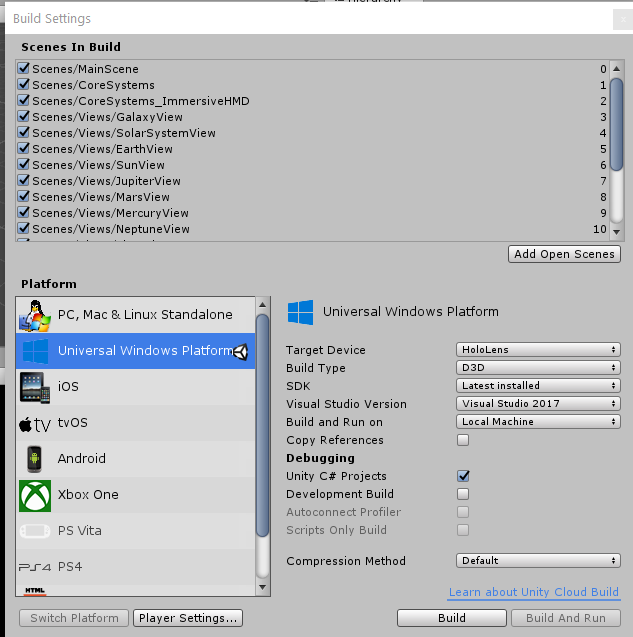
**Unity:** To Unity μπορεί να κατεβεί είτε την ώρα που κατεβάζουμε το Visual Studio, είτε ανεξάρτητα από αυτό. Η έκδοση που θα χρησιμοποιήσουμε εξαρτάται από τοαν θα χρησιμοποιήσουμε κάποιο κώδικα ανοιχτού κώδικα και τι έκδοση θα έχει αυτό. Είναι πολύ σημαντικό να χρησιμοποιήσουμε την **σωστή έκδοση** σε μια τέτοια περίπτωση για να μπορεί να λειτουργήσει το component που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε.

**HoloLens Emulator:** Για όσους δεν έχουν το HoloLens, μπορούν να χρησιμοποιήσουν τον emulator ο οποίος είναι μια εικονική μηχανή με την τελευταία έκδοση του Windows Holographic OS. Στην δική μας περίπτωση αυτό δεν χρειάστηκε αφού είχαμε το HoloLens.

### Πώς να τρέξεις την εφαρμογή σου

Η διαδικασία για να τρέξουμε μια εφαρμογή χωρίζεται σε δύο μέρη.

Το πρώτο μέρος είναι να κάνουμε Build την εφαρμογή. Η διαδικασία αυτή γίνεται μέσω του Unity με σκοπό να εξάγουμε το project μας ως Universal Windows Platform app και έτσι να μπορεί να τρέξει στο HoloLens. Για να το κάνουμε αυτό ακολουθούμε τα πιο κάτω βήματα όπως φαίνονται και στην Εικόνα 3.4.

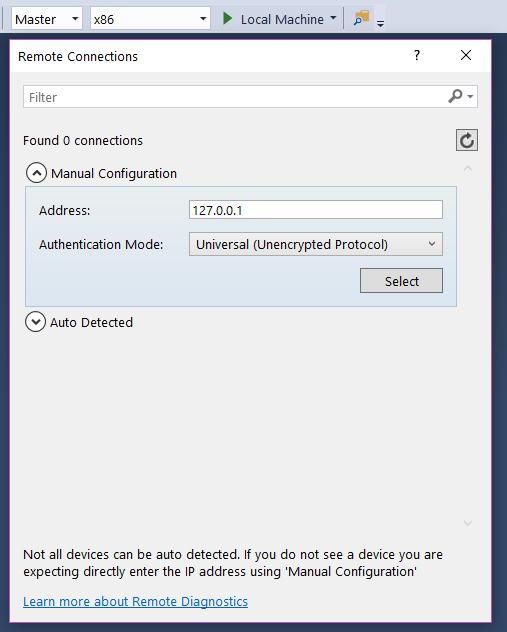
1. Επιλέγουμε :  **File** > **Build Settings...**
2. Επιλέγουμε: **Universal Windows Platform**στη λίστα με τις πλατφόρμες και κάνουμε κλικ στο **Switch Platform**
3. Στο **Universal 10** επιλέγουμε **SDK**
4. Στο **Any Device**  επιλέγουμε το **HoloLens**
5. Στο **Build Type** επιλέγουμε το **D3D**
6. Στο **UWP SDK** επιλέγουμε το **Latest installed**

Μπορούμε αν θέλουμε να επιλέξουμε στην κατηγορία **Debugging** το **Unity C# Projects** για να έχουμε και αυτή την δυνατότητα.

Το δεύτερο μέρος είναι να τρέξουμε την εφαρμογή, κάτι που γίνεται μέσω του Visual Studio και όχι του Unity. Το πρώτο που έχουμε να κάνουμε είναι να ενώσουμε το HoloLens με τον υπολογιστή και από τον τρόπο που θα το κάνουμε αυτό εξαρτώνται και τα υπόλοιπα βήματα.

Εικόνα . Ρυθμίσεις για να κάνουμε Build

**Deploying an app over Wi-Fi:** (Εικόνα 3.5)

1. Επιλέγουμε **x86** build configuration για την εφαρμογή μας

Εικόνα . Ρυθμίσεις για να τρέξουμε μια εφαρμογή έχοντας ενωμένο το HoloLens μέσω WiFi

1. Επιλέγουμε **Remote Machine** από το drop-down μενού
2. Θέτουμε τις ρυθμίσεις για το Remote Connection είτε από το παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγοντας το Remote Machine είτε κάνοντας τα εξής βήματα: **Project > Properties > Configuration Properties > Debugging**.
3. Στο πεδίο **Address** βάζουμε την διεύθυνση IP του HoloLens όπως φαίνεται στο υποκεφάλαιο 3.4
4. Στο πεδίο **Authentication Mode** επιλέγουμε **Universal (Unencrypted protocol)**
5. Και για να το τρέξουμε πηγαίνουμε **Debug > Start debugging** αν θέλουμε να κάνουμε debug ή πηγαίνουμε **Debug > Start Without debugging** αν δεν χρειαζόμαστε την επιλογή αυτή.

**Deploying an app over USB:**

1. Επιλέγουμε **x86** build configuration για την εφαρμογή μας
2. Επιλέγουμε  **Device** από το drop-down μενού
3. Και για να το τρέξουμε πηγαίνουμε **Debug > Start debugging** αν θέλουμε να κάνουμε debug ή πηγαίνουμε **Debug > Start Without debugging** αν δεν χρειαζόμαστε την επιλογή αυτή.

Και στις δύο περιπτώσεις, αν είναι η πρώτη φορά που τρέχουμε την εφαρμογή, θα μας ζητηθεί ένας κωδικός. Πιο κάτω θα δούμε τις οδηγίες για την **Αντιστοίχιση**/**Pairing** των συσκευών.

## Σύνδεση του HoloLens μέσω WiFi

Σε πολλές περιπτώσεις χρειάζεται να συνδέσουμε το HoloLens μέσω του WiFi. Για να γίνει αυτό χρειάζεται να ξέρουμε την διεύθυνση IP της συσκευής, την οποία βρίσκουμε ως εξής: Φοράμε το HoloLens και πηγαίνουμε **Settings > Network & Internet > Advanced Options**, ή μπορούμε να ρωτήσουμε την Cortana καλώντας την λέγοντας “Hey, Cortana” και ρωτώντας “What is my IP address?”.

Καλό είναι να ελέγχουμε κάθε φορά το IP address, ακόμα κι αν βρισκόμαστε στον ίδιο χώρο γιατί μπορεί να έχει αλλάξει.

## Σύνδεση του HoloLens μέσω USB

Η δυνατότητα να συνδεθούμε με USB δίνεται αφού έχουμε κατεβάσει το Visual Studio, άρα αυτό είναι το πρώτο που πρέπει να κάνουμε. Έπειτα συνδέουμε το HoloLens με τον υπολογιστή μέσω του micro-USB σύρμα και από ένα browser στον υπολογιστή πηγαίνουμε στο http://127.0.0.1:10080.

## Αντιστοίχηση/Pairing συσκευών

Για να βρούμε τον κωδικό ο οποίος ζητείται στις διάφορες περιπτώσεις από τον υπολογιστή μας για να αντιστοιχήσουμε το HoloLens, μπορούμε να τον βρούμε πηγαίνοντας **Setting>Update>For Developers>Pair.** Τότε εμφανίζεται στην οθόνη ο κωδικός για να τον χρησιμοποιήσουμε. Τελειώνοντας πατάμε **Done** για να κλείσει το παράθυρο.

Αν θέλουμε να σταματήσουμε την αντιστοίχηση των δύο συσκευών μπορούμε να το κάνουμε πηγαίνοντας **Settings>Update>For Developers>Clear**

## Windows Device Portal for HoloLens

Το Windows Device Portal είναι ένας web server στο HoloLens που μας αφήνει να ενωθούμε σε αυτό από ένα web browser στον υπολογιστή. Η σύνδεση μπορεί να γίνει είτε μέσω Wi-Fi είτε μέσω USB. Μας δίνει την δυνατότητα να ρυθμίσουμε, να διαχειριστούμε το HoloLens, ακόμα και να κάνουμε debug τις εφαρμογές του.

### Ρυθμίσεις στο HoloLens για να χρησιμοποιήσουμε το Device Portal

1. Κάνουμε bloom για να μπούμε στο κυρίως μενού
2. Πατούμε με air tap στο **Settings** και τοποθετούμε το παράθυρο στο σημείο που θέλουμε για να μπορούμε να συνεχίσουμε
3. Πηγαίνουμε **Update>For developers**
4. Ενεργοποιούμε το **Developer Mode**
5. Πηγαίνουμε προς το κάτω μέρος της σελίδας και ενεργοποιούμε το **Device Portal**
6. Κάνουμε **Pair** την συσκευή με τον υπολογιστή μας

### Δημιουργία Username και κωδικού

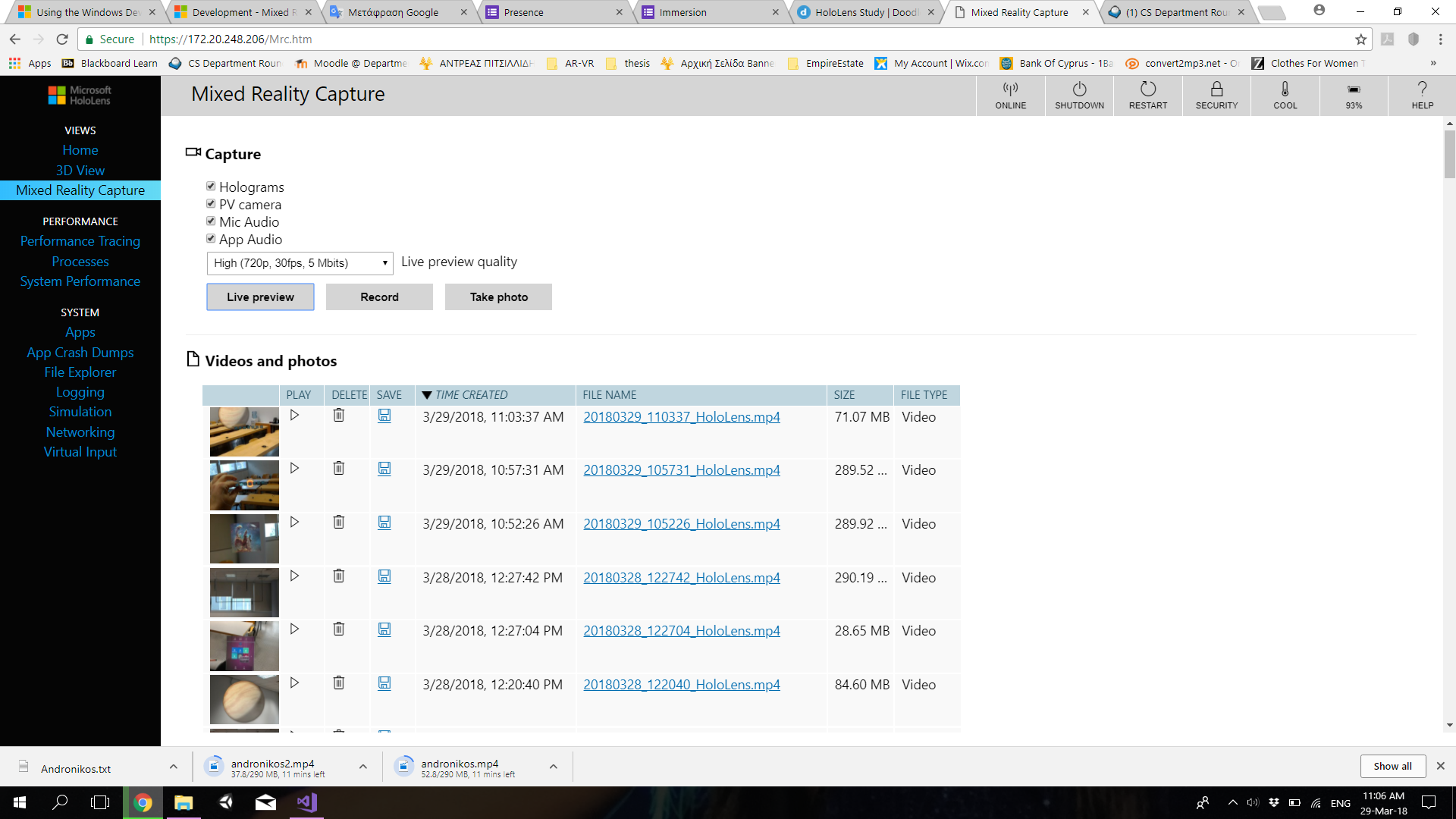
Όταν θα συνδεθούμε για πρώτη φορά στο Device Portal πρέπει να φτιάξουμε ένα username και κωδικό τα οποία θα χρησιμοποιούμε κάθε φορά που θα μπαίνουμε στο Device Portal.

1. Όταν ενωθούμε μέσω του browser του υπολογιστή μας στο IP του HoloLens θα μας εμφανίσει μια σελίδα για να συνδεθούμε.
2. Επιλέγουμε το **Request pin** και βλέπουμε στην οθόνη του HoloLens να εμφανίζεται ένας κωδικός
3. Γράφουμε τον κωδικό αυτό στο πεδίο **PIN displayed on your device**
4. Επιλέγουμε ένα username το οποίο θα χρησιμοποιούμε. Δεν χρειάζεται να είναι Microsoft Account (MSA) όνομα. Μπορεί να είναι οτιδήποτε επιθυμούμε εμείς.
5. Επιλέγουμε ένα κωδικό και τον γράφουμε στα δύο πεδία, εισαγωγής και επικύρωσης. Ο μόνος περιορισμός είναι ο κωδικός να έχει τουλάχιστον 7 χαρακτήρες.
6. Πατούμε **Pair** για να συνδέσουμε το Device Portal με το HoloLens

Αν επιθυμούμε να αλλάξουμε το username ή τον κωδικό, ή μας ζητηθούν αυτά τα στοιχεία και δεν τα γνωρίζουμε, μπορούμε να επαναλάβουμε την διαδικασία αυτή πηγαίνοντας στο **Error! Hyperlink reference not valid.**.

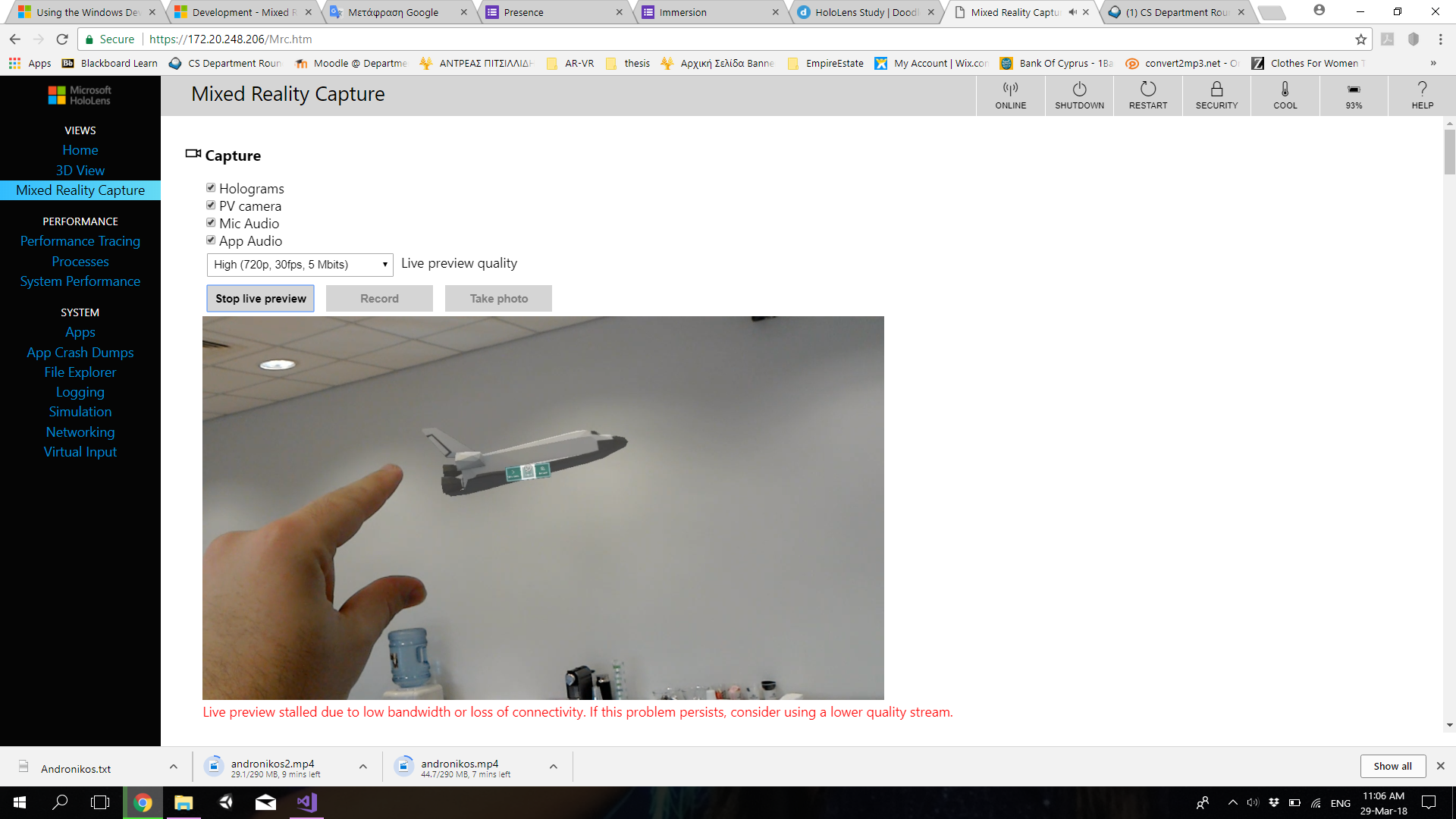
Το username και ο κωδικός που θα ορίσουμε, ισχύουν για το HoloLens και όχι για τον χρήστη. Δηλαδή όλοι οι χρήστες θα χρησιμοποιούν τα ίδια στοιχεία για την πρόσβαση τους στο Device Portal. Αν ένας χρήστης αλλάξει τα στοιχεία καλό θα ήταν να ενημερώσει και τους υπόλοιπους αλλιώς δεν θα μπορούν να έχουν πρόσβαση.

### Mixed Reality Capture

Ένα από τα πιο βοηθητικά κατά τα την γνώμη μου εργαλεία που προσφέρει το Device Portal είναι το Mixed Reality Capture. Μας δίνει την δυνατότητα να βλέπουμε και να αποθηκεύουμε τι βλέπει αυτός που χρησιμοποιεί το HoloLens. Υπάρχουν οι πιο κάτω ρυθμίσεις (όπως φαίνονται και στην Εικόνα 3.6) που μας δίνουν την δυνατότητα να επιλέξουμε ποια από στοιχεία θα θέλαμε να λάβουμε υπόψη:

Εικόνα . Ρυθμίσεις του Mixed Reality Capture

1. Holograms: Καταγράφει τα ολογράμματα μέσα στο βίντεο.
2. PV camera: Το βίντεο καταγράφεται από την photo/video camera
3. Mic Audio: Καταγραφή του ήχου από το μικρόφωνο
4. App Audio: Καταγραφή του ήχου από την εφαρμογή που τρέχει
5. Live preview quality: Επιλέγουμε το screen resolution, το frame rate και το streaming rate για την live μετάδοση

Πατώντας το κουμπί **Live preview** μπορούμε να δούμε σε ζωντανή μετάδοση τι βλέπει ο χρήστης του HoloLens. Για τη λειτουργία αυτή χρειάζεται πολύ καλή γραμμή του internet δηλαδή ψηλό bandwidth, αλλιώς θα έχουμε κάποια καθυστέρηση στην εικόνα και στον ήχο ή ακόμα και διακοπές. Σε τέτοια περίπτωση παίρνουμε σχετικό μήνυμα όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.7

Εικόνα . Πρόβλημα Σύνδεσης

Πατώντας το κουμπί **Record** αρχίζει η βιντεοσκόπηση με τις ρυθμίσεις που επιλέξαμε πιο πάνω και πατώντας **Stop Recording** σταματάμε το βίντεο και μπορούμε να το αποθηκεύσουμε, να το διαγράψουμε ή να το δούμε.

Πατώντας το κουμπί **Take photo** τραβάμε ένα στιγμιότυπο της οθόνης που βλέπει ο χρήστης του HoloLens την οποία και πάλι μπορούμε να αποθηκεύσουμε, να διαγράψουμε ή να δούμε.

Έχουμε επίσης την δυνατότητα να δούμε κάτω από τις επιλογές αυτές, μια λίστα με όλα τα βίντεο και τις φωτογραφίες που τραβήξαμε.

### Event Tracing for Windows (ETW)

Ένα από τα στοιχεία που προσφέρει το Windows Device Portal είναι το Logging. Διαχειρίζεται σε πραγματικό χρόνο το Event Tracing for Windows (ETW) στο HoloLens. Δηλαδή διαχειρίζεται την παρακολούθηση των συμβάντων του HoloLens σε πραγματικό χρόνο. Υπάρχουν κάποιοι Providers από τους οποίους μπορούμε να επιλέξουμε ποιους θέλουμε να ενεργοποιήσουμε και σε ποιο tracing επίπεδο θέλουμε να είναι ο καθένας.

Τα 4 επίπεδα που υπάρχουν είναι τα εξής:

1. Abnormal exit or termination
2. Severe Errors
3. Warnings
4. Non-error warnings

Και πιο κάτω μπορούμε να δούμε μια λίστα με τα ETW events από τους providers Που επιλέξαμε σε μορφή πίνακα ο οποίος ενημερώνετε σε πραγματικό χρόνο. Κάτω από τον πίνακα υπάρχει ένα κουμπί **Clear** το οποίο διαγράφει τα συμβάντα από τον πίνακα, και ένα κουμπί **Save to file** όπου αποθηκεύει τα συμβάντα σε ένα CSV αρχείο κάπου τοπικά στον υπολογιστή μας.

### Virtual Input

Ένα ακόμη βοηθητικό εργαλείο που δίνεται μέσω του Device Portal είναι το Virtual Input. Η δυνατότητα δηλαδή να γράψουμε ένα κείμενο από το πληκτρολόγιο του υπολογιστή μας και να το περάσουμε μέσα στο HoloLens στο σημείο που θα θέλαμε να γραφτεί το κείμενο αυτό. Είναι πολύ σημαντικό αυτό γιατί σε περίπτωση που θέλουμε να γράψουμε κάτι μεγάλο, ή για κάποιο όχι και τόσο έμπειρο χρήστη, η διαδικασία της πληκτρολόγησης στο HoloLens δεν είναι και τόσο εύκολη αφού επιλέγουμε ένα ένα τα γράμματα από ένα εικονικό πληκτρολόγιο χρησιμοποιώντας την χειρονομία Air Tap. Υπάρχει βέβαια και η δυνατότητα να πούμε αυτά που θέλουμε να γραφτούν, αλλά αυτό δεν είναι βολικό σε όλες τις περιπτώσεις.

## Mixed Reality Toolkit

### Τι είναι το Mixed Reality Toolkit;

Είναι μια συλλογή από scripts και components που βοηθούν στην επιτάχυνση της ανάπτυξης λογισμικού στο Hololens και στο Immersive Headsets (IHMD). Περιέχει APIs για τις εξής κατηγορίες:

* Input
* Sharing
* Spatial Mapping
* Spatial Sound
* UX Controls
* Utilities
* Spatial Understanding
* Build
* Boundary

### Input

Περιέχει scripts που αξιοποιούν ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να περάσουμε μια πληροφορία στο HoloLens, δηλαδή τις χειρονομίες, τις κινήσεις γενικά, τη φωνή και το βλέμμα. Βοηθά στον εντοπισμό αυτών των τύπων εισόδου και στην αποστολή τους σε κάποιο αντικείμενο

Το input module σχεδιάστηκε για να μπορεί να επεκταθεί και να υποστηρίξει πολλούς διαφορετικούς μηχανισμού εισόδου και πολλούς διαφορετικούς τύπους βλέμματος. Κάθε πηγή εισόδου υλοποιεί το IInputSource interface. Κάθε πηγή εισόδου ενεργοποιεί κάποια συμβάντα τα οποία καθορίζονται από το interface. Επιπλέον οι πηγές μπορούν να ενεργοποιηθούν ή να απενεργοποιηθούν δυναμικά ανάλογα με τις ανάγκες και ακόμα και να δημιουργηθούν νέες πηγές εισόδου για να υποστηριχτούν διαφορετικές συσκευές εισόδου.

InputManager

Κάθε πηγή εισόδου είναι εγγεγραμμένη στο InputManager το οποίο προωθεί την είσοδο στα κατάλληλα αντικείμενα. Με άλλα λόγια, το input manager ακούει στα διάφορα events που έρχονται από τις πηγές εισόδου λαμβάνοντας πάντα υπόψη το βλέμμα, το οποίο προέρχεται από την κλάση GazeManager που μπορεί να επεκταθεί για να υποστηρίζει περισσότερες πηγές βλέμματος.

Τα συμβάντα εισόδου από προεπιλογή στέλνονται στο αντικείμενο που είναι εστιασμένο εκείνη την στιγμή, αν βέβαια το αντικείμενο υλοποιεί το κατάλληλο interface. Επίσης μπορούμε να προσθέσουμε στο input manager και modals handlers για τις εισόδους. Αυτοί οι handlers έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα από το εστιασμένο αντικείμενο. Μπορούμε ακόμα να ορίσουμε και fallback handlers έτσι ώστε η εφαρμογή μας να μπορεί να αντιδράσει σε γενικέ εισόδους όπου δεν είναι εστιασμένο κάποιο συγκεκριμένο αντικείμενο. Τέλος, υπάρχει μια ιεραρχία αντικειμένων η οποία λαμβάνεται υπόψη σε κάθε συμβάν που περνά στο input manager.

Τα συμβάντα προωθούνται από το input manager στο κατάλληλο αντικείμενο με την εξής σειρά:

1. Εγγεγραμμένοι Modal Input Handlers, χρησιμοποιώντας LIFO (Last-In-First-Out) στη σειρά εγγραφής, δηλαδή ο τελευταίος που γράφτηκε έχει προτεραιότητα.
2. Εστιασμένο αντικείμενο εκείνη την στιγμή.
3. Fallback Handlers χρησιμοποιώντας LIFO (Last-In-First-Out) στη σειρά εγγραφής.

## Επίλογος

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφηκαν κάποια σημαντικά στοιχεία που αφορούν τη χρήση του HoloLens αλλά και την ανάπτυξη εφαρμογών σε αυτό. Στο κεφάλαιο που ακολουθεί θα αναλυθούν με λεπτομέρεια όσα χρειάστηκαν για να γίνει η υλοποίηση του logger στην εφαρμογή Galaxy Explorer στο HoloLens.

# Ερευνητικό Θέμα και Υλοποίηση

4.1 Εισαγωγή 25

4.2 Αρχική ιδέα 25

4.3 Σκοπός 25

4.4 HoloStudio 25

4.5 Interaction Logging 26

4.6 Κλειστού Κώδικα Εφαρμογές 27

4.7 Galaxy Explorer-Open Source Εφαρμογή 27

4.8 Εναλλακτική ιδέα 28

4.8.1 Field Dependence – Independence (FD-I) 28

4.9 Υλοποίηση του Logger 28

4.9.1 GazeSelectionManager.cs 28

4.9.2 HandInput.cs 29

4.9.3 PlayerInputManager.cs 29

4.9.4 Timer 30

4.9.5 Αποθήκευση του log file 30

4.10 Επίλογος 31

## Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε τον σκοπό της εφαρμογής που υλοποιήθηκε, τα στάδια μέχρι να φτάσουμε στην τελική ιδέα, τα προβλήματα που έπρεπε να αντιμετωπίσουμε και κάποιες τεχνικές λεπτομέρειες της υλοποίησης.

## Αρχική ιδέα

Μελετώντας άρθρα σχετικά με την AR είδαμε πως τα περισσότερα αφορούν έρευνες που έγιναν σε smart devices όπως κινητά, tablet κτλ. και όχι σε κάτι όπως το HoloLens. Έτσι αποφασίσαμε να κάνουμε μια έρευνα σε αυτό. Αρχικά σκεφτήκαμε πως θα ήταν ενδιαφέρον να μελετήσουμε πως οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν χρησιμοποιώντας τη φαντασία τους μέσω του HoloLens. Πόσο δημιουργικός μπορεί να είναι κάποιος σε μια τέτοια περίπτωση. Αν υπάρχει διαφορά στον τρόπο που δημιουργεί όταν χρησιμοποιεί το HoloLens σε σχέση με κάτι άλλο.

## Σκοπός

Άρα σκοπός της διπλωματικής αυτής δεν ήταν να υλοποιηθεί από την αρχή μια AR εφαρμογή που να τρέχει στο HoloLens, αλλά να βρεθεί μια εφαρμογή που να δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να χρησιμοποιήσει την δημιουργικότητα και την φαντασία του για να φτιάξει κάτι πρωτότυπο. Το επόμενο βήμα θα ήταν να πάρουμε ένα log file με τη συμπεριφορά του χρήστη καθ’ όλη την διάρκεια χρήσης της εφαρμογής, δηλαδή ποια αντικείμενα είδε, ποια επέλεξε, ποιες φωνητικές εντολές χρησιμοποιείσαι, σε ποια χρονική στιγμή κτλ.

## HoloStudio

Ψάχνοντας τις διαθέσιμες εφαρμογές που υπάρχουν στο Microsoft Store καταλήξαμε στην εφαρμογή HoloStudio. Δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει τρισδιάστατα αντικείμενα μέσω ενός τρισδιάστατου περιβάλλοντος χρησιμοποιώντας τις φυσικές κινήσεις που προσφέρει η χρήση του HoloLens. Παρέχει ολογράμματα τα οποία μπορείς να χρησιμοποιήσεις για να φτιάξεις δικά σου και να τα τοποθετήσεις στον κόσμο σου, εκεί που ταιριάζουν. Μπορείς να επεξεργαστείς τα ολογράμματα και να τα προσαρμόσεις όπως επιθυμείς αλλάζοντας το μέγεθος, το χρώμα, τον προσανατολισμό κ.α όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.1. Επίσης, μπορείς να φωτογραφίσεις ή να βιντεογραφήσεις τις δημιουργίες σου δείχνοντας σε όλους πως φαίνεται το ολόγραμμα σου μέσα στο φυσικό περιβάλλον.

## Interaction Logging

Εικόνα . Αλληλεπίδραση χρήστη με το HoloStudio

Εκτός από την εφαρμογή έπρεπε να βρεθεί και ένας τρόπος για να καταγράψουμε την συμπεριφορά του χρήστη. Αρχικά υπήρχε η πεποίθηση πως αυτό θα μπορούσε να γίνει μέσα από το ETW που προσφέρει το Windows Device Portal αλλά έπειτα από έρευνα διαπιστώθηκε πως το logging πρόκειται μόνο για τα system errors και όχι για την αλληλεπίδραση του χρήστη με την συσκευή. Άρα αυτό δεν ικανοποιούσε τις απαιτήσεις μας.

Η εναλλακτική λύση ήταν να δημιουργηθεί είτε ένας εξωτερικός logger τον οποίο θα ενσωματώναμε στην εφαρμογή, είτε να βρεθούν τα σημεία στον κώδικα όπου εντοπίζονται τα συμβάντα και να καταγραφούν σε ένα αρχείο.

Ψάχνοντας πως μπορεί να εντοπιστεί η συμπεριφορά του χρήστη, όλες οι πηγές αναφέρονταν στο MixedReality Toolkit/HoloToolkit. Αυτό όμως δεν εξυπηρετούσε στην δημιουργία ενός logger αλλά μόνο στην περίπτωση που κάποιος δημιουργεί μια νέα εφαρμογή και θέλει να εντοπίζει τα συμβάντα από την αλληλεπίδραση του χρήστη και να αντιδρά σε αυτά. Κάτι που κανονικά υπάρχει ήδη στην εφαρμογή.

Άρα, θα έπρεπε να βρεθούν τα σημεία όπου η εφαρμογή παίρνει τα δεδομένα αυτά και στο σημείο εκείνο να καταγράφονται σε ένα αρχείο πριν να γίνει ο χειρισμός τους.

## Κλειστού Κώδικα Εφαρμογές

Παρόλο που η εφαρμογή ταίριαζε απόλυτα στις ανάγκες της διπλωματικής αναγκαστήκαμε να την απορρίψουμε για τον εξής λόγο. Οι εφαρμογές που παρέχει η Microsoft για το HoloLens είναι κλειστού κώδικα. Δηλαδή δεν μπορεί κανείς να επέμβει στον κώδικα της, ούτε για να αλλάξει κάτι, ούτε για να προσθέσει, εκτός από τον δημιουργό. Υπάρχει η δυνατότητα να επικοινωνήσει κάποιος με τον δημιουργό και να του ζητήσει αυτό που θέλει, όμως η διαδικασία αυτή είναι χρονοβόρα και ίσως όχι αποτελεσματική.

Η πιο πάνω ιδέα απορρίφθηκε λόγο του γεγονότος αυτού, έτσι οι έρευνα στράφηκε στην εύρεση μιας εφαρμογής ανοιχτού κώδικα.

## Galaxy Explorer-Open Source Εφαρμογή

Μέχρι στιγμής υπάρχει μια μόνο εφαρμογή ανοιχτού κώδικα από την Microsoft και αυτή είναι το Galaxy Explorer. Δημιουργήθηκε μέσα σε 6 εβδομάδες για το πρόγραμμα Share Your Idea το 2016, όπου οργάνωσε η Microsoft δίνοντας την δυνατότητα στους προγραμματιστές να επιλέξουν ένα έργο το οποίο θα υλοποιούσαν και θα υπήρχε ως ανοιχτού κώδικα και έτσι να βοηθούσαν τους νέους προγραμματιστές να υλοποιήσουν τις δικές τους ιδέες. Πρόκειται για μια εφαρμογή όπου ο χρήστης μπορεί να εξερευνήσει το γαλαξιακό σύστημα μέσω τρισδιάστατων ολογραμμάτων ακούγοντας και μαθαίνοντας ενδιαφέρουσες πληροφορίες για το κάθε στοιχείο του σύμπαντος. Εικόνα 4.2

Εικόνα . Galaxy Explorer Application

## Εναλλακτική ιδέα

Τα προβλήματα που έπρεπε να αντιμετωπιστούν ανάγκασαν την αρχική ιδέα της διπλωματικής να αλλάξει κατεύθυνση. Αφού η εφαρμογή μας έχει εκπαιδευτικό περιεχόμενο, η έρευνα τελικά θα αφορά τις στην αλληλεπίδραση που έχουν οι χρήστες με περιβάλλοντα MR ανάλογα με τα γνωστικά τους χαρακτηριστικά, και συγκεκριμένα στο χαρακτηριστικό τους σε Field Dependence – Independence (FD-I).

### Field Dependence – Independence (FD-I)

Η κύρια διαφορά του FD-I βρίσκεται στην οπτική αντίληψη των αντικειμένων ή στην κατανόηση των πληροφοριών σε μια οπτικά πολύπλοκη και απαιτητική εργασία[1,2]. Οι Field Dependent (FD), δείχνουν να έχουν μια πιο ολιστική προσέγγιση κατά την επεξεργασία πληροφοριών αλλά και δυσκολίες στην ταυτοποίηση απλών αντικειμένων σε ένα οπτικά περίπλοκο περιβάλλον. Οι Field Independent (FI), φαίνεται να ακολουθούν έναν πιο αναλυτικό τρόπο επεξεργασίας πληροφοριών, καταλαβαίνουν εύκολα λεπτομερείς πληροφορίες και είναι σε θέση να εξάγουν εύκολα απλά αντικείμενα σε οπτικά πολύπλοκα περιβάλλοντα.

## Υλοποίηση του Logger

Υπήρχαν τρία πράγματα τα οποία έπρεπε να εντοπιστούν και να καταγραφούν στο log file για να μπορέσουμε να εξάγουμε τα σωστά αποτελέσματα, το βλέμμα (gaze), οι χειρονομίες (gestures) και η φωνή (voice). Οι υποκατηγορίες αυτές, βρίσκονται κάτω από την κατηγορία “Inputs”, αφού είναι ο τρόπος για να εισαχθούν οποιαδήποτε δεδομένα στο σύστημα.

Έτσι, έπρεπε να βρεθούν τα scripts που χειρίζονται τα συμβάντα των τριών κατηγοριών. Μελετώντας τον κώδικα, ο χειρισμός των συμβάντων γίνεται στα scripts που περιγράφονται στα επόμενα υποκεφάλαια.

### GazeSelectionManager.cs

Στο script αυτό γίνεται ο εντοπισμός των αντικειμένων όπου ο χρήστης εστιάζει.

### HandInput.cs

Εδώ γίνεται ο εντοπισμός των κινήσεων των χεριών. Από αυτό το script υπάρχει η δυνατότητα να καταγραφούν τα εξής:

* Πότε ο χρήστης εισάγει το χέρι του μέσα στο πλαίσιο
* Πότε ο χρήστης εξάγει το χέρι του από πλαίσιο
* Πότε μετακινεί το χέρι
* Πότε κάνει air tap
* Πότε ελευθερώνει το χέρι του από το tap

Από τα πιο πάνω εμείς καταγράψαμε πότε εισάγει και εξάγει ο χρήστης το χέρι του και πότε κάνει tap.

### PlayerInputManager.cs

Στο script εντοπίζονται οι φωνητικές εντολές που χρησιμοποιεί ο χρήστης. Οι εντολές που μπορούν να αναγνωριστούν είναι αυτές που έχουν καταγραφεί πως χρησιμοποιούνται στην εφαρμογή αυτή. Οποιαδήποτε άλλη εντολή δεν εντοπίζεται. Οι εντολές της εφαρμογής μπαίνουν σε μια λίστα, χρησιμοποιούνται από εκεί και είναι οι εξής:

* “start tutorial”, “begin tutorial”
* “stop tutorial”, “ end tutorial”
* “reset”, “reset view”
* “grab”
* “zoom”, “zoom tool”
* “rotate”, “ rotate tool”
* “tilt”, “tilt tool”
* “back”, “go back”
* “controls”
* “about”

### Timer

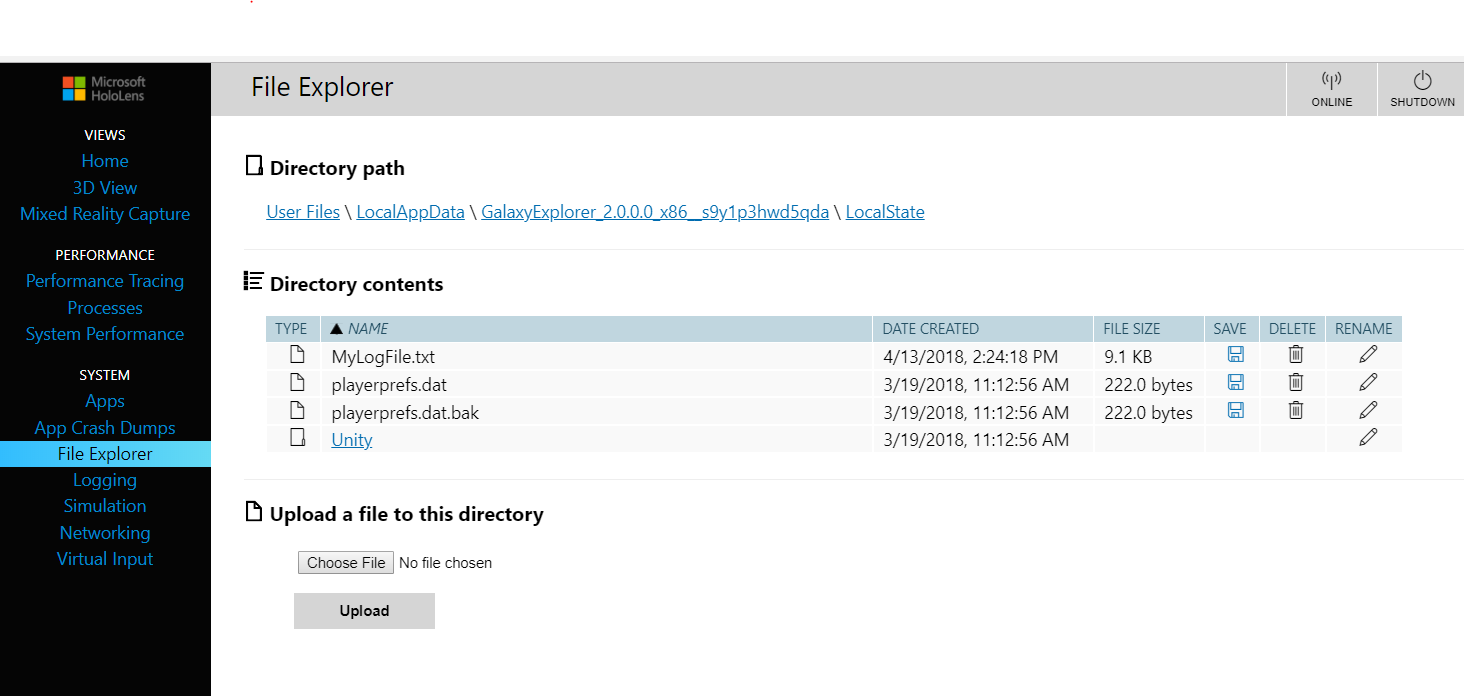
Για την αποθήκευση της χρονικής στιγμής κάθε συμβάντος, δημιουργήθηκε ένα object μέσω του Unity, βάζοντας σε αυτό ένα script όπου ενημέρωνε τον χρόνο από την στιγμή που ξεκινούσε η εφαρμογή. Το object αυτό έγινε prefabs και μπήκε σε κάθε σκηνή της εφαρμογής αφού θέλαμε να ξέρουμε τον χρόνο όπου κι αν βρίσκεται ο χρήστης. Έπειτα, εντοπίζουμε το object αυτό σε κάθε σημείο που θέλουμε να γράψουμε στο file, παίρνουμε την τιμή του και την καταγράφουμε.

### Αποθήκευση του log file

Η αρχική σκέψη ήταν να το log file να αποθηκευτεί κάπου τοπικά στον υπολογιστή αφού η εφαρμογή θα έτρεχε μέσω αυτού. Αυτή ήταν μια αποτυχημένη προσπάθεια, αφού αυτό δεν μπορεί να γίνει στις εφαρμογές που ανήκουν στην κατηγορία των Windows Store Apps (WSA). Βλέπε Παράρτημα Α.

Επομένως, η έρευνα στράφηκε στο που πρέπει να αποθηκευτεί το file και να μπορούμε να έχουμε πρόσβαση σε αυτό, κάτι που έδειξε πως ο μοναδικός τρόπος να γίνει αυτό είναι μέσω του File Explorer του Windows Device Portal. Δημιουργούμε το μονοπάτι όπως φαίνεται στο Παράρτημα Β, και για να βρούμε το file ακολουθούμε τα πιο κάτω βήματα: Εικόνα 4.3

1. Ενώνουμε το HoloLens με τον υπολογιστή
2. Μπαίνουμε στο Windows Device Portal
4. Επιλέγουμε το File Explorer
5. LocalAppData
6. Galaxy\_Explorer
7. LocalState
8. MyLogFile.txt



Εικόνα . Μονοπάτι αποθήκευσης του Log File στο Device Portal

## Επίλογος

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφηκε πως από την αρχική ιδέα καταλήξαμε στην τελική. Πως υλοποιήθηκε ο logger και ποια προβλήματα αντιμετωπίστηκαν. Στο επόμενα δύο κεφάλαια θα περιγραφούν οι δύο έρευνες που πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας το Galaxy Explorer με τον ενσωματωμένο logger.

# Έρευνα 1: Ανάλυση της γνωστικής και οπτικής συμπεριφοράς του χρήστη

[5.1 Εισαγωγή 33](#_Toc515811260)

[5.2 Οργάνωση έρευνας 33](#_Toc515811261)

[5.3 Προσδιορισμός χρηστών σε FD-I 33](#_Toc515811262)

[5.4 Συμμετέχοντες 34](#_Toc515811263)

[5.5 HoloLens στην έρευνα 34](#_Toc515811264)

[5.6 Galaxy Explorer MS HoloLens Application 35](#_Toc515811265)

[5.7 Διαδικασία 35](#_Toc515811266)

[5.7.1 Εύρεση και ο συντονισμός χρηστών 35](#_Toc515811267)

[5.7.2 Διεξαγωγή του GEFT 35](#_Toc515811268)

[5.7.3 Εκπαίδευση χρηστών 36](#_Toc515811269)

[5.7.4 Εργασία στο Galaxy Explorer και συνέντευξη 36](#_Toc515811270)

[5.8 Ανάλυση Αποτελεσμάτων 37](#_Toc515811271)

[5.8.1 Δοκιμές Υποθέσεων 38](#_Toc515811272)

[5.8.2 Διερευνητική Ανάλυση 39](#_Toc515811273)

[5.8.3 Ποιοτική Ανάλυση 40](#_Toc515811274)

[5.9 Επίλογος 42](#_Toc515811275)

## Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε τα βήματα της που ακολουθήθηκαν για την διεξαγωγή της έρευνας καθώς και τα συμπεράσματα τα οποία βγήκαν από την έρευνα αυτή.

## Οργάνωση έρευνας

Για την καλύτερη οργάνωση της έρευνας, οι χρήστες συμπλήρωναν την διαθεσιμότητα τους σε ένα πίνακα με τις διαθέσιμες μέρες και ώρες και έπειτα ενημερώνονταν πότε και που θα έπρεπε να πάνε. Οι ώρες χωρίζονταν ούτως ώστε κάθε μισή ώρα να έρχεται καινούριος χρήστης. Χρειαζόταν 15-20 λεπτά για τον προσδιορισμό του FD-I, 10-15 λεπτά για υπόδειξη του HoloLens και 10-15 λεπτά για ολοκλήρωση της εργασίας που θα έπρεπε να κάνουν.

## Προσδιορισμός χρηστών σε FD-I

Η έρευνα άρχιζε με τον προσδιορισμό των χρηστών σε FD-I. Αυτό γινόταν μέσω του «Group Embedded Figures Test» (GEFT), το οποίο σχεδιάστηκε από τον Oltman και άλλους [3] και είναι ένας έγκυρος τρόπος διαφοροποίησης των FD-I. Είναι ένα τεστ στο χαρτί όπου οι χρήστες πρέπει να εντοπίσουν κάποια απλά σχήματα μέσα σε κάποια πιο περίπλοκα, σε καθορισμένο χρόνο, Εικόνα 5.1. Ανάλογα με τα πόσα σωστά σχήματα έχει βρει ο χρήστης, παίρνει και τον ανάλογο βαθμό. Για τους σκοπούς της έρευνας αυτής θέσαμε ως όριο τον βαθμό 11 από τα 18, ο οποίος χρησιμοποιείται και στην πράξη [4,5]. Όσοι από τους χρήστες είχαν βαθμό μικρότερο ή ίσο του 11 τότε έμπαιναν στην κατηγορία FD, όσοι είχαν βαθμό μεγαλύτερο από 11 έμπαιναν στην κατηγορία FI.

Εικόνα . Διεξαγωγή του GEFT

## Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν 31 χρήστες, 17 άντρες και 14 γυναίκες από 20 μέχρι 29 χρονών. (Mean: 22.35; SD: 1.743) Προτιμήθηκαν συμμετέχοντες που να έχουν υπόβαθρο σχετικό με τους υπολογιστές και να είναι άνετοι με τις έξυπνες συσκευές και τις νέες τεχνολογίες. Με αυτό τον τρόπο οι χρήστες μας θα είχαν ένα κοινό υπόβαθρο και τα αποτελέσματα δεν θα επηρεάζοντας από διαφορετικές δεξιότητες των χρηστών. Από το GEFT που έλυσαν οι χρήστες, είχαμε βαθμούς από 1 μέχρι 17 (Mean:12.26; SD: 4.058). 11 από αυτούς μπήκαν στην κατηγορία FD και 20 μπήκαν στην κατηγορία FI

## HoloLens στην έρευνα

Για την διεξαγωγή της έρευνας χρησιμοποιήθηκε το Microsoft HoloLens Mixed Reality το οποίο αφήνει τον χρήστη να αλληλεπιδράσει με ολογραφικές εφαρμογές και αντικείμενα μέσα στο δικό του περιβάλλον, Εικόνα 5.2. Το HoloLens διαθέτει ολογραφικούς φακούς, προηγμένους αισθητήρες, ενσωματωμένα ηχεία και αναγνώριση φωνής, εργαλεία που βοηθούν στην αναγνώριση και καταγραφή πληροφοριών σχετικά με την αλληλεπίδραση του χρήστη με το περιβάλλον του.

Εικόνα . Χρήση του HoloLens στο περιβάλλον του χρήστη

Για να μετρήσουμε την visual συμπεριφορά του κάθε χρήστη, καταγράψαμε την αλληλεπίδραση του χρήστη σε log file αλλά και σε βίντεο. Έτσι, ενώ είχαμε καταγραμμένα τα αντικείμενα τα οποία αλληλεπίδρασε μαζί τους ο χρήστης, μπορούσαμε να δούμε και από το βίντεο τι έβλεπε ακριβώς μέσω του HoloLens και να έχουμε πιο ποιοτικά δεδομένα.

## Galaxy Explorer MS HoloLens Application

Η εφαρμογή που επιλέχτηκε για τους σκοπούς της έρευνας είναι το Galaxy Explorer το οποίο, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4.7, αφήνει τον χρήστη να εξερευνήσει τον γαλαξιακό κόσμο μέσω τρισδιάστατων ολογραμμάτων ακούγοντας και μαθαίνοντας για το κάθε στοιχείο του σύμπαντος. Έτσι, η εφαρμογή αυτή φαίνεται να έχει εκπαιδευτικό χαρακτήρα, κάτι που βοηθά στην έρευνα μας. Επίσης, η εφαρμογή είναι ανοιχτού κώδικα έτσι μπορούσε να προσαρμοστεί σε αυτή ο logger που δημιουργήθηκε.

## Διαδικασία

Για την διεξαγωγή της έρευνας υπήρχαν τέσσερα στάδια. Πρώτο στάδιο ήταν η εύρεση και ο συντονισμός των χρηστών, δεύτερο στάδιο ήταν διεξαγωγή του GEFT, τρίτο στάδιο ήταν μια μικρή εκπαίδευση των χρηστών στις λειτουργίες και στην αλληλεπίδραση με το HoloLens, τέταρτο και τελευταίο στάδιο ήταν η εκτέλεση μιας ακολουθίας συγκεκριμένων βημάτων στο Galaxy Explorer και μια μικρή συνέντευξη για την εμπειρία του κάθε χρήστη.

### Εύρεση και ο συντονισμός χρηστών

Οι συμμετέχοντες έμαθαν για την έρευνα μέσω ανακοινώσεων σε συγκεκριμένα groups στα social media και μέσω emails στο τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου.

Τα κριτήρια για του συμμετέχοντες ήταν να μην έχουν ξανά κάνει το GEFT, να μην έχουν προβλήματα όρασης όπου θα μπορούσαν να επηρεάσουν την αλληλεπίδραση με το HoloLens και να μην έχουν προηγούμενη εμπειρία με το HoloLens.

Οι χρήστες ενημερώθηκαν πως η έρευνα θα διαρκούσε μια ώρα και τους καλούσαμε να έρχονται στο μέρος διεξαγωγής της έρευνας ανά μισή ώρα ούτως ώστε να υπάρχει ένας συμμετέχοντας που να λύνει το GEFT και ένας που να εκτελεί την εργασία στο HoloLens.

### Διεξαγωγή του GEFT

Το τεστ δινόταν στους συμμετέχοντες και αφού έπαιρναν τις σχετικές οδηγίες για το τι πρέπει να κάνουν, άρχιζαν με το αρχικό μέρος του τεστ που διαρκούσε δύο λεπτά και είχε σκοπό να μπει ο χρήστης στο νόημα. Μετά ακολουθούσαν ακόμη δύο μέρη που διαρκούσαν πέντε λεπτά το καθένα και ήταν αυτά που λήφθηκαν υπόψη στα αποτελέσματα. Εικόνα 5.1

### Εκπαίδευση χρηστών

Για να διασφαλίσουμε ότι όλοι οι χρήστες έχουν το ίδιο υπόβαθρο και γνώσεις σχετικά με τις λειτουργίες του HoloLens, διεκπεραιώναμε αυτή την μικρή εκπαίδευση στον κάθε συμμετέχοντα. Διαρκούσε περίπου δέκα με δεκαπέντε λεπτά και οι χρήστες έπρεπε να ανοίξουν την εφαρμογή Holograms και να τοποθετήσουν στον χώρο διάφορα ολογράμματα όπως στην Εικόνα 5.3. Με αυτό τον τρόπο θα είχαν επαφή με όλες τις βασικές λειτουργίες, δηλαδή το βλέμμα, τις χειρονομίες και την φωνή, θα έπρεπε να χρησιμοποιήσουν το Tap, Tap and Hold, Grab, Zoom, Bloom.

### C:\Users\user\Dropbox\Elena\users\28124859_10210426878497704_449621294_o.jpgΕργασία στο Galaxy Explorer και συνέντευξη

Εικόνα . Χρήση του Holograms Application

Οι χρήστε έπρεπε να ακολουθήσουν μια ακολουθία συγκεκριμένων βημάτων (Πίνακας 1). Η εργασία περιλάμβανε τρία μέρη διαφορετικής δυσκολίας (εύκολο, μέτριο, δύσκολο) σε σχέση με την αναζήτηση και τον εντοπισμό των αντικειμένων που ζητείτο σε κάθε περίπτωση.

Ο Ουρανός (Uranus) ήταν το πιο δύσκολο αντικείμενο να εντοπιστεί αφού ο χρήστης έπρεπε να μετακινήσει το κεφάλι του και σε κάποιες περιπτώσεις ακόμα και το σώμα του για να τον ψάξει μέσα στο πλανητικό σύστημα.

Ο Τοξότης Α\* (Sagittarius A\*) ήταν το πιο εύκολο αντικείμενο να εντοπιστεί επειδή όσο και το Galactic Center όσο και ο Τοξότης δεν χρειάζονταν καμιά μετακίνηση του κεφαλιού αφού ήταν ακριβώς στο κέντρο.

Η επιστροφή στη Γη μετά από μια σειρά προηγούμενων βημάτων θεωρήθηκε το μέτριο επίπεδο αφού παρόλο που η γη βρίσκεται σε κεντρικό σημείο, ο χρήστης έπρεπε να θυμάται να βήματα για να την εντοπίσει πλοηγούμενος μέσα στο γαλαξιακό και πλανητικό σύστημα.

Για την συγκεκριμένη διαδικασία δεν υπήρχε καθορισμένος χρόνος.

Μετά το τέλος της εργασία ακολουθούσε μια μη δομημένη συνέντευξη κυρίως για να μοιραστεί ο κάθε συμμετέχοντας τις εμπειρίες του και να επισημάνει τις όποιες πτυχές της αλληλεπίδρασής του που ένιωσε ότι έπρεπε να μοιραστεί μαζί μας.

Πίνακας Βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την διάρκεια εκτέλεσης της εργασίας μαζί με τα αντικείμενα εντοπισμού και το επίπεδο δυσκολίας

|  |  |
| --- | --- |
| **Επίπεδα Δυσκολίας** | **Βήματα εργασίας** |
| **Βήματα εξοικείωσης** | Περίμενε να ανοίξει η εφαρμογή  Μπες στο Solar System  Βρες τον Ήλιο - Sun και επέλεξε τον  Μετακίνησε τον ήλιο χρησιμοποιώντας το Grab από το Tool Bar  Πήγαινε πίσω  Βρες και επέλεξε την Γη - Earth  Κάνε Zoom τη Γη  Πήγαινε πίσω  **Βρες και επέλεξε τον Ουρανό - Uranus**  Πήγαινε πίσω  Μπες στο Galactic Centre  **Βρες και επέλεξε τον Τοξότη Α\* - Sagittarius A\***  Πήγαινε πίσω  **Βρες και επέλεξε τη Γη - Earth**  Βγες από την εφαρμογή |
| **Δύσκολο** |
| **Εύκολο** |
| **Μέτριο** |

## Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Η ανάλυση των δεδομένων που συλλέχτηκαν επικεντρώνεται σε δύο θέματα. Στον χρόνο που χρειάστηκε ο κάθε χρήστης για να εντοπίσει το κάθε αντικείμενο-στόχο και στη συμπεριφορά του βλέμματος, δηλαδή την ακολουθία των αντικειμένων μέχρι να εντοπιστεί το αντικείμενο. Αυτά αναλύθηκαν σε σχέση με τα γνωστικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων (FD ή FI) και το επίπεδο δυσκολίας κάθε αντικειμένου-στόχου (Εύκολο, Μέτρια, Δύσκολο). Αρχικά ερευνούμε την μηδενική μας υπόθεση και έπειτα ακολουθούμε μια πιο διερευνητική προσέγγιση για να κατανοήσουμε τη συμπεριφορά των συμμετεχόντων μας.

### Δοκιμές Υποθέσεων

*H01 Δεν υπάρχει επίδραση αλληλεπίδρασης μεταξύ του FD-I και του επιπέδου δυσκολίας σχετικά με το χρόνο που δαπανάται για την επίτευξη κάθε αντικειμένου-στόχου.*

Έγινε ένα αμφίδρομο ANOVA τεστ, με τα γνωστικά χαρακτηριστικά FD-I και το επίπεδο δυσκολίας ως ανεξάρτητες μεταβλητές και ο χρόνος που δαπανάται για την επίτευξη ενός στόχου αντικειμένου ως εξαρτημένη μεταβλητή. Το τεστ ικανοποίησε όλες τις υποθέσεις του αμφίδρομου ANOVA που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση της παραπάνω υπόθεσης.

Τα αποτελέσματα (Πίνακας 2) δείχνουν ότι στο εύκολο και στο μέτριο επίπεδο, οι χρήστες οι οποίοι αναγνωρίστηκαν ως FD, στατιστικά δεν φαίνεται να έχουν ξοδέψει περισσότερο χρόνο από τους FI για να εντοπίσουν και να επιλέξουν το αντικείμενο-στόχος. Στο δύσκολο όμως επίπεδο, είναι εμφανές ότι οι FD ξόδεψαν περισσότερο χρόνο για να εντοπίσουν το αντικείμενο- στόχος (δηλαδή τον ουρανό) από τους FI(F=5.899; p=0.017; partial η2=0.063).

Πίνακας 2 Η επίδραση αλληλεπίδρασης μεταξύ των FD-I και του επιπέδου δυσκολίας στο χρόνο που αφιερώθηκε

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Χρόνος που ξοδεύτηκε** | **F** | **p** | **Partial η2** |
| **Εύκολο επίπεδο** | 0.095 | 0.759 | 0.001 |
| **Μέτριο επίπεδο** | 1.405 | 0.239 | 0.016 |
| **Δύσκολο επίπεδο** | 5.899 | 0.017 | 0.063 |
| **Συνολικά** | 1.877 | 0.159 | 0.41 |

*H02 Δεν υπάρχει επίδραση αλληλεπίδρασης μεταξύ του FD-I και του επιπέδου δυσκολίας προς την συμπεριφορά του βλέμματος (τον αριθμό εστιασμένων αντικειμένων) για την επίτευξη κάθε αντικείμενου-στόχου.*

Για να εξεταστεί το H02 ακολουθήθηκε μια παρόμοια στατιστική προσέγγιση, ένα αμφίδρομο δηλαδή, ANOVA τεστ, με τα γνωστικά χαρακτηριστικά FD-I και το επίπεδο δυσκολίας ως ανεξάρτητες μεταβλητές και η συμπεριφορά του βλέμματος για την επίτευξη ενός στόχου αντικειμένου ως εξαρτημένης μεταβλητής. Το τεστ ικανοποίησε όλες τις υποθέσεις και τα αποτελέσματα (Πίνακας 3) έδειξαν στατιστικά σημαντική επίδραση αλληλεπίδρασης μεταξύ των γνωστικών χαρακτηριστικών FD-I και του επιπέδου δυσκολίας προς την συμπεριφορά του βλέμματος (δηλαδή τον αριθμό των αντικειμένων που εστίασαν οι συμμετέχοντες) που ακολούθησαν οι συμμετέχοντες (F=7.937; p< 0.001; partial η2 =0.154). Όσο πιο δύσκολο γίνεται το επίπεδο τόσο πιο σημαντική γίνεται η διαφορά μεταξύ των FD και FI, αφού οι FD βλέπουν περισσότερα αντικείμενα ενώ ψάχνουν το αντικείμενο-στόχος στο δύσκολο επίπεδο (F=26.072; p<0.000; partial η2 =0.231).

Πίνακας 3 Επίδραση αλληλεπίδρασης μεταξύ των γνωστικών χαρακτηριστικών FD-I και του επιπέδου δυσκολίας προς τα αντικείμενα που βλέπουν οι χρήστες

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Εστιασμένα Αντικείμενα** | **F** | **p** | **Partial η2** |
| **Εύκολο επίπεδο** | 0.097 | 0.756 | 0.001 |
| **Μέτριο επίπεδο** | 1.113 | 0.294 | 0.013 |
| **Δύσκολο επίπεδο** | 26.072 | 0.000 | 0.231 |
| **Συνολικά** | 7.937 | 0.001 | 0.154 |

### Διερευνητική Ανάλυση

Εκτός από τα αποτελέσματα της δεύτερης μας υπόθεσης, θέλαμε να εξετάσουμε αν υπάρχει διαφορά μεταξύ των δύο γνωστικών ομάδων (FD-I) σε σχέση με τον αριθμό των φορών που είχαν κοιτάξει τον Ουρανό πριν τον επιλέξουν κατά το δύσκολο επίπεδο της εργασίας.

Έτσι, για να προσδιορίσουμε αν όντως υπάρχει αυτή η διαφορά μεταξύ των FD και των FI εκτελέσαμε ένα a Mann-Witney U τεστ. Από πρόχειρους υπολογισμούς που έγιναν βλέποντας τους αριθμούς, φαίνεται ότι ο αριθμός των φορών που θεάθηκε ο Ουρανός από τους FD δεν είναι κοντά στον αριθμό των FI. Αυτό επαληθεύτηκε από το τεστ αφού τα αποτελέσματα ήταν οριακά στατιστικά σημαντικά διαφορετικά (U=61; z=-2.036, p = 0.044) για τον αριθμό των φορών που εστιάστηκε ο Ουρανός από τους FD (mean rank = 20.45) και των FI (mean rank = 13.55).

Επίσης τρέξαμε ένα Pearson correlation test για να αξιολογήσουμε τη συνολική σχέση μεταξύ του επιπέδου δυσκολίας και της οπτικής συμπεριφοράς των συμμετεχόντων και στις δύο ομάδες. Η ανάλυση έδειξε μια ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στο επίπεδο δυσκολίας και στον αριθμό των αντικειμένων που εστιάστηκαν κατά την οπτική συμπεριφορά του κάθε συμμετέχοντα. (r = 0.563; p = 0.000).

### Ποιοτική Ανάλυση

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τους ερευνητικούς μας στόχους, αποφασίσαμε να χρησιμοποιήσουμε ποιοτικές προσεγγίσεις για να επαληθεύσουμε τα ποσοτικά αποτελέσματα που έχουμε δει παραπάνω. Για την ποιοτική ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν η μικρή συνέντευξη που γινόταν στον κάθε συμμετέχοντα μετά το τέλος της έρευνας αλλά και οι παρατηρήσεις τους σχετικά με την αλληλεπίδραση τους. Γενικά, οι FI χρήστες εξέφρασαν ότι ήταν πιο εύκολο να προσαρμοστούν στο mixed reality περιβάλλον, σε αντίθεση με τους FD χρήστες που θα ήθελα περισσότερη εξάσκηση για να εξοικειωθούν και να νιώσουν άνετα με τις λειτουργίες μέσα στο περιβάλλον αυτό.

**Υπόθεση *H01***

Όσο αφορά την υπόθεση *H01* τα ποσοτικά αποτελέσματα δείχνουν να έχουν σχέση με τα σχόλια των συμμετεχόντων. Οι FD εξέφρασαν την απελπισία τους κατά την διάρκεια αναζήτησης του Ουρανού, αφού δυσκολεύονταν να περιηγηθούν σε όλα τα σημεία του πλανητικού συστήματος για να εντοπίσουν και να επιλέξουν το αντικείμενο-στόχος. Αντίθετα όμως, οι FI δεν θεώρησαν πως ήταν πιο δύσκολο να εντοπίσουν τον Ουρανό παρά την Γη αφού δεν τους πήρε πολύ χρόνο για να εντοπίσουν το ζητούμενο αντικείμενο.

*"Νόμιζα ότι θα ήταν πιο δύσκολο να εντοπίσω τον Ουρανό παρά τη Γη ή τον Τοξότη Α \*, αλλά η τοποθέτησή του στο πλανητικό σύστημα δεν μου πήρε τελικά και τόσο πολύ" - P5 (FI)*

*"Ω Θεέ μου! Νόμιζα πως δεν θα βρω ποτέ πού βρισκόταν ο Ουρανός! Δεν μπορούσα να τον ξεχωρίσω από τους υπόλοιπους πλανήτες, αν και το όνομά του ήταν εκεί! Πέρασα πολύ χρόνο ψάχνοντας τον "- P9 (FD)*

Επίσης, αφού είχαμε τα βίντεο που καταγράψαμε για την εργασία στο Galaxy Explorer μέσω του HoloLens, τα χρησιμοποιήσαμε για να εξετάσουμε την συμπεριφορά των χρηστών για την ποιοτική ανάλυση. Αυτό που παρατηρήσαμε είναι ότι οι FD ήταν πιο ομιλητικοί κατά τη διάρκεια των συνεδριάσεών τους κάτι που είναι ευθυγραμμισμένο με την ποσοτική έκβαση του H01. Είχαν αγανακτήσει από τον πολύ χρόνο που τους έπαιρνε για εντοπίσουν το αντικείμενο-στόχος, ειδικά τον Ουρανό και αφηγούνταν συνεχώς τα βήματα τους προσπαθώντας να περιηγηθούν στο ολογραφικό πλανητικό σύστημα. Από την άλλη πλευρά, οι FI ήταν πιο ήσυχοι κατά την πλοήγηση τους αλλά και πιο αποτελεσματικοί και πιο γρήγοροι τον εντοπισμό των αντικειμένων. Ήταν λιγότερο ομιλητικοί και έκαναν λιγότερες ερωτήσεις σχετικά με την αλληλεπίδραση με το HoloLens

**Υπόθεση *H02***

Όσον αφορά την υπόθεση *Η02*, οι FI χρήστες ήταν σε θέση να εντοπίσουν τον στόχο τους πιο αποτελεσματικά. Ακολουθούσαν μια πιο αναλυτική προσέγγιση κατά την εξερεύνηση του πλανητικού συστήματος αλλά και όταν προσπαθούσαν να επιλέξουν τον στόχο τους. Αυτό τους επέτρεπε να κοιτάνε λιγότερα αντικείμενα ενώ ψάχνουν για τη Γη, τον Τοξότη A \* ή τον Ουρανό, αφού έτσι μπορούσαν να αξιολογήσουν το περιβάλλον με περισσότερες λεπτομέρειες και μετά να στοχεύσουν το αντικείμενο-στόχος. Αντίθετα, οι FD χρήστες ακολουθούσαν μια πιο ολιστική προσέγγιση αναζήτησης χωρίς να εκτιμήσουν το γενικό περιβάλλον και έτσι στόχευαν τυχαία αντικείμενα καθώς αναζητούσαν το στόχο τους.

*«Προσπαθούσα να κοιτάξω τη μεγαλύτερη εικόνα και να σκεφτώ που μπορεί να βρίσκεται ο πλανήτης που έψαχνα, στο συνολικό σύστημα. Κατόπιν άρχισα να εστιάζω αντικείμενα" - P16 (FI)*

*"Για μένα ήταν πιο εύκολο να αρχίσω να εστιάζω σε κάθε πλανήτη μέχρι να βρω αυτό που έψαχνα. Υπήρχαν φορές που πέρασα από έναν πλανήτη δύο φορές. Δεν είχα πραγματικά μια στρατηγική νομίζω! " - P13 (FD)*

Από τα βίντεο και πάλι είχαμε την δυνατότητα να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα. Είδαμε πως οι FI είχαν μια στιγμή παύσης όπου κοίταζαν και επιθεωρούσαν το περιβάλλον πριν αρχίσουν να εστιάζουν αντικείμενα στο πλανητικό σύστημα με αποτέλεσμα να είναι πιο αποτελεσματικοί στην ταυτοποίηση του στόχου τους και να βλέπουν λιγότερα άσκοπα αντικείμενα. Για τους FD τα πράγματα ήταν διαφορετικά. Από τη στιγμή που τέλειωναν το προηγούμενο βήμα, άρχιζαν αμέσως να εστιάζουν τυχαία αντικείμενα και μερικές φορές εστίαζαν ακόμη και στο αντικείμενο-στόχο χωρίς να δίνουν προσοχή. Αυτή η παρατήρηση σχετικά με τη συμπεριφορά των FD φάνηκε επίσης και στα αποτελέσματα της δοκιμής Mann-Witney U πιο πάνω. Μερικοί FD εστίαζαν τον Ουρανό αρκετές φορές χωρίς να δίνουν σημασία στην ετικέτα που εμφανιζόταν, κατά συνέπεια δεν συνειδητοποίησαν ότι είχαν επιτύχει το στόχο τους.

Τέλος, τα ποιοτικά αποτελέσματα και ειδικά τα βίντεο, συμφωνούν στο ότι καθώς το επίπεδο γινόταν πιο δύσκολο, οι συμμετέχοντες χρειάζονταν περισσότερο χρόνο για να ολοκληρώσουν την εργασία και κοίταζαν περισσότερα αντικείμενα πριν εντοπίσουν το αντικείμενο-στόχο.

## Επίλογος

Στο κεφάλαιο αυτό είδαμε την διαδικασία που ακολουθήθηκε για να διεκπεραιωθεί η πρώτη έρευνα που σχετιζόταν με την ανάλυση της γνωστικής και οπτικής συμπεριφοράς, καθώς επίσης και τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής. Στο επόμενο κεφάλαιο θα δούμε τα ίδια θέματα σχετικά με την δεύτερη έρευνα που έγινε με θέμα την ευχρηστία στο HoloLens.

# Έρευνα 2: Ευχρηστία στο HoloLens

[6.1 Εισαγωγή 43](#_Toc515811277)

[6.2 Οργάνωση έρευνας 43](#_Toc515811278)

[6.3 Συμμετέχοντες 44](#_Toc515811279)

[6.4 Galaxy Explorer MS HoloLens Application 44](#_Toc515811280)

[6.5 Διαδικασία 44](#_Toc515811281)

[6.5.1 Οδηγίες χρήσης 44](#_Toc515811282)

[6.5.2 Εργασία στο Galaxy Explorer 44](#_Toc515811283)

[6.6 Ανάλυση αποτελεσμάτων 45](#_Toc515811284)

[6.6.1 Διαφορές έμπειρων και άπειρων χρηστών 45](#_Toc515811285)

[6.6.2 Διαφορές FD-I 47](#_Toc515811286)

[6.6.3 Διαφορές ανάμεσα στο φύλο 47](#_Toc515811287)

[6.7 Επίλογος 48](#_Toc515811288)

## Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε την διαδικασία διεξαγωγής της έρευνας αυτής που ασχολήθηκε με το θέμα της ευχρηστίας του HoloLens αλλά και τα συμπεράσματα που βγήκαν αναλύοντας τα δεδομένα που μαζεύτηκαν μέσω του logger της εφαρμογής σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα δύο ερωτηματολογίων που συμπλήρωσαν οι χρήστες.

## Οργάνωση έρευνας

Όπως και η προηγούμενη έρευνα, έτσι και αυτή οργανώθηκε με τον ίδιο τρόπο, δηλαδή οι χρήστες συμπλήρωναν την διαθεσιμότητα τους σε ένα πίνακα με τις διαθέσιμες μέρες και ώρες και έπειτα ενημερώνονταν πότε και που θα έπρεπε να πάνε. Οι ώρες χωρίζονταν ούτως ώστε κάθε μισή ώρα να έρχεται καινούριος χρήστης. Οι έμπειροι χρήστες χρειάζονταν 5-10 λεπτά για να ολοκληρώσουν την εργασία, 10 λεπτά για να συμπληρώσουν το Immersion ερωτηματολόγιο και 10 λεπτά για να συμπληρώσουν το Presence ερωτηματολόγιο. Οι νέοι χρήστες που δεν είχαν προηγούμενη εμπειρία χρειάζονταν την ίδια ώρα για τα ερωτηματολόγια όμως ήθελαν 10-15 λεπτά για να ολοκληρώσουν την εργασία.

## Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν 39 χρήστες, 24 άντρες και 15 γυναίκες από 19 μέχρι 38 χρονών. Οι 18 χρήστες ήταν άπειροι και οι 21 ήταν έμπειροι. Δεν υπήρχε κάποιος περιορισμός όσον αφορά το υπόβαθρο των χρηστών αφού το θέμα είναι η ευχρηστία και θέλαμε να δούμε πως ο οποιοσδήποτε αλληλεπιδρά με την τεχνολογία του MR μέσω του HoloLens

## Galaxy Explorer MS HoloLens Application

Και σε αυτή την έρευνα χρησιμοποιήσαμε το Galaxy Explorer. Όπως είχαμε δει είναι η μόνη εφαρμογή ανοιχτού κώδικα που προσφέρει η Microsoft άρα και η μόνη μέχρι στιγμής που μπορούμε να ενσωματώσουμε το logger. Εκτός αυτού όμως είναι μια εφαρμογή όπου δίνει στον χρήστη τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει όλες τις βασικές λειτουργίες (gaze, gestures, voice) αλλά και τις πιο εξειδικευμένες όπως το tap&hold.

## Διαδικασία

### Οδηγίες χρήσης

Στους άπειρους χρήστες, οι οποίοι δεν είχαν καμία προηγούμενη επαφή με το HoloLens, δινόταν ένα μικρό εγχειρίδιο χρήσης με όσα θα έπρεπε να γνωρίζουν για να μπορούν να χρησιμοποιήσουν το HoloLens

### Εργασία στο Galaxy Explorer

Η εργασία που έπρεπε να εκτελέσουν οι χρήστες περιείχε 7 απλά βήματα (Πίνακας 4) ίδιας δυσκολίας αφού σκοπός ήταν απλά να χρησιμοποιήσουν τις λειτουργίες που προσφέρει το HoloLens. Εκτός από την καταγραφή των λειτουργιών στο log file, έγινε και βιντεοσκόπηση του κάθε χρήστη, ούτως ώστε να μπορούμε κατά την ανάλυση των δεδομένων να δούμε ξανά τι γινόταν εκείνη την στιγμή και να έχουμε κάποια πιο ποιοτικά αποτελέσματα.

Πίνακας Βήματα που έπρεπε να εκτελέσουν οι χρήστες για την ολοκλήρωση της εργασίας

|  |  |
| --- | --- |
| Task | |
| Βήμα 1 | Μπες στον ήλιο (sun) που βρίσκεται στο Solar System |
| Βήμα 2 | Κάνε Grab τον ήλιο για να τον μετακινήσεις |
| Βήμα 3 | Μπες στον Άρη (mars) |
| Βήμα 4 | Κάνε zoom τον Άρη για να τον δεις καλύτερα |
| Βήμα 5 | Μπες στην Αφροδίτη (Venus) |
| Βήμα 6 | Κάνε tilt την Αφροδίτη για να την δεις από πάνω ή κάτω |
| Βήμα 7 | Βγες έξω |

## Ανάλυση αποτελεσμάτων

Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας τρέξαμε sample independent FD-I test μεταξύ αρχάριων και έμπειρων χρηστών. Στους πίνακες Πίνακας 5 και Πίνακας 6 βλέπουμε τα αποτελέσματα της ανάλυσης.

### Διαφορές έμπειρων και άπειρων χρηστών

Φαίνεται ότι έχουμε σημαντικές διαφορές ως προς τον συνολικό χρόνο ολοκλήρωσης της εργασίας σε σχέση με τον χρόνο που χρειάστηκαν οι χρήστες για να επιλέξουν τον ήλιο. Επίσης, βλέπουμε οριακά σημαντικές διαφορές ως προς το πόσες φορές είχαν δει τον Άρη / Mars πριν τον επιλέξουν και πόσες φορές έκαναν την χειρονομία air tap μέχρι να καταφέρουν να επιλέξουν τον ήλιο.

Υπάρχει ακόμα μια σημαντική στατιστικά διαφορά στο πόσες φορές χρειάστηκε ο χρήστης να εισάγει και να εξάγει το χέρι του μέσα στο πεδίο όταν του ζητήθηκε να μετακινήσει / να κάνει grab τον ήλιο / sun. Βλέπουμε πως οι έμπειροι χρήστες χρειάστηκε να εισάγουν τα χέρια τους στο πεδίο λιγότερες φορές (mean:2.10) σε σχέση με αυτούς που δεν είχαν προηγούμενη επαφή με το HoloLens (mean:5.69). Παρόμοια αποτελέσματα υπάρχουν και για την εξαγωγή του χεριού.

Γενικά παρατηρούμε πως οι αρχάριου χρήστες δυσκολεύονται στα αρχικά βήματα της εργασίας, ενώ όσο προχωρούν οι διαφορές έμπειρων και άπειρων εξαλείφονται. Έτσι συμπεραίνουμε πως ο χρόνος που χρειάζεται ένας νέος χρήστης για να εξοικειωθεί με το HoloLens είναι μικρός αφού στα επόμενα βήματα δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές.

Πίνακας Στατιστικά αποτελέσματα της έρευνας ΙΙ

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Action | | t | | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
|  | Total Time (s) | 4.702 | | 37 | .000 | 148.849 | 31.657 |
|  | Taps for enter to the Sun | 1.972 | | 32 | .057 | 2.196 | 1.114 |
|  | Time for enter to the Sun | 2.768 | | 32 | .009 | 13.923 | 5.029 |
|  | Hand enter (grab) | 2.794 | | 35 | .008 | 3.592 | 1.286 |
|  | Hand exit (grab) | | 3.008 | 35 | .005 | 3.813 | 1.267 |
|  | Mars - Times of view | | -2.028 | 36 | .050 | -2.700 | 1.332 |
|  | Time For Tilt | | 2.698 | 36 | .011 | 15.748 | 5.836 |
|  | Time for enter to the Venus | | -1.006 | 35 | .321 | -5.289 | 5.257 |
|  | Time for enter to the Mars | | -.328 | 36 | .745 | -2.025 | 6.184 |

### Διαφορές FD-I

Δεν παρατηρήθηκε κάποια σημαντική στατιστικά διαφορά ανάμεσα στους FD-I και τον χρόνο ή τα βήματα ολοκλήρωσης της εργασίας. Αυτό δεν ήταν κάτι μη αναμενόμενο αφού ή εργασία ήταν πολύ απλή και δεν υπήρχαν βαθμίδες δυσκολίας ούτως ώστε να μελετηθεί το θέμα αυτό.

### Διαφορές ανάμεσα στο φύλο

Παρατηρούμε ότι ανάμεσα στα δύο φύλα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα βήματα που χρειάστηκαν να κάνουν για να ολοκληρώσουν την εργασία. Οι γυναίκες είχαν κάνει λιγότερα βήματα (mean:223.5) από ότι οι άντρες (mean:306.0). Επίσης βλέπουμε πως στο βήμα όπου οι χρήστες έπρεπε να εντοπίσουν τον Άρη / Mars, οι γυναίκες είχαν κοιτάξει λιγότερα αντικείμενα πριν τον επιλέξουν (mean:20.13) σε σχέση με τους άντρες (mean:38.34). Τέλος, είδαμε πως υπάρχει μια μικρή διαφορά στο αν τα δύο φύλα κατάφεραν να εξέρθουν σωστά από την εφαρμογή παρόλο που στις περισσότερες περιπτώσεις κατάφεραν και οι δύο να βγουν από την εφαρμογή με τον σωστό τρόπο.

Πίνακας Αποτελέσματα ανάλυσης για τα δύο φύλα

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
|
| Steps for the task |  | 2.761 | 37 | .009 | 82.500 | 29.883 |
| Objects util Mars |  | 2.125 | 36 | .041 | 18.511 | 8.712 |
| Exit right? |  | 1.776 | 36 | .084 | .273 | .154 |

## Επίλογος

Στο κεφάλαιο αυτό είδαμε την διαδικασία που ακολουθήθηκε για να διεκπεραιωθεί η δεύτερη έρευνα που αφορούσε την ευχρηστία στο HoloLens. Στο επόμενο κεφάλαιο θα δούμε κάποια γενικά συμπεράσματα των δύο ερευνών και κάποιες μελλοντικές προτάσεις για την συνέχεια της παρούσας διπλωματικής.

# Συμπεράσματα και Μελλοντικές Προοπτικές

[7.1 Συμπεράσματα 49](#_Toc515811290)

[7.1.1 Συμπεράσματα πρώτης έρευνας 49](#_Toc515811291)

[7.1.2 Συμπεράσματα δεύτερης έρευνας 50](#_Toc515811292)

[7.2 Μελλοντικές Προτάσεις 51](#_Toc515811293)

## Συμπεράσματα

### Συμπεράσματα πρώτης έρευνας

Μελετώντας τα αποτελέσματα της πρώτης έρευνας καταλήξαμε στα εξής τέσσερα συμπεράσματα:

1. Οι FD χρήστες είχαν δει τον Ουρανό λιγότερες φορές πριν τον επιλέξουν σε σχέση με τους FI, όμως οι αριθμοί ήταν αρκετά κοντά.
2. Υπήρχε ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα δυσκολίας και τον αριθμό των αντικειμένων που είχαν δει οι χρήστες αλλά και στον χρόνο ολοκλήρωσης του κάθε επιπέδου.

Αυτό σημαίνει πως όσο πιο δύσκολο ήταν το επίπεδο, οι χρήστες χρειάζονταν περισσότερο χρόνο για να ολοκληρώσουν την εργασία αλλά έβλεπαν και περισσότερα αντικείμενα καθ’ όλη τη διαδικασία της εργασίας.

1. Δεν υπήρχε συσχέτιση ανάμεσα στους FD-I και στον χρόνο ολοκλήρωσης του κάθε επιπέδου εκτός του δύσκολου επιπέδου όπου οι FI ήταν γρηγορότεροι.

Δηλαδή, στο εύκολο και στο μέτριο επίπεδο δεν υπήρχε κάποια διαφορά ανάμεσα στους FD και FI χρήστες όσο αφορά το πόσο γρήγορα τελείωναν το αντίστοιχο επίπεδο. Αντίθετα, στο δύσκολο επίπεδο, είδα ότι οι FI χρήστες τελείωναν το επίπεδο πιο γρήγορα από τους FD.

1. Υπήρχε συσχέτιση ανάμεσα στους FD-I και στον αριθμό των αντικειμένων που έβλεπαν μέχρι την ολοκλήρωση του κάθε επιπέδου.

Αυτό σημαίνει πως όσο πιο δύσκολο ήταν το επίπεδο, τόσα περισσότερα αντικείμενα έβλεπαν οι FD σε σχέση με τους FI χρήστες.

### Συμπεράσματα δεύτερης έρευνας

Αναλύοντας τα αποτελέσματα της δεύτερης έρευνας που διεκπεραιώθηκε καταλήξαμε στα πιο κάτω συμπεράσματα:

1. Υπήρχε ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στους έμπειρους και άπειρους χρήστες και τον χρόνο ολοκλήρωσης των πρώτων μόνο βημάτων της εργασίας που έπρεπε να εκτελέσουν.

Αυτό σημαίνει πως οι νέοι χρήστες μετά την πρώτη τους επαφή με το MR περιβάλλον του HoloLens, άρχιζαν να το συνηθίζουν και να συμπεριφέρονται όπως και οι έμπειροι χρήστες.

1. Δεν υπήρχε καμία συσχέτιση ανάμεσα στους FD και FI χρήστες.

Αυτό το συμπέρασμα, μπορούμε να πούμε πως είναι λογικό αφού δεν υπήρχε κάποιο επίπεδο δυσκολίας μέσα στην εργασία που να μπορούν οι δύο κατηγορίες να ξεχωρίσουν.

1. Υπήρχε συσχέτιση ανάμεσα στο φύλο και στη συνολική αλληλεπίδραση των χρηστών (χειρονομίες και αντικείμενα που εστιάστηκαν).

Φαίνεται πως οι άντρες χρειάστηκε να κάνουν περισσότερα βήματα από τις γυναίκες μέχρι να ολοκληρώσουν την εργασία.

1. Οι άντρες είχαν δει κάποια αντικείμενα-στόχους περισσότερες φορές από τις γυναίκες, πριν τα επιλέξουν.

## Μελλοντικές Προτάσεις

Τελειώνοντας αυτή την διπλωματική εργασία, βλέπουμε πως υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στις κατηγορίες των μαθητών αλλά και γενικά των ανθρώπων, με βάση τα γνωστικά τους χαρακτηριστικά. Είδαμε επίσης πως κάποιες κατηγορίες αντιμετώπιζαν προβλήματα κατά την αλληλεπίδραση τους με το σύστημα.

Από αυτά, μπορούμε να προτείνουμε την εξής πρόταση:

Μπορεί να γίνεται μια ανίχνευση της κατηγορίας του χρήστης κατά την αλληλεπίδραση του με το σύστημα/εφαρμογή σύμφωνα με τα στοιχεία που έχουμε μελετήσει και αναφέρει πιο πάνω. Αν εντοπιστεί πως ο χρήστης ανήκει σε μια από τις κατηγορίες που αντιμετωπίζουν προβλήματα, θα υπάρχει ένας μηχανισμός ο οποίος θα βοηθά και θα καθοδηγεί τον χρήστης για να ολοκληρώσει την εργασία του.

Αυτό θα ήταν βοηθητικό τόσο και σε εκπαιδευτικές εφαρμογές όπου χρησιμοποιούν μαθητές και θα θέλαμε να τους βοηθήσουμε, όσο και σε οποιαδήποτε εφαρμογή που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο κάθε άνθρωπος.

# Βιβλιογραφία

1. Herman, Witkin, A., Carol Ann Moore, Donald, Goodenough, R., Patricia Cox, W. Field Dependent and Field-Independent Cognitive Styles and their Educational Implications. *ETS Research Bulletin Series* 2, (1975), 1–64.
2. Herman, Witkin, A., Donald, Goodenough, R., Stephen, Karp, A. Stability of cognitive style from childhood to young adulthood. Journal of personality and social psychology 7, 3, (1967) 291–300.
3. Philip, Oltman, K., Evelyn, Raskin, Herman, Witkin, A. Group Embedded Figures Test. Consulting Psychologists Press, Palo Alto CA, USA (1971).
4. Charoula, Angeli, Nicos, Valanides, and Paul, Kirschner. Field dependence independence and instructional-design effects on learners’ performance with a computer-modeling tool. Computers in Human Behavior 25,6 (2009) 1355–1366.
5. George, Raptis, E., Christos Fidas, and Nikolaos Avouris. Effects of Mixed-Reality on Players’ Behaviour and Immersion in a Cultural Tourism Game: A Cognitive Processing Perspective. International Journal of Human-Computer Studies (2018). DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.02.003
6. Billinghurst, Mark, Adrian Clark, and Gun Lee. "A survey of augmented reality." Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction 8, no. 2-3 (2015): 73-272.
7. Ronald, Azuma, T. A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators & Virtual Environments 6. 4 (1997): 355-385.
8. Alexander, Nischelwitzer A, Frank-Josef, Lenz, Gig, Searle, Andrea Holzinger. Some aspects of the development of low-cost augmented reality learning environments as examples for future interfaces in technology enhanced learning. Proceedings of the 4th international conference on universal access in human-computer interaction: applications and services. Springer, (2007), 728–737.
9. Jamali, Siti Salmi, Mohd Fairuz Shiratuddin, Kok Wai Wong, and Charlotte L. Oskam. Utilising mobile-augmented reality for learning human anatomy. Procedia-Social and Behavioral Sciences 197 (2015), 659-668.
10. Hsin-Kai, Wu, Silvia Wen-Yu Lee, Hsin-Yi Chang, and Jyh-Chong Liang. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. Computers & education 62 (2013), 41-49.
11. Carmen, Juan, M., Giacomo, Toffetti, Fransisco, Abad, and Juan, Cano. Tangible cubes used as the user interface in an augmented reality game for edutainment. 10th IEEE ICALT, (2010), 599–603.
12. Zhigeng, Pan, Adrian David Cheok, Hongwei Yang, Jiejie Zhu, and Jiaoying Shi. Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. Computers & Graphics 30, 1 (2006), 20-28.
13. Iulian, Radu. Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. Personal and Ubiquitous Computing 18, 6 (2014), 1533-1543.
14. Robb, Lindgren, Michael, Moshell J. Supporting children’s learning with body-based metaphors in a mixed reality environment. Proceedings of the 10th international conference on interaction design and children. ACM, (2011), 177–180
15. Brian, Valimont R, Dennis, Vincenzi, A, Sathya, Gangadharan N, Anthony, Majoros E The effectiveness of augmented reality as a facilitator of information acquisition. Digital avionics systems conference, 2, Irvine, CA, USA (2002), 7C5-1–7C5-9.
16. Dennis, Vincenzi A, Brian,Valimont, Nickolas, Macchiarella, Chris, Opalenik, Sathya, Gangadharan N, Anthiny, Majoros E. The effectiveness of cognitive elaboration using augmented reality as a training and learning paradigm. Annual meeting of the human factors and ergonomics society, Denver, CO, USA, (2003), 2054–2058
17. Mark, Billinghurst and Bruce H. Thomas. Mobile Collaborative Augmented Reality. In W. Huang and L. Alem (Ed.), Recent Trends of Mobile Collaborative Augmented Reality Systems, Dordrecht etc.: Springer, (2011), pp. 1–19.
18. Henry, Chen, Austin S. Lee, Mark Swift, and John C. Tang. 3D collaboration method over HoloLens™ and Skype™ end points. Proceedings of the 3rd International Workshop on Immersive Media Experiences, ACM, (2015), pp. 27-30.
19. Stephan, Lukosch, Mark Billinghurst, Leila Alem, and Kiyoshi Kiyokawa. Collaboration in augmented reality. Computer Supported Cooperative Work (CSCW) 24, no. 6 (2015), 515-525.
20. Eric, Klopfer. Augmented learning: Research and design of mobile educational games. MIT press, (2008).
21. Arthur, Tang, Charles Owen, Frank Biocca, and Weimin Mou. Comparative effectiveness of augmented reality in object assembly. Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. ACM, (2003), 73-80.
22. Chih-Ming, Chen and Yen-Nung Tsai. Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. Computers & Education 59, 2 (2012), 638-652.
23. George, Raptis, E., Christos Fidas, and Nikolaos Avouris. Effects of Mixed-Reality on Players’ Behaviour and Immersion in a Cultural Tourism Game: A Cognitive Processing Perspective. International Journal of Human-Computer Studies (2018). DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.02.003
24. Efi. Nisiforou, and Andrew Laghos. Field Dependence–Independence and Eye Movement Patterns: Investigating Users’ Differences Through an Eye Tracking Study. Interacting with Computers 28, 4 (2016), 407-420.
25. Christina, Katsini, Christos Fidas, Marios Belk, Nikolaos Avouris, and George Samaras. Influences of users' cognitive strategies on graphical password composition. Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts, ACM, (2017), 2698-2705.
26. Eva, Hornecker and Andreas, Dunser. Supporting early literacy with augmented books—experiences with an exploratory study. In GI Jahrestagung, 1, (2007), pp. 555-559.
27. Rubina, Freitas and Pedro Campos. SMART: a SysteM of Augmented Reality for Teaching 2nd grade students. Proceedings of the 22nd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Culture, Creativity, Interaction 2, BCS Learning & Development Ltd., (2008), pp. 27-30.

**Error κατά την προσπάθεια αποθήκευσης του Log File τοπικά στον υπολογιστή**

Note: question and answer were updated due to the relevance of the topic.

We wanted to publish our Unity application in the Windows Store ("Metro" apps for Windows 8) and faced a big problem, as some important classes/methods are absent in this platform, resulting in errors when building in Unity as a Windows Store App (WSA). Some examples are the File and Directory classes in the System.IO namespace, which allowed us to store the user files for our app in the directory given by Unity: Application.persistentDataPath.

Our research showed that Windows Store Apps (WSA) should use the Windows.Storage namespace and use async calls to handle filesystem access. This is due to the fact that WSA apps have restricted access to the filesystem, and thus the old classes and methods - which take a full path to the file/directory in question - are forbidden. Apps now should store their data in a folder that is reserved to them.

However, Unity does not recognize the namespace Windows.Storage (or even Windows, for that matter). How are Unity developers handling this problem?

**Κώδικας αποθήκευση του log file και εγγραφή σε αυτό**

public void WriteString(string s) {

string path = System.IO.Path.Combine(Application.persistentDataPath, "MyLogFile.txt");

using (System.IO.TextWriter writer = System.IO.File.AppendText(path))

{

writer.WriteLine(s);

}

}

1. https://www.youtube.com/watch?v=glSMBI5LMH0 [↑](#footnote-ref-1)
2. https://www.microsoft.com/en-us/hololens [↑](#footnote-ref-2)