

# ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ενίσχυση της Μάθησης Μέσω Επαυξημένης  
Πραγματικότητας με χρήση Κινητής Εφαρμογής

ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ ΠΡΩΙΟΣ

ice18390023

ice18390023@uniwa.gr



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

Επιβλέπουσα

ΑΚΡΙΒΗ ΚΡΟΥΣΚΑ, Μέλος ΕΔΙΠ

Τμήμα Μηχανικών και Πληροφορικής Υπολογιστών

A/α	ΟΝΑΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	Ακριβή Κρούσκα	ΕΔΙΠ	
2	Χρήστος Τρούσσας	Επίκουρος Καθηγητής	
3	Παναγιώτα Τσελέντη	ΕΔΙΠ	



## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Παντελεήμων Πρώιος του Κωνσταντίνου, με αριθμό μητρώου 18390023 φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών

Παντελεήμων Πρώιος



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην κυρία Κρούσκα Ακριβή για τη βοήθειά της στη διπλωματική μου εργασία και τα εποικοδομητικά της σχόλια.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές με τους οποίους είχα την τιμή να συνεργαστώ στο πανεπιστήμιο, καθώς συνέβαλαν και στη διεύρυνση της σφαιρικής μου αντίληψης για την κοινωνία και με βοήθησαν να εξελιχθώ ως άνθρωπος.

Ιδιαίτερα όμως, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που με στήριξε σε αυτό το ταξίδι τόσο οικονομικά όσο και ψυχολογικά, ειδικά κατά την περίοδο της πανδημίας του COVID-19, όταν η ψυχολογία μου είχε καταρρεύσει. Παρά τις δυσκολίες, κατάφερα να βγω δυνατότερος και καλύτερος μέσα από αυτές τις εμπειρίες. Ωστόσο, δεν θα ήμουν αυτός που είμαι σήμερα χωρίς τη συνεχή στήριξή τους δίπλα μου όπως και των φίλων μου.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη σύγχρονη εποχή η τεχνολογία εξελίσσεται ραγδαία, προσφέροντας μας πληθώρα νέων δυνατοτήτων. Μια από αυτές είναι η επαυξημένη πραγματικότητα. Η τεχνολογία αυτή μας δίνει την δυνατότητα να εμπλουτίσουμε τις σύγχρονες μεθόδους εκπαίδευσης, έτσι ώστε να δώσουμε ζωή σε ένα βιβλίο οπτικοποιώντας το με τρόπο που καθιστά το υλικό πιο κατανοητό και ελκυστικό για τον αναγνώστη. Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, επικεντρώνεται στην ανάπτυξη μιας εφαρμογής κινητού τηλεφώνου που οπτικοποιεί το περιεχόμενο ενός ολιγοσέλιδου βιβλίου παρουσιάζοντας τρισδιάστατα μοντέλα επί του περιεχομένου του. Επιπρόσθετα, η εφαρμογή περιλαμβάνει έναν ηλεκτρονικό δάσκαλο εν ονόματι stellarBot, με τον οποίο ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει μαζί του μέσο λειτουργίας τσατ, παρέχοντας του επιπρόσθετη πληροφορία και λύνοντας απορίες του χρήστη, όπως και είναι σε θέση να γνωρίζει τις επιλογές του και το περιεχόμενο που εξετάζει. Η ανάπτυξη της εφαρμογής πραγματοποιείται με την χρήση του λογισμικού Unity, ενώ ο ηλεκτρονικός δάσκαλος επικοινωνεί με το API της OpenAI αξιοποιώντας το μοντέλο GPT-3.5 turbo. Η εργασία εξετάζει την ένταξη της επαυξημένης πραγματικότητας στην ηλεκτρονική εκπαίδευση, την αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής και την χρήση μεγάλων γλωσσικών μοντέλων (LLMs) για την ενίσχυση της μαθησιακής εμπειρίας.

**Επιστημονική περιοχή:** Ηλεκτρονική μάθηση, Ηλεκτρονική εκπαίδευση, Επαυξημένη πραγματικότητα, Αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής

**Λέξεις κλειδιά:** Ηλεκτρονική μάθηση, Ηλεκτρονική εκπαίδευση, Επαυξημένη πραγματικότητα, API, LLM, GPT, Unity, stellarBot, Ψηφιακή εκπαίδευση, Αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής

## ABSTRACT

In the modern era, technology is evolving rapidly, offering us a plethora of new possibilities. One of these is augmented reality. This technology gives us the ability to enhance modern educational methods by bringing a book to life, visualizing it in a way that makes the material more understandable and appealing to the reader. The subject of this thesis focuses on the development of a mobile application that visualizes the content of a short book by presenting three-dimensional models based on its content. Additionally, the application includes an electronic tutor named stellarBot, with whom the user can interact via a chat, providing additional information and resolving the user's queries, as well as being able to recognize the user's choices and the content they are viewing. The development of the application is carried out using the Unity software, while the electronic tutor communicates with OpenAI's API, utilizing the GPT-3.5 turbo model. The study examines the integration of augmented reality into electronic education, human-machine interaction, and the use of large language models (LLMs) to enhance the learning experience.

**Scientific field:** E-learning, Electronic education, Augmented Reality, Human-machine interaction

**Keywords:** E-learning, Electronic education, Augmented Reality, API, LLM, Unity, GPT, StellarBot, Digital education, Human-machine interaction



## Περιεχόμενα

<b>1 Εισαγωγή</b>	<b>1</b>
<b>2 Εξ αποστάσεως εκπαίδευση</b>	<b>2</b>
2.1 Τι είναι η Εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση . . . . .	2
2.2 Τεχνολογίες και Πλατφόρμες Εξ αποστάσεως Εκπαίδευσης . . . . .	2
2.3 Πλεονεκτήματα της Εξ αποστάσεως Εκπαίδευσης . . . . .	2
2.4 Προκλήσεις και Περιορισμοί . . . . .	3
2.5 Ρόλος της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εξ αποστάσεως Εκπαίδευση . . . . .	3
2.6 Μελλοντικές Τάσεις στην Εξ αποστάσεως Εκπαίδευση . . . . .	4
<b>3 Μάθηση βασισμένη σε παιχνίδι</b>	<b>5</b>
3.1 Ορισμός και Στόχοι της Μάθησης Βασισμένης σε Παιχνίδι . . . . .	5
3.2 Είδη Παιχνιδιών στην Εκπαίδευση . . . . .	5
3.3 Πλεονεκτήματα της Μάθησης μέσω Παιχνιδιών . . . . .	6
3.4 Προκλήσεις και Περιορισμοί . . . . .	7
3.5 Μελλοντικές Τάσεις στη Μάθηση Βασισμένη σε Παιχνίδι . . . . .	7
<b>4 Εικονική πραγματικότητα/Επαυξημένη πραγματικότητα στην εκπαίδευση</b>	<b>9</b>
4.1 Εικονική Πραγματικότητα (VR) . . . . .	9
4.2 Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) . . . . .	9
4.3 Πώς Λειτουργεί η Επαυξημένη Πραγματικότητα . . . . .	10
4.4 Εφαρμογές της Επαυξημένη Πραγματικότητα . . . . .	11
4.5 Η ιστορία της Επαυξημένης Πραγματικότητας . . . . .	11
4.6 Πλεονεκτήματα της Επαυξημένης Πραγματικότητας . . . . .	14
<b>5 Ανάπτυξη AR εφαρμογής</b>	<b>15</b>
5.1 Στόχοι . . . . .	15
5.2 Έμπνευση και Ιδέα . . . . .	15
5.3 Η μηχανή Unity . . . . .	16
5.4 Αρχιτεκτονική της εφαρμογής . . . . .	16
5.5 Τεχνική ανάλυση κώδικα . . . . .	21
5.5.1 Η σκηνή του Main Menu . . . . .	21
5.5.2 Η βασική σκηνή AR . . . . .	29
<b>6 Λειτουργίες AR εφαρμογής</b>	<b>65</b>
6.1 Κεντρικό μενού . . . . .	65
6.2 Εφαρμογή AR . . . . .	69
<b>7 Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις</b>	<b>74</b>
7.1 Συμπεράσματα . . . . .	74
7.2 Μελλοντικές επεκτάσεις . . . . .	75
<b>Αναφορές</b>	<b>76</b>

## Κώδικες

1	Background Music Manager Script . . . . .	22
2	Rotate Background Script . . . . .	23
3	Main Menu Script . . . . .	24
4	Copy URL To Clipboard Script . . . . .	25
5	Display Help Image Script . . . . .	26
6	Info Main Menu Panel Script . . . . .	26
7	TextEffects Script . . . . .	27
8	DimmingAndScreenLock Script . . . . .	30
9	Planets Manager Script . . . . .	31
10	Outline Objects Script . . . . .	36
11	Hold To Delete Planet Script . . . . .	39
12	Handle Layout Script . . . . .	41
13	Reward System Script . . . . .	43
14	Display Planet Info Script . . . . .	46
15	Handle Chat Script . . . . .	54
16	Planet Rotation Script . . . . .	61
17	Scale Moon Relative To Earth Script . . . . .	63
18	Moon Orbit Script . . . . .	64

## Κατάλογος σχημάτων

4.1	Παραδείγματα AR και VR . . . . .	10
4.2	Το πρώτο AR <<The Sword of Damocles>> του Ivan Sutherland (1968) . . . . .	12
4.3	Videoplace του Myron Krueger (1974) [10] . . . . .	12
4.4	Σύστημα συναρμολόγησης καλωδίων στα αεροσκάφη από τους Caudell και Mizell (1990) [11] . . . . .	13
4.5	Virtual Fixtures του Louis Rosenberg (1992) . . . . .	13
4.6	AR στο X-38, NASA (1999) . . . . .	14
5.1	Διάγραμμα δραστηριοτήτων κεντρικής σκηνής . . . . .	17
5.2	Animator UI του κεντρικού μενού . . . . .	18
5.3	Σκηνή AR . . . . .	19
5.4	XR Origin . . . . .	19
5.5	Διάγραμμα δραστηριοτήτων σκηνής AR . . . . .	21
5.6	Κεντρική σκηνή μενού . . . . .	22
5.7	Background UI . . . . .	22
5.8	UI animations . . . . .	24
5.9	Ανιτγραφή συνδέσμου pdf . . . . .	25
5.10	Λίστα περιεχομένων μενού βοήθειας . . . . .	26
5.11	AR session gameobject . . . . .	30
5.12	Βιβλιοθήκη εικόνων προς εντοπισμό . . . . .	31
5.13	UI της AR σκηνής . . . . .	35
5.14	Τα components του UI . . . . .	35
5.15	Planet Discovery PopUp . . . . .	42
5.16	Εμφάνιση πληροφοριών πλανήτη . . . . .	45
5.17	Εικονικός δάσκαλος . . . . .	53
5.18	Planets prefab . . . . .	61

5.19	Earth and Moon prefab . . . . .	63
6.1	Διάγραμμα περίπτωσης χρήσης αρχικού μενού . . . . .	65
6.2	Αρχικό μενού . . . . .	66
6.3	Μενού περισσότερων επιλογών . . . . .	66
6.4	Λίστα βοήθειας λειτουργιών της εφαρμογής . . . . .	67
6.6	Διάγραμμα περίπτωσης χρήσης της AR εφαρμογής . . . . .	69
6.9	Διαγραφή πλανήτη . . . . .	72
6.11	Μνήμη της συνομιλίας . . . . .	73

## 1 Εισαγωγή

Η πορεία της τεχνολογίας έχει ραγδαία ανάπτυξη και εντυπωσιακή εξέλιξη αλλάζοντας συνεχώς τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούμε με τον κόσμο. Ζούμε σε μια εποχή όπου όλοι χρησιμοποιούν ένα ισχυρό εργαλείο, το κινητό τηλέφωνο, όπου μας δίνει πληθώρα δυνατοτήτων όμως το αξιοποιούμε κατά κύριο λόγο για τα κοινωνικά δίκτυα και άλλα μέσα όπου μας αποσπούν την προσοχή.

Στο παρελθόν, η εκπαίδευση ήταν σε μεγάλο βαθμό μια παθητική εμπειρία. Οι μαθητές αναμενόταν να απορροφήσουν τις πληροφορίες που παρουσιάζονταν σε βιβλία, με περιορισμένες ευκαιρίες για διαδραστική μάθηση. Αν και αυτή η προσέγγιση εξυπηρέτησε γενιές μαθητών, γίνεται ολοένα και πιο σαφές ότι δεν εμπλέκει πλήρως τους σύγχρονους μαθητές, οι οποίοι είναι συνηθισμένοι στην διαδραστικότητα και την αμεσότητα της ψηφιακής τεχνολογίας.

Η συνεχής μείωση στη χρήση φυσικών βιβλίων συνοδεύεται από την τεχνολογική πρόοδο που έχει αλλάξει τον τρόπο κατανάλωσης πληροφοριών, οδηγώντας πολλούς στην προτίμηση οπτικο-ακουστικού υλικού αντί βιβλίων. Επιπλέον, με την άνοδο γλωσσικών μοντέλων μεγάλου μεγέθους (LLMs), όπως τα μοντέλα GPT, δίνεται η δυνατότητα για δημιουργία διαδικτυακών εκπαιδευτικών βιοθών που μπορούν να παρέχουν εξατομικευμένη βοήθεια στους μαθητές, ενισχύοντας περαιτέρω την εκπαιδευτική διαδικασία ανά πάσα ώρα και στιγμή.

Σε έναν κόσμο όπου οι άνθρωποι περνούν ολοένα και περισσότερο χρόνο στα τηλέφωνά τους, υπάρχει επείγουσα ανάγκη να αξιοποιηθεί αυτή η τεχνολογία με τρόπους που είναι τόσο εκπαιδευτικοί όσο και ελκυστικοί. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) προσφέρει μια ελπιδοφόρα λύση, μεταμορφώνοντας τον τρόπο με τον οποίο παραδίδεται και βιώνεται το εκπαιδευτικό περιεχόμενο. Αντί να διαβάζει απλά για μια έννοια σε ένα βιβλίο, η Επαυξημένη Πραγματικότητα επιτρέπει στους μαθητές να βλέπουν αυτήν την έννοια να ζωντανεύει μέσω τρισδιάστατων (3D) μοντέλων και διαδραστικών εμπειριών. Για παράδειγμα, ένας μαθητής όπου θέλει να εξερευνήσει το ηλιακό σύστημα, θα μπορεί να δει τον πλανήτη να ζωντανεύει μέσα από τις σελίδες του βιβλίου του, να δει επιπλέον πληροφορίες για αυτόν και να κατανοήσει καλύτερα το υλικό ενός βιβλίου εμπλουτισμένο με την χρήση της τεχνολογία της Επαυξημένης Πραγματικότητας.

Με την ενσωμάτωση της τεχνολογίας της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην εκπαίδευση και την χρήση LLMs, μπορούμε να μετατρέψουμε τη χρήση των κινητών τηλεφώνων από μια πηγή απόσπασης της προσοχής σε ένα ισχυρό εκπαιδευτικό εργαλείο. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα όχι μόνο αναζωογονεί την παραδοσιακή εμπειρία μάθησης αλλά και παρέχει μια γέφυρα μεταξύ του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου, καθιστώντας τη μάθηση πιο καθηλωτική και διαδραστική. Αυτή η προσέγγιση ενθαρρύνει τους μαθητές να ασχοληθούν σε βάθος με το περιεχόμενο, χρησιμοποιώντας τα τηλέφωνα τους όχι μόνο για διασκέδαση ή κοινωνικά δίκτυα, αλλά ως πύλη προς πιο πλούσιες, ουσιαστικές εμπειρίες μάθησης. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στην εκπαίδευση, συνδυάζοντας τα καλύτερα στοιχεία της παραδοσιακής μάθησης με τις δυνατότητες της σύγχρονης τεχνολογίας, καθιστώντας την εκπαίδευση πιο προσιτή, ελκυστική και αποτελεσματική για τους μαθητές στην ψηφιακή εποχή.

## 2 Εξ αποστάσεως εκπαίδευση

### 2.1 Τι είναι η Εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση

Η εξ αποστάσεως εκπαίδευση είναι μια μορφή εκπαίδευσης που επιτρέπει σε μαθητές και εκπαιδευτικούς να διδάσκουν και να μαθαίνουν χωρίς να βρίσκονται στον ίδιο φυσικό χώρο. Χρησιμοποιεί ψηφιακές τεχνολογίες για να διευκολύνει την παροχή μαθημάτων, την επικοινωνία και τη συνεργασία μέσω διαδικτύου. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι εξ αποστάσεως εκπαίδευσης: η **σύγχρονη εκπαίδευση**, όπου η διδασκαλία γίνεται σε πραγματικό χρόνο μέσω βίντεο συνδιαλέξεων και η **ασύγχρονη εκπαίδευση**, όπου το υλικό του μαθήματος είναι διαθέσιμο για τους μαθητές έτσι ώστε να το παρακολουθήσουν και να μελετήσουν σε δεύτερο χρόνο [16].

Επιτρέπει την πρόσβαση σε εκπαιδευτικό υλικό από οποιοδήποτε μέρος και προσφέρει ευελιξία στη διαχείριση του χρόνου μάθησης, κάτι που την καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμη για ενήλικες που εργάζονται ή άτομα με γεωγραφικούς περιορισμούς [17]. Παράλληλα, οι εκπαιδευτικές πλατφόρμες υποστηρίζουν πολυδιάστατες μεθόδους διδασκαλίας και παρέχουν εργαλεία που επιτρέπουν την αλληλεπίδραση, την αξιολόγηση και την παρακολούθηση της προόδου των μαθητών [20].

### 2.2 Τεχνολογίες και Πλατφόρμες Εξ αποστάσεως Εκπαίδευσης

Στην σημερινή εποχή υπάρχει πλήθος τεχνολογιών και πλατφορμών που επιτρέπουν την αλληλεπίδραση εκπαιδευτών και μαθητών από απόσταση. Οι κύριες τεχνολογίες περιλαμβάνουν τα Συστήματα Διαχείρισης Μάθησης (Learning Management Systems - LMS) όπως το Moodle, τα οποία παρέχουν ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον για τη διαχείριση εκπαιδευτικού υλικού, την παρακολούθηση της προόδου των μαθητών και τη διεξαγωγή εξετάσεων [18].

Παράλληλα, οι πλατφόρμες βίντεο συνδιαλέξεων όπως το Zoom και το Microsoft Teams, αποτελούν το κύριο μέσο για τη σύγχρονη διδασκαλία. Αυτές οι πλατφόρμες επιτρέπουν τη ζωντανή επικοινωνία, τη συνεργασία σε πραγματικό χρόνο και την κοινή χρήση ψηφιακών εργαλείων, όπως διαδικτυακοί ασπροπίνακες (online white boards) και παρουσιάσεις (online presentations) [19].

Τα ασύγχρονα εργαλεία, όπως η πλατφόρμα eClass, δίνουν στους μαθητές τη δυνατότητα να μελετούν με το δικό τους ρυθμό, προσφέροντας ευελιξία στη μάθηση. Επιπλέον, τα εργαλεία Επαυξημένης και Εικονικής Πραγματικότητας (AR και VR) ενισχύουν τη διαδραστική εκπαίδευση, επιτρέποντας στους χρήστες να οπτικοποιούν εκπαιδευτικό υλικό ή να εξερευνούν εικονικούς κόσμους. Αυτές οι τεχνολογίες διευκολύνουν την καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου μέσω αλληλεπίδρασης και προσομοίωσης, προσφέροντας μια πιο εμπλουτισμένη και αποτελεσματική μαθησιακή εμπειρία [21, 22].

Η πρόοδος της τεχνητής νοημοσύνης (AI) και της μηχανικής μάθησης (ML) επίσης συμβάλλει στην ανάπτυξη προσαρμοστικών συστημάτων μάθησης, τα οποία προσφέρουν εξατομικευμένο περιεχόμενο και υποστήριξη με βάση τις ατομικές ανάγκες και προτιμήσεις των μαθητών. Τέτοιες πλατφόρμες βελτιώνουν την εκπαιδευτική διαδικασία και προσφέρουν μια πιο ευέλικτη και προσαρμοσμένη εμπειρία μάθησης [18].

### 2.3 Πλεονεκτήματα της Εξ αποστάσεως Εκπαίδευσης

Η ευελιξία είναι ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα, επιτρέποντας στους μαθητές να προσαρμόζουν τον ρυθμό και τον χρόνο μάθησης τους ανάλογα με τις προσωπικές τους ανάγκες. Αυτό διευκολύνει κυρίως εργαζόμενους ή όσους έχουν περιορισμούς πρόσβασης σε παραδοσιακές τάξεις [17].

Επιπλέον, η προσβασιμότητα σε μαθήματα και προγράμματα σπουδών από όλο τον κόσμο εξαλείφει τα γεωγραφικά εμπόδια. Παρέχεται δυνατότητα συμμετοχής σε εξειδικευμένα προγράμματα

που δεν είναι τοπικά διαθέσιμα [19].

Εξίσου σημαντική είναι η **εξατομικευμένη μάθηση**, καθώς οι μαθητές μπορούν να επικεντρωθούν σε τομείς που τους ενδιαφέρουν περισσότερο. Τα ψηφιακά εργαλεία και οι πλατφόρμες, επιτρέπουν την προσαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού σύμφωνα με τις ανάγκες τους [18].

Τέλος, αναπτύσσονται **δεξιότητες** τεχνολογίας μέσω της χρήσης σύγχρονων ψηφιακών εργαλείων και πλατφορμών. Αυτές οι δεξιότητες είναι πολύτιμες στο σύγχρονο εργασιακό περιβάλλον, προσφέροντας ένα σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα [20].

## 2.4 Προκλήσεις και Περιορισμοί

Παρά τα πλεονεκτήματα της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης, υπάρχουν αρκετές προκλήσεις και περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Αυτές οι προκλήσεις αφορούν τόσο την τεχνολογία όσο και την εκπαιδευτική εμπειρία. Η έλλειψη άμεσης επαφής, η ανάγκη για αυτοπειθαρχία και οι τεχνολογικές απαιτήσεις αποτελούν βασικά θέματα που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα της μάθησης και την απόδοση των μαθητών [16]. Επιπλέον, οι περιορισμοί στην αλληλεπίδραση και η ποιότητα του εκπαιδευτικού υλικού μπορούν να προκαλέσουν δυσκολίες στην επίτευξη αποτελεσματικής και ελκυστικής μάθησης [17].

- **Έλλειψη Άμεσης Επαφής:** Η περιορισμένη φυσική αλληλεπίδραση μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη κοινωνικών ικανοτήτων, την μεταδοτικότητα του καθηγητή με αποτέλεσμα να μην μπορεί να μεταλαμπαδεύσει τις γνώσεις του στο μέγιστο βαθμό και τέλος στην ανάπτυξη σχέσεων μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικών.
- **Ανάγκη για Αυτοπειθαρχία:** Δυστυχώς για πολλούς και ευνόητους λόγους αρκετοί μαθητές χάνουν την όρεξη για εξ αποστάσεως εκπαίδευση πιο εύκολα σε αντίθεση με την δια ζώσης εκπαίδευση. Εξαιτίας αυτού, οι μαθητές θα πρέπει να διέπονται από αυτοπειθαρχία και οργανωτικότητα για να δουλέψει η εξ αποστάσεως εκπαίδευση, καθώς απουσιάζει η καθημερινή καθοδήγηση και η δομή μιας φυσικής τάξης έτσι ώστε να υπάρχει κάποιος υποτυπώδες έλεγχος παρακολούθησης.
- **Πρόσβαση σε Τεχνολογικές Υποδομές:** Δεν έχουν όλοι την δυνατότητα τεχνολογικών συσκευών. Επίσης, σε κάποιες περιοχές δεν υπάρχει η δυνατότητα της πρόσβασης στο διαδίκτυο όπως σε χωρία με ανεπαρκείς τεχνολογικές υποδομές.
- **Ποιότητα Εκπαιδευτικού Υλικού:** Η διατήρηση της ποιότητας και της επικαιροποίησης του εκπαιδευτικού υλικού μπορεί να είναι απαιτητική, ειδικά όταν το υλικό πρέπει να προσαρμοστεί σε διαφορετικά επίπεδα και ανάγκες μαθητών.
- **Περιορισμένη Αλληλεπίδραση:** Χωρίς την άμεση φυσική παρουσία, η αλληλεπίδραση μπορεί να μειωθεί και οι μαθητές να αισθάνονται απομονωμένοι, χωρίς να έχουν κάποιο ουσιώδες λόγο να συμμετέχουν στο μάθημα.

## 2.5 Ρόλος της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εξ αποστάσεως Εκπαίδευση

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα μπορεί να ενίσχυση την εξ αποστάσεως εκπαίδευση, να την κάνει πιο ενδιαφέρουσα, πιο κατανοητή, πιο ευχάριστη και ενδεχομένως να δώσει παραπάνω κίνητρα στους μαθητές με αποτέλεσμα να μην χάσουν την όρεξη για γνώση νιώθοντας αποξενωμένοι.

Δίνει την δυνατότητα προβολής ψηφιακού οπτικού υλικού στον πραγματικό κόσμο, κάνοντας την εμπειρία του μαθητή διαδραστική.

Η τεχνολογία αυτή ενισχύει τα ήδη υπάρχοντα θεμέλια εκπαίδευσης, δίνοντας τους μια μοντέρνα και σύγχρονη αίσθηση, προσελκύοντας το ενδιαφέρον των μαθητών εξαιτίας της άμεσης αλληλεπίδρασης ξεπερνώντας το πρόβλημα της παθητικής εκπαίδευσης. Μπορούν να την χρησιμοποιήσουν για να εξερευνήσουν την ανθρώπινη ανατομία, αναπαράσταση και παραδείγματα χημικών αντιδράσεων και ιστορικές αναπαραστάσεις κάνοντας πιο κατανοητή και αντιληπτή την πληροφορία. Επιπλέον ενισχύει την πρακτική μάθηση επιτρέποντας στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με τα εκπαιδευτικά υλικά σε ένα ασφαλές και ελεγχόμενο ψηφιακό περιβάλλον.

Το σημαντικότερο όλων είναι πως προσφέρει δυνατότητες για εξατομικευμένη μάθηση, προσαρμόζοντας το περιεχόμενο στις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα του εκάστοτε μαθητή. Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές μπορούν να εστιάσουν σε συγκεκριμένα σημεία που υστερούν και χρειάζονται περισσότερη έμφαση, ενώ οι εκπαιδευτές μπορούν να παρέχουν προσαρμοσμένο υλικό που ενισχύει τη μαθησιακή διαδικασία.

Συνολικά, η χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση προσφέρει νέες ευκαιρίες για δυναμική και καινοτόμο μάθηση, γεφυρώνοντας το χάσμα μεταξύ παραδοσιακής και ψηφιακής εκπαίδευσης.

## 2.6 Μελλοντικές Τάσεις στην Εξ αποστάσεως Εκπαίδευση

Η εξ αποστάσεως εκπαίδευση εξελίσσεται συνεχώς και οι μελλοντικές τάσεις δείχνουν προς μια πιο προσαρμοστική και διαδραστική εμπειρία μάθησης. Ένα από τα βασικά στοιχεία που αναμένεται να παίξουν σημαντικό ρόλο είναι η ενσωμάτωση της **Τεχνητής Νοημοσύνης (AI)** και της **μηχανικής μάθησης (ML)**. Αυτές οι τεχνολογίες θα επιτρέψουν την εξατομίκευση της εκπαιδευτικής εμπειρίας, προσφέροντας περιεχόμενο και ασκήσεις προσαρμοσμένες στις ανάγκες κάθε μαθητή.

Η υβριδική μορφή εκπαίδευσης ανθίζει, συνδυάζοντας τα καλύτερα στοιχεία της εξ αποστάσεως και της δια ζώσης διδασκαλίας. Αυτό το μοντέλο προσφέρει ευελιξία αλλά και τη δυνατότητα φυσικής αλληλεπίδρασης όταν αυτό κριθεί απαραίτητο, δίνοντας έμφαση σε μια πιο ολοκληρωμένη μαθησιακή προσέγγιση.

Αντίστοιχα, στο μέλλον με την χρήση μεγάλων γλωσσικών μοντέλων (LLM's) θα δίνεται η δυνατότητα στους καθηγητές, να δημιουργούν τεχνητά bot με την λογική και τους τρόπους διδασκαλίας όπως οι ίδιο θεωρούν καλές πρακτικές, τροφοδοτώντας το LLM με το υλικό, το όνομα και τα βιβλία τους. Με αυτόν τον τρόπο, θα δοθεί η δυνατότητα σε κάθε μαθητή να έχει ένα αντίγραφο του καθηγητή του, ανεξαρτήτος χρόνου ή τόπου, δίνοντας την δυνατότητα της άμεσης εξατομικευμένης εκπαίδευσης και παράλληλα χωρίς ο καθηγητής να κουράζεται επαναλαμβάνοντας ή ξεχνώντας κάποια λεπτομέρεια λόγο κεκτημένης ταχύτητας, κάνοντας τον να αξιοποίηση πιο παραγωγικά αυτόν τον κερδισμένο χρόνο.

## 3 Μάθηση βασισμένη σε παιχνίδι

### 3.1 Ορισμός και Στόχοι της Μάθησης Βασισμένης σε Παιχνίδι

Η μάθηση βασισμένη σε παιχνίδι (Game-Based Learning, GBL) αναφέρεται στη χρήση παιχνιδιών για την ενίσχυση της μαθησιακής διαδικασίας και την επίτευξη εκπαιδευτικών στόχων. Η μάθηση αυτή επικεντρώνεται στην ενεργή συμμετοχή των μαθητών, ενισχύοντας την εμπλοκή και την αφοσίωση τους, καθώς και την ανάκτηση και εφαρμογή γνώσεων με τη χρήση παιχνιδιών που είναι ειδικά σχεδιασμένα για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Η ενσωμάτωση παιχνιδιών σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, ειδικά μέσω τεχνολογιών όπως η Επαυξημένη Πραγματικότητα και η Εικονική Πραγματικότητα, μπορεί να βελτιώσει τα μαθησιακά αποτελέσματα μέσω της δημιουργίας ενός πιο ενδιαφέροντος και δυναμικού μαθησιακού περιβάλλοντος. Η μάθηση που βασίζεται στο παιχνίδι χρησιμοποιεί εξατομικευμένες τεχνικές και άλλα στοιχεία παιχνιδιού για την δημιουργία ενός μαθησιακού περιβάλλοντος, όπου ενισχύει την ενεργό συμμετοχή των μαθητών και προσαρμόζουν την εκπαιδευτική εμπειρία στις εκάστοτε ανάγκες τους [25].

Οι μαθησιακοί στόχοι, δεν αποκλίνουν από τους στόχους μάθησης που δεν είναι βασισμένη σε παιχνίδι. Κάποιοι από αυτούς περιλαμβάνουν τη βελτίωση των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων, την ενίσχυση της κριτικής σκέψης, καθώς και την ανάπτυξη συνεργατικών δεξιοτήτων. Η ένταξη στοιχείων όπου βρίσκονται σε εφαρμογές παιχνιδιών, όπως η χρήση πόντων, επιπέδων και επιβράβευσης, μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση της προσοχής των μαθητών και να ενθαρρύνει τη συνεχή συμμετοχή τους στη μαθησιακή διαδικασία [25].

Η χρήση της επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας σε περιβάλλοντα μάθησης βασισμένης σε παιχνίδι προσφέρει επίσης την δυνατότητα εξατομίκευσης της μαθησιακής εμπειρίας, μέσω της χρήσης προσαρμοσμένων περιεχομένων που βασίζονται σε μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης και ανάλυσης δεδομένων για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα του εκάστοτε μαθητή. Για παράδειγμα, το σύστημα PARASAT χρησιμοποιεί Δείκτες Βασικών Αποδόσεων (KPIs) για να αξιολογήσει την πρόοδο του μαθητή και να του αναθέσει εναλλακτικές μαθησιακές διαδρομές που μεγιστοποιούν τα μαθησιακά αποτελέσματα. Η ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται από την αλληλεπίδραση των μαθητών με το περιεχόμενο στην οθόνη τους βοηθά στην εξατομικευμένη εκπαίδευση και προτείνει ποια τμήματα πρέπει να επαναληφθούν [26].

Η ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών μπορεί να μεταμορφώσει την παραδοσιακή εκπαιδευτική διαδικασία σε μια πιο διαδραστική και ελκυστική εμπειρία, επιτρέποντας στους μαθητές να μαθαίνουν ασύγχρονα και να αποκτούν γνώσεις μέσα από βιωματικές δραστηριότητες που ενσωματώνουν το παιχνίδι στην μάθηση [25].

### 3.2 Είδη Παιχνιδιών στην Εκπαίδευση

Τα υπάρχοντα παιχνίδια που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση ταξινομούνται σε ποικίλους τύπους κατηγοριών. Κάποιοι από τους τύπους κατηγοριών είναι:

1. **Παιχνίδια Προσομοίωσης (Simulation Games):** Χρησιμοποιούνται για να προσομοιώσουν πραγματικές ή φανταστικές καταστάσεις όπου οι μαθητές μπορούν να εξασκηθούν σε δεξιότητες χωρίς τους κινδύνους της πραγματικότητας. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε τομείς όπως η μηχανική, η ιατρική και η εκπαίδευση πιλότων, επιτρέποντας στους μαθητές να εφαρμόσουν θεωρητικές γνώσεις σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα. Για παράδειγμα, ένας προσομοιωτής συγκόλλησης με επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην εκπαίδευση μηχανικών για να βελτιώσει τις δεξιότητές τους και να τους προετοιμάσει καλύτερα για τις πραγματικές συνθήκες εργασίας [23].

2. **Εκπαιδευτικά Παιχνίδια Βασισμένα σε Ιστορίες (Story-Based Educational Games):** Αυτά τα παιχνίδια χρησιμοποιούν αφηγηματικές τεχνικές (story telling) για να ενισχύουν τη μαθησιακή εμπειρία. Οι μαθητές καλούνται να πάρουν αποφάσεις και να επιλύσουν προβλήματα μέσα σε ένα σενάριο, προωθώντας την κριτική σκέψη και την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να ενισχύσει την κατανόηση των μαθητών μέσω της αλληλεπίδρασης με το περιεχόμενο και την ανάπτυξη δεξιοτήτων που σχετίζονται με την αφήγηση [24].
3. **Παιχνίδια Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality Games):** Ενσωματώνουν την Επαυξημένη Πραγματικότητα για να δημιουργήσουν μια πιο διαδραστική μαθησιακή εμπειρία. Αυτά τα παιχνίδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τομείς όπως η ιατρική ή η τεχνική εκπαίδευση, προσφέροντας στους μαθητές τη δυνατότητα να αλληλεπιδρούν με αντικείμενα ή περιβάλλοντα που δεν είναι φυσικά. Αυτή η εμπειρία ενισχύει τη μάθηση μέσω της βιωματικής αλληλεπίδρασης με το περιεχόμενο ενώ παράλληλα χρησιμοποιεί πολλαπλές αισθήσεις (multisensory), όπου έρευνες υποστηρίζουν πως είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος εκπαίδευσης σε άτομα με αναπτηρία [31, 2].
4. **Προσαρμοσμένα Παιχνίδια Μάθησης (Adaptive Learning Games):** Χρησιμοποιούν τεχνητή νοημοσύνη και άλλες τεχνικές ή τεχνολογίες έτσι ώστε να προσαρμόσουν την δυσκολία ανάλογος με τις ανάγκες του εκάστοτε μαθητή. Αναγνωρίζουν τις ανάγκες και τις αδυναμίες του μαθητή ώστε να ακολουθήσει μια διαδρομή βασισμένη εκεί όπου έχει έλλειψη, προσφέροντας ξεχωριστή εμπειρία σε κάθε μαθητή αναλόγως των αναγκών και αδυναμιών του. Αυτή η μορφή παιχνιδιού ενσωματώνει διαγνωστικούς μηχανισμούς όπως η Θεωρία Επισκευής και τα μοντέλα αξιολόγησης μαθησιακών σφαλμάτων για να προσφέρει στοχευμένη καθοδήγηση [30, 27].

### 3.3 Πλεονεκτήματα της Μάθησης μέσω Παιχνιδιών

Η μάθηση μέσω παιχνιδιών προσφέρει πληθώρα πλεονεκτημάτων που ενισχύουν τη μαθησιακή διαδικασία, κάνοντας την πιο αποτελεσματική, ελκυστική και προσαρμοσμένη στις ανάγκες των μαθητών. Τα εκπαιδευτικά παιχνίδια, μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την συμμετοχή και την κατανόηση των μαθητών.

1. **Προσωποποιημένη Μάθηση:** Τα σύγχρονα περιβάλλοντα παιχνιδιού προσαρμόζονται στις ανάγκες του εκάστοτε μαθητή μέσα από την χρήση τεχνικών προσωποποίησης. Η εξατομίκευση επιτρέπει την προσαρμογή του περιεχομένου και της δυσκολίας στις μαθησιακές ανάγκες του κάθε μαθητή, αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα της εκπαίδευτικής διαδικασίας και επιτρέποντας στους μαθητές να επιτύχουν τους μαθησιακούς τους στόχους [32, 24].
2. **Βελτίωση των Γνωστικών Δεξιοτήτων:** Τα παιχνίδια παρέχουν ένα δυναμικό περιβάλλον μάθησης όπου οι μαθητές μπορούν να αναπτύξουν υψηλού επιπέδου γνωστικές δεξιότητες, όπως κριτική σκέψη, επίλυση προβλημάτων και λήψη αποφάσεων. Για παράδειγμα, παιχνίδια με βάση την αφήγηση και προσομοίωσης επιτρέπουν στους μαθητές να εφαρμόσουν θεωρητικές γνώσεις σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα, μειώνοντας τους κινδύνους της πραγματικότητας [32].
3. **Υποστήριξη Ειδικών Εκπαιδευτικών Αναγκών:** Τα εκπαιδευτικά παιχνίδια, ειδικά εκείνα που χρησιμοποιούν τεχνολογίες όπως η AR, έχουν αποδειχθεί εξαιρετικά αποτελεσματικά στην υποστήριξη μαθητών με ειδικές μαθησιακές ανάγκες. Ενεργοποιούν πολλαπλές αισθήσεις με αποτέλεσμα να είναι πιο αποτελεσματική η εκπαίδευση [31].

4. **Συνεργατική Μάθηση και Κοινωνικές Δεξιότητες:** Τα παιχνίδια προωθούν τη συνεργασία και την κοινωνική αλληλεπίδραση μέσω ομάδων και δικτύων παιχνιδιού, ενισχύοντας τις κοινωνικές δεξιότητες των μαθητών και την ικανότητά τους να συνεργάζονται αποτελεσματικά σε ομάδες. Αυτή η πτυχή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που επιδιώκουν την ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων μέσω της συνεργατικής μάθησης [32].

### 3.4 Προκλήσεις και Περιορισμοί

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα που προσφέρει η μάθηση μέσω παιχνιδιών, υπάρχουν αρκετές προκλήσεις και περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη.

1. **Υψηλό Κόστος Ανάπτυξης και Υλοποίησης:** Η ανάπτυξη εκπαιδευτικών παιχνιδιών απαιτεί σημαντικούς πόρους σε χρόνο, χρήματα και τεχνογνωσία. Οι προγραμματιστές, οι σχεδιαστές και οι εκπαιδευτικοί πρέπει να συνεργαστούν για τη δημιουργία παιχνιδιών που είναι παιδαγωγικά κατάλληλα και τεχνολογικά προηγμένα ώστε να υποστηρίξουν τους μαθησιακούς στόχους ανάπτυξης της εφαρμογής [33].
2. **Περιορισμοί Προσαρμοστικότητας και Προσωποποίησης:** Παρόλο που πολλά παιχνίδια ενσωματώνουν τεχνικές προσωποποίησης, η προσαρμογή στις ατομικές ανάγκες των μαθητών μπορεί να είναι περιορισμένη. Η έλλειψη προσαρμογής μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την συμμετοχή και την απόδοση των μαθητών [33].
3. **Ανησυχίες για την Υπερβολική Χρήση και την Εξάρτηση:** Η υπερβολική χρήση παιχνιδιών μπορεί να οδηγήσει σε εξάρτηση, επηρεάζοντας αρνητικά την υγεία και τη συμπεριφορά των μαθητών. Είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί η ισορροπία μεταξύ της ψυχαγωγικής και της εκπαιδευτικής χρήσης των παιχνιδιών [33].
4. **Αντίσταση στην Αλλαγή:** Πολλοί εκπαιδευτικοί και μαθητές μπορεί να διστάζουν να υιοθετήσουν νέες μεθόδους μάθησης μέσω παιχνιδιών, είτε λόγω έλλειψης εξοικείωσης είτε λόγω αμφιβολιών για την αποτελεσματικότητα αυτών των τεχνολογιών. Η αντίσταση στην αλλαγή μπορεί να περιορίσει την ενσωμάτωση της μάθησης μέσω παιχνιδιών στην εκπαίδευση [35].

### 3.5 Μελλοντικές Τάσεις στη Μάθηση Βασισμένη σε Παιχνίδι

Η μάθηση βασισμένη σε παιχνίδια συνεχίζει να εξελίσσεται, με νέες τεχνολογίες και παιδαγωγικές προσεγγίσεις να αναδιαμορφώνουν τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές εμπλέκονται με το εκπαιδευτικό περιεχόμενο. Οι παρακάτω τάσεις αναμένεται να διαμορφώσουν το μέλλον της μάθησης μέσω παιχνιδιών:

- **Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) και Εικονική Πραγματικότητα (VR):** Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών AR και VR αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά, προσφέροντας στους μαθητές διαδραστικά μαθησιακά περιβάλλοντα για μοναδικές εμπειρίες χωρίς κίνδυνο. Αυτές οι τεχνολογίες επιτρέπουν στους μαθητές να βιώσουν προσομοιώσεις πραγματικών σεναρίων, να εξερευνήσουν εικονικούς κόσμους και να αλληλεπιδράσουν με το περιεχόμενο με τρόπο που ήταν αδύνατο στο παρελθόν [33].
- **Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και Προσαρμοστική Μάθηση:** Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στα εκπαιδευτικά παιχνίδια θα επιτρέψει τη δημιουργία προσωποποιημένων εμπειριών μάθησης. Τα συστήματα αυτά μπορούν να προσαρμόζουν το περιεχόμενο και την πο-

λυπλοκότητα του παιχνιδιού ανάλογα με τις επιδόσεις, τις προτιμήσεις και τις ανάγκες του κάθε μαθητή, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας [33].

- **Gamification και Συνεργατική Μάθηση:** Η ενσωμάτωση στοιχείων παιχνιδιού στην εκπαιδευτική διαδικασία θα συνεχίσει να αναπτύσσεται, με την έμφαση να δίνεται στη συνεργατική μάθηση. Οι μαθητές θα συμμετέχουν σε κοινότητες μάθησης όπου θα ανταγωνίζονται και θα συνεργάζονται για την επίτευξη κοινών στόχων, ενισχύοντας τις κοινωνικές τους δεξιότητες και την κριτική σκέψη [37].
- **Ανάπτυξη Δεξιοτήτων:** Η μάθηση μέσω παιχνιδιών θα συνεχίσει να προωθεί δεξιότητες όπως η επίλυση προβλημάτων και η κριτική σκέψη, οι οποίες είναι απαραίτητες για την επιτυχία στον σύγχρονο κόσμο. Τα εκπαιδευτικά παιχνίδια θα αναπτυχθούν για να ενσωματώνουν σενάρια που προάγουν αυτές τις δεξιότητες, προετοιμάζοντας τους μαθητές για τις προκλήσεις του μέλλοντος [33].

## 4 Εικονική πραγματικότητα/Επαυξημένη πραγματικότητα στην εκπαίδευση

### 4.1 Εικονική Πραγματικότητα (VR)

Η Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality - VR) είναι μια τεχνολογία που δημιουργεί ένα πλήρως ψηφιακό περιβάλλον, επιτρέποντας στον χρήστη να εμβυθιστεί σε έναν εντελώς εικονικό κόσμο. Απαιτεί τη χρήση ειδικών συσκευών, όπως κράνη Εικονικής Πραγματικότητας (VR headsets) και γάντια με αισθητήρες κίνησης, που επιτρέπουν στον χρήστη να αλληλεπιδρά με το ψηφιακό περιβάλλον. Σε αντίθεση με την Επαυξημένη Πραγματικότητα, η Εικονική Πραγματικότητα απομονώνει τον χρήστη από τον πραγματικό κόσμο, αντικαθιστώντας τον με ένα εικονικό περιβάλλον που μπορεί να προσομοιώνει ρεαλιστικές ή φανταστικές καταστάσεις.

Η Εικονική Πραγματικότητα έχει ευρείες εφαρμογές, ειδικά στον τομέα της εκπαίδευσης, καθώς παρέχει στους μαθητές την ευκαιρία να βιώσουν καταστάσεις που θα ήταν αδύνατο ή επικίνδυνο να αναπαραχθούν στον πραγματικό κόσμο. Για παράδειγμα, οι φοιτητές ιατρικής μπορούν να χρησιμοποιούν την Εικονική Πραγματικότητα για να εξασκηθούν σε χειρουργικές επεμβάσεις σε εικονικούς ασθενείς χωρίς τον κίνδυνο που υπάρχει στις πραγματικές επεμβάσεις. Παρομοίως, οι μαθητές ιστορίας μπορούν να εξερευνήσουν αρχαίους πολιτισμούς ή ιστορικά γεγονότα μέσα από εικονικά ταξίδια που προσφέρουν μια βαθύτερη κατανόηση και εμπειρία.

Η τεχνολογία της Εικονικής Πραγματικότητας χρησιμοποιείται επίσης ευρέως στον τομέα της προσομοίωσης και της εκπαίδευσης δεξιοτήτων, όπως η εκπαίδευση πιλότων, οι στρατιωτικές ασκήσεις και η εκπαίδευση σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Με τη δημιουργία ρεαλιστικών, ελεγχόμενων περιβαλλόντων, η Εικονική Πραγματικότητα επιτρέπει την ανάπτυξη και ενίσχυση των δεξιοτήτων των χρηστών χωρίς τον κίνδυνο ή το κόστος που θα απαιτούσε η εκπαίδευση στον πραγματικό κόσμο.

Τέλος, η Εικονική Πραγματικότητα έχει σημαντική επίδραση και στον τομέα της ψυχαγωγίας. Από τα παιχνίδια Εικονικής Πραγματικότητας και τις εικονικές περιηγήσεις, μέχρι τη χρήση της για τη δημιουργία νέων εμπειριών στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, η Εικονική Πραγματικότητα προσφέρει μοναδικές ευκαιρίες για αλληλεπίδραση και δημιουργία περιεχομένου. Με την αυξανόμενη προσιτότητα των συσκευών Εικονικής Πραγματικότητας και την ανάπτυξη νέων εφαρμογών, συνεχίζει να επεκτείνει τις δυνατότητές της, συνεισφέροντας σε πολλούς τομείς και επαναπροσδιορίζοντας τον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε και αλληλεπιδρούμε με τον ψηφιακό κόσμο.

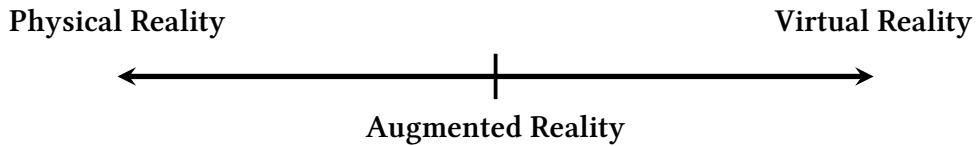
### 4.2 Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR)

Η έννοια της Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality - AR) εμφανίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1990 από τους Caudell και Mizell, δύο αεροναυπηγούς ερευνητές της εταιρίας Boeing. Είναι μια τεχνολογία που συνδυάζει τον πραγματικό και τον ψηφιακό κόσμο με εικονικά στοιχεία, δημιουργώντας μια ενισχυμένη εμπειρία στον χρήστη. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει την προβολή ψηφιακού περιεχομένου πάνω στον πραγματικό κόσμο μέσω συσκευών όπως κινητά τηλέφωνα, τάμπλετς, και ειδικά γυαλιά [8,9,12].

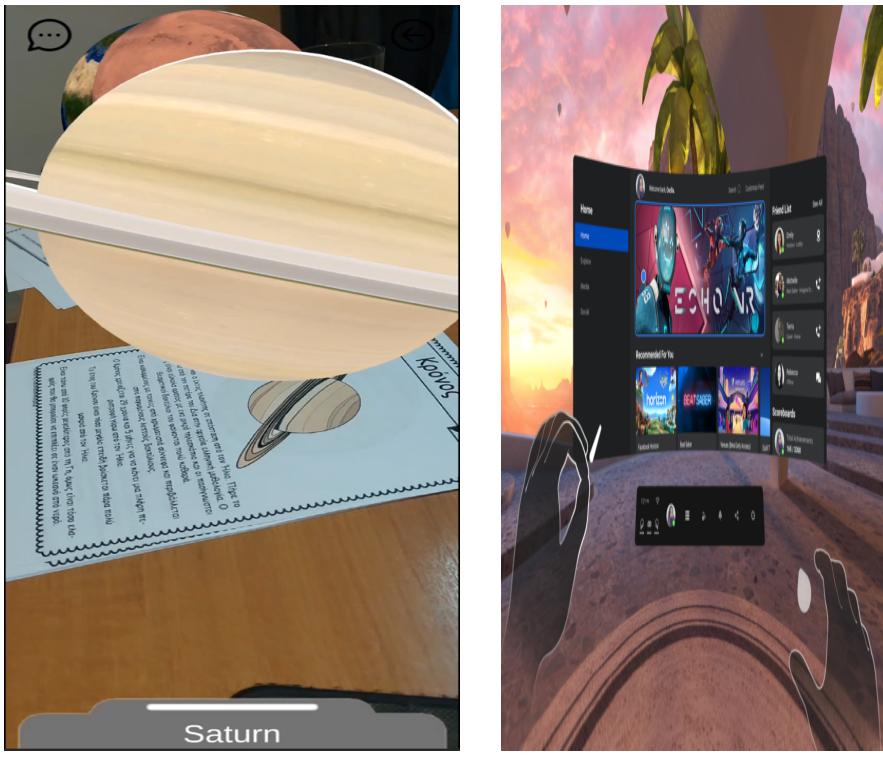
Σε αντίθεση με την Εικονική Πραγματικότητα, η οποία δημιουργεί ένα εντελώς ψηφιακό κόσμο αποκομμένο από τον πραγματικό, η Επαυξημένη Πραγματικότητα διατηρεί την πραγματική εικόνα ως βάση, εμπλουτίζοντας με οπτικοακουστικές πληροφορίες και αντικείμενα που βελτιώνουν την αντίληψη και την αλληλεπίδραση του χρήστη με τον κόσμο γύρω του, καθιστώντας την πολύτιμη σε διάφορους τομείς όπως η εκπαίδευση, η υγεία, η βιομηχανία και η ψυχαγωγία.

Ο όρος Εικονική Πραγματικότητα αναφέρεται στην πλήρη εμβύθιση του χρήστη σε ένα τεχνητό, ψηφιακό περιβάλλον. Η ειδοποιός διαφορά μεταξύ VR και AR είναι ότι το VR δημιουργεί εξολο-

κλήρου ένα νέο περιβάλλον, ενώ το AR συνδυάζει την πραγματική εικόνα με ψηφιακά στοιχεία, βελτιώνοντας την αντίληψη του πραγματικού κόσμου με προσθήκη εικονικών πληροφοριών.



Συνολικά, η Επαυξημένη Πραγματικότητα προσφέρει μοναδικές δυνατότητες για την ενίσχυση της αντίληψης και της αλληλεπίδρασης με τον κόσμο γύρω μας, καθιστώντας την μια τεχνολογία με τεράστιες προοπτικές και εφαρμογές στο μέλλον.



Σχήμα 4.1: Παραδείγματα AR και VR

### 4.3 Πώς Λειτουργεί η Επαυξημένη Πραγματικότητα

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα βασίζεται σε έναν συνδυασμό τεχνολογιών, όπως η ανίχνευση θέσης και προσανατολισμού, η αναγνώριση αντικειμένων και η επεξεργασία εικόνας σε πραγματικό χρόνο. Όταν ο χρήστης στρέφει τη συσκευή του προς ένα συγκεκριμένο σημείο ή αντικείμενο, η Επαυξημένη Πραγματικότητα μπορεί να αναγνωρίσει αυτό το σημείο και να τοποθετήσει εικονικά στοιχεία πάνω του. Για παράδειγμα, όταν στρέφουμε το κινητό τηλέφωνο σε έναν δρόμο, η εφαρμογή με την χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας μπορεί να προσθέσει πληροφορίες για τα καταστήματα ή τα αξιοθέατα που βρίσκονται εκεί.

Οι εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας χρησιμοποιούν αισθητήρες όπως κάμερες, γυροσκόπια και επιταχυνσιόμετρα για να εντοπίσουν τη θέση και τον προσανατολισμό της συσκευής σε σχέση με τον πραγματικό κόσμο. Με τη βοήθεια αυτών των δεδομένων, η Επαυξημένη Πραγματικότητα μπορεί να εντοπίσει και να ακολουθήσει αντικείμενα, να αναγνωρίσει το περιβάλλον και να προβάλλει το κατάλληλο ψηφιακό περιεχόμενο.

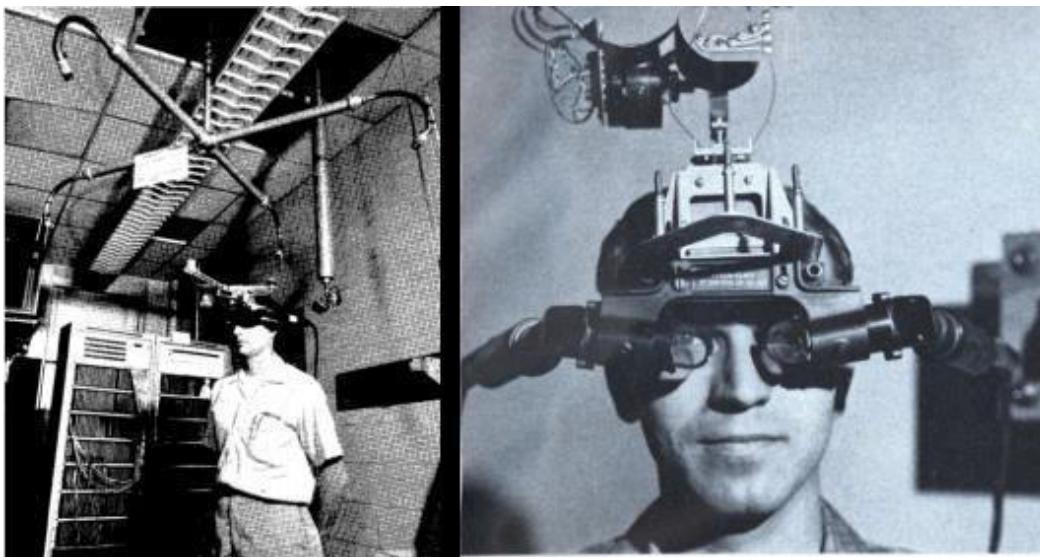
#### 4.4 Εφαρμογές της Επαυξημένη Πραγματικότητας

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα έχει αναπτυχθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια και έχει βρει εφαρμογές σε πολλούς τομείς:

- Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Έργων:** Η Επαυξημένη Πραγματικότητα διευκολύνει την καλύτερη οπτικοποίηση και το σχεδιασμό σε έργα ανάπτυξης. Μέσω της προβολής ψηφιακών μοντέλων σε πραγματικά περιβάλλοντα, οι σχεδιαστές και οι τεχνικοί μπορούν να αποκτήσουν μια πιο ακριβή κατανόηση της επίδρασης ενός έργου πριν την υλοποίησή του. Αυτή η εφαρμογή της Επαυξημένης Πραγματικότητας επιτρέπει την αυξημένη ακρίβεια στο σχεδιασμό και τη λήψη πιο ενημερωμένων αποφάσεων [2].
- Παιχνίδια:** Η Επαυξημένη Πραγματικότητα έχει φέρει επανάσταση στον τομέα των παιχνιδιών. Το διάσημο παιχνίδι Pokémon Go είναι ένα κλασικό παράδειγμα, όπου οι παίκτες αναζητούν και αιχμαλωτίζουν Pokémon που φαίνεται να εμφανίζονται στον πραγματικό κόσμο μέσω των συσκευών τους.
- Υγεία:** Στον ιατρικό τομέα, η Επαυξημένη Πραγματικότητα βοηθά τους γιατρούς να απεικονίσουν εσωτερικά όργανα σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας την ακρίβεια κατά τη διάρκεια χειρουργικών επεμβάσεων. Οι φοιτητές της ιατρικής μπορούν να χρησιμοποιούν Επαυξημένη Πραγματικότητα για να μάθουν ανατομία και χειρουργικές διαδικασίες με έναν πιο διαδραστικό τρόπο.
- Τεχνολογία και Μηχανολογία:** Στους τομείς της τεχνολογίας και της μηχανολογίας, η Επαυξημένη Πραγματικότητα υποστηρίζει την οπτικοποίηση σύνθετων σχέδιον και δομών, καθιστώντας ευκολότερη την ανίχνευση πιθανών προβλημάτων του έργου. Η ενσωμάτωση της Επαυξημένη Πραγματικότητα στη μηχανική έχει επαναστατήσει τον τρόπο παρουσίασης και ανάλυσης των έργων, προσφέροντας βαθύτερη αλληλεπίδραση με τα ψηφιακά μοντέλα και βελτιώνοντας σημαντικά την ακρίβεια του σχεδιασμού [2].
- Εκπαίδευση:** Η Επαυξημένη Πραγματικότητα χρησιμοποιείται ως εκπαιδευτικό εργαλείο. Για παράδειγμα, η Επαυξημένη Πραγματικότητα μπορεί να προσομοιώσει πραγματικά σενάρια σε τομείς όπως η χημεία, επιτρέποντας στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με τρισδιάστατα μοντέλα και να συμμετέχουν σε πρακτική μάθηση χωρίς φυσικούς κινδύνους. Αυτή η προσέγγιση έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει την κατανόηση και την αφομοίωση σύνθετων εννοιών [2,3].

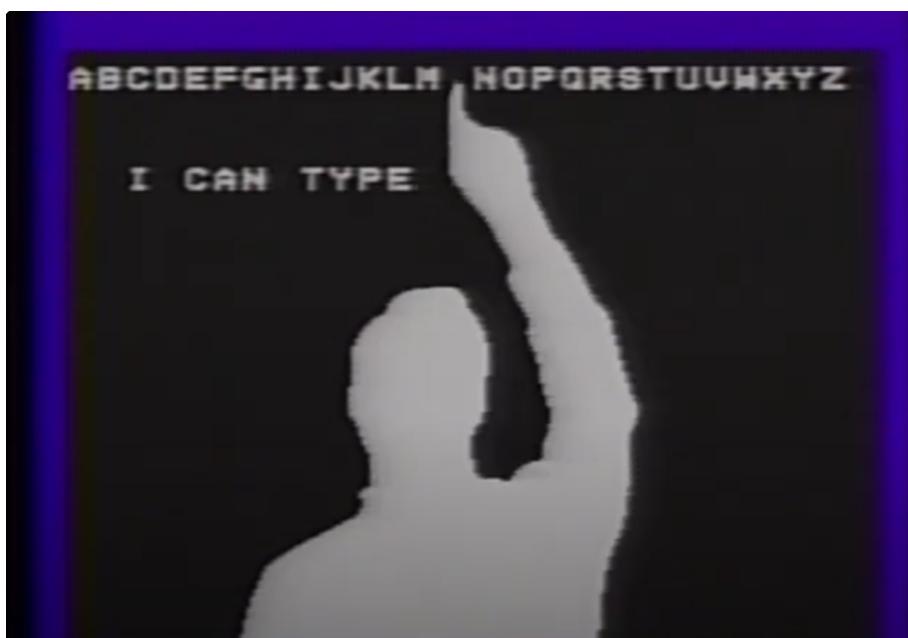
#### 4.5 Η ιστορία της Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η έννοια της Επαυξημένης Πραγματικότητας εμφανίστηκε στις αρχές τις δεκαετίας του 1990, όμως η πρώτη πρακτική εφαρμογή της έγινε το 1968 από τον Ivan Sutherland, ο οποίος ανέπτυξε το πρωτότυπο σύστημα AR με την ονομασία "The Sword of Damocles". Αυτό το σύστημα είναι απαρχαιωμένο για τα σημερινά δεδομένα, θεωρείται ωστόσο το πρώτο βήμα προς την εξέλιξη της Επαυξημένης Πραγματικότητας. Αυτό που επιτελούσε ήταν η τρισδιάστατη απεικόνιση αντικειμένων στο πραγματικό περιβάλλον μέσω ειδικής συσκευής που φορούσε ο χρήστης στο κεφάλι [7,9,12].



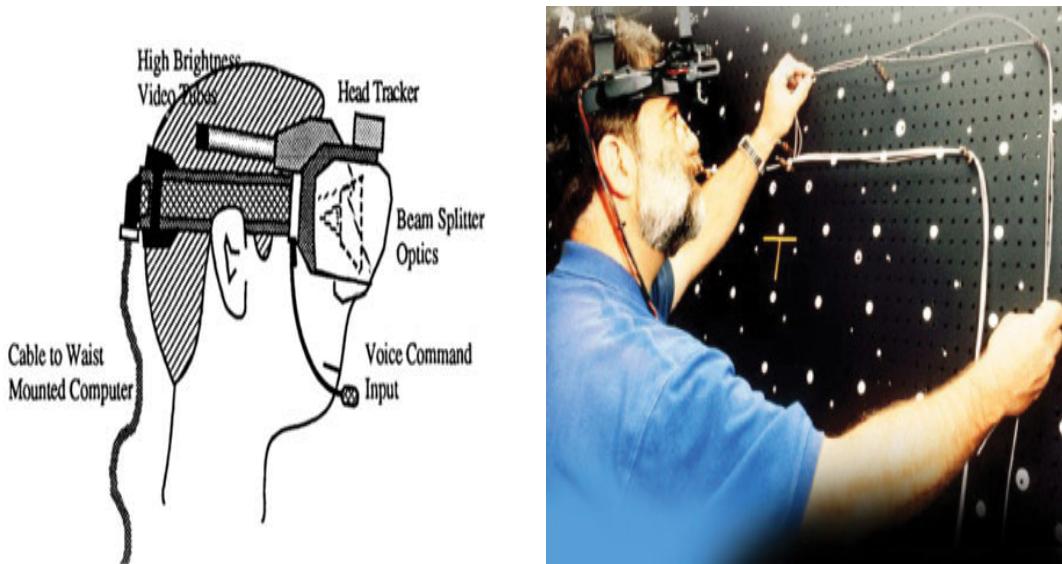
Σχήμα 4.2: Το πρώτο AR <<The Sword of Damocles>> του Ivan Sutherland (1968)

Το επόμενο σημαντικό βήμα έγινε το 1974, όταν ο Myron Krueger ανέπτυξε το σύστημα Videoplace. Αυτό το σύστημα συνδύαζε προβολή και βίντεο κάμερες για τη δημιουργία ενός διαδραστικού περιβάλλοντος, όπου οι χρήστες μπορούσαν να αλληλεπιδρούν με εικονικές σκιές σε οθόνες [7,9,12].



Σχήμα 4.3: Videoplace του Myron Krueger (1974) [10]

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, ο όρος Επαυξημένη Πραγματικότητα καθιερώθηκε από τον Caudell και Mizell, δύο αεροναυπηγούς ερευνητές της εταιρίας Boeing. Ανέπτυξαν ένα σύστημα για να βοηθήσει τους εργάτες στην συναρμολόγηση καλωδίων στα αεροσκάφη. Αυτή η ανάπτυξη έφερε την AR στο προσκήνιο και άνοιξε τον δρόμο για περαιτέρω εφαρμογές [7,8,9,12].



Σχήμα 4.4: Σύστημα συναρμολόγησης καλωδίων στα αεροσκάφη από τους Caudell και Mizell (1990) [11]

Περίπου την ίδια χρονική περίοδο, στο εργαστήριο Armstrong της Πολεμικής Αεροπορίας των ΗΠΑ, δημιουργήθηκε το Virtual Fixtures από τον Louis Rosenberg το 1992. Αυτό το σύστημα παρείχε συναρπαστικές εμπειρίες μεικτής πραγματικότητας και χρησιμοποιήθηκε αρχικά για στρατιωτικούς σκοπούς [7,13].



Σχήμα 4.5: Virtual Fixtures του Louis Rosenberg (1992)

Το 1999 η NASA, δημιούργησε ένα υβριδικό οπτικό σύστημα, έτσι ώστε να παρέχει πληροφορίες πλοιήγησης στο αεροσκάφος X-38 [9].



Σχήμα 4.6: AR στο X-38, NASA (1999)

## 4.6 Πλεονεκτήματα της Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα ποικίλοι στους τομείς που εφαρμόζεται και την αξιοποιούν. Είναι μια τεχνολογία που αναπτύσσεται διαρκώς και έχει όλα τα θεμέλια για να ενισχύσει τις ανθρώπινες δυνατότητες στον φυσικό κόσμο. Μερικά από τα πλεονεκτήματά της:

- Ενισχυμένη Εκπαιδευτική Εμπειρία:** η Επαυξημένη Πραγματικότητα ενισχύει την προσοχή και τη συγκέντρωση των μαθητών, αυξάνοντας τη διάρκεια και την ποιότητα της εμπλοκής τους με το εκπαιδευτικό υλικό. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι μαθητές που χρησιμοποιούν τεχνολογίες Επαυξημένης Πραγματικότητας παρουσιάζουν βελτιωμένη απόδοση και επίδοση στις εξετάσεις, καθώς η επαυξημένη πραγματικότητα διευκολύνει την αλληλεπίδραση και την πρακτική εφαρμογή των γνώσεων [14,15].

Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα της Επαυξημένης Πραγματικότητας είναι η δημιουργία ενός πιο διασκεδαστικού και ευχάριστου μαθησιακού περιβάλλοντος. Οι μαθητές συμμετέχουν πιο ενεργά και με μεγαλύτερη όρεξη στη μαθησιακή διαδικασία όταν αυτή συνδυάζει την ψυχαγωγία με τη μάθηση [6].

- Εμπλουτισμένη Εμπειρία Πελατών:** στον τομέα του λιανικού εμπορίου, η Επαυξημένη Πραγματικότητα προσφέρει στους καταναλωτές την ευκαιρία να δοκιμάσουν προϊόντα εικονικά πριν από την αγορά. Εφαρμογές όπως η εικονική τοποθέτηση επίπλων στο σπίτι ή η δοκιμή ρούχων μέσω της Επαυξημένης Πραγματικότητας βοηθούν τους καταναλωτές να κάνουν πιο ενημερωμένες επιλογές, αυξάνοντας την ικανοποίησή τους.
- Οπτικοποίηση σχεδίων:** με την χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας σε τομείς όπως ηλεκτρολόγοι/ηλεκτρονικοί μηχανικοί, πολιτικοί μηχανικοί, μηχανολόγοι μηχανικοί, οι επαγγελματίες μπορούν να οπτικοποιούν τα σχέδιά τους με ακρίβεια, παρακολουθώντας ποιο καλώδιο συνδέεται με κάθε θύρα, μετρώντας αποστάσεις μεταξύ σημείων, και βλέποντας το σχέδιο ενός κτιρίου καθώς και την προβλεπόμενη συναρμολόγηση του. Αυτό βελτιώνει την κατανόηση, μειώνει τα σφάλματα και διευκολύνει τη διαδικασία κατασκευής.

## 5 Ανάπτυξη AR εφαρμογής

Η εφαρμογή που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αξιοποιεί την Επαυξημένη Πραγματικότητα και τα γλωσσικά μοντέλα μεγάλου μεγέθους (LLMs) για την αναβάθμιση των βιβλίων. Μέσω αυτής, τα βιβλία ζωντανεύουν, καθιστώντας το περιεχόμενο πιο ελκυστικό και κατανοητό. Η εφαρμογή προσφέρει συνοπτικές πληροφορίες, ακουστική παρουσίαση περιεχομένου και έναν εικονικό δάσκαλο σε μορφή συνομιλίας (chat). Αυτή η καινοτόμος προσέγγιση στοχεύει στη βελτίωση της εκπαιδευτικής εμπειρίας και την παροχή ευκαιριών σε περισσότερους σε σχέση με την παραδοσιακή εκπαίδευση.

Η εφαρμογή επικεντρώνεται σε ένα υπάρχον βιβλίο για τους πλανήτες του ηλιακού συστήματος και προβάλλει σχετικό υλικό ανάλογα με τον πλανήτη που επιλέγεται. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα επιτρέπει στους χρήστες να βιώσουν μια πιο διαδραστική εμπειρία, ενισχύοντας την κατανόηση και την αφομοίωση του περιεχομένου του βιβλίου με ένα ζωντανό και ελκυστικό τρόπο.

### 5.1 Στόχοι

Η εφαρμογή αυτή στοχεύει στον εκσυγχρονισμό των παραδοσιακών βιβλίων, προσφέροντας μια δυναμική και διαδραστική εμπειρία ανάγνωσης μέσα από την αλληλεπίδραση με τον επαυξημένο κόσμο. Μέσω της Επαυξημένης Πραγματικότητας και των γλωσσικών μοντέλων μεγάλου μεγέθους (LLMs), τα βιβλία μπορούν να εμπλουτιστούν με επιπλέον πληροφορίες, πολυμέσα και διαδραστικά στοιχεία που ενισχύουν την κατανόηση των εννοιών. Ταυτόχρονα, η δυνατότητα για μελλοντικές αναβαθμίσεις και διορθώσεις επιτρέπει την συνεχή βελτίωση και επικαιροποίηση του περιεχομένου, καθιστώντας τα βιβλία πιο σύγχρονα και χρήσιμα για τους αναγνώστες.

Ένας από τους κύριους στόχους της εφαρμογής είναι να διευκολύνει την κατανόηση και την παράδοση των εκπαιδευτικών θεμάτων. Μέσω της οπτικοποίησης και των διαδραστικών λειτουργιών, το περιεχόμενο παρουσιάζεται με τρόπο πιο κατανοητό και ελκυστικό, ειδικά για τα παιδιά. Η δυνατότητα να αλληλεπιδρούν με το υλικό και να βλέπουν ζωντανά παραδείγματα βοηθά στην καλύτερη αφομοίωση και κατανόηση των πληροφοριών, κάνοντας τη μάθηση μια πιο ευχάριστη και αποδοτική διαδικασία.

Επιπλέον, η εφαρμογή επιδιώκει να προσφέρει εξατομικευμένες απαντήσεις από τις απορίες που μπορεί να δημιουργηθούν στον εκάστοτε χρήστη. Με τη χρήση του εικονικού δασκάλου, οι μαθητές μπορούν να λαμβάνουν άμεση και προσαρμοσμένη υποστήριξη στις ανάγκες και τις προτιμήσεις τους. Αυτό όχι μόνο ενισχύει την εκπαιδευτική εμπειρία, αλλά και προάγει μια πιο στοχευμένη και αποτελεσματική μάθηση.

Τέλος, ένας σημαντικός στόχος της εφαρμογής είναι η προώθηση της χρήσης των κινητών τηλεφώνων ως εργαλεία για πνευματική ανάπτυξη και εξέλιξη. Αντί να σπαταλούν χρόνο σε μη παραγωγικές καταναλωτικές δραστηριότητες, οι χρήστες μπορούν πλέον να αλληλεπιδρούν με το βιβλίο μέσω της εφαρμογής, προσφέροντας μια πιο ενεργή και διαδραστική εμπειρία από τον παραδοσιακό παθητικό τρόπο. Αυτό επιτρέπει τη διεύρυνση των πνευματικών οριζόντων και τον εμπλουτισμό των γνώσεων τους, συμβάλλοντας στη δημιουργία μιας πιο εκπαιδευτικής και αναπτυξιακής χρήσης της τεχνολογίας στην καθημερινή ζωή.

### 5.2 Έμπνευση και ιδέα

Ως δυσλεκτικός, αναζητώ συνεχώς τρόπους για να κάνω τη μάθηση πιο αποτελεσματική και λιγότερο χρονοβόρα. Η οπτικοποίηση των πληροφοριών με βοηθά να κατανοήσω καλύτερα το περιεχόμενο, ενώ η ακουστική παρουσίαση προσφέρει έναν διαφορετικό τρόπο αφομοίωσης των γνώσεων που με διευκολύνει σημαντικά. Πολλοί άνθρωποι όπως και εγώ, κατανοούν καλύτερα την

πληροφορία όταν αυτή παρουσιάζεται οπτικοποιημένη ή μέσω ήχου, κάτι που καθιστά την αναβάθμιση των παραδοσιακών μεθόδων απαραίτητη.

Παράλληλα, το φυσικό βιβλίο παραμένει αναντικατάστατο για πιο λεπτομερή μελέτη ή για στιγμές που η παρατεταμένη χρήση οθόνης κουράζει τα μάτια. Αυτή η ισορροπία μεταξύ παραδοσιακού και ψηφιακού μέσου αποτελεί έναν από τους λόγους που η εφαρμογή προσφέρει δυνατότητες συνδυασμού αυτών των δύο. Το να μπορεί κανείς να συνδυάζει την ανάγνωση με οπτικοακουστικό υλικό, διευρύνει τους ορίζοντες μάθησης και προσφέρει μια πιο ολιστική εκπαιδευτική εμπειρία.

Ένας άλλος στόχος που με ώθησε στη δημιουργία αυτής της εφαρμογής είναι η ανάγκη για άμεσες και σαφείς απαντήσεις σε ερωτήματα, χωρίς να χάνεται η ροή της σκέψης. Έχοντας βιώσει προσωπικά την ανάγκη για άμεση υποστήριξη κατά τη διάρκεια της μελέτης, εμπνεύστηκα τον του εικονικό δάσκαλο, που μπορεί να παρέχει εξατομικευμένες απαντήσεις και καθοδήγηση. Με αυτόν τον τρόπο, η εφαρμογή μπορεί να λειτουργήσει ως ένα εργαλείο που ενισχύει την αυτονομία και την αποτελεσματικότητα στη μάθηση.

Αυτός ο εικονικός δάσκαλος δεν είναι απλώς μια λύση για τους δυσλεκτικούς, αλλά και για όλους όσοι επιθυμούν να εμπλουτίσουν τη γνώση τους με έναν πιο άμεσο και προσαρμοσμένο τρόπο. Προσφέρει τη δυνατότητα εξατομικευμένης υποστήριξης, απαντώντας σε απορίες και βοηθώντας τους χρήστες να παραμένουν συγκεντρωμένοι και να συνεχίζουν τη μάθησή τους χωρίς διακοπή. Αυτή η προσέγγιση ενσωματώνει την τεχνολογία στην εκπαιδευτική διαδικασία με έναν καινοτόμο τρόπο, γεφυρώνοντας την παραδοσιακή μάθηση με τις σύγχρονες ανάγκες των μαθητών.

### 5.3 Η μηχανή Unity

Η εφαρμογή αναπτύχθηκε στη μηχανή Unity, μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα ανάπτυξης παιχνιδιών και εφαρμογών που προσφέρει εργαλεία και λειτουργίες για τη δημιουργία διαδραστικών εμπειριών υψηλής ποιότητας. Παρέχει ένα ισχυρό περιβάλλον με προγραμματισμό scripting στην γλώσσα C#, animation, μοντέλα και πλήθος από πακέτα, καθιστώντας την ιδανική για την ανάπτυξη της AR εφαρμογής.

Επιπλέον, η Unity επιτρέπει την εύκολη ενσωμάτωση τεχνολογιών AR, όπως το ARCore της Google, διευκολύνοντας την ανάπτυξη της εφαρμογής με την Επαυξημένη Πραγματικότητα. Προσφέρει δυνατότητες διαχείρισης πολυμέσων, σχεδίασης διεπαφής χρήστη (UI), καθώς και εργαλεία για τον έλεγχο και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης της εφαρμογής. Αυτές οι δυνατότητες εξασφαλίζουν ομαλή λειτουργία και ενισχύουν την εμπειρία του χρήστη.

Τέλος, η Unity παρέχει τη δημιουργίας αντικειμένων Prefab, τα οποία είναι ένας τύπος αντικειμένου που αποθηκεύεται ως πρότυπο (template) και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί σε διάφορα σημεία της εφαρμογής. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο, διότι παραμετροποιείται μία φόρα σωστά και στην συνέχεια απλά γίνεται χρήση αυτού.

### 5.4 Αρχιτεκτονική της εφαρμογής

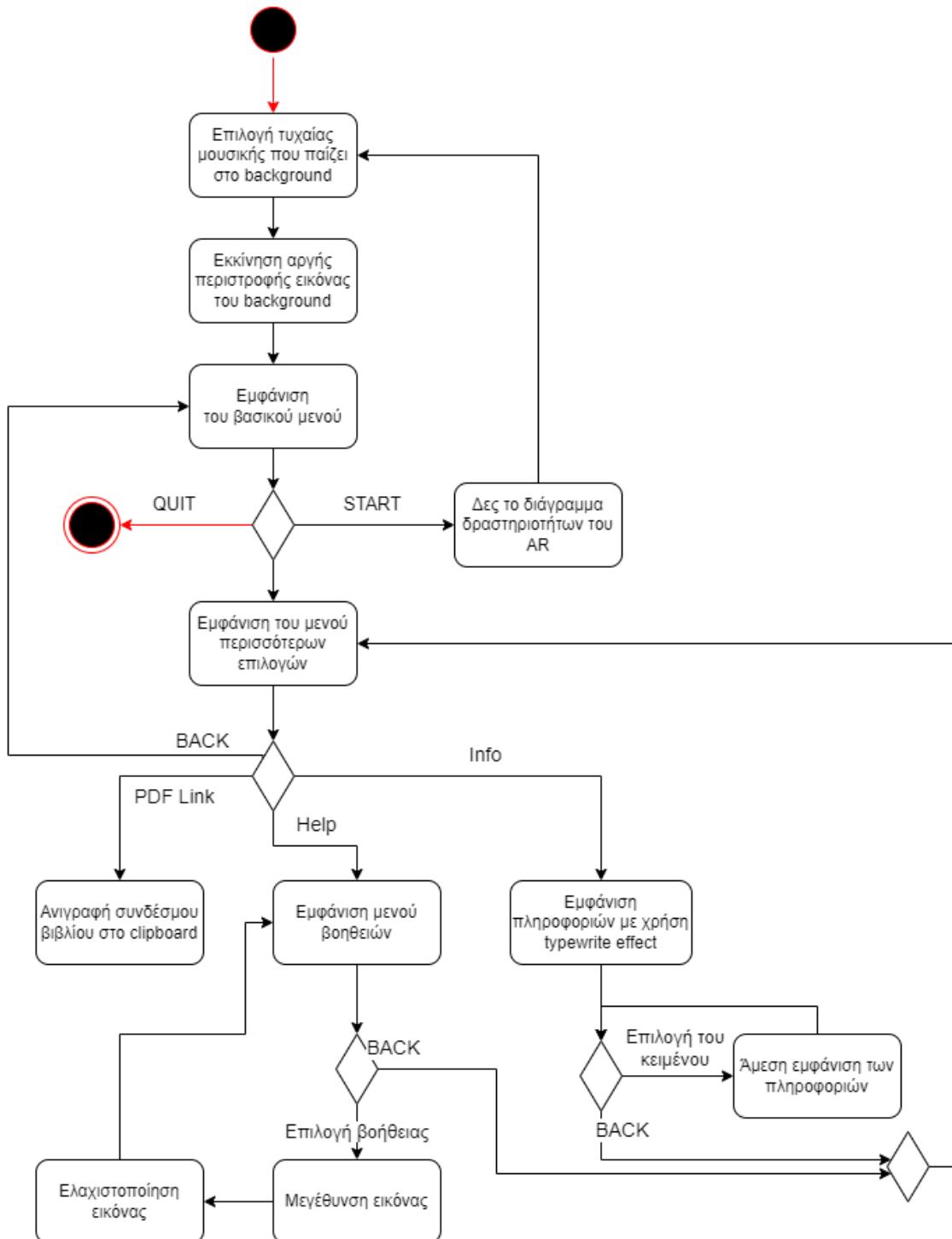
Το κύριο (ή κεντρικό) μενού της εφαρμογής είναι πολύ απλό και ελκυστικό προς στον χρήστη προσφέροντας την αίσθηση της ανάδρασης μέσα από τα ποικίλα animations, είτε των κουμπιών είτε των transition.

Η εφαρμογή ως πρώτο πράγμα που κάνει κατά την εκκίνηση της, επιλέγει ένα τυχαίο soundtrack για το background από μια τετραμελή λίστα και ξεκινά να περιστρέφει την εικόνα του background αργά.

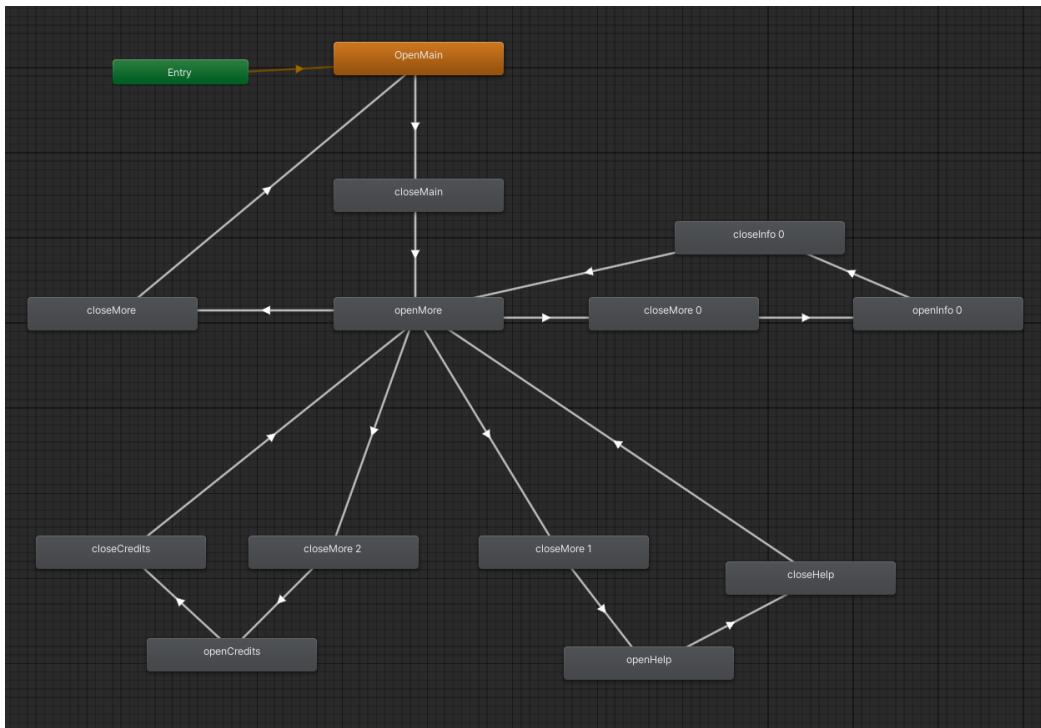
Επίσης, ξανά επιλέγει ένα τυχαίο soundtrack για αναπαραγωγή όταν έρθει το πέρας χρόνου του, το οποίο ελέγχει μέσω της χρήσης της συνάρτησης Update που προσφέρει η Unity, την οποία συνάρτηση χρησιμοποιεί και για την περιστροφή της εικόνας του background.

Ακόμα, η Unity περιέχει μεθόδους αναγνώρισης αφής στην οθόνη και με την χρήση των μεθόδων αυτών επιτυγχάνεται η διεπαφή του χρήστη με το κινητό τηλέφωνο ώστε να μπορεί να αλληλεπιδράσει με την εφαρμογή.

Τέλος, τα animations ελέγχονται από τον animator, όπου μπορεί να περιγράφει συνοπτικά ως μια ντετερμινιστική μηχανή καταστάσεων (state machine) όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.2, η οποία περιμένει να συμβεί κάποιο συγκεκριμένο γεγονός για να προχωρήσει και είναι αυτό που ελέγχει όλα τα animations του κεντρικού UI.



Σχήμα 5.1: Διάγραμμα δραστηριοτήτων κεντρικής σκηνής

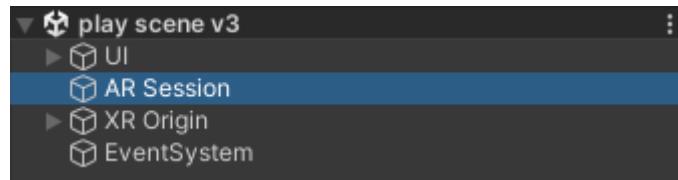


Σχήμα 5.2: Animator UI του κεντρικού μενού

Το βασικό κομμάτι της εφαρμογής είναι η δεύτερη σκηνή, ενώ η πρώτη είναι αυτή του κεντρικού μενού. Η δεύτερη σκηνή ενεργοποιεί την κάμερα του κινητού τηλεφώνου με την χρήση του εργαλείου ARCore της Google για Android, το οπόιο παρέχει δυνατότητες για την ενσωμάτωση της Επαυξημένης Πραγματικότητας.

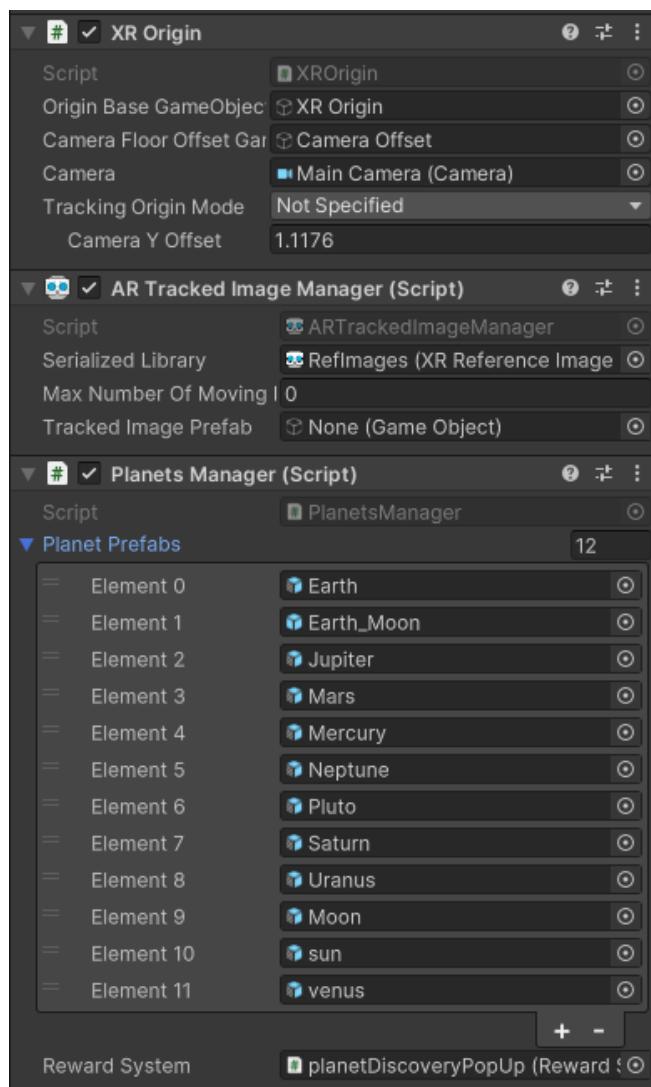
Η ARCore χρησιμοποιεί πολλαπλούς σένσορες του κινητού τηλεφώνου όπως το γυροσκόπιο, το επιταχυνσιόμετρο και την κάμερα για τον προσανατολισμό και την θέση της συσκευής σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας την δυνατότητα ανίχνευσης εικόνων και την τοποθέτηση ψηφιακών αντικειμένων στον φυσικό χώρο. Μέσω αυτής της τεχνολογίας έχουμε την δυνατότητα αλληλεπίδρασης του χρήστη με το περιβάλλον γύρω του, δίνοντας του την εμπειρία της Επαυξημένης Πραγματικότητας. Η Unity μας δίνει την δυνατότητα να αξιοποιήσουμε την ARCore μέσω της **AR Foundation**, όπου είναι ένας διαμεσολαβητής ως προς αυτές της τεχνολογίες έτσι ώστε να καλύπτει όλες τις πλατφόρμες, παραδείγματος χάρη για λειτουργικό IOS, με την ειδοποιό διαφορά πως θα πρέπει να έχουν γίνει οι κατάλληλες ενέργειες για την χρήση του ARKit της Apple για να το υποστηρίξει.

Με την χρήση της συνεδρίας **AR Session**, δίνεται η δυνατότητα διαχείρισης των πόρων, ανίχνευσης αντικειμένων και παρακολούθησης αυτών, τα οποία διαχειρίζεται μέχρι το τέλος της συνεδρίας ή μέχρι να αποδεσμεύσουν ρητά κάποιο. Το **XR Origin** έχει επίσης σημαντικό ρόλο. Τοποθετεί τα ψηφιακά αντικείμενα στο σωστό σημείο, με το κατάλληλο μέγεθος και φορά που πρέπει να έχει το αντικείμενο. Διασφαλίζει πως το αντικείμενο θα εξακολουθεί να βρίσκεται στο ίδιο σημείο ακόμα και με την μετακίνηση της κάμερας. Τέλος, μια ακόμη χρήσιμη εφαρμογή που έχει, είναι πως αναγνωρίζει σημεία τοποθετώντας άγκυρες (anchors) έτσι ώστε να έχει αίσθηση του χώρου και να μπορεί να συνεχίσει να τοποθετεί ψηφιακό υλικό σε εκείνο το σημείο αν είναι απαραίτητο, ακόμα και μετά την εξαφάνιση του αντικειμένου που παρακολουθούσε.



Σχήμα 5.3: Σκηνή AR

Για την αναγνώριση των εικόνων, γίνεται χρήση ενός διαχειριστέος παρακολούθησης εικόνων (AR Tracked Image Manager) όπως υπάρχει στο σχήμα 5.4. Επίσης, η κάθε εικόνα βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη δομή ώστε να μπορεί να αναγνωρισθεί από τον AR Tracked Image Manager. Έπειτα, όταν μια εικόνα αναγνωρισθεί, ενημερώνεται το script που διαχειρίζεται τους πλανήτες, ποία εικόνα αναγνωρίσθηκε και σε ποίο σημείο, έτσι τοποθετεί τον κατάλληλο πλανήτη στης συντεταγμένες του σημείου και στο κατάλληλο μέγεθος συγκρίνοντας το σημείο από την θέση της κάμερας. Στην περίπτωση που αναγνωρισθεί νέος πλανήτης, τοποθετεί τον πλανήτη σε ένα λεξικό με το όνομα του ως λέξη κλειδί και ως τιμή την αναφορά του αντικειμένου, ενώ παράλληλα καλεί μια μέθοδο ενός άλλου script για την επιβράβευση του χρήστη. Σε κάθε άλλη περίπτωση, συνεχίζει να ενημερώνει την τοποθεσία, την απόσταση και το μέγεθος του πλανήτη με τα σωστά δεδομένα.



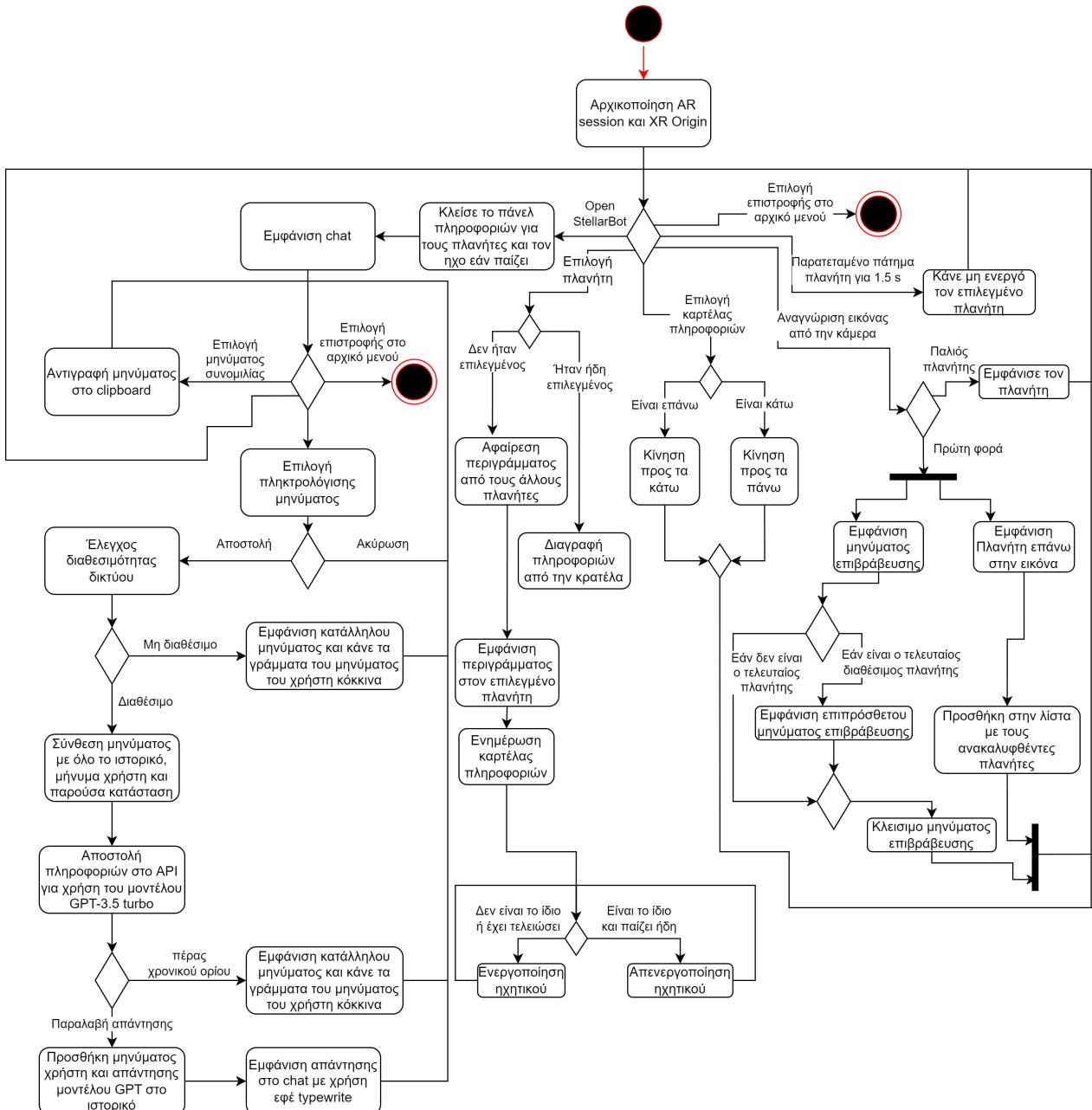
Σχήμα 5.4: XR Origin

Για την υποστήριξη της λειτουργίας του εικονικού δασκάλου μέσω συνομιλίας, έχει αξιοποιηθεί το γλωσσικό μοντέλο μεγάλου μεγέθους **GPT-3.5 turbo** της **OpenAI** με την χρήση του API. Συγκεκριμένα, όταν ο χρήστης κάνει προσπάθεια αποστολής ενός μηνύματος στην συνομιλία, γίνεται έλεγχος της διαθεσιμότητας του δικτύου. Έπειτα, εφόσον το δίκτυο είναι διαθέσιμο, αποστέλλεται όλο το ιστορικό της συνομιλίας με την σωστή σειρά, έτσι ώστε να υπάρχει η ψευδαίσθηση μνήμης στην συζήτηση. Δύο σημαντικές παράμετροι στο ιστορικό της συζήτησης είναι, ως πρώτη μερικές οδηγίες και κανόνες ενημερώνοντας το μοντέλο. Το ακόλουθο μήνυμα αποστέλλεται πρώτο:

You are StellarBot, an educational assistant for learning about the solar system. Answer questions clearly and provide interesting facts about the planets. The app's name is SolarExplorer, the developer's name is Padelis Proios. Feel free to use basic markdown syntax. I will also provide you with a json formatted info, CurrentlyAvailablePlanets are currently in the screen, AllRecentlyViewedPlanets are seen in the whole session and CurrentlySelectedPlanet is the selected one. The app supports the following planets ["earth", "jupiter", "mars", "mercury", "neptune", "pluto", "saturn", "uranus", "venus", "sun"]

Το δεύτερο μήνυμα αποστέλλεται προτελευταίο ενημερώνοντας την παρούσα κατάσταση, όπως με τους άμεσα διαθέσιμους πλανήτες όπου εμφανίζονται στην οθόνη, τους πλανήτες που έχουν σκαναριστεί καθ'όλη την διάρκεια της συνεδρίας και τέλος τον πλανήτη που έχει επιλέξει ο χρήστης την παρούσα στιγμή αν έχει επιλέξει. Με αυτόν τον τρόπο, ερωτήσεις όπως <<Πες μου για αυτόν τον πλανήτη>> έχουν στοχευμένες απαντήσεις για τον οποίο ο χρήστης έχει επιλέξει. Τέλος, αποστέλλει το μήνυμα μέσω του πρωτοκόλλου **HTTPS** από το API που παρέχεται, χρησιμοποιώντας το κατάλληλο κλειδί. Αν έρθει το πέρας του χρόνου αναμονής της απάντησης, τότε δεν προσθέτει αυτό το μήνυμα στο ιστορικό συζήτησης. Ωστόσο αν επιστραφεί απάντηση, τότε προσθέτει και την ερώτηση του χρήστη και την απάντηση του μοντέλου με την σωστή σειρά.

Δεδομένων των προαναφερθέντων, παρέχεται η πλήρης υλοποίηση της υποστήριξης επικοινωνίας με τον εικονικό δάσκαλο σε μορφή συνομιλίας.



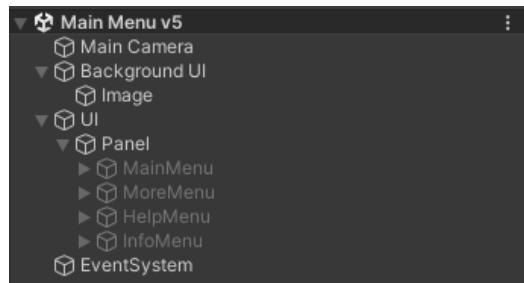
Σχήμα 5.5: Διάγραμμα δραστηριοτήτων σκηνής AR

## 5.5 Τεχνική ανάλυση κώδικα

### 5.5.1 Η σκηνή του Main Menu

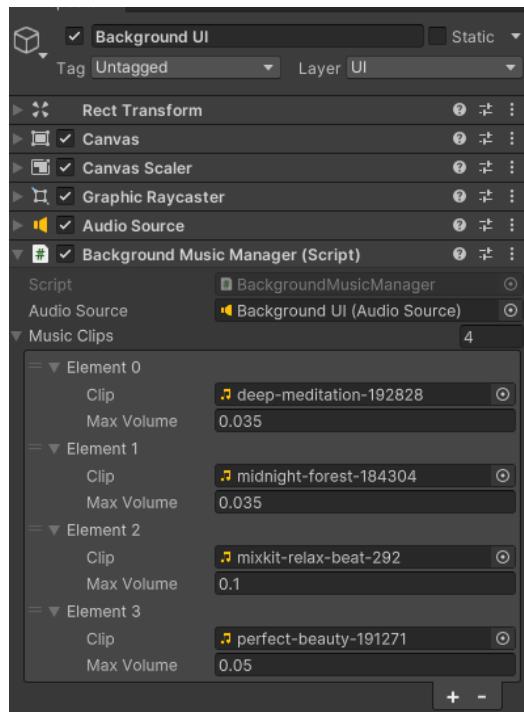
Η σκηνή του κεντρικού μενού αποτελείται από το:

- **EventSystem:** όπου είναι υπεύθυνο για τα γεγονότα που γίνονται, για παράδειγμα αφή σε κάποιο κουμπί
- **Background UI:** όπου περιέχει την εικόνα του background και την διαχείριση του ήχου
- **UI:** όπου διαχειρίζεται όλη την διεπαφή με τον χρήστη



Σχήμα 5.6: Κεντρική σκηνή μενού

To Background UI, περιέχει ένα Audio source για τον ήχο που παίζει στο background και το Background Music Manager (κώδικας 1). Κάθε ηχητικό αρχείο τοποθετείται σε έναν πίνακα κλάσης MusicClip, μαζί με την ιδανική μέγιστη ένταση που πρέπει να έχει το εκάστοτε clip. Κατά την εκκίνηση, το script επιλέγει κάποιο τυχαίο clip αν υπάρχει στον πίνακα. Σε κάθε update του script, αν έχει σταματήσει την αναπαραγωγή, επιλέγεται ξανά κάποιο clip. Επίσης, στην εικόνα του Background UI, υπάρχει το Rotate Background script, έτσι ώστε να περιστρέφει την εικόνα (κώδικας 2).



Σχήμα 5.7: Background UI

```

1 using UnityEngine;
2
3 [System.Serializable]
4 public class MusicClip
5 {
6     public AudioClip clip;    // The audio clip to play
7     public float maxVolume = 1.0f; // The maximum volume for this clip (0 to 1)
8 }
9
10 public class BackgroundMusicManager : MonoBehaviour

```

```

11 {
12     public AudioSource audioSource; // Reference to the AudioSource component
13     public MusicClip[] musicClips; // Array of MusicClip objects to play
14
15     private int currentClipIndex;
16
17     void Start()
18     {
19         if (musicClips.Length > 0)
20         {
21             PlayRandomClip();
22         }
23         else
24         {
25             Debug.LogWarning("No audio clips assigned in the musicClips array.");
26         }
27     }
28
29     void Update()
30     {
31         // Check if the audio source is not playing
32         if (!audioSource.isPlaying)
33         {
34             PlayRandomClip();
35         }
36     }
37
38     void PlayRandomClip()
39     {
40         // Pick a random index that is not the same as the last one
41         int nextClipIndex = Random.Range(0, musicClips.Length);
42
43         currentClipIndex = nextClipIndex;
44         audioSource.clip = musicClips[currentClipIndex].clip;
45         audioSource.volume = musicClips[currentClipIndex].maxVolume;
46         audioSource.Play();
47         Debug.Log("Audio currently playing -> " + musicClips[currentClipIndex].clip.name);
48     }
49 }
```

Κώδικας 1: Background Music Manager Script

```

1 using UnityEngine;
2
3 public class RoateBackground : MonoBehaviour
4 {
5
6     public float rotationSpeed = 100f; // Speed of the rotation
7
8     void Update()
9     {
10         transform.Rotate(0, 0, rotationSpeed * Time.deltaTime);
11 }
```

```
11 }
12 }
```

### Κώδικας 2: Rotate Background Script

Το UI περιέχει όλα τα panels, του κεντρικού μενού, του μενού για περισσότερα, του μενού βοήθειας και του μενού πληροφοριών. Έχει επίσης τον animator, όπου διαχειρίζεται όλα τα animations της κεντρικής σκηνής (σχήμα 5.8) και η διαχείριση γίνεται βάση του σχεδιαγράμματος του σχήματος 5.2. Ωστόσο, στο αντικείμενο MainMenu iεραρχικά κάτω από το UI, υπάρχει ένα το script Main Menu, όπου χρησιμοποιείται από τα κουμπιά start και quit για να μεταβεί στην επόμενη σκηνή ή να τερματίσει την εφαρμογή αντίστοιχα (κώδικας 3).

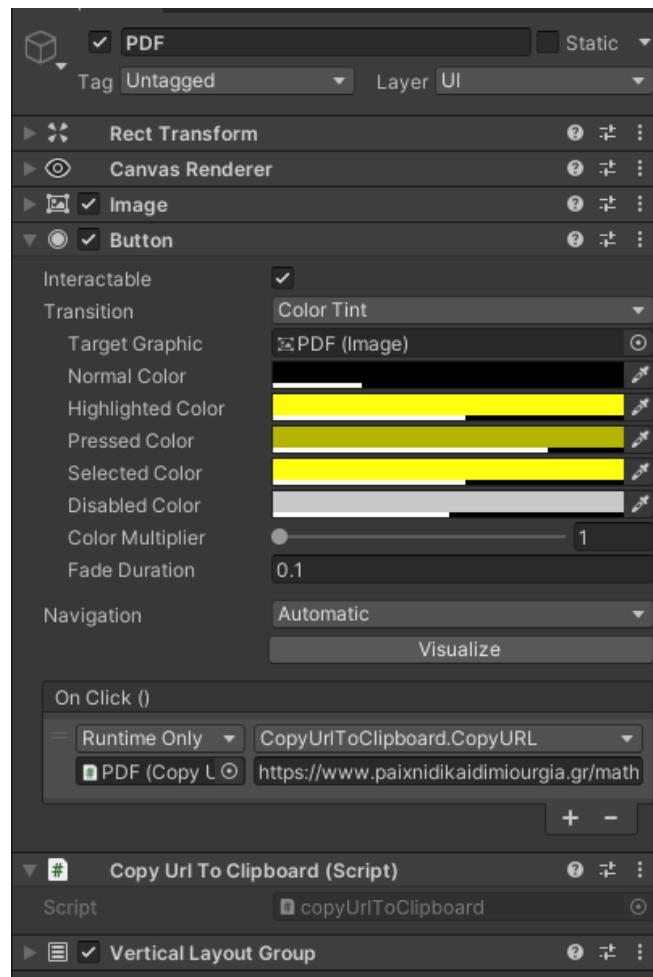


Σχήμα 5.8: UI animations

```
1 using UnityEngine;
2 using UnityEngine.SceneManagement;
3
4 public class MainMenu : MonoBehaviour
5 {
6
7     public void StartArApp()
8     {
9         SceneManager.LoadScene(1);
10    }
11
12    public void Quit()
13    {
14        Application.Quit();
15    }
16 }
```

### Κώδικας 3: Main Menu Script

Στο μενού περισσοτέρων επιλογών, για την αντιγραφή του συνδέσμου pdf, υπάρχει το script Copy URL to Clipboard (κώδικας 4) και ο σύνδεσμος περνάει σαν παράμετρος, έτσι ώστε να αντιγραφή ο σύνδεσμος στο πρόχειρο (σχήμα 5.9).



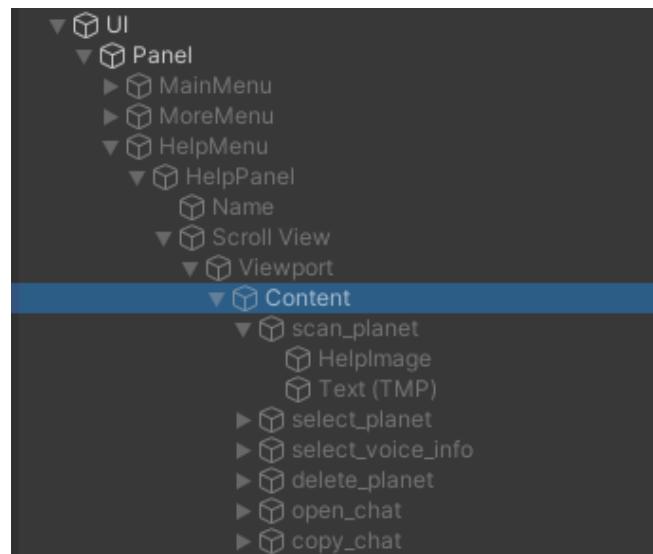
Σχήμα 5.9: Ανιτγραφή συνδέσμου pdf

```

1 using UnityEngine;
2
3 public class CopyUrlToClipboard : MonoBehaviour
4 {
5     // This method is called when the button is clicked
6     public void CopyURL(string urlToCopy)
7     {
8         // Copy the URL to the clipboard
9         GUIUtility.systemCopyBuffer = urlToCopy;
10    }
11 }
```

Κώδικας 4: Copy URL To Clipboard Script

Στο UI ιεραρχικά από κάτω του και μερικά ακόμα επίπεδα κάτω από το HelpMenu, υπάρχει το αντικείμενο Content (σχήμα 5.10), το οποίο περιέχει το script Display Help Image (κώδικας 5). Το αντικείμενο αυτό περιέχει την λίστα του μενού με το κείμενο και της πληροφορίες του. Κάθε αντικείμενο της λίστας είναι ένα κουμπί που καλεί την μέθοδο DisplayImage με παράμετρο την εικόνα, έτσι ώστε να την εμφανίσει μεγεθυμένη (σχήμα 6.4).



Σχήμα 5.10: Λίστα περιεχομένων μενού βοήθειας

```

1 using UnityEngine;
2 using UnityEngine.UI;
3
4 public class DisplayHelpImage : MonoBehaviour
5 {
6     public GameObject imagePanel; // The panel that contains the DisplayImage
7     public Image displayImage; // The Image component inside the ImagePanel
8
9     // This method will be called when a button is clicked
10    public void DisplayImage(Image buttonImage)
11    {
12        if (buttonImage != null)
13        {
14            // Set the sprite of the DisplayImage to the button sprite
15            displayImage.sprite = buttonImage.sprite;
16
17            // Show the ImagePanel
18            imagePanel.SetActive(true);
19        }
20    }
21 }
```

Κώδικας 5: Display Help Image Script

Τέλος, στο InfoMenu (σχήμα 5.6) ιεραρχικά από κάτω του υπάρχει το InfoPanel, το οποίο περιέχει το InfoMainMenuPanel script (κώδικας 6). Με αυτόν τον τρόπο όταν ενεργοποιηθεί το αντικείμενο InfoMenu με την χρήση, ενεργοποιείται και το script, έτσι ώστε να δημιουργήσει το εφέ της μηχανογράφησης (typewrite effect). Με την μέθοδο StartCoroutine που παρέχει η Unity κάνει χρήση της υπορουτίνας, έτσι ώστε να μην μπλοκάρεται η κύρια ροή, επιτρέποντας την εκτέλεση ασύγχρονων λειτουργιών, όπως η σταδιακή εμφάνιση κειμένου, χωρίς να διακόπτεται η λειτουργία του. Επίσης, με την μέθοδο OnPointerClick, όταν κάποιος πατήσει επάνω στο panel, εμφανίζει όλο το κείμενο χωρίς την αναμονή του υπόλοιπου εφέ.

```
1 using System.Collections;
```

```

2  using System.Collections.Generic;
3  using TMPro;
4  using UnityEngine;
5  using UnityEngine.Events;
6
7  public class InfoMainMenuPanel : MonoBehaviour, IPointerClickHandler
8  {
9      public TextMeshProUGUI textComponent;
10     string text;
11     Coroutine coroutine = null;
12
13     public void UseTypewriteEffect()
14     {
15         text = textComponent.text;
16         coroutine = StartCoroutine(TextEffects.TypewriterEffectCharacters(textComponent, text, 0.02f));
17     }
18
19     private void OnEnable()
20     {
21         UseTypewriteEffect();
22     }
23
24     private void OnDisable()
25     {
26         if (coroutine != null)
27         {
28             StopCoroutine(coroutine);
29             coroutine = null;
30         }
31         textComponent.text = text;
32     }
33
34     public void OnPointerClick(PointerEventData eventData)
35     {
36         if (coroutine != null)
37         {
38             StopCoroutine(coroutine);
39             coroutine = null;
40         }
41         textComponent.text = text;
42     }
43 }
```

Κώδικας 6: Info Main Menu Panel Script

Η κλάση TextEffects (κώδικας 7), παρέχει τρεις σημαντικές μεθόδους. Την μετατροπή κειμένου από markdown σε τέτοιο ώστε να εμφανίζεται σωστά στην εφαρμογή και σε δύο ακόμα μεθόδους όπου εμφανίζουν τους χαρακτήρες ή τις λέξεις με το εφέ μηχανογράφησης. Οι λέξεις ή οι χαρακτήρες που θα εμφανιστούν έχουν υπολογιστεί ώστε να είναι τόσοι όσος ήταν ο χρόνος διάρκειας από το ένα frame στο άλλο.

<sup>1</sup> using System.Collections;  
<sup>2</sup> using System.Text.RegularExpressions;

```
3 using TMPro;
4 using UnityEngine;
5
6 public static class TextEffects
7 {
8     public static bool isTypewritingCharacters = false;
9     public static bool isTypewritingWords = false;
10
11    public static IEnumerator TypewriterEffectWords(TextMeshProUGUI textMeshPro, string text, float delay)
12    {
13        textMeshPro.text = ""; // Clear any existing text
14
15        // Split the text into words
16        string[] words = text.Split(' ');
17
18        isTypewritingWords = false;
19        foreach (string word in words)
20        {
21            textMeshPro.text += word + " "; // Add each word with a space
22            yield return new WaitForSeconds(delay);
23        }
24        isTypewritingWords = true;
25    }
26
27    public static IEnumerator TypewriterEffectCharacters(TextMeshProUGUI textMeshPro, string text, float delay)
28    {
29
30        textMeshPro.text = ""; // Clear any existing text
31
32        isTypewritingCharacters = false;
33        float elapsedTime = 0f;
34        int currentIndex = 0;
35
36        while (currentIndex < text.Length)
37        {
38            elapsedTime += Time.deltaTime;
39
40            // how many characters should have been printed based on the time and delay
41            int charactersToPrint = Mathf.FloorToInt(elapsedTime / delay);
42            if (charactersToPrint > 0)
43            {
44                // Print the characters that should have appeared
45                textMeshPro.text += text.Substring(currentIndex, Mathf.Min(charactersToPrint, text.Length - currentIndex));
46                currentIndex += charactersToPrint;
47                elapsedTime -= charactersToPrint * delay;
48            }
49
50            yield return null; // Wait for the next frame
51        }
52    }
53}
```

```

52     isTypewritingCharacters = true;
53 }
54
55
56 public static string ConvertMarkdownToTMP(string markdownText)
57 {
58     if (string.IsNullOrEmpty(markdownText))
59         return string.Empty;
60
61     // Convert bold (**text** or __text__)
62     markdownText = Regex.Replace(markdownText, @"\*\*(.*?)\*\*", "<b>$1</b>");
63     markdownText = Regex.Replace(markdownText, @"__(.*?)__", "<b>$1</b>");
64
65     // Convert italic (*text* or _text_)
66     markdownText = Regex.Replace(markdownText, @"\*(.*?)\*", "<i>$1</i>");
67     markdownText = Regex.Replace(markdownText, @"_(.*?)_", "<i>$1</i>");
68
69     // Convert strikethrough (~text~)
70     markdownText = Regex.Replace(markdownText, @"\~\~(.*?\)\~\~", "<s>$1</s>");
```

71 // Convert headers (## Header)

```

72     markdownText = Regex.Replace(markdownText, @"^\#\{3\} (.*)$", "<size=110%><b>$1</b></size>", RegexOptions.Multiline);
```

73 // Convert headers (## Header)

```

74     markdownText = Regex.Replace(markdownText, @"^\#\#\# (.*)$", "<size=125%><b>$1</b></size>", RegexOptions.Multiline);
```

75 // Convert headers (# Header)

```

76     markdownText = Regex.Replace(markdownText, @"^\#\# (.*)$", "<size=150%><b>$1</b></size>", RegexOptions.Multiline);
```

77

78 return markdownText;

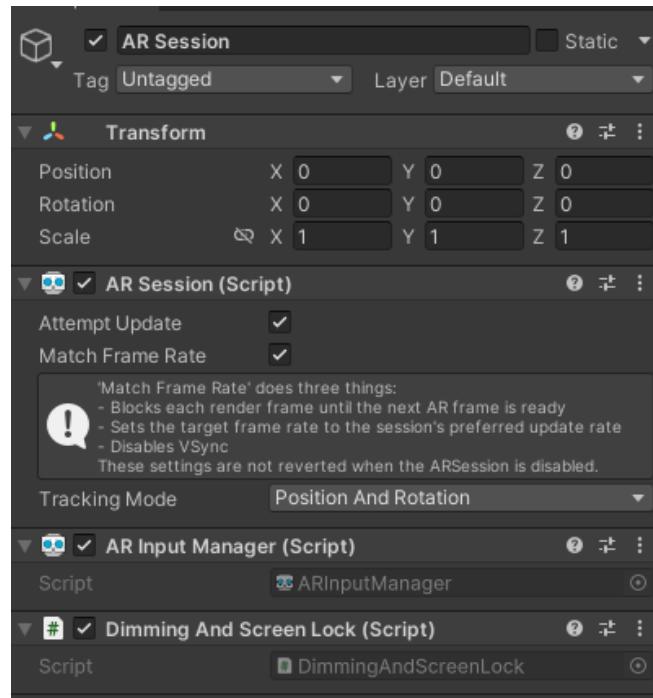
79 }

80 }

Κώδικας 7: TextEffects Script

### 5.5.2 Η βασική σκηνή AR

Η βασική σκηνή AR περιέχει πολύ λίγα αντικείμενα, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.3. Το αντικείμενο AR session (σχήμα 5.11), έχει το AR Input Manager script από το framework του AR Foundation, έτσι ώστε να κάνει διαχείριση της συσκευής ανεξαρτήτως του λειτουργικού της με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχει την διεπαφή μεταξύ του χρήστη και του φυσικού περιβάλλοντος για την υποστήριξη της Επαυξημένης Πραγματικότητας. Επίσης, έχει ακόμα ένα πολύ απλό script (κώδικας 8), έτσι ώστε να μην κλείνει η οθόνη.



Σχήμα 5.11: AR session gameobject

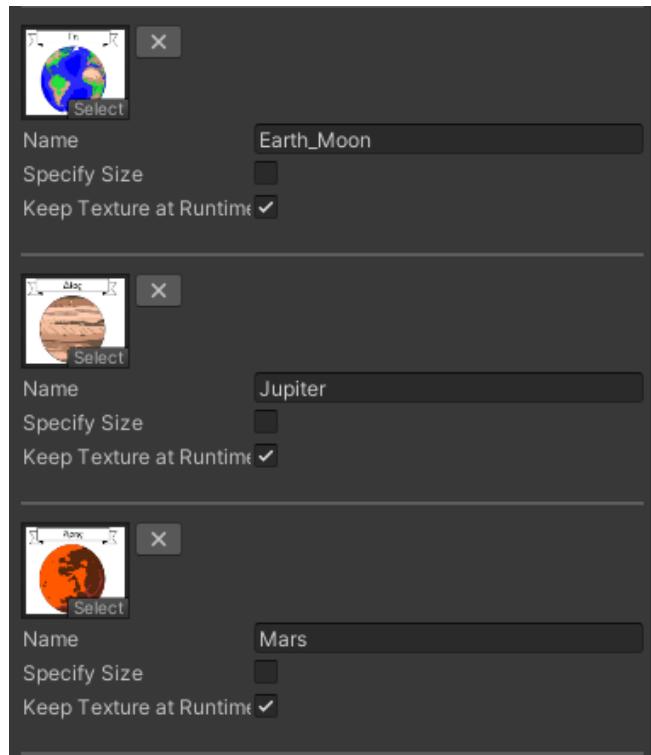
```

1 using UnityEngine;
2
3 public class DimmingAndScreenLock : MonoBehaviour
4 {
5     // This way we keep it "alive" and it never closes
6     void Start()
7     {
8         // Disable screen dimming
9         Screen.sleepTimeout = SleepTimeout.NeverSleep;
10    }
11 }
12 }
```

Κώδικας 8: DimmingAndScreenLock Script

Το αντικείμενο XR Origin (σχήμα 5.4) που ανήκει στο AR Foundation framework, περιέχει το XR Origin script, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση του αρχικού σημείου της κάμερας και την ανίχνευση του φυσικού χώρου. Μέσω αυτού, το σύστημα γνωρίζει την ακριβή τοποθεσία της κάμερας, επιτρέποντας τον συγχρονισμό και τη σωστή τοποθέτηση των εικονικών αντικειμένων στο φυσικό περιβάλλον. Τα αντικείμενα τοποθετούνται στη σωστή κλίμακα και με την κατάλληλη κλίση, ώστε να εναρμονίζονται με τον πραγματικό χώρο.

Το σημαντικότερο script που παρέχει το AR Foundation και αυτό που βασίζεται όλη η εφαρμογή είναι το AR Tracked Image Manager. Αυτό το script είναι υπεύθυνο για την διαχείριση, την αναγνώριση και την συνεχή παρακολούθηση εικόνων. Ως παράμετρο σε αυτό το script υπάρχει μια βιβλιοθήκη εικόνων ώστε να εντοπιστούν στον φυσικό κόσμο (σχήμα 5.12).



Σχήμα 5.12: Βιβλιοθήκη εικόνων προς εντοπισμό

Το XR origin περιέχει ακόμα το Planets Manager script (κώδικας 9). Το script αυτό έχει μια λίστα με όλους τους πλανήτες που υπάρχουν σε τρισδιάστατα μοντέλα και έχει μια αναφορά στο script RewardSystem. Ο Planets Manager είναι υπεύθυνος για την διαχείριση των πλανητών όταν γίνει ο εντοπισμός εικόνας από τον AR Tracked Image Manager όπου του έχει προσθέτει έναν event listener για να επιτευχθεί αυτό.

Η μέθοδος OnTrackedImagesChanged έχει μια παράμετρο όπου γνωρίζει αν αυτό που εντοπίστηκε είναι καινούριο ή ενημέρωση κάποιου ήδη υπάρχοντος πλανήτη. Αν είναι καινούργιος πλανήτης καλεί την μέθοδο NewPlanet. Εκείνη τοποθετεί τον νέο πλανήτη στην λίστα, τον εμφανίζει στην σωστή τοποθεσία καλώντας με την σειρά της την μέθοδο SpawnPlanet και τέλος καλεί την μέθοδο PlanetDiscoveryReward της κλάσης RewardSystem.

Η μέθοδος SpawnPlanet τοποθετεί στο σωστό σημείο, στην σωστή κλίμακα και περιστροφή το μοντέλο χάρης της παραμέτρου trackedImage, η οποία έχει δοθεί από τον AR Tracked Image Manager. Αν είναι κάποια ενημέρωση ενός ήδη υπάρχοντος πλανήτη, τότε γίνεται κλίση της UpdatePlanetPosition. Αυτή στην περίπτωση όπου δεν υπάρχει ο πλανήτης στην λίστα, τότε τον εμφανίζει με την χρήση της μεθόδου SpawnPlanet, τον προσθέτει στην λίστα και τον απενεργοποιεί. Άλλιώς αν υπάρχει στην λίστα, τότε αν για κάποιο λόγο δεν υπάρχει αναφορά σε κάποιο αντικείμενο, δημιουργεί έναν νέο πλανήτη και το προσθέτει στην λίστα απενεργοποιημένο. Στην συνέχεια, εάν βρίσκεται στην κατάσταση ανίχνευσης (TrackingState) και δεν είναι ενεργοποιημένος τον ενεργοποιεί.

Η μέθοδος DisablePlanet χρησιμοποιείται από άλλα script έτσι ώστε να απενεργοποιήσουν την εμφάνιση κάποιου πλανήτη στον χώρο. Επίσης, η μέθοδος GetAllRecentlyViewedPlanets χρησιμοποιείται από άλλα scripts, επιστρέφοντας την λίστα με όλους τους πλανήτες που έχουν εντοπιστεί.

```

1 using System.Collections.Generic;
2 using UnityEngine;
3 using UnityEngine.XR.ARFoundation;
4 using UnityEngine.XR.ARSubsystems;
```

```
5
6 public class PlanetsManager : MonoBehaviour
7 {
8     private ARTrackedImageManager trackedImageManager;
9     [SerializeField]
10    public GameObject[] planetPrefabs; // Array of planet prefabs
11    private Dictionary<string, GameObject> spawnedPlanets = new Dictionary<string, GameObject>();
12    [SerializeField] public RewardSystem rewardSystem;
13
14    void Awake()
15    {
16        // Get ARTrackedImageManager from this GameObject
17        trackedImageManager = GetComponent<ARTrackedImageManager>();
18    }
19
20    void OnEnable()
21    {
22        // Add listener
23        trackedImageManager.trackedImagesChanged += OnTrackedImagesChanged;
24    }
25
26    void OnDisable()
27    {
28        // Remove listener
29        trackedImageManager.trackedImagesChanged -= OnTrackedImagesChanged;
30    }
31
32    void OnTrackedImagesChanged(ARTrackedImagesChangedEventArgs eventArgs)
33    {
34        // Handle new detected images
35        foreach (var trackedImage in eventArgs.added)
36        {
37            NewPlanet(trackedImage);
38        }
39
40        // Handle updated images
41        foreach (var trackedImage in eventArgs.updated)
42        {
43            UpdatePlanetPosition(trackedImage);
44        }
45    }
46
47    private void NewPlanet(ARTrackedImage trackedImage)
48    {
49        string imageName = trackedImage.referenceImage.name.ToLower();
50
51        //Debug.Log("PlanetManager new planet -> " + imageName);
52
53        // If key does not exists in the list then, spawn a new planet
54        // add the planet with the reference to the list
55        // and call the method from the rewardSystem
```

```

56     if (!spawnedPlanets.ContainsKey(imageName))
57     {
58         //Debug.Log("PlanetManager new planet does not exists in list");
59         GameObject newPlanet = SpawnPlanet(trackedImage, imageName);
60         spawnedPlanets[imageName] = newPlanet;
61
62         rewardSystem.PlanetDiscoveryReward(imageName, spawnedPlanets.Count, 9);
63         Debug.Log("RewardBug: SpawnPlanet called PlanetDiscoveryReward");
64     }
65 }
66
67 private GameObject SpawnPlanet(ARTrackedImage trackedImage, string imageName)
68 {
69     Debug.Log("PlanetManager new planet -> " + imageName);
70
71     GameObject spawnedPlanet = null;
72
73     Debug.Log("PlanetManager new planet does not exists in list");
74
75     // Instantiate planet from planetPrefabs list if the names match
76     foreach (GameObject planetPrefab in planetPrefabs)
77     {
78         if (planetPrefab.name.ToLower() == imageName)
79         {
80             GameObject newPlanet = Instantiate(planetPrefab, trackedImage.transform);
81             newPlanet.transform.localPosition = new Vector3(0, 0.11f, 0); // Position it at the image
82             newPlanet.transform.localRotation = Quaternion.identity; // Maintain its own rotation
83             newPlanet.name = newPlanet.name.Replace("(Clone)", "").Trim().ToLower(); // Ensure names match
84             for updating
85                 spawnedPlanet = newPlanet;
86                 break;
87             }
88
89         return spawnedPlanet;
90     }
91
92     private void UpdatePlanetPosition(ARTrackedImage trackedImage)
93     {
94         string imageName = trackedImage.referenceImage.name.ToLower();
95         Debug.Log("PlanetManager UpdatePlanet -> " + imageName + $" ({trackedImage.trackingState})");
96
97         // If planet exists in the list
98         // if it's null, respawn the planet and de-activate planet
99         // also if it's in TrakingState then activate the planet.
100        // Else if for some reason the planet is not in the list
101        // spawn the planet and add it to the list
102        if (spawnedPlanets.ContainsKey(imageName))
103        {
104            Debug.Log("PlanetManager UpdatePlanet does exist inside list");
105            // Keep the planet attached to the image and update its position while preserving local rotation

```

```
106     GameObject planet = spawnedPlanets[imageName];
107
108     if (planet == null)
109     {
110         GameObject tmpPlanet = SpawnPlanet(trackedImage, imageName);
111         tmpPlanet.SetActive(false);
112         spawnedPlanets[imageName] = tmpPlanet;
113     }
114
115     if (trackedImage.trackingState == TrackingState.Tracking && planet.activeSelf == false)
116     {
117         planet.SetActive(true); // Re-enable if it was disabled
118     }
119     planet.transform.localPosition = new Vector3(0, 0.11f, 0); // Align with the image's position
120     // The planet's local rotation remains unaffected, keeping its custom rotation
121 }
122 else
123 {
124     GameObject planet = SpawnPlanet(trackedImage, imageName);
125     planet.SetActive(false);
126     spawnedPlanets[imageName] = planet;
127 }
128 }

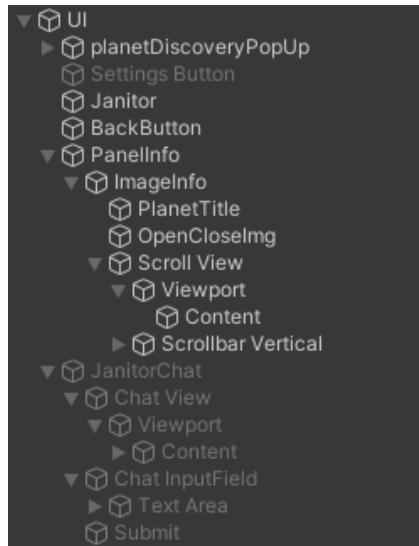
// Public method to disable a specific planet by name
130 public void DisablePlanet(string planetName)
131 {
132     if (spawnedPlanets.ContainsKey(planetName))
133     {
134         spawnedPlanets[planetName].SetActive(false);
135     }
136 }
137 }

138 public List<string> GetAllRecentlyViewedPlanets()
139 {
140     List<string> list = new List<string>();
141     Debug.Log("GetAllRecentlyViewedPlanets: size " + spawnedPlanets.Count);
142
143     foreach (string key in spawnedPlanets.Keys)
144     {
145         string tmpKey = key;
146         if (tmpKey.Equals("earth_moon"))
147         {
148             tmpKey = "earth";
149         }
150         Debug.Log("GetAllRecentlyViewedPlanets: planet added " + tmpKey);
151         list.Add(tmpKey);
152     }
153
154     return list;
155 }
```

157 }

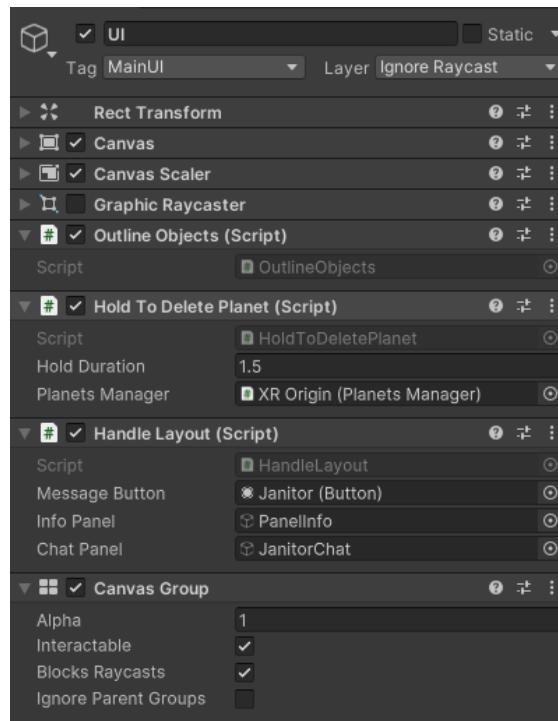
### Κώδικας 9: Planets Manager Script

Το UI (σχήμα 5.13) της σκηνής AR είναι αυτό που κάνει την διαχείριση για όλα τα υπόλοιπα, όπως το μενού πληροφοριών για τους πλανήτες και το τσάτ συνομιλίας με τον εικονικό δάσκαλο.



Σχήμα 5.13: UI της AR σκηνής

Το αντικείμενο UI, έχει επάνω του τρία scripts. Το **Outline Objects**, το οποίο χρησιμοποιείται για να εμφανίζει το περίγραμμα των πλανητών όταν επιλέγονται. Το **Hold To Delete Planet**, έτσι ώστε να αλλάζει το χρώμα του περιγράμματος σε κόκκινο και να εξαφανίζει τον πλανήτη από την οθόνη. Και τελευταίο το **Handle Layout**, το οποίο είναι υπεύθυνο για την διαχείριση των panels πληροφοριών του πλανήτη και του εικονικού δασκάλου.



Σχήμα 5.14: Τα components του UI

Η Outline Objects (κώδικας 10) προσφέρει μερικές μεθόδους έτσι ώστε να εμφανιστεί το περίγραμμα των πλανητών όταν ο χρήστης τους επιλέξει. Η μέθοδος IsPointerOverUIObject, επιστρέφει αληθές αν το πρώτο αντικείμενο στην νοητή ευθεία που επιλέχθηκε ανήκει στο επίπεδο UI. Η μέθοδος Update είναι αυτή που κάνει όλους τους ελέγχους και την διαχείριση. Εάν υπάρχει άγγιγμα στην οθόνη και δεν είναι επάνω σε κάποιο αντικείμενο του UI τότε, αν είναι στην φάση όπου μόλις πάτησε επάνω στην οθόνη και είναι επάνω σε κάποιο αντικείμενο με την ετικέτα (tag) Planet υπάρχουν δύο εκδοχές. Στην περίπτωση που υπάρχει ήδη επιλεγμένος πλανήτης και είναι ο ίδιος, το περίγραμμα απενεργοποιείται, σε κάθε άλλη περίπτωση όμως ενεργοποιείται το περίγραμμα αυτού του πλανήτη ενώ παράλληλα απενεργοποιείται το περίγραμμα κάποιου άλλου αν ήταν ενεργός.

```

1  using System.Collections;
2  using System.Collections.Generic;
3  using UnityEngine;
4  using UnityEngine.Events;
5  using UnityEngine.UI;
6
7  public class OutlineObjects : MonoBehaviour
8  {
9
10     private string currentPlanetName = null;
11
12     // Returns true if the LayerMask name of the first GameObject/Element is UI
13     private bool IsPointerOverUIObject(Touch touch)
14     {
15         PointerEventData eventDataCurrentPosition = new PointerEventData(EventSystem.current);
16         eventDataCurrentPosition.position = new Vector2(touch.position.x, touch.position.y);
17
18         List<RaycastResult> results = new List<RaycastResult>();
19         EventSystem.current.RaycastAll(eventDataCurrentPosition, results);
20
21         // Filter results: Only return true if the hit UI object has the UI layer
22         foreach (RaycastResult result in results)
23         {
24             if (result.gameObject.layer == LayerMask.NameToLayer("UI"))
25             {
26                 return true;
27             }
28         }
29         return false;
30     }
31
32
33     void Update()
34     {
35
36         if (Input.touchCount > 0)
37         {
38             Touch touch = Input.GetTouch(0);
39
40             // Check if the touch is over a UI element
41             if (IsPointerOverUIObject(touch))

```

```
42 {
43     Debug.Log("Touched on a UI element.");
44     return; // If the touch is over a UI element, ignore it
45 }
46
47 if (touch.phase == TouchPhase.Began)
48 {
49     // Perform a raycast to detect the object
50     Ray ray = Camera.main.ScreenPointToRay(touch.position);
51     if (Physics.Raycast(ray, out RaycastHit hit))
52     {
53         if (hit.collider.CompareTag("Planet"))
54         {
55             // Debug.LogWarning("Touch began..." + hit.collider.name + " --- " + hit.collider.tag);
56
57             if (this.currentPlanetName == null)
58             {
59                 SetPlanetsName(hit.collider.gameObject);
60
61                 // find all the other Planets tag that do not match the same name and disable them
62                 GameObject[] planets = GameObject.FindGameObjectsWithTag("Planet");
63
64                 // Get the Outline component and enable it
65                 Outline outline = hit.collider.GetComponent<Outline>();
66                 if (outline != null)
67                 {
68                     bool status = outline.enabled ? false : true;
69                     foreach (GameObject planet in planets)
70                     {
71                         Outline tmpOutline = planet.GetComponent<Outline>();
72                         if (tmpOutline != null && SamePlanetName(planet.gameObject))
73                         {
74                             tmpOutline.OutlineColor = Color.white;
75                             tmpOutline.enabled = status;
76                         }
77                     }
78                 }
79
80                 foreach (GameObject planet in planets)
81                 {
82                     Outline tmpOutline = planet.GetComponent<Outline>();
83                     if (tmpOutline != null && !SamePlanetName(planet))
84                     {
85                         tmpOutline.enabled = false;
86                     }
87                 }
88             }
89         }
90     }
91 }
92 else if (touch.phase == TouchPhase.Ended || touch.phase == TouchPhase.Canceled)
```

```

93     {
94         this.currentPlanetName = null;
95     }
96 }
97 }

98
99 bool SamePlanetName(GameObject obj)
100 {
101     string tmpName = obj.transform.name.ToLower();
102
103     if (tmpName.Equals("moon") && obj.transform.parent != null && obj.transform.parent.name.ToLower().
104     Equals("earth_moon"))
105     {
106         tmpName = "earth";
107     }
108
109     return this.currentPlanetName.Equals(tmpName);
110 }
111
112 void SetPlanetsName(GameObject obj)
113 {
114     string tmpName = obj.transform.name.ToLower();
115
116     if (tmpName.Equals("moon") && obj.transform.parent != null && obj.transform.parent.name.ToLower().
117     Equals("earth_moon"))
118     {
119         tmpName = "earth";
120     }
121
122 }

```

#### Κώδικας 10: Outline Objects Script

To Hold To Delete Planet script (κώδικας 11) χρησιμοποιείται για την εξαφάνιση των πλανητών όταν ο χρήστης επιλέξει και κρατήσει το δάχτυλό του παρατεταμένο για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Το script απαιτεί μια αναφορά στο PlanetsManager (κώδικας 9), ώστε να χρησιμοποιήσει τη μέθοδο DisablePlanet, η οποία εξαφανίζει τον πλανήτη από την οθόνη περνώντας ως παράμετρο το όνομα του πλανήτη.

Στη μέθοδο Update, γίνεται διαχείριση των αγγιγμάτων στην οθόνη ανάλογα με τη φάση του αγγιγμάτος και το χρονικό διάστημα. Όταν ξεκινά ένα άγγιγμα (TouchPhase.Began), το σύστημα αρχικοποιεί τις απαραίτητες ιδιότητες, μηδενίζεται ο χρονομετρητής, το επιλεγμένο αντικείμενο καταγράφεται και η φάση αγγιγμάτος σημειώνεται. Εάν υπάρχει επιλεγμένο αντικείμενο και το άγγιγμα συνεχίζεται, προστίθεται χρόνος στον χρονομετρητή.

Όταν ο χρονομετρητής φτάσει τα 0.7 δευτερόλεπτα, το περίγραμμα του πλανήτη γίνεται κόκκινο (με την κλήση της μεθόδου EnableDisableOutline), υποδεικνύοντας ότι το αντικείμενο είναι έτοιμο για διαγραφή. Αν περάσει το πλήρες χρονικό όριο που ορίζεται για τη διαγραφή (holdDuration), καλείται η μέθοδος DeleteObject που διαγράφει τον πλανήτη.

Σε περίπτωση που η φάση αγγιγμάτος είναι TouchPhase.Ended ή TouchPhase.Canceled πριν περάσει το χρονικό διάστημα των 0.7 δευτερολέπτων, το σύστημα επαναφέρει όλες τις ιδιότητες

και αφαιρεί το κόκκινο περίγραμμα από τον πλανήτη χωρίς να τον διαγράψει.

```
1  using UnityEngine;
2
3  public class HoldToDeletePlanet : MonoBehaviour
4  {
5      public float holdDuration = 3f; // Duration in seconds to hold before deletion
6      private float pointerDownTimer = 0f;
7      private bool isPointerDown = false;
8      private GameObject targetObject = null;
9      private bool isOutlineEnabled = false;
10     [SerializeField] public PlanetsManager planetsManager;
11
12     void Update()
13     {
14         // Check if a touch is detected
15         if (Input.touchCount > 0)
16         {
17             Touch touch = Input.GetTouch(0);
18
19             if (touch.phase == TouchPhase.Began)
20             {
21                 // Start the touch
22                 isPointerDown = true;
23                 pointerDownTimer = 0f;
24                 targetObject = GetTouchedObject(touch);
25             }
26             else if ((touch.phase == TouchPhase.Ended || touch.phase == TouchPhase.Canceled) &&
27                     pointerDownTimer >= 0.7)
28             {
29                 // Reset on touch end or cancel
30                 Reset();
31             }
32             else if (isPointerDown && targetObject != null)
33             {
34                 pointerDownTimer += Time.deltaTime;
35
36                 if (pointerDownTimer >= 0.7 && isOutlineEnabled == false)
37                 {
38                     EnableDisableOutline(targetObject, true);
39                     isOutlineEnabled = true;
40                 }
41
42                 if (pointerDownTimer >= holdDuration)
43                 {
44                     Debug.Log("Hold duration met. Deleting object: " + targetObject.name);
45                     DeleteObject(targetObject);
46                     Reset();
47                 }
48             }
49     }
```

```
50    }
51
52    private GameObject GetTouchedObject(Touch touch)
53    {
54        Ray ray = Camera.main.ScreenPointToRay(touch.position);
55        GameObject touchedGameObject = null;
56
57        if (Physics.Raycast(ray, out RaycastHit hit))
58        {
59            // Return the object hit by the raycast
60            touchedGameObject = hit.collider.gameObject;
61        }
62
63        return touchedGameObject;
64    }
65
66    private void DeleteObject(GameObject obj)
67    {
68        if (obj != null)
69        {
70            GameObject tmp = ParentObject(obj);
71            Debug.Log("Deleting object: " + tmp.name);
72            Transform[] tmpChildren = tmp.GetComponentsInChildren<Transform>();
73            //Debug.Log(str);
74            planetsManager.DisablePlanet(tmp.name.ToLower());
75
76        }
77    }
78
79    private void Reset()
80    {
81        EnableDisableOutline(targetObject, false);
82        isPointerDown = false;
83        pointerDownTimer = 0f;
84        targetObject = null;
85        isOutlineEnabled = false;
86        //Debug.Log("Reset called.");
87    }
88
89    private GameObject ParentObject(GameObject obj)
90    {
91        GameObject tmp = obj;
92        string planetName = tmp.name.ToLower();
93
94        if (planetName.Equals("earth") || planetName.Equals("moon"))
95        {
96            if (tmp.transform.parent != null && tmp.transform.parent.name.ToLower().Equals("earth_moon"))
97            {
98                tmp = tmp.transform.parent.gameObject;
99                //Debug.Log("Get 3rd name: " + tmp.name);
100            }
101        }
102    }
```

```

101
102     }
103     return tmp;
104 }
105
106 private void EnableDisableOutline(GameObject obj, bool status)
107 {
108     if (obj != null)
109     {
110         GameObject parent = ParentObject(obj);
111         Outline[] outlines = parent.GetComponentsInChildren<Outline>();
112
113         foreach (Outline outline in outlines)
114         {
115             outline.OutlineColor = new Color(1f, 0.5f, 0.5f);
116             outline.enabled = status;
117         }
118     }
119 }
120 }
```

Κώδικας 11: Hold To Delete Planet Script

To script Handle Layout (κώδικας 12), είναι πολύ απλό. Έχει ως αναφορά δυο αντικείμενα του παιχνιδιού, το panel πληροφοριών και το panel του εικονικού δασκάλου, όπως έχει ως αναφορά και το κουμπί. Όταν πατηθεί το κουμπί, τότε το μόνο που κάνει είναι να στρέψει αντίθετα τα ενεργοποιημένα και απενεργοποιημένα panels.

```

1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4 using UnityEngine.UI;
5
6 public class HandleLayout : MonoBehaviour
7 {
8     public Button messageButton;
9     public GameObject infoPanel;
10    public GameObject chatPanel;
11    // Start is called before the first frame update
12    void Start()
13    {
14        messageButton.onClick.AddListener(OnButtonPress);
15    }
16
17    // Update is called once per frame
18    void OnButtonPress()
19    {
20        infoPanel.SetActive(!infoPanel.activeSelf);
21        chatPanel.SetActive(!chatPanel.activeSelf);
22
23    }
24 }
```

25 }

### Κώδικας 12: Handle Layout Script

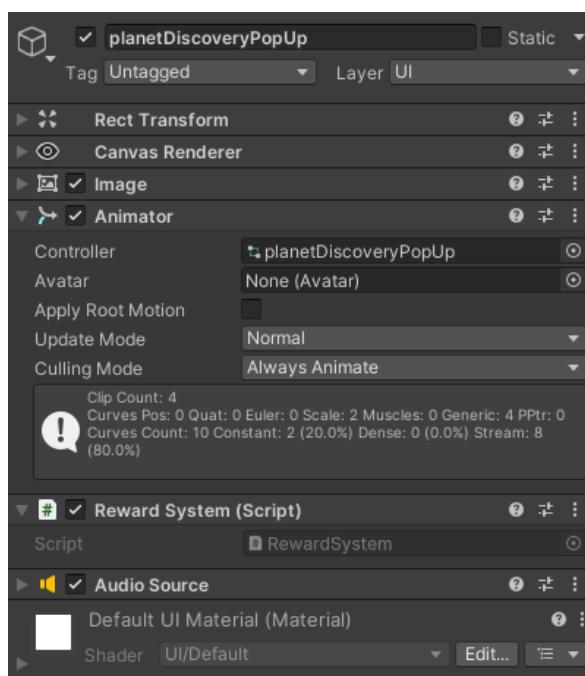
Ιεραρχικά κάτω από το UI (σχήμα 5.13), υπάρχει το Planet Discovery PopUp (σχήμα 5.15) το οποίο είναι ένα UI panel και εμφανίζεται με το κατάλληλο μήνυμα όταν ο χρήστης κάνει ανακάλυψη νέου πλανήτη ή ολοκληρώσει την ανακάλυψη όλων των πλανητών. Έχει έναν animator για την διαχείριση των animations (σχήμα 5.8), μια πηγή ήχου (Audio Source) και το script Reward System (κώδικας 13).

Το Reward System script κατά την εκκίνηση του με την χρήση της μεθόδου Start, αρχικοποιεί τον animator, το αντικείμενο όπου τοποθετεί το κείμενο προς εμφάνιση και την πηγή ήχου.

Η μέθοδος PlanetDiscoveryReward είναι public, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί από άλλα scripts. Δέχεται ως πρώτη παράμετρο το όνομα του πλανήτη, ως δεύτερη το πλήθος των ανακαλυφθέντων μέχρι στιγμής πλανητών και ως τρίτη παράμετρο το πλήθος όλων των πλανητών. Έπειτα, προσθέτει τα δεδομένα στην ουρά (queue), εξασφαλίζοντας την εφαρμογή της αρχής FIFO (First In, First Out), ώστε τα μηνύματα να εμφανίζονται με τη σειρά που αντιστοιχούν. Αυτή η διαχείριση αποτρέπει την ταυτόχρονη εμφάνιση πολλαπλών μηνυμάτων σε περίπτωση που κληθεί το script μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα. Εάν δεν έχει ξεκινήσει ήδη η υπορουτίνα DisplayPlanetDiscoveryReward, την εκκινεί.

Η μέθοδος DisplayPlanetDiscoveryReward εκτελείται όσο υπάρχουν στοιχεία στην ουρά. Ενεργοποιεί τον ήχο, εμφανίζει τα αντικείμενα με την σωστή σειρά χρησιμοποιώντας τα animations για να εμφανιστούν στην οθόνη του χρήστη με την χρήση της μεθόδου ChangeAnimation, περιμένοντας κάθε φορά την ολοκλήρωση των animations. Στην περίπτωση όπου το πλήθος των ανακαλυφθέντων πλανητών είναι το ίδιο με αυτό όλων των πλανητών, τότε κάνει χρήση επιπρόσθετων animations με το κατάλληλο μήνυμα.

Η μέθοδος ChangeAnimation ενεργοποιεί το animation με βάση το όνομά του, προσφέροντας μεγαλύτερη ευελιξία καθώς δεν χρησιμοποιείται μια μηχανή καταστάσεων (state machine) στον animator, όπως στο UI της προηγούμενης σκηνής. Επιστρέφει τη διάρκεια του animation σε δευτερόλεπτα.



Σχήμα 5.15: Planet Discovery PopUp

```
1 using System;
2 using System.Collections;
3 using System.Collections.Generic;
4 using TMPro;
5 using Unity.VisualScripting;
6 using UnityEngine;
7
8 public class RewardSystem : MonoBehaviour
9 {
10    private Animator animator = null;
11    private string currentAnimation = "";
12    private TextMeshProUGUI textComponent = null;
13    private bool isDisplayRunning = false;
14    private Queue<Tuple<string, int, int>> displayPlanetQueue = new Queue<Tuple<string, int, int>>();
15    private AudioSource audioSource = null;
16
17    private void Start()
18    {
19        animator = GetComponent<Animator>();
20        textComponent = GetComponentInChildren<TextMeshProUGUI>();
21        audioSource = GetComponent<AudioSource>();
22    }
23
24    public void PlanetDiscoveryReward(string planetName, int planetsDiscoverd, int totalPlanets)
25    {
26        Debug.Log("RewardBug: PlanetDiscoveryReward");
27        // push the items
28        string tmpPlanetName = planetName.ToLower();
29
30        if (tmpPlanetName.Equals("earth_moon")) tmpPlanetName = "earth";
31
32        tmpPlanetName = char.ToUpper(tmpPlanetName[0]) + tmpPlanetName.Substring(1);
33        displayPlanetQueue.Enqueue(Tuple.Create(tmpPlanetName, planetsDiscoverd, totalPlanets));
34
35        // if coroutine has not started then start it
36        if ( !isDisplayRunning )
37        {
38            StartCoroutine(DisplayPlanetDiscoveryReward());
39        }
40    }
41
42
43    private IEnumerator DisplayPlanetDiscoveryReward()
44    {
45        isDisplayRunning = true;
46        Debug.Log("RewardBug: DisplayPlanetDiscoveryReward started");
47        while (displayPlanetQueue.Count > 0)
48        {
49            Tuple<string,int,int> planet = displayPlanetQueue.Dequeue();
50            string planetName = planet.Item1;
51            int planetsDiscoverd = planet.Item2;
```

```
52 int totalPlanets = planet.Item3;
53 float animationTime = 0f;
54
55 // enable text
56 string str = "Congragulations,\n<size=28>" + planetName + "</size>\nwas discovered.\n\n" +
57 planetsDiscoverd + "/" + totalPlanets + " Discovered";
58 textComponent.text = str;
59
60 // show pop up
61
62 audioSource.Play();
63 animationTime = ChangeAnimation("ShowPlanetDiscovery");
64 yield return new WaitForSeconds(animationTime + 2f);
65
66 // if planetsDiscoverd >= totalPlanets change text and anim
67 if (planetsDiscoverd >= totalPlanets)
68 {
69     animationTime = ChangeAnimation("DownScaleRewardText");
70     yield return new WaitForSeconds(animationTime);
71     textComponent.text = "Well Done,\nYou discovered all the planets of the solar system";
72     animationTime = ChangeAnimation("UpScaleRewardText");
73     yield return new WaitForSeconds(animationTime + 2f);
74 }
75
76 // close pop up
77 animationTime = ChangeAnimation("ClosePlanetDiscovery");
78 yield return new WaitForSeconds(animationTime + 1f);
79 }
80
81 Debug.Log("RewardBug: DisplayPlanetDiscoveryReward ended");
82 isDisplayRunning = false;
83 }
84
85 private float ChangeAnimation(string animation, float crossFade = 0.2f)
86 {
87     float animationTime = 0f;
88     if( !currentAnimation.Equals(animation) )
89     {
90         currentAnimation = animation;
91         animator.Play(animation);
92         animationTime = GetCurrentAnimationLength();
93         //animator.CrossFade(animation, crossFade);
94     }
95
96     return animationTime;
97 }
98
99 // returns length of currently playing anim
100 private float GetCurrentAnimationLength()
101 {
102     AnimatorStateInfo stateInfo = animator.GetCurrentAnimatorStateInfo(0);
```

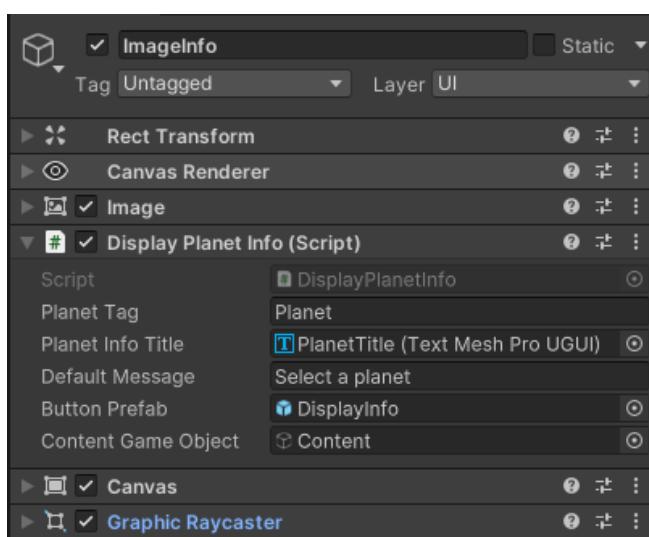
```

102     return stateInfo.length;
103   }
104 }
```

Κώδικας 13: Reward System Script

Για την εμφάνιση των πληροφοριών του πλανήτη στην καρτέλα, γίνεται η χρήση του Display Planet Info script (κώδικας 14). Για την ομαλή λειτουργία του χρειάζεται μερικές αναφορές ή prefabs αντικειμένων, όπως:

- **Planet Tag:** είναι η ετικέτα που θα χρησιμοποιηθεί για την αναζήτηση του επιλεγμένου πλανήτη
- **Planet Info Title:** είναι αναφορά στο αντικείμενο κειμένου που θα αλλάξει στο όνομα του πλανήτη
- **Default Message:** το μήνυμα που θα εμφανίζεται όταν δεν είναι επιλεγμένος κάποιος πλανήτης
- **Button Prefab:** το αντικείμενο που θα χρησιμοποιηθεί πολλαπλές φορές για δημιουργία με το κείμενο πληροφορίας και με το κατάλληλο clip ήχου
- **Content Game Object:** είναι αναφορά στο αντικείμενο λίστας, όπου θα τοποθετηθούν όλα τα Button Prefab



Σχήμα 5.16: Εμφάνιση πληροφοριών πλανήτη

Η μέθοδος `InitPlanetsInfo`, αρχικοποιεί την μια ιδιότητα της κλάσης με ένα λεξικό (Dictionary), όπου υπάρχει η σχέση κλειδί και τιμής. Το κλειδί είναι το όνομα του πλανήτη ενώ η τιμή είναι μια λίστα. Η λίστα περιέχει πληροφορίες για τον πλανήτη και το αντίστοιχο αρχείο mp3.

Η μέθοδος `DisplayInfoAboutPlanet`, αν εντοπίσει τον πλανήτη μέσα στο λεξικό, καλεί την μέθοδο `AddPlanetButtons` με παράμετρο την λίστα με τις πληροφορίες του πλανήτη, αλλιώς καλεί την `ClearContent`, όπου εξαφανίζει όλες τις πληροφορίες από την καρτέλα πληροφοριών.

Η μέθοδος `AddPlanetButtons`, χρησιμοποιώντας την λίστα της παραμέτρου, δημιουργεί νέα κουμπιά prefab, για κάθε στοιχείο της λίστας και προσθέτει έναν event listener έτσι ώστε όταν πατηθεί το κουμπί να παίξει το κατάλληλο αρχείο mp3.

Η μέθοδος `OnPlanetButtonClick`, είναι η μέθοδος που ενεργοποιείται από τον event listener όταν πατηθεί το κουμπί. Εάν πατηθεί το ίδιο κουμπί ενώ παίζει το ηχητικό, τότε θα σταματήσει τον ήχο.

Όμως στην περίπτωση που πατηθεί κάποιο άλλο κουμπί, τότε σταματάει το προηγούμενο ηχητικό αν υπήρχε και παίζει το επιλεγμένο.

Στην μέθοδο Update γίνεται η κλήση της UpdateInfoText. Αυτή συνδυάζει όλες τις προηγούμενες μεθόδους για την ομαλή λειτουργία. Αναζητεί αν έχει επιλεχθεί κάποιος πλανήτης, σε αυτήν την περίπτωση εμφανίζει το όνομα του πλανήτη επάνω στην καρτέλα πληροφοριών και καλεί την μέθοδο DisplayInfoAboutPlanet. Αν ο πλανήτης σταματήσει να είναι επιλεγμένος, τότε σταματάει τον ήχο στην περίπτωση που έπαιξε, καθαρίζει την καρτέλα από τις πληροφορίες και αντί για το όνομα του πλανήτη τοποθετεί το αρχικό μήνυμα.

```
1  using System.Collections.Generic;
2  using TMPro;
3  using UnityEngine;
4  using UnityEngine.UI;
5
6  public class DisplayPlanetInfo : MonoBehaviour
7  {
8      public string planetTag = "Planet";
9      public TMP_Text planetInfoTitle; // Reference to the Text component to update
10     public string defaultMessage = "Select a planet";
11
12    public GameObject buttonPrefab; // Reference to the button prefab
13    public GameObject contentGameObject; // Reference to the Content GameObject in the Scroll View
14    private AudioSource audioSource; // Reference to the AudioSource component
15
16    private Dictionary<string, List<(string description, string voiceFilePath)>> planetInfoDict;
17    private GameObject selectedPlanet = null;
18    private bool contentCleared = false;
19    private string currentlyPlayingVoiceFile = null;
20
21    void Start()
22    {
23        audioSource = contentGameObject.AddComponent<AudioSource>();
24        InitPlanetsInfo();
25        UpdateInfoText();
26    }
27
28    void Update()
29    {
30        UpdateInfoText();
31    }
32
33    void UpdateInfoText()
34    {
35        GameObject[] planets = GameObject.FindGameObjectsWithTag(planetTag);
36        GameObject selected = null;
37        foreach (GameObject planet in planets)
38        {
39            Outline outline = planet.GetComponent<Outline>();
40            if (outline != null && outline.enabled)
41            {
```

```
42     selected = planet;
43     break;
44   }
45 }
46
47 if (selected != selectedPlanet)
48 {
49   selectedPlanet = selected;
50   if (selectedPlanet != null)
51   {
52     string tmpMessage = char.ToUpper(selectedPlanet.name[0]) + selectedPlanet.name.Substring(1);
53     if (selectedPlanet.name.ToLower().Equals("moon") && selectedPlanet.transform.parent != null &&
54     selectedPlanet.transform.parent.name.ToLower().Equals("earth_moon"))
55     {
56       tmpMessage = "Earth";
57     }
58
59     planetInfoTitle.text = tmpMessage;
60     DisplayInfoAboutPlanet();
61     contentCleared = false;
62   }
63 else if (!contentCleared)
64 {
65   ClearContent();
66   planetInfoTitle.text = defaultMessage;
67   contentCleared = true;
68
69 // Stop audio when deselecting a planet
70 StopAudio();
71 }
72 }
73
74 void InitPlanetsInfo()
75 {
76   planetInfoDict = new Dictionary<string, List<(string description, string voiceFilePath)>>
77 {
78   {"mercury", new List<(string, string)>
79   {
80     ("Size: Mercury is the smallest planet in our solar system with a diameter of about 4,880 kilometers
81     (3,032 miles).", "mercury_size"),
82     ("Distance from Sun: It is the closest planet to the Sun, about 57.9 million kilometers (36 million
83     miles) away.", "mercury_distance_sun"),
84     ("Distance from Earth: The average distance from Earth to Mercury is about 91.7 million kilometers
85     (57 million miles).", "mercury_distance_earth"),
86     ("Travel Time from Earth: Approximately 119 days at a speed of 32,000 km/h.", "
mercury_travel_time"),
87     ("Surface Temperature: Temperatures on Mercury can reach up to °430C °(800F) during the day and
88     drop to -°180C (-°290F) at night.", "mercury_temperature"),
89     ("Interesting Fact: A year on Mercury is just 88 Earth days long.", "mercury_fact")
90   }
91 }
```

```
87 },
88
89 {"venus", new List<(string, string)>
90 {
91     ("Size: Venus is similar in size to Earth with a diameter of about 12,104 kilometers (7,521 miles).", "venus_size"),
92     ("Distance from Sun: It is the second planet from the Sun, about 108.2 million kilometers (67 million miles) away.", "venus_distance_sun"),
93     ("Distance from Earth: The average distance from Earth to Venus is about 41.4 million kilometers (25.7 million miles).", "venus_distance_earth"),
94     ("Travel Time from Earth: Approximately 54 days at a speed of 32,000 km/h.", "venus_travel_time"),
95     ("Surface Temperature: Venus has an average surface temperature of around °465C °(870F), hotter than Mercury, due to its thick, toxic atmosphere.", "venus_temperature"),
96     ("Interesting Fact: Venus rotates very slowly and in the opposite direction to most planets, so its day is longer than its year.", "venus_fact")
97 }
98 },
99
100 {"earth", new List<(string, string)>
101 {
102     ("Size: Earth is the fifth largest planet in the solar system with a diameter of about 12,742 kilometers (7,918 miles).", "earth_size"),
103     ("Distance from Sun: It is the third planet from the Sun, about 149.6 million kilometers (93 million miles) away.", "earth_distance_sun"),
104     ("Surface Temperature: Average surface temperature is about °15C °(59F).", "earth_temperature"),
105     ("Interesting Fact: Earth is the only planet known to support life.", "earth_fact"),
106     ("(Earth's Moon) Size: The Moon has a diameter of about 3,474 kilometers (2,159 miles).", "earth_moon_size"),
107     ("(Earth's Moon) Distance from Earth: The average distance from Earth to the Moon is about 384,400 kilometers (238,855 miles).", "earth_moon_distance"),
108     ("(Earth's Moon) Interesting Fact: The Moon is the fifth largest moon in the solar system and the largest relative to the size of its planet.", "earth_moon_fact")
109 }
110 },
111
112 {"mars", new List<(string, string)>
113 {
114     ("Size: Mars is about half the size of Earth with a diameter of about 6,779 kilometers (4,212 miles).", "mars_size"),
115     ("Distance from Sun: It is the fourth planet from the Sun, about 227.9 million kilometers (141 million miles) away.", "mars_distance_sun"),
116     ("Distance from Earth: The average distance from Earth to Mars is about 78.3 million kilometers (48 .6 million miles).", "mars_distance_earth"),
117     ("Travel Time from Earth: Approximately 102 days at a speed of 32,000 km/h.", "mars_travel_time")
118     ,
119     ("Surface Temperature: Average surface temperature is around -°60C (-°80F).", "mars_temperature"),
120     ("Interesting Fact: Mars has the largest volcano in the solar system, Olympus Mons.", "mars_fact")
121 }
122 },
123 {"jupiter", new List<(string, string)>
```

```
124 {
125     ("Size: Jupiter is the largest planet in the solar system with a diameter of about 139,820 kilometers
126     (86,881 miles).", "jupiter_size"),
127     ("Distance from Sun: It is the fifth planet from the Sun, about 778.5 million kilometers (484 million
128     miles) away.", "jupiter_distance_sun"),
129     ("Distance from Earth: The average distance from Earth to Jupiter is about 628.7 million kilometers
130     (390.7 million miles).", "jupiter_distance_earth"),
131     ("Travel Time from Earth: Approximately 820 days (about 2.2 years) at a speed of 32,000 km/h.", "
132     jupiter_travel_time"),
133     ("Surface Temperature: Average temperature at the cloud tops is around -145C (-234F).", "
134     jupiter_temperature"),
135     ("Interesting Fact: Jupiter has at least 79 moons, including Ganymede, the largest moon in the solar
136     system.", "jupiter_fact")
137 },
138 },
139 {"saturn", new List<(string, string)>
140 {
141     ("Size: Saturn is the second largest planet in the solar system with a diameter of about 116,460
142     kilometers (72,366 miles).", "saturn_size"),
143     ("Distance from Sun: It is the sixth planet from the Sun, about 1.4 billion kilometers (886 million
144     miles) away.", "saturn_distance_sun"),
145     ("Distance from Earth: The average distance from Earth to Saturn is about 1.2 billion kilometers
146     (746 million miles).", "saturn_distance_earth"),
147     ("Travel Time from Earth: Approximately 1563 days (about 4.3 years) at a speed of 32,000 km/h.", "
148     saturn_travel_time"),
149     ("Surface Temperature: Average temperature at the cloud tops is around -178C (-288F).", "
150     saturn_temperature"),
151     ("Interesting Fact: Saturn is known for its prominent ring system, which is made up of ice and rock
152     particles.", "saturn_fact")
153 },
154 },
155 {"uranus", new List<(string, string)>
156 {
157     ("Size: Uranus is the third largest planet in the solar system with a diameter of about 50,724
158     kilometers (31,518 miles).", "uranus_size"),
159     ("Distance from Sun: It is the seventh planet from the Sun, about 2.9 billion kilometers (1.8 billion
160     miles) away.", "uranus_distance_sun"),
161     ("Distance from Earth: The average distance from Earth to Uranus is about 2.6 billion kilometers (1.
162     6 billion miles).", "uranus_distance_earth"),
163     ("Travel Time from Earth: Approximately 3380 days (about 9.3 years) at a speed of 32,000 km/h.", "
164     uranus_travel_time"),
165     ("Surface Temperature: Average temperature is around -195C (-320F).", "uranus_temperature"),
166     ("Interesting Fact: Uranus rotates on its side, making its axis nearly parallel to the Sun.", "
167     uranus_fact")
168 },
169 },
170 {"neptune", new List<(string, string)>
171 {
172 }
```

```
158     ("Size: Neptune is the fourth largest planet in the solar system with a diameter of about 49,244  
159     kilometers (30,598 miles).", "neptune_size"),  
160     ("Distance from Sun: It is the eighth planet from the Sun, about 4.5 billion kilometers (2.8 billion  
161     miles) away.", "neptune_distance_sun"),  
162     ("Distance from Earth: The average distance from Earth to Neptune is about 4.3 billion kilometers  
163     (2.7 billion miles).", "neptune_distance_earth"),  
164     ("Travel Time from Earth: Approximately 5604 days (about 15.3 years) at a speed of 32,000 km/h.", "neptune_travel_time"),  
165     ("Surface Temperature: Average temperature is around -200C (-328F).", "neptune_temperature"),  
166     ("Interesting Fact: Neptune has the strongest winds in the solar system, reaching speeds of over  
167     2,000 kilometers per hour (1,200 miles per hour).", "neptune_fact")  
168     }  
169 },  
170  
171 {"pluto", new List<(string, string)>  
172 {  
173     ("Size: Pluto is a dwarf planet with a diameter of about 2,377 kilometers (1,477 miles).", "pluto_size")  
174     ),  
175     ("Distance from Sun: Pluto is approximately 5.9 billion kilometers (3.67 billion miles) from the Sun.",  
176     "pluto_distance_sun"),  
177     ("Distance from Earth: The average distance from Earth to Pluto is about 4.67 billion kilometers (2.9  
178     billion miles).", "pluto_distance_earth"),  
179     ("Travel Time from Earth: Approximately 6075 days (about 16.6 years) at a speed of 32,000 km/h.", "pluto_travel_time"),  
180     ("Surface Temperature: Average surface temperature is around -229C (-380F).", "pluto_temperature"),  
181     ("Interesting Fact: Pluto was reclassified from a planet to a dwarf planet in 2006 by the  
182     International Astronomical Union.", "pluto_fact")  
183     }  
184     }  
185 };  
186 }  
187  
188 void DisplayInfoAboutPlanet()  
189 {  
190     string planetName = this.planetInfoTitle.text.ToLower();  
191  
192     if (planetInfoDict.ContainsKey(planetName))  
193     {  
194         AddPlanetButtons(planetInfoDict[planetName]);  
195     }  
196     else  
197     {  
198         ClearContent();  
199     }  
200 }  
201  
202 void AddPlanetButtons(List<(string description, string voiceFilePath)> planetInfoList)  
203 {  
204     ClearContent();  
205 }
```

```
198
199 foreach (var info in planetInfoList)
200 {
201     GameObject newButton = Instantiate(buttonPrefab, contentGameObject.transform);
202     TMP_Text buttonText = newButton.GetComponentInChildren<TMP_Text>();
203
204     // Formatting the text
205     string formattedText = FormatTextWithBold(info.description);
206     buttonText.text = formattedText;
207
208     // Adding click event
209     Button button = newButton.GetComponent<Button>();
210     button.onClick.AddListener(() => OnPlanetButtonClick(info.description, info.voiceFilePath));
211 }
212
213
214 string FormatTextWithBold(string text)
215 {
216     int colonIndex = text.IndexOf(':');
217     if (colonIndex != -1)
218     {
219         return $"<b>{text.Substring(0, colonIndex + 1)}</b>{text.Substring(colonIndex + 1)}";
220     }
221     return text;
222 }
223
224 void OnPlanetButtonClick(string description, string voiceFilePath)
225 {
226     Debug.Log("Button clicked: " + description);
227     if (audioSource.isPlaying && currentlyPlayingVoiceFile == voiceFilePath)
228     {
229         // Stop the current audio if the same button is pressed
230         StopAudio();
231     }
232     else
233     {
234         // Check if the audio has finished and reset if necessary
235         if (!audioSource.isPlaying && currentlyPlayingVoiceFile == voiceFilePath)
236         {
237             currentlyPlayingVoiceFile = null;
238         }
239
240         // Stop the current audio if a different button is pressed
241         if (audioSource.isPlaying)
242         {
243             audioSource.Stop();
244         }
245
246         // Load and play the new audio
247         //AudioClip clip = Resources.Load<AudioClip>("mp3/test");
248         AudioClip clip = Resources.Load<AudioClip>("mp3/" + voiceFilePath);
```

```

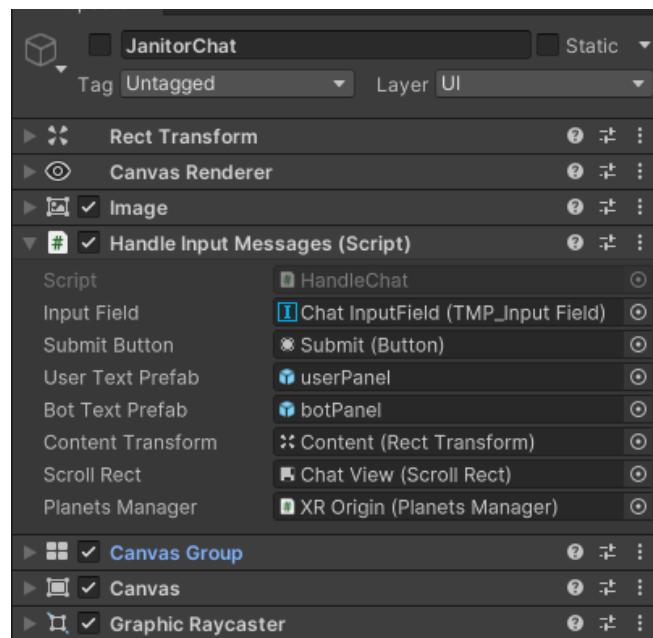
249     if (clip != null)
250     {
251         audioSource.clip = clip;
252         audioSource.Play();
253         currentlyPlayingVoiceFile = voiceFilePath;
254     }
255     else
256     {
257         Debug.LogError("Audio file not found: " + voiceFilePath);
258         audioSource.clip = Resources.Load<AudioClip>("mp3/unavailable_audio");
259         audioSource.Play();
260         currentlyPlayingVoiceFile = "mp3/unavailable_audio";
261     }
262 }
263
264
265 void StopAudio()
266 {
267     if (audioSource.isPlaying)
268     {
269         audioSource.Stop();
270     }
271     currentlyPlayingVoiceFile = null;
272 }
273
274 private void OnEnable()
275 {
276     StopAudio();
277 }
278
279 void ClearContent()
280 {
281     foreach (Transform child in contentGameObject.transform)
282     {
283         Destroy(child.gameObject);
284     }
285 }
286 }
```

Κώδικας 14: Display Planet Info Script

Η υλοποίηση του εικονικού δασκάλου γίνεται στο αντικείμενο JanitorChat (σχήμα 5.17) το οποίο είναι ιεραρχικά ακριβώς κάτω από το αντικείμενο UI (σχήμα 5.13). Αυτό έχει το Handle Input Messages script, το οποίο κάνει όλη την διαχείριση μηνυμάτων της συνομιλίας όπως και της εμφάνισης τους στο UI. Χρειάζεται μερικές αναφορές ή prefabs αντικειμένων για να λειτουργήσει, όπως:

- **InputFiled:** περιέχει το μήνυμα που έχει πληκτρολογήσει ο χρήστης
- **Submit Button:** είναι το κουμπί για την αποστολή του μηνύματος
- **User Text Prefab:** είναι το prefab των μηνυμάτων του χρήστη ώστε να εμφανίζονται στην δεξιά πλευρά των συνομιλιών

- **Bot Text Prefab:** είναι το prefab των μηνυμάτων του εικονικού δασκάλου ώστε να εμφανίζονται στην αριστερή πλευρά των συνομιλιών
- **Content Transform:** χρησιμοποιείται για την προσθήκη των prefabs στην συνομιλία
- **Scroll Rect:** χρησιμοποιείται για να πάει στο κάτω μέρος της συνομιλίας, όταν ο χρήστης αποστείλει νέο μήνυμα
- **Planets Manager:** χρησιμοποιεί μερικές public μεθόδους που παρέχει το script Planets Manager (κώδικας 9)



Σχήμα 5.17: Εικονικός δάσκαλος

Κατά την εκκίνηση προστίθενται δύο listeners, ο ένας είναι για το κουμπί και ο άλλος είναι για το πάτημα του πλήκτρου enter από το εικονικό πληκτρολόγιο του κινητού τηλεφώνου. Επίσης, αρχικοποιείται η σύνδεση με το API για την επικοινωνία με τον server και προστίθενται στο ιστορικό συνομιλιών κάποιες οδηγίες προς το μοντέλο LLM.

Η μέθοδοι OnSubmit και OnButtonPress, είναι αυτοί που προστίθενται ως listeners στο κουμπί και στο πλήκτρο enter αντίστοιχα. Έχουν ακριβώς την ίδια λειτουργία όμως δέχονται διαφορετικές παραμέτρους και για αυτό είναι ξεχωριστές μέθοδοι. Καλούν με την σειρά τους την μέθοδο HandleButtonPress αν δεν είναι κενό το αντικείμενο InputField και αντικαθιστούν το περιεχόμενο του έτσι ώστε να είναι άδειο.

Η μέθοδος HandleButtonPress είναι ασύγχρονη διότι είναι αυτή που κάνει την επικοινωνία μεταξύ του χρήστη και του server, με αποτέλεσμα να παίρνει χρόνο αναμονής μέχρι να εκπληρωθεί η επικοινωνία μεταξύ τους. Κάνει χρήση της κλάσης TextEffects (κώδικας 7) και για αυτό χρειάζεται την δημιουργία υπορουτίνων. Ο χρήστης μπορεί να αποστείλει ένα μήνυμα την φορά και για αυτόν τον λόγο απενεργοποιεί το κουμπί. Τα μηνύματα της συνομιλίας με την χρήση της μεθόδου ConvertMarkdownToTMP της κλάσης TextEffects υποστηρίζουν την βασική μορφοποίηση markdown. Επίσης, επειδή γίνεται σταδιακή εμφάνιση του κειμένου με την χρήση της μεθόδου TypewriterEffectCharacters, γίνεται έλεγχος στην περίπτωση που η προηγούμενη απάντηση δεν είχε ολοκληρωθεί, έτσι ώστε να εμφανιστεί άμεσα και να συνεχίσει με το νέο μήνυμα.

Έπειτα, θα δημιουργηθούν δυο αντικείμενα συνομιλιών από τα prefabs, ένα για τον χρήστη και ένα για το μήνυμα της απάντησης του εικονικού δασκάλου. Το μήνυμα του χρήστη θα είναι αυτό που μόλις πληκτρολόγησε, ενώ αυτό του εικονικού δασκάλου μέχρι να ληφθεί θα λέει <<StellarBot is typing...>>.

Στην συνέχεια γίνεται έλεγχος του δικτύου. Στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμο, το μήνυμα απάντησης αντικαθιστάτε από ενημερωτικό μήνυμα απουσίας δικτύου με κόκκινα γράμματα. Εάν όμως το δίκτυο είναι διαθέσιμο, αποστέλλεται όλο το ιστορικό προηγούμενων μηνυμάτων, μαζί με το νέο μήνυμα και ένα επιπλέον ενημερωτικό μήνυμα συστήματος με την χρήση της κλήσης της μεθόδου GetContext. Επίσης κατά την διάρκεια αναμονής της απάντησης, επειδή μπορεί να μην ληφθεί απάντηση από τον server ή μπορεί να απενεργοποιηθεί το δίκτυο, γίνεται έλεγχος έτσι ώστε να αντικατασταθεί το μήνυμα απάντησης που θα δει ο χρήστης με κατάλληλο μήνυμα.

Όταν ληφθεί η απάντηση από τον server, μόνο σε αυτήν την περίπτωση προστίθεται το μήνυμα του χρήστη και η απάντηση του εικονικού δασκάλου στο ιστορικό συνομιλιών. Έπειτα, αν το panel συνομιλίας δεν είναι ενεργό, απλός τοποθετείται το μήνυμα απάντησης, αλλιώς γίνεται χρήση της μεθόδου TypeWriterEffectCharacters με την βοήθεια υπορουτίνας και τέλος ξανά γίνεται διαθέσιμο το κουμπί για νέα μηνύματα του χρήστη.

Η μέθοδος InstantiateTextPrefab, δημιουργεί ένα νέο αντικείμενο μηνύματος είτε του χρήστη είτε του εικονικού δασκάλου και τοποθετεί το κείμενο με βάση τις παραμέτρους. Επίσης, πηγαίνει την συνομιλία στο τελευταίο μήνυμα.

Η μέθοδος GetContext, δημιουργεί ένα μήνυμα με μορφοποίηση JSON. Καλεί την συνάρτηση GetAllRecentlyViewedPlanets της κλάσης PlanetsManager ώστε να του επιστραφεί μια λίστα με όλους τους πλανήτες που έχουν εντοπιστεί, βρίσκει με την χρήση της ετικέτας Planet όλου τους πλανήτες που εμφανίζονται ενώ ταυτόχρονα είναι ενεργεί και τέλος αν έχει επιλεχθεί κάποιος πλανήτης.

Η μέθοδος BuildJsonArray, επιστρέφει ως κείμενο, την λίστα της παραμέτρου μορφοποιημένη κατάλληλα με δομή JSON.

Η μέθοδος OnDisable λειτουργεί όταν ο χρήστης κλείσει το panel της συνομιλίας. Αν υπήρχε υπορουτίνα η οποία εμφάνιζε σταδιακά το κείμενο στην οθόνη, τότε τοποθετεί όμεσα το κείμενο στο prefab και σταματάει την υπορουτίνα.

```

1  using UnityEngine;
2  using UnityEngine.UI;
3  using TMPro;
4  using System.Collections;
5  using OpenAI;
6  using System.Text.RegularExpressions;
7  using static UnityEngine.XR.ARSubsystems.XRCpuImage;
8  using System.Collections.Generic;
9  using System;
10 using System.Linq;
11 using Unity.VisualScripting;
12
13 public class HandleInputMessages : MonoBehaviour
14 {
15     public TMP_InputField inputField;
16     public Button submitButton;
17     public GameObject userTextPrefab;
18     public GameObject botTextPrefab;
19     public Transform contentTransform;
```

```
20 public ScrollRect scrollRect;
21
22 private static readonly List<string> allPlanets = new List<string> { "earth", "jupiter", "mars", "mercury", "
neptune", "pluto", "saturn", "uranus", "venus", "sun" };
23
24 private OpenAIApi agentApi;
25 private string apiKey = "sk-None-BLOJh...";
26 private List<ChatMessage> chatHistory;
27
28 private string initialInstructions;
29
30 private Coroutine botCoroutine = null;
31 private TMP_Text lastBotTextComponent = null;
32
33 [SerializeField] public PlanetsManager planetsManager;
34
35 void Start()
{
    initialInstructions = "You are StellarBot, an educational assistant for learning about the solar system.
Answer questions clearly and provide interesting facts about the planets. The app's name is
SolarExplorer, the developers name is Padelis Proios. Feel free to use basic markdown syntax. I will also
provide you with a json formated info, CurrenltyAvailablePlanets are currently in the screen,
AllRecentlyViewedPlanets are seen in the whole session and CurrentlySelectedPlanet is the selected one.
The app support the follwing planets" + BuildJsonArray(allPlanets);

38 // Add listeners to the input field and button
39 inputField.onSubmit.AddListener(OnSubmit);
40 submitButton.onClick.AddListener(OnButtonPress);
41
42 // init api
43 agentApi = new OpenAIApi(apiKey);
44
45 // initial Instructions
46 chatHistory = new List<ChatMessage>(){
47     new ChatMessage() { Content = initialInstructions, Role = "system" }
48 };
49 }
50 }

52 void OnSubmit(string input)
{
    // Check if the input field is not empty
    if (!string.IsNullOrEmpty(input) && submitButton.interactable)
    {
        //InstantiateTextPrefab(input);
        HandleButtonPress(input);
        inputField.text = ""; // Clear the input field
    }
}
59
60
61 }

63 void OnButtonPress()
{
}
```

```
65 // Check if the input field is not empty
66 if (!string.IsNullOrEmpty(inputField.text))
67 {
68     //InstantiateTextPrefab(inputField.text);
69     HandleButtonPress(inputField.text);
70     inputField.text = ""; // Clear the input field
71 }
72 }

73
74 private void OnDisable()
75 {
76     Debug.Log("OnDisable: called");
77     // TypeWriteEffect
78     if (botCoroutine != null)
79     {
80         Debug.Log("OnDisable: coroutine NOT null");
81         string tmp = chatHistory
82             .Where(message => message.Role == "assistant")
83             .LastOrDefault()
84             .Content;
85
86         if (tmp != null)
87         {
88             //lastBotTextComponent.text = tmp;
89             lastBotTextComponent.text = TextEffects.ConvertMarkdownToTMP(tmp);
90         }
91
92         Debug.Log("OnDisable: msg -> " + tmp);
93
94         StopCoroutine(botCoroutine);
95
96         botCoroutine = null;
97     }
98
99 }
100
101 async void HandleButtonPress(string input)
102 {
103     // Disable the submit button
104     submitButton.interactable = false;
105
106     // TypeWriteEffect
107     if (botCoroutine != null)
108     {
109         string tmp = chatHistory
110             .Where(message => message.Role == "assistant")
111             .LastOrDefault()
112             .Content;
113
114         if (tmp != null)
115         {
```

```
116     //lastBotTextComponent.text = tmp;
117     lastBotTextComponent.text = TextEffects.ConvertMarkdownToTMP(tmp);
118 }
119
120     StopCoroutine(botCoroutine);
121
122     botCoroutine = null;
123 }
124
125
126 // Instantiate user message
127 GameObject userGameObject = InstantiateTextPrefab(input, userTextPrefab);
128 GameObject botGameObject = InstantiateTextPrefab("StellarBot is typing...", botTextPrefab);
129
130 userGameObject.GetComponentInChildren<CopyToClipboard>().Text = input;
131
132 // TypeWriteEffect
133 lastBotTextComponent = botGameObject.GetComponentInChildren<TMP_Text>();
134
135 // Check network availability before starting
136 if (Application.internetReachability == NetworkReachability.NotReachable)
137 {
138     // No network connection
139     string msg = "No internet connection. Please check your network and try again.";
140     botGameObject.GetComponentInChildren<TMP_Text>().text = msg;
141     botGameObject.GetComponentInChildren<CopyToClipboard>().Text = msg;
142     userGameObject.GetComponentInChildren<TMP_Text>().color = new Color(1f, 0.5f, 0.5f, 1f);
143     submitButton.interactable = true;
144     return;
145 }
146
147 // Create the prompt with initial instructions and additional context
148 string userInputFormated = Regex.Replace(input, @"(\s+|\n+)", " ").Trim();
149
150 // Call the OpenAI API
151 CreateChatCompletionRequest completionRequest = new CreateChatCompletionRequest
152 {
153     Model = "gpt-3.5-turbo",
154     MaxTokens = 250
155 };
156
157 // give some system runtime information
158 chatHistory.RemoveAll(message => message.Role == "system");
159 chatHistory.Insert(0, new ChatMessage {Role = "system", Content = initialInstructions});
160
161 string context = GetContext();
162 chatHistory.Add(new ChatMessage { Role = "system", Content=context});
163
164 // add user message to the historyChat
165 ChatMessage tmpMsg = new ChatMessage { Role = "user", Content = userInputFormated };
166 chatHistory.Add(tmpMsg);
```

```
167  
168  
169 completionRequest.Messages = chatHistory;  
170  
171 try  
{  
173     CreateChatCompletionResponse response = await agentApi.CreateChatCompletion(  
completionRequest);  
174  
175     string botResponse = "Something went wrong...";  
176  
177     if ( response.Choices != null && response.Choices.Count > 0 )  
178     {  
179         botResponse = response.Choices[0].Message.Content;  
180  
181         chatHistory.Add(response.Choices[0].Message); // role assistant  
182         foreach (var choice in response.Choices)  
183         {  
184             Debug.Log($"Choice message -> {choice.Message.Content} && {choice.Message.Role}");  
185         }  
186     }  
187  
188     botGameObject.GetComponentInChildren<CopyToClipboard>().Text = botResponse;  
189     botResponse = TextEffects.ConvertMarkdownToTMP(botResponse);  
190  
191     // TypeWriteEffect  
192     if ( !this.isActiveAndEnabled )  
193     {  
194         botGameObject.GetComponentInChildren<TMP_Text>().text = botResponse;  
195         Debug.Log("StellarBot UI disabled");  
196     }  
197     else  
198     {  
199         botCoroutine = StartCoroutine(TextEffects.TypewriterEffectCharacters(botGameObject.  
GetComponentInChildren<TextMeshProUGUI>(), botResponse, 0.01f));  
200         Debug.Log("StellarBot UI enabled");  
201     }  
202  
203 }  
204  
205 catch (Exception ex)  
{  
206     // Handle any errors during the API call, likely due to network issues  
207     Debug.LogError("API call failed: " + ex.Message);  
208     chatHistory.RemoveAt(chatHistory.Count - 1); // Remove the last element  
209     userGameObject.GetComponentInChildren<TMP_Text>().color = new Color(1f, 0.5f, 0.5f, 1f);  
210  
211     string msg = "The network connection was lost. Please try again.";  
212     botGameObject.GetComponentInChildren<TMP_Text>().text = msg;  
213     botGameObject.GetComponentInChildren<CopyToClipboard>().Text = msg;  
214 }  
215 }
```

```
216     finally
217     {
218         // Enable the submit button
219         submitButton.interactable = true;
220     }
221
222     // some extra debugging
223     Debug.Log("History -> Starts");
224     foreach (var tmp in chatHistory)
225     {
226         Debug.Log("History -> " + $"{{Role:{tmp.Role}, Content:'{tmp.Content}'}}");
227     }
228     Debug.Log("History -> Ends");
229 }
230
231 GameObject InstantiateTextPrefab(string text, GameObject textElement)
232 {
233     // Instantiate the prefab and set its text
234     GameObject newTextObject = Instantiate(textElement, contentTransform);
235     TMP_Text textComponent = newTextObject.GetComponentInChildren<TMP_Text>();
236     if (textComponent != null)
237     {
238         textComponent.text = TextEffects.ConvertMarkdownToTMP(text);
239     }
240
241     // Scroll to the bottom
242     Canvas.ForceUpdateCanvases(); // Force update to ensure layout is correct
243     scrollRect.verticalNormalizedPosition = 0f; // Scroll to bottom
244
245     return newTextObject;
246 }
247
248 private string GetContext()
249 {
250
251     GameObject[] planets = GameObject.FindGameObjectsWithTag("Planet");
252     string selected = null;
253     List<string> availablePlanets = new List<string>();
254     List<string> allRecentlyViewedPlanets = planetsManager.GetAllRecentlyViewedPlanets();
255
256     foreach (GameObject planet in planets)
257     {
258         string tmp = planet.name.ToLower();
259
260         if (tmp.Equals("moon") && planet.transform.parent != null && planet.transform.parent.name.ToLower().Equals("earth_moon"))
261         {
262             Debug.Log("GOT INSIDE for planet -> " + tmp);
263             tmp = "earth";
264         }
265 }
```

```

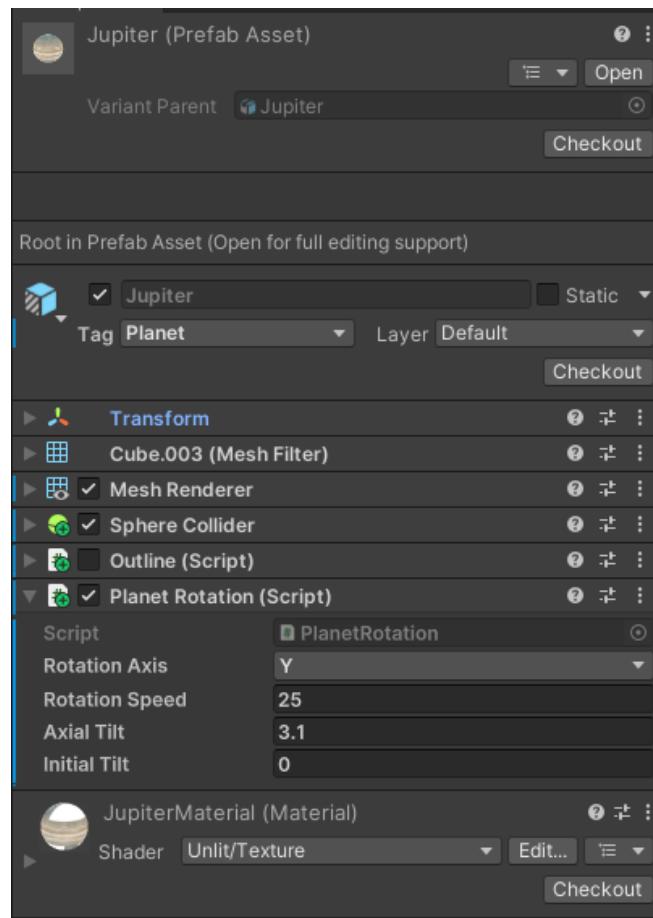
266     if (!availablePlanets.Contains(tmp))
267     {
268         Debug.Log("Adding to availablePlanets -> " + tmp);
269         availablePlanets.Add(tmp);
270     }
271
272     Outline outline = planet.GetComponent<Outline>();
273     if (outline != null && outline.enabled)
274     {
275         selected = tmp;
276     }
277 }
278
279 selected = selected == null ? "null" : $"\"{selected}\"";
280
281
282 string context = $@"
283 {
284     ""CurrentlyAvailablePlanets"":{BuildJsonArray(availablePlanets)},
285     ""CurrentlySelectedPlanet"":{selected},
286     ""AllRecentlyViewedPlanets"":{BuildJsonArray(allRecentlyViewedPlanets)}
287 }
288 ";
289 return Regex.Replace(context, @"\s+", " ").Trim();
290 }
291
292 private string BuildJsonArray(List<string> arr)
293 {
294     if (arr == null || arr.Count == 0) return "[]";
295
296     string tmp = string.Join(",\"", arr);
297     return $"[\"{tmp}\"]";
298 }
299 }
```

Κώδικας 15: Handle Chat Script

Τα prefab κάθε πλανήτη (σχήμα 5.18) περιέχουν το script Planet Rotation (κώδικας 16). Αυτό το script προσομοιώνει την εμφάνιση του πλανήτη όσο πιο κοντά γίνεται με τα πραγματικά δεδομένα. Κάθε ένας έχει ξεχωριστές παραμέτρους τιμών. Αυτές οι παράμετροι είναι:

- **Rotation Axis:** Ο άξωνας ο οποίος περιστρέφεται ο πλανήτης
- **Rotation Speed:** Η ταχύτητα της κλήσης που θα γίνεται ανά δευτερόλεπτο
- **Axial Tilt:** Η απόκλιση σε μοίρες που θα έχει από τον άξονα
- **Initial Tilt:** Η αρχική απόκλιση σε μοίρες που θα έχει από τον άξονα

Κατά την εκκίνηση, γίνεται σωστή τοποθέτηση του πλανήτη βάση την κλίση που πρέπει να έχει. Η μέθοδος update περιστρέφει τον πλανήτη αναλόγως με τον χρόνο τον οποίο έχει περάσει και με την ταχύτητα του. Κάθε πλανήτης έχει διαφορετικές τιμές έτσι ώστε να προσομοιώνεται κατά προσέγγιση στις πραγματικές συνθήκες.



Σχήμα 5.18: Planets prefab

```

1 using UnityEngine;
2
3 public class PlanetRotation : MonoBehaviour
4 {
5     // Enum for selecting the rotation axis
6     public enum RotationAxis
7     {
8         X, // Rotate around the X-axis
9         Y, // Rotate around the Y-axis
10        Z // Rotate around the Z-axis
11    }
12
13    public RotationAxis rotationAxis = RotationAxis.Y;
14
15    public float rotationSpeed = 15.0f; // Rotation speed in degrees per second
16    public float axialTilt = 23.5f; // Axial tilt in degrees 23.5 is for Earth
17    public float initialTilt = 0.0f; // Initial tilt in degrees
18
19    void Start()
20    {
21        // Apply initial tilt
22        transform.rotation = Quaternion.Euler(0f, initialTilt, 0f);
23

```

```

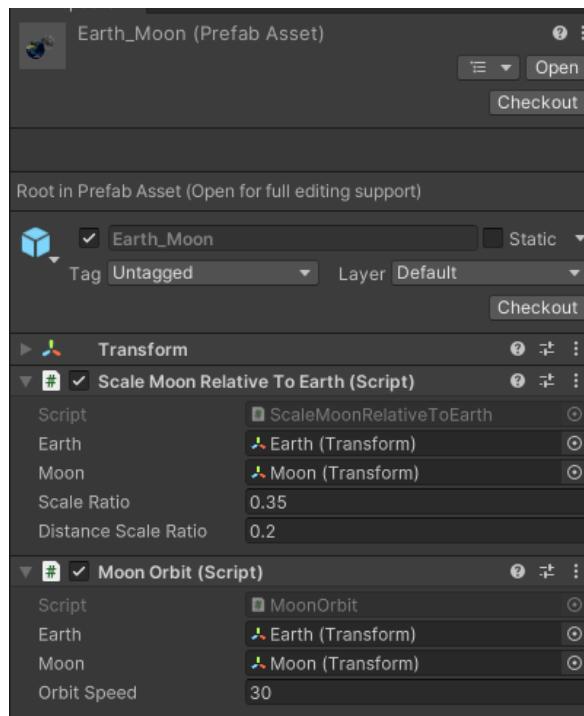
24 // Apply axial tilt
25 transform.Rotate(Vector3.right, axialTilt, Space.Self);
26 }
27
28 void Update()
29 {
30     // Rotate the planet around the selected axis based on the enum
31     Vector3 selectedAxis = Vector3.up;
32
33     switch (rotationAxis)
34     {
35         case RotationAxis.X:
36             selectedAxis = Vector3.right;
37             break;
38         case RotationAxis.Y:
39             selectedAxis = Vector3.up;
40             break;
41         case RotationAxis.Z:
42             selectedAxis = Vector3.forward;
43             break;
44     }
45
46     // Rotate the object around the selected axis
47     transform.Rotate(selectedAxis * rotationSpeed * Time.deltaTime, Space.Self);
48 }
49 }
```

Κώδικας 16: Planet Rotation Script

To prefab όπου περιέχει την γη και την σελήνη (σχήμα 5.19) έχει δύο επιπλέον scripts, το Scale Moon Relative To Earth (κώδικας 17) και το Moon Orbit (κώδικας 18).

Το Scale Moon Relative To Earth, έχει ως παραμέτρους τις αναφορές της γης και της σελήνης. Επίσης, έχει το ποσοστό μεγέθους όπου θα έχει η σελήνη σε σύγκριση με την γη και την απόσταση που θα έχουν μεταξύ του. Με την χρήση αυτόν των παραμέτρων αλλάζει την κλίμακα της σελήνης κατάλληλα ενώ παράλληλα την τοποθετεί σε σωστή απόσταση από την γη.

Το Moon Orbit, έχει μόνο δυο αναφορές στην γη και στην σελήνη, όπως και μία ακόμα παράμετρο για την ταχύτητα περιστροφής της σελήνης γύρο από την γη. Σε κάθε Update γίνεται η κλήση δυο συναρτήσεων. Η OrbitMoonAroundEarth, περιστρέφει την σελήνη γύρο από την γη βάση της ταχύτητας που έχει οριστεί. Ενώ η UpdateMoonRotation, κάνει έναν υπολογισμό διαφοράς μεταξύ της γης και της σελήνης, έτσι ώστε να την περιστρέψει γύρο από τον εαυτό της τόσο ώστε πάντα να κοιτάει η ίδια πλευρά της σελήνης προς την γη όπως στην πραγματικότητα αναπαριστώντας παλιρροϊκό κλείδωμα (tidal locking).



Σχήμα 5.19: Earth and Moon prefab

```

1 using UnityEngine;
2
3 public class ScaleMoonRelativeToEarth : MonoBehaviour
4 {
5     public Transform earth;
6     public Transform moon;
7     public float scaleRatio = 0.273f;
8     public float distanceScaleRatio = 30f;
9
10    void Update()
11    {
12        // Check if both transforms are assigned
13        if (earth != null && moon != null)
14        {
15            // Update Moon's scale relative to Earth based on the scale ratio
16            moon.localScale = earth.localScale * scaleRatio;
17
18            // Update Moon's position to maintain a relative distance from Earth
19            Vector3 direction = (moon.position - earth.position).normalized;
20            float distance = earth.localScale.x * distanceScaleRatio; // Calculate distance based on Earth's scale
21            moon.position = earth.position + direction * distance;
22        }
23        Debug.Log($"[earth_moon] earth-> ({earth.position.x:F2},{earth.position.y:F2},{earth.position.z:F2})");
24        Debug.Log($"[earth_moon] moon-> ({moon.position.x:F2},{moon.position.y:F2},{moon.position.z:F2})");
25    }
26 }
```

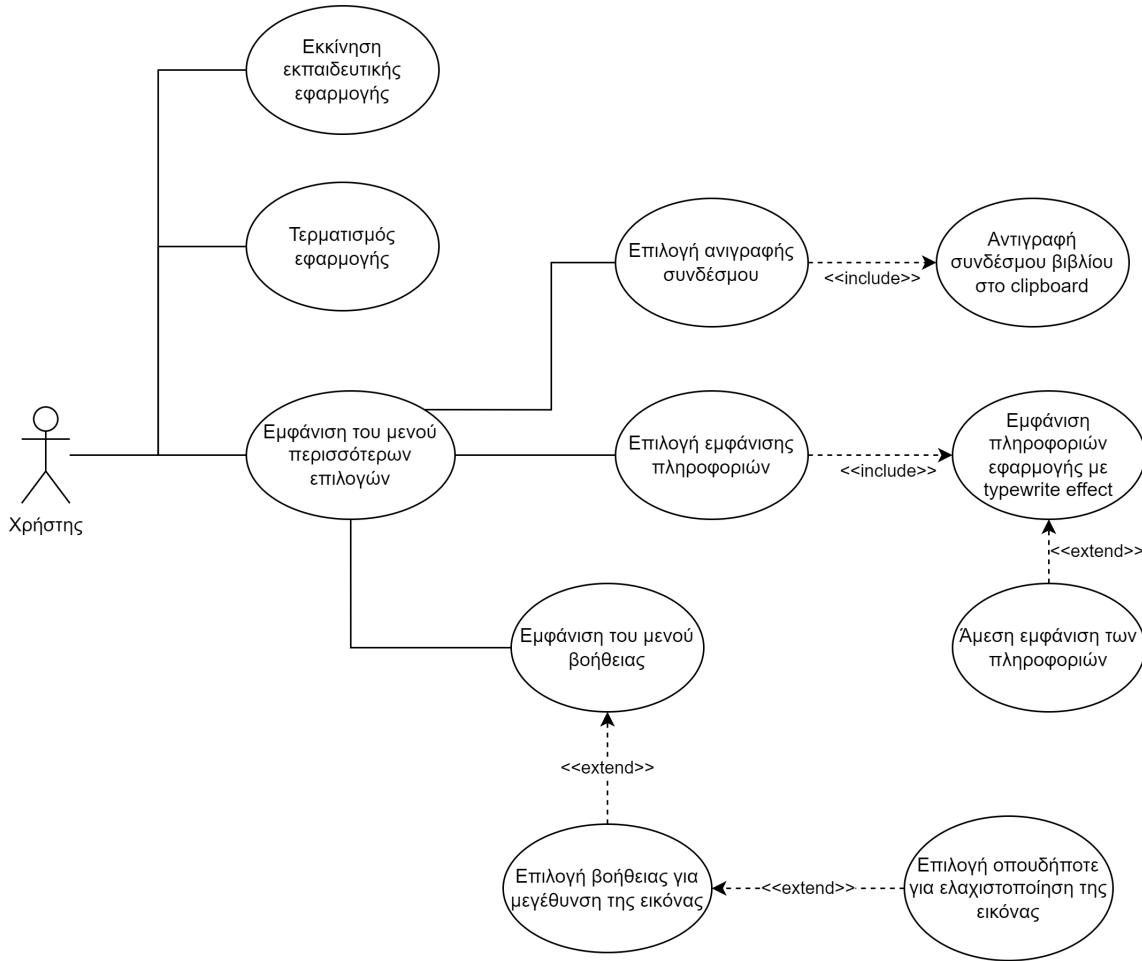
Κώδικας 17: Scale Moon Relative To Earth Script

```
1 using UnityEngine;
2
3 public class MoonOrbit : MonoBehaviour
4 {
5     public Transform earth;           // Reference to the Earth Transform
6     public Transform moon;           // Reference to the Moon Transform
7     public float orbitSpeed = 5.0f;  // Speed at which the Moon orbits the Earth
8
9     void Start()
10    {
11        // Ensure the Moon starts facing the Earth
12        UpdateMoonRotation();
13    }
14
15    void Update()
16    {
17        // Orbit the Moon around the Earth
18        OrbitMoonAroundEarth();
19
20        // Update the Moon's rotation to face the Earth
21        UpdateMoonRotation();
22    }
23
24    void OrbitMoonAroundEarth()
25    {
26        // Orbit the Moon around the Earth on the Earth's local Y-axis
27        moon.RotateAround(earth.position, earth.up, orbitSpeed * Time.deltaTime);
28    }
29
30    void UpdateMoonRotation()
31    {
32        // Calculate the direction from the Moon to the Earth
33        Vector3 directionToEarth = (earth.position - moon.position).normalized;
34
35        // Calculate the target rotation based on the direction
36        Quaternion targetRotation = Quaternion.LookRotation(directionToEarth, earth.up);
37
38        // Smoothly rotate the Moon to face the Earth
39        moon.rotation = Quaternion.Slerp(moon.rotation, targetRotation, Time.deltaTime * orbitSpeed);
40    }
41 }
```

Κώδικας 18: Moon Orbit Script

## 6 Λειτουργίες AR εφαρμογής

### 6.1 Κεντρικό μενού



Σχήμα 6.1: Διάγραμμα περίπτωσης χρήσης αρχικού μενού

Κατά την έναρξη της εφαρμογής, ο χρήστης συναντά το αρχικό μενού που περιλαμβάνει τρεις βασικές επιλογές:

- Εκκίνηση (Start)
- Περισσότερες Επιλογές (More)
- Έξοδος (Quit)

Το μενού συνοδεύεται από μουσική υπόκρουση που παίζει τυχαία επιλεγμένα κομμάτια από μια τετραμελής λίστα, προσδίδοντας μια ευχάριστη και δυναμική αίσθηση κατά την παραμονή στο μενού επιλογών ενώ παράλληλα περιστρέφεται και η εικόνα του παρασκηνίου για μια επιπλέον αίσθηση διαδραστικότητας και ζωντάνιας.



Σχήμα 6.2: Αρχικό μενού

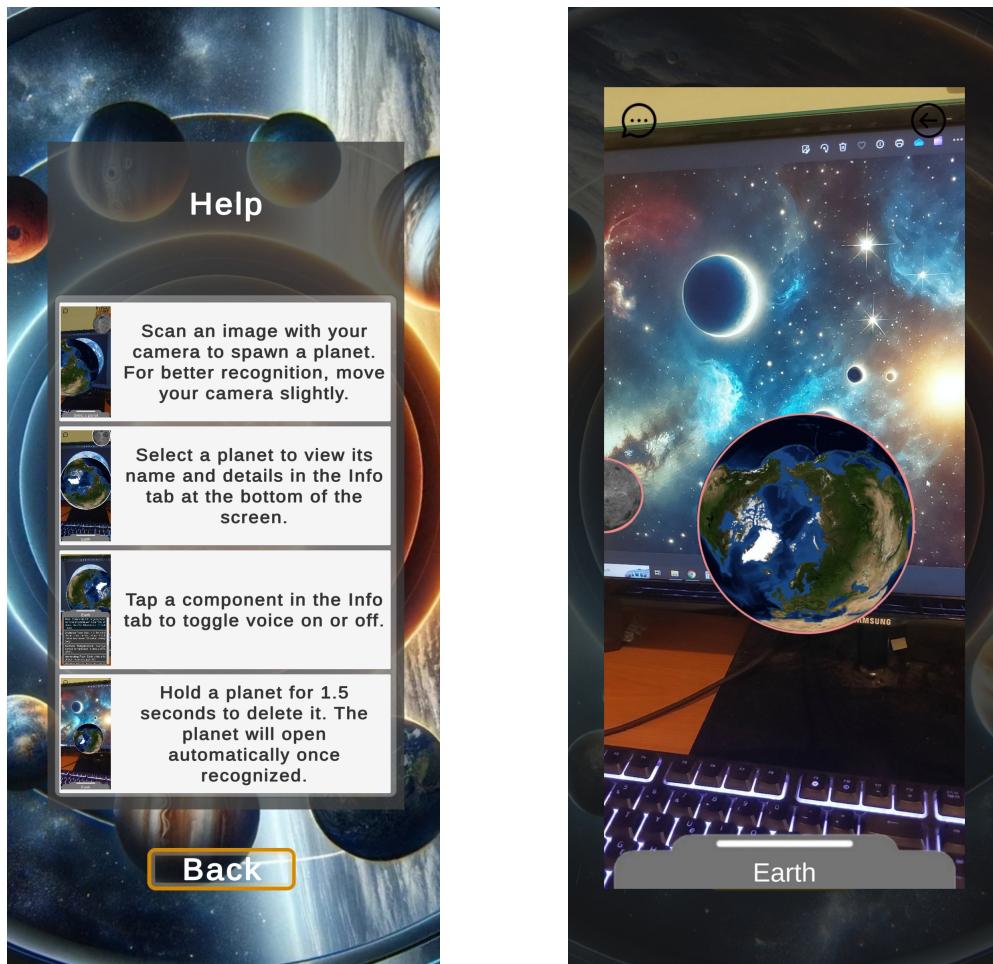
Η πρώτη δυνατότητα, είναι η επιλογή **Εκκίνηση** (Start), όπου επιτρέπει στον χρήστη να ξεκινήσει την κύρια λειτουργία της εφαρμογής, ενεργοποιώντας όλες τις διαθέσιμες δυνατότητες της Επαυξημένης Πραγματικότητας και των γλωσσικών μοντέλων μεγάλου μεγέθους (LLMs). Με την έναρξη, η εφαρμογή προετοιμάζει το περιβάλλον και τις διαδραστικές λειτουργίες, διασφαλίζοντας μια ομαλή εμπειρία χρήστη.

Στην επιλογή **Περισσότερες Επιλογές** (More), ο χρήστης μπορεί να εξερευνήσει τρεις επιπλέον δυνατότητες που παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για την καλύτερη κατανόηση και χρήση της εφαρμογής.



Σχήμα 6.3: Μενού περισσότερων επιλογών

Η επιλογή της **Βοήθειας** (Help), μεταφέρει τον χρήστη σε ένα εκτενή μενού βοήθειας που περιλαμβάνει μια αναλυτική λίστα με όλες τις δυνατότητες της εφαρμογής. Το μενού αυτό συνοδεύεται από συνοπτικές περιγραφές με επεξηγηματικές εικόνες που βοηθούν τον χρήστη να κατανοήσει καλύτερα τη λειτουργία της κάθε δυνατότητας που παρέχει η εφαρμογή. Επιπλέον, εάν ο χρήστης πατήσει πάνω σε οποιαδήποτε εικόνα της λίστας βοήθειας, αυτή μεγεθύνεται για μεγαλύτερη ευκρίνεια και καλύτερη οπτική επεξεργασία. Πατώντας ξανά οπουδήποτε εντός της εφαρμογής, αυτή επιστρέφει στο κανονικό της μέγεθος, διευκολύνοντας την περιήγηση και την πρόσβαση στις πληροφορίες.



Σχήμα 6.4: Λίστα βοήθειας λειτουργιών της εφαρμογής

Η επιλογή **Πληροφοριών** (Info), παρέχει πρόσβαση σε μια σελίδα με επιπλέον πληροφορίες για τα διάφορα αντικείμενα (assets) που χρησιμοποιούνται στην εφαρμογή. Εκεί, ο χρήστης μπορεί να βρει λεπτομέρειες για τα γραφικά, τους ήχους και άλλα στοιχεία που εμπλουτίζουν την εμπειρία χρήστη. Περιλαμβάνεται επίσης ένα σύντομο κείμενο που εξηγεί τον λόγο για τον οποίο αναπτύχθηκε η εφαρμογή, προσφέροντας μια γενική εικόνα του πλαισίου και του σκοπού της ανάπτυξής της. Επιπροσθέτως, ο τρόπος ο οποίος απεικονίζεται το κείμενο είναι με την χρήση της τεχνικής γραφομηχανής (typewrite effect), εξαιτίας του χρόνου που μπορεί να μην έχει κάποιος στην διάθεση του, υπάρχει η δυνατότητα άμεσης εμφάνισης όλου του κειμένου πατώντας οπουδήποτε επάνω στο πάνελ (panel).

Η επιλογή **Συνδέσμου PDF** (PDF link), επιτρέπει στον χρήστη να αντιγράψει έναν σύνδεσμο που παραπέμπει στο βιβλίο που χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την εφαρμογή. Ο σύνδεσμος

αυτός μπορεί να επικολληθεί σε ένα πρόγραμμα περιήγησης ή να μοιραστεί με άλλους χρήστες για άμεση πρόσβαση στο σχετικό εκπαιδευτικό υλικό. Η δυνατότητα αυτή διευκολύνει την ανάγνωση και την αλληλεπίδραση με το βιβλίο, ενισχύοντας την εκπαιδευτική διαδικασία μέσω των επαυξημένων λειτουργιών της εφαρμογής.

Τέλος, η επιλογή Έξοδος (Quit) προσφέρει στον χρήστη τη δυνατότητα να κλείσει την εφαρμογή.



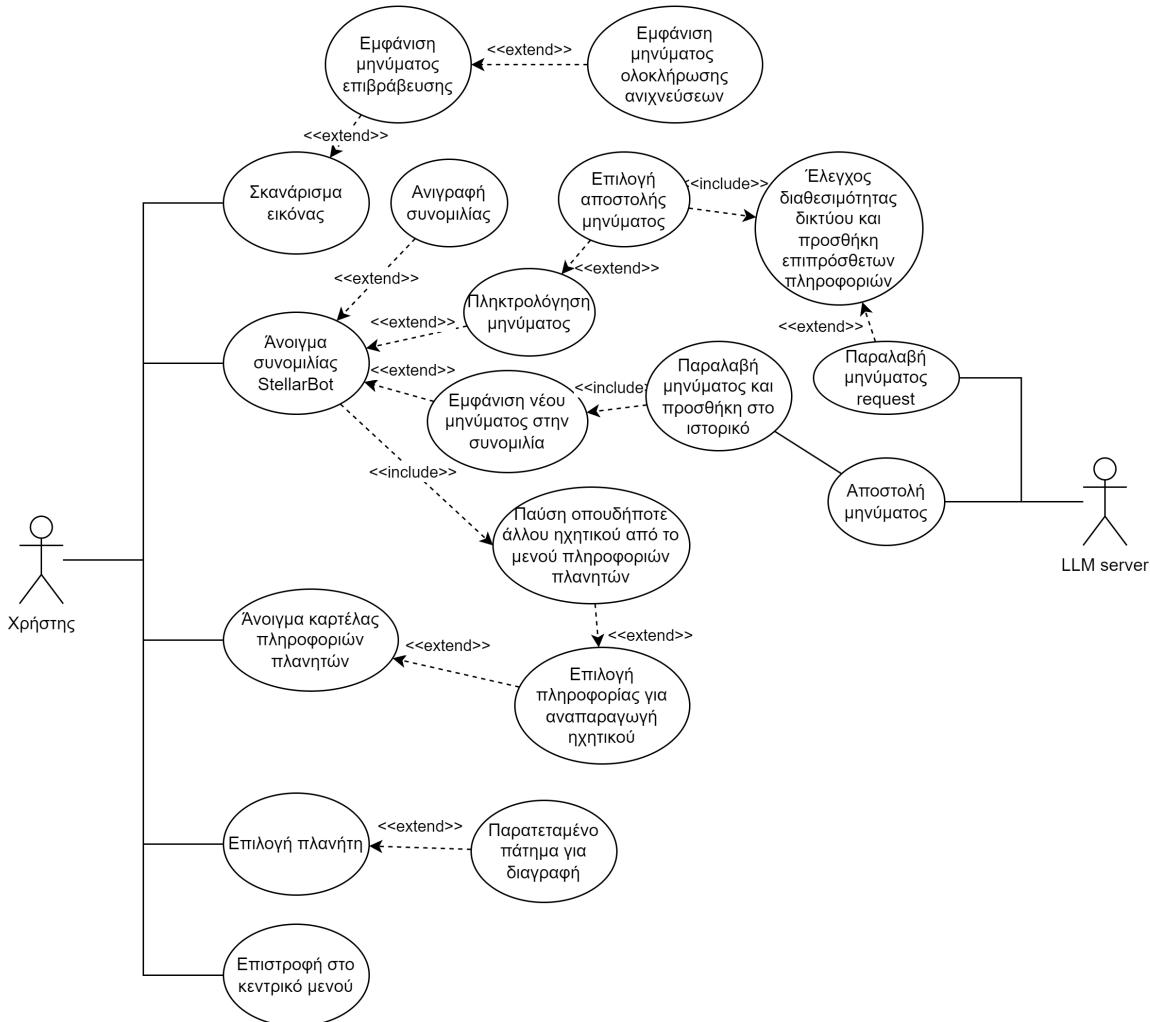
(i) Πληροφορίες εφαρμογής



(ii) Επιλογή αντιγραφής συνδέσμου pdf

Με αυτές τις επιλογές και δυνατότητες, η εφαρμογή προσφέρει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον κεντρικού μενού στον χρήστη, το οποίο είναι ευχάριστο και ζωντανό μέσα από τα ποικίλα animations και την μουσική υπόκρουση, ενώ παράλληλα είναι πλήρως διαδραστικό.

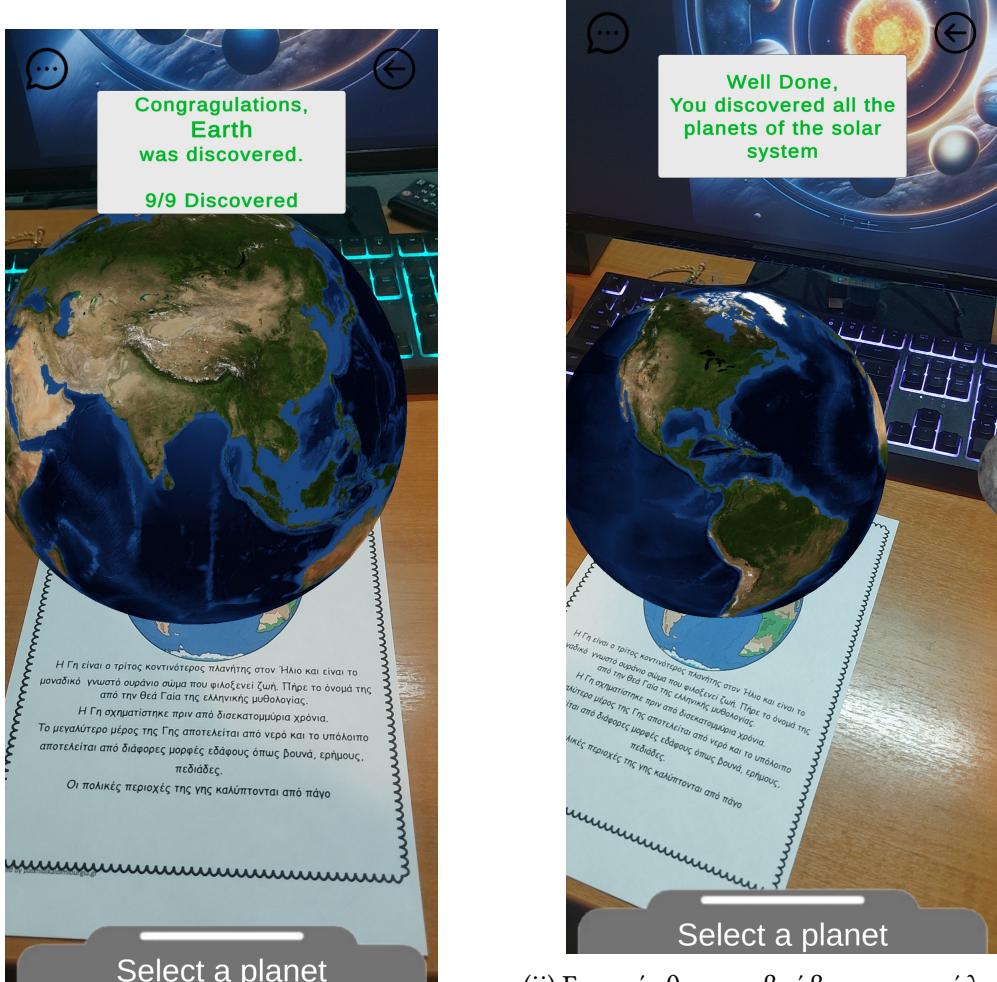
## 6.2 Εφαρμογή AR



Σχήμα 6.6: Διάγραμμα περίπτωσης χρήσης της AR εφαρμογής

Ο χρήστης πατώντας το κουμπί έναρξης από το κεντρικό μενού, μεταφέρεται στο κύριο κομμάτι της εφαρμογής όπου έχει πολλαπλές διαδραστικές και διασκεδαστικές επιλογές στην εφαρμογή AR.

Για αρχή, η κάμερα του είναι ενεργοποιημένη καθ'όλη την διάρκεια. Έχει την δυνατότητα να περάσει το κινητό τηλέφωνο επάνω από συγκεκριμένες εικόνες, όπου μπορεί να αναγνωρίσει η εφαρμογή. Στην περίπτωση αναγνώρισης μιας εικόνας, εμφανίζεται ο κατάλληλος πλανήτης τοποθετημένος επάνω από την εικόνα ενώ παράλληλα εμφανίζεται μήνυμα επιβράβευσης και ενημέρωσης προόδου αν είναι η πρώτη φορά ανακάλυψης αυτού του πλανήτη για την παρούσα συνεδρία, παρέχοντας ανάδραση στον χρήστη και μια ευχάριστη εμπειρία.

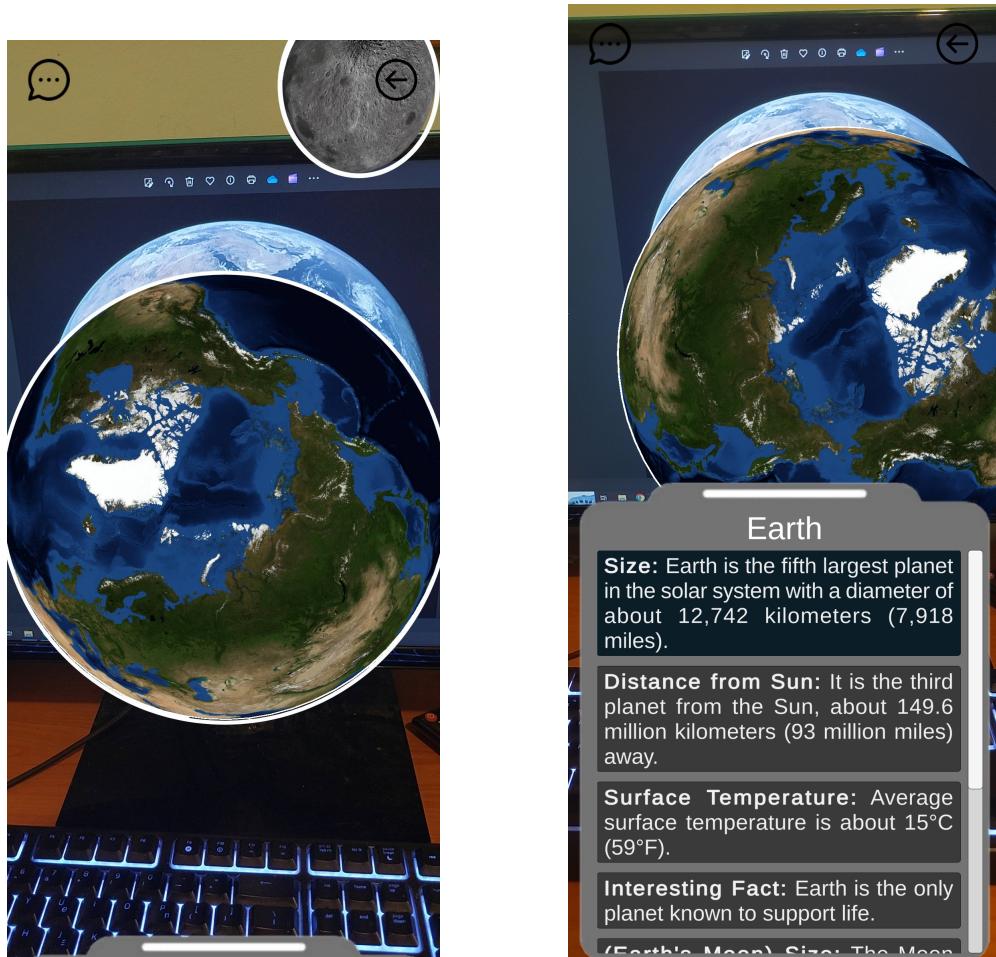


(i) Επιβράβευση ανακάλυψης νέου πλανήτη

(ii) Επιπρόσθετη επιβράβευση ανακάλυψης όλων των πλανητών

Όταν ο χρήστης επιλέξει έναν πλανήτη, εμφανίζεται ένα λευκό περίγραμμα γύρω του, υποδεικνύοντας ότι ο πλανήτης έχει επιλεγεί. Επιπλέον, η καρτέλα πληροφοριών αλλάζει από <<Select a planet>> στο όνομα του επιλεγμένου πλανήτη και πλέον εμφανίζονται οι σχετικές πληροφορίες του. Πατώντας σε κάποιο αντικείμενο από την λίστα πληροφοριών της καρτέλας, ενεργοποιείται ηχητική αναπαραγωγή που διαβάζει το κείμενο των πληροφοριών του εκάστοτε κομματιού, δίνοντας την ευκαιρία στον χρήστη να εξερευνήσει ή να κάνει κάτι άλλο ενώ παράλληλα μαθαίνει.

Για παράδειγμα, έστω ότι υπάρχουν οι πλανήτες Γη και Άρης διαθέσιμοι. Αν δεν είναι επιλεγμένος κανένας, τότε στην καρτέλα πληροφοριών δεν θα υπάρχει καμία πληροφορία και θα έχει στην κορυφή το λεκτικό <<Select a planet>>. Έστω ότι γίνεται επιλογή του πλανήτη Γη, τότε το λεκτικό στην κορυφή της καρτέλας πληροφοριών θα αλλάξει με το όνομα του πλανήτη. Επίσης, πλέον στις πληροφορίες, θα είναι πλέον διαθέσιμη μια ενημερωτική λίστα για τον συγκεκριμένο πλανήτη. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μια πληροφορία από την λίστα και να ακούσει το ηχητικό αντί να το διαβάσει, έχοντας παράλληλα την δυνατότητα της εξερεύνησης ή καλύτερης κατανόησης λόγο του ακουστικού υλικού. Τέλος, το ακουστικό υλικό σταματάει και ξεκινάει άλλο αν επιλεγεί άλλη πληροφορία από την λίστα, όμως στην περίπτωση οπού επιλεχθεί το ίδιο από την λίστα και εξακολουθεί να παίζει, τότε σταματάει η αναπαραγωγή.



(i) Επιλογή πλανήτη

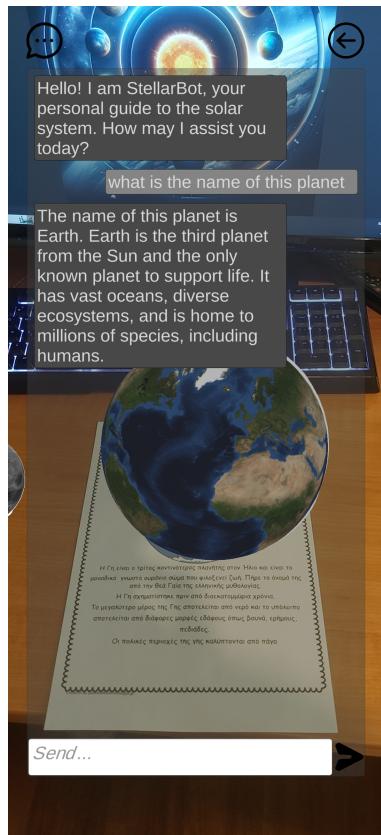
(ii) Επιλογή αναπαραγωγής ηχητικής ανάγνωσης κειμένου

Οι πλανήτες τοποθετούνται επάνω στην εικόνα την οποία αναγνωρίσθηκε από το σύστημα και μεταφέρονται επάνω σε αυτές. Στην περίπτωση όπου κάποια εικόνα εξαφανισθεί, ο πλανήτης θα παραμείνει κατά προσεγγίσει στην τελευταία γνωστή τοποθεσία, όπου εθεάθη τελευταία φορά η εικόνα. Ο χρήστης, έχει την δυνατότητα διαγραφής πλανήτη από την οθόνη. Αυτό μπορεί να το επιτύχει πατώντας παρατεταμένα τον πλανήτη για 1.5 δευτερόλεπτα. Σε αυτήν την περίπτωση θα υπάρξει ένα κόκκινο περίγραμμα γύρω από τον πλανήτη όπως αυτό της επιλογής. Ο πλανήτης θα ξανά εμφανιστεί όταν αναγνωρισθεί ξανά από την κάμερα.

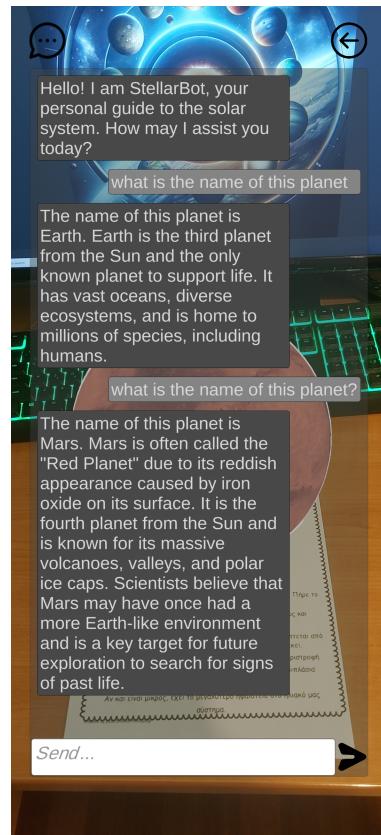


Σχήμα 6.9: Διαγραφή πλανήτη

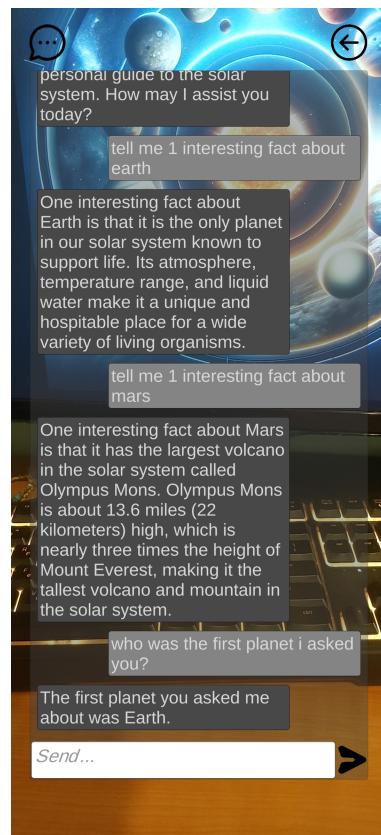
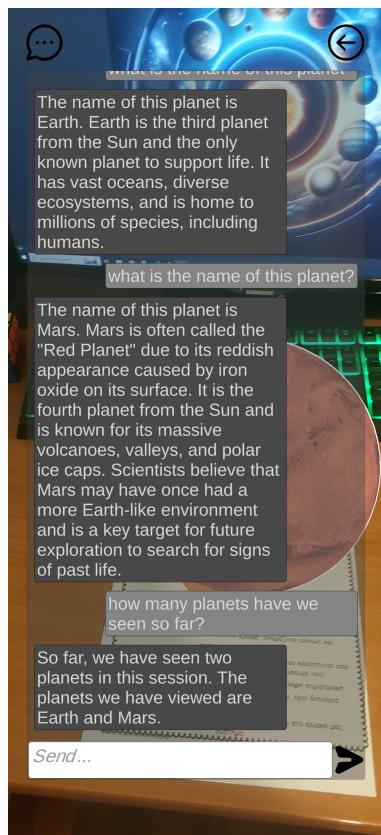
Η συνομιλία με τον εικονικό δάσκαλο εν ονόματι StellarBot, δίνει μια άλλη οπτική στην εφαρμογή και στο τι μπορεί να παρέχει, ζωντανεύει την εφαρμογή και προσφέρει εξατομικευμένη βοήθεια απαντώντας άμεσα στις απορίες του χρήστη. Με αυτόν τον τρόπο ενισχύει την εκπαιδευτική διδασκαλία του χρήστη εφόσον έχει την δυνατότητα να λύσει άμεσα τις απορίες τους χωρίς να κοπεί ο συνειρμός του, ενώ παράλληλα μπορεί να του προσφέρει επιπλέον πληροφορίες μέσα από την αλληλεπίδραση με τον εικονικό δάσκαλο. Επίσης, ο εικονικός δάσκαλος έχει γνώση στην εμφάνιση των πλανητών που έχουν σαρωθεί κατά την διάρκεια της συνεδρίας, όπως ταυτόχρονα γνωρίζει αν είναι επιλεγμένος κάποιος πλανήτης ή όχι έτσι ώστε να δώσει πληροφορίες επί του επιλεγμένου πλανήτη. Τέλος, έχει μνήμη όλης της συνομιλίας που έχει γίνει κατά την διάρκεια της συνεδρίας. Ο συνδυασμός όλων αυτών των δυνατοτήτων, προσφέρει μια μοναδική εμπειρία στο εκπαιδευτικό τα ξίδι του χρήστη, εφόσον μπορεί να δει δια βίου προσεγγιστικά τους ψηφιακούς πλανήτες και να υπάρξουν ερωτοαπαντήσεις επάνω σε αυτούς.



(i) Αναγνώριση πλανήτη Γη



(ii) Αναγνώριση πλανήτη Άρη



Σχήμα 6.11: Μνήμη της συνομιλίας

## 7 Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις

### 7.1 Συμπεράσματα

Η εκσυγχρόνιση της παραδοσιακής μάθησης μέσω της τεχνολογίας της Επαυξημένης Πραγματικότητας είναι μια ενδιαφέρουσα, αλλά ταυτόχρονα προκλητική διαδικασία. Το σημαντικότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζεται είναι ότι οι περισσότερες κάμερες κινητών τηλεφώνων, σε συνδυασμό με το λογισμικό αναγνώρισης, δυσκολεύονται συχνά να εντοπίσουν σημεία στον χώρο ή και εικόνες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία της εφαρμογής, καθώς δεν εκπληρώνει τον σκοπό για τον οποίο υλοποιήθηκε, ενώ παράλληλα προσφέρει στον χρήστη μια αρνητική εμπειρία.

Επιπλέον, οι αισθητήρες του κινητού τηλεφώνου που χρησιμοποιούνται λογισμικό συχνά δεν είναι αξιόπιστοι, με συνέπεια την αδυναμία ακριβού προσδιορισμού της τοποθεσίας στον χώρο. Αυτή η αδυναμία αναγνώρισης του περιβάλλοντος μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερήσεις ή σφάλματα στην τοποθέτηση ψηφιακών αντικειμένων, μειώνοντας τον σκοπό της εφαρμογής. Συνεπώς, οι περιορισμοί του υλικού και του λογισμικού καθιστούν δύσκολη τη δημιουργία μιας σταθερής και ρεαλιστικής εμπειρίας Επαυξημένης Πραγματικότητας για τους χρήστες.

Ωστόσο, η εμπειρία που παρέχει μια τέτοια εφαρμογή επιμορφωτικού χαρακτήρα είναι μοναδική. Σου παρέχει οπτικοακουστικό υλικό, έτσι ώστε να δεις το ψηφιακό αντικείμενο με ακρίβεια και σε κάθε διάσταση, κάνοντας το πιο κατανοητό και αντιληπτό από μια άψυχη εικόνα. Ακόμα, έχεις τις βασικές πληροφορίες συνοπτικά μαζεμένες και με την δυνατότητα της ηχητικής ανάγνωσης, κάνοντας πιο ευχάριστη την μάθηση, ειδικά σε ομάδες που δυσκολεύονται με το διάβασμα.

Όσον αφορά τις λειτουργίες που μπορεί να παρέχει ένα μεγάλο γλωσσικό μοντέλο ως εικονικός δάσκαλος, αποτελεί μια εξαιρετική προσθήκη που ενισχύει την εκπαίδευση του χρήστη, προσφέροντας άμεσες απαντήσεις στις απορίες του. Με αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης δεν διακόπτει τον συνειρμό των σκέψεών του και δεν ξεχνά να επιλύσει τις απορίες του στο μέλλον όταν δοθεί η ευκαιρία. Επιπλέον, σε αντίθεση με τον πραγματικό δάσκαλο, ο εικονικός δάσκαλος μπορεί να απαντά απεριόριστες φορές, ακόμα και σε πολύ απλές ή επαναλαμβανόμενες ερωτήσεις, χωρίς να κουράζεται ή να μειώνεται η ποιότητα της διδασκαλίας.

Επιπρόσθετα, η χρήση ενός εικονικού δασκάλου δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να μαθαίνει με τον δικό του ρυθμό, χωρίς την πίεση του χρόνου ή της απόδοσης μπροστά σε άλλους. Ο εικονικός δάσκαλος μπορεί να προσαρμόσει τις απαντήσεις του στις ανάγκες του κάθε χρήστη, προσφέροντας εξατομικευμένη υποστήριξη που δύσκολα μπορεί να επιτευχθεί σε παραδοσιακά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

Το πρόβλημα των μεγάλων γλωσσικών μοντέλων έγκειται στην ποιότητα των απαντήσεων και στο κατά πόσο αυτές είναι αληθείς και τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται αξιόπιστα. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι τα μοντέλα αυτά μπορούν να κάνουν μαθηματικά λάθη σε σύνθετους υπολογισμούς. Η ειδοποιός διαφορά με έναν πραγματικό δάσκαλο είναι ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να μεταλαμπαδεύσει τη γνώση του στους μαθητές, προσφέροντας βιωματικά παραδείγματα από τις προσωπικές του παρατηρήσεις, που αποτελούν άρρητη γνώση στην οποία το μοντέλο δεν είχε την ευκαιρία να εκπαιδευτεί.

Ένα άλλο πρόβλημα που εμφανίζεται είναι ότι, ακόμη και αν τεθεί ο ρεαλισμός και η αξιοπιστία του μοντέλου στον μέγιστο βαθμό που ορίζεται έτσι ώστε να μην επιστρέψει ψευδή στοιχεία, ενδέχεται να υπάρξουν συγκρουόμενες ερμηνείες. Για παράδειγμα, στην ερώτηση για την προέλευση του ονόματος της Γης, το μοντέλο μπορεί να απαντήσει άλλοτε ότι προέρχεται από την Τιτάνα Γαία της ελληνικής μυθολογίας και άλλοτε ότι προέρχεται από μια παλαιό αγγλοσαξονική γλώσσα, όπου το "Ertha" σημαίνει έδαφος. Αυτή η έλλειψη συνέπειας στις απαντήσεις μπορεί να προκαλέσει σύγχυση στον χρήστη.

Ακόμα, σημαντικό είναι το πρόβλημα ψηφιακού υλικού ώστε να υποστηρίξει μια τέτοιου είδους

εφαρμογή, ειδικά σε πιο σύνθετες ανάγκες όπως η οπτικοποίηση νεφελωμάτων (nebula) ή σε αντίστοιχες εφαρμογές ψηφιακό υλικό ιστορικών κτηρίων ή ανθρώπινων οργάνων.

Το θετικό είναι πως τα μεγάλα γλωσσικά μοντέλα είναι ακόμα στην αρχή και ήδη από την πρώτη ημέρα έχουν εξελιχθεί αρκετά και με ταχύ ρυθμό. Ενώ οι τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας αν και έχει μεγάλο παρελθόν, δεν είχε μέχρι στιγμής την δυνατότητα ώστε να αξιοποιηθεί σωστά και να δείξει πόσο σημαντικά μπορεί να προσφέρει γενικά αλλά και στην εκπαίδευση.

Το θετικό στοιχείο είναι ότι τα μεγάλα γλωσσικά μοντέλα βρίσκονται ακόμα στα αρχικά τους στάδια και έχουν ήδη σημειώσει σημαντική και ταχεία εξέλιξη από την πρώτη ημέρα κυκλοφορίας τους. Αντίστοιχα, η τεχνολογία της Επαυξημένης Πραγματικότητας, παρά το γεγονός ότι διαθέτει μακρά ιστορία, δεν είχε μέχρι στιγμής την ευκαιρία να αξιοποιηθεί σωστά και να αναδείξει τη σημαντική της συμβολή, τόσο γενικά όσο και ειδικά στον τομέα της εκπαίδευσης.

## 7.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Μια σημαντική ενίσχυση της εφαρμογής θα ήταν ο περιορισμός των πηγών από τις οποίες αντλεί πληροφορίες το γλωσσικό μοντέλο επί το πλείστον, με τον εκπαιδευτικό να καθορίζει συγκεκριμένες αξιόπιστες πηγές. Αυτό θα επιτρέψει στο μοντέλο να παράγει απαντήσεις που ευθυγραμμίζονται περισσότερο με τη διδασκαλία και τις απόψεις του εκπαιδευτικού, ενισχύοντας τη συνοχή στην εκπαιδευτική εμπειρία. Επιπλέον, ο εκπαιδευτικός θα μπορούσε να γράψει δικά του κείμενα ή να απαντήσει σε προτεινόμενες ερωτήσεις, ώστε το γλωσσικό μοντέλο να νιοθετήσει τις ίδιες προσεγγίσεις και απόψεις.

Η εφαρμογή θα μπορούσε επίσης να ενσωματώσει ερωτηματολόγια με απαντήσεις κειμένου ή πολλαπλών επιλογών, επιτρέποντας στον χρήστη να δοκιμάσει τις γνώσεις του και να λάβει ανατροφοδότηση για τα λάθη του. Με αυτόν τον τρόπο, ενισχύεται η εκπαιδευτική διαδικασία και διατηρείται η πρόοδος του χρήστη, προσφέροντάς του ένα επιπλέον κίνητρο για συνεχή μάθηση και βελτίωση.

Επιπλέον, θα μπορούσε να προστεθεί η δυνατότητα συναρμολόγησης του ηλιακού συστήματος, όπου ο χρήστης θα τοποθετεί τους πλανήτες στη σωστή σειρά. Μόλις ολοκληρωθεί σωστά η διαδικασία, η εφαρμογή θα μπορούσε να εμφανίζει τους πλανήτες στις σωστές τροχιές τους γύρω από τον ήλιο, παρέχοντας μια πιο διαδραστική και οπτικά εντυπωσιακή εμπειρία μάθησης.

## Αναφορές

- 1 Gallup. (2022, January 10). Americans reading fewer books than in past. *Gallup*. Retrieved from: <https://news.gallup.com/poll/388541/americans-reading-fewer-books-past.aspx>
- 2 Σταυρινόπουλος, Χ. (2019). *Επανξημένη Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση: Ιστορία, Εφαρμογή και Επίδραση* (Μεταπτυχιακή εργασία). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Retrieved from: [https://ikee.lib.auth.gr/record/315720/files/STAVRINOPoulosCHR\\_EE.pdf](https://ikee.lib.auth.gr/record/315720/files/STAVRINOPoulosCHR_EE.pdf)
- 3 Μπάκα, Μ. (2018). *Επανξημένη πραγματικότητα και εκπαίδευση: Διερεύνηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων σε μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στο πλαίσιο διδασκαλίας για το Ηλιακό Σύστημα* (Διπλωματική εργασία). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Retrieved from: <https://ikee.lib.auth.gr/record/297966/files/GRI-2018-21616.pdf>
- 4 Moustakas, K., Paliokas, I., Tzovaras, D., & Tsakiris, A. (2015). *Augmented Reality* [Chapter]. In K. Moustakas, I. Paliokas, A. Tsakiris, & D. Tzovaras (Eds.), *Computer Graphics and Virtual Reality* (Undergraduate textbook). Kallipos, Open Academic Editions. <http://hdl.handle.net/11419/4489>
- 5 Jones, R. (2023, March 24). *Meta Quest 2 review: Is the VR headset still worth a buy in 2023?* Trusted Reviews. Retrieved from: <https://www.trustedreviews.com>
- 6 Βολιώτη, Ό. Ι. (2021). *Η Επανξημένη Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση: Συγκριτική μελέτη* (Διπλωματική εργασία). Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής. Retrieved from: [https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/11400/1442/Volioti\\_19004.pdf](https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/11400/1442/Volioti_19004.pdf)
- 7 Φραγίστα, Χ. Κ. (2021). *Χρήση επανξημένης πραγματικότητας για την κατανόηση των μαθήματος της Ιστορίας: Μελέτη περίπτωσης σε μαθητές με διαταραχή ελλειμματικής προσοχής* (Διπλωματική εργασία). Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής. Retrieved from: [https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/11400/1610/fragista\\_19031.pdf](https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/11400/1610/fragista_19031.pdf)
- 8 Wikipedia. (2024). Industrial Augmented Reality. *Wikipedia*. Retrieved from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial\\_augmented\\_reality](https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_augmented_reality)
- 9 Reflection Creative Media. (2024). A History of Augmented Reality. Retrieved from: <https://reflectioncreativemedia.com/a-history-of-augmented-reality/>
- 10 YouTube. (2024). Video on Augmented Reality. Retrieved from: <https://www.youtube.com/watch?v=d4DUIeXSEpk>
- 11 Caudell, T. P., & Mizell, D. W. (1992). Augmented Reality: An Application of Heads-up Display Technology to Manual Manufacturing Processes. *Proceedings of the 25th Hawaii International Conference on System Sciences*. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/figure/Concept-of-a-head-mounted-AR-system-Caudell-Mizell-1992\\_fig1\\_318528607](https://www.researchgate.net/figure/Concept-of-a-head-mounted-AR-system-Caudell-Mizell-1992_fig1_318528607)
- 12 InformIT. (2024). The History of Augmented Reality. *InformIT*. Retrieved from: <https://www.informit.com/articles/article.aspx?p=2516729&seqNum=2>
- 13 Wikipedia. (2024). Virtual Fixture. *Wikipedia*. Retrieved from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_fixture](https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_fixture)

- 14 Petrov, P. D., & Atanasova, T. V. (2020). The effect of augmented reality on students' learning performance in STEM education. *Information*, 11(4), 209. <https://doi.org/10.3390/info11040209>
- 15 Amores-Valencia, A., Burgos, D., & Branch-Bedoya, J. W. (2023). The impact of augmented reality (AR) on the academic performance of high school students. *Electronics*, 12(10), 2173. <https://doi.org/10.3390/electronics12102173>
- 16 Moore, M. G., & Kearsley, G. (2011). *Distance Education: A Systems View of Online Learning*. Cengage Learning.
- 17 Garrison, D. R., & Anderson, T. (2003). *E-Learning in the 21st Century: A Framework for Research and Practice*. Routledge.
- 18 Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., Bakia, M., & Jones, K. (2010). Evaluation of Evidence-Based Practices in Online Learning: A Meta-Analysis and Review of Online Learning Studies. *U.S. Department of Education*. Retrieved from: <https://www2.ed.gov/rschstat/eval/tech/evidence-based-practices/finalreport.pdf>
- 19 Bozkurt, A., & Sharma, R. C. (2020). Emergency Remote Teaching in a Time of Global Crisis Due to CoronaVirus Pandemic. *Asian Journal of Distance Education*, 15(1), 1-6. doi: 10.5281/zenodo.3778083
- 20 Simonson, M., Smaldino, S., & Zvacek, S. (2014). *Teaching and Learning at a Distance: Foundations of Distance Education*. Pearson.
- 21 Radu, I. (2014). Augmented Reality in Education: A Meta-Review and Cross-Media Analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543. doi: 10.1007/s00779-013-0747-y
- 22 Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and Limitations of Immersive Participatory Augmented Reality Simulations for Teaching and Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7-22. doi: 10.1007/s10956-008-9119-1
- 23 Papakostas, C., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2022). *User acceptance of augmented reality welding simulator in engineering training*. Education and Information Technologies, 27, 791-817.
- 24 Krouska, A., Troussas, C., & Sgouropoulou, C. (2022). *Mobile game-based learning as a solution in COVID-19 era: Modeling the pedagogical affordance and student interactions*. Education and Information Technologies, 27, 229-241.
- 25 Marougkas, A., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2021). *A framework for personalized fully immersive virtual reality learning environments with gamified design in education*. In *Novelties in Intelligent Digital Systems* (pp. 95-104). IOS Press.
- 26 Papakostas, C., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2021). *On the development of a personalized augmented reality spatial ability training mobile application*. In *Novelties in Intelligent Digital Systems* (pp. 75-83). IOS Press.
- 27 Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2021). *Improving learner-computer interaction through intelligent learning material delivery using instructional design modeling*. Entropy, 23(6), 668. MDPI.

- 28 Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2020). *Collaboration and fuzzy-modeled personalization for mobile game-based learning in higher education*. Computers & Education, 144, 103698. Pergamon.
- 29 Papakostas, C., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2021). *Exploration of augmented reality in spatial abilities training: a systematic literature review for the last decade*. Informatics in Education, 20(1), 107-130. Vilnius University Institute of Data Science and Digital Technologies.
- 30 Krouska, A., Troussas, C., & Sgouropoulou, C. (2021). *A cognitive diagnostic module based on the repair theory for a personalized user experience in E-learning software*. Computers, 10(11), 140. MDPI.
- 31 Kapetanaki, A., Krouska, A., Troussas, C., & Sgouropoulou, C. (2021). *A novel framework incorporating augmented reality and pedagogy for improving reading comprehension in special education*. In *Novelties in Intelligent Digital Systems* (pp. 105-110). IOS Press.
- 32 Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2020). *Collaboration and fuzzy-modeled personalization for mobile game-based learning in higher education*. Computers & Education, 144, 103698. Pergamon.
- 33 Marougkas, A., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2024). *How personalized and effective is immersive virtual reality in education? A systematic literature review for the last decade*. Multimedia Tools and Applications, 83(6), 18185-18233. Springer US.
- 34 Kapetanaki, A., Krouska, A., Troussas, C., & Sgouropoulou, C. (2022). *Analyzing the impact and application of augmented reality in education: The case of students with special educational needs*. In *Proceedings of the 26th Pan-Hellenic Conference on Informatics* (pp. 240-245).
- 35 Fraggista, C., Krouska, A., Troussas, C., & Sgouropoulou, C. (2023). *Exploring the use of augmented reality in teaching history to students with attention-deficit hyperactivity disorder*. In *Novel & Intelligent Digital Systems Conferences* (pp. 201-214). Springer Nature Switzerland.
- 36 Papakostas, C., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2021). *Measuring user experience, usability and interactivity of a personalized mobile augmented reality training system*. Sensors, 21(11), 3888. MDPI.
- 37 Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2021). *Impact of social networking for advancing learners' knowledge in E-learning environments*. Education and Information Technologies, 26, 4285-4305. Springer US.