

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«Android παιχνίδι στοιβάγματος με AR σε Unity»



Του φοιτητή
Πέττα Μιχαήλ
Αρ. Μητρώου: 144273

Επιβλέπων
Κεραμόπουλος Ευκλείδης
Βαθμίδα: Αναπληρωτής Καθηγητής

Ημερομηνία

Τίτλος Δ.Ε. Android παιχνίδι στοιβάγματος με AR σε Unity

Κωδικός Δ.Ε. 20238

Ονοματεπώνυμο φοιτητή/τών Πέττας Μιχαήλ

Ονοματεπώνυμο εισηγητή Κεραμόπουλος Ευκλείδης

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. 10-11-2020

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. ...

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Πέττα Μιχαήλ που την εκπόνησε/αν. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

«Αφιέρωση»

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή επιλέχθηκε διότι βρίσκω το AR εξαιρετικά ενδιαφέρον και πιστεύω πως μετά την ενσωμάτωση του σε απλά γυαλιά θα αποτελεί το μέλλον των interfaces. Παρότι από τώρα οι εφαρμογές του βρίσκονται σε όλες τις βιομηχανίες, ο έλεγχος του φωτός για την τελειοποίησή του βρίσκεται σε πρώιμα στάδια. Όταν όμως γίνει, θα αλλάξει το μέλλον όπου οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με την τεχνολογία.

Περίληψη

Το θέμα της πτυχιακής είναι η αξιοποίηση των δυνατοτήτων επαυξημένης πραγματικότητας της πλατφόρμας Android σε συνδυασμό με τις ικανότητες της μηχανής Unity και του προγράμματος Vuuforia μέσω ενός απλού και καθημερινού παιχνιδιού στοιβάγματος κύβων. Το παιχνίδι που προέκυψε ως αποτέλεσμα προσπαθεί να συνδυάσει την τεχνική υποδομή των προγραμμάτων αυτών μαζί με την εμπειρία χρήστη. Στα τεχνικά είναι ένα εξαιρετικά οργανωμένο και συμπαγές έργο, έχοντας υπ' όψιν τους περιορισμούς που επιβάλλουν οι πλατφόρμες των κινητών τηλεφώνων. Είναι παράλληλα αρκετά ρεαλιστικό και ως παιχνίδι, διότι διαθέτει την ικανότητα να ενσωματώνεται άπταιστα στον πραγματικό κόσμο προσφέροντας εξαιρετική αίσθηση φυσικής αλλά και δοκιμάζοντας τα αντανακλαστικά και την υπομονή του παίκτη προκαλώντας τον να ξεπεράσει το προηγούμενο ρεκόρ του, ή ρεκόρ άλλων παικτών.

«Cube stacking game in AR for android by Unity»

«Michail Pettas»

Abstract

The topic of this thesis is the utilization of the AR capabilities of the Android, Unity and Vuforia platforms through a simple hyper-casual cube stacking game. The resulting game tries to combine the technical infrastructure of these aforementioned programs along with user experience.. Technically it is an extremely organized and compact project, since we are dwelling on mobile platforms with the limitations that they impose. Gameplay-wise, it composes a very realistic result, with the ability to integrate seamlessly into the real world offering a great sense of physics but also testing the reflexes and patience of the player challenging him to surpass his previous record, or records of other players.

Ευχαριστίες

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	iv
Περίληψη.....	v
Abstract	vi
Ευχαριστίες	vii
Περιεχόμενα	viii
Πίνακας Εικόνων.....	x
Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή.....	1
Κεφάλαιο 2ο: Η βιομηχανία των παιχνιδιών για κινητά τηλέφωνα	3
2.1 Παιχνίδια για την πλατφόρμα Android	3
2.1.1 Στατιστικά	4
2.2 Οικονομικά Μοντέλα	11
2.3 Παιχνίδια με εξειδικευμένες τεχνολογίες.....	13
2.4 Κατανομή παιχνιδιών για κινητά	15
2.5 Επίλογος.....	16
Κεφάλαιο 3ο: Επαυξημένη Πραγματικότητα.....	17
3.1 Εισαγωγή στο σύστημα Augmented Reality	17
3.2 Αναγνωρισιμότητα	20
3.3 Η τεχνική υποδομή της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR)	20
3.4 Υλισμικό.....	20
3.4.1 Head Mountain Display.....	21
3.4.2 Γυαλιά	21
3.4.3 Head – up display	22
3.4.4 Φακοί Επαφής	23
3.4.5 Εικονική οθόνη αμφιβληστροειδούς.....	24
3.4.6 EyeTap.....	25
3.4.7 Οθόνη χειρός και σύγχρονα κινητά συστήματα.....	26
3.4.8 Προβολείς.....	27
3.4.9 Άλλες συσκευές εισόδου	27
3.5 Λογισμικό επαυξημένης πραγματικότητας.....	27
3.5.1 Χαρτογράφηση.....	28

3.5.2	Χάρτης επαυξημένης πραγματικότητας	28
3.6	Κεντρική Επεξεργασία	29
3.7	Λογισμικό και Αλγόριθμοι	31
3.8	Ανάπτυξη	32
3.9	Σχεδιασμός Αλληλεπίδρασης	33
3.10	Οι κίνδυνοι της επαυξημένης πραγματικότητας	34
3.11	Επίλογος	35
Κεφάλαιο 4ο:	Unity και Vuforia	37
4.1	Unity	37
4.2	Ιστορία του Unity	37
4.3	Εισαγωγή στο game development με Unity	38
4.3.1	Interface	38
4.3.2	Βασικά Στοιχεία Unity	40
4.3.3	Δομή ενός MonoBehaviour	42
4.4	Vuforia	46
4.5	Επίλογος	52
Κεφάλαιο 5ο:	Ανάπτυξη της εφαρμογής Stacker	53
5.1	Ανάλογες εφαρμογές	53
5.1.1	Stack	53
5.1.2	City Bloxx! Build a Tower	54
5.1.3	Tetris	54
5.2	Η ιδέα πίσω από την εφαρμογή Stacker	55
5.3	Γενική επισκόπηση της εφαρμογής Stacker	55
5.4	Οργάνωση του project	60
5.5	Ο κώδικας	63
5.5.1	Spawner.cs	64
5.5.2	Top.cs	68
5.5.3	Cube.cs	69
5.5.4	Info.cs	69
5.6	Επίλογος	70
Κεφάλαιο 6ο:	Συμπεράσματα – Προτάσεις βελτίωσης	71
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		72

Πίνακας Εικόνων

Σχήμα 2.1: Ποσοστό χρηστών ανά είδος παιχνιδιού [13]	3
Σχήμα 2.2: Στατιστικά των φορητών παιχνιδιών ανά φύλο [13]	4
Σχήμα 2.3: Ποσοστά stickiness ανά είδος παιχνιδιού [14]	5
Σχήμα 2.4: Ποσοστά μέσου χρόνου της κάθε εφαρμογής ανά άνοιγμα, σε τύπο παιχνιδιού [14].....	6
Σχήμα 2.5: Τιμές ημερησίων εσόδων της εφαρμογής ανά τύπο εφαρμογής [14]	7
Σχήμα 2.6: Ποσοστό retention ανά είδος παιχνιδιού [14].....	8
Σχήμα 2.7: Μέσα ημερήσια έσοδα ανά είδος παιχνιδιού [14]	9
Σχήμα 2.8: Μέσα έσοδα ανά πληρωμή χρήστη και είδος παιχνιδιού [14].....	10
Σχήμα 3.1: Η τεχνολογία προβολής κεφαλής για την περίπτωση της οδήγησης αυτοκινήτου (Car HUD) [17]	19
Σχήμα 3.2: Τρόπος χρήσης ενός Head Mountain Display [18].....	21
Σχήμα 3.3: Γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας [18].....	22
Σχήμα 3.4: Head up display για αυτοκίνητα [20].....	23
Σχήμα 3.5: Φακοί επαφής επαυξημένης πραγματικότητας [21]	23
Σχήμα 3.6: Τυπική περίπτωση εικονικής οθόνης αμφιβληστροειδούς [22].....	24
Σχήμα 3.7: EyeTap [23]	25
Σχήμα 3.8: Τυπικό παράδειγμα μιας οθόνης χειρός [25]	26
Σχήμα 3.9: Επίδειξη ενός προβολέα επαυξημένης πραγματικότητας [27]	27
Σχήμα 3.10: Παραδείγματα χαρτογραφημένης προβολής [24].....	28
Σχήμα 3.11: Χάρτης επαυξημένης πραγματικότητας του παιχνιδιού Pokémon Go [26].....	29
Σχήμα 3.12: Τα χειριστήρια του Oculus Quest περιέχουν επιταχυντή και γυροσκόπιο για ρεαλιστική μεταφορά χειρών σε ψηφιακούς κόσμους [28]	30
Σχήμα 3.13: Το Microsoft HoloLens 2 είναι το πρώτο headset μικτής πραγματικότητας που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί από τον αμερικάνικο στρατό [5]	30
Σχήμα 4.1: Η διεπαφή του προγράμματος Unity	39
Σχήμα 5.1: Στιγμιότυπο από την εκτέλεση του παιχνιδιού Stack [38].....	53
Σχήμα 5.2: Στιγμιότυπο του παιχνιδιού City Bloxx!.....	54
Σχήμα 5.3: Στιγμιότυπο παιχνιδιού από την πρώτη έκδοση του Tetris [34]	55
Σχήμα 5.4: Αρχική οθόνη της εφαρμογής.....	56
Σχήμα 5.5: Εντοπισμός της στάμπας.....	57
Σχήμα 5.6: Στιγμιότυπο από την σύνδεση του παιχνιδιού στην Mongo DB, με σκοπό τη λήψη των βαθμολογιών	58
Σχήμα 5.7: Leaderboards, όπου φαίνονται οι παίκτες που προηγούνται στην κατάταξη	58
Σχήμα 5.8: Στιγμιότυπο κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού	59
Σχήμα 5.9: Στιγμιότυπο κατά την ήττα του παίκτη.....	60
Σχήμα 5.10: Ρυθμίσεις φωτισμού.....	61
Σχήμα 5.11: Εσωτερική δομή του project.....	62
Σχήμα 5.12: Ιεραρχία των GameObjects.....	62
Σχήμα 5.13: Ρυθμίσεις του παίκτη	63
Σχήμα 5.14: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο πρώτο.....	64

Σχήμα 5.15: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο δεύτερο	64
Σχήμα 5.16: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο τρίτο.....	65
Σχήμα 5.17: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο τέταρτο	65
Σχήμα 5.18: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο πέμπτο	66
Σχήμα 5.19: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο έκτο.....	66
Σχήμα 5.20: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο έβδομο	66
Σχήμα 5.21: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο όγδοο	67
Σχήμα 5.22: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο ένατο.....	67
Σχήμα 5.23: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο δέκατο.....	68
Σχήμα 5.24: Παρουσίαση του script Top.cs.....	68
Σχήμα 5.25: Παρουσίαση script Cube.cs	69

Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή

Στόχος της παρούσας πτυχιακής είναι η περιγραφή και ανάπτυξη λογισμικού το οποίο θα προσομοιώνει το αγαπημένο σε όλους παιχνίδι της δεκαετίας του 80, Tetris, σε τρισδιάστατη μορφή. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα λογισμικά ανάπτυξης τρισδιάστατων περιβαλλόντων Unity και Vuforia.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται σημαντικά στοιχεία που αφορούν τη βιομηχανία παιχνιδιών για κινητά τηλέφωνα. Παρουσιάζονται σημαντικά στατιστικά του κλάδου, οικονομικά μοντέλα και εξειδικευμένες τεχνολογίες παιχνιδιών.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η έννοια της «επαυξημένης πραγματικότητας» (Augmented Reality) και η αναγκαία υποδομή για την πραγματοποίησή της. Στη συνέχεια του κεφαλαίου αναλύεται ο τρόπος εισαγωγής της στο σύστημα ενός υπολογιστή, παράλληλα με την ένταξη στην καθημερινότητά μας. Τέλος, επισημαίνονται πιθανοί κίνδυνοι που αυτή μπορεί να εγκυμονεί για την κοινωνία.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά οι πλατφόρμες Unity και Vuforia. Σκοπός του κεφαλαίου είναι να εμβαθύνει στα κυριότερα χαρακτηριστικά τους.

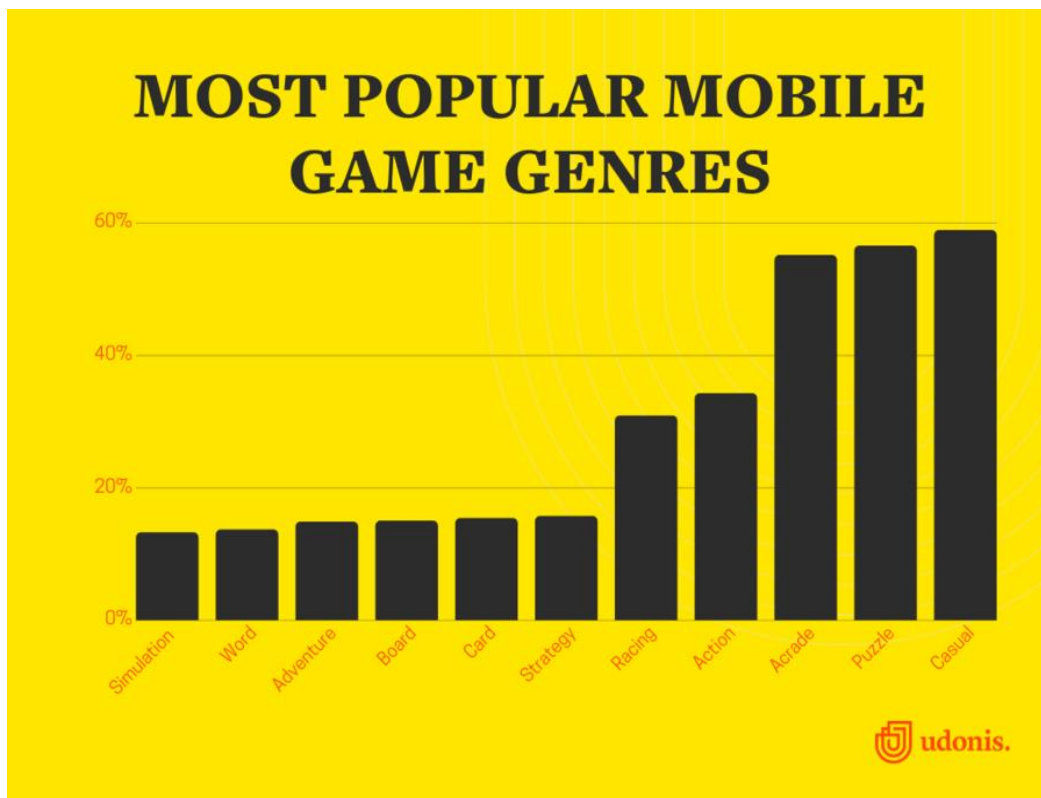
Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το παιχνίδι Stackerg. Αρχικά παρατίθενται οι κυριότερες εφαρμογές που αποτέλεσαν έναυσμα και παράδειγμα για την ανάπτυξη αυτού του παιχνιδιού. Έπειτα πραγματοποιείται μια γενική επισκόπηση του συστήματος, ξεκινώντας από την αρχική ιδέα του παιχνιδιού, συνεχίζοντας με τη γενική τεχνική επισκόπηση της εφαρμογής και καταλήγοντας στην παρουσίαση και επεξήγηση της λειτουργικότητας του πηγαίου κώδικα της εφαρμογής.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν γενικά συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από την ανάπτυξη της εφαρμογής και μελλοντικές προτάσεις.

Κεφάλαιο 2ο: Η βιομηχανία των παιχνιδιών για κινητά τηλέφωνα

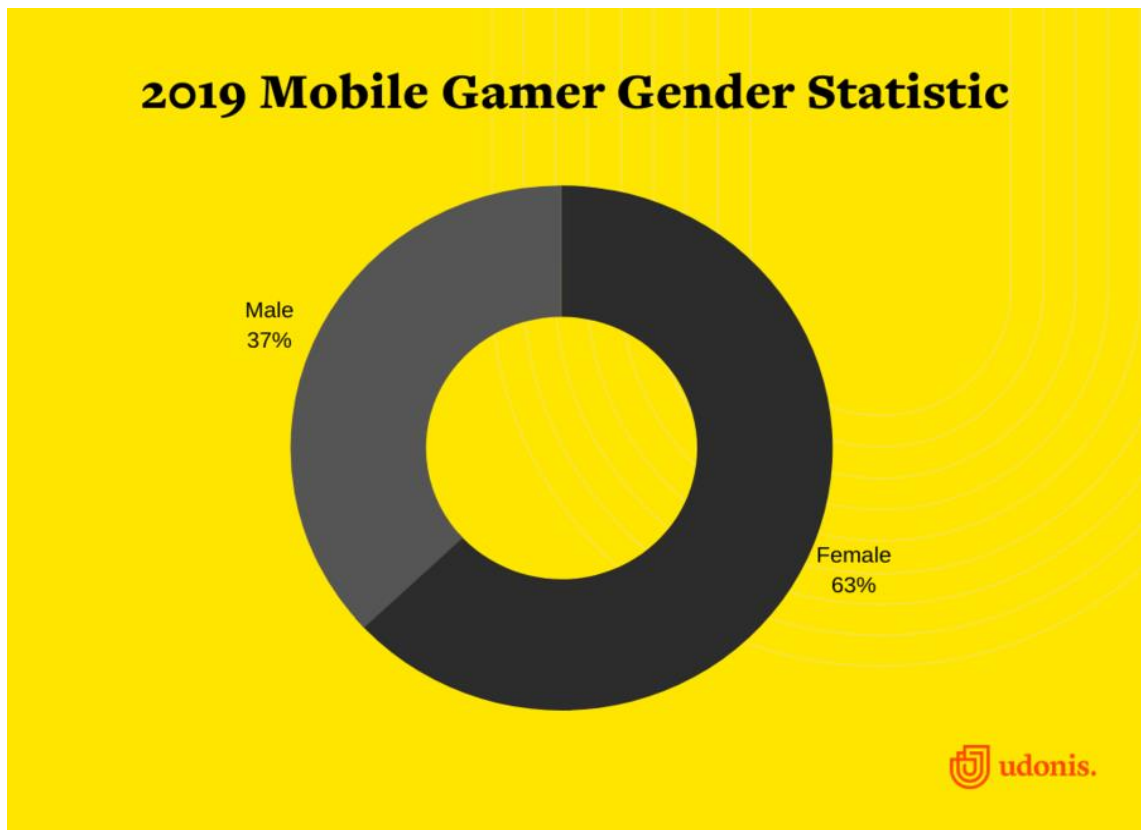
2.1 Παιχνίδια για την πλατφόρμα Android

Την τελευταία δεκαετία και μετά την δημιουργία της τέταρτης έκδοσης της πλατφόρμας android η βιομηχανία των παιχνιδιών αναπτύχθηκε εκθετικά τόσο για την ίδια, όσο και για την ανταγωνίστρια της iOS. Στο γεγονός αυτό συνέβαλλαν η εκθετική πρόσβαση χρηστών, καθώς κάθε χρόνο η ελάχιστη ηλικία χρήστη μειωνόταν, όπως και δημιουργών καθότι με κάθε αναβάθμιση οι μηχανές δημιουργίας γίνονται όλο και πιο φιλικές προς αρχαρίους [13]. Παρακάτω παρατίθενται κάποια στατιστικά για το έτος 2020, τα οποία έχουν συμπεριλάβει την περίοδο της πανδημίας COVID-19.



Σχήμα 2.1: Ποσοστό χρηστών ανά είδος παιχνιδιού [13] .

Στο Σχήμα 2.1 διακρίνεται η προτίμηση για τα καθημερινά παιχνίδια, με μεγάλη διαφορά σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη. Το γεγονός αυτό μπορεί να αιτιολογηθεί λόγω της φύσης της κινητής συσκευής που δεν επιτρέπει μεγάλη εμβάθυνση και χρησιμοποιείται για να καλύψει «νεκρό» χρόνο των χρηστών, σε μέρη όπως τα μέσα μαζικής μεταφοράς [13].



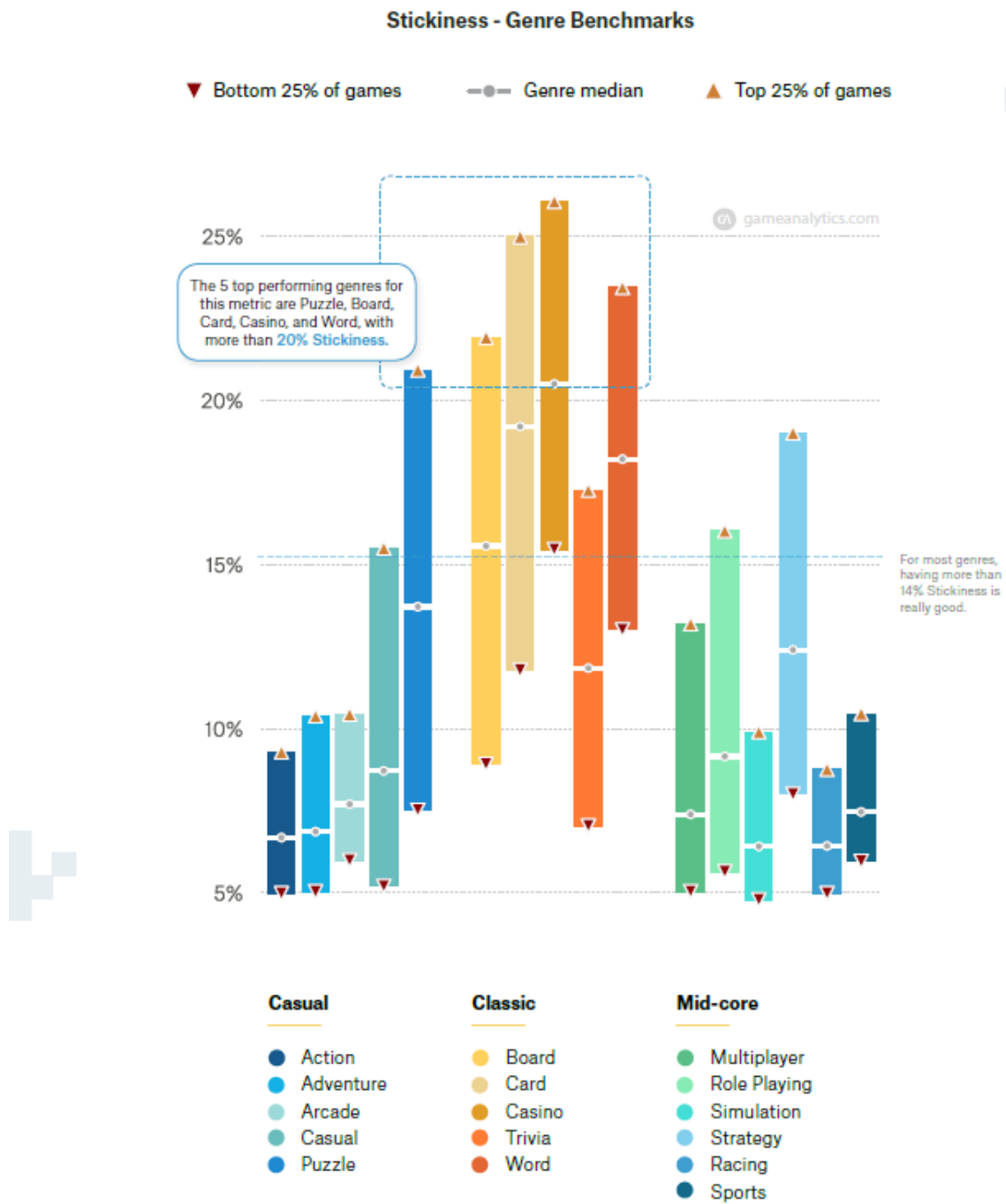
Σχήμα 2.2: Στατιστικά των φορητών παιχνιδιών ανά φύλο [13]

Χάρη σε αυτό το διάγραμμα συμπεραίνουμε ότι η αγορά στον τομέα αυτό αποτελεί το μόνο κομμάτι της βιομηχανίας που το ενδιαφέρον των γυναικών υπερτερεί αυτό των ανδρών. Ένα κλασικό παράδειγμα που αυτό δε συμβαίνει, είναι τα παιχνίδια για ηλεκτρονικό υπολογιστή [13].

2.1.1 Στατιστικά

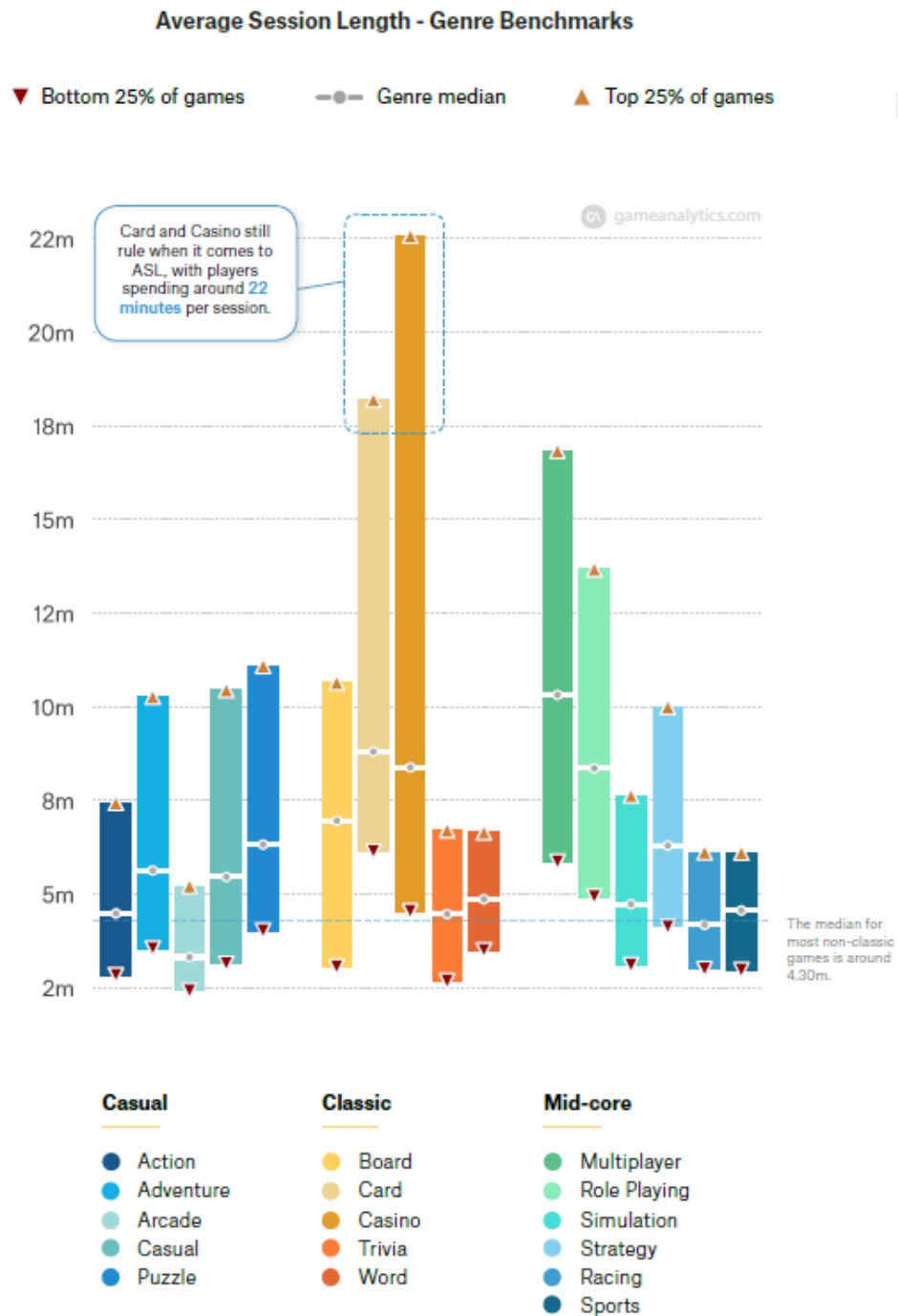
Για κάθε παιχνίδι που γίνεται διαθέσιμο προς κατέβασμα στους χρήστες μέσω των εφαρμογών Play Store της Google και App Store της Apple υπάρχουν συγκεκριμένα στατιστικά που μετράνε την απόδοσή σε βάθος ημερών ή και εβδομάδων. Αυτά θα παρατεθούν στη συνέχεια της παρούσας ενότητας.

- **Stickiness: Πόσοι μηνιαίοι χρήστες παίζουν σε καθημερινή βάση [14].**



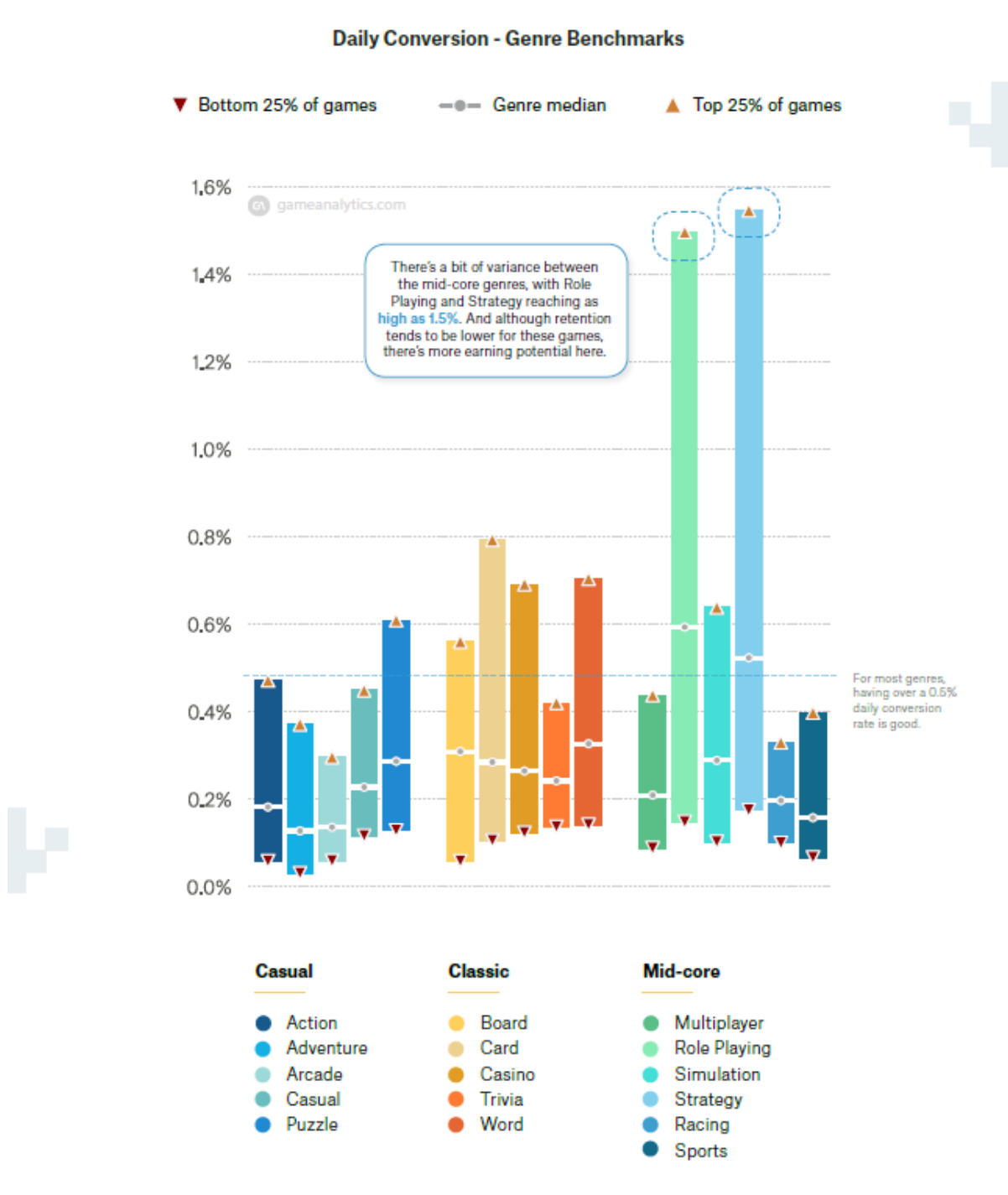
Σχήμα 2.3: Ποσοστά stickiness ανά είδος παιχνιδιού [14]

- **Average Session Length: Μέσος όρος χρόνου χρήσης της εφαρμογής ανά άνοιγμα [14].**



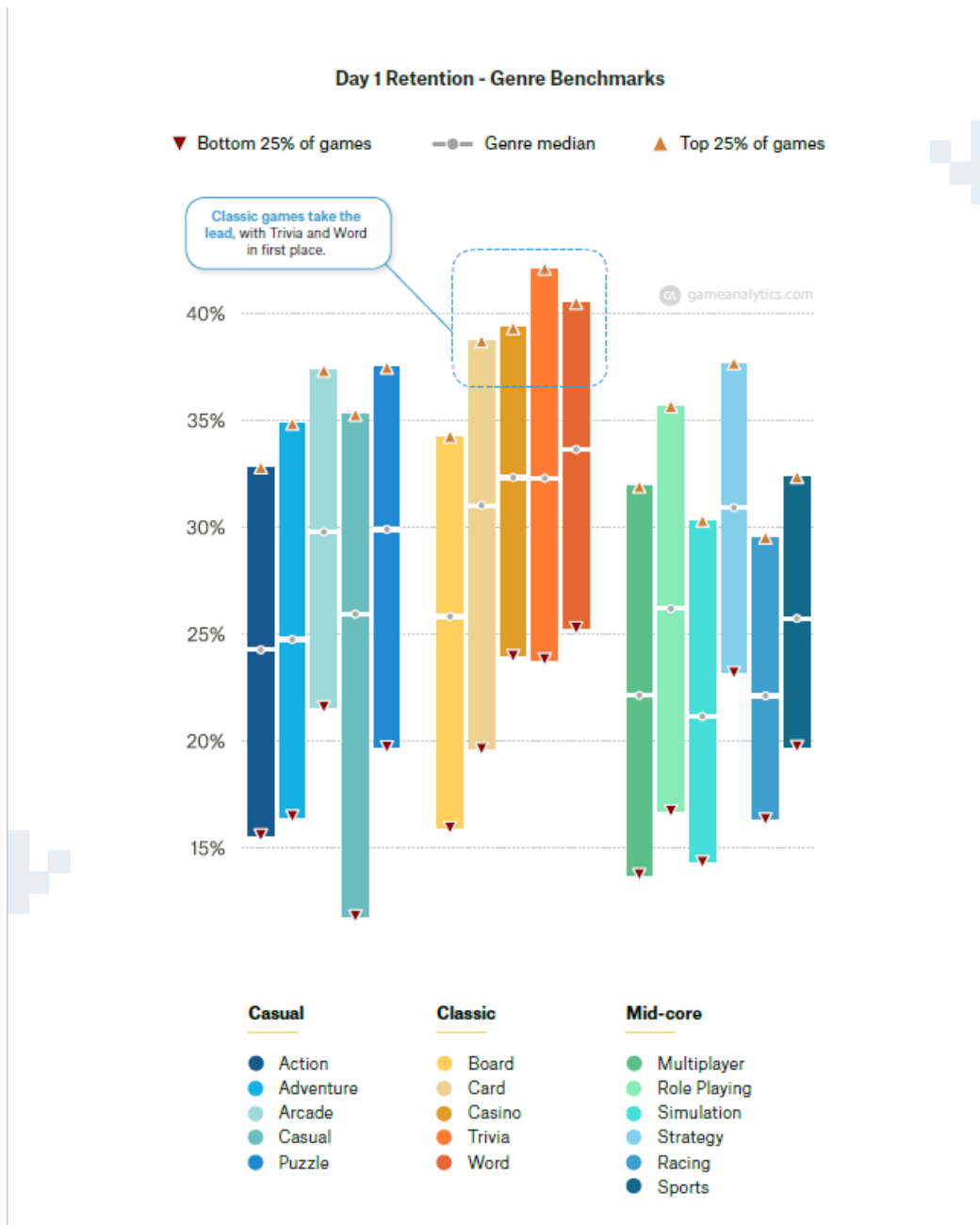
Σχήμα 2.4: Ποσοστά μέσου χρόνου της κάθε εφαρμογής ανά άνοιγμα, σε τύπο παιχνιδιού [14]

- **Daily Conversion: Ημερήσια έσοδα της κάθε εφαρμογής [14].**



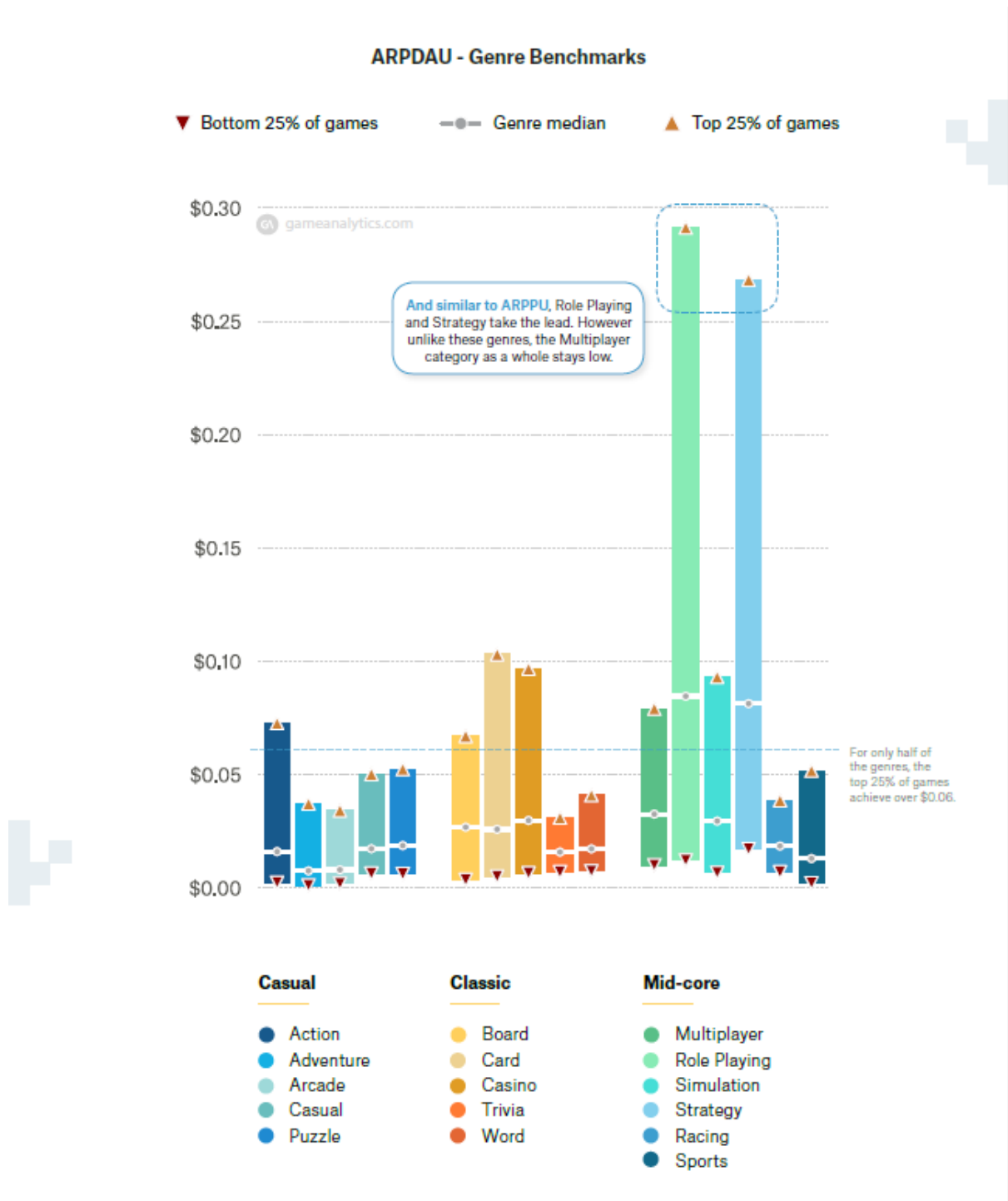
Σχήμα 2.5: Τιμές ημερησίων εσόδων της εφαρμογής ανά τύπο εφαρμογής [14]

- **Retention: Πόσοι χρήστες μένουν στο παιχνίδι σε βάθος ημερών [14].**



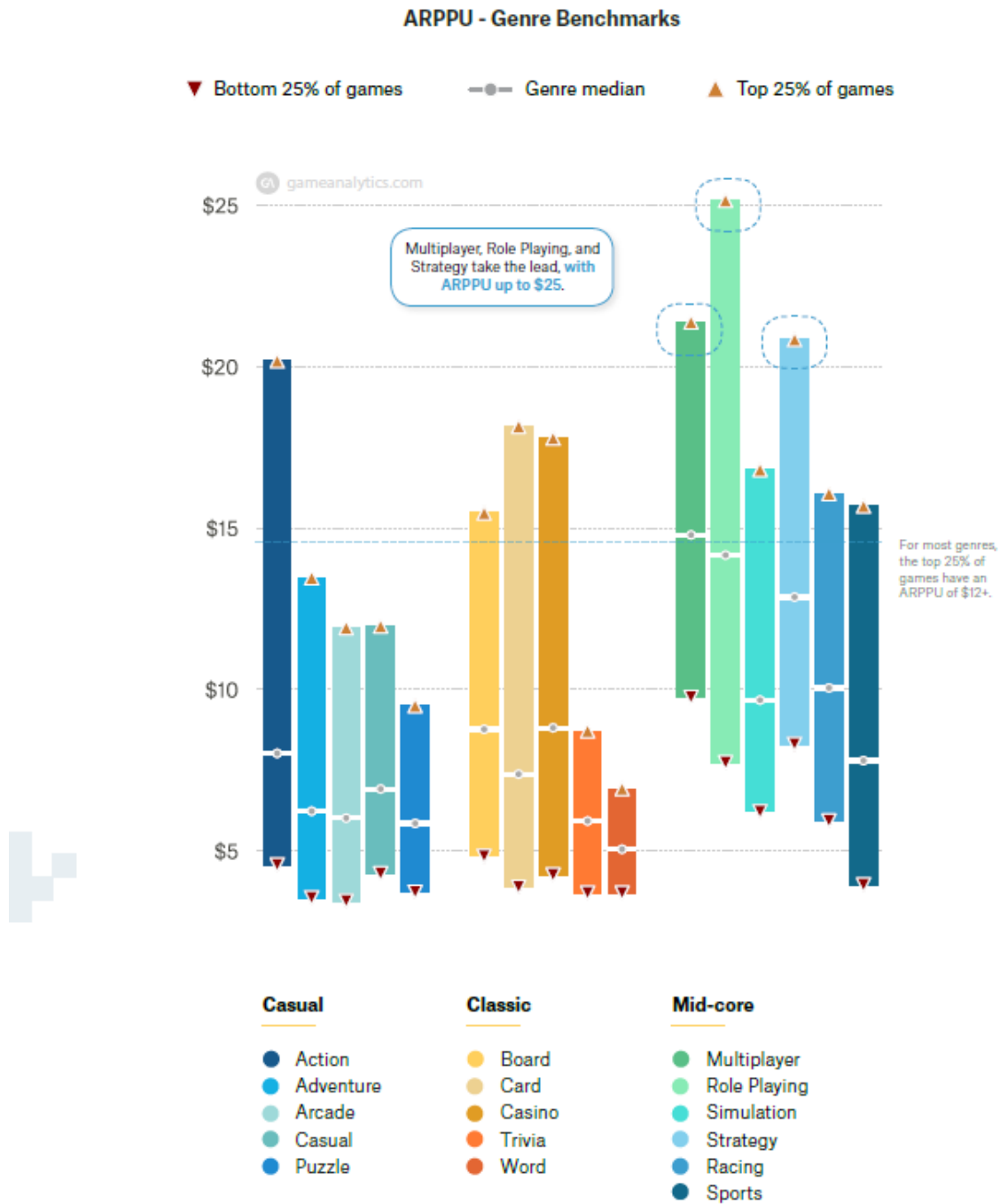
Σχήμα 2.6: Ποσοστό retention ανά είδος παιχνιδιού [14]

- **ARPDUA: Μέσα ημερήσια έσοδα ανά ενεργό χρήστη [14]**



Σχήμα 2.7: Μέσα ημερήσια έσοδα ανά είδος παιχνιδιού [14]

- **ARPPU: Μέσα έσοδα ανά πληρωμή χρήστη [14]**



Σχήμα 2.8: Μέσα έσοδα ανά πληρωμή χρήστη και είδος παιχνιδιού [14]

Όπως έγινε κατανοητό από τα άνω γραφήματα, κάθε κατηγορία παιχνιδιού κυριαρχεί σε κάποιο διαφορετικό στατιστικό. Για παράδειγμα, στο πλήθος των μηνιαίων χρηστών, οι οποίοι παίζουν σε καθημερινή βάση κατέχουν την πρωτιά τα πιο κλασσικά παιχνίδια. Ωστόσο, μεγαλύτερα ημερήσια

έξοδα προσφέρουν με μεγάλη διαφορά τα παιχνίδια με πολλούς παίκτες, όπως και τα παιχνίδια στρατηγικής. Αυτό συμβαίνει λόγω του ανταγωνισμού, καθώς πολλά παιχνίδια διαθέτουν σχεδιασμό ο οποίος παρέχει επιπλέον προνόμια σε περίπτωση αγοράς «κλειδωμένου» περιεχομένου, ενώ τα στρατηγικής επιτρέπουν στους χρήστες να ξεκλειδώνουν καινούργιο περιεχόμενο [14]. Πιο ικανά να κρατήσουν τους παίκτες είναι πάλι τα κλασσικά παιχνίδια και είναι λογικό καθώς τα έσοδα είναι άμεσα συνδεδεμένα με το πλήθος των συχνών χρηστών μιας εφαρμογής [14]. Τέλος, τα παιχνίδια πολλών παικτών και στρατηγικής κυριαρχούν στις μετρήσεις των τιμών ARPPU και ARPDAU, οι οποίες βασίζονται στα ημερήσια και μέσα έσοδα που προέρχονται από τους χρήστες [14].

2.2 Οικονομικά Μοντέλα

Με την εισαγωγή του App Store της iOS και την υποστήριξη για αγορές εντός εφαρμογής έως τον Οκτώβριο του 2009, οι μέθοδοι με τις οποίες τα παιχνίδια για κινητά κερδίζουν έσοδα έχουν αποκλίνει σημαντικά από τα παραδοσιακά μοντέλα παιχνιδιών σε κονσόλες ή υπολογιστές [15]. Από το 2009, έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα και ένας προγραμματιστής ή και εκδότης παιχνιδιών για κινητά μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα ή συνδυασμό αυτών των μοντέλων για να αποφέρει έσοδα.

- **Premium**

Το μοντέλο αυτό είναι παρόμοιο με το παραδοσιακό μοντέλο όπου ο χρήστης πληρώνει για το πλήρες παιχνίδι εκ των προτέρων [15] [16]. Μπορεί να διατίθεται επιπλέον περιεχόμενο με δυνατότητα λήψης, το οποίο μπορεί να αγοραστεί ξεχωριστά. Τα αρχικά παιχνίδια που κυκλοφόρησαν μέσω της πλατφόρμας iOS πριν από τις αγορές εντός εφαρμογής ήταν διαθέσιμα με αυτήν την προσέγγιση και εξακολουθούν να είναι κοινά για πολλούς τύπους παιχνιδιών [16].

- **Freemium**

Το μοντέλο freemium [16], εναλλακτικά γνωστό και ως free to try προσφέρει ένα μικρό μέρος του παιχνιδιού δωρεάν, όπως θα έκανε και μια δοκιμαστική έκδοση. Αφού ολοκληρώσει αυτό, ο παίκτης έχει την επιλογή να πραγματοποιήσει μια εφάπαξ αγορά εντός εφαρμογής για να ξεκλειδώσει το υπόλοιπο παιχνίδι. Παιχνίδια όπως τα Cut the Rope και Fruit Ninja λίγο μετά την εισαγωγή της δυνατότητας αγοράς εντός εφαρμογής χρησιμοποίησαν αυτήν την προσέγγιση [15].

- **Free to play**

Αφορά ένα παιχνίδι το οποίο δεν απαιτεί πληρωμή για να παίξει ο χρήστης και γενικά έχει σχεδιαστεί ώστε να μπορεί να παίζεται από την αρχή έως το τέλος χωρίς να χρειάζεται να ξοδευτούν χρήματα [16]. Ωστόσο, το παιχνίδι περιλαμβάνει μηχανισμούς που ενδέχεται να επιβραδύνουν την πρόοδο προς την ολοκλήρωση του [16]. Συνήθως στα παιχνίδια για κινητά, αυτή είναι μια μορφή ενέργειας που περιορίζει πόσες φορές μπορεί να παίξει ο χρήστης τη μέρα. Χρησιμοποιώντας αγορές

εντός εφαρμογής, το παιχνίδι μπορεί να επαναφέρει τον χρήστη στο σημείο που έχασε και να συνεχίσει. Οι αγορές εντός εφαρμογής μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την αγορά επιπλέον ζών και άλλων αντικειμένων για να δώσουν στον παίκτη ένα πλεονέκτημα περιορισμένου χρόνου που βοηθάει στην ολοκλήρωση του παιχνιδιού [15]. Ενώ τα free to play παιχνίδια ήταν συνηθισμένα σε υπολογιστές πριν από την εμφάνιση κινητών τηλεφώνων, η μέθοδος διαδόθηκε χάρη στα παιχνίδια για κινητά με παιχνίδια όπως τα Candy Crush Saga και Puzzle & Dragons.

- **Υποστηριζόμενο από διαφημίσεις**

Ένα παιχνίδι που υποστηρίζεται από διαφημίσεις είναι δωρεάν, αλλά περιοδικά ή επίμονα, το παιχνίδι θα εμφανίζει μια διαφήμιση στον χρήστη την οποία θα πρέπει να παρακολουθήσει προτού μπορέσει να συνεχίσει το παιχνίδι [16]. Ο προγραμματιστής κερδίζει έσοδα από το δίκτυο των πελατών του από τις διαφημίσεις. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μια αγορά εντός εφαρμογής επιτρέπει στον χρήστη να απενεργοποιήσει πλήρως τις διαφημίσεις σε αυτά τα παιχνίδια.

- **Μοντέλο συνδρομής**

Ένα παιχνίδι με βάση τη συνδρομή προσφέρει μια βασική έκδοση με περιορισμένες δυνατότητες που μπορούν να παιχτούν δωρεάν, αλλά επιπλέον χαρακτηριστικά, τα οποία συνήθως επισημαίνονται με την λέξη premium μπορούν να ληφθούν εάν ο χρήστης πληρώσει ένα μηνιαίο ποσό συνδρομής [15]. Εάν η συνδρομή τερματιστεί, χάνεται η πρόσβαση σε αυτές τις λειτουργίες, αν και συνήθως δεν σχετίζονται με την εξέλιξη του παιχνιδιού και μπορούν να παραλάβουν αυτές τις δυνατότητες αργότερα με την επανεκκίνηση της συνδρομής τους [15].

- **Συμπεράσματα**

Συνοψίζοντας, πολλές εφαρμογές παιχνιδιών μπορούν να παιχτούν δωρεάν μέσω ενός συνδυασμού αυτών των μοντέλων. Με την πάροδο του χρόνου, οι προγραμματιστές κινητών αυτών των τύπων εφαρμογών παρατήρησαν ότι το μεγαλύτερο μέρος των παικτών τους δεν ξοδεύει χρήματα στο παιχνίδι τους, αλλά αντί γι' αυτό τα έσοδα δημιουργούνται από ένα μικρό κλάσμα, συνήθως κάτω από το 10% των συνολικών παικτών τους [16]. Επιπλέον, το μεγαλύτερο μέρος των εσόδων δημιουργείται από ένα επίσης πολύ μικρό κλάσμα, περίπου το 2%, των συνολικών παικτών, οι οποίοι συνήθως ξοδεύουν μεγάλα χρηματικά ποσά στο παιχνίδι [16]. Παρόμοια διάσπαση των εσόδων είχε παρατηρηθεί σε παιχνίδια κοινωνικού δικτύου που παίζονται σε προγράμματα περιήγησης. Αυτοί οι παίκτες είναι γνωστοί ως "φάλαινες", εμπνευσμένοι από τον ίδιο όρο που χρησιμοποιείται για τους παίκτες με υψηλό κύκλο [16]. Ο κοινωνικός χαρακτήρας ενός παιχνιδιού για κινητά έχει επίσης βρεθεί ότι επηρεάζει τα έσοδά του, καθώς τα παιχνίδια που ενθαρρύνουν τους παίκτες να εργάζονται σε ομάδες ή ομάδες θα οδηγήσουν σε αυξημένες δαπάνες από αφοσιωμένους παίκτες.

2.3 Παιχνίδια με εξειδικευμένες τεχνολογίες

- **Γενικοί τεχνικοί περιορισμοί**

Τα παιχνίδια για κινητά τείνουν να έχουν μικρό εύρος σε σχέση με τα πιο δημοφιλή παιχνίδια για υπολογιστές και κονσόλες και πολλά δίνουν προτεραιότητα στον καινοτόμο σχεδιασμό και την ευκολία του παιχνιδιού σε σχέση με το οπτικό θέαμα [7][9]. Οι περιορισμοί αποθήκευσης και μνήμης, οι οποίοι μερικές φορές υπαγορεύονται σε επίπεδο πλατφόρμας θέτουν περιορισμούς στο μέγεθος του αρχείου που σήμερα αποκλείουν την μετάβαση πολλών σύγχρονων παιχνιδιών υπολογιστή και κονσόλας σε κινητά. Ένα σημαντικό πρόβλημα για τους προγραμματιστές και τους εκδότες παιχνιδιών για κινητά είναι η περιγραφή ενός παιχνιδιού με τόσο μεγάλη λεπτομέρεια ώστε να παρέχει στον πελάτη αρκετές πληροφορίες για να λάβει μια απόφαση αγοράς[7].

Στις επόμενες παραγράφους αυτής της ενότητας, θα γίνει προσπάθεια κατηγοριοποίησης των δημοφιλέστερων τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή παιχνιδιών.

- **Παιχνίδια βάσει τοποθεσίας**

Τα παιχνίδια που τρέχουν σε μια κινητή συσκευή χρησιμοποιώντας κάποια τεχνολογία εντοπισμού όπως το GPS ονομάζονται παιχνίδια βάσει τοποθεσίας [9]. Αυτά δεν παίζονται μόνο σε φορητές συσκευές αλλά επίσης ενσωματώνουν τη θέση του παίκτη στην σχεδίαση τους. Με άλλα λόγια, αν και δεν έχει σημασία για ένα κανονικό παιχνίδι πού ακριβώς είναι ο παίκτης¹, οι συντεταγμένες και η κίνηση του παίκτη είναι τα κύρια στοιχεία σε ένα παιχνίδι για κινητά που βασίζεται στην τοποθεσία [9].

Ένα πολύ γνωστό παράδειγμα είναι το παιχνίδι κυνηγιού θησαυρού Geocaching, το οποίο μπορεί να παιχτεί σε οποιαδήποτε κινητή συσκευή με GPS. Αρκετά άλλα παιχνίδια για κινητά βάσει τοποθεσίας, όπως το BotFighters, βρίσκονται στο στάδιο της έρευνας πρωτοτύπων αντί να είναι εμπορικές επιτυχίες [9].

- **Παιχνίδια επαυξημένης πραγματικότητας**

Τα παιχνίδια επαυξημένης πραγματικότητας, αν και δεν περιορίζονται σε κινητές συσκευές, είναι επίσης κοινά σε νεότερες πλατφόρμες για κινητά, όπου η συσκευή περιλαμβάνει κάμερα αντίστροφης όψης [8]. Ενώ παίζει το παιχνίδι, ο παίκτης στοχεύει την κάμερα της συσκευής σε μια τοποθεσία και μέσω της οθόνης της συσκευής, βλέπει την περιοχή που καταγράφεται από την κάμερα και γραφικά που δημιουργούνται από υπολογιστή πάνω της, αυξάνοντας την οθόνη και στη συνέχεια επιτρέποντας στον παίκτη να αλληλεπιδρά με αυτόν τον τρόπο. Τα γραφικά γενικά σχεδιάζονται για να κάνουν την παραγόμενη εικόνα να φαίνεται μέρος του καταγεγραμμένου φόντου και να φαίνεται σωστά καθώς ο παίκτης κινεί τη συσκευή [8]. Η τοποθεσία εκκίνησης μπορεί να είναι ένας ειδικός

¹ Τα παιχνίδια αυτά συνοδεύονται συχνά από την ατάκα «Παίξτε οπουδήποτε οποιαδήποτε στιγμή»

δείκτης που λαμβάνεται από την κάμερα και αναγνωρίζεται από το λογισμικό για να προσδιορίσει τι να παρουσιάσει ή μπορεί να βασίζεται στην τοποθεσία μέσω GPS. Ενώ υπάρχουν άλλα παραδείγματα επαυξημένης πραγματικότητας, ένα από τα πιο επιτυχημένα είναι το Pokémon Go όπου ο παίκτης, χρησιμοποιώντας την εφαρμογή παιχνιδιού, ταξιδεύει σε τοποθεσίες που επισημαίνονται στον χάρτη GPS και στη συνέχεια χρησιμοποιεί τη λειτουργία επαυξημένης πραγματικότητας για να βρει το Pokémon [7].

- **Παιχνίδια πολλαπλών χρήσεων**

Δεδομένου ότι οι κινητές συσκευές έχουν παρουσιαστεί στην πλειονότητα των νοικοκυριών τουλάχιστον στις ανεπτυγμένες χώρες, υπάρχουν όλο και περισσότερα παιχνίδια που δημιουργούνται με εκπαιδευτικούς ή τρόπους βελτίωσης του τρόπου ζωής και της υγείας. Για παράδειγμα, τα κινητά παιχνίδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε παθολογία ομιλίας όπως στην περίπτωση της φινλανδικής εφαρμογής Rehaboo!, απόκτηση νέων χρήσιμων ή υγιών συνηθειών σαν την εφαρμογή Habitica, απομνημόνευσης πραγμάτων και εκμάθησης γλωσσών, με το παράδειγμα της εφαρμογής Memrise [7].

Υπάρχουν επίσης εφαρμογές με παρόμοιους σκοπούς που δεν θεωρούν ότι αποτελούν παιχνίδια. Εφαρμογές σαν αυτές χαρακτηρίζονται ως gamified. Μερικές φορές είναι δύσκολο να οριστεί σαφώς η διαφορά μεταξύ αυτών και των παιχνιδιών πολλαπλών χρήσεων [7].

- **Παιχνίδια πολλαπλών παικτών**

Πολλά παιχνίδια για κινητά υποστηρίζουν πολλούς παίκτες, είτε από απόσταση μέσω δικτύου είτε τοπικά μέσω Wi-Fi, Bluetooth ή παρόμοιες τεχνολογίες. Υπάρχουν πολλά είδη: ζωντανά σύγχρονα τουρνουά και ασύγχρονα τουρνουά με βάση τη σειρά. Σε ζωντανά τουρνουά τυχαίοι παίκτες από όλο τον κόσμο ταιριάζουν μεταξύ τους για να ανταγωνιστούν. Αυτό συνήθως γίνεται χρησιμοποιώντας δίκτυα όπως το Game Center, το Google + και το Facebook [8]. Σε ασύγχρονα τουρνουά, υπάρχουν δύο μέθοδοι που χρησιμοποιούνται από προγραμματιστές παιχνιδιών με επίκεντρο την ιδέα ότι οι αγώνες παικτών καταγράφονται και μετά μεταδίδονται αργότερα σε άλλους παίκτες στο ίδιο τουρνουά [7]. Το ασύγχρονο παιχνίδι επιλύει το ζήτημα της ανάγκης των παικτών να έχουν συνεχή ζωντανή σύνδεση. Αυτό το σύστημα είναι διαφορετικό αφού οι παίκτες παίρνουν ατομικές σειρές στο παιχνίδι, επιτρέποντας στους παίκτες να συνεχίσουν να παίζουν εναντίον των αντιπάλων [9]. Αυτό γίνεται με τη χρήση διαφορετικών κοινωνικών δικτύων, όπως τα OpenFeint και Facebook. Ορισμένες εταιρείες χρησιμοποιούν ένα κλασικό σύστημα βάσει σειράς όπου δημοσιεύονται τα τελικά αποτελέσματα, ώστε όλοι οι παίκτες να μπορούν να δουν ποιος κέρδισε το τουρνουά [7]. Άλλες εταιρείες εγγράφουν τις οθόνες παικτών και τις μεταδίδουν σε άλλους σε μεταγενέστερο χρονικό σημείο για να επιτρέψουν στους παίκτες να αισθάνονται ότι αλληλεπιδρούν πάντα με έναν αντίπαλο.

2.4 Κατανομή παιχνιδιών για κινητά

Τα παιχνίδια για κινητά μπορούν να διανεμηθούν με έναν από τους ακόλουθους τέσσερις τρόπους [6]:

- 1) **Over the Air (OTA):** Αφορά ένα δυαδικό αρχείο που παραδίδεται στην κινητή συσκευή μέσω ασύρματων φορέων δικτύου.
- 2) **Sideloaded:** Ένα δυαδικό αρχείο φορτώνεται στο τηλέφωνο ενώ είναι συνδεδεμένο σε υπολογιστή, είτε μέσω καλωδίου USB ή Bluetooth.
- 3) **Προεγκατεστημένο:** Περιλαμβάνει ένα δυαδικό αρχείο το οποίο είναι ήδη εγκατεστημένο στη συσκευή από τον αρχικό κατασκευαστή εξοπλισμού (OEM).
- 4) **Λήψη μέσω προγράμματος περιήγησης:** Για ένα αρχείο παιχνιδιού που πραγματοποιείται απευθείας λήψη από έναν ιστότοπο.

Μέχρι το λανσάρισμα του Apple App Store, στις Ηνωμένες Πολιτείες, η πλειονότητα των παιχνιδιών για κινητά πωλήθηκαν από τις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας της χώρας, όπως η AT&T Mobility, η Verizon Wireless, η Sprint Corporation και η T-Mobile US. Στην Ευρώπη, τα παιχνίδια διανεμήθηκαν ισότιμα μεταξύ μεταφορέων και καταστημάτων τρίτων κατασκευαστών [16].

Σε μεταγενέστερο χρόνο, οι ίδιοι οι προγραμματιστές κινητών σε ατομικό επίπεδο ξεκίνησαν ψηφιακά καταστήματα λήψης των οποίων τα παιχνίδια μπορούν να εκτελεστούν σε συσκευές που χρησιμοποιούν κάποιο λειτουργικό σύστημα ή, επίσης, από λογισμικό που χρησιμοποιείται σε υπολογιστές. Αυτά τα ψηφιακά καταστήματα λειτουργούν ως κεντρικές υπηρεσίες λήψης από τις οποίες μπορούν να ληφθούν διάφορα μέσα ψυχαγωγίας και λογισμικού, συμπεριλαμβανομένων των παιχνιδιών. Στη σημερινή εποχή, η πλειοψηφία των παιχνιδιών διανέμεται μέσω αυτών [13].

Η δημοτικότητα των παιχνιδιών για κινητά αυξήθηκε τη δεκαετία του 2000, καθώς πωλήθηκαν παιχνίδια αξίας άνω των 3 δισεκατομμυρίων δολαρίων το 2007 διεθνώς, και προέβλεπε ετήσια αύξηση άνω του 40%. Η ιδιοκτησία ενός σύγχρονου κινητού τηλεφώνου και μόνο, αυξάνει την πιθανότητα ο καταναλωτής να παίζει παιχνίδια σε αυτό. Πάνω από το 90% των χρηστών των συσκευών αυτών παίζουν ένα τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα [13].

Πολλά παιχνίδια για κινητά διανέμονται δωρεάν στον τελικό χρήστη, αλλά φέρουν πληρωμένες διαφημίσεις, όπως για παράδειγμα είναι τα Flappy Bird και Doodle Jump. Το τελευταίο ακολουθεί το μοντέλο freemium, το οποίο περιγράφηκε σε προηγούμενη ενότητα αυτού του κεφαλαίου.

2.5 Επίλογος

Στο κεφάλαιο που μόλις τελείωσε αρχικά παρουσιάστηκαν τα σημαντικότερα στατιστικά σε σχέση με τα παιχνίδια για την πλατφόρμα Android. Συνοπτικά, είδαμε ότι τα μεγέθη στα οποία δίνεται η περισσότερη έμφαση είναι αυτά που αφορούν το πλήθος των χρηστών σε καθημερινή βάση², ο μέσος χρόνος παραμονής του χρήστη ανά άνοιγμα εφαρμογής, το πλήθος των χρηστών που μένουν στο παιχνίδι σε βάθος χρόνου³, ARPPU και ARPDau. Στη συνέχεια αναλύθηκαν τα οικονομικά μοντέλα Premium, Freemium, Free To Play, τα παιχνίδια που είναι υποστηριζόμενα από διαφημίσεις και τα παιχνίδια με μοντέλο συνδρομής. Τέλος, παρουσιάστηκαν παιχνίδια με εξειδικευμένες τεχνολογίες, όπως τα ακόλουθα: Παιχνίδια με τεχνικούς περιορισμούς, παιχνίδια βάσει τοποθεσίας, παιχνίδια που χρησιμοποιούν επαυξημένη πραγματικότητα, παιχνίδια πολλαπλών χρήσεων, παιχνίδια με πολλούς παίκτες καθώς και άλλες κατανομές παιχνιδιών.

² stickiness

³ retention

Κεφάλαιο 3ο: Επαυξημένη Πραγματικότητα

3.1 Εισαγωγή στο σύστημα Augmented Reality

Εάν χρησιμοποιείτε τεχνολογίες τηλεοπτικής συνάντησης τα τελευταία χρόνια, γνωρίζετε ότι συνεχίζουν να βελτιώνονται, παρέχοντας ολοένα και περισσότερες φυσικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συναδέλφων, αλλά υπάρχει κάτι ακόμα καλύτερο. Η επαυξημένη, συνδυασμένη και εικονική πραγματικότητα που μπορεί να ενώσει ανθρώπους και ομάδες με ριζικούς νέους τρόπους. Γενικά, η επαυξημένη πραγματικότητα θεωρείται ευρέως ως μια κρίσιμη μελλοντική τεχνολογία που θα μπορούσε τελικά να γίνει μεγαλύτερη στη βιομηχανία από την εικονική πραγματικότητα [1]. Σε αντίθεση με την εικονική πραγματικότητα, η οποία τοποθετεί τους χρήστες σε εντελώς ψηφιακά περιβάλλοντα, η επαυξημένη πραγματικότητα τοποθετεί εικονικά στοιχεία στον πραγματικό κόσμο, επιτρέποντας σε φυσικά και ψηφιακά αντικείμενα να αλληλεπιδρούν σε πραγματικό χρόνο. Οι χρήστες, λοιπόν, μπορούν να χειριστούν τόσο τον πραγματικό όσο και τον ψηφιακό κόσμο, για να ενισχύσουν την «πραγματικότητά» τους [2].

Σύμφωνα με το Gartner [5], στα επόμενα πέντε χρόνια θα εισαχθεί περισσότερο στις ζωές μας η μικτή πραγματικότητα (MR) - ένας τρόπος για να διατηρήσουμε την παρουσία μας στον πραγματικό κόσμο ενώ αλληλεπιδρούμε με τον ψηφιακό. Το να είσαι σε δύο πραγματικότητες μπορεί να ακούγεται τρελό, αλλά θα φαίνεται μια διαδικασία τόσο απλή, όσο το να φορά κανείς ακουστικά. Στην πραγματικότητα, με όλο και περισσότερες συσκευές MR, η πραγματικότητά μας θα γίνει πολύ πιο ενδιαφέρουσα. Υπήρξαν πολλές νέες εξελίξεις στην επαυξημένη πραγματικότητα και την εικονική πραγματικότητα. Ο εφευρέτης και μηχανικός Γιώργος Κρασαδάκης [5] βλέπει μερικές ενδιαφέρουσες συνδέσεις μεταξύ τους. Ομοίως, ο Όμιλος Gartner [5] προβλέπει αυτές τις διάφορες τεχνολογίες να ενώνονται για να σχηματίσουν ένα ψηφιακό πλέγμα που θα παρέχει νέες μορφές υποστήριξης για ψηφιακές επιχειρήσεις.

Η επαυξημένη πραγματικότητα λειτουργεί εξαιρετικά καλά για τις επιχειρήσεις και θα μπορούσε να συγκριθεί με την πρόοδο των υπολογιστών στη δεκαετία του '80. Όμως σε μεγάλο βαθμό δεν είναι έτοιμη για χρήση από τον μέσο καταναλωτή, παρά την ύπαρξη κάποιων παιχνιδιών και βιβλίων με τέτοιες δυνατότητες. Παράλληλα, τα γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας βρίσκονται ακόμα σε πρώιμη κατάσταση διότι υπάρχουν βασικά προβλήματα με το οπτικό πεδίο και το κόστος που συνεχίζει να αυξάνεται αντί να μειώνεται [4].

Ωστόσο οι τεχνολογίες επαυξημένης πραγματικότητας έχουν πολλές δυνατές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα η οπτική απεικόνιση οικοδομικών έργων. Οι εικόνες που δημιουργούνται από τον υπολογιστή μπορούν να τοποθετήσουν σε πραγματικό χώρο ένα μοντέλο πριν το φυσικό κτίριο κατασκευαστεί εκεί [3]. Αυτό επετεύχθη δημόσια από την Trimble Navigation το 2004 [4]. Το AR μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε ένα χώρο εργασίας ενός μηχανικού, προβάλλοντας κινούμενες τρισδιάστατες απεικονίσεις των 2D σχεδίων του.

Επαυξημένη πραγματικότητα, περισσότερο γνωστή ως Augmented Reality (AR) ορίζεται ως η διαδραστική εμπειρία ενός πραγματικού περιβάλλοντος όπου τα αντικείμενα που βρίσκονται στον πραγματικό κόσμο ενισχύονται από τις αντιληπτικές πληροφορίες που δημιουργούνται στον υπολογιστή, μερικές φορές με πολλαπλές αισθητηριακές μεθόδους, όπως οπτικές, ακουστικές,

απτικές, κιναισθητικές και οσφρητικές [1] [5]. Ένα σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας οφείλει να πληροί τρία βασικά χαρακτηριστικά: 1) έναν συνδυασμό πραγματικών και εικονικών κόσμων, 2) αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο και 3) ακριβή τρισδιάστατη καταχώριση εικονικών και πραγματικών αντικειμένων. Οι επικαλυπτόμενες αισθητηριακές πληροφορίες μπορεί να είναι εποικοδομητικές, δηλαδή πρόσθετες στο φυσικό περιβάλλον ή αφαιρετικές, κάλυψη του φυσικού περιβάλλοντος [12]. Αυτή η εμπειρία είναι άρρηκτα συνυφασμένη με τον φυσικό κόσμο έτσι ώστε να θεωρείται ως μια συναρπαστική πτυχή του πραγματικού περιβάλλοντος. Με αυτόν τον τρόπο, η επαυξημένη πραγματικότητα μεταβάλλει τη συνεχή αντίληψη κάποιου για ένα πραγματικό περιβάλλον, ενώ η εικονική πραγματικότητα αντικαθιστά πλήρως το πραγματικό περιβάλλον του με ένα προσομοιωμένο [3].

Η πρωταρχική αξία της επαυξημένης πραγματικότητας είναι ο τρόπος με τον οποίο τα συστατικά του ψηφιακού κόσμου συνδυάζονται στην αντίληψη ενός ατόμου για τον πραγματικό, όχι ως απλή απεικόνιση δεδομένων, αλλά μέσω της ενσωμάτωσης των αισθήσεων, οι οποίες θεωρούνται φυσικά μέρη ενός περιβάλλοντος [1]. Τα πρώτα λειτουργικά συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας που παρείχαν συναρπαστικές εμπειρίες μικτής πραγματικότητας για τους χρήστες, εφευρέθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1990, με πρώτο το σύστημα Virtual Fixtures που αναπτύχθηκε στο Armstrong Laboratory των Ηνωμένων Πολιτειών. το 1992 [5]. Οι εμπειρίες εμπορικής επαυξημένης πραγματικότητας παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά σε επιχειρήσεις ψυχαγωγίας και τυχερών παιχνιδιών. Στη συνέχεια, οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας επεκτάθηκαν σε εμπορικές βιομηχανίες όπως εκπαίδευση, επικοινωνία, ιατρική και ψυχαγωγία. Στην εκπαίδευση, το περιεχόμενο μπορεί να προσεγγιστεί με σάρωση ή προβολή εικόνας με κινητή συσκευή ή με χρήση τεχνικών AR χωρίς σήμανση [3]. Η επαυξημένη πραγματικότητα χρησιμοποιείται για την ενίσχυση φυσικών περιβαλλόντων ή καταστάσεων και προσφέρει εμπειρικά αισθητές εμπειρίες. Με τη βοήθεια προηγμένων τεχνολογιών AR όπως η προσθήκη όρασης υπολογιστή, η ενσωμάτωση φωτογραφικών μηχανών AR σε εφαρμογές για σύγχρονα κινητά τηλέφωνα και η αναγνώριση αντικειμένων, οι πληροφορίες σχετικά με τον πραγματικό περιβάλλον του χρήστη γίνονται διαδραστικές και μπορούν να επεξεργαστούν με ψηφιακό τρόπο [1]. Οι πληροφορίες για το περιβάλλον και τα αντικείμενα του επικαλύπτονται στον πραγματικό κόσμο. Αυτές οι πληροφορίες μπορεί να είναι εικονικές ή πραγματικές, όπως η παρουσίαση άλλων πραγματικών πληροφοριών που έχουν ήδη ανιχνευθεί ή μετρηθεί, όπως τα ηλεκτρομαγνητικά ραδιοκύματα που επικαλύπτονται σε ακριβή ευθυγράμμιση με το πού βρίσκονται πραγματικά στο διάστημα. Η επαυξημένη πραγματικότητα έχει επίσης πολλές δυνατότητες στη συγκέντρωση και ανταλλαγή γνώσης χωρίς να είναι ανάγκη να χρησιμοποιηθούν λόγια [3]. Οι τεχνικές επαύξεσης συνήθως εκτελούνται σε πραγματικό χρόνο και σε σημασιολογικά περιβάλλοντα με περιβαλλοντικά στοιχεία. Οι συναρπαστικές αντιληπτικές πληροφορίες συνδυάζονται μερικές φορές με συμπληρωματικές πληροφορίες, όπως σκορ σε μια ζωντανή ροή βίντεο ενός αθλητικού γεγονότος. Αυτό συνδυάζει τα οφέλη τόσο της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας όσο και της τεχνολογίας προβολής κεφαλής, γνωστή στο ευρύ κοινό ως HUD [12].

Στην εικονική πραγματικότητα, κοινώς αναφερόμενη ως Virtual Reality (VR), η αντίληψη των χρηστών για την πραγματικότητα βασίζεται πλήρως σε εικονικές πληροφορίες. Αυτό τη διαφοροποιεί από την επαυξημένη πραγματικότητα που περιγράψαμε, στην οποία παρέχονται στον χρήστη πρόσθετες πληροφορίες που δημιουργούνται από υπολογιστή και ενισχύουν την αντίληψή τους για την πραγματικότητα [4] [12]. Για παράδειγμα, στην αρχιτεκτονική, η εικονική πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μιας προσομοίωσης στο εσωτερικό ενός νέου κτιρίου ενώ η επαυξημένη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δείξει τις δομές και τα συστήματα ενός κτηρίου σε μια

πραγματική προβολή. Ένα άλλο παράδειγμα είναι μέσω της χρήσης επιπλέον ωφέλιμων δυνατοτήτων. Ορισμένες εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας, όπως η εφαρμογή Augment, επιτρέπουν στους χρήστες να εφαρμόζουν ψηφιακά αντικείμενα σε πραγματικά περιβάλλοντα, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να χρησιμοποιούν συσκευές επαυξημένης πραγματικότητας ως τρόπο προεπισκόπησης των προϊόντων τους στον πραγματικό κόσμο [3]. Παρομοίως, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την επίδειξη των προϊόντων σε ένα περιβάλλον για τους πελάτες, όπως καταδεικνύουν εταιρείες όπως οι Mountain Equipment Co-op και η Lowe's που χρησιμοποιούν την επαυξημένη πραγματικότητα για να επιτρέπουν στους πελάτες να κάνουν προεπισκόπηση της εμφάνισης των προϊόντων τους στο σπίτι μέσω της χρήσης τρισδιάστατων μοντέλων [17].

Η επαυξημένη πραγματικότητα διαφέρει από την εικονική πραγματικότητα με την έννοια ότι το επαυξημένο μέρος του περιβάλλοντος είναι στην πραγματικότητα ο «κανονικός κόσμος» και απλά προσθέτονται επίπεδα εικονικών αντικειμένων, ενώ στις τεχνολογίες Virtual Reality το περιβάλλον είναι εντελώς εικονικό [3] [12]. Μια επίδειξη του τρόπου με τον οποίο το AR τοποθετεί αντικείμενα στον πραγματικό κόσμο είναι τα παιχνίδια επαυξημένης πραγματικότητας [1]. Για παράδειγμα, το WallaMe είναι ένα παιχνίδι επαυξημένης πραγματικότητας που επιτρέπει στους χρήστες να αποκρύπτουν μηνύματα σε πραγματικά περιβάλλοντα, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία γεωγραφικής τοποθεσίας και να επιτρέπουν σε άλλους χρήστες να αποκρύπτουν μηνύματα όπου θέλουν στον κόσμο [17]. Τέτοιες εφαρμογές έχουν πολλές χρήσεις με πιο ξεχωριστές αυτές του ακτιβισμού και της καλλιτεχνικής έκφρασης [2].



Σχήμα 3.1: Η τεχνολογία προβολής κεφαλής για την περίπτωση της οδήγησης αυτοκινήτου (Car HUD) [17]

3.2 Αναγνωρισιμότητα

Οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας κερδίζουν δημοτικότητα λόγω της ευρείας υιοθέτησης κινητών και ιδιαίτερα φορητών συσκευών. Ωστόσο, συχνά βασίζονται σε υπολογιστικά εντατικούς αλγόριθμους όρασης υπολογιστή με ακραίες απαιτήσεις λανθάνοντος χρόνου. Για να αντισταθμιστεί η έλλειψη υπολογιστικής ισχύος, συχνά απαιτείται η εκφόρτωση της επεξεργασίας δεδομένων σε ένα μακρινό μηχάνημα [1] [3]. Η υπολογιστική εκφόρτωση εισάγει νέους περιορισμούς στις εφαρμογές, ειδικά όσον αφορά την καθυστέρηση και το εύρος ζώνης. Παρόλο που υπάρχει πληθώρα πρωτοκόλλων μεταφοράς πολυμέσων σε πραγματικό χρόνο, υπάρχει ανάγκη για υποστήριξη και από την υποδομή δικτύου [17].

3.3 Η τεχνική υποδομή της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR)

Κάποια από τα βασικά εξαρτήματα υλισμικού για την κατασκευή ενός συστήματος επαυξημένης πραγματικότητας είναι ο επεξεργαστής και η οθόνη του υπολογιστή, όπως και εξωτερικοί αισθητήρες και άλλες συσκευές εισόδου [3]. Οι πιο γνωστές σύγχρονες φορητές υπολογιστικές συσκευές έχουν σίγουρα τα άνω στοιχεία, τα οποία συχνά εμπεριέχουν αισθητήρες κάμερας και μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων⁴, όπως επιταχυνσιόμετρο, GPS και πυξίδα στερεάς κατάστασης, καθιστώντας τις συσκευές αυτές κατάλληλες για χρήση επαυξημένης πραγματικότητας. Οι δύο τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην επαυξημένη πραγματικότητα είναι οι διαθλαστικοί και ανακλαστικοί κυματοδηγοί [1].

3.4 Υλισμικό

Διαφορετικές τεχνολογίες χρησιμοποιούνται στην απόδοση των τεχνικών επαυξημένης πραγματικότητας, συμπεριλαμβανομένων των οπτικών συστημάτων προβολής, των οθονών, των φορητών συσκευών και των συστημάτων προβολής τα οποία φοριούνται στο ανθρώπινο σώμα [3]. Θα παρουσιαστούν οι πιο σημαντικές αναλυτικότερα, στις επόμενες υποενότητες αυτού του κεφαλαίου.

⁴ MEMS

3.4.1 Head Mountain Display



Σχήμα 3.2: Τρόπος χρήσης ενός Head Mountain Display [18]

Ο όρος αυτός⁵ χρησιμοποιείται για να περιγράψει συσκευές που φοριούνται στο μέτωπο, όπως ένα απλό κράνος. Ρόλος τους είναι να τοποθετούν εικόνες τόσο του φυσικού κόσμου όσο και των εικονικών αντικειμένων πάνω από το οπτικό πεδίο του χρήστη [1]. Τα σύγχρονα HMD χρησιμοποιούν συχνά αισθητήρες για παρακολούθηση έως έξι βαθμών ελευθερίας που επιτρέπουν στο σύστημα να ευθυγραμμίζει τις εικονικές πληροφορίες με τον φυσικό κόσμο και να προσαρμόζεται ανάλογα με τις κινήσεις της κεφαλής του χρήστη [18]. Παράλληλα, τα HMD μπορούν να παρέχουν στους χρήστες εικονικής πραγματικότητας εμπειρίες για κινητά και συνεργασίες. Συγκεκριμένοι πάροχοι, όπως οι uSens και Gestigon, περιλαμβάνουν ειδικά χειριστήρια τα οποία προσφέρουν πλήρη εμβάθυνση στους χρήστες [17] [18].

3.4.2 Γυαλιά

Οι οθόνες επαυξημένης πραγματικότητας είναι συσκευές που μοιάζουν με γυαλιά οράσεως [1] [19]. Οι διαφορετικές εκδόσεις που έχουν παραχθεί περιλαμβάνουν γυαλιά που χρησιμοποιούν κάμερες για να παρακολουθούν την πραγματική όψη του κόσμου και να εμφανίζουν εκ νέου την επαυξημένη προβολή τους μέσω των προσοφθάλμιων φακών και συσκευών στις οποίες οι εικόνες

⁵ Παρουσιάζεται στην βιβλιογραφία επίσης με τα αρχικά HMD

επαυξημένης πραγματικότητας προβάλλονται ή ανακλώνται από τις επιφάνειες των κομματιών των φακών [3] [18] .



Σχήμα 3.3: Γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας [18]

3.4.3 Head – up display

Η συσκευή αυτή, γνωστή στην βιβλιογραφία και ως HUD είναι μια διαφανής οθόνη που παρουσιάζει δεδομένα χωρίς να απαιτείται από τους χρήστες να κοιτάζουν μακριά από τα συνηθισμένα σημεία όρασης [5]. Θεωρούνται γενικά πρόδρομη τεχνολογία στην επαυξημένη πραγματικότητα, διότι αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά για τους πιλότους τη δεκαετία του 1950, προβάλλοντας απλά δεδομένα πτήσης στην οπτική τους γραμμή και επιτρέποντάς τους έτσι να κρατήσουν τα κεφάλια τους σε σταθερό σημείο, μη κοιτάζοντας προς την κατεύθυνση των οργάνων πλοήγησης [3]. Οι συσκευές επαυξημένης πραγματικότητας οι οποίες τοποθετούνται κοντά στο ανθρώπινο μάτι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φορητές οθόνες head-up, καθώς μπορούν να εμφανίζουν δεδομένα, πληροφορίες και εικόνες όσο παράλληλα ο χρήστης βλέπει τον πραγματικό κόσμο. Πολλοί ορισμοί της επαυξημένης πραγματικότητας το ορίζουν μόνο ως επικάλυψη των πληροφοριών και αυτός στην πραγματικότητα είναι ο κύριος ρόλος της συσκευής [4] [20]. Ωστόσο, στην πράξη, η επαυξημένη πραγματικότητα αναμένεται να περιλαμβάνει εγγραφή και παρακολούθηση μεταξύ των αντιλήψεων, αισθήσεων, πληροφοριών, δεδομένων και εικόνων που προσφέρονται από την εφαρμογή που εξετάζεται και κάποιου μέρους του «πραγματικού κόσμου» [12] [20] .



Σχήμα 3.4: Head up display για αυτοκίνητα [20]

3.4.4 Φακοί Επαφής

Οι φακοί επαφής που εμφανίζουν απεικόνιση επαυξημένης πραγματικότητας βρίσκονται σε εξέλιξη. Αυτοί οι βιονικοί φακοί επαφής ενδέχεται να περιέχουν τα στοιχεία για την οθόνη που είναι ενσωματωμένα στον φακό συμπεριλαμβανομένων των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, των φώτων LED και μιας κεραίας για ασύρματη επικοινωνία [3]. Η πρώτη οθόνη φακών επαφής κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1999 από τον Steve Mann και προοριζόταν να συνεργαστεί με τα γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας, αλλά το έργο εγκαταλείφθηκε [1]. Μια άλλη έκδοση φακών επαφής, σε εξέλιξη για την πολιτοφυλακή των Ηνωμένων Πολιτειών, έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί με γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας, επιτρέποντας στους στρατιώτες να επικεντρώνονται ταυτόχρονα σε εικόνες AR οι οποίες προβάλλονται κοντά στο μάτι μέσω των γυαλιών και, ταυτόχρονα, σε μακρινά αντικείμενα που βρίσκονται στον πραγματικό κόσμο [21].



Σχήμα 3.5: Φακοί επαφής επαυξημένης πραγματικότητας [21]

Πολλοί επιστήμονες εργάζονται πάνω σε φακούς επαφής με διαφορετικά τεχνολογικά χαρακτηριστικά. Ένα δίπλωμα ευρεσιτεχνίας που υπέβαλε η εταιρεία Samsung περιγράφει έναν φακό

επαφής επαυξημένης πραγματικότητας, ο οποίος, όταν ολοκληρωθεί η κατασκευή του, θα περιλαμβάνει μια ενσωματωμένη κάμερα στον ίδιο τον φακό [21]. Ο σχεδιασμός αποσκοπεί στον έλεγχο της διεπαφής του με το άνοιγμα και κλείσιμο του ματιού. Προορίζεται επίσης να συνδεθεί με οποιοδήποτε σύγχρονο κινητό τηλέφωνο χρησιμοποιείται, ώστε να ελέγξει τα βίντεο. Ο φακός θα διαθέτει κάμερα ή αισθητήρα μέσα σε αυτόν [3]. Λέγεται ότι θα μπορούσε να είναι οτιδήποτε από αισθητήρα φωτός, έως αισθητήρα θερμοκρασίας. Το πρώτο πρωτότυπο εργασίας που κυκλοφόρησε δημόσια για έναν τύπο φακών που δεν απαιτεί την συνδυαστική χρήση γυαλιών αναπτύχθηκε από την Mojo Vision και ανακοινώθηκε και παρουσιάστηκε στο CES 2020 [12].

3.4.5 Εικονική οθόνη αμφιβληστροειδούς



Σχήμα 3.6: Τυπική περίπτωση εικονικής οθόνης αμφιβληστροειδούς [22]

Μια εικονική οθόνη αμφιβληστροειδούς, γνωστή στην βιβλιογραφία και ως οθόνη σάρωσης αμφιβληστροειδούς ή προβολέας αμφιβληστροειδούς⁶ είναι μια προσωπική συσκευή προβολής που βρίσκεται υπό ανάπτυξη στο Εργαστήριο Τεχνολογίας Ανθρώπινης Διασύνδεσης του Πανεπιστημίου της Ουάσιγκτον [12]. Με αυτήν την τεχνολογία, μια οθόνη εισάγεται απευθείας στον αμφιβληστροειδή του οφθαλμού του θεατή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα φωτεινές εικόνες με υψηλή ανάλυση και υψηλή αντίθεση. Έγιναν αρκετές δοκιμές για την ανάλυση της ασφάλειας της οθόνης. Σε ένα τεστ, οι ασθενείς με μερική απώλεια όρασης, οι οποίοι είτε έπασχαν από εκφυλισμό της ωχράς κηλίδας ή κερατόκωνο, επιλέχθηκαν για να δουν εικόνες χρησιμοποιώντας την τεχνολογία. Στην ομάδα εκφυλισμού της ωχράς κηλίδας, πέντε στα οκτώ άτομα προτιμούσαν τις εικόνες οι οποίες παράχθηκαν από τον προβολέα αμφιβληστροειδούς σε σχέση με αυτές από τον καθοδικό σωλήνα⁷ ή

⁶ Στην αγγλική γλώσσα ονομάζεται virtual retinal display (VRD)

⁷ CRT

τις εικόνες χαρτιού και πίστευαν ότι ήταν καλύτερες και φωτεινότερες και μπορούσαν να δουν ίσα ή καλύτερα επίπεδα ανάλυσης [22]. Παράλληλα, όλοι οι ασθενείς με κερατόκωνο μπορούσαν να διακρίνουν μικρότερες γραμμές σε διάφορες δοκιμές γραμμής χρησιμοποιώντας την συσκευή VRD σε αντίθεση με τη δική τους διόρθωση [4]. Βρήκαν επίσης ότι οι εικόνες που παρήχθησαν από την οθόνη VRD είναι ευκολότερες σε προβολή και ευκρίνεια. Ως αποτέλεσμα αυτών των διαφόρων δοκιμών, η εικονική οθόνη αμφιβληστροειδούς θεωρείται ασφαλής τεχνολογία. Η εικονική οθόνη αμφιβληστροειδούς δημιουργεί εικόνες που μπορούν να προβληθούν στο φως του περιβάλλοντος και στο φως του περιβάλλοντος χώρου [3]. Επιπλέον, η οθόνη VRD είναι πιθανότερο να προτιμηθεί για χρήση σε χειρουργική οθόνη λόγω του συνδυασμού υψηλής ανάλυσης, υψηλής αντίθεσης και φωτεινότητας. Πρόσθετες δοκιμές δείχνουν ότι μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως τεχνολογία οθόνης για ασθενείς με χαμηλή όραση [22].

3.4.6 EyeTap

Το EyeTap, επίσης γνωστό ως Generation-2 Glass συλλαμβάνει ακτίνες φωτός που διαφορετικά θα διέρχονταν από το κέντρο του οφθαλμού του χρήστη και αντικαθιστά το συνθετικό ελεγχόμενο από υπολογιστή φως για κάθε ακτίνα πραγματικού φωτός [23]. Επιπλέον, το Generation-4 Glass ή Laser EyeTap είναι παρόμοιο με τις εικονικές οθόνες αμφιβληστροειδούς, δηλαδή χρησιμοποιεί μια πηγή φωτός λέιζερ ελεγχόμενη από υπολογιστή [23].



Σχήμα 3.7: EyeTap [23]

3.4.7 Οθόνη χειρός και σύγχρονα κινητά συστήματα



Σχήμα 3.8: Τυπικό παράδειγμα μιας οθόνης χειρός [25]

Μια οθόνη χειρός χρησιμοποιεί μια μικρή οθόνη που ταιριάζει στο χέρι ενός χρήστη. Όλες οι φορητές λύσεις επαυξημένης πραγματικότητας μέχρι σήμερα επιλέγουν την προβολή βίντεο. Αρχικά το φορητό AR χρησιμοποίησε βασικούς δείκτες και αργότερα μονάδες GPS και αισθητήρες MEMS όπως ψηφιακές πυξίδες και επιταχυνσιόμετρο έξι βαθμών – γυροσκόπιο [25]. Σήμερα, οι συσκευές ταυτόχρονων διαδικασιών εντοπισμού και χαρτογράφησης⁸, όπως η Parallel Tracking and Mapping⁹, η οποία προσφέρει παράλληλη παρακολούθηση και χαρτογράφηση, αρχίζουν να χρησιμοποιούνται. Η φορητή οθόνη AR υπόσχεται να είναι η πρώτη εμπορική επιτυχία στις τεχνολογίες AR. Τα δύο κύρια πλεονεκτήματα της είναι η φορητή φύση των συσκευών και η πανταχού παρούσα φύση των τηλεφώνων με κάμερα [3]. Τα μειονεκτήματα είναι οι φυσικοί περιορισμοί του χρήστη που πρέπει να κρατάει τη συσκευή δια χειρός μπροστά του ανά πάσα στιγμή, καθώς και το στρεβλωτικό αποτέλεσμα των κλασικά ευρυγώνιων φωτογραφικών φακών σε σύγκριση με τον πραγματικό κόσμο, όπως φαίνεται από το μάτι [25].

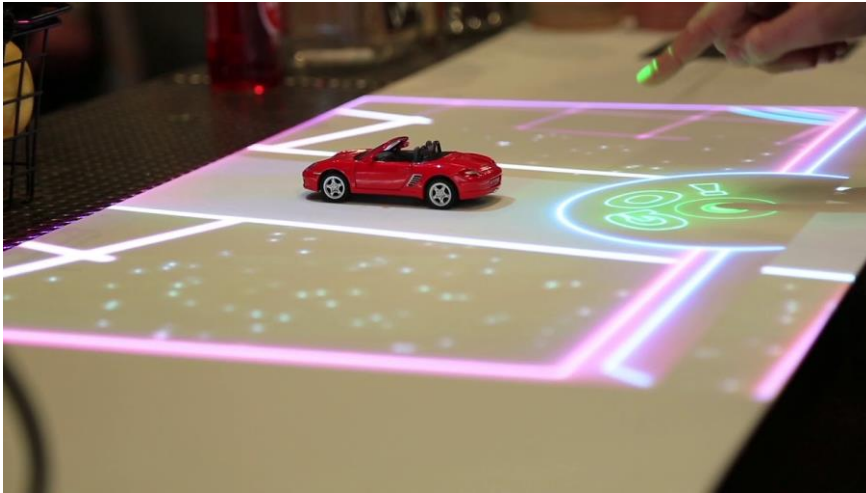
Τα σύγχρονα κινητά συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας χρησιμοποιούν μία ή περισσότερες από τις ακόλουθες τεχνολογίες παρακολούθησης κίνησης: ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές και / ή άλλους οπτικούς αισθητήρες, επιταχυνσιόμετρα, GPS, γυροσκόπια, πυξίδες στερεάς κατάστασης και αναγνώριση ραδιοσυχνότητας RFID [4]. Αυτές οι τεχνολογίες προσφέρουν διάφορα επίπεδα ακρίβειας. Το πιο σημαντικό είναι η θέση και ο προσανατολισμός του κεφαλιού του χρήστη. Η παρακολούθηση των χεριών του χρήστη ή μιας φορητής συσκευής εισόδου μπορεί να παρέχει μια τεχνική αλληλεπίδρασης 6DOF [25].

⁸ SLAM

⁹ PTAM

3.4.8 Προβολείς

Οι προβολείς μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την εμφάνιση περιεχομένων επαυξημένης πραγματικότητας. Ο προβολέας μπορεί να ρίξει ένα εικονικό αντικείμενο σε μια οθόνη προβολής και ο θεατής μπορεί να αλληλεπιδράσει με αυτό το εικονικό αντικείμενο [4] [27]. Οι επιφάνειες προβολής μπορεί να είναι διάφορα αντικείμενα όπως τοίχοι ή υαλοπίνακες.



Σχήμα 3.9: Επίδειξη ενός προβολέα επαυξημένης πραγματικότητας [27]

3.4.9 Άλλες συσκευές εισόδου

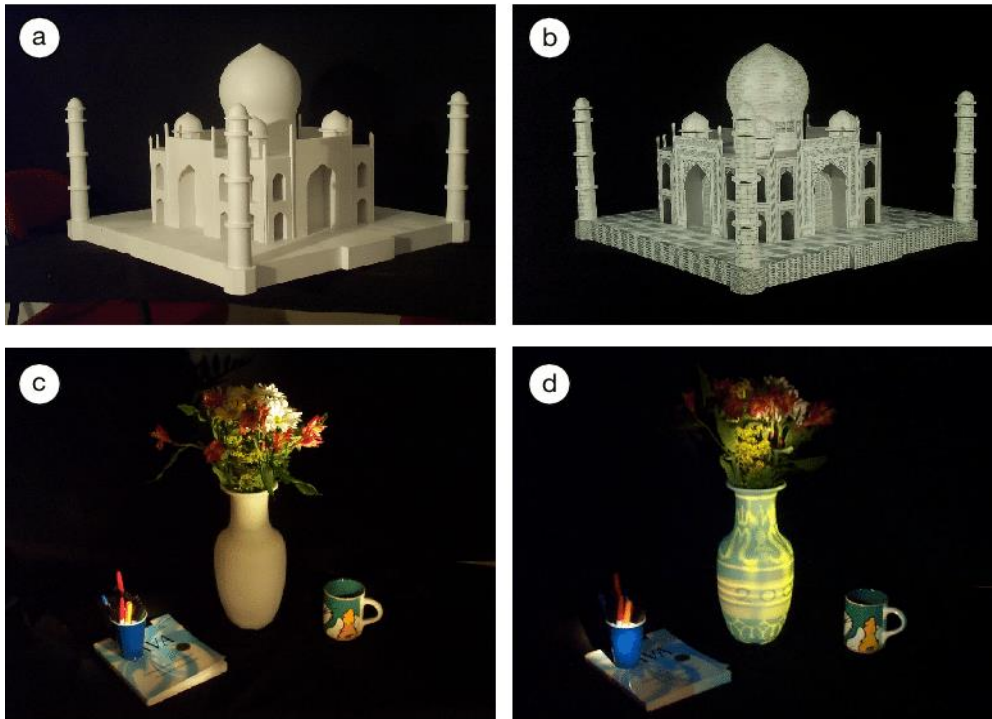
Οι τεχνικές εισόδου δεδομένων περιλαμβάνουν συστήματα αναγνώρισης ομιλίας που μεταφράζουν τις προφορικές λέξεις ενός χρήστη σε οδηγίες υπολογιστή και συστήματα αναγνώρισης χειρονομίας που ερμηνεύουν τις κινήσεις του σώματος ενός χρήστη με οπτική αντίληψη ή από αισθητήρες ενσωματωμένους σε μια περιφερειακή συσκευή, όπως ραβδί, γραφίδα, δείκτη ή γάντι [3]. Τα προϊόντα που προσπαθούν να χρησιμεύσουν ως ελεγκτές των ακουστικών επαυξημένης πραγματικότητας περιλαμβάνουν το Wave by Seebright Inc. και το Nimble by Intugine Technologies.

3.5 Λογισμικό επαυξημένης πραγματικότητας

Στις ακόλουθες υποενότητες θα εξετάσουμε χρήσεις ειδικού λογισμικού που χρησιμοποιείται σε τομείς επαυξημένης πραγματικότητας.

3.5.1 Χαρτογράφηση

Η χαρτογραφημένη προβολή «ενισχύει» τα αντικείμενα και τις σκηνές του πραγματικού κόσμου, χωρίς τη χρήση ειδικών συσκευών, όπως οθόνες, οθόνες επί κεφαλής ή συσκευές χειρός [1]. Η χαρτογραφημένη προβολή χρησιμοποιεί ψηφιακούς προβολείς για την εμφάνιση γραφικών πληροφοριών σε φυσικά αντικείμενα [12]. Η βασική διαφορά στη χαρτογράφηση προβολής είναι ότι η οθόνη διαχωρίζεται από τους χρήστες του συστήματος. Δεδομένου ότι οι οθόνες δεν συσχετίζονται με κάθε χρήστη, η χαρτογράφηση προβολής κλιμακώνεται σε ομάδες χρηστών [24].

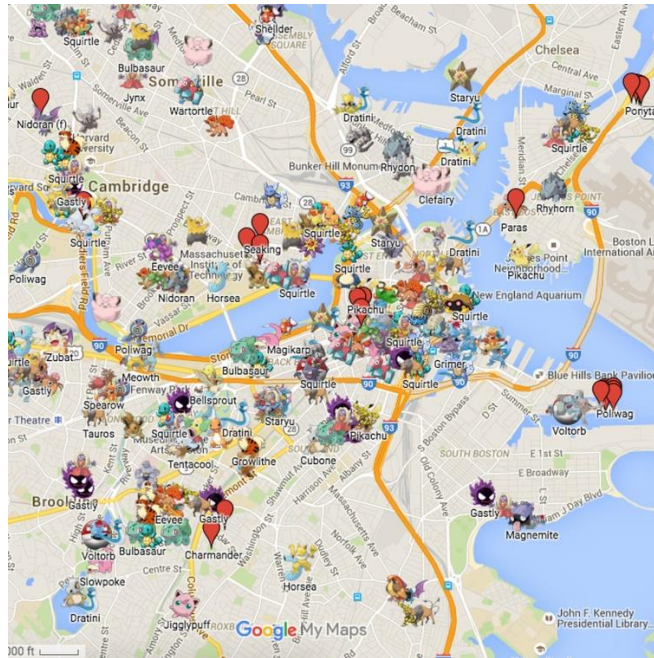


Σχήμα 3.10: Παραδείγματα χαρτογραφημένης προβολής [24]

3.5.2 Χάρτης επαυξημένης πραγματικότητας

Παιχνίδια όπως το Pokémon Go και το Ingress χρησιμοποιούν μια διασύνδεση εικόνας με χάρτη¹⁰, όπου οι εγκεκριμένες γεωγραφικές τοποθεσίες εμφανίζονται σε έναν στυλιζαρισμένο χάρτη για να αλληλεπιδράσει ο χρήστης. Στην συνέχεια, θα δούμε ένα παράδειγμα χάρτη επαυξημένης πραγματικότητας που φτιάχτηκε για την πόλη Βοστώνη των Ηνωμένων Πολιτειών [26].

¹⁰ Image Linked Map (ILM)



Σχήμα 3.11: Χάρτης επαυξημένης πραγματικότητας του παιχνιδιού Pokémon Go [26]

3.6 Κεντρική Επεξεργασία

Ο υπολογιστής αναλύει τα αισθητήρια δεδομένα για να συνθέσει και να αυξήσει την ενίσχυση. Οι υπολογιστές είναι υπεύθυνοι για τα γραφικά που συνοδεύουν την επαυξημένη πραγματικότητα. Η επαυξημένη πραγματικότητα χρησιμοποιεί μια εικόνα που δημιουργείται από υπολογιστή και έχει εντυπωσιακή επίδραση στον τρόπο εμφάνισης του πραγματικού κόσμου. Με τη βελτίωση της τεχνολογίας και των υπολογιστών, η επαυξημένη πραγματικότητα θα οδηγήσει σε μια δραστική αλλαγή στην οπτική του πραγματικού κόσμου [4] [28]. Σύμφωνα με την εφημερίδα Times, σε περίπου 15-20 χρόνια προβλέπεται ότι η επαυξημένη πραγματικότητα και η εικονική πραγματικότητα θα καθιστούν την κύρια χρήση για αλληλεπιδράσεις με υπολογιστές. Οι υπολογιστές βελτιώνονται με πολύ γρήγορο ρυθμό, οδηγώντας σε νέους τρόπους βελτίωσης της τεχνολογίας [3]. Όσο περισσότερο προχωρούν οι υπολογιστές, η επαυξημένη πραγματικότητα θα γίνει πιο ευέλικτη και πιο κοινή στην κοινωνία. Οι υπολογιστές είναι ο πυρήνας της επαυξημένης πραγματικότητας. Λαμβάνουν δεδομένα από τους αισθητήρες που καθορίζουν τη σχετική θέση της επιφάνειας ενός αντικειμένου και αυτό μεταφράζεται σε μια είσοδο για τον υπολογιστή που στη συνέχεια εξάγει στους χρήστες προσθέτοντας κάτι που διαφορετικά δεν θα ήταν εκεί [28]. Ο υπολογιστής περιλαμβάνει μνήμη και επεξεργαστή. Παίρνει το σαρωμένο περιβάλλον και στη συνέχεια δημιουργεί εικόνες ή βίντεο και το βάζει στην οθόνη για να το δει ο παρατηρητής. Τα σταθερά αντικείμενα στην επιφάνεια ενός αντικειμένου αποθηκεύονται στη μνήμη. Ο υπολογιστής έπειτα τα χρησιμοποιεί για την τοποθέτηση των 3d αντικειμένων [1] [5].



Σχήμα 3.12: Τα χειριστήρια του Oculus Quest περιέχουν επιταχυντή και γυροσκόπιο για ρεαλιστική μεταφορά χεριών σε ψηφιακούς κόσμους [28]



Σχήμα 3.13: Το Microsoft HoloLens 2 είναι το πρώτο headset μικτής πραγματικότητας που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί από τον αμερικάνικο στρατό [5]

3.7 Λογισμικό και Αλγόριθμοι

Ένα βασικό μέτρο αξιολόγησης των συστημάτων επαυξημένης πραγματικότητας είναι πόσο ρεαλιστικά ενσωματώνουν τον ψηφιακό με τον πραγματικό κόσμο. Το λογισμικό πρέπει να παράγει συντεταγμένες πραγματικού κόσμου βάσει της εικόνας της κάμερας. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται καταχώριση εικόνας και χρησιμοποιεί διαφορετικές μεθόδους όρασης υπολογιστή. Πολλές μέθοδοι υπολογιστικής όρασης της επαυξημένης πραγματικότητας κληρονομούνται από την οπτική οδομετρία. Το *augogram* είναι μια εικόνα που δημιουργείται από υπολογιστή και χρησιμοποιείται για τη δημιουργία AR, ενώ *augography* λέγεται η επιστήμη, η οποία είναι υπεύθυνη για την δημιουργία τους [29]. Συνήθως αυτές οι μέθοδοι αποτελούνται από δύο μέρη. Το πρώτο στάδιο είναι να εντοπιστούν σημεία ενδιαφέροντος, βασικοί δείκτες ή οπτική ροή στις εικόνες της κάμερας. Αυτό το βήμα μπορεί να χρησιμοποιήσει μεθόδους ανίχνευσης χαρακτηριστικών, όπως ανίχνευση γωνίας ή άκρων και άλλες μεθόδους επεξεργασίας εικόνας. Το δεύτερο στάδιο χρησιμοποιεί ένα σύστημα συντεταγμένων πραγματικού κόσμου από τα δεδομένα που λαμβάνονται στο πρώτο στάδιο [3]. Ορισμένες μέθοδοι υποθέτουν ότι αντικείμενα με γνωστή γεωμετρία είναι παρόντα στη σκηνή. Σε ορισμένες από αυτές τις περιπτώσεις, η δομή 3D της σκηνής πρέπει να υπολογίζεται εκ των προτέρων. Εάν ένα μέρος της σκηνής είναι άγνωστο, ταυτόχρονος εντοπισμός και χαρτογράφηση¹¹ μπορούν να χαρτογραφήσουν σχετικές θέσεις. Εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με τη γεωμετρία της σκηνής, χρησιμοποιούνται δομές από μεθόδους κίνησης, όπως ρύθμιση δέσμης. Οι μαθηματικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στο δεύτερο στάδιο περιλαμβάνουν: προβολική γεωμετρία, γεωμετρική άλγεβρα, αναπαράσταση περιστροφής με εκθετικό χάρτη, φίλτρα kalman και σωματιδίων, μη γραμμική βελτιστοποίηση και προχωρημένη στατιστική. Στην επαυξημένη πραγματικότητα, η διάκριση γίνεται μεταξύ δύο διακριτών τρόπων παρακολούθησης, γνωστών ως *marker* και *without marker* [9]. Οι δείκτες είναι οπτικές ενδείξεις που ενεργοποιούν την εμφάνιση των εικονικών πληροφοριών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα κομμάτι χαρτί με ειδικές γεωμετρικές επάνω [4]. Η κάμερα αναγνωρίζει τις γεωμετρικές προσδιορίζοντας συγκεκριμένα σημεία στο σχέδιο. Η παρακολούθηση χωρίς σήμανση, που ονομάζεται επίσης άμεση παρακολούθηση, δεν χρησιμοποιεί δείκτες [3]. Αντί γι' αυτό, ο χρήστης τοποθετεί το αντικείμενο στο οπτικό πεδίο της κάμερας κατά προτίμηση σε οριζόντιο επίπεδο και ανιχνεύει με ακρίβεια το πραγματικό περιβάλλον, όπως οι τοποθεσίες των άκρων και πλευρών. Η *Augmented Reality Markup Language*¹² είναι ένα πρότυπο δεδομένων που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του *Open Geospatial Consortium*¹³, το οποίο αποτελείται από γραμματική *Extensible Markup Language*¹⁴ για την περιγραφή της θέσης και της εμφάνισης εικονικών αντικειμένων στη σκηνή, καθώς και *ECMAScript* για να επιτρέπεται η δυναμική πρόσβαση σε ιδιότητες εικονικών αντικειμένων. Για να καταστεί δυνατή η ταχεία ανάπτυξη εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας, έχουν προκύψει ορισμένα σετ εργαλείων ανάπτυξης λογισμικού, όπως το SDK [29].

¹¹ SLAM

¹² ARML

¹³ OGC

¹⁴ XML

3.8 Ανάπτυξη

Η εφαρμογή της επαυξημένης πραγματικότητας στα καταναλωτικά προϊόντα απαιτεί την εξέταση του σχεδιασμού των εφαρμογών και των σχετικών περιορισμών της τεχνολογικής πλατφόρμας. Δεδομένου ότι τα συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην αλληλεπίδραση μεταξύ του χρήστη και του συστήματος, ο σχεδιασμός μπορεί να διευκολύνει την υιοθέτηση σωστών σχεδιαστικών πρακτικών [1]. Για τα περισσότερα συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας, μπορεί να ακολουθηθεί μια παρόμοια κατευθυντήρια γραμμή σχεδιασμού. Τα παρακάτω απαριθμούν ορισμένες σκέψεις για το σχεδιασμό εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας:

Σχεδιασμός περιβάλλοντος

Η σχεδίαση περιβάλλοντος επικεντρώνεται στο φυσικό περιβάλλον, τον χώρο και την προσβασιμότητα του τελικού χρήστη που μπορεί να διαδραματίσουν ρόλο κατά τη χρήση του συστήματος επαυξημένης πραγματικότητας. Οι σχεδιαστές πρέπει να γνωρίζουν τα πιθανά φυσικά σενάρια που μπορεί να έχει ο τελικός χρήστης όπως:

- 1) **Δημόσιο:** Οι χρήστες χρησιμοποιούν ολόκληρο το σώμα τους για να αλληλοεπιδράσουν με το λογισμικό [3].
- 2) **Προσωπικό:** Ο χρήστης χρησιμοποιεί ένα σύγχρονο κινητό τηλέφωνο σε δημόσιο χώρο [3].
- 3) **Εσωτερικό:** Ο χρήστης χρησιμοποιεί την επιφάνεια εργασίας κατά τη δράση του και δεν κινείται πραγματικά [3].
- 4) **Ιδιωτικό:** Ο χρήστης διαθέτει αξεσουάρ τα οποία μπορεί να φορέσει [3].

Με την αξιολόγηση κάθε πιθανού σεναρίου, μπορούν να αποφευχθούν αναμενόμενοι κίνδυνοι για την ασφάλεια και μπορούν να γίνουν αλλαγές για τη βελτίωση της ενσωμάτωσης του τελικού χρήστη. Οι σχεδιαστές UX θα πρέπει να καθορίσουν τα σχετικά σενάρια και να καθορίσουν πώς αντιδρά η διεπαφή σε κάθε ένα. Ειδικά στα συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας, είναι ζωτικής σημασίας να λαμβάνονται υπόψη τα χωρικά και τα γύρω στοιχεία που αλλάζουν την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας [1]. Περιβαλλοντικά στοιχεία όπως φωτισμός και ήχος μπορούν να αποτρέψουν τον αισθητήρα της συσκευής επαυξημένης πραγματικότητας από τον εντοπισμό των απαραίτητων δεδομένων και να καταστρέψει την εμπειρία του τελικού χρήστη [25].

Μια άλλη πτυχή του σχεδιασμού περιβάλλοντος περιλαμβάνει το σχεδιασμό της λειτουργικότητας του συστήματος και την ικανότητά του να προσαρμόζει τις προτιμήσεις των χρηστών. Ενώ τα εργαλεία προσβασιμότητας είναι κοινά στο βασικό σχεδιασμό εφαρμογών, πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό προτροπών περιορισμένου χρόνου, ηχητικών ενδείξεων και συνολικού χρόνου αφοσίωσης ώστε να αποφευχθούν ακούσιες λειτουργίες [5]. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, η λειτουργικότητα της εφαρμογής ενδέχεται να εμποδίσει την ικανότητα του

χρήστη. Για παράδειγμα, οι εφαρμογές που χρησιμοποιούνται για οδήγηση θα πρέπει να μειώσουν την αλληλεπίδραση των χρηστών και να χρησιμοποιούν ηχητικά μηνύματα [17].

3.9 Σχεδιασμός Αλληλεπίδρασης

Ο σχεδιασμός αλληλεπίδρασης στην τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας επικεντρώνεται στη δέσμευση του χρήστη με το τελικό προϊόν για τη βελτίωση της συνολικής εμπειρίας του. Ο σκοπός του σχεδιασμού αλληλεπίδρασης είναι να αποφευχθεί η αποξένωση ή η σύγχυση του χρήστη οργανώνοντας τις πληροφορίες που παρουσιάζονται. Δεδομένου ότι η αλληλεπίδραση του χρήστη βασίζεται στην είσοδο του, οι σχεδιαστές πρέπει να κάνουν τα συστήματα ελέγχου ευκολότερα, κατανοητά και περισσότερο προσβάσιμα σε αυτούς [5]. Μια κοινή τεχνική για τη βελτίωση της χρηστικότητας εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας είναι η ανακάλυψη των περιοχών που έχουν συχνά πρόσβαση στην οθόνη αφής της συσκευής και ο σχεδιασμός της εφαρμογής ώστε να ταιριάζει με αυτές τις περιοχές ελέγχου. Είναι επίσης σημαντικό να δομηθεί η πορεία του χρήστη και η ροή πληροφοριών που παρουσιάζονται, οι οποίες μειώνουν το συνολικό γνωστικό φορτίο του συστήματος και βελτιώνουν σημαντικά την καμπύλη εκμάθησης της εφαρμογής [12].

Στο σχεδιασμό αλληλεπίδρασης, είναι σημαντικό για τους προγραμματιστές να χρησιμοποιούν τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας που συμπληρώνει τη λειτουργία ή το σκοπό του συστήματος [3]. Για παράδειγμα, η χρήση φίλτρων επαυξημένης πραγματικότητας και ο σχεδιασμός της πλατφόρμας Snapchat επιτρέπουν στους χρήστες να αυξάνουν τις κοινωνικές τους αλληλεπιδράσεις εντός της εφαρμογής. Επιπλέον, οι προγραμματιστές επαυξημένης πραγματικότητας μπορεί να κρίνουν σκόπιμο να έχουν κλίμακα ψηφιακών στοιχείων ή να αντιδρούν στην κατεύθυνση της κάμερας και στο πλαίσιο των αντικειμένων που μπορούν να ανιχνευθούν. Γενικά, ο οπτικός σχεδιασμός είναι η εμφάνιση της εφαρμογής ώστε να προσελκύει τον χρήστη. Για να βελτιώσουν τα στοιχεία διεπαφής και την αλληλεπίδραση των χρηστών, οι σχεδιαστές ενδέχεται να χρησιμοποιούν οπτικά στοιχεία για να ενημερώνουν τον χρήστη με ποια στοιχεία της διεπαφής αλληλεπιδρούν και πώς [8]. Δεδομένου ότι η πλοήγηση σε μια εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας μπορεί να φαίνεται δύσκολη και απογοητευτική, ο οπτικός σχεδιασμός μπορεί να κάνει τις αλληλεπιδράσεις να φαίνονται πιο φυσικές [6].

Σε ορισμένες εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας που χρησιμοποιούν μια δισδιάστατη συσκευή ως διαδραστική επιφάνεια, ένα περιβάλλον ελέγχου δύο διαστάσεων δεν μεταφράζεται καλά στον τρισδιάστατο χώρο κάνοντας τους χρήστες να διστάζουν να εξερευνήσουν το περιβάλλον τους. Για την επίλυση αυτού του ζητήματος, οι σχεδιαστές πρέπει να εφαρμόσουν οπτικά στοιχεία για να βοηθήσουν και να ενθαρρύνουν τους χρήστες [6].

Είναι σημαντικό να σημειωθούν τα δύο κύρια αντικείμενα στο AR κατά την ανάπτυξη εφαρμογών τα οποία είναι, κατά πρώτον, τρισδιάστατα ογκομετρικά αντικείμενα που χειρίζονται και αλληλεπιδρούν ρεαλιστικά με το φως και τη σκιά και, κατά δεύτερον, κινούμενες εικόνες πολυμέσων, όπως εικόνες και βίντεο που είναι ως επί το πλείστον παραδοσιακά δισδιάστατα μέσα που αποδίδονται σε ένα νέο πλαίσιο για επαυξημένη πραγματικότητα [6]. Όταν τα εικονικά αντικείμενα προβάλλονται σε πραγματικό περιβάλλον, είναι δύσκολο για τους σχεδιαστές εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας να διασφαλίσουν μια τέλεια ομαλή ενσωμάτωση σε σχέση με το πραγματικό περιβάλλον, ειδικά με αντικείμενα φτιαγμένα για χώρους δυο διαστάσεων [1]. Ως εκ

τούτου, οι σχεδιαστές μπορούν να προσθέσουν βάρος σε αντικείμενα, να χρησιμοποιήσουν χάρτες βάθους και να επιλέξουν διαφορετικές υφές που επισημαίνουν την παρουσία του αντικειμένου στον πραγματικό κόσμο. Ένας άλλος οπτικός σχεδιασμός που μπορεί να εφαρμοστεί είναι η χρήση διαφορετικών τεχνικών φωτισμού ή σκιών για τη βελτίωση της συνολικής απόδοσης βάθους. Για παράδειγμα, μια κοινή τεχνική φωτισμού είναι απλά η τοποθέτηση μιας πηγής φωτός κάθετα, για τη δημιουργία σκιών σε εικονικά αντικείμενα [25].

3.10 Οι κίνδυνοι της επαυξημένης πραγματικότητας

Σε άρθρο εφημερίδας με τίτλο "Death by Pokémon GO", οι ερευνητές της σχολής διοίκησης Krannert του Πανεπιστημίου Purdue [10] ισχυρίζονται ότι το παιχνίδι προκάλεσε "δυσανάλογη αύξηση των τροχαίων ατυχημάτων και σχετικών ζημιών, προσωπικών τραυματισμών και θανάτων κοντά σε τοποθεσίες, που ονομάζονται PokéStops, όπου οι χρήστες μπορούν να παίζουν το παιχνίδι κατά την οδήγηση. Χρησιμοποιώντας δεδομένα από τον δήμο, το έγγραφο προεκτείνει αυτό που μπορεί να σημαίνει σε εθνικό επίπεδο και κατέληξε στο ακόλουθο συμπέρασμα: «η αύξηση των συντριβών που οφείλεται στην εισαγωγή του Pokémon GO είναι 145.632 με σχετική αύξηση του αριθμού τραυματισμοί 29.370 και σχετική αύξηση στον αριθμό των θανάτων 256 κατά την περίοδο της 6ης Ιουλίου 2016, έως τις 30 Νοεμβρίου 2016» [10].

Περισσότεροι από ένας στους τρεις ερωτηθέντες χρήστες του διαδικτύου θα ήθελαν να επεξεργαστούν στοιχεία γύρω τους, όπως σκουπίδια ή γκράφιτι. Θα ήθελαν ακόμη και να τροποποιήσουν το περιβάλλον τους διαγράφοντας πινακίδες δρόμου, διαφημιστικές πινακίδες και μη ενδιαφέροντα διαφημιστικά [3]. Παρόλο που, αυτό θα μπορούσε να είναι ένας εφιάλτης για πολλές μάρκες, δημιουργεί επίσης τον κίνδυνο οι χρήστες που χρησιμοποιούν γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας να αγνοούν τους γύρω κινδύνους. Οι καταναλωτές θέλουν να χρησιμοποιούν γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας για να αλλάξουν το περιβάλλον τους σε κάτι που αντανάκλα τις προσωπικές τους απόψεις. Περίπου δύο στους πέντε θέλουν να αλλάξουν τον τρόπο εμφάνισης του περιβάλλοντός τους και ακόμη και τον τρόπο με τον οποίο εμφανίζονται οι άνθρωποι [3].

Επιπλέον, τα προβλήματα υπερφόρτωσης και υπερβολικής εμπιστοσύνης είναι ο μεγαλύτερος κίνδυνος της χρήσης επαυξημένης πραγματικότητας. Για την ανάπτυξη νέων προϊόντων που σχετίζονται με αυτή την τεχνολογία, αυτό σημαίνει ότι η διεπαφή χρήστη πρέπει να ακολουθεί ορισμένες οδηγίες, ώστε να μην υπερφορτώνει τον χρήστη με πληροφορίες, ενώ ταυτόχρονα του επιτρέπει να βασίζεται υπερβολικά στο σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας, έτσι ώστε να αγνοεί σημαντικά στοιχεία στο περιβάλλον [5].

Όσον αφορά το ατομικό απόρρητο, υπάρχει η ευκολία πρόσβασης σε πληροφορίες που δεν πρέπει να κατέχονται. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της τεχνολογίας αναγνώρισης προσώπου. Υποθέτοντας ότι ένα σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας μεταδίδει αυτόματα πληροφορίες σχετικά με άτομα που βλέπει ο χρήστης, μπορεί να υπάρχουν ορατές πληροφορίες όπως το ποινικό μητρώο και η οικογενειακή κατάσταση [2].

3.11 Επίλογος

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκε η έννοια της επαυξημένης πραγματικότητας, γνωστή στο ευρύ κοινό ως Augmented Reality ή, με τα αρχικά της, AR. Παρατέθηκε η αποδοχή της από το ευρύ κοινό και η απαραίτητη τεχνική υποδομή για να πραγματοποιηθεί αυτή. Όπως είδαμε, τα πιο δημοφιλή εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για σκοπούς επαυξημένης πραγματικότητας, είναι το head mount display, τα γυαλιά, το head – up display, οι φακοί επαφής, η εικονική οθόνη αμφιβληστροειδούς, το EyeTap, η οθόνη χειρός και άλλα σύγχρονα κινητά συστήματα, ο χάρτης επαυξημένης πραγματικότητας, οι προβολείς και άλλες συσκευές εισόδου. Μετά συζητήθηκαν άλλα σημαντικά τεχνικά ζητήματα ανάπτυξης όπως για παράδειγμα το απαιτούμενο λογισμικό και οι αλγόριθμοι και, τέλος, παρουσιάστηκαν συνοπτικά κάποιοι πιθανοί κίνδυνοι που μπορεί να προκύψουν από τη χρήση επαυξημένης πραγματικότητας.

Κεφάλαιο 4ο: Unity και Vuforia

4.1 Unity

Η Unity είναι μια μηχανή παιχνιδιών πολλαπλών πλατφορμών που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Unity Technologies. Ανακοινώθηκε και κυκλοφόρησε για πρώτη φορά τον Ιούνιο του 2005 στο Worldwide Developers Conference της Apple Inc. ως αποκλειστική μηχανή παιχνιδιών Mac OS X. Μέχρι το 2018, υποστήριζε περισσότερες από 25 πλατφόρμες. Το Unity μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία τρισδιάστατων, δισδιάστατων, εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας παιχνιδιών, καθώς και προσομοιώσεων. Η μηχανή έχει υιοθετηθεί από βιομηχανίες εκτός βιντεοπαιχνιδιών, όπως φιλμ, αυτοκίνητα, αρχιτεκτονική, μηχανική και κατασκευές [35] [32].

4.2 Ιστορία του Unity

Η μηχανή παιχνιδιών Unity κυκλοφόρησε το 2005, με στόχο τον «εκδημοκρατισμό» της ανάπτυξης παιχνιδιών καθιστώντας την προσβάσιμη σε περισσότερους προγραμματιστές. Την επόμενη χρονιά, η Unity αναδείχθηκε δεύτερη στην κατηγορία Best Use of Mac OS X Graphics στα Apple Design Awards της Apple Inc. Το Unity κυκλοφόρησε αρχικά για Mac OS X, προσθέτοντας αργότερα υποστήριξη για προγράμματα περιήγησης, Microsoft Windows και Web [35].

Η δεύτερη έκδοση Unity κυκλοφόρησε το 2007 με περίπου 50 νέες δυνατότητες. Η κυκλοφορία περιελάμβανε βελτιωμένη μηχανή εδάφους για λεπτομερή περιβάλλοντα 3D, δυναμικές σκιές σε πραγματικό χρόνο, φώτα κατεύθυνσης και προβολείς, αναπαραγωγή βίντεο και άλλες λειτουργίες. Η έκδοση πρόσθεσε επίσης δυνατότητες με τις οποίες οι προγραμματιστές θα μπορούσαν να συνεργαστούν πιο εύκολα [35]. Περιλάμβανε επίσης δυνατότητες δικτύωσης για προγραμματιστές με σκοπό τη δημιουργία παιχνιδιών με πολλούς παίκτες με βάση το πρωτόκολλο User Datagram, προσφέροντας δυνατότητες μετάφρασης διεύθυνσης δικτύου, state synchronization¹⁵ και κλήσεις απομακρυσμένης διαδικασίας [11]. Όταν η Apple κυκλοφόρησε το App Store το 2008, η Unity πρόσθεσε γρήγορα υποστήριξη για το iPhone. Για αρκετά χρόνια, το Unity ήταν αρκετά δημοφιλές στα iPhone κινητά και έγινε ευρέως γνωστό από τους προγραμματιστές παιχνιδιών iOS [30].

Το Unity 3.0 κυκλοφόρησε τον Σεπτέμβριο του 2010 με δυνατότητες επέκτασης των δυνατοτήτων γραφικών της μηχανής για επιτραπέζιους υπολογιστές και κονσόλες βιντεοπαιχνιδιών. Εκτός από την υποστήριξη για την πλατφόρμα Android, το Unity 3 παρουσίασε την ενσωμάτωση του εργαλείου Beast Lightmap του Illuminate Labs, την αναβαλλόμενη απόδοση, έναν ενσωματωμένο επεξεργαστή δέντρων, την απόδοση εγγενών γραμματοσειρών, την αυτόματη χαρτογράφηση UV και φίλτρα ήχου, μεταξύ άλλων [35]. Το 2012 η VentureBeat έγραψε: «Λίγες εταιρείες έχουν συμβάλει τόσο στη ροή των ανεξάρτητα παραγόμενων παιχνιδιών όσο η Unity Technologies. Περισσότεροι από 1.3 εκατομμύρια προγραμματιστές χρησιμοποιούν τα εργαλεία της για να δημιουργήσουν παιχνίδια σε

¹⁵ Συγχρονισμός καταστάσεων μεταξύ πελάτη και διακομιστή, ο οποίος παρακολουθεί αλλαγές σε βασικές μεταβλητές.

όλες τις πλατφόρμες». Μια έρευνα του Μαΐου 2012 από το περιοδικό Game Developer έδειξε ότι η Unity είναι η κορυφαία μηχανή παιχνιδιών για κινητά [35].

Τον Νοέμβριο του 2012, η Unity Technologies παρέδωσε το Unity 4.0. Αυτή η έκδοση πρόσθεσε την υποστήριξη για DirectX 11 και Adobe Flash, νέα εργαλεία κινούμενων σχεδίων που ονομάζονται Mecanim και πρόσβαση στην προεπισκόπηση Linux. Ο ιστότοπος Facebook ενσωμάτωσε ένα σετ εργαλείων ανάπτυξης λογισμικού για παιχνίδια χρησιμοποιώντας τη μηχανή παιχνιδιών Unity το 2013 [35] [31]. Αυτό περιείχε εργαλεία που επέτρεπαν την παρακολούθηση διαφημιστικών καμπανιών και τη βαθιά σύνδεση, όπου οι χρήστες συνδέονταν απευθείας από αναρτήσεις κοινωνικών μέσων σε συγκεκριμένα τμήματα εντός παιχνιδιών με εύκολη κοινή χρήση εικόνων εντός παιχνιδιού. Το 2016, το Facebook ανέπτυξε επίσης μια νέα πλατφόρμα παιχνιδιών για υπολογιστές με χρήση Unity. Η Unity παρείχε υποστήριξη στη πλατφόρμα παιχνιδιών του Facebook και οι προγραμματιστές θα μπορούσαν να δημιουργήσουν και να δημοσιεύσουν εκεί ταχύτερα παιχνίδια [11].

Το Verge είπε για την κυκλοφορία του Unity 5 του 2015 [35]: «Το Unity ξεκίνησε με στόχο να κάνει την ανάπτυξη παιχνιδιών καθολικά προσβάσιμη. Το Unity 5 είναι ένα πολύ αναμενόμενο βήμα προς το μέλλον αυτό.» Με το Unity 5, η μηχανή βελτιώθηκε σε φωτισμό και ήχο. Μέσω του WebGL, οι προγραμματιστές Unity θα μπορούσαν να προσθέσουν τα παιχνίδια τους σε συμβατά προγράμματα περιήγησης στο Web χωρίς να απαιτούνται επιπλέον προσθήκες. Το Unity 5.0 προσέφερε παγκόσμιο φωτισμό σε πραγματικό χρόνο, προεπισκοπήσεις χαρτογράφησης φωτός, Unity Cloud, ένα νέο σύστημα ήχου και τη μηχανή φυσικής Nvidia PhysX 3.3. Η πέμπτη γενιά της μηχανής παρουσίασε επίσης τα Cinematic Image Effects [35]. Το Unity 5.6 πρόσθεσε νέο εφέ φωτισμού και σωματιδίων, αύξησε τη συνολική απόδοση της μηχανής και πρόσθεσε εγγενή υποστήριξη για το Nintendo Switch, το Facebook Gameroom, το Google Daydream και το API γραφικών Vulkan. Επίσης εισήγαγε ένα πρόγραμμα αναπαραγωγής βίντεο 4K ικανό να εκτελεί βίντεο 360 μοιρών για εικονική πραγματικότητα [35]. Ωστόσο, ορισμένοι παίκτες επέκριναν την Unity λόγω του μεγάλου όγκου των παιχνιδιών που παράγονται γρήγορα που δημοσιεύονται στην πλατφόρμα διανομής Steam από άπειρους προγραμματιστές. Ο διευθύνων σύμβουλος John Riccitiello είπε σε μια συνέντευξή του ότι πιστεύει πως αυτό αποτελεί παρενέργεια της επιτυχίας της Unity στον εκδημοκρατισμό της ανάπτυξης παιχνιδιών: «Θα ήθελα να δω 50 εκατομμύρια άτομα να χρησιμοποιούν το Unity - αν και δεν νομίζω ότι πρόκειται να φτάσουμε εκεί σύντομα» [11].

4.3 Εισαγωγή στο game development με Unity

Το Unity είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο για τη δημιουργία πρωτοτύπων από παιχνίδια έως διαδραστικές απεικονίσεις.

4.3.1 Interface

Κάθε στοιχείο της unity ονομάζεται GameObject και είναι το βασικό δομικό στοιχείο όλων των Unity games. Οτιδήποτε τοποθετείται σε μια σκηνή στο Unity πρέπει να είναι τυλιγμένο σε ένα από αυτά. Θα μπορούσε κανείς να σκεφτεί τα GameObjects σαν τα στοιχεία <div>, γνωστά στους

κατασκευαστές ιστοσελίδων. Ενώ η αρχική τους μορφή φαίνεται «συμβατική», στην πραγματικότητα είναι εξαιρετικά επεκτάσιμα για τη δημιουργία σύνθετων λειτουργιών ή γραφικών. Τα πάντα, από εφέ, κάμερες, συσκευές αναπαραγωγής, στοιχεία διεπαφής χρήστη και γενικά όλα τα στοιχεία που βρίσκει κανείς στην Unity θεωρούνται GameObject [35].

Τα κύρια στοιχεία της αρχικής οθόνης του προγράμματος θα παρουσιαστούν συνοπτικά στην παρακάτω λίστα [35] θα αναλυθούν στη συνέχεια του κειμένου αυτή της ενότητας.

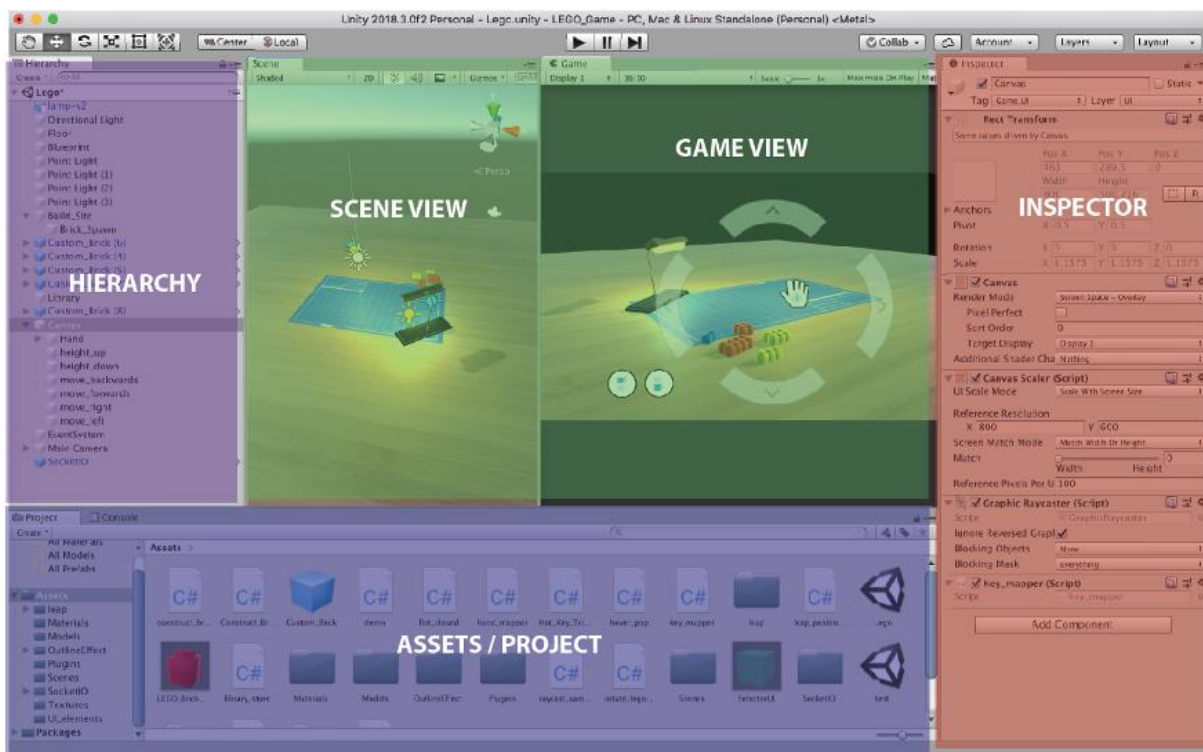
1) Σκηνή: Επιτρέπει την τοποθέτηση και την κίνηση των GameObjects.

2) Game View: Προεπισκόπηση του τρόπου με τον οποίο ο παίκτης θα δει τη σκηνή από την κάμερα.

3) Inspector: Δίνει λεπτομέρειες για το επιλεγμένο GameObject της σκηνής.

4) Assets / Project: Όλα τα prefab, οι υφές, τα μοντέλα, τα scripts κ.λπ. αποθηκεύονται εδώ.

5) Hierarchy: Επιτρέπει την ένθεση και τη δομή του GameObjects στη σκηνή.



Σχήμα 4.1: Η διεπαφή του προγράμματος Unity

- **Hierarchy**

Όπως ένα <div> στην ανάπτυξη ιστού, ένα GameObject είναι επίσης ένα κοντέινερ. Ακριβώς όπως τοποθετούνται <div> για να δημιουργήσετε ποικίλες και επιθυμητές διατάξεις, έτσι γίνεται το ίδιο με τα GameObjects [11]. Η λογική πίσω από την ένθεση αυτών είναι σχεδόν ίδια με την ανάπτυξη ενός ιστότοπου. Στη συνέχεια θα δοθούν μερικά επιπλέον παραδείγματα προς αυτό το ζήτημα [35].

- **Ακαταστασία και αποτελεσματικότητα**

Σε μια ιστοσελίδα: Υπάρχουν πολλά παρόμοια στοιχεία τα οποία μπορεί να δημιουργηθούν δυναμικά ως απάντηση στην αλληλεπίδραση των χρηστών και χρειάζεται να διατηρηθούν τακτοποιημένα [31].

Unity: Για παράδειγμα, ο χρήστης επιθυμεί να δημιουργήσει ένα κλώνο του παιχνιδιού Minecraft και γι' αυτό έχει πολλά μπλοκ στη σκηνή. Πρέπει να προστεθούν και να αφαιρεθούν τμήματα μπλοκ από τη σκηνή για λόγους απόδοσης. Έτσι, έχοντας τους «γονείς» σε ένα άδειο GameObject για κάθε κομμάτι έχει νόημα, καθώς η διαγραφή του γονέα κομματιού αφαιρεί όλα τα μπλοκ των παιδιών [35] [31].

- **Θέση**

Σε μια ιστοσελίδα: Υπάρχει ανάγκη να διατηρηθεί η θέση του περιεχομένου που περιέχεται «σχετικά» με το κοντέινερ και όχι με την ιστοσελίδα.

Unity: Έχουν δημιουργηθεί μια σειρά από βοηθητικά drones που αιωρούνται γύρω από τη συσκευή αναπαραγωγής. Αντί να δημιουργηθεί επιπλέον κώδικας για να κυνηγήσουν αυτά τον παίκτη, δημιουργούνται ως παιδιά του αντικειμένου του παίκτη [35].

4.3.2 Βασικά Στοιχεία Unity

- **Το μοντέλο του «ηθοποιού»**

Τα GameObjects από μόνα τους είναι αρκετά. Για να προσθέσουμε λειτουργικότητα σε αυτά πρέπει να προσθέσουμε στοιχεία, τα οποία είναι ουσιαστικά κώδικας γραμμένος είτε σε C# είτε σε Javascript. Το Unity λειτουργεί με ένα μοντέλο Actor/Component, δηλαδή με απλά λόγια τα GameObjects είναι οι «ηθοποιοί» και τα Components είναι τα σενάρια [35] [30].

Η ιδέα είναι η δημιουργία μικρών επαναχρησιμοποιήσιμων στοιχείων όπως κουμπιά, στοιχεία φόρμας, ευέλικτες διατάξεις που έχουν διάφορες διαφορετικές οδηγίες και προσαρμόσιμες ιδιότητες.

Στη συνέχεια, η συγκέντρωση αυτών των μικρών στοιχείων δημιουργεί μεγαλύτερες ιστοσελίδες. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι το επίπεδο επαναχρησιμοποίησης μεταξύ των στοιχείων. Στην ανάπτυξη παιχνιδιών, θέλουμε να ελαχιστοποιήσουμε τον κίνδυνο ανεπιθύμητων παρενεργειών. Τα μικρά σφάλματα τείνουν να ξεφεύγουν από τον έλεγχο εάν ο προγραμματιστής δεν είναι προσεκτικός και είναι εξαιρετικά δύσκολο να εντοπιστούν. Έτσι, η δημιουργία μικρών και επαναχρησιμοποίησιμων εξαρτημάτων είναι κρίσιμη [35] [31].

- **Βασικά ενσωματωμένα στοιχεία [35]**

1) **Mesh Filter:** Επιτρέπει να αντιστοιχηθούν υλικά σε τρισδιάστατο πλέγμα σε ένα GameObject.

2) **Mesh Render:** Επιτρέπει να αντιστοιχηθεί υλικό σε ένα 3D Mesh.

3) **Mesh Collider:** Επιτρέπει την ανίχνευση του GameObject κατά τη διάρκεια συγκρούσεων.

4) **Rigidbody:** Επιτρέπει τη ρεαλιστική προσομοίωση φυσικής με τρισδιάστατα πλέγματα και την πρόκληση συμβάντων σε συγκρούμενα αντικείμενα.

5) **Φως:** Φωτίζει τμήματα της σκηνής.

6) **Κάμερα:** Ορίζει τη θύρα προβολής που θα επισυνάπτεται σε ένα GameObject.

7) Διάφορα στοιχεία καμβά διεπαφής χρήστη για εμφάνιση GUI.

Τα components ελέγχουν κυρίως τη φυσική και τα γραφικά, αλλά για να δημιουργήσει κανείς ένα παιχνίδι, θα πρέπει να προβλέψει την είσοδο του χρήστη και να χειριστείτε αυτά τα στοιχεία, καθώς και τα ίδια τα GameObjects [35].

4.3.3 Δομή ενός MonoBehaviour

- **Βασικές λειτουργίες**

Όλα τα στοιχεία κληρονομούνται από την κλάση MonoBehaviour. Περιλαμβάνει διάφορες τυπικές μεθόδους, από τις οποίες οι πιο σημαντικές είναι [35]:

1) Start(): καλείται κάθε φορά που ένα αντικείμενο που περιέχει το σενάριο δημιουργείται στη σκηνή. Αυτό είναι χρήσιμο όποτε θέλουμε να εκτελέσουμε κάποιον κώδικα αρχικοποίησης, όπως ο ορισμός του εξοπλισμού ενός παίκτη στην αρχή του αγώνα.

2) Update(): καλείται σε κάθε καρτέ. Εδώ θα συμπεριληφθεί το μεγαλύτερο μέρος του κώδικα που περιλαμβάνει την είσοδο του χρήστη, ενημερώνοντας διάφορες ιδιότητες.

- **Μεταβλητές Inspector**

Συχνά υπάρχει η επιθυμία τα components ενός παιχνιδιού να γίνουν όσο το δυνατόν πιο ευέλικτα. Για παράδειγμα, σε ένα πολεμικό παιχνίδι, όλα τα όπλα μπορεί να έχουν διαφορετική ζημιά, ρυθμό βολής, ή εμβέλεια οπτικής. Ενώ όλα τα όπλα είναι ουσιαστικά η ίδια βασική ύλη, μπορεί στις απαιτήσεις ενός έργου να υπάρξει η γρήγορη δημιουργία διαφορετικών παραλλαγών. Ένα άλλο παράδειγμα γι' αυτή την περίπτωση φαίνεται κατά τη δημιουργία ενός στοιχείου διεπαφής χρήστη, το οποίο θα παρακολουθεί τις κινήσεις του ποντικιού και τοποθετεί έναν κέρσορα στην οθόνη. Εδώ ίσως υπάρχει η επιθυμία να ελεγχτεί η ευαισθησία του δρομέα στις κινήσεις, προβλέποντας και την περίπτωση ο χρήστης να χρησιμοποιούσε χειριστήριο ή gamepad αντί ποντικιού υπολογιστή. Επομένως, θα ήταν λογικό να αλλάζονται εύκολα αυτές τις μεταβλητές τόσο σε κατάσταση επεξεργασίας όσο και κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης [35] [31].

Οι μεταβλητές στον inspector μπορούν να αλλάξουν ανά πάσα στιγμή κατά τη διάρκεια του χρόνου εκτέλεσης ή της λειτουργίας επεξεργασίας. Οι αλλαγές που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια του χρόνου εκτέλεσης δεν θα είναι μόνιμες. Αυτό μπορεί να γίνει εύκολα δηλώνοντάς τα ως δημόσιες μεταβλητές στο σώμα του κώδικα [35]. Οι μεταβλητές μπορούν να έχουν διαφορετικά επίπεδα πρόσβασης, ιδιωτικά, δημόσια ή προστατευμένα, αλλά παράλληλα είναι εφικτό να μην εμφανίζονται στο παράθυρο του Inspector.

- **Είσοδος χρήστη**

Γενικά το παιχνίδι είναι αναγκαίο να ανταποκρίνεται στις πληροφορίες των χρηστών. Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι για να γίνει αυτό είναι να χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθες μέθοδοι στη συνάρτηση Update() [35] [31]:

1) Input.GetKey (KeyCode.W): Επιστρέφει το πλήκτρο True W που είναι πατημένο.

2) Input.GetKeyDown (KeyCode.W): Επιστρέφει True όταν πατιέται το πλήκτρο W.

3) Input.GetAxis ("Vertical") / Input.GetAxis ("Horizontal"): Επιστρέφει μεταξύ -1,1 ανάλογα με την κίνηση εισόδου του ποντικιού του υπολογιστή.

- **Χειρισμός GameObjects**

Μετά την είσοδο χρήστη στο παιχνίδι, προβλέπεται προγραμματιστικά το GameObjects στη σκηνή μας να ανταποκριθεί. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αποκρίσεων που μπορούν να εξεταστούν, με δημοφιλέστερους τους ακόλουθους:

- **Μετακίνηση, περιστροφή, μεγέθυνση**
- **Δημιουργία νέων GameObjects**
- **Αποστολή μηνυμάτων σε υπάρχοντα GameObjects ή και components**

Σε γενικές γραμμές, είναι καλή πρακτική να χρησιμοποιείται η τοπική θέση και περιστροφή και όχι η καθολική θέση ή περιστροφή ενός αντικειμένου. Αυτό συνήθως καθιστά ευκολότερη την κίνηση αντικειμένων με τρόπο που έχει νόημα, καθώς ο τοπικός άξονας θα προσανατολίζεται και θα επικεντρώνεται στο αντικείμενο γονέα αντί για την παγκόσμια προέλευση του αντικειμένου και τις κατευθύνσεις x, y, z. Όπως φαίνεται, υπάρχουν στοιχεία χρήσης γραμμικής άλγεβρας πίσω από τη λογική αυτού του παιχνιδιού [35].

- **Δημιουργία νέων GameObjects**

Δεδομένου ότι GameObjects είναι βασικά όλα τα στοιχεία που αποτελούν τη σκηνή, υπάρχει συχνά η ανάγκη να μπορούν να δημιουργηθούν εν κινήσει. Για παράδειγμα, εάν το παιχνίδι έχει κάποιο είδος εκτοξευτή βλήματος, ίσως πρέπει να μπορούν να δημιουργηθούν βλήματα εν κινήσει, τα οποία έχουν τη δική τους λογική για την πτήση, την αντιμετώπιση ζημιών και άλλες ανάλογες περιπτώσεις [35].

Γι' αυτό τον λόγο είναι αναγκαία η κατασκευή Prefab. Η δομή αυτή δημιουργείται απλά σύροντας οποιοδήποτε GameObject που ανήκει στην ιεραρχία της σκηνής στο φάκελο asset. Αυτό αποθηκεύει ουσιαστικά ένα πρότυπο του αντικειμένου που είχαμε στη σκηνή μας το οποίο διαθέτει όλες τις ειδικές διαμορφώσεις που έχουν δοθεί από τον προγραμματιστή [32].

Μόλις δημιουργηθούν αυτά τα προκατασκευασμένα στοιχεία της σκηνής, μπορούμε να τα αντιστοιχίσουμε σε μεταβλητές σε οποιοδήποτε στοιχείο της σκηνής, έτσι ώστε να μπορούν να δημιουργηθούν νέα GameObjects ανά πάσα στιγμή. Στη συνέχεια, όταν αρχικοποιηθούν όλα τα prefabs, ο χρήστης μπορεί να τα χειριστεί σε οποιαδήποτε επιθυμητή τοποθεσία στη σκηνή [35].

- **Πρόσβαση σε άλλα GameObjects και Components**

Συχνά πρέπει να επικοινωνήσουμε με άλλα GameObjects καθώς και με τα αντίστοιχα συστατικά τους. Μόλις υπάρξει αναφορά σε ένα αντικείμενο παιχνιδιού, η διαδικασία που θα ακολουθηθεί είναι αρκετά απλή [31].

```
ComponentName comp = some_game_object.GetComponent <ComponentName> ();
```

Μετά από αυτό είναι εφικτό να αποκτηθεί πρόσβαση σε οποιαδήποτε από τις δημόσιες μεθόδους ή και μεταβλητές του στοιχείου για να χειριστείτε το GameObject. Αυτό είναι το απλό κομμάτι, ωστόσο στην πραγματικότητα η λήψη της αναφοράς στο GameObject μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους [35].

- **Πρόσβαση μέσω μεταβλητής**

Αυτή είναι η πιο απλή περίπτωση, η οποία δημιουργείται μέσω μιας δημόσιας μεταβλητής για το GameObject, και κατόπιν με το να τη σύρει και να αποθέσει ο χρήστης με το χέρι στο στοιχείο που τον ενδιαφέρει μέσω του inspector. Στη συνέχεια, αποκτά πρόσβαση στη μεταβλητή όπως παραπάνω [35] [32].

- **Πρόσβαση μέσω προσθήκης ετικετών**

Αυτό πραγματοποιείται μέσω της επισήμανσης των GameObjects ή των prefabs μέσω του inspector και στη συνέχεια με τη χρήση των λειτουργιών εύρεσης αντικειμένου παιχνιδιού για να εντοπιστούν αναφορές σε αυτά [11]. Αυτό γίνεται απλά με μια δήλωση κώδικα όπως η παρακάτω:

```
GameObject some_game_object = GameObject.FindGameObjectWithTag ("Brick");
```

- **Πρόσβαση μέσω μετασχηματισμού**

Εάν ο χρήστης επιθυμεί να αποκτήσει πρόσβαση σε στοιχεία σε κάποιο αντικείμενο – γονέα στην ιεραρχία, μπορεί με εύκολο τρόπο να το πραγματοποιήσει μέσω του χαρακτηριστικού μετασχηματισμού που παρατίθεται στη συνέχεια:

```
ComponentName comp = gameObject.transform.parent.GetComponent <ComponentName> ();
```

- **Πρόσβαση μέσω SendMessage**

Εναλλακτικά, εάν χρειάζεται να σταλεί ένα μήνυμα σε πολλά στοιχεία ή ένα αντικείμενο που έχει πολλά επίπεδα ένθετης ιεραρχίας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποια συνάρτηση αποστολής

μηνύματος, η οποία λαμβάνει το όνομα της συνάρτησης ακολουθούμενη από τα απαιτούμενα ορίσματα [11] [31]:

```
gameObject.SendMessage ("MethodName", parameters); // Μήνυμα αναμετάδοσης
```

```
gameObject.SendMessageUpwards ("MethodName", parameters); // Λαμβάνεται μόνο από στοιχεία που είναι ένθετα νωρίτερα στον ίδιο κώδικα.
```

- **Raycasting**

Αυτή η πρακτική εμφανίζεται συνήθως σε παιχνίδια τύπου First Person Shooter που βασίζονται σε νόμους της φυσικής ή γενικά είναι βασισμένα στη λειτουργία ακτινών. Γενικά το Raycasting ουσιαστικά μοιάζει με δείκτη λέιζερ, ο οποίος, όταν έρχεται σε επαφή με έναν collider ή κάποιο rigidbody, επιστρέφει ένα «χτύπημα» το οποίο περιέχει τις λεπτομέρειες του αντικειμένου. Στη συνέχεια, θα παρατεθούν δύο σενάρια όπου αυτό είναι βολικό, αλλά γενικά υπάρχουν πιθανώς πολλά περισσότερα [35].

Εάν σχεδιάζεται ένα οπλικό σύστημα για ένα παιχνίδι, θα ήταν σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί η εκπομπή ακτινών για την ανίχνευση χτυπήματος και ακόμη και να προσαρμοστεί το μήκος της ακτίνας έτσι ώστε τα αντικείμενα να «χτυπήσουν» μόνο σε μικρές αποστάσεις [30].

Κατά δεύτερον, μπορεί να δημιουργηθεί μια ακτίνα προερχόμενη από το δείκτη του ποντικιού σε ένα σημείο στον τρισδιάστατο χώρο, δηλαδή αν υπάρχει η επιθυμία ο χρήστης να μπορεί να επιλέξει αντικείμενα με το ποντίκι του σε ένα παιχνίδι στρατηγικής. Όπως είναι φανερό, ο κώδικας για να δημιουργηθεί αυτό το σενάριο είναι λίγο πιο περίπλοκος. Το βασικό πράγμα που πρέπει να γίνει κατανοητό είναι ότι για να πέσει μια ακτίνα στο σημείο που δείχνει το ποντίκι σε τρισδιάστατο χώρο απαιτείται ο μετασχηματισμός ScreenPointToRay. Ο λόγος για αυτό είναι ότι η κάμερα αποδίδει έναν τρισδιάστατο χώρο ως μια δισδιάστατη θύρα προβολής στην οθόνη ενός προσωπικού υπολογιστή σας, οπότε φυσικά υπάρχει μια προβολή που απαιτεί να μεταφραστεί κατάλληλα για να χρησιμοποιηθεί σωστά πίσω στον τρισδιάστατο χώρο [35].

- **Ανίχνευση σύγκρουσης**

Νωρίτερα αναφέραμε τα στοιχεία Collider και RigidBody τα οποία μπορούν να προστεθούν σε ένα αντικείμενο. Ο κανόνας για τις συγκρούσεις μεταξύ αντικειμένων είναι ότι το ένα αντικείμενο που συμμετέχει στη διαδικασία πρέπει να έχει ένα άκαμπτο σώμα και το άλλο ένα collider ή, εναλλακτικά, και τα δύο να περιέχουν και τα δύο συστατικά. Έπειτα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι μέθοδοι OnCollisionEnter, OnCollisionStay και OnCollisionExit για να ανταποκριθούμε σε συγκρούσεις. Μόλις έχουμε τις πληροφορίες σύγκρουσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το υπεύθυνο GameObject ώστε να υπάρξει αλληλεπίδραση με εξαρτήματα που συνδέονται με αυτό [35].

Ένα πράγμα που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι τα άκαμπτα σώματα υπόκεινται σε κανόνες φυσικής όπως η βαρύτητα, στην περίπτωση των αντικειμένων, οπότε ο χρήστης επιθυμεί το μέγεθος αυτό να μεταβληθεί, θα πρέπει να υπάρξει μεταβολή στο μέγεθος is_kinematic [31].

- **Δημιουργία γραφικού περιβάλλοντος χρήστη**

Η Unity διαθέτει έναν πλήρως εξοπλισμένο μηχανισμό διεπαφής χρήστη για τη διαμόρφωση του γραφικού περιβάλλοντος χρήστη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε παιχνίδι. Γενικά, αυτά τα εξαρτήματα λειτουργούν αρκετά παρόμοια με την υπόλοιπη μηχανή [32].

- **Επέκταση του Editor**

Το Unity δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να προσθέσει προσαρμοσμένα κουμπιά στον inspector, ώστε να μπορεί να επηρεάσει τη σκηνή κατά τη λειτουργία επεξεργασίας. Για παράδειγμα, για να γίνει πιο αποδοτική η οικοδόμηση του κόσμου, μπορείτε να αναπτυχθεί ένα προσαρμοσμένο παράθυρο για την κατασκευή αρθρωτών σπιτιών [35].

- **Animations**

Το Unity διαθέτει ένα σύστημα animation που βασίζεται σε γραφήματα, το οποίο επιτρέπει να συνδυάζονται και να ελέγχονται κινούμενες εικόνες σε διάφορα αντικείμενα [32].

- **Υλικά και Physically Based Rendering**

Το Unity τρέχει μια μηχανή απόδοσης γραφικών με φυσική βάση, η οποία επιτρέπει φωτισμό σε πραγματικό χρόνο και ρεαλιστικά υλικά. Η πραγματικότητα είναι ότι είτε θα πρέπει πρώτα να μάθει ο χρήστης τρισδιάστατη μοντελοποίηση είτε να χρησιμοποιήσει μοντέλα που έχουν κατασκευαστεί και βελτιστοποιηθεί από κάποιον άλλο πριν φτάσετε σε αυτό το σημείο, προκειμένου να φτιάξει πράγματα που πραγματικά φαίνονται καλά [35].

4.4 Vuforia

Το Vuforia είναι ένα σετ εργαλείων ανάπτυξης λογισμικού¹⁶ για φορητές συσκευές που επιτρέπει τη δημιουργία εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας. Χρησιμοποιεί τεχνολογία υπολογιστικής όρασης για να αναγνωρίζει και να παρακολουθεί επίπεδες εικόνες και τρισδιάστατα αντικείμενα σε πραγματικό χρόνο [36]. Αυτή η δυνατότητα εγγραφής εικόνας επιτρέπει στους προγραμματιστές να τοποθετούν και να προσανατολίζουν εικονικά αντικείμενα, όπως τρισδιάστατα μοντέλα και άλλα μέσα, σε σχέση με αντικείμενα πραγματικού κόσμου όταν προβάλλονται μέσω της κάμερας μιας κινητής συσκευής. Στη συνέχεια, το εικονικό αντικείμενο παρακολουθεί τη θέση και τον προσανατολισμό της εικόνας σε πραγματικό χρόνο, έτσι ώστε η προοπτική του θεατή για το αντικείμενο να αντιστοιχεί στην προοπτική του στόχου. Φαίνεται λοιπόν ότι το εικονικό αντικείμενο είναι μέρος της πραγματικής σκηνής [36]. Το Vuforia SDK υποστηρίζει μια ποικιλία μορφών

¹⁶ SDK

δισδιάστατων και τρισδιάστατων στόχων, όπως για παράδειγμα οι στόχοι εικόνας χωρίς σήμανση, ο στόχος μοντέλου 3D και μια μορφή διευθυνσιοδοτούμενου Fiducial Marker, ευρέως γνωστού ως VuMark. Οι πρόσθετες δυνατότητες του SDK περιλαμβάνουν τον εντοπισμό συσκευών ελευθερίας 6 μοιρών στο χώρο, την εντοπισμένη ανίχνευση απόφραξης με τη χρήση εικονικών κουμπιών, την επιλογή στόχου εικόνας χρόνου εκτέλεσης και τη δυνατότητα δημιουργίας και αναδιάρθρωσης συνόλων στόχων μέσω προγραμματισμού κατά το χρόνο εκτέλεσης [37].

Η Vuforia παρέχει διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών¹⁷ σε γλώσσες όπως οι C ++, Java, Objective - C ++ και .NET μέσω μιας επέκτασης στη μηχανή παιχνιδιών Unity. Με αυτόν τον τρόπο, το SDK υποστηρίζει τόσο την εγγενή ανάπτυξη για τις πλατφόρμες iOS, Android και UWP, ενώ επιτρέπει επίσης την ανάπτυξη εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας μέσω Unity που είναι εύκολα φορητές και στις δύο πλατφόρμες [36]. Οι τελευταίες εκδόσεις του Unity έχουν ενσωματωμένο το Vuforia, οπότε οι προγραμματιστές δεν χρειάζεται πλέον να ενοχλούνται από την εγκατάσταση του SDK. Η Vuforia υποστηρίζει πολλές συσκευές όπως οι Android 4.4.+ και iOS 11+, αλλά ορισμένες λειτουργίες, όπως το Ground Plane ή τα Model Targets απαιτούν πολύ περισσότερα από ένα σύγχρονο κινητό τηλέφωνο και ένα κατάλληλο λειτουργικό σύστημα [10].

Για να χρησιμοποιηθεί το SDK είναι απαραίτητο κάποιο κλειδί άδειας. Η Vuforia προσφέρει μια άδεια ανάπτυξης για μάθηση και μη εμπορική χρήση, η οποία έχει σχεδόν την πλήρη λίστα χαρακτηριστικών [36]. Υπάρχει όμως ένα πράγμα που μπορεί να είναι απογοητευτικό για τον μέσο χρήστη, δηλαδή ένα υδατογράφημα Vuforia στο κάτω μέρος της οθόνης και όριο VuMark με μέγιστο 100 [37].

Γενικά, οι ικανότητες του Vuforia SDK μπορούν να διαχωριστούν σε τρία μέρη:

- 1) Αναγνώριση εικόνας
- 2) Αναγνώριση αντικειμένων
- 3) Επιπρόσθετα χαρακτηριστικά

- **Αναγνώριση εικόνας**

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του Vuforia είναι η αναγνώριση εικόνας σε πραγματικό χρόνο. Μια εικόνα πρέπει να προετοιμαστεί για να αναγνωρίζεται από την εφαρμογή. Πρέπει να είναι τύπου .png ή .jpeg και να έχει μέγεθος όχι μεγαλύτερο από 2 Mb [36]. Η εικόνα δεν πρέπει να είναι μονότονη διότι όσο περισσότερες λεπτομέρειες έχει, τόσο καλύτερη θα είναι η αναγνώριση. Αφού προετοιμαστεί η εικόνα, πρέπει να ανέβει σε λογαριασμό Vuforia με χρήση το Vuforia Target Manager. Αφού ανέβει η εικόνα, η Vuforia την αξιολογεί από 0 έως 5. Όσο περισσότερα αστέρια παίρνει η εικόνα, τόσο καλύτερα θα αναγνωριστεί. Η Vuforia προσφέρει δύο τρόπους αποθήκευσης δεδομένων για τις εικόνες στόχους: 1) τον τοπικό, με χρήση της βάσης δεδομένων μιας συσκευής και 2) τον cloud, ο οποίος χρησιμοποιεί τη βάση δεδομένων αναγνώρισης cloud [36] [37].

Γενικά ο τοπικός τρόπος αποθήκευσης είναι απλός στη χρήση. Συγκεκριμένα η εικόνα πρέπει να ανέβει στο Vuforia Target Manager και να κατέβει στη συσκευή ολόκληρη η βάση δεδομένων [10]. Μετά από αυτό προσθέτεται αυτή η βάση δεδομένων στην εφαρμογή σας, χωρίς να έχει σημασία τι είδους πλατφόρμα χρησιμοποιείται, και πραγματοποιείται σύνδεση. Εάν χρειαστεί να προστεθεί μια

¹⁷ API

νέα εικόνα, θα πρέπει να συνδεθεί ξανά η βάση δεδομένων και να κατασκευαστεί εκ νέου η εφαρμογή [37].

Με τη βάση δεδομένων αναγνώρισης cloud δεν χρειάζεται να γίνει λήψη της βάσης δεδομένων, διότι όλα περνούν μέσω του Διαδικτύου. Για παράδειγμα, εάν προστεθεί μια νέα εικόνα στη βάση δεδομένων, μπορείτε να εντοπιστεί στο τηλέφωνό του χρήστη σχεδόν αμέσως εάν, φυσικά, υπάρχει σύνδεση στο Διαδίκτυο. Αυτή η επιλογή είναι βολική διότι δεν χρειάζεται να γράφεται κάθε φορά κάθε μεμονωμένος διακομιστής ώστε να ανακτήσει ο χρήστης τις εικόνες-στόχους και δεν χρειάζεται να κατασκευαστεί εκ νέου η εφαρμογή [36].

Η Vuforia έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύσει όχι μόνο επίπεδες εικόνες, αλλά και κυλινδρικές, για παράδειγμα, ετικέτες σε φιάλες και βάζα. Για να δημιουργηθεί μια τέτοια εικόνα στόχο, ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει την διάμετρο της πάνω πλευράς του αντικειμένου, την κάτω διάμετρο και το πλευρικό μήκος του κυλινδρικού αντικειμένου που χρησιμοποιεί [36].

Θα ήταν λάθος να μην αναφερθεί η δυνατότητα VuMark που προσφέρει η εφαρμογή. Συγκεκριμένα, το VuMark είναι μια εικόνα που περιέχει μια άλλη κωδικοποιημένη εικόνα. Σε γενικές γραμμές, είναι ένας κωδικός QR, αλλά επόμενης γενιάς, που δημιουργήθηκε από τους προγραμματιστές της Vuforia. Σε αντίθεση με τους γραμμικούς κώδικες, τα VuMarks ταιριάζουν με φυσικό τρόπο σε μια εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας και δεν αποσπούν την προσοχή του χρήστη [36]. Το VuMark υποστηρίζει διάφορες μορφές εγγραφής όπως οι String, Numeric και Byte. Αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία: Περίγραμμα, περίγραμμα, καθαρός χώρος, κώδικας ή και στοιχεία, περιοχή φόντου ή και σχεδίασης. Το περίγραμμα είναι ένα μέρος του VuMark που αναζητά η Vuforia στην αρχή και μόνο μετά από αυτό διαβάζει τα δεδομένα. Σε γενικές γραμμές, είναι μια ένωση μεταξύ των συνόρων του φόντου και του καθαρού χώρου. Το στοιχείο περιγράμματος είναι το περίγραμμα ενός VuMark. Ο καθαρός χώρος είναι μια υποχρεωτική κενή περιοχή [36]. Απαιτείται να παρέχει αντίθεση και να διευκολύνει την αναγνώριση. Ο κωδικός και τα στοιχεία είναι κωδικοποιημένα δεδομένα που έχουν δύο καταστάσεις την 0 για το φωτεινό και την 1 για το σκοτεινό. Όσο περισσότερα στοιχεία υπάρχουν σε ένα σχέδιο, τόσο μεγαλύτερη είναι η δυνατότητα κωδικοποίησης των δεδομένων. Τέλος, η περιοχή σχεδίασης είναι: αυτή η περιοχή που μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιαδήποτε περιοχή που δεν χρησιμοποιείται για ανίχνευση [37][36].

- **Αναγνώριση αντικειμένων**

Ένα άλλο πράγμα που μπορεί να κάνει η Vuforia είναι να εντοπίσει ένα αντικείμενο 3D σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η τεχνολογία ονομάζεται Model Target. Για να μπορέσει η Vuforia να αναγνωρίσει ένα αντικείμενο στον πραγματικό κόσμο, πρέπει να ανέβει ένα τρισδιάστατο μοντέλο CAD ή μια τρισδιάστατη σάρωση ενός αντικειμένου που χρησιμοποιήθηκε προγενέστερα στο Vuforia Target Manager. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μέγεθος ενός αντικειμένου μπορεί να ποικίλει από ένα μικρό παιχνίδι έως ένα αρχιτεκτονικό ορόσημο ή έναν ουρανοξύστη [36]. Το Model Target είναι μια αρκετά περίπλοκη τεχνολογία, οπότε για να αναγνωριστεί καλά το αντικείμενο, πρέπει να τηρεί τους ακόλουθους κανόνες:

- 1) Σταθερή θέση στο χώρο. Το αντικείμενο πρέπει να είναι στατικό και να μην κινείται. Ο χρήστης μπορεί να περιηγηθεί και να το δει από διαφορετικές οπτικές γωνίες [36].

2) Το αντικείμενο πρέπει να είναι χρωματιστό και όχι μονότονο. Θα ήταν ακόμη καλύτερο αν έχει κάποιο είδος μοτίβου. Διαφορετικά, η Vuforia δεν θα μπορεί να το βρει. Μια σημαντική παρατήρηση - το χρώμα ενός πραγματικού αντικειμένου μπορεί να διαφέρει από το χρώμα του μοντέλου CAD που ανεβάζετε στο Vuforia Target Manager [36].

3) Το αντικείμενο πρέπει να είναι περίπλοκο, δηλαδή να μην διαθέτει απλά τετράγωνα, κύκλους ή τρίγωνα. Η πολυπλοκότητα είναι το κλειδί για την αναγνώριση. Θα πρέπει επίσης να αποφευχθούν τα συμμετρικά αντικείμενα, καθώς η Vuforia δεν θα μπορεί να αναγνωρίσει τη γωνία με την οποία η κάμερα κοιτάει το αντικείμενο [36].

4) Μη ευέλικτο και άκαμπτο μοντέλο. Θα ήταν καλό το μοντέλο να είναι ίδιο με το πραγματικό μοντέλο. Ακόμα κι αν το Model Target έχει κάποια περιθώρια για απόκλιση, υπάρχει πάντα η πιθανότητα να μην αναγνωρίσει το μοντέλο ή να το αναγνωρίσει αναποτελεσματικά [36].

5) Το μοντέλο πρέπει να είναι ματ στην υφή. Είναι λογικό ότι η Vuforia είναι δύσκολο να αναγνωρίσει γυαλί, διαφανή ή γυαλιστερά αντικείμενα διότι οι άκρες των αντικειμένων δεν είναι ορατές επειδή το φως αναπηδά από αυτές [36].

Εκτός αυτού, πρέπει να προετοιμάσει το μοντέλο CAD, το οποίο θα πληροί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- **Το μοντέλο πρέπει να περιέχει το πολύ 400.000 πολύγωνα, 10 μέρη και 5 υφές [36].**
- **Πρέπει να γίνεται χρήση ενός δεξιού συστήματος συντεταγμένων [36].**
- **Το μοντέλο πρέπει να έχει όσο το δυνατόν λιγότερες τρύπες και ρωγμές [36].**
- **Οι υφές και τα χρώματα πρέπει να εμφανίζονται σωστά [36].**

Δυστυχώς σύμφωνα με την παρούσα κατάσταση, αυτή η τεχνολογία δεν λειτουργεί σε όλες τις συσκευές.

- **Πρόσθετα χαρακτηριστικά**

Εκτεταμένη παρακολούθηση: τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την εμφάνιση πληροφοριών σχετικά με έναν στόχο, ακόμη και αν ο στόχος δεν είναι πλέον στο οπτικό πεδίο της κάμερας. Η τεχνολογία ενεργοποιείται αυτόματα όταν το Positional Device Tracker είναι ενεργοποιημένο [36].

Επίπεδο εδάφους: τεχνολογία για την ανίχνευση οριζόντιων επιπέδων και την τοποθέτηση του περιεχομένου χρησιμοποιώντας σημεία αγκύρωσης. Χρησιμοποιεί την εικόνα από την κάμερα της συσκευής για να αναλύσει τον χώρο γύρω από αυτήν [36]. Το επίπεδο του εδάφους μπορεί να λειτουργεί τόσο εντός κάποιου χώρου, όσο και εκτός εάν ακολουθούνται αυτές οι συστάσεις:

- **Οι συνθήκες φωτισμού πρέπει να είναι σταθερές, όχι πολύ φωτεινές και όχι πολύ σκοτεινές [36].**
- **Πρέπει να αποφεύγονται οι έντονες και σκούρες σκιές [36].**
- **Μια επιφάνεια δεν πρέπει να είναι μονότονη. Όσο περισσότερες λεπτομέρειες έχει, τόσο καλύτερη θα είναι η αναγνώριση [36].**

Όπως και το Model Target, αυτή η τεχνολογία είναι διαθέσιμη σε περιορισμένο αριθμό συσκευών, δεδομένου ότι βασίζεται στη λήψη δεδομένων από τα προγράμματα ARCore και ARKit [36].

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του λογισμικού Vuforia.

Πλεονεκτήματα

- **Είναι εύκολο να αναπτυχθεί κάποιο έργο σε αυτό όταν συνδυάζεται με την μηχανή Unity. Επιπλέον, είναι ενσωματωμένο στις τελευταίες εκδόσεις Unity, το οποίο βοηθά στην αποφυγή πολλών προβλημάτων εγκατάστασης [36].**
- **Ένα πλεονέκτημα για προγραμματιστές είναι η ύπαρξη ικανοποιητικού περιεχομένου κατασκευασμένου από τρίτους για αυτήν την πλατφόρμα [36].**
- **Σχετικά πλούσια λειτουργικότητα, η οποία εκτείνεται από την αναγνώριση απλών εικόνων έως την παρακολούθηση ενός οριζόντιου επιπέδου [36].**
- **Υπάρχει δωρεάν έκδοση, παρόλο που έχει περιορισμένη λειτουργικότητα [36].**

- Είναι δυνατή η προσθήκη νέων target μέσω του Διαδικτύου μέσω Cloud Recognition Service χωρίς να χρειάζεται να κατασκευαστεί ένας νέος διακομιστής για να τους κρατηθούν εκεί [36].
- Καλή αναγνώριση targets. Ακόμα κι αν είναι target 3 αστέρων, η Vuforia θα μπορεί να την αναγνωρίσει, αν και όχι αμέσως [36].
- Πρωτότυπη τεχνολογία VuMark [36].
- Υποστηρίζει εγγενείς εφαρμογές για πλατφόρμες Android ξεκινώντας από την έκδοση 4.4.4 και για αυτές της iOS από την έκδοση 11 [36].
- Υποστηρίζει σχετικά μεγάλο αριθμό σύγχρονων κινητών τηλεφώνων. Επί του παρόντος, υπάρχουν περίπου 100 μοντέλα Android και όλα τα μοντέλα iPhone και iPad ξεκινούν με iPhone 5 και iPad Mini [36].

Μειονεκτήματα

- Είναι δύσκολο να συνδεθεί σε εγγενείς λειτουργικές μονάδες, αν και οι πιο πρόσφατες εκδόσεις βιβλιοθήκης το έκαναν πολύ πιο εύκολο [36].
- Ο κώδικας είναι ογκώδης και όχι πολύ βολικός. Για παράδειγμα στην πλατφόρμα iOS, η αναφορά API Vuforia γράφεται χρησιμοποιώντας γλώσσα C ++, με συνδυασμό Objective - C. Εάν η εφαρμογή δημιουργείται με το Swift, θα πρέπει να δημιουργηθεί μια γέφυρα μεταξύ Swift και Objective - C [36].
- Θα πρέπει να γραφτούν τουλάχιστον δύο κλάσεις και 800 γραμμές κώδικα για να παρακολουθείται ο δείκτης [36].
- Δεδομένου ότι μόνο το λογισμικό OpenGL χρησιμοποιείται για να πραγματοποιηθεί ανάπτυξη κώδικα θα είναι δύσκολο να φτιαχτεί μια εικόνα στόχος για αρχάριους [36].

4.5 Επίλογος

Στην ενότητα αυτή παρουσιάστηκαν τα λογισμικά Unity και Vuforia που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάπτυξη του λογισμικού Stacker. Στο πρώτο τμήμα της, παρουσιάστηκε η Unity, η ιστορία της, και οι σημαντικότερες δυνατότητές της. Έγινε ξεκάθαρο το πώς δημιουργείται γενικά μια εφαρμογή σε αυτή την πλατφόρμα και οι επιπλέον δυνατότητες.

Στη συνέχεια παρουσιάστηκε το λογισμικό Vuforia, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του. Χάρη στα στοιχεία που παρατέθηκαν, έγινε κατανοητό ότι η Vuforia είναι μια ισχυρή πλατφόρμα για τη δημιουργία μιας εφαρμογής με επαυξημένη πραγματικότητα. Το περιβάλλον όπου αυτή αναπτύσσεται είναι ιδανικό για προγραμματιστές Unity διότι με τον συνδυασμό Vuforia και Unity μπορεί να δημιουργηθεί γρήγορα κάθε λειτουργικότητα επαυξημένης πραγματικότητας που χρειάζεται η εφαρμογή του Stacker. Συνεπώς, η ανάπτυξη κώδικα καθίσταται πολύ πιο εύκολη.

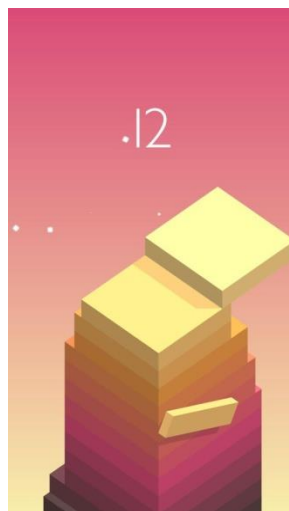
Κεφάλαιο 5ο: Ανάπτυξη της εφαρμογής Stacker

5.1 Ανάλογες εφαρμογές

5.1.1 Stack

Στόχος του παιχνιδιού Stack¹⁸ είναι το χτίσιμο ενός πύργου χρωμάτων, αφήνοντας νέα σχήματα να πέσουν σε αυτά που έχουν ήδη τοποθετηθεί. Η εφαρμογή κάνει την κατάσταση αυτή κάπως πιο παιχνιδιόδη, δημιουργώντας το συνεχές πρόβλημα της μετακίνησης των νέων σχημάτων από τη μία πλευρά της οθόνης στην άλλη. Ο χρήστης πρέπει να πατήσει την οθόνη για να τα κάνει να πέσουν πάνω από τον πύργο. Εάν το νέο σχήμα ταιριάζει τέλεια, τότε υπάρχει «επιτυχία». Σε αντίθετη περίπτωση, το υπόλοιπο κομμάτι θα σπάσει και θα υπάρχει λιγότερος χώρος για να τοποθετηθεί το επόμενο σχήμα. Χρησιμοποιώντας αυτήν την απλή προσέγγιση, στόχος του παίκτη είναι να χτίσει έναν πύργο που να φτάνει όσο το δυνατόν ψηλότερα [39].

Το παιχνίδι μπορεί να συνεχιστεί σχεδόν απεριόριστα. Τα γραφικά, με την χρωματική παλέτα να αλλάζει κάθε φορά που ξεκινά κάποιος νέος γύρος παιχνιδιού, βοηθούν επίσης να δημιουργηθεί μια αίσθηση καινοτομίας κάθε φορά που ξεκινά ένα νέο παιχνίδι. Σαν μειονέκτημα, η ίδια η κατασκευάστρια εταιρεία Ketchapp κατονομάζει την αδυναμία ξεκλειδώματος νέου περιεχόμενου όσο το παιχνίδι συνεχίζεται [38]. Χάρη στις διαδικτυακές βαθμολογίες, κάθε παίκτης μπορεί να συγκρίνει τις υψηλότερες βαθμολογίες του με αυτές των χρηστών από όλο τον κόσμο [39].

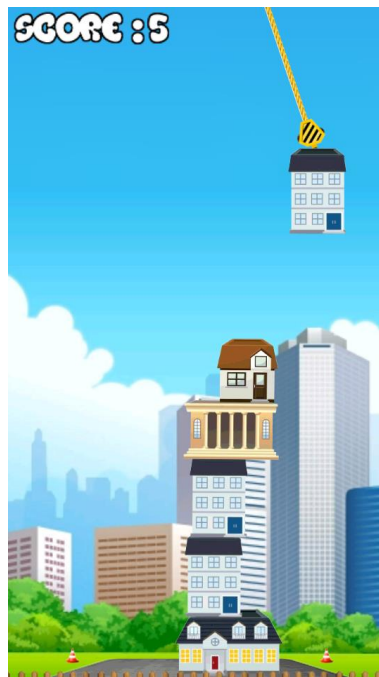


Σχήμα 5.1: Στιγμιότυπο από την εκτέλεση του παιχνιδιού Stack [38]

¹⁸ Το παιχνίδι φτιάχτηκε από την εταιρεία Ketchapp.

5.1.2 City Bloxx! Build a Tower

Σε αυτό το παιχνίδι ο χρήστης πατά επανειλημμένα στην οθόνη ώστε να ρίξει το μπλοκ - διαμερίσμα. Ο στόχος του είναι γενικά να ρίξει όλα τα μπλοκ - διαμερίσματα με τέτοιο τρόπο ώστε να φτιάξουν ένα πύργο. Όσο ψηλότερα πηγαίνει ο πύργος, τόσο η δυσκολία του παιχνιδιού γίνεται μεγαλύτερη. Εάν τοποθετηθεί λάθος ένα μπλοκ, το παιχνίδι τελειώνει. Η κατασκευάστρια εταιρεία του παιχνιδιού χαρακτήρισε τον σκοπό του σαν «Πολύ απλό, αλλά δύσκολο!» [40]



Σχήμα 5.2: Στιγμιότυπο του παιχνιδιού City Bloxx!

Γενικά, το παιχνίδι αυτό είναι δωρεάν στη χρήση και προσφέρει ανάλυση Full HD και υποστήριξη σε πολλές πλατφόρμες. Παρ' ότι τα άνω πλεονεκτήματα είναι αρκετά ανταγωνιστικά, δεν έγινε ιδιαίτερα αγαπητό στους χρήστες και σήμερα δεν είναι πια ιδιαίτερα γνωστό [40].

5.1.3 Tetris

Το παιχνίδι Tetris δημιουργήθηκε από τον Ρώσο σχεδιαστή Alexey Pajitnov το 1985. Γενική του ιδέα είναι το να επιτρέπει στους παίκτες να περιστρέφουν τα μπλοκ που πέφτουν με στρατηγικό τρόπο ώστε να καθαρίσει ο χώρος του κάθε επιπέδου και ο παίκτης να περάσει στο επόμενο. Ο Pajitnov ισχυρίστηκε ότι δημιούργησε το όνομα του παιχνιδιού συνδυάζοντας το ελληνικό πρόθεμα tetra, το οποίο αναφέρεται στα τέσσερα τετράγωνα που περιέχονται σε κάθε μπλοκ, με τη λέξη τένις.

Το Tetris κυκλοφόρησε για σχεδόν όλους τους υπολογιστές και τα ηλεκτρονικά συστήματα τυχερών παιχνιδιών και θεωρείται από την κοινή γνώμη ως κλασικό. Ακόμα και μεταγενέστερες εκδόσεις του έχουν σχεδόν πάντα τους ίδιους μηχανισμούς παιχνιδιού. Επιγραμματικά, τα μπλοκ διαφορετικού σχήματος πέφτουν σε διαφορετικές ταχύτητες και, καθώς κατεβαίνουν τα μπλοκ, ο παίκτης πρέπει να περιστραφεί και να τακτοποιήσει για να δημιουργήσει μια αδιάκοπη οριζόντια σειρά στην οθόνη. Όταν η συσκευή αναπαραγωγής σχηματίζει μία ή περισσότερες συμπαγείς οριζόντιες σειρές, οι ολοκληρωμένες σειρές εξαφανίζονται. Ο στόχος του παιχνιδιού είναι να αποφευχθεί η συσσώρευση των μπλοκ μέχρι το πάνω μέρος της οθόνης για όσο το δυνατόν περισσότερο [33] [34].



Σχήμα 5.3: Στιγμιότυπο παιχνιδιού από την πρώτη έκδοση του Tetris [34]

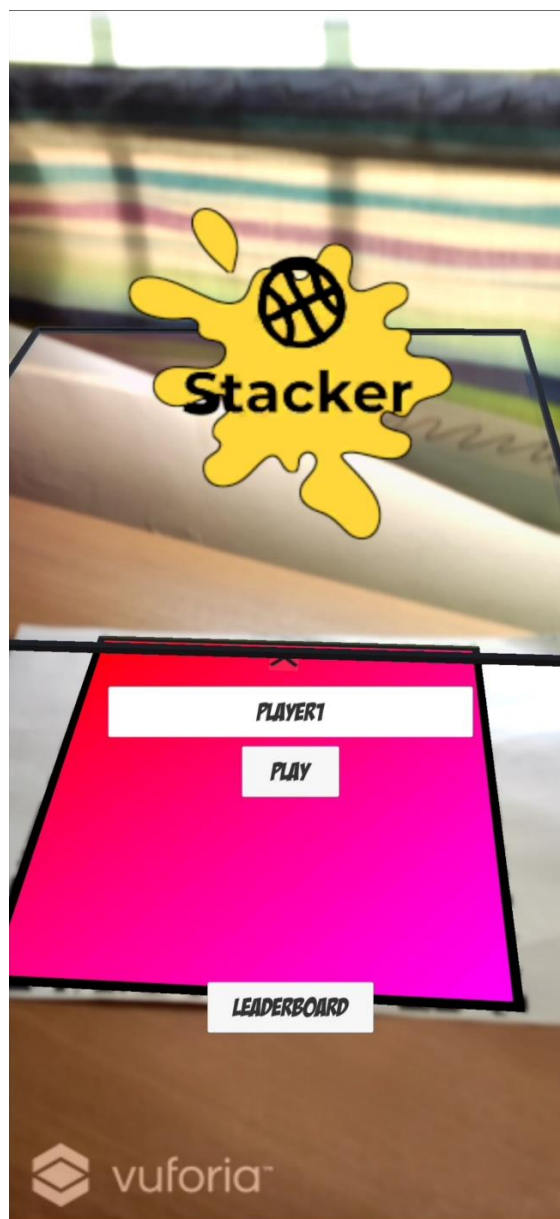
5.2 Η ιδέα πίσω από την εφαρμογή Stacker

Αυτό το έργο είναι μια τρισδιάστατη έκδοση του γνωστού παιχνιδιού Tetris που περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα. Έγινε προσπάθεια να γίνει μεταφορά από την ατμόσφαιρα του arcade της δεκαετίας του 1980, στο σήμερα, με την χρήση πιο επίκαιρων προγραμματιστικών εργαλείων και παίρνοντας έμπνευση από τα παιχνίδια που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα ώστε να «προσαρμοστεί» το παιχνίδι στην σύγχρονη εποχή. Κατά τη διάρκεια του Stacker, οι κύβοι πέφτουν συνεχώς και ο παίκτης πρέπει να στοιβάξει τριάδες του ίδιου χρώματος για να τους καταστρέψει. Εάν οι κύβοι περάσουν ένα ορισμένο ύψος, ο χρήστης χάνει. Ο στόχος είναι να κατορθωθεί η μέγιστη δυνατή διάρκεια παραμονής του παίκτη στο παιχνίδι.

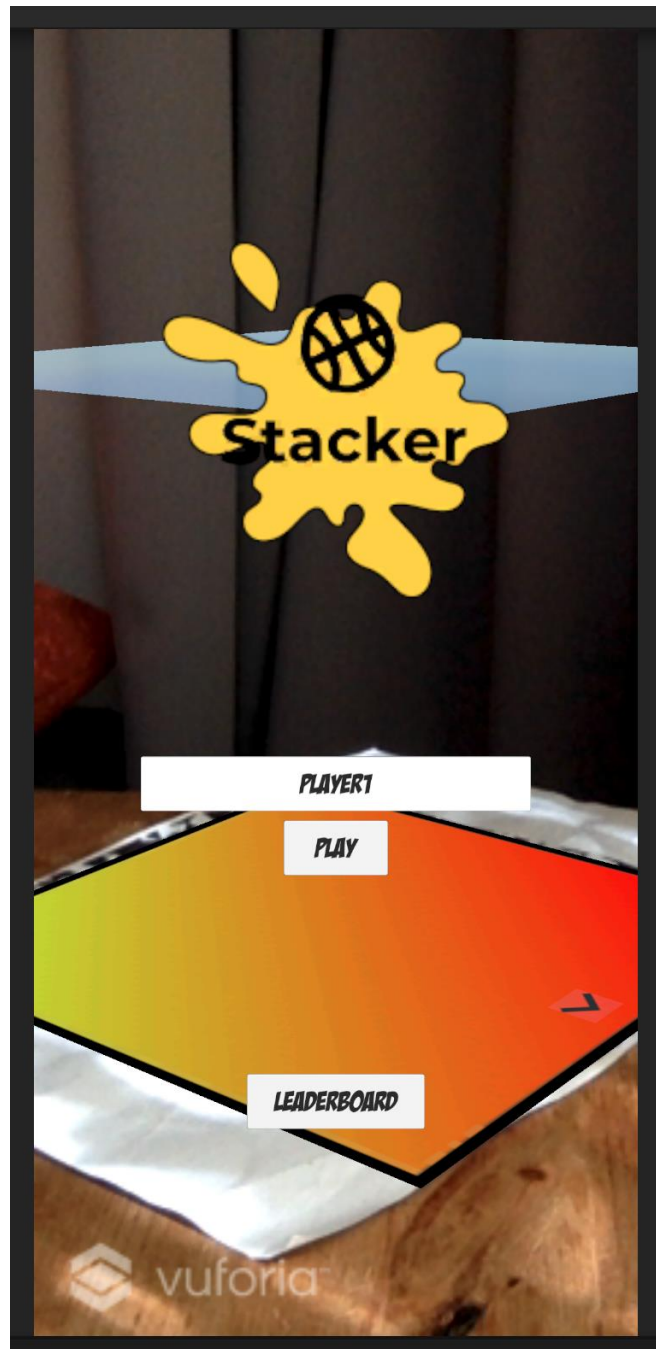
5.3 Γενική επισκόπηση της εφαρμογής Stacker

Κατά την εκκίνηση το παιχνίδι συνδέεται στην απομακρυσμένη βάση Mongo μέσω του API που προσφέρει και λαμβάνει τις βαθμολογίες των παικτών μέχρι στιγμής σκορ. Κάθε βαθμολογία παίκτη αποτελείται από ένα όνομα, δηλαδή το όνομα που χρησιμοποιεί για τους σκοπούς του παιχνιδιού, κι ένα νούμερο που αντιστοιχεί στην τωρινή του βαθμολογία. Οι βαθμολογίες όλων των

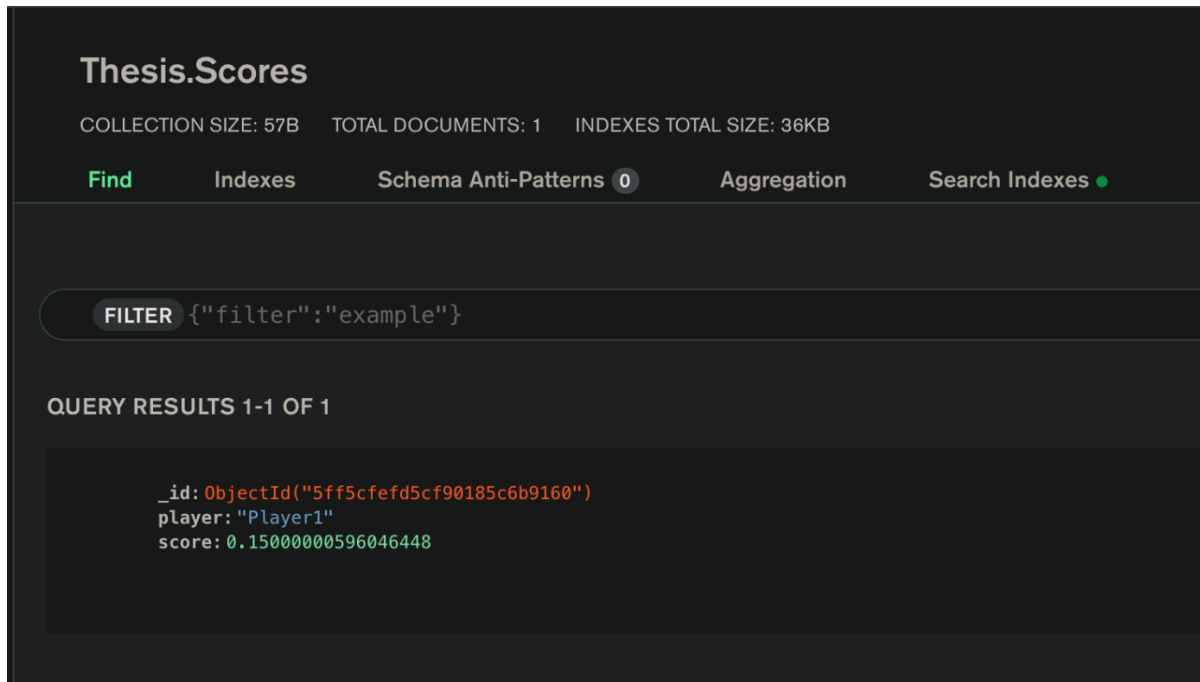
παικτών μπαίνουν σε έναν πίνακα και προβάλλονται συνολικά στον χρήστη μέσω ενός παραθύρου. Για να ξεκινήσει το παιχνίδι, ο χρήστης πρέπει να έχει εκτυπωμένη μια συγκεκριμένη στάμπα. Όταν η κάμερα την εντοπίσει προβάλλει το πρώτο μενού όπου καλεί τον παίκτη να βάλει ένα όνομα. Έπειτα το παιχνίδι ξεκινάει και κύβοι διαφόρων διαστάσεων και χρωμάτων πέφτουν με συγκεκριμένη ταχύτητα και τυχαία θέση. Στόχος του χρήστη είναι να μην ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο ύψος. Όσο περνάει η ώρα η ταχύτητα των κύβων μεγαλώνει αυξάνοντας τη δυσκολία. Οι τριάδες ομόχρωμων κύβων σπάνε μειώνοντας το μέγιστο ύψος. Η οπτική του χρήστη είναι top-down, επιτρέποντας τον έλεγχο των κύβων στους άξονες x και z μέσω ενός wi joystick. Το σκορ του παίκτη αυξάνεται με κάθε επιτυχή τριάδα. Αν ο παίκτης έχει ξαναπαίξει το σκορ ενημερώνεται. Αλλιώς δημιουργείται ένα νέο έγγραφο στη βάση, το οποίο περιέχει τις απαιτούμενες πληροφορίες. Τα σημαντικότερα γεγονότα σχετικά με τις διαδικασίες που αναφέρθηκαν σε αυτή την παράγραφο απεικονίζονται στη συνέχεια της ενότητας.



Σχήμα 5.4: Αρχική οθόνη της εφαρμογής



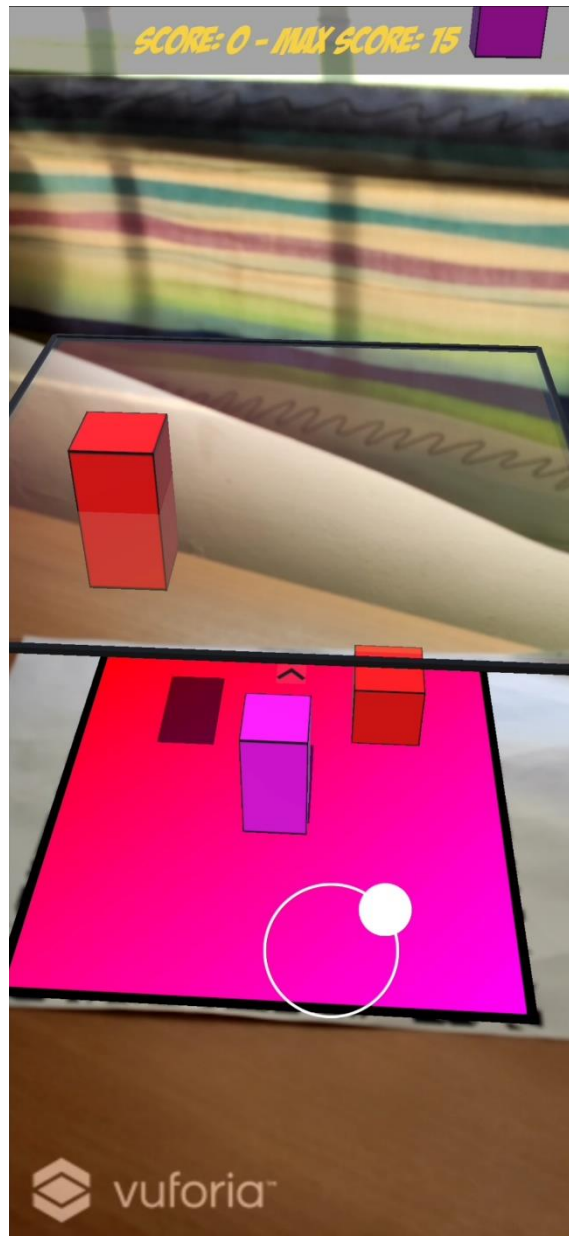
Σχήμα 5.5: Εντοπισμός της στάμπας



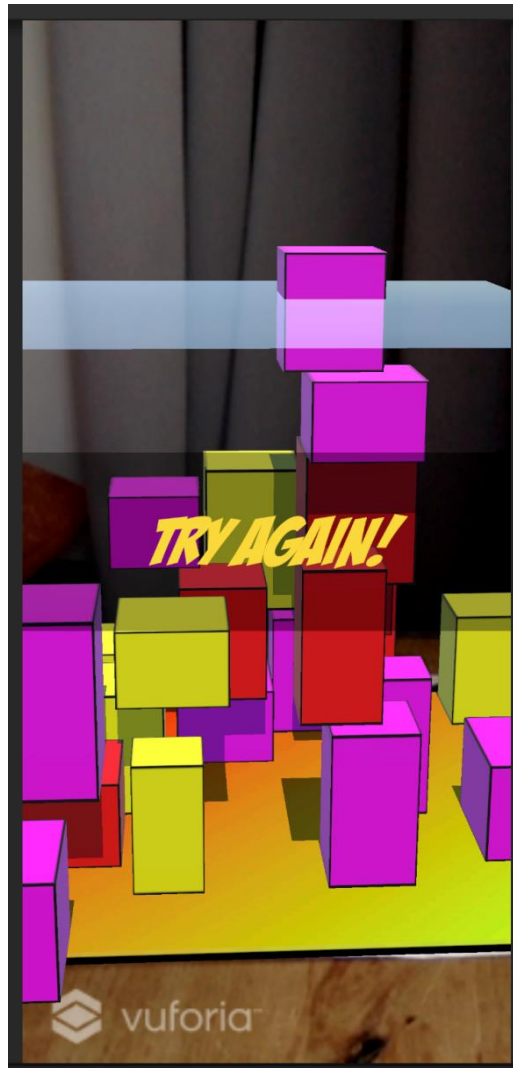
Σχήμα 5.6: Στιγμιότυπο από την σύνδεση του παιχνιδιού στην Mongo DB, με σκοπό τη λήψη των βαθμολογιών



Σχήμα 5.7: Leaderboards, όπου φαίνονται οι παίκτες που προηγούνται στην κατάταξη



Σχήμα 5.8: Στιγμιότυπο κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού

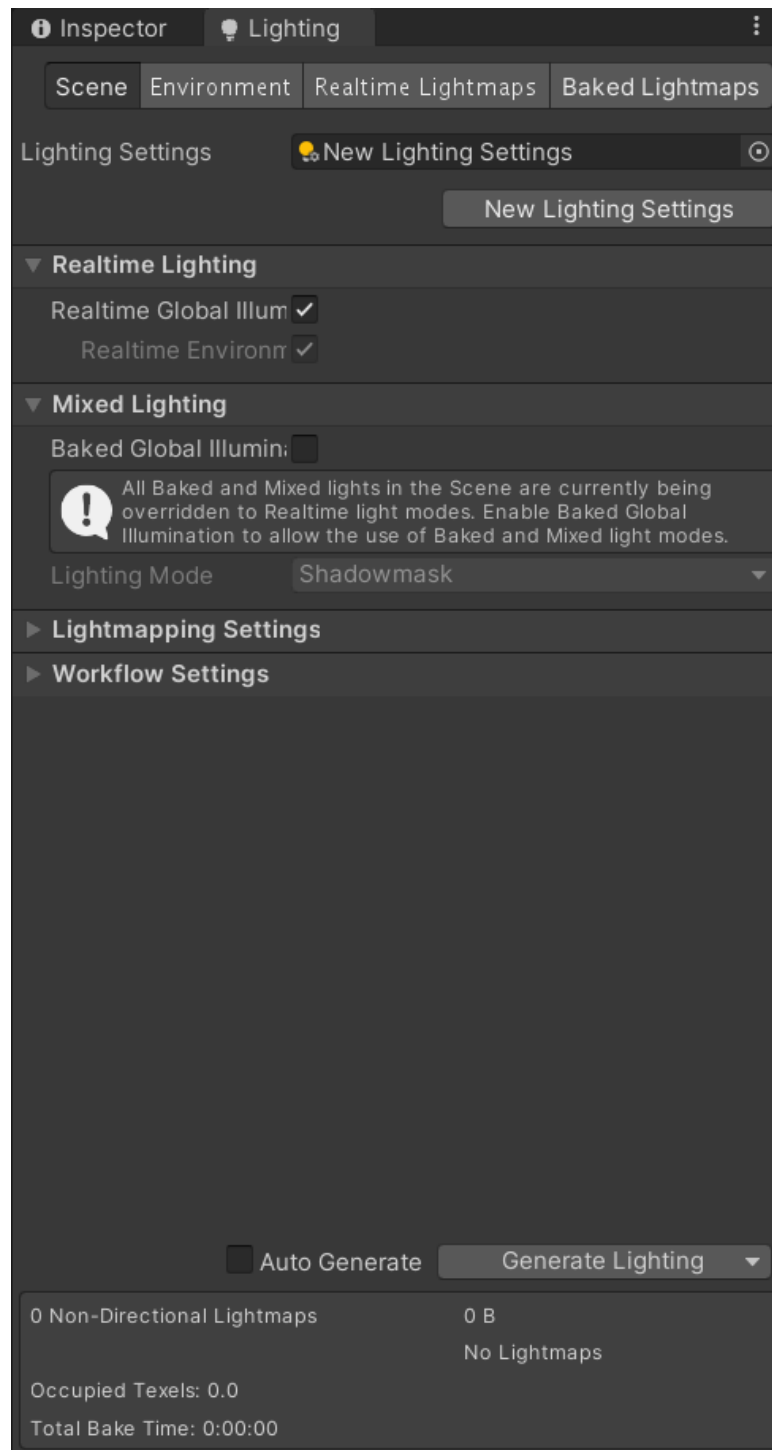


Σχήμα 5.9: Στιγμιότυπο κατά την ήττα του παίκτη

5.4 Οργάνωση του project

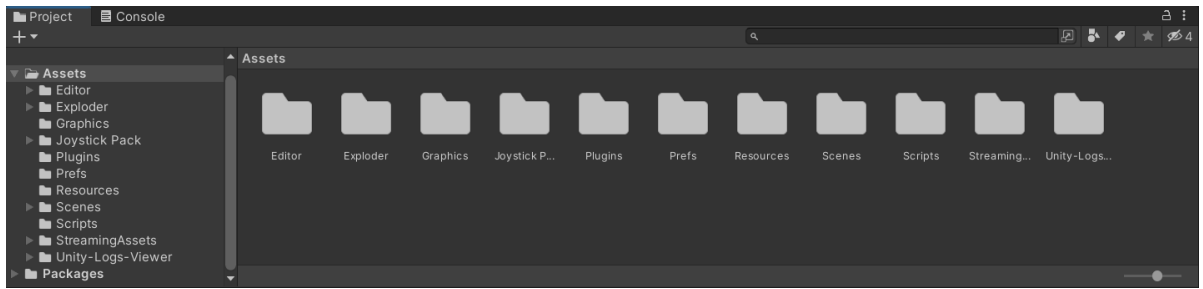
Το project βασίζεται στο τρισδιάστατο πρότυπο του Unity. Ο φωτισμός γίνεται σε πραγματικό χρόνο, καθώς η μόνη σκίαση είναι αυτή των κύβων που είναι δυναμική. Πέρα από τους προκαθορισμένους φακέλους του project έχουν δημιουργηθεί επιπλέον οι απαραίτητοι για τον κώδικα, τα γραφικά και τα prefabs. Στις ρυθμίσεις χρησιμοποιείται Gamma Color Space και διάφορες άλλες μικρές ρυθμίσεις που προσφέρουν καλύτερη επίδοση.

Στην σκηνή βρίσκονται πέρα από το φως, το UI, τα απαραίτητα αντικείμενα της Vuforia και το αντικείμενο που κρατάει τα script.

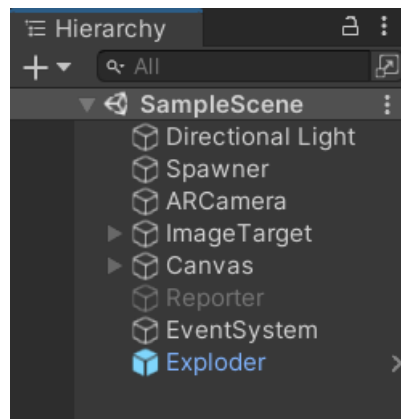


Σχήμα 5.10: Ρυθμίσεις φωτισμού

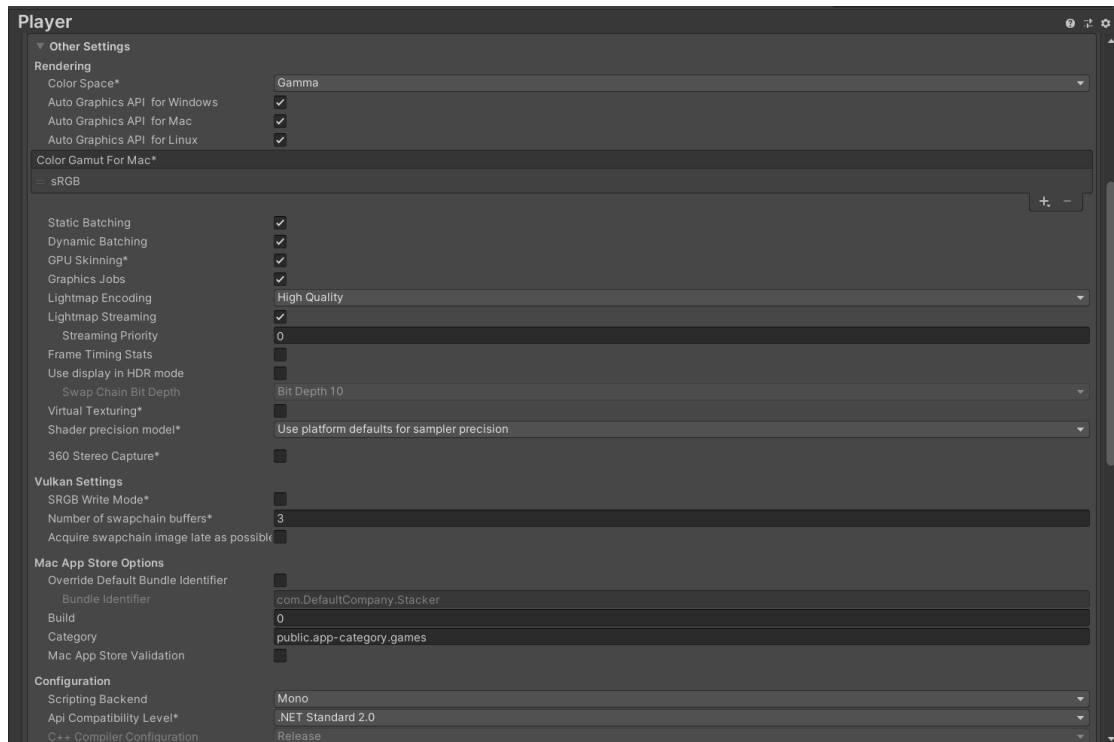
Κεφάλαιο 5



Σχήμα 5.11: Εσωτερική δομή του project



Σχήμα 5.12: Ιεραρχία των GameObjects



Σχήμα 5.13: Ρυθμίσεις του παίκτη

5.5 Ο κώδικας

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν και θα εξηγηθούν αναλυτικά οι μέθοδοι που γράφτηκαν για τους σκοπούς της εφαρμογής. Γενικά, το project περιέχει τέσσερα script, τα οποία είναι τα Spawner.cs, Cube.cs, Info.cs και Top.cs. Στο πρώτο βρίσκονται οι κεντρικές λειτουργίες που διαχειρίζονται τον τρόπο που συμπεριφέρεται γενικά το παιχνίδι, το Cube.cs ορίζει τη συμπεριφορά των κύβων, το Top.cs ελέγχει το όριο και τέλος, το Info.cs κρατάει τα δεδομένα του παίκτη.

5.5.1 Spawner.cs

```

10
11 MongoClient client = new MongoClient("mongodb+srv://mongo:mongo123@pithia.jepfn.gcp.mongodb.net/Pithia?retrywrites=true&w=majority");
12 MongoDBDatabaseBase database;
13 MongoCollectionBase<BsonDocument> collection;
14
15 public GameObject cube;
16 public List<GameObject> cubesMovement = new List<GameObject>();
17 string player;
18 public float speed;
19
20 public GameObject arena, detect, menu, defeat, scores, basse, leaderboards, buttons;
21
22 public List<Texture> bases;
23 public List<Color> colors;
24 public int index, score, maxScore;
25 GameObject cubeGO;
26
27 public FloatingJoystick joystick;
28

```

Σχήμα 5.14: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο πρώτο

Στο Σχήμα 5.14, αρχικά παρουσιάζονται οι μεταβλητές `client`, `database` και `collection` διαχειρίζονται τη βάση δεδομένων. Στις μεταβλητές `cube` και `cubeGO` αποθηκεύεται το instance του κάθε κύβου. Το `cubesMovement` κρατάει με τη σειρά τους κύβους που δημιουργούνται κατά την εκτέλεση του παιχνιδιού, με σκοπό να τους ελέγχει σειριακά ο παίκτης. `Player` είναι το όνομα του παίκτη και `speed` η ταχύτητα των κύβων. Τα `gameobjects` από κάτω αναφέρονται σε διάφορα αντικείμενα στη σκηνή. Οι μεταβλητές `bases` και `colors` είναι τα εφικτά χρώματα που μπορούν να πάρουν οι κύβοι και η βάση για ποικιλία. Το `index` δείχνει στον επόμενο κύβο προς έλεγχο και οι υπόλοιπες μεταβλητές κρατάνε τα σκορ και την αναφορά στο joystick ui.

```

29
30 void Start(){
31
32     Physics.gravity = new Vector3(0, -.2f, 0);
33     basse.GetComponent<Renderer>().material.SetTexture("_MainTex", bases[Random.Range(0, bases.Count-1)]);
34
35     database = (MongoDatabaseBase)client.GetDatabase("Pithia");
36     collection = (MongoCollectionBase<BsonDocument>)database.GetCollection<BsonDocument>("Scores");
37
38     var scores = collection.AsQueryable().ToList();
39     scores.Sort();
40
41     for(int i = 3; i <= 12; i++){
42         if(i-3 <= scores.Count-1){
43             leaderboards.transform.GetChild(i).GetComponent<Text>().text = scores[i-3].GetValue("player").ToString() + " - " + Mathf.RoundToInt(((float)scores[i-3].GetValue("score")).ToDocu
44         }
45     }
46
47 }
48

```

Σχήμα 5.15: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο δεύτερο

Η μέθοδος `Start`, η οποία παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.15 είναι η πρώτη μέθοδος που τρέχει κατά την έναρξη του παιχνιδιού. Χαμηλώνει τη βαρύτητα για να πέφτουν πιο αργά οι κύβοι, βάζει κάποιο τυχαίο texture στη βάση, κατεβάζει τους παίκτες και τα σκορ από τη Mongo και τα βάζει στο leaderboard.

```

48
49 public void trackerFound(){
50
51     /*if(Info.player != ""){
52
53         score.GetComponent<CanvasGroup>().alpha = 1;
54
55         buttons.GetComponent<CanvasGroup>().alpha = 1;
56         buttons.GetComponent<CanvasGroup>().interactable = true;
57         buttons.GetComponent<CanvasGroup>().blocksRaycasts = true;
58
59         var filter = Builders<BsonDocument>.Filter.Eq("player", Info.player);
60         var players = collection.Find(filter).ToList();
61
62         score.transform.Find("Text").GetComponent<Text>().text = "Score: " + Info.level * 100 + " - Max Score: " + Mathf.RoundToInt(((float)(players[0].GetValue("score").ToDouble()) * 100));
63
64         spawnCube();
65
66     }else{
67
68         menu.GetComponent<CanvasGroup>().alpha = 1;
69         menu.GetComponent<CanvasGroup>().interactable = true;
70         menu.GetComponent<CanvasGroup>().blocksRaycasts = true;
71
72         menu.transform.Find("button").GetComponent<button>().interactable = true;
73
74     }
75     //}
76     //top.GetComponent<Top>().go = true;
77     detect.SetActive(false);
78
79 }
80

```

Σχήμα 5.16: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο τρίτο

Στο Σχήμα 5.16 παρουσιάζεται η μέθοδος trackerfound, η οποία ενεργοποιείται όταν εντοπιστεί η στάμπα και ανοίγει το μενού.

```

80
81 public void begin(){
82
83     if(menu.transform.Find("InputField").GetComponent<InputField>().text != ""){
84
85         Info.player = player = menu.transform.Find("InputField").GetComponent<InputField>().text;
86         menu.GetComponent<CanvasGroup>().alpha = 0;
87         menu.GetComponent<CanvasGroup>().interactable = false;
88         menu.GetComponent<CanvasGroup>().blocksRaycasts = false;
89
90         scores.GetComponent<CanvasGroup>().alpha = 1;
91
92         buttons.GetComponent<CanvasGroup>().alpha = 1;
93         buttons.GetComponent<CanvasGroup>().interactable = true;
94         buttons.GetComponent<CanvasGroup>().blocksRaycasts = true;
95
96         joystick.GetComponent<CanvasGroup>().alpha = 1;
97         joystick.GetComponent<CanvasGroup>().interactable = true;
98         joystick.GetComponent<CanvasGroup>().blocksRaycasts = true;
99
100        var filter = Builders<BsonDocument>.Filter.Eq("player", Info.player);
101        var players = collection.Find(filter).ToList();
102
103        if(players.Count == 0){
104            setScore(Info.level, Info.level);
105        }else{
106            setScore(Info.level, players[0].GetValue("score").ToInt32());
107        }
108
109        InvokeRepeating("spawnCube", 0, 2);
110
111    }
112
113 }
114

```

Σχήμα 5.17: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο τέταρτο

Η μέθοδος begin, η οποία παρουσιάστηκε στο Σχήμα 5.17, τρέχει μόλις ο παίκτης γράψει όνομα και πατήσει το κουμπί "Start". Απενεργοποιεί το υπάρχον μενού και ενεργοποιεί το μενού των σκορ, το joystick, εξάγει τα σκορ από τη βάση δεδομένων στο ui και φτιάχνει τον πρώτο κύβο.

Κεφάλαιο 5

```
114
115     public void setScore(int score1 = -1, int maxScore1 = -1){
116
117         if(score1 != -1){score = score1;}
118         if(maxScore1 != -1){maxScore = maxScore1;}
119         if(score > maxScore){maxScore = score;}
120
121         scores.transform.Find("Text").GetComponent<Text>().text = "Score: " + score1 + " - Max Score: " + maxScore;
122
123     }
124
```

Σχήμα 5.18: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο πέμπτο

Η μέθοδος setScore, στο Σχήμα 5.18, χρησιμοποιείται για να παρουσιάσει τη βαθμολογία του παίκτη στη διεπαφή χρήστη.

```
124
125     void spawnCube(){
126
127         float xz = Random.Range(.1f, .2f);
128
129         cubeGO = Instantiate(cube, new Vector3(Random.Range(-arena.transform.localScale.x/2, arena.transform.localScale.x/2), 1.5f, Random.Range(-arena.transform.localScale.y/2, arena.transfo
130         cubeGO.transform.localScale = new Vector3(xz, Random.Range(.1f, .3f), xz);
131         cubeGO.GetComponent<MeshRenderer>().material.color = colors[Random.Range(0, colors.Count-1)];
132         cubesMovement.Add(cubeGO);
133
134     }
135
```

Σχήμα 5.19: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο έκτο

Στο Σχήμα 5.19, παρουσιάστηκε η μέθοδος spawnCube, η οποία δημιουργεί έναν κύβο με τυχαίο μήκος και πλάτος εντός ορίων σε τυχαία θέση εντός πίστας και συγκεκριμένο υψόμετρο. Του δίνει ένα τυχαίο χρώμα και τον βάζει στην ουρά εκτέλεσης

```
135
136     void Update(){
137
138         if(cubesMovement.Count > 0){
139             cubesMovement[index].transform.Translate(-joystick.Horizontal*Time.deltaTime*speed, 0, -joystick.Vertical*Time.deltaTime*speed);
140         }
141
142     }
143
```

Σχήμα 5.20: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο έβδομο

Η μέθοδος Update του σχήματος Σχήμα 5.20, σύμφωνα με τις συμβάσεις προγραμματισμού, τρέχει σε κάθε στιγμιότυπο ενός παιχνιδιού. Χρησιμοποιείται το joystick σε συνδυασμό με το deltaTime, το οποίο ανεξαρτητοποιεί τις τιμές από το framerate και χρησιμοποιείται για την κίνηση των κύβων.

```

143
144 public void onLose(){
145
146     Info.level = 0;
147     defeat.GetComponent<CanvasGroup>().alpha = 1;
148     defeat.GetComponent<CanvasGroup>().interactable = true;
149     defeat.GetComponent<CanvasGroup>().blocksRaycasts = true;
150     StartCoroutine(levelUp(2));
151
152 }
153

```

Σχήμα 5.21: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο όγδοο

Η μέθοδος `onLose()` που μόλις παρουσιάστηκε στο Σχήμα 5.21, χρησιμοποιείται στο τέλος κάθε παιχνιδιού. Πιο συγκεκριμένα, όταν ο παίκτης χάσει η πρόοδός του μηδενίζεται, ένα σχετικό μήνυμα εμφανίζεται και μετά από 2 δευτερόλεπτα η πίστα ξαναφορτώνει.

```

153
154 public IEnumerator levelUp(float secs){
155
156     yield return new WaitForSeconds(secs);
157
158     var filter = Builders<BsonDocument>.Filter.Eq("player", Info.player);
159     var players = collection.Find(filter).ToList();
160
161     if(players.Count == 0){
162
163         var doc = new BsonDocument(){{"player", Info.player}, {"score", Info.level}};
164         collection.InsertOne(doc);
165
166     }else{
167
168         var filter1 = Builders<BsonDocument>.Filter.Eq("player", Info.player);
169         var filter2 = Builders<BsonDocument>.Filter.Lt("score", Info.level);
170         var filter3 = Builders<BsonDocument>.Filter.And(filter1, filter2);
171         var update = Builders<BsonDocument>.Update.Set("score", Info.level);
172         collection.UpdateOne(filter3, update);
173
174     }
175
176     SceneManager.LoadScene(SceneManager.GetActiveScene().name);
177
178 }
179

```

Σχήμα 5.22: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο ένατο

Στο Σχήμα 5.22, παρουσιάζεται η μέθοδος που διαχειρίζεται την βαθμολογία ενός παίκτη. Η μέθοδος `levelUp` είναι υπεύθυνη να αποθηκεύει το `score` σε νέο έγγραφο αν ο παίκτης παίζει πρώτη φορά ή να ενημερώνει την υπάρχουσα εγγραφή του. Έπειτα ξαναφορτώνει τη σκηνή.

```

179
180 public void leaderboard(){
181
182     if(leaderboards.GetComponent<CanvasGroup>().alpha == 0){
183         leaderboards.GetComponent<CanvasGroup>().alpha = 1;
184         leaderboards.GetComponent<CanvasGroup>().interactable = true;
185         leaderboards.GetComponent<CanvasGroup>().blocksRaycasts = true;
186     }else{
187         leaderboards.GetComponent<CanvasGroup>().alpha = 0;
188         leaderboards.GetComponent<CanvasGroup>().interactable = false;
189         leaderboards.GetComponent<CanvasGroup>().blocksRaycasts = false;
190     }
191
192 }
193

```

Σχήμα 5.23: Παρουσίαση του script Spawner.cs, στιγμιότυπο δέκατο

Η τελευταία μέθοδος του script Spawner.cs, ονομάζεται leaderboard και είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση του πίνακα των βαθμολογιών. Όπως δείχνει το Σχήμα 5.23, ανοίγει και κλείνει το leaderboard. Είναι συνδεδεμένη με το αντίστοιχο κουμπί στη διεπαφή χρήστη.

5.5.2 Top.cs

```

5 public class Top : MonoBehaviour {
6
7     public float speed;
8     public bool go;
9     public bool failed;
10    public Spawner spawner;
11
12    void Update(){
13
14        if(go && transform.position.y < Info.level*2+.85f){
15            transform.position = Vector3.MoveTowards(transform.position, new Vector3(0, Info.level+.85f, 0), speed * Time.deltaTime);
16        }
17
18    }
19
20    void OnTriggerEnter(Collider col){
21
22        if(!col.gameObject.GetComponent<Cube>()){
23            failed = true;
24            StartCoroutine("checkLose");
25        }
26
27    }
28
29    void OnTriggerExit(Collider col){
30        failed = false;
31    }
32
33    IEnumerator checkLose(){
34
35        yield return new WaitForSeconds(3);
36
37        if(failed){
38            spawner.onLose();
39        }
40
41    }

```

Σχήμα 5.24: Παρουσίαση του script Top.cs

Η μέθοδος Top.cs του σχήματος Σχήμα 5.24, ελέγχει συνεχώς αν οι κύβοι ξεπέρασαν το ανώτατο όριο του ύψους. Αν κάποιος κύβος το περάσει περιμένει τρία δευτερόλεπτα και στέλνει μήνυμα στο κεντρικό script για να ξεκινήσει τη διαδικασία ήττας.

5.5.3 Cube.cs

```

7 public class Cube : MonoBehaviour{
8
9     Spawner spawner;
10    bool done;
11    public List<GameObject> touches = new List<GameObject>();
12
13    void Start(){
14        spawner = GameObject.Find("Spawner").GetComponent<Spawner>();
15    }
16
17    void OnCollisionEnter(Collision col){
18        if(!done){
19            done= true;
20            spawner.index++;
21        }
22
23        if (!col.gameObject.name.Contains("Cube")) { return; }
24
25        if (GetComponent<MeshRenderer>().material.color == col.gameObject.GetComponent<MeshRenderer>().material.color){
26            touches.Add(col.gameObject);
27            if (touches.Count >= 2){
28                for (int i = 0; i < touches.Count; i++){
29                    touches[i].GetComponent<Cube>().explode();
30                }
31
32                explode();
33                Info.level++;
34                spawner.setScore(Info.level, -1);
35            }
36        }
37    }
38 }
39
40 public void explode(){
41     ExploderSingleton.Instance.ExplodeObject(gameObject);
42 }

```

Σχήμα 5.25: Παρουσίαση script Cube.cs

Το script Cube.cs το οποίο παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.25, είναι υπεύθυνο για την λειτουργικότητα ενός κύβου που συμμετέχει στο παιχνίδι. Πιο συγκεκριμένα, το αρχείο των κύβων ελέγχει κάθε φορά που ακουμπάνε δυο κύβοι μεταξύ τους αν συμπληρώνεται τριάδα ίδιου χρώματος και ανατινάζει και τους τρεις.

5.5.4 Info.cs

Το Info.cs είναι ένα πολύ μικρο σκριπτάκι που περιέχει το όνομα και το σκορ του παίκτη. Είναι static για να μπορεί να προσπελαστεί χωρίς να έχει instance στη σκηνή.

5.6 Επίλογος

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκε το παιχνίδι *Stacker*, το οποίο αναπτύχθηκε για τους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής. Παρατέθηκαν άλλα ήδη υπάρχοντα παιχνίδια, τα οποία αποτέλεσαν βοήθεια για τη δημιουργία της αρχικής ιδέας της εργασίας. Στη συνέχεια, δόθηκε η αρχική ιδέα του παιχνιδιού και η τεχνική λογική πάνω στην οποία βασίστηκε. Παρατέθηκαν στιγμιότυπα, τόσο κατά την εκτέλεσή του παιχνιδιού από την οπτική του παίκτη, όσο και από τα προγράμματα τα οποία συνέβαλαν σε αυτή την κατασκευή. Στην τελευταία ενότητα του κεφαλαίου, παρατέθηκε και επεξηγήθηκε ο πηγαίος κώδικας της εφαρμογής.

Κεφάλαιο 6ο: Συμπεράσματα – Προτάσεις βελτίωσης

Στην παρούσα διπλωματική εργασία είδαμε τον τρόπο ανάπτυξης ενός παιχνιδιού στοιβάγματος σχημάτων. Δόθηκε μεγαλύτερη έμφαση στην ορθότητα της τεχνικής υλοποίησης του, μέσω της ορθής χρήσης των προγραμμάτων Unity και Vuforia. Το γραφικό περιβάλλον ήταν γεμάτο στοιχεία με έντονα χρώματα, με σκοπό να προκληθεί το ενδιαφέρον του μέσου χρήστη – παίχτη.

Επόμενες προσθήκες στο παιχνίδι θα μπορούσαν, κατά πρώτον, να επικεντρωθούν στο να προκαλέσουν και να κρατήσουν το ενδιαφέρον κατά τη διάρκειά του. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσω της δημιουργίας επιπέδων αυξημένης δυσκολίας, για παράδειγμα. Σε μια τέτοια περίπτωση, θα ήταν ενδιαφέρον να εμφανίζονται στο πεδίο δράσης του χρήστη επιπλέον εμπόδια τα οποία θα κληθεί να εξαφανίσει με τη σωστή χρήση των εμφανιζόμενων κύβων. Μελλοντικά, το παιχνίδι θα μπορούσε να ακολουθήσει κάποιο από τα οικονομικά μοντέλα που περιγράφηκαν στα πρώτα κεφάλαια της εργασίας, και με αυτόν τον τρόπο να υπάρξουν και έσοδα από την χρήση του.

Εναλλακτικά, το παιχνίδι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με τρόπους που να βοηθούν και στη μάθηση, πέρα από την ψυχαγωγία. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να λειτουργήσει ως αρωγός στην εκμάθηση της μητρικής ή κάποιας ξένης γλώσσας, μέσω του συνδυασμού του με κάποια απλή λεξιλογική άσκηση όπως η συμπλήρωση των κενών σε μια λέξη. Σε αυτό το σενάριο, κάθε εμφανιζόμενο σχήμα θα αντιστοιχεί σε ένα τυχαίο γράμμα της αλφαβήτου και ο παίκτης θα πρέπει να το ταιριάζει κατάλληλα σε κάποιο από τα κενά, εάν υπάρχει τρόπος. Για να μελετηθεί όμως κάτι τέτοιο θα ήταν καλό να αξιολογηθεί η εκπαιδευτική και παιδαγωγική του αξία, οπότε θα μπορούσε να εκπονηθεί σαν εργασία σε συνεργασία με κάποιον φοιτητή ή διδάσκοντα παιδαγωγικού ή φιλολογικού τμήματος αλλά και με δείγμα χρηστών στο εύρος ενός σχολείου.

Συνοψίζοντας, η επαυξημένη πραγματικότητα είναι σίγουρα ένας άμεσος και εύχρηστος τρόπος να επικοινωνήσει ο χρήστης με την τεχνολογία και όχι μόνο. Στο άμεσο μέλλον πρόκειται να δούμε ταινίες επιστημονικής φαντασίας να μεταφέρονται στην κατηγορία της επιστημονικής πραγματικότητας καθώς το άλμα θα είναι τεράστιο. Η επαυξημένη πραγματικότητα θα μας επιτρέψει να περάσουμε στην προτελευταία εποχή διεπαφής με την τεχνολογία και μεγάλες αλλαγές στην βιομηχανία του υλικού πρόκειται να λάβουν μέρος. Ότι και να γίνει ο κόσμος πρέπει να θυμάται ότι η τεχνολογία δημιουργήθηκε για να υπηρετεί τον άνθρωπο και όχι το αντίθετο. Ας ελπίσουμε ότι η νέα αυτή τεχνολογία θα μας επανασυνδέσει με τον πραγματικό κόσμο και δε θα μας αποξενώσει τελείως.

BIBLIOΓΡΑΦΙΑ

- [1] Dieter Schmalstieg - Augmented Reality: Principles and Practice (Usability) - 2016.
- [2] James Jackson - Augmented Reality - 2019
- [3] Raymond Hughes - Augmented Reality: Developments, Technologies & Applications (Computer Science, Technology and Applications) - 2015
- [4] Augmented reality applications in design and manufacturing
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0007850612002090> - 2012
- [5] Mehdi Mekni, Andre Lemieux - Augmented Reality: Applications, Challenges and Future Trends
<http://www.wseas.us/e-library/conferences/2014/Malaysia/ACACOS/ACACOS-29.pdf>
- [6] Otília Pasaréti, Huba Hajdú, Tamás Matuszka, András Jámbori, István Molnár, Márta Turcsányi-Szabó
https://people.inf.elte.hu/szlavi/InfoDidact11/Manuscripts/PO_HH_MT_JA_MI_TSzM.pdf
-2017
- [7] Jaakko Stenros, Markus Montola, Frans Mäyrä - Pervasive games in ludic society
https://www.researchgate.net/publication/234804328_Pervasive_games_in_ludic_society
- 2007
- [8] Kalle Jegers - Pervasive GameFlow Identifying and Exploring the Mechanisms of Player Enjoyment in Pervasive Games
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:212510/FULLTEXT01.pdf1>
- 2009
- [9] Vlasios Kasapakis, Damianos Gavalas - Pervasive gaming: Status, trends and design principles
https://www.researchgate.net/publication/277784484_Pervasive_gaming_Status_trends_and_design_principles
- 2009
- [10] Mara Faccio, John McConnell - DEATH BY POKÉMON GO: THE ECONOMIC AND HUMAN COST OF USING APPS WHILE DRIVING -
<https://poseidon01.ssrn.com/delivery.php?ID=676067083085099088124027071115066078034050019023060074029023103088102022030127094099032060018032059046053103110084019028127011126023030041068069028124100029074024090043085092031075082109120079025068005066101027122007074019084086025106012004078122065&EXT=pdf&INDEX=TRUE>
- 2020
- [11] Daniel Zolnai - Who Wants To Be A Unity Developer? <https://medium.com/swlh/who-wants-to-be-a-unity-developer-8a5cd11868b6>
- 2019
- [12] António Lima - Augmented Reality — A Simple Technical Introduction
<https://medium.com/deemaze-software/augmented-reality-a-simple-technical-introduction-83d5e77206b9>
- 2018

- [13] Andrea Knezovic - 45+ Mobile Gaming Statistics for 2020 That Will Blow Your Mind
<https://medium.com/udonis/45-mobile-gaming-statistics-for-2020-that-will-blow-your-mind-a821a42cb26f>
 - 2019
- [14] Udonis - Mobile Game Session Length: How to Track & Increase It
<https://www.blog.udonis.co/mobile-marketing/mobile-games/session-length>
 - 2020
- [15] Anuj Nawal - How To Choose The Right Business Model For Your Game?
<https://www.feedough.com/how-to-choose-the-right-business-model-for-your-game/>
 - 2018
- [16] Gennaro Cuofano - Understanding The Gaming Industry And Its Business Models
<https://fourweekmba.com/gaming-industry/>
 - 2020
- [17] Sean Hollister - Pioneer's laser-projected car HUD lets you drive like RoboCop
<https://www.theverge.com/2012/5/9/3010623/pioneers-laser-projected-car-hud-lets-you-drive-like-robocop>
 - 2012
- [18] Michael Irving - Cinera Edge personal cinema straps a 5K OLED display to your face
<https://newatlas.com/home-entertainment/cinera-edge-personal-cinema-5k-oled/>
 - 2020
- [19] University of Southern California - Augmented reality glasses may help people with low vision better navigate their environment
<https://medicalxpress.com/news/2019-08-augmented-reality-glasses-people-vision.html>
 - 2019
- [20] Michael Herh - Hyundai Mobis Developing 24-inch or Larger Head-up Display
<http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=43770> - 2020
- [21] George S. Metallidis - Φακοί επαφής επαυξημένης πραγματικότητας AR προβάλλουν μπροστά σας πληροφορίες και δεδομένα σε πραγματικό χρόνο
<https://technode.gr/2020/02/03/fakoi-epafis-epayximenis-pragmatikotitas-ar/> - 2020
- [22] Shalem Pravas - Virtual Retinal Display
<https://www.engineersgarage.com/tech-articles/virtual-retinal-display/> - 2020
- [23] Mannlab – EyeTap - <https://mannlab.com/eyetap> - 2020
- [24] Bruce H. Thomas, Pierre Dragicevic, Niklas Elmqvist – Situated Analytics
https://www.researchgate.net/publication/328286783_Situated_Analytics
 - 2018
- [25] Tim Perdue – Applications of Aumented Reality -
<https://www.lifewire.com/applications-of-augmented-reality-2495561>
 - 2020
- [26] Thomas Biery - Boston has an absurdly detailed Pokémon Go map -
<https://www.polygon.com/2016/7/13/12173204/boston-detailed-pokemon-go-google-map>
 - 2016

- [27] Ankita Yadav - Lampix is the New AR Projector that You Need on your Desk -
<https://techniblogic.com/lampix-is-the-new-ar-projector-that-you-need-on-your-desk/>
- 2018
- [28] Brian X. Chen - Facebook Oculus Quest 2 Review: Solid V.R. Headset, but Few Games
<https://www.nytimes.com/2020/09/16/technology/personaltech/facebook-oculus-quest-2-review-vr-headset-games.html>
- 2020
- [29] GSMedia – Augmented Reality -
<https://www.ghsmedia.it/augmented-reality/>
- 2020
- [30] Lauretta John - Why this college is teaching real-time 3D to the next generation of automotive designers -
<https://blogs.unity3d.com/2021/05/07/why-this-college-is-teaching-real-time-3d-to-the-next-generation-of-automotive-designers/>
- 2021
- [31] Wilmer Lin - How to Make a Game Like Monument Valley -
<https://www.raywenderlich.com/13582558-how-to-make-a-game-like-monument-valley>
- 2020
- [32] Ken Lee - AR Foundation in Unity: Getting Started -
<https://www.raywenderlich.com/14808876-ar-foundation-in-unity-getting-started>
- 2021
- [33] Britannica – Tetris -
<https://www.britannica.com/topic/Tetris>
- 2021
- [34] Museum of the game – Tetris -
https://www.arcade-museum.com/game_detail.php?game_id=10081
- 2021
- [35] Unity.com – Official Unity Website
- [36] Vuforia.com – Official Vuforia Website
- [37] developer.vuforia.com – Vuforia engine developer portal
- [38] Stack -
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ketchapp.stack>
- [39] Uptodown – Stack - <https://stack.en.uptodown.com/android>
- [40] City Bloxx! Build a Tower -
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.claimsko.buildingblocks&hl=el&gl=US>