



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



**ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΤΑΑΝΘΡΩΠΩΝ ΜΕ ΤΕΧΝΗΤΗ
ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΓΙΑ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΗ ΓΝΩΣΕΩΝ
ΣΤΟ ΜΕΤΑΣΥΜΠΑΝ»**

Νίκη Ελένη Ντάγκα

Επιβλέπων: Νικόλαος Γιαννακέας



Άρτα, Μάιος, 2025

**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METAHUMANS
FOR INTERACTIVE EDUCATION AND KNOWLEDGE DISSEMINATION IN THE
METAVERSE**



Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, 28/05/2025

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής

Νικόλαος Γιαννακέας,

2. Μέλος επιτροπής

Ευριπίδης Γλαβάς,

3. Μέλος επιτροπής

Αλέξανδρος Τζάλλας,



© Ντάγκα, Νίκη Ελένη, 2025.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.



Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Ντάγκα, Νίκη Ελένη



Υπογραφή

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη στους τρεις καθηγητές που με στήριξαν και με καθοδήγησαν καθ' όλη τη διάρκεια της ολοκλήρωσης της παρούσας εργασίας. Οι γνώσεις τους, η ενθάρρυνση και τα προσεκτικά σχόλιά τους έπαιξαν ζωτικό ρόλο σε κάθε στάδιο αυτής της εργασίας.

Είμαι βαθιά ευγνώμων στον κύριο Νικόλαο Γιαννακέα για την αδιάλειπτη ακαδημαϊκή υποστήριξη, τη συνεπή καθοδήγηση και τα διορατικά σχόλια, τα οποία βοήθησαν στη διαμόρφωση της δομής και της σαφήνειας αυτής της έρευνας. Θερμές ευχαριστίες οφείλω επίσης στον κύριο Ευριπίδη Γλαβά, του οποίου η τεχνική εμπειρία και οι πολύτιμες υποδείξεις συνέβαλαν σε μεγάλο βαθμό στην υλοποίηση και την τελειοποίηση του συστήματος. Είμαι εξίσου ευγνώμων στον κύριο Αλέξανδρο Τζάλλα για την κριτική του οπτική, τις χρήσιμες συζητήσεις και την ενθάρρυνση καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας.



Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει το σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας διαδραστικής εκπαιδευτικής εφαρμογής που χρησιμοποιεί μεταανθρώπους με Τεχνητή Νοημοσύνη μέσα σε εμβυθιστικά εικονικά περιβάλλοντα πολλαπλών παικτών. Το σύστημα που αναπτύχθηκε με τη χρήση της Unreal Engine 5.4, του Steam Online Subsystem και της πλατφόρμας συνομιλητικής τεχνητής νοημοσύνης της Convai, επιτρέπει δυναμικές, εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες συνδυάζοντας προηγμένη απόδοση σε πραγματικό χρόνο, procedural geometry και έξυπνους εικονικούς βοηθούς.

Η εφαρμογή διαθέτει δύο ξεχωριστά περιβάλλοντα: έναν ευέλικτο χάρτη αίθουσας διδασκαλίας που έχει σχεδιαστεί για δομημένη διδασκαλία με βάση τα γνωστικά αντικείμενα και έναν χάρτη με θέμα τη φύση που προορίζεται για άτυπη μάθηση, κοινωνικοποίηση και εξερεύνηση. Σε κάθε περιβάλλον, οι μαθητές αλληλεπιδρούν με έναν εξειδικευμένο βοηθό Metahuman, ο οποίος είναι εκπαιδευμένος να παρέχει υποστήριξη σε πραγματικό χρόνο, να απαντά σε ερωτήσεις και να καθοδηγεί τους μαθητές μέσω του εκπαιδευτικού περιεχομένου. Αυτοί οι χαρακτήρες τεχνητής νοημοσύνης επιδεικνύουν συνομιλιακή μνήμη, διαχείριση θεμάτων και περιβαλλοντική επίγνωση, προσφέροντας συναφείς με το πλαίσιο, συναισθηματικά ανταποκρινόμενες αλληλεπιδράσεις που υποστηρίζουν -και όχι αντικαθιστούν- τους ανθρώπινους εκπαιδευτικούς.

Η υποδομή πολλαπλών παικτών επιτρέπει στους μαθητές να συμμετέχουν ή να δημιουργούν συνεδρίες με παραμετροποιήσιμες παραμέτρους, προωθώντας τη συνεργασία και την επικοινωνία. Το διαδικαστικό σενάριο γεωμετρίας ενισχύει την περιβαλλοντική διαδραστικότητα, ενώ η ενσωμάτωση με το Steam επιτρέπει κλιμακούμενη, σταθερή διαδικτυακή συνδεσιμότητα.

Η αξιολόγηση μέσω δομημένων ερωτηματολογίων που διανεμήθηκαν τόσο σε μαθητές όσο και σε εκπαιδευτικούς κατέδειξε υψηλά επίπεδα δέσμευσης, ικανοποίησης και εκπαιδευτικής αξίας. Οι συμμετέχοντες υπογράμμισαν την καθηλωτική ποιότητα της εμπειρίας, την αποτελεσματικότητα των βοηθών τεχνητής νοημοσύνης και τις μοναδικές ευκαιρίες μάθησης που παρέχουν τα εικονικά περιβάλλοντα. Η συγκριτική ανάλυση με τα υπάρχοντα εκπαιδευτικά εργαλεία τόνισε περαιτέρω τα πλεονεκτήματα του συστήματος όσον αφορά την εμπύθιση, την εξατομίκευση και τη διαδραστικότητα σε πραγματικό χρόνο.

Η εργασία αυτή καταδεικνύει τις δυνατότητες των τεχνολογιών Metaverse και της συνομιλιακής Τεχνητής Νοημοσύνης για τον εμπλουτισμό της ψηφιακής εκπαίδευσης. Αν και δεν προορίζεται να αντικαταστήσει την παραδοσιακή παιδαγωγική, το σύστημα προσφέρει μια συμπληρωματική προσέγγιση που υποστηρίζει την περιέργεια, τη



συναισθηματική σύνδεση και τη συνεργατική μάθηση μέσω ευφύων, ανθρωπόμορφων ψηφιακών πρακτόρων.

Λέξεις-κλειδιά: Τεχνητή νοημοσύνη, Μεταάνθρωποι, Εκπαιδευτική τεχνολογία, Unreal Engine 5, Συνομιλητική Τεχνητή Νοημοσύνη, Εκπαίδευση πολλαπλών παικτών, Procedural Geometry, Steam Online Subsystem, Αλληλεπίδραση Ανθρώπου-Υπολογιστή, Εμβυθιστική μάθηση, Προσαρμοστικά Συστήματα Διδασκαλίας, Ψηφιακοί Βοηθοί, Μετασύμπαν



Abstract

This thesis presents the design and implementation of an interactive educational application that utilizes AI-powered Metahumans within immersive, multiplayer virtual environments. Developed using Unreal Engine 5.4, the Steam Online Subsystem, and Convai's conversational AI platform, the system enables dynamic, personalized learning experiences by combining advanced real-time rendering, procedural geometry, and intelligent virtual assistants.

The application features two distinct environments: a flexible classroom map designed for structured, subject-based instruction, and a nature-themed map intended for informal learning, socialization, and exploration. In each setting, students interact with a specialized Metahuman assistant trained to provide real-time support, answer questions, and guide learners through educational content. These AI characters demonstrate conversational memory, topic management, and environmental awareness, offering contextually relevant, emotionally responsive interactions that support—rather than replace—human educators.

The multiplayer infrastructure allows students to join or create sessions with customizable parameters, promoting collaboration and communication. Procedural geometry scripting enhances environmental interactivity, while integration with Steam enables scalable, stable online connectivity.

Evaluation through structured questionnaires distributed to both students and teachers demonstrated high levels of engagement, satisfaction, and educational value. Participants highlighted the immersive quality of the experience, the effectiveness of the AI assistants, and the unique learning opportunities provided by the virtual environments. Comparative analysis with existing educational tools further emphasized the advantages of the system in terms of immersion, personalization, and real-time interactivity.

This work illustrates the potential of Metaverse technologies and conversational AI to enrich digital education. While not intended to replace traditional pedagogy, the system offers a complementary approach that supports curiosity, emotional connection, and collaborative learning through intelligent, human-like digital agents.

Keywords: Artificial Intelligence, Metahumans, Educational Technology, Unreal Engine 5, Conversational AI, Multiplayer Education, Procedural Geometry, Steam Online Subsystem, Human-Computer Interaction, Immersive Learning, Adaptive Tutoring Systems, Digital Assistants, Metaverse



Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες	6
Περίληψη	7
Abstract	9
Πίνακας Περιεχομένων	10
Κατάλογος Εικόνων	12
Εισαγωγή	13
1. Σύγχρονες Προσεγγίσεις και Τεχνολογική Εξέλιξη	16
1.1 Ο ρόλος της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εκπαίδευση	16
1.2 Εικονικά Περιβάλλοντα και Metaverse	20
1.3 Οι Μέτα-Άνθρωποι	24
2. Αρχιτεκτονική Συστήματος και Μεθοδολογία Ανάπτυξης	29
2.1 Τεχνολογικό Οικοσύστημα της Εφαρμογής	29
2.1.1 Πολυπαικτική Υποδομή	29
2.1.2 Ενσωμάτωση Εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης: Metahuman Creator και Convai Plugin	32
2.2 Αρχιτεκτονικός και Λειτουργικός Σχεδιασμός της Εφαρμογής	36
2.2.1 Πλαίσιο Ιδέας και Τεχνικός Σχεδιασμός Συστήματος	36
2.2.2 Καθορισμός Εκπαιδευτικών Στόχων και Παιδαγωγικών Χαρακτηριστικών	38
3. Υλοποίηση Συστήματος και Ανάλυση Λειτουργικών Χαρακτηριστικών	41
3.1 Επισκόπηση της Εφαρμογής	41
3.1.1 Βασικά Χαρακτηριστικά και Λειτουργίες	41
3.1.2 Μηχανισμοί Εκπαίδευσης με Χρήση AI Metahumans	43
3.2 Τεχνική Ανάπτυξη και Υλοποίηση	45
3.2.1 Σχεδιασμός και Υλοποίηση του Εικονικού Περιβάλλοντος με Unreal Engine	45
3.2.2 Υλοποίηση και Ενσωμάτωση Τεχνητής Νοημοσύνης στους Μεταανθρώπους	48
3.2.3 Ενσωμάτωση και Ρύθμιση του Steam Online Subsystem	51
3.3 Διαδραστικότητα Χρήστη και Εκπαιδευτικά Σενάρια	54
3.3.1 Παραδείγματα Αλληλεπίδρασης Χρηστών με το Σύστημα	54
3.3.2 Εκπαιδευτική Ροή και Μηχανισμοί Προσαρμογής	58
4. Αξιολόγηση της Εφαρμογής και Ανάλυση Αποτελεσμάτων	61
4.1 Ανατροφοδότηση Χρηστών και Αξιολόγηση Μαθησιακής Απόδοσης	61
4.2 Συγκριτική Ανάλυση της Προτεινόμενης Εφαρμογής	63



4.2.1 Σύγκριση με άλλα εκπαιδευτικά εργαλεία	63
4.3 Ερμηνεία και Ανάλυση των Αποτελεσμάτων	65
5. Συμπεράσματα και Προοπτικές Μελλοντικής Ανάπτυξης	68
Βιβλιογραφία	70
Βιβλιογραφία Εικόνων	73



Κατάλογος Εικόνων

Figure 1: Εκπαίδευση με AI.....	17
Figure 2: Λήψη Αποφάσεων AI	18
Figure 3: Σχέδιο Αποδοτικότητας AI	19
Figure 4: Multi-User Dungeons	21
Figure 5: Second Life	21
Figure 6: Metaverse σε Εκπαιδευτικό Σενάριο.....	22
Figure 7: Χρήση Blockchain σε Metaverse.....	23
Figure 8: Σχεδιασμός Metahuman.....	25
Figure 9: Ρύθμιση Χαρακτηριστικών Metahuman	25
Figure 10: Metahumans σε Ιατρικό Περιβάλλον	26
Figure 11: Κληρονομικότητα Metahumans	28
Figure 12: Το Λογισμικό Unreal Engine 5.4	29
Figure 13: Geometry Scripting	30
Figure 14: Το Steam Online Subsystem	31
Figure 15: Το Metahuman Creator	33
Figure 16: Το plugin Convai.....	34
Figure 17: Εισαγωγή Γνώσεων στην Βάση της Convai.....	35
Figure 18: Αρχιτεκτονικό Διάγραμμα	37
Figure 19: Εικονικός Βοηθός.....	39
Figure 20: Λειτουργικότητα Συστήματος.....	42
Figure 21: Chat στην Convai.....	44
Figure 22: Το Δωμάτιο Τάξης	46
Figure 23: Το Δωμάτιο της Υπαίθρου	47
Figure 24: Ο Χαρακτήρας της Τάξης	49
Figure 25: Ο Χαρακτήρας της Υπαίθρου	50
Figure 26: Ορισμός του Face Rigging.....	51
Figure 27: Ρυθμίσεις Subsystem	52
Figure 28: Διάγραμμα Λειτουργίας Διασύνδεσης Συστήματος.....	52
Figure 29: Το Lobby της Εφαρμογής.....	55
Figure 30: Ο Ψηφιακός Βοηθός.....	55
Figure 31: Ο Δεύτερος Ψηφιακός Βοηθός με τα Κατοικίδια του	56
Figure 32: Τα δύο περιβάλλοντα της εφαρμογής.....	57
Figure 33: Αλληλεπίδραση με τον Ψηφιακό Βοηθό	58
Figure 34: Αποτελέσματα Απόψεων Μαθητών για το Σύστημα	62
Figure 35: Αποτελέσματα Απόψεων Εκπαιδευτικών για το Σύστημα.....	63



Εισαγωγή

Καθώς ο ανθρώπινος πολιτισμός προχωρά όλο και πιο βαθιά στην ψηφιακή εποχή, οι εμβυθιστικές τεχνολογίες επαναπροσδιορίζουν συνεχώς τα παραδοσιακά παραδείγματα στην εκπαίδευση, την επικοινωνία, την κοινωνική αλληλεπίδραση και την πολιτιστική διάδοση. Ανάμεσα στις πιο βαθιές τεχνολογικές εξελίξεις που παρατηρούνται τις τελευταίες δεκαετίες είναι η έννοια και η ανάπτυξη του Metaverse, ενός εξελιγμένου διαδραστικού ψηφιακού σύμπαντος που αποτελείται από εικονικούς χώρους στους οποίους τα άτομα αλληλεπιδρούν μέσω τεχνολογιών όπως η Εικονική Πραγματικότητα (VR), η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) και η Μικτή Πραγματικότητα (MR).

Αντιπροσωπεύοντας το επόμενο στάδιο στην εξέλιξη του διαδικτύου και των ψηφιακών μέσων, το Metaverse έχει τη δυνατότητα να αναμορφώσει βαθιά τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι βιώνουν, δημιουργούν και μοιράζονται τη γνώση. Οραματίζεται όχι απλώς ως ένα νέο μέσο επικοινωνίας, αλλά ως μια μετασχηματιστική πλατφόρμα που επιτρέπει βαθιά εμβυθιστικές, διαδραστικές και εξατομικευμένες εκπαιδευτικές εμπειρίες.

Ένα από τα βασικά στοιχεία που επιτρέπουν τις δυνατότητες του Metaverse στην εκπαίδευση είναι η αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης (AI). Οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης, μέσω των εξελίξεων στη μηχανική μάθηση, την επεξεργασία φυσικής γλώσσας, την αναγνώριση ομιλίας και την μηχανική όραση, προσφέρουν πρωτοφανείς ευκαιρίες για την ενίσχυση της διαδραστικότητας, της εξατομίκευσης και της συναισθηματικής εμπλοκής των εικονικών εκπαιδευτικών περιβαλλόντων. Στο πλαίσιο αυτού του ευρύτερου τεχνολογικού τομέα, η εμφάνιση των μεταανθρώπων με τεχνητή νοημοσύνη ψηφιακών όντων που έχουν σχεδιαστεί για να αναπαράγουν την ανθρώπινη εμφάνιση, χειρονομίες, συμπεριφορές και συναισθηματική νοημοσύνη σηματοδοτεί μια σημαντική εξέλιξη στην εμβυθιστική εκπαίδευση. Αυτές οι εικονικές οντότητες διαφέρουν θεμελιωδώς από τα παραδοσιακά άβαταρ που δημιουργούνται από υπολογιστή δεν είναι απλές αναπαραστάσεις, αλλά ευφυείς, συναισθηματικά ανταποκρινόμενες, διαδραστικές προσωπικότητες ικανές για αυτόνομη λήψη αποφάσεων και εμπλοκή στο εκάστοτε περιβάλλον.

Η ενσωμάτωση των μεταανθρώπων με τεχνητή νοημοσύνη σε διαδραστικά εκπαιδευτικά σενάρια εντός του Metaverse υπόσχεται σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους διαδικτυακής και μη διαδικτυακής εκπαίδευσης. Τα συμβατικά εκπαιδευτικά πλαίσια, παρά τις συνεχείς βελτιώσεις, αντιμετωπίζουν προκλήσεις που σχετίζονται με την εμπλοκή, την εξατομίκευση, την προσβασιμότητα και την επεκτασιμότητα. Στις παραδοσιακές αίθουσες διδασκαλίας και ακόμη και στα διαδικτυακά περιβάλλοντα μάθησης, η στατική παράδοση περιεχομένου, τα γραμμικά μοντέλα αλληλεπίδρασης και η περιορισμένη εξατομίκευση συχνά οδηγούν σε μειωμένα κίνητρα για τους εκπαιδευόμενους, παθητική εμπλοκή και χαμηλότερα επίπεδα μάθησης.

Η παγκόσμια πανδημία COVID-19 ανέδειξε σε βάθος αυτά τα ζητήματα, καθώς τα εκπαιδευτικά ιδρύματα σε όλο τον κόσμο μετέβησαν εσπευσμένα σε διαδικτυακές πλατφόρμες, αποκαλύπτοντας σημαντικές ελλείψεις στις τρέχουσες μεθόδους εξ αποστάσεως εκπαίδευσης. Οι εκπαιδευόμενοι βίωσαν συχνά έλλειψη συναισθηματικής σύνδεσης, κοινωνικής παρουσίας και εξατομικευμένης



υποστήριξης, οδηγώντας σε αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με την αποτελεσματικότητα και τη βιωσιμότητα των διαδικτυακών περιβαλλόντων μάθησης.

Αντίθετα, οι μεταάνθρωποι εμπλουτισμένοι με τεχνητή νοημοσύνη στο Metaverse μπορούν να αντιμετωπίσουν αυτούς τους περιορισμούς, προσομοιώνοντας τα ανθρώπινα στοιχεία που είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική εκπαίδευση: συναισθηματική ενσυναίσθηση, διαισθητική κατανόηση, δυναμική αλληλεπίδραση και κοινωνική παρουσία. Τέτοιοι μεταάνθρωποι, που χαρακτηρίζονται από υπερρεαλιστικές εμφανίσεις και εξελιγμένες, αληθοφανείς συμπεριφορές, μπορούν να προσφέρουν αλληλεπιδράσεις που μοιάζουν πολύ με τον ανθρώπινο διάλογο πρόσωπο με πρόσωπο. Δεν παρουσιάζουν μόνο εκπαιδευτικό περιεχόμενο, αλλά προσαρμόζουν δυναμικά τις μεθόδους διδασκαλίας, τις συναισθηματικές αντιδράσεις και το στυλ συνομιλίας με βάση τις γνωστικές ικανότητες, τις συναισθηματικές καταστάσεις, τα προσωπικά ενδιαφέροντα και τους συγκεκριμένους μαθησιακούς στόχους του κάθε μαθητή. Παρέχοντας ένα εξατομικευμένο, συναισθηματικά ευαίσθητο μαθησιακό ταξίδι, αυτοί οι μεταάνθρωποι που καθοδηγούνται από την τεχνητή νοημοσύνη έχουν τη δυνατότητα να αυξήσουν σημαντικά την εμπλοκή των μαθητών, να βελτιώσουν τα ποσοστά κατανόησης και διατήρησης της γνώσης και να προωθήσουν τη βαθύτερη, μακροπρόθεσμη απόκτηση γνώσεων.

Ωστόσο, παρά τις αξιοσημείωτες δυνατότητές τους, ο σχεδιασμός και η εφαρμογή των μεταανθρώπων ως αποτελεσματικών εκπαιδευτικών παραγόντων σε περιβάλλοντα Metaverse αντιμετωπίζουν πολυάριθμες τεχνικές, εκπαιδευτικές, ηθικές και κοινωνικές προκλήσεις. Από τεχνική άποψη, η ανάπτυξη μεταανθρώπων τεχνητής νοημοσύνης περιλαμβάνει σύνθετες διεπιστημονικές προσεγγίσεις, ενσωματώνοντας εξελίξεις από πολλούς τομείς, όπως η τεχνητή νοημοσύνη, η γνωστική υπολογιστική, η ανάπτυξη εικονικής πραγματικότητας, τα γραφικά υπολογιστών, η σύνθεση ομιλίας, η μηχανική μάθηση και η μοντελοποίηση συναισθηματικής νοημοσύνης. Η επίτευξη ανταπόκρισης σε πραγματικό χρόνο και ιδιαίτερα ρεαλιστικών συμπεριφορών που μοιάζουν με τον άνθρωπο απαιτεί εξελιγμένα υπολογιστικά μοντέλα ικανά να επεξεργάζονται σύνολα δεδομένων μεγάλης κλίμακας γρήγορα και με ακρίβεια. Επιπλέον, η απρόσκοπτη ενσωμάτωση σε εικονικά περιβάλλοντα με πολλούς χρήστες, εισάγει επιπλέον πολυπλοκότητα όσον αφορά τον συγχρονισμό, την καθυστέρηση, την επεκτασιμότητα και την ασφάλεια.

Από εκπαιδευτικής άποψης, η επιτυχής εφαρμογή των μεταανθρώπων τεχνητής νοημοσύνης απαιτεί αυστηρή προσαρμογή στις καθιερωμένες παιδαγωγικές θεωρίες και μεθοδολογίες. Αυτές οι ψηφιακές οντότητες πρέπει να λειτουργούν όχι απλώς ως ελκυστικοί συνομιλητές, αλλά ως αποτελεσματικοί εκπαιδευτές, μέντορες ή βοηθοί που κατανοούν τα διαφορετικά μαθησιακά πρότυπα, τις βέλτιστες παιδαγωγικές πρακτικές, τη διδακτική αλληλουχία και τις μεθοδολογίες αξιολόγησης. Η κρίσιμη πρόκληση είναι να διασφαλιστεί ότι αυτά τα εικονικά όντα ενισχύουν τη μάθηση αντί να ψυχαγωγούν απλώς, υποστηρίζουν τη γνωστική ανάπτυξη αντί να προσελκύουν απλώς την προσοχή επιφανειακά και οδηγούν με συνέπεια τους μαθητές προς μετρήσιμα εκπαιδευτικά αποτελέσματα.

Οι ηθικοί και κοινωνικοί προβληματισμοί αποτελούν επίσης σημαντικό παράγοντα για την ανάπτυξη και την αποδοχή των μεταθανάτιων τεχνητής νοημοσύνης. Ο εξανθρωπισμός της τεχνητής νοημοσύνης εγείρει σημαντικά φιλοσοφικά ερωτήματα και ηθικά διλήμματα που



σχετίζονται με την ταυτότητα, την αυτονομία, την ιδιωτικότητα, την αξιοπιστία και τον ψυχολογικό αντίκτυπο στους εκπαιδευόμενους. Οι χρήστες μπορεί να δημιουργήσουν συναισθηματικούς δεσμούς ή προσκολληθείς σε αυτές τις εικονικές οντότητες, επηρεάζοντας ενδεχομένως τις αντιλήψεις, τις συμπεριφορές και τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις τους με απρόβλεπτους τρόπους. Επιπλέον, οι ανησυχίες σχετικά με την αντικατάσταση ή την περιθωριοποίηση των ανθρώπινων εκπαιδευτικών, τα ζητήματα ψηφιακής ιδιωτικότητας, οι πιθανές προκαταλήψεις στην αλγοριθμική λήψη αποφάσεων και η ισότιμη πρόσβαση στις προηγμένες τεχνολογίες πρέπει να αξιολογηθούν προσεκτικά και να αντιμετωπιστούν μέσω ολοκληρωμένης έρευνας και ανάπτυξης πολιτικής.

Λαμβάνοντας υπόψη την πολυδιάστατη φύση των μεταανθρώπων τεχνητής νοημοσύνης και των προβλεπόμενων εφαρμογών τους σε εκπαιδευτικά πλαίσια εντός του Metaverse, μια ολοκληρωμένη διερεύνηση είναι απαραίτητη. Είναι επιτακτική ανάγκη όχι μόνο να διερευνηθούν οι τεχνολογικές λύσεις και δυνατότητες, αλλά και να αξιολογηθούν κριτικά η παιδαγωγική τους αποτελεσματικότητα, οι εμπειρίες των χρηστών, οι συναισθηματικές και ψυχολογικές επιπτώσεις και οι ηθικές επιπτώσεις. Μέσω αυτής της λεπτομερούς εξέτασης, μπορούν να προκύψουν σαφέστερες ιδέες και συστάσεις σχετικά με τις βέλτιστες πρακτικές, τις κατευθυντήριες γραμμές εφαρμογής, τους περιορισμούς και τις μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις για εκπαιδευτικές εμπειρίες με βάση την τεχνητή νοημοσύνη.

Εν τέλει, η ανάπτυξη των μεταανθρώπων με τεχνητή νοημοσύνη για την εκπαίδευση στο Metaverse αποτελεί ένα κρίσιμο όριο τεχνολογικής καινοτομίας και εκπαιδευτικής εξέλιξης. Παρέχει την ευκαιρία να επαναπροσδιοριστούν τα παραδοσιακά εκπαιδευτικά πρότυπα, ενισχύοντας την πρόσβαση, την αλληλεπίδραση, την εξατομίκευση και την επεκτασιμότητα στα μαθησιακά περιβάλλοντα.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επιδιώκει να προβεί σε διεξοδική διερεύνηση αυτού του αναδυόμενου διεπιστημονικού πεδίου, συμβάλλοντας θεωρητικά και πρακτικά στον αυξανόμενο όγκο γνώσεων σχετικά με την εμβυθιστική εκπαίδευση και την ευφυή αλληλεπίδραση σε ψηφιακούς χώρους. Με τη συστηματική διερεύνηση του σχεδιασμού, της τεχνικής υλοποίησης, της αποτελεσματικότητας και των πιθανών κοινωνικών επιπτώσεων των μεταανθρώπων τεχνητής νοημοσύνης σε εικονικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, η παρούσα εργασία προσπαθεί να διαμορφώσει σαφή και ουσιαστικά πλαίσια για τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς, τους προγραμματιστές και τους εκπαιδευόμενους στην υιοθέτηση αυτού του νέου πεδίου της ψηφιακής εκπαίδευσης.



1. Σύγχρονες Προσεγγίσεις και Τεχνολογική Εξέλιξη

1.1 Ο ρόλος της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εκπαίδευση

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (ΤΝ) έχει αναδειχθεί ως μια τεχνολογία αιχμής στα σύγχρονα εκπαιδευτικά παραδείγματα, αναδιαμορφώνοντας πλήρως τις μεθοδολογίες διδασκαλίας, την εμπλοκή των μαθητών και τη διοικητική αποτελεσματικότητα. Τις τελευταίες δεκαετίες έχει αφιερωθεί σημαντική επιστημονική προσοχή στη διερεύνηση των ποικίλων τρόπων με τους οποίους οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης επηρεάζουν τα εκπαιδευτικά αποτελέσματα, την εξατομίκευση και τη δυναμική της αλληλεπίδρασης. Ο πολλαπλασιασμός των ψηφιακών περιβαλλόντων μάθησης, που επιταχύνεται από τις τεχνολογικές εξελίξεις και τα μεταβαλλόμενα παγκόσμια πλαίσια, έχει οδηγήσει τους εκπαιδευτικούς και τους ερευνητές να θεωρούν όλο και περισσότερο την τεχνητή νοημοσύνη ως ένα ουσιαστικό εργαλείο ικανό να αντιμετωπίσει κρίσιμες ελλείψεις που ενυπάρχουν στα παραδοσιακά και συμβατικά ψηφιακά συστήματα μάθησης.

Ένα σημαντικό μέρος της υπάρχουσας βιβλιογραφίας δίνει έμφαση στις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης να διευκολύνει εξαιρετικά εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες. Οι παραδοσιακές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις χρησιμοποιούν συχνά ομοιόμορφες μεθόδους και υλικά διδασκαλίας, παραμελώντας σε μεγάλο βαθμό τις ατομικές διαφορές μάθησης, οδηγώντας έτσι σε διαφορετικούς βαθμούς αποτελεσματικότητας σε διαφορετικούς μαθητικούς πληθυσμούς [1]. Για την αντιμετώπιση αυτού του περιορισμού, έχουν αναπτυχθεί προσαρμοστικά συστήματα μάθησης που χρησιμοποιούν εξελιγμένους αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης, ικανά να αξιολογούν συνεχώς τις επιδόσεις των μαθητών, να αναγνωρίζουν τα ατομικά δυνατά και αδύναμα σημεία και να προσαρμόζουν δυναμικά τις διδακτικές μεθόδους και το περιεχόμενο ανάλογα. Οι έρευνες αναδεικνύουν σταθερά τον τρόπο με τον οποίο οι προσαρμοστικές εκπαιδευτικές πλατφόρμες με βάση την τεχνητή νοημοσύνη βελτιώνουν σημαντικά τη δέσμευση των μαθητών, τις ακαδημαϊκές επιδόσεις και τα ποσοστά διατήρησης σε σύγκριση με τη στατική ή τυποποιημένη διδασκαλία. Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούν προηγμένη ανάλυση, μηχανική μάθηση και προγνωστική μοντελοποίηση για να παρέχουν παρεμβάσεις σε πραγματικό χρόνο, δημιουργώντας έτσι βαθιά εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες που ανταποκρίνονται στις ατομικές γνωστικές ικανότητες, το ρυθμό και τις προτιμήσεις [2].



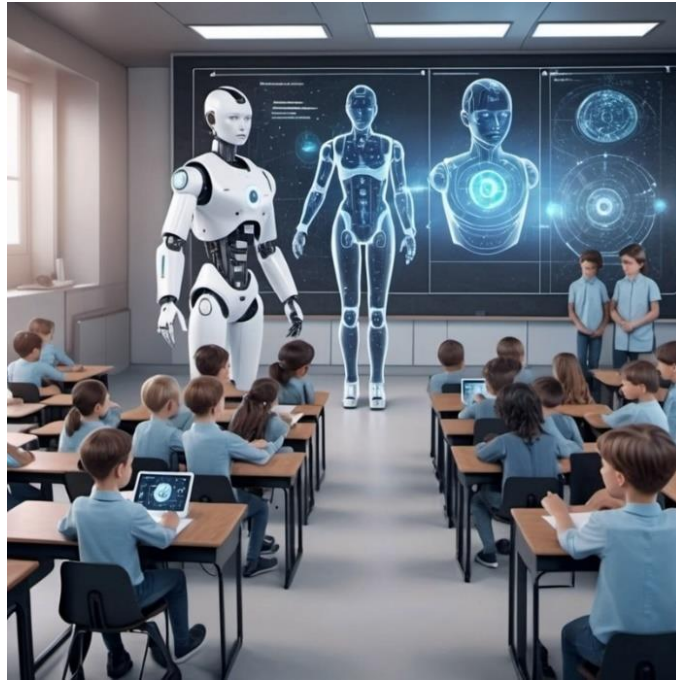


Figure 1: Εκπαίδευση με AI

Ο ρόλος της τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση επεκτείνεται πέρα από την εξατομίκευση στη σφαίρα των διαδραστικών και ανταποκρινόμενων εκπαιδευτικών εμπειριών. Τα ευφυή συστήματα διδασκαλίας (ITS), οι εικονικοί βοηθοί και τα εκπαιδευτικά chatbots αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα διαδραστικότητας με γνώμονα την τεχνητή νοημοσύνη, τα οποία διερευνώνται εκτενώς στην ακαδημαϊκή έρευνα. Τα ευφυή συστήματα διδασκαλίας, ειδικότερα, έχουν μελετηθεί ευρέως για την αποτελεσματικότητά τους στην προσομοίωση εξατομικευμένων, ατομικών εκπαιδευτικών αλληλεπιδράσεων που παραδοσιακά παρέχονται από ανθρώπινους δασκάλους. Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούν την επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLP), τη μηχανική μάθηση και τη γνωστική μοντελοποίηση για να εμπλέξουν τους εκπαιδευόμενους σε ουσιαστικές, προσαρμοσμένες σε συγκεκριμένο πλαίσιο αλληλεπιδράσεις, παρέχοντας άμεση ανατροφοδότηση και συνεχή διαμορφωτική αξιολόγηση [3]. Μελέτες δείχνουν σταθερά ότι τα ευφυή συστήματα διδασκαλίας ενισχύουν σημαντικά τα κίνητρα των μαθητών, την κατανόηση σύνθετων εννοιών και τη διατήρησή τους, προωθώντας ενεργητικά και όχι παθητικά περιβάλλοντα μάθησης .

Ένας άλλος ουσιαστικός ρόλος της τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση που αναγνωρίζεται στη βιβλιογραφία αφορά τη διοικητική αποδοτικότητα και τη θεσμική αποτελεσματικότητα. Οι ερευνητές αναγνωρίζουν ότι τα εκπαιδευτικά ιδρύματα αντιμετωπίζουν συχνά σημαντικές προκλήσεις στη διαχείριση λογιστικών, αξιολογητικών και διοικητικών διαδικασιών, ιδίως όταν διαχειρίζονται μεγάλους πληθυσμούς φοιτητών ή σύνθετα σύνολα εκπαιδευτικών δεδομένων [4]. Οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης, όπως τα αυτοματοποιημένα συστήματα βαθμολόγησης, τα εργαλεία ανάλυσης μαθητών και τα μοντέλα πρόβλεψης των επιδόσεων των μαθητών, ανακουφίζουν ουσιαστικά αυτά τα διοικητικά βάρη, εξορθολογίζοντας τις εργασίες ρουτίνας, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να διαθέσουν περισσότερο χρόνο και προσπάθεια για εξατομικευμένη διδασκαλία και παιδαγωγική καινοτομία [5]. Οι ακαδημαϊκές έρευνες σχετικά με τα διοικητικά εργαλεία που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη έχουν τεκμηριώσει την ικανότητά τους να μειώνουν τον φόρτο εργασίας των εκπαιδευτικών, να βελτιώνουν την ακρίβεια στις

διαδικασίες αξιολόγησης και να διευκολύνουν τον έγκαιρο εντοπισμό και την υποστήριξη των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες, συμβάλλοντας τελικά σε υψηλότερη συνολική εκπαιδευτική αποτελεσματικότητα και θεσμική απόδοση.



Figure 2: Λήψη Αποφάσεων AI

Παρά τα οφέλη αυτά, ο επιστημονικός διάλογος αναγνωρίζει εκτενώς πολλαπλές προκλήσεις και ανησυχίες που σχετίζονται με την ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Ένας εξέχων τομέας ανησυχίας αφορά τις ηθικές απόψεις σχετικά με τη δίκαιη και αμερόληπτη εφαρμογή των τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης [6]. Οι ερευνητές επισημαίνουν όλο και περισσότερο τους κινδύνους αλγοριθμικής προκατάληψης που ενέχουν τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης λόγω της εξάρτησής τους από ιστορικά μεροληπτικά σύνολα δεδομένων, ενισχύοντας ενδεχομένως τις εκπαιδευτικές ανισότητες ή θέτοντας ακούσια σε μειονεκτική θέση συγκεκριμένες ομάδες μαθητών. Ηθικά ζητήματα όπως η προστασία της ιδιωτικής ζωής, η διαφάνεια, η αλγοριθμική δικαιοσύνη και η ασφάλεια των δεδομένων έχουν γίνει κρίσιμα στοιχεία στο πλαίσιο της συνεχιζόμενης έρευνας για την υπεύθυνη ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση.

Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ισχυρές ηθικές κατευθυντήριες γραμμές, διαφανή σχεδιασμό συστημάτων και αυστηρά πλαίσια αξιολόγησης για τον μετριασμό αυτών των κινδύνων και τη διασφάλιση της χωρίς αποκλεισμούς και δίκαιης εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης σε όλα τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα [7].

Επιπλέον, οι ψυχολογικές και κοινωνικές επιπτώσεις της ενσωμάτωσης της τεχνητής νοημοσύνης έχουν αναδειχθεί ως κρίσιμα ζητήματα στην εκπαιδευτική έρευνα. Οι επιστήμονες εκφράζουν ανησυχίες σχετικά με τις πιθανές ψυχολογικές επιπτώσεις των μακροχρόνιων αλληλεπιδράσεων με δασκάλους ή βοηθούς τεχνητής νοημοσύνης που μοιάζουν με ανθρώπους, και συγκεκριμένα την επίδρασή τους στην ανάπτυξη των κοινωνικών δεξιοτήτων, της συναισθηματικής νοημοσύνης και των διαπροσωπικών ικανοτήτων των μαθητών [8]. Οι υπάρχουσες έρευνες υπογραμμίζουν τη σημασία της διατήρησης της ισορροπίας μεταξύ της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης και της τεχνολογικής διαμεσολάβησης, τονίζοντας ότι ενώ οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης εμπλουτίζουν σημαντικά τις εκπαιδευτικές εμπειρίες, θα πρέπει να συμπληρώνουν και όχι να

αντικαθιστούν βασικά ανθρώπινα στοιχεία στο πλαίσιο της εκπαίδευσης, όπως η ενσυναίσθηση, η συναισθηματική υποστήριξη, η καθοδήγηση και η διαπροσωπική επικοινωνία [9].

Οι τεχνικές προκλήσεις και οι προκλήσεις υποδομής λαμβάνουν επίσης σημαντική προσοχή στην υπάρχουσα έρευνα. Παρά τις τεχνολογικές εξελίξεις, η ανάπτυξη και η εφαρμογή προηγμένων εκπαιδευτικών συστημάτων με βάση την τεχνητή νοημοσύνη εξακολουθεί να είναι απαιτητική από υπολογιστική άποψη και να απαιτεί πολλούς πόρους [10]. Τα ζητήματα που σχετίζονται με την υπολογιστική αποδοτικότητα, την επεκτασιμότητα, τη διαλειτουργικότητα μεταξύ πλατφορμών, την καθυστέρηση και την ολοκλήρωση του συστήματος αποτελούν σημαντικά εμπόδια που εντοπίζουν οι ερευνητές. Επιπλέον, οι παγκόσμιες ανισότητες στην τεχνολογική υποδομή και την πρόσβαση σε ψηφιακούς πόρους περιπλέκουν περαιτέρω την ισότιμη ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση [11].

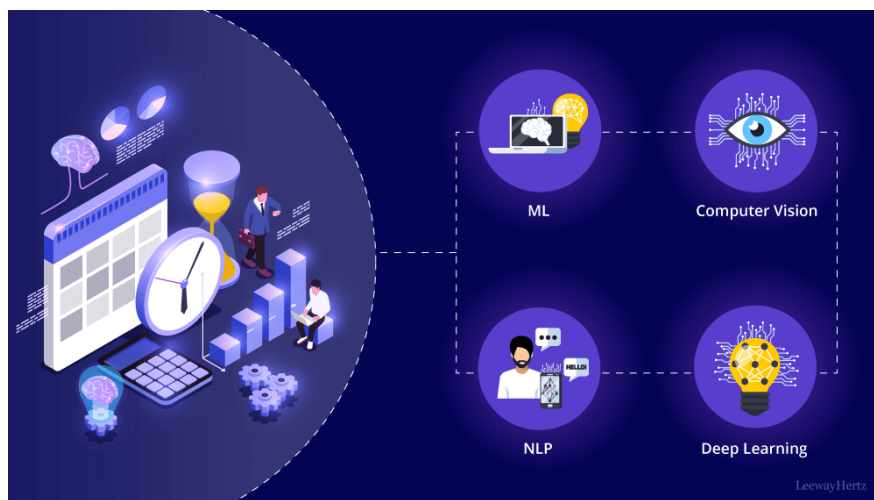


Figure 3: Σχέδιο Αποδοτικότητας AI

Η ακαδημαϊκή βιβλιογραφία υπογραμμίζει επανειλημμένα την κρίσιμη σημασία της γεφύρωσης των τεχνολογικών διαχωρισμών μέσω πολιτικών χωρίς αποκλεισμούς, επενδύσεων σε υποδομές και στρατηγικού σχεδιασμού, ώστε να διασφαλιστεί η ευρεία πρόσβαση και τα δίκαια οφέλη των εκπαιδευτικών τεχνολογιών που υποστηρίζονται από την Τεχνητή Νοημοσύνη [12].

Συνοψίζοντας, η υπάρχουσα έρευνα καθιστά σαφές το μετασχηματιστικό δυναμικό των τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση, υπογραμμίζοντας την ικανότητά τους να εξατομικεύουν τις μαθησιακές εμπειρίες, να ενισχύουν τη δέσμευση των μαθητών και να εξορθολογίζουν σημαντικά τις διοικητικές διαδικασίες. Ταυτόχρονα, η επιστημονική κοινότητα παραμένει ενήμερη για τις ουσιαστικές ηθικές, ψυχολογικές, τεχνικές και υποδομικές προκλήσεις που συνοδεύουν την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης. Η συνεχής διεπιστημονική έρευνα και συνεργασία παραμένουν ζωτικής σημασίας για την ολοκληρωμένη και βιώσιμη αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, διασφαλίζοντας ότι οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά και υπεύθυνα για την ενίσχυση των εκπαιδευτικών πρακτικών, των μαθησιακών αποτελεσμάτων και της συνολικής θεσμικής αποτελεσματικότητας.

1.2 Εικονικά Περιβάλλοντα και Metaverse

Η έννοια των εικονικών κόσμων έχει μια πλούσια ιστορία που έχει τις ρίζες της στην πρώιμη πληροφορική και έχει αναπτυχθεί σημαντικά μέσα από δεκαετίες τεχνολογικών εξελίξεων. Ένας εικονικός κόσμος μπορεί να οριστεί ευρέως ως ένα ψηφιακά προσομοιωμένο περιβάλλον που επιτρέπει στους χρήστες να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με ψηφιακά αντικείμενα μέσω avatars, προωθώντας κοινωνικές, εκπαιδευτικές ή εμπορικές δραστηριότητες σε πραγματικό χρόνο [13]. Αυτοί οι εμβυθιστικοί χώροι χαρακτηρίζονται παραδοσιακά από τρισδιάστατα (3D) γραφικά περιβάλλοντα, μόνιμη αλληλεπίδραση και δημιουργία περιεχομένου με γνώμονα τον χρήστη, γεγονός που τα διαφοροποιεί σημαντικά από τις πιο συμβατικές διαδικτυακές πλατφόρμες επικοινωνίας [14]. Η εκτεταμένη έρευνα των τελευταίων δεκαετιών έχει αναγνωρίσει τους εικονικούς κόσμους ως ισχυρά περιβάλλοντα ικανά να αναδιαμορφώσουν τις διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις, τις επιχειρηματικές δραστηριότητες, τις εκπαιδευτικές πρακτικές και τις πολιτιστικές ανταλλαγές με τρόπους που προηγουμένως ήταν αδιανόητοι σε παραδοσιακά, δισδιάστατα ψηφιακά περιβάλλοντα [15].

Τα πρώτα παραδείγματα εικονικών κόσμων, όπως τα Multi-User Dungeons (MUDs) που βασίζονται σε κείμενο και τα μεταγενέστερα γραφικά περιβάλλοντα, όπως τα Active Worlds και Second Life, έθεσαν βασικές βάσεις για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι χρήστες αλληλεπιδρούν κοινωνικά και οικονομικά σε εικονικά περιβάλλοντα [16]. Το Second Life, που ξεκίνησε από την Linden Lab το 2003, ειδικότερα, αποτέλεσε σημαντικό αντικείμενο επιστημονικής προσοχής λόγω της εμβυθιστικής του φύσης, της επίμονης εικονικής οικονομίας και της βαθιάς δυναμικής της κοινωνικής αλληλεπίδρασης. Οι ερευνητές ανέδειξαν τις δυνατότητες του Second Life όχι μόνο ως πλατφόρμα για κοινωνικούς και οικονομικούς πειραματισμούς αλλά και ως ένα πολλά υποσχόμενο εκπαιδευτικό μέσο. Πολυάριθμες μελέτες τεκμηρίωσαν πώς εκπαιδευτικά ιδρύματα και εταιρείες χρησιμοποίησαν το Second Life για να διευκολύνουν την εμβυθιστική εκπαίδευση, τη συνεργατική μάθηση, τις εικονικές συναντήσεις και τις πρωτοβουλίες εξ αποστάσεως εκπαίδευσης [17]. Η επιτυχία αυτών των πρώτων πλατφορμών ανέδειξε τη δυνατότητα των εικονικών κόσμων να γίνουν σημαντικά στοιχεία των στρατηγικών διαδικτυακής εκπαίδευσης και επικοινωνίας, οδηγώντας σε αυξημένο ακαδημαϊκό ενδιαφέρον για το σχεδιασμό, τη διακυβέρνηση, τα οικονομικά και τις κοινωνικές επιπτώσεις αυτών των εμβυθιστικών χώρων.



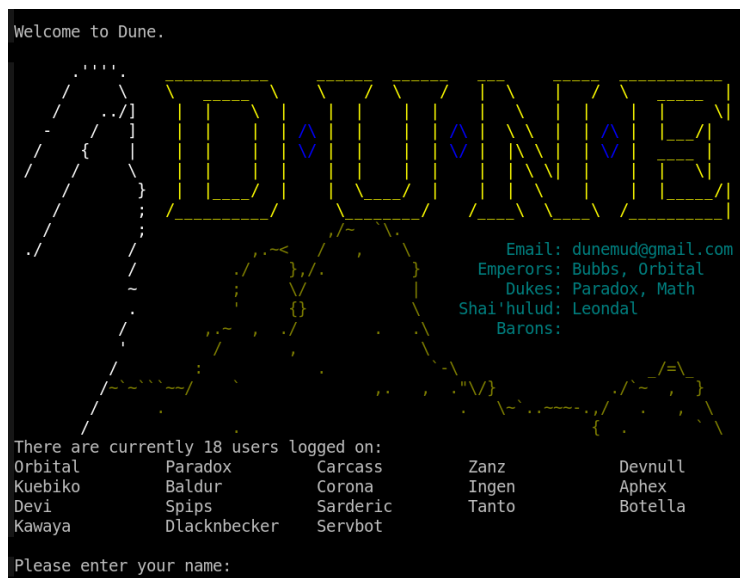


Figure 4: Multi-User Dungeons

Πιο πρόσφατα, η έννοια των εικονικών κόσμων έχει εξελιχθεί και επεκταθεί σημαντικά σε αυτό που σήμερα αποκαλείται συνήθως Metaverse. Αν και οι ορισμοί ποικίλλουν, το Metaverse αναφέρεται γενικά σε ένα συλλογικό, μόνιμο και διαλειτουργικό εικονικό περιβάλλον που ενσωματώνει τεχνολογίες εμπύθισης, όπως η εικονική πραγματικότητα (VR), η επαυξημένη πραγματικότητα (AR), η τεχνολογία blockchain και η τεχνητή νοημοσύνη (AI) [18]. Σε αντίθεση με τους προηγούμενους εικονικούς κόσμους, το Metaverse προβλέπει απρόσκοπτες μεταβάσεις μεταξύ διαφορετικών εικονικών χώρων, διασυνδεδεμένα περιβάλλοντα και μια συνεχή εμπειρία ταυτότητας σε πολλαπλές πλατφόρμες και ψηφιακά πλαίσια. Η επιστημονική βιβλιογραφία γύρω από το Metaverse τονίζει τις προοπτικές μετασχηματισμού του σε διάφορους τομείς, όπως η εκπαίδευση, το εμπόριο, η ψυχαγωγία, η υγειονομική περίθαλψη και η κοινωνική αλληλεπίδραση. Οι ερευνητές εστιάζουν όλο και περισσότερο στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η σύγκλιση των εμπυθιστικών τεχνολογιών και των εξελιγμένων διαδραστικών εμπειριών μπορεί να δημιουργήσει ολιστικά και ενοποιημένα εικονικά οικοσυστήματα που αναπαράγουν -και ενδεχομένως ενισχύουν- τις εμπειρίες του φυσικού κόσμου [19].



Figure 5: Second Life

Ένα σημαντικό μέρος της πρόσφατης ακαδημαϊκής συζήτησης έχει επικεντρωθεί στις πιθανές εφαρμογές του Metaverse στην εκπαίδευση. Οι επιστήμονες υποστηρίζουν σταθερά ότι το Metaverse μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τα παραδοσιακά εκπαιδευτικά παραδείγματα παρέχοντας βαθιά εμπυθιστικά και διαδραστικά μαθησιακά περιβάλλοντα που ξεπερνούν τους εγγενείς περιορισμούς των συμβατικών εκπαιδευτικών μεθόδων [20]. Οι έρευνες δείχνουν ότι τα εμπυθιστικά εικονικά περιβάλλοντα που προσφέρει το Metaverse αυξάνουν σημαντικά τη συμμετοχή των μαθητών, ενισχύουν τα κίνητρα και διευκολύνουν τη βαθύτερη μάθηση και κατανόηση σύνθετων εννοιών. Εμπειρικές μελέτες σε διάφορους κλάδους, από την ιατρική και τη μηχανική έως τις ανθρωπιστικές και κοινωνικές επιστήμες, έχουν καταδείξει την αποτελεσματικότητα των εμπυθιστικών περιβαλλόντων για τη βιωματική και την επιτόπια μάθηση, όπου οι εκπαιδευόμενοι συμμετέχουν ενεργά σε προσομοιωμένα σενάρια που μιμούνται στενά τα πλαίσια του πραγματικού κόσμου. Μια τέτοια βιωματική μάθηση σε εικονικούς χώρους προάγει την ανάπτυξη πρακτικών δεξιοτήτων, τις ικανότητες επίλυσης προβλημάτων και τη συνεργατική αλληλεπίδραση που οι παραδοσιακές αίθουσες διδασκαλίας συχνά δυσκολεύονται να παρέχουν αποτελεσματικά [21].

Ωστόσο, η υπάρχουσα βιβλιογραφία εντοπίζει επίσης αρκετές προκλήσεις που σχετίζονται με την ανάπτυξη εκπαιδευτικών δράσεων στους εικονικούς κόσμους και το Metaverse. Η τεχνική πολυπλοκότητα, οι περιορισμοί των υποδομών, η επεκτασιμότητα, η διαλειτουργικότητα μεταξύ πλατφορμών και το υψηλό κόστος που συνδέεται με την ανάπτυξη εμπυθιστικών περιβαλλόντων παραμένουν σημαντικά εμπόδια [22]. Οι ερευνητές έχουν τονίσει τη σημασία της τεχνολογικής υποδομής στον καθορισμό της επιτυχούς υιοθέτησης και ενσωμάτωσης των εικονικών κόσμων σε εκπαιδευτικά πλαίσια, σημειώνοντας διαφορές μεταξύ αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων περιοχών όσον αφορά την τεχνολογική ετοιμότητα και προσβασιμότητα [23]. Τα ζητήματα αυτά έχουν προκαλέσει συνεχείς συζητήσεις γύρω από τα ψηφιακά χάσματα και τις ανισότητες, γεγονός που τονίζει την αναγκαιότητα στρατηγικών χωρίς αποκλεισμούς για την εξασφάλιση ισότιμης συμμετοχής σε εκπαιδευτικές ευκαιρίες που βασίζονται στο Metaverse.

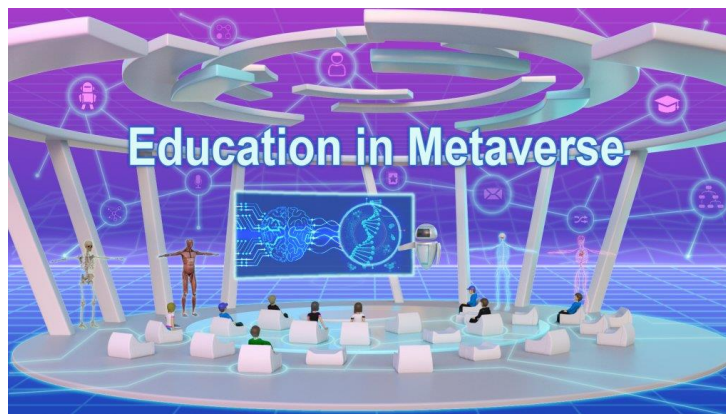


Figure 6: Metaverse σε Εκπαιδευτικό Σενάριο

Οι ηθικοί και κοινωνικοί προβληματισμοί κατέχουν επίσης εξέχουσα θέση στην υπάρχουσα έρευνα σχετικά με τους εικονικούς κόσμους και το Metaverse. Τα ζητήματα της ψηφιακής ταυτότητας, της ιδιωτικής ζωής, της ιδιοκτησίας των εικονικών περιουσιακών στοιχείων και οι ψυχολογικές επιπτώσεις της παρατεταμένης εμπύθισης αποτελούν αντικείμενο εντατικής ακαδημαϊκής

εξέτασης. Οι ερευνητές υπογραμμίζουν τη σημασία της εξέτασης της ιδιωτικής ζωής των χρηστών, της αυτονομίας και των ηθικών προτύπων σε ψηφιακά περιβάλλοντα εμπύθισης, προειδοποιώντας για πιθανές καταχρήσεις ή ακούσιες αρνητικές ψυχολογικές επιπτώσεις, ιδίως μεταξύ νεότερων ή ευάλωτων χρηστών [24]. Επιπλέον, τα εικονικά περιβάλλοντα θέτουν μοναδικά ερωτήματα σχετικά με τη διακυβέρνηση και τη ρύθμιση των εικονικών χώρων, ιδίως όσον αφορά τη συγκράτηση του περιεχομένου, τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας, τις οικονομικές συναλλαγές και την ψηφιακή ιθαγένεια. Η υπάρχουσα έρευνα υποστηρίζει την ανάγκη για ισχυρά νομοθετικά πλαίσια, σαφείς δεοντολογικές κατευθυντήριες γραμμές και διαφανή μοντέλα διακυβέρνησης για την ολοκληρωμένη και προληπτική αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων.

Όσον αφορά την τεχνολογία, η τρέχουσα επιστημονική προσοχή επικεντρώνεται έντονα στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι αναδυόμενες τεχνολογικές καινοτομίες, όπως οι εικονικές οικονομίες που βασίζονται στο blockchain, οι αποκεντρωμένες πλατφόρμες, οι αλληλεπιδράσεις με βάση την τεχνητή νοημοσύνη και οι προηγμένες τεχνολογίες απόδοσης σε πραγματικό χρόνο μπορούν να βελτιώσουν τις εμπειρίες των χρηστών στο Metaverse. Οι τεχνολογίες blockchain, για παράδειγμα, αναγνωρίζονται ολοένα και περισσότερο ως κρίσιμοι παράγοντες για ασφαλείς, διαφανείς και διαλειτουργικές ψηφιακές οικονομίες εντός εικονικών κόσμων [25]. Οι ερευνητές έχουν διερευνήσει εκτενώς τον τρόπο με τον οποίο τα περιουσιακά στοιχεία που βασίζονται στην τεχνολογία blockchain, όπως τα non-fungible tokens (NFTs) και τα ψηφιακά νομίσματα, συμβάλλουν στην ενδυνάμωση και την ιδιοκτησία των χρηστών εντός του Metaverse, δημιουργώντας σύνθετες και αυτοσυντηρούμενες εικονικές οικονομίες. Ταυτόχρονα, τα προηγμένα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης έχουν προσελκύσει σημαντικό ενδιαφέρον για τις δυνατότητές τους να γεμίσουν τους εικονικούς κόσμους με ευφυείς οντότητες ικανές για δυναμικές αλληλεπιδράσεις, αντιδράσεις με επίγνωση του πλαισίου και ρεαλιστική κοινωνική εμπλοκή, εμβαθύνοντας έτσι τον ρεαλισμό και την εμπύθιση του Metaverse.

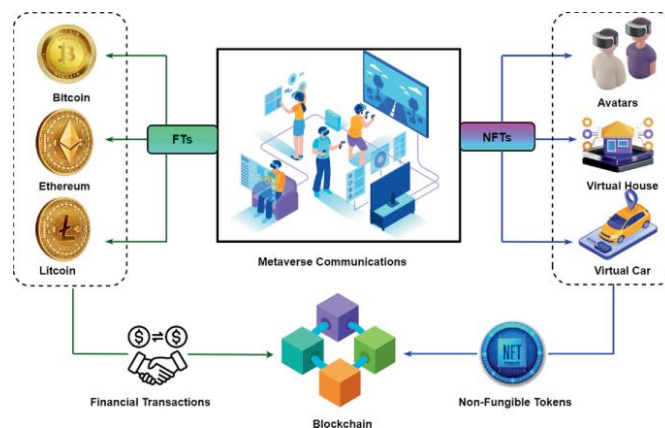


Figure 7: Χρήση Blockchain σε Metaverse

Τέλος, ένας αυξανόμενος όγκος βιβλιογραφίας δίνει έμφαση στην ανάγκη διεπιστημονικής συνεργασίας για τη συνεχή εξερεύνηση και ανάπτυξη των εικονικών κόσμων και του Metaverse. Οι ερευνητές υποστηρίζουν την ενσωμάτωση γνώσεων από πεδία όπως η επιστήμη των υπολογιστών, η γνωστική ψυχολογία, η εκπαιδευτική θεωρία, η οικονομία, η κοινωνιολογία και η ηθική για την πλήρη κατανόηση της πολύπλευρης φύσης των εικονικών περιβαλλόντων εμπύθισης [26]. Η διεπιστημονική έρευνα είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη ολιστικών και διαφοροποιημένων

γνώσεων σχετικά με το πώς τα εικονικά περιβάλλοντα μπορούν να εξυπηρετήσουν καλύτερα εκπαιδευτικούς, κοινωνικούς και οικονομικούς στόχους, ενώ παράλληλα αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά ηθικές, τεχνολογικές και προσβασιμότητας ανησυχίες. Οι τρέχουσες ερευνητικές τάσεις αναδεικνύουν τη σημασία τέτοιων διεπιστημονικών προσεγγίσεων για την προώθηση βιώσιμων, χωρίς αποκλεισμούς και ηθικά ορθών εικονικών κόσμων ικανών να εκπληρώσουν το μετασχηματιστικό τους δυναμικό.

Συμπερασματικά, η υπάρχουσα έρευνα καθορίζει σαφώς τους εικονικούς κόσμους και το αναδυόμενο Metaverse ως βαθιά σημαντικές καινοτομίες ικανές να αναμορφώσουν πολλές πτυχές της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης, της επικοινωνίας και της διάδοσης της γνώσης. Ενώ έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στην κατανόηση των δυνατικών εφαρμογών και των επιπτώσεών τους, απομένει σημαντικό έργο για την αντιμετώπιση των τεχνολογικών, ηθικών, οικονομικών και κοινωνικών προκλήσεων. Η συνεχής επιστημονική προσοχή σε αυτές τις πολύπλοκες διαστάσεις παραμένει απαραίτητη για την πλήρη αξιοποίηση των μετασχηματιστικών δυνατοτήτων που προσφέρουν οι εικονικοί κόσμοι και το εξελισσόμενο Metaverse, ιδίως σε πλαίσια εκπαίδευσης, συνεργασίας και κοινωνικής αλληλεπίδρασης.

1.3 Οι Μέτα-Άνθρωποι

Οι πρόσφατες εξελίξεις στις ψηφιακές τεχνολογίες έχουν εισαγάγει μια νέα κατηγορία εικονικών οντοτήτων, γνωστών ως μεταανθρώπων, εξαιρετικά ρεαλιστικών ψηφιακών χαρακτήρων ικανών να αναπαράγουν πιστά την ανθρώπινη εμφάνιση, τα συναισθήματα, τις συμπεριφορές και τις αλληλεπιδράσεις. Ο όρος «μεταάνθρωπος» αναφέρεται γενικά σε εικονικά είδωλα που δημιουργούνται με τη χρήση προηγμένων γραφικών υπολογιστών, τεχνητής νοημοσύνης (AI) και τεχνικών απόδοσης σε πραγματικό χρόνο για την παραγωγή ρεαλιστικών αναπαραστάσεων ικανών για σύνθετη αλληλεπίδραση σε ψηφιακά περιβάλλοντα. Στο πλαίσιο της σύγχρονης ακαδημαϊκής έρευνας και της ανάπτυξης της βιομηχανίας, οι μεταάνθρωποι έχουν αναδειχθεί ως σημαντικά θέματα ενδιαφέροντος λόγω των πιθανών εφαρμογών τους στην εκπαίδευση, την ψυχαγωγία, την επικοινωνία, την υγειονομική περίθαλψη και τις διάφορες μορφές κοινωνικής εμπλοκής.

Οι θεμελιώδεις έννοιες πίσω από τους μεταανθρώπους προέρχονται από δεκαετίες έρευνας σε εικονικά άβαταρ και ευφυείς εικονικούς πράκτορες. Οι πρώτοι εικονικοί χαρακτήρες, που αναπτύχθηκαν κυρίως σε πλαίσια παιχνιδιών και προσομοιώσεων, ήταν περιορισμένοι σε οπτικό ρεαλισμό, συναισθηματική έκφραση και συνομιλική πολυπλοκότητα. Ωστόσο, η συνεχής πρόοδος στην υπολογιστική ισχύ, στους αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης, στις τεχνολογίες καταγραφής κίνησης και στις τεχνικές ρεαλιστικής απόδοσης έχει βελτιώσει δραματικά τον οπτικό και συμπεριφορικό ρεαλισμό που είναι εφικτός στους ψηφιακούς χαρακτήρες [27]. Οι σημερινοί μεταάνθρωποι ξεπερνούν τα συμβατικά κινούμενα είδωλα μέσω υπερρεαλιστικών εμφανίσεων, λεπτομερών εκφράσεων προσώπου, φυσικών χειρονομιών, ρεαλιστικής σύνθεσης ομιλίας και εξελιγμένης συναισθηματικής μοντελοποίησης, δημιουργώντας εικονικές οντότητες που συχνά δεν διακρίνονται από τα ανθρώπινα όντα όσον αφορά την εμφάνιση και την αλληλεπίδραση.





Figure 8: Σχεδιασμός Metahuman

Πρόσφατες έρευνες αναδεικνύουν διάφορες κρίσιμες τεχνολογίες που διέπουν την ανάπτυξη του μεταανθρώπου, ιδίως τεχνικές φωτορεαλιστικής απόδοσης, συστήματα καταγραφής κίνησης, κινήσεις με βάση τη βαθιά μάθηση και προηγμένες δυνατότητες επεξεργασίας φυσικής γλώσσας. Οι τεχνολογίες απεικόνισης σε πραγματικό χρόνο, όπως αυτές που αναπτύσσονται σε πλατφόρμες όπως η Unreal Engine και η Unity, έχουν γίνει απαραίτητα εργαλεία για τη δημιουργία υπερρεαλιστικών εικονικών ανθρώπων. Αυτές οι πλατφόρμες αξιοποιούν εξελιγμένα μοντέλα φωτισμού, υποεπιφανειακή διασπορά και χαρτογράφηση υφής για την παραγωγή αληθοφανούς δέρματος, ματιών, μαλλιών και χαρακτηριστικών προσώπου [28]. Οι τεχνολογίες καταγραφής κίνησης, που χρησιμοποιούν αισθητήρες, κάμερες και αλγόριθμους βαθιάς μάθησης, μεταφέρουν με ακρίβεια τις ανθρώπινες κινήσεις και εκφράσεις του προσώπου του πραγματικού κόσμου σε εικονικούς χαρακτήρες, ενισχύοντας σημαντικά τον εκφραστικό ρεαλισμό τους. Επιπλέον, η επεξεργασία φυσικής γλώσσας και οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης επιτρέπουν σε αυτές τις εικονικές οντότητες να εμπλέκουν τους χρήστες σε ουσιαστικό διάλογο, να ανταποκρίνονται με βάση το πλαίσιο και να διατηρούν συναισθηματικά πλούσιες αλληλεπιδράσεις, αυξάνοντας περαιτέρω τον ρεαλισμό και τις διαδραστικές τους δυνατότητες [29].

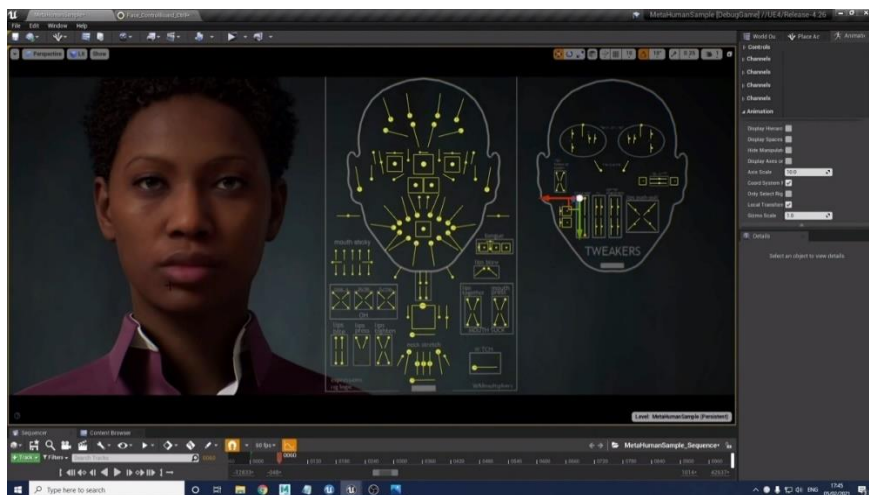


Figure 9: Ρύθμιση Χαρακτηριστικών Metahuman

Η υπάρχουσα επιστημονική βιβλιογραφία έχει διερευνήσει το ρόλο των μεταανθρώπων σε πολλούς τομείς, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στις δυνατότητές τους σε εκπαιδευτικά και διαδραστικά επικοινωνιακά πλαίσια. Οι ερευνητές αποδεικνύουν σταθερά ότι οι ρεαλιστικοί, συναισθηματικά εκφραστικοί εικονικοί πράκτορες ενισχύουν τη δέσμευση, την εμπύθιση και την ενσυναίσθηση των χρηστών σε διαδραστικά περιβάλλοντα, επηρεάζοντας θετικά τα μαθησιακά αποτελέσματα, τη διατήρηση πληροφοριών και την ικανοποίηση των χρηστών [30]. Εκπαιδευτικές μελέτες δείχνουν ότι οι αλληλεπιδράσεις με εικονικούς διδάσκοντες που μοιάζουν με ανθρώπους βελτιώνουν σημαντικά τα κίνητρα και την κατανόηση των μαθητών, αποδίδοντας τα αποτελέσματα αυτά κυρίως στη συναισθηματική σύνδεση που αναπτύσσουν οι χρήστες μέσω των ρεαλιστικών κοινωνικών αλληλεπιδράσεων. Σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς ψηφιακούς πράκτορες που στερούνται συναισθηματικής εκφραστικότητας ή οπτικού ρεαλισμού, οι μεταάνθρωποι δημιουργούν βαθύτερη συναισθηματική απήχηση με τους χρήστες, προωθώντας ισχυρότερη δέσμευση και πλουσιότερες διαδραστικές εμπειρίες.

Πέρα από την εκπαίδευση, οι μεταάνθρωποι μελετώνται όλο και περισσότερο σε θεραπευτικά και υγειονομικά περιβάλλοντα. Εικονικοί άνθρωποι εξοπλισμένοι με εξελιγμένα συστήματα συναισθηματικής αναγνώρισης και αντίδρασης έχουν χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την παροχή ψυχολογικών παρεμβάσεων, την εκπαίδευση κοινωνικών δεξιοτήτων και θεραπείες αποκατάστασης [31]. Ακαδημαϊκές μελέτες τεκμηριώνουν θετικά θεραπευτικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ ασθενών και μεταανθρώπων που ανταποκρίνονται συναισθηματικά, αναδεικνύοντας την ικανότητά τους να παρέχουν συνεπείς, εξατομικευμένες και συναισθηματικά υποστηρικτικές παρεμβάσεις. Επιπλέον, οι μεταάνθρωποι χρησιμοποιούνται σε εικονικές προσομοιώσεις που έχουν σχεδιαστεί για να προετοιμάσουν επαγγελματίες υγείας, θεραπευτές και κοινωνικούς λειτουργούς για αλληλεπιδράσεις με ασθενείς στον πραγματικό κόσμο. Τέτοιες προσομοιώσεις προσφέρουν ρεαλιστικά σενάρια πρακτικής, επιτρέποντας στους επαγγελματίες να ενισχύσουν τις διαπροσωπικές δεξιότητες, την ενσυναίσθηση και τη συναισθηματική νοημοσύνη σε ασφαλή, ελεγχόμενα ψηφιακά περιβάλλοντα [32].



Figure 10: Metahumans σε Ιατρικό Περιβάλλον

Οι ηθικοί προβληματισμοί αποτελούν σημαντικό μέρος της τρέχουσας ακαδημαϊκής συζήτησης γύρω από τους μεταανθρώπους. Οι ερευνητές και οι ηθικολόγοι εκφράζουν σημαντικές ανησυχίες σχετικά με τις πιθανές ψυχολογικές και κοινωνικές επιπτώσεις που προκύπτουν από τους όλο και πιο ρεαλιστικούς ψηφιακούς ανθρώπους. Ζητήματα όπως η ψηφιακή ταυτότητα, η ιδιωτικότητα, η εμπιστοσύνη, η συναισθηματική χειραγώγηση και η εξάρτηση από τον χρήστη έχουν αναδειχθεί ως κρίσιμες ηθικές προκλήσεις [33]. Για παράδειγμα, οι χρήστες που αλληλεπιδρούν με μεταανθρώπους που ανταποκρίνονται συναισθηματικά θα μπορούσαν να αναπτύξουν βαθιά συναισθηματική προσκόλληση, που ενδεχομένως να οδηγήσει σε εξάρτηση ή κοινωνική απομόνωση. Στην επιστημονική βιβλιογραφία υποστηρίζονται συχνά ηθικές κατευθυντήριες γραμμές και διαφανείς πρακτικές σχεδιασμού για τον μετριασμό αυτών των κινδύνων και τη διασφάλιση της υπεύθυνης ανάπτυξης και χρήσης υπερρεαλιστικών εικονικών ανθρώπων [34].

Οι τεχνικές προκλήσεις και οι προκλήσεις υποδομής που συνδέονται με τις μεταανθρώπινες τεχνολογίες έχουν επίσης ληφθεί υπόψη από την επιστήμη. Οι υπολογιστικές απαιτήσεις για την απόδοση ρεαλιστικών αλληλεπιδράσεων σε πραγματικό χρόνο με μεταανθρώπους παραμένουν σημαντικές, απαιτώντας συχνά προηγμένο υλικό και σημαντικούς πόρους επεξεργασίας. Οι ερευνητές αναδεικνύουν την επεκτασιμότητα, τη μείωση της καθυστέρησης και την προσβασιμότητα ως κρίσιμες τεχνικές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν για να διευκολυνθεί η ευρύτερη υιοθέτηση της μεταανθρώπινης τεχνολογίας [35]. Επιπλέον, η διασφάλιση της διαλειτουργικότητας μεταξύ διαφορετικών ψηφιακών πλατφορμών και εικονικών περιβαλλόντων παραμένει βασικό μέλημα, δεδομένης της πολυπλοκότητας που συνεπάγεται με την ενσωμάτωση εξελιγμένων εικονικών χαρακτήρων σε ποικίλα ψηφιακά οικοσυστήματα, ιδίως σε αποκεντρωμένα πλαίσια Metaverse [36].

Η πρόσφατη βιβλιογραφία υπογραμμίζει επίσης τη διεπιστημονική φύση της έρευνας για τον μεταάνθρωπο, ζητώντας τη συνεργασία μεταξύ επιστημόνων πληροφορικής, ψυχολόγων, εκπαιδευτικών, ηθικολόγων και σχεδιαστών για την αντιμετώπιση των πολύπλευρων προκλήσεων που συνεπάγεται η δημιουργία και ανάπτυξη ρεαλιστικών ψηφιακών ανθρώπων [37]. Μια τέτοια διεπιστημονική συνεργασία είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική κατανόηση και διαχείριση των ψυχολογικών, κοινωνικών, ηθικών και τεχνικών περιπλοκών που σχετίζονται με αυτές τις εικονικές οντότητες [38]. Οι ακαδημαϊκοί ερευνητές τονίζουν όλο και περισσότερο τη σημασία ολοκληρωμένων πλαισίων αξιολόγησης, που περιλαμβάνουν όχι μόνο την τεχνική απόδοση και τον ρεαλισμό αλλά και την ηθική ευθύνη, την εμπειρία του χρήστη, τον συναισθηματικό αντίκτυπο και την κοινωνική αποδοχή.



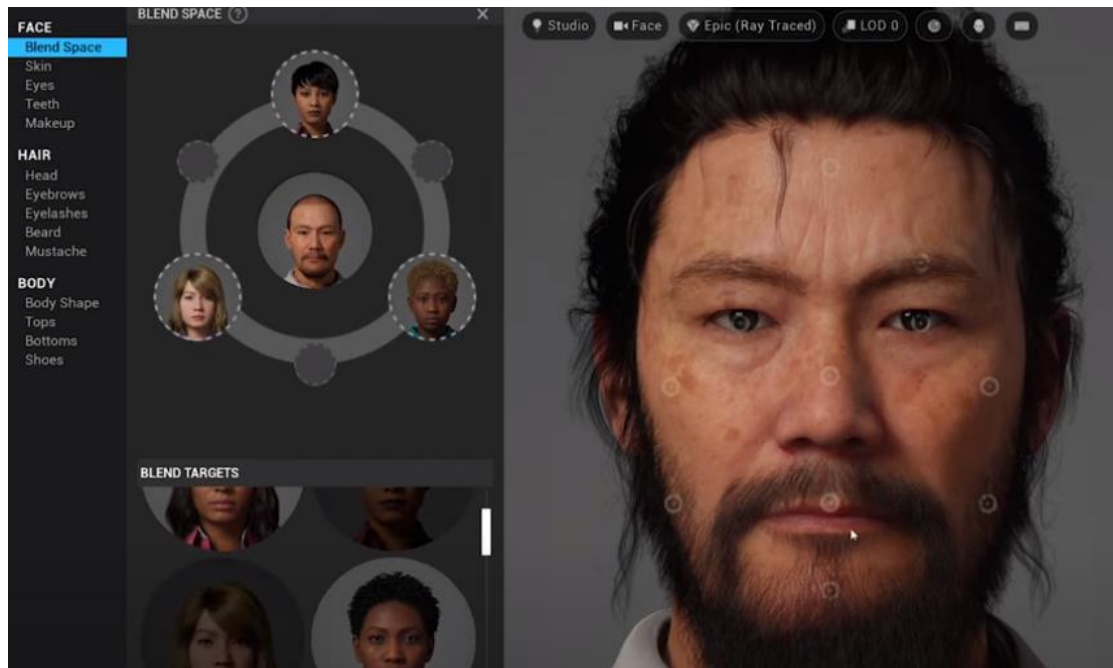


Figure 11: Κληρονομικότητα Metahumans

Συμπερασματικά, η τρέχουσα έρευνα τοποθετεί σαφώς τους μεταανθρώπους ως καίριες τεχνολογικές καινοτομίες ικανές να επηρεάσουν σημαντικά πολλούς τομείς, ιδίως την εκπαίδευση, την υγειονομική περίθαλψη, την ψυχαγωγία και την κοινωνική αλληλεπίδραση. Ενώ αυτές οι εξαιρετικά ρεαλιστικές εικονικές οντότητες έχουν τεράστιες δυνατότητες να μεταμορφώσουν θετικά τις εμπειρίες των χρηστών, η εκτεταμένη επιστημονική προσοχή εξακολουθεί να επισημαίνει την ανάγκη προσεκτικής εξέτασης ηθικών, ψυχολογικών, τεχνικών και κοινωνικών παραγόντων. Η ολοκληρωμένη διεπιστημονική έρευνα παραμένει ζωτικής σημασίας για την υπεύθυνη αξιοποίηση των μετασχηματιστικών δυνατοτήτων των μεταανθρώπων, διασφαλίζοντας ότι η ανάπτυξή τους ευθυγραμμίζεται με τους ευρύτερους κοινωνικούς στόχους της συμμετοχικότητας, της ηθικής ακεραιότητας και της ψυχολογικής ευημερίας.

2. Αρχιτεκτονική Συστήματος και Μεθοδολογία Ανάπτυξης

2.1 Τεχνολογικό Οικοσύστημα της Εφαρμογής

2.1.1 Πολυπαικτική Υποδομή

Στην εργασία αυτή μεγάλη πρόκληση αποτέλεσε η υλοποίηση ενός πολυπαικτικού (multiplayer) συστήματος στο οποίο θα μπορούν να συνδεθούν χρήστες από όλη την επικράτεια. Η λειτουργικότητα multiplayer της διαδραστικής εκπαιδευτικής εφαρμογής που αναπτύχθηκε στην Unreal Engine 5.4 βασίστηκε εκτενώς σε προηγμένες διαδικαστικές ροές εργασίας, αξιοποιώντας ιδιαίτερα το Geometry Scripting, παράλληλα με την ολοκληρωμένη ενσωμάτωση δικτύου χρησιμοποιώντας το Steam Online Subsystem. Ακολουθεί μια λεπτομερή διερεύνηση της διαδικασίας ανάπτυξης multiplayer, των εργαλείων και των τεχνολογικών πλαισίων που χρησιμοποιήθηκαν, δίνοντας έμφαση στο procedural geometry manipulation και στις ισχυρές λύσεις δικτύωσης.

Η Unreal Engine 5.4, που αναπτύχθηκε από την Epic Games, είναι γνωστή για τις εξελιγμένες δυνατότητες απόδοσης σε πραγματικό χρόνο, την εξαιρετικά αποδοτική αρχιτεκτονική για πολλούς παίκτες και τα προηγμένα συστήματα procedural geometry. Μεταξύ των σημαντικότερων διαδικαστικών καινοτομιών που εισήχθησαν στις πρόσφατες εκδόσεις της Unreal Engine είναι το πλαίσιο Geometry Scripting, το οποίο επιτρέπει την ισχυρή διαδικαστική μοντελοποίηση και τον χειρισμό της γεωμετρίας κατά τη διάρκεια εκτέλεσης απευθείας στο οπτικό περιβάλλον της Unreal.



Figure 12: Το Λογισμικό Unreal Engine 5.4

Το Geometry Scripting αντιπροσωπεύει μια σημαντική στροφή από τις παραδοσιακές, στατικές μεθοδολογίες μοντελοποίησης. Αντί να ρυθμίζει χειροκίνητα τα meshes εξωτερικά ή μέσω άκαμπτων διαδικασιών βασισμένων στον κώδικα, το geometry scripting επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργούν και να χειρίζονται δυναμικά πολύπλοκες γεωμετρικές δομές απευθείας μέσω έξυπνων, βασισμένων σε κόμβους οπτικών εργαλείων scripting. Αυτή η τεχνική παραλληλίζει στενά τις διαδικαστικές ροές εργασίας, όπως οι Geometry Nodes του Blender, αλλά είναι μοναδικά προσαρμοσμένη στο πλαίσιο πραγματικού χρόνου της Unreal Engine. Το Geometry

scripting επιτρέπει στους προγραμματιστές να επαναλαμβάνουν γρήγορα τα σχέδια, να εφαρμόζουν διαδικαστικές παραλλαγές και να εξασφαλίζουν εξαιρετικά βελτιστοποιημένες επιδόσεις χρόνου εκτέλεσης - κρίσιμα χαρακτηριστικά για ευέλικτες εφαρμογές πολλαπλών παικτών σε εμβυθιστικά εικονικά περιβάλλοντα.

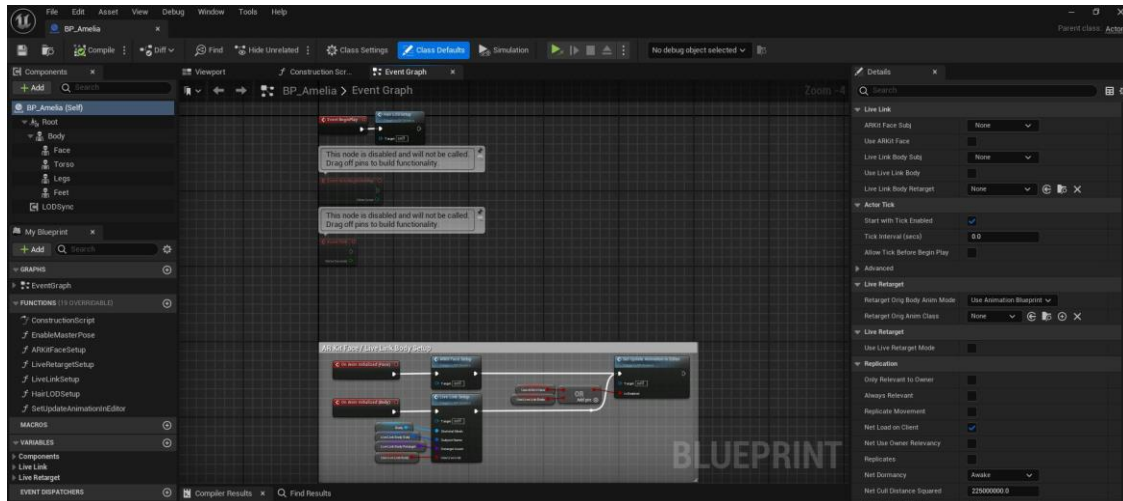


Figure 13: Geometry Scripting

Στο πλαίσιο της υλοποίησης αυτής της εκπαιδευτικής εφαρμογής για πολλούς παίκτες, το Geometry Scripting χρησιμοποιήθηκε κυρίως για τη δημιουργία, τροποποίηση και διαχείριση περιβαλλοντικών και διαδραστικών στοιχείων στις σκηνές για πολλούς παίκτες. Τα διαδικαστικά παραγόμενα περιβάλλοντα εξασφάλιζαν ότι κάθε περίπτωση πολλαπλών παικτών παρείχε δυναμικά ποικίλες εμπειρίες, ενισχύοντας την επαναληψιμότητα και την εμβύθιση. Αξιοποιώντας το Geometry Scripting, οι λεπτομερείς διαδικαστικοί μηχανισμοί επέτρεψαν τη δημιουργία ποικίλων εκπαιδευτικών ρυθμίσεων, διαδραστικών αντικειμένων σε πραγματικό χρόνο και αντικειμένων που βασίζονται σε σενάρια. Οι κόμβοι διαμορφώθηκαν για να κατασκευάζουν δομές, διαδραστικά αντικείμενα και χωροταξικές διατάξεις με διαδικαστικό τρόπο, καθένα από τα οποία μπορούσε να προσαρμόζεται σε πραγματικό χρόνο με βάση συγκεκριμένες απαιτήσεις για πολλούς παίκτες, αλληλεπιδράσεις χρηστών ή εκπαιδευτικά σενάρια.

Επιπλέον, το Geometry Scripting βελτιστοποίησε σημαντικά τον συγχρονισμό και τη βελτιστοποίηση των στοιχείων παιχνιδιού για πολλούς παίκτες. Τα διαδικαστικά παραγόμενα meshes διαχειρίζονταν αποτελεσματικά μέσα στο δικτυακό περιβάλλον μέσω του συστήματος αντιγραφής της Unreal. Με τη χρήση ενσωματωμένων λειτουργιών αντιγραφής, οι αλλαγές διαδικαστικής γεωμετρίας διαδίδονταν με ακρίβεια και αποτελεσματικότητα σε όλες τις συνεδρίες πολλαπλών παικτών, διατηρώντας τη συνέπεια και τη συνοχή των εκπαιδευτικών εμπειριών μεταξύ όλων των συμμετεχόντων. Ενσωματώθηκε επίσης προηγμένη διαδικαστική λογική για τη δυναμική διαχείριση των περιβαλλοντικών ενημερώσεων που προκαλούνται από τις ενέργειες των παικτών, εξασφαλίζοντας συγχρονισμό σε πραγματικό χρόνο των καταστάσεων γεωμετρίας σε όλους τους συνδεδεμένους πελάτες.

Παράλληλα με το διαδικαστικό σύστημα γεωμετρίας, διευκολύνθηκε η ολοκληρωμένη λειτουργικότητα δικτύωσης για πολλούς παίκτες με την ενσωμάτωση του Steam Online Subsystem,



της εγγενούς διασύνδεσης της Unreal Engine με την πλατφόρμα Steam της Valve. Το υποσύστημα Steam Online Subsystem χρησιμοποιήθηκε για να παρέχει ισχυρές και κλιμακούμενες δυνατότητες πολλαπλών παικτών, συμπεριλαμβανομένων βασικών λειτουργιών δικτύωσης, όπως το matchmaking, η διαχείριση session, ο έλεγχος ταυτότητας και οι απρόσκοπτες αλληλεπιδράσεις μεταξύ χρηστών. Η χρήση της υποδομής backend του Steam απλοποίησε σημαντικά τις πολυπλοκότητες που είναι εγγενείς στην ανάπτυξη συστημάτων πολλαπλών παικτών, συμπεριλαμβανομένου του χειρισμού της καθυστέρησης του δικτύου, της ακεραιότητας των δεδομένων και της εμμόνης των sessions.

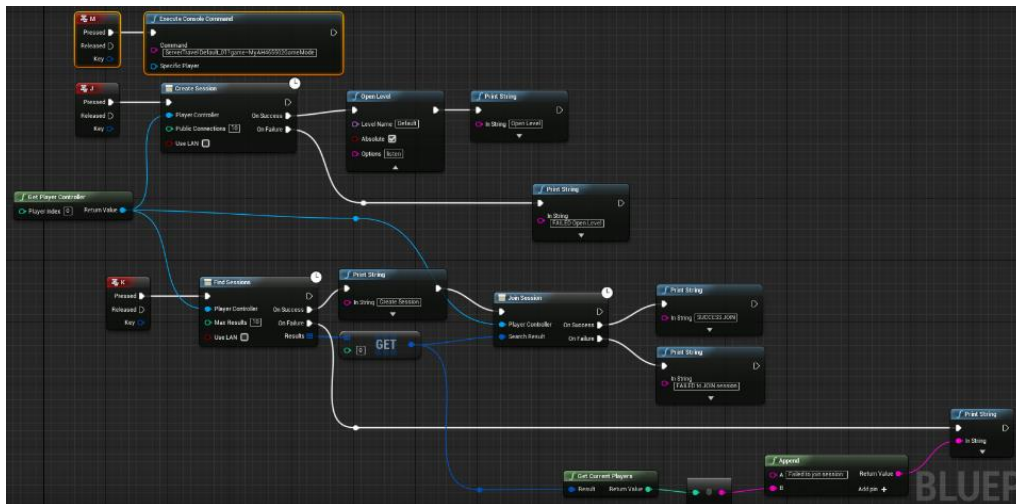


Figure 14: To Steam Online Subsystem

Η ενσωμάτωση του διαδικτυακού υποσυστήματος Steam απαιτούσε προσεκτική διαμόρφωση στην εσωτερική αρχιτεκτονική του υποσυστήματος της Unreal Engine. Το υποσύστημα παρείχε εγγενή πρόσβαση στα ισχυρά χαρακτηριστικά του Steam SDK μέσω βελτιωμένων σημείων ενσωμάτωσης στο οπτικό περιβάλλον σεναρίων της Unreal και ελάχιστων προσαρμοσμένων ρυθμίσεων backend. Βασικές λειτουργίες πολλαπλών παικτών, όπως η δημιουργία session, η διαχείριση λόμπι, ο έλεγχος ταυτότητας παικτών, οι λίστες φίλων και ο συγχρονισμός σε πραγματικό χρόνο των καταστάσεων και των αλληλεπιδράσεων των παικτών, διαχειρίστηκαν αποτελεσματικά μέσω του επιπέδου δικτύωσης του Steam.

Η διαχείριση των συνεδρίων χρησιμοποίησε τους διακομιστές matchmaking του Steam για να χειριστεί τη δημιουργία και τη διαχείριση των λόμπι πολλαπλών παικτών. Οι παίκτες πιστοποιούνταν μέσω του ασφαλούς API του Steam, εξασφαλίζοντας συνεκτικές ταυτότητες χρηστών, ασφαλή δημιουργία σύνδεσης και αξιόπιστες συνεδρίες πολλαπλών παικτών. Επιπλέον, οι ενσωματωμένοι μηχανισμοί αναπαραγωγής της Unreal Engine συγχρονίζουν απρόσκοπτα τις κινήσεις των παικτών, τις αλληλεπιδράσεις και τα διαδικαστικά τροποποιημένα στοιχεία, διατηρώντας συνεπείς εμπειρίες μεταξύ πολλών ταυτόχρονων χρηστών. Ο συγχρονισμός σε πραγματικό χρόνο περιελάμβανε προσεκτική διαχείριση των καταστάσεων των παικτών, των διαδικαστικών περιβαλλοντικών αλλαγών και των αλληλεπιδράσεων με διαδικαστικά παραγόμενο εκπαιδευτικό περιεχόμενο, χρησιμοποιώντας τις εγγενείς κλήσεις απομακρυσμένων διαδικασιών (Remote Procedure Calls ή RPCs) της Unreal Engine και τις τεχνικές μεταβλητής αντιγραφής για την επίτευξη ελάχιστης καθυστέρησης και υψηλής απόκρισης.



Για τη βελτιστοποίηση των επιδόσεων και της απόκρισης σε συνεδρίες πολλαπλών παικτών, χρησιμοποιήθηκαν προηγμένες τεχνικές αντιστάθμισης και παρεμβολής καθυστέρησης, αξιοποιώντας τους ενσωματωμένους μηχανισμούς πρόβλεψης της Unreal Engine. Αυτές οι τεχνικές ελαχιστοποίησαν τις οπτικές ασυνέπειες που προκαλούνται από το δίκτυο και διατήρησαν ομαλές αλληλεπιδράσεις σε πραγματικό χρόνο, απαραίτητες για συναρπαστικές εμπειρίες πολλαπλών παικτών. Οι διαδικαστικές ενημερώσεις γεωμετρίας που προκλήθηκαν από αλληλεπιδράσεις του χρήστη ή από γεγονότα σεναρίων επικοινωνήθηκαν αποτελεσματικά μεταξύ των πελατών χρησιμοποιώντας προσαρμοσμένες ρυθμίσεις αντιγραφής, προσεκτικά ρυθμισμένες ώστε να διατηρείται η βέλτιστη χρήση του εύρους ζώνης του δικτύου και η απόδοση του πελάτη. Συνολικά, η ενσωμάτωση του Geometry Scripting στην Unreal Engine 5.4 και οι ισχυρές δυνατότητες δικτύωσης που παρέχονται από το υποσύστημα Steam Online Subsystem δημιούργησαν ένα συνεκτικό και τεχνικά ισχυρό θεμέλιο για πολλαπλούς παίκτες. Η διαδικαστική παραγωγή και ο χειρισμός δυναμικού περιεχομένου, σε συνδυασμό με την αξιόπιστη και κλιμακούμενη διαχείριση δικτύου, εξασφάλισαν συνεπείς, ελκυστικές και διαδραστικές εκπαιδευτικές εμπειρίες πολλαπλών παικτών, με υψηλή ανταπόκριση και οπτική συνοχή σε διάφορα δικτυακά περιβάλλοντα και συνεδρίες χρηστών.

2.1.2 Ενσωμάτωση Εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης: Metahuman Creator και Convai Plugin

Η υλοποίηση ρεαλιστικών εικονικών χαρακτήρων με τεχνητή νοημοσύνη για την εκπαιδευτική εφαρμογή περιελάμβανε προηγμένες τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης, χρησιμοποιώντας κυρίως το Metahuman Creator της Epic Games, ενσωματωμένο με το plugin Convai για την Unreal Engine. Αυτά τα δύο εξελιγμένα εργαλεία διευκόλυναν τη δημιουργία και την εμψύχωση σε πραγματικό χρόνο εξαιρετικά ρεαλιστικών εικονικών ανθρώπων (metahumans), εφοδιασμένων με αυτόνομες συνομιλιακές ικανότητες και συναισθηματική ανταπόκριση, απαραίτητες για ελκυστικές εκπαιδευτικές αλληλεπιδράσεις μέσα σε εικονικά περιβάλλοντα.

Το Metahuman Creator, που αναπτύχθηκε από την Epic Games, είναι μια εφαρμογή που βασίζεται στο cloud και έχει σχεδιαστεί ειδικά για τη δημιουργία υπερρεαλιστικών ανθρώπινων avatars για διαδραστικές εμπειρίες. Χρησιμοποιώντας τις πιο σύγχρονες τεχνικές procedural modeling, το Metahuman Creator παρέχει εκτεταμένες βιβλιοθήκες με ανατομικά ακριβή χαρακτηριστικά προσώπου και σώματος, φωτορεαλιστικές υφές, προσομοίωση μαλλιών και προηγμένα συστήματα rigging που επιτρέπουν στους προγραμματιστές να δημιουργούν εξαιρετικά λεπτομερείς εικονικούς ανθρώπους με αξιοσημείωτη οπτική πιστότητα. Οι μεταάνθρωποι που δημιουργούνται μέσω αυτής της πλατφόρμας διαθέτουν εγγενώς εξαιρετικά λεπτομερή meshes, συμπεριλαμβανομένων σχολαστικά μοντελοποιημένων μυών του προσώπου, δερματικών υφών, ρεαλιστικών ματιών με δυναμικές αντανάκλασεις και ολοκληρωμένων rigs έκφρασης προσώπου, επιτρέποντας αποχρώσεις συναισθηματικών και εκφραστικών animations.



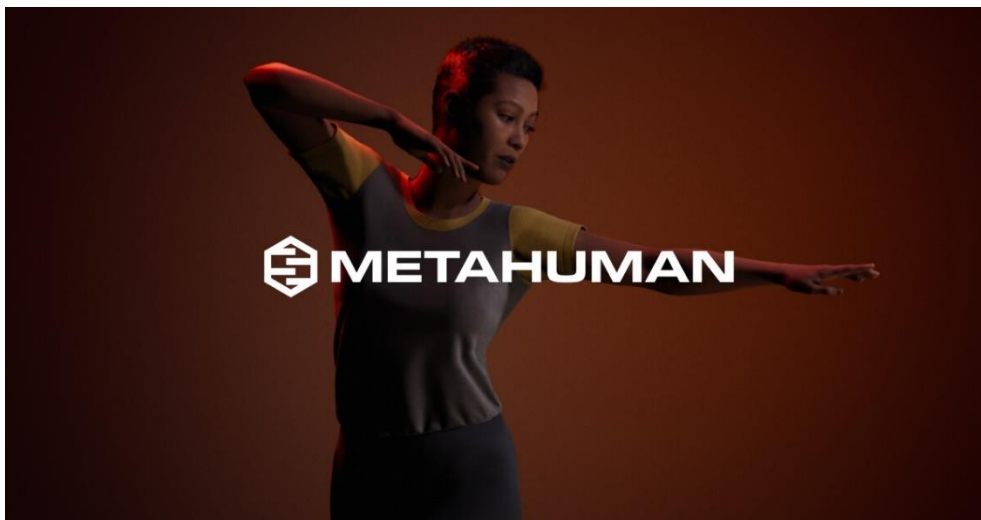


Figure 15: To Metahuman Creator

Η ροή εργασίας δημιουργίας στο Metahuman Creator περιλαμβάνει την επιλογή και ανάμειξη προκαθορισμένων αρχέτυπων προσώπου, με επακόλουθη βελτίωση των επιμέρους χαρακτηριστικών μέσω λεπτομερών παραμέτρων προσαρμογής, συμπεριλαμβανομένης της δομής του προσώπου, του τόνου του δέρματος, του τύπου των μαλλιών και της μορφολογίας των ματιών. Αυτές οι παράμετροι μπορούν να ρυθμιστούν με ακρίβεια χρησιμοποιώντας έξυπνες οπτικές διεπαφές, διευκολύνοντας την ταχεία δημιουργία πρωτοτύπων και την παραγωγή υψηλής ποιότητας προσαρμοσμένη σε συγκεκριμένα εκπαιδευτικά σενάρια. Μόλις οριστικοποιηθούν, τα μοντέλα metahuman εξάγονται απρόσκοπτα στην Unreal Engine 5.4, πλήρως εξοπλισμένα και βελτιστοποιημένα για animation και rendering σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας έτσι την ενσωμάτωση σε διαδραστικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

Για να ενισχυθεί η διαδραστικότητα και ο ρεαλισμός της συνομιλίας αυτών των avatars, ήταν απαραίτητη η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης. Η ενσωμάτωση αυτή επιτεύχθηκε κυρίως με τη χρήση του plugin της Convai, μιας εξειδικευμένης εργαλειοθήκης τεχνητής νοημοσύνης για συνομιλίες, η οποία έχει σχεδιαστεί ρητά για ανάπτυξη εντός της Unreal Engine. Το Convai συνδυάζει εξελιγμένη επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLP), μοντέλα μηχανικής μάθησης και σύνθεση ομιλίας σε πραγματικό χρόνο, δίνοντας στους μεταανθρώπους τη δυνατότητα να εμπλέκονται αυτόνομα με τους χρήστες μέσω δυναμικών, ευέλικτων διαλόγων.

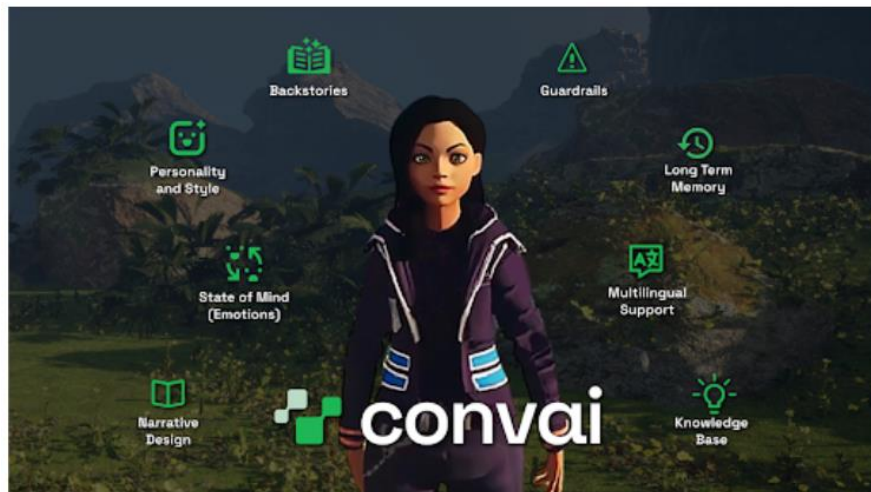


Figure 16: To plugin Convai

Το Convai plugin αξιοποιεί μια υβριδική προσέγγιση τεχνητής νοημοσύνης, χρησιμοποιώντας μοντέλα NLP με βάση τη βαθιά μάθηση για την ακριβή ερμηνεία της εισόδου του χρήστη, τη δημιουργία σχετικών με το πλαίσιο απαντήσεων και την παροχή ρεαλιστικής εξόδου ομιλίας μέσω ενσωματωμένων συστημάτων μετατροπής κειμένου σε ομιλία (text-to-speech ή TTS). Η ροή εργασίας του plugin περιλαμβάνει τη σύλληψη της ομιλίας του χρήστη μέσω αναγνώρισης φωνής σε πραγματικό χρόνο, την επεξεργασία αυτής της εισόδου μέσω προηγμένων νευρωνικών γλωσσικών μοντέλων για τη δημιουργία κατάλληλων απαντήσεων και, τέλος, την εμφύχωση της διάταξης του προσώπου του μεταανθρώπινου χαρακτήρα σε πραγματικό χρόνο με βάση τον συνθετικό ήχο ομιλίας. Η μηχανή σύνθεσης ομιλίας υποστηρίζει αποχρώσεις φωνητικών εκφράσεων, ποικίλους τονισμούς και ρεαλιστικές συναισθηματικές αντιδράσεις, ενισχύοντας σημαντικά τη φυσικότητα και τη δέσμευση των συνομιλιακών αλληλεπιδράσεων σε εκπαιδευτικά πλαίσια.

Η ενσωμάτωση του Convai στην Unreal Engine διευκολύνεται μέσω visual scripting nodes και ειδικών plugin components, απλοποιώντας την τεχνική υλοποίηση. Μετά την ενσωμάτωση, δημιουργείτε η λογική συνομιλίας μέσω της εύχρηστης διεπαφής του Convai, καθορίζοντας τις συμπεριφορές διαλόγου, τις προσωπικότητες των χαρακτήρων, τα πλαίσια συνομιλίας και τις συναισθηματικές καταστάσεις. Αυτό το πλαίσιο επιτρέπει στους μεταανθρώπους να προσαρμόζουν δυναμικά τις στρατηγικές διαλόγου τους, να διατηρούν συνεκτικές συνομιλίες και να επιδεικνύουν πιστευτές συναισθηματικές αντιδράσεις με βάση τις εισροές του χρήστη και τα προκαθορισμένα συμφραζόμενα στοιχεία. Επιπλέον, η πρόσθετη αρχιτεκτονική του Convai περιλαμβάνει ενσωματωμένη διαχείριση της συνομιλιακής μνήμης και της παρακολούθησης του περιεχομένου της συνομιλίας, η οποία είναι απαραίτητη για συνεκτικούς διαλόγους multi-turn σε διαδραστικά σενάρια μάθησης.

Για να διασφαλιστεί ο απρόσκοπτος συγχρονισμός μεταξύ των συνομιλιακών συμπεριφορών που καθοδηγούνται από την Τεχνητή Νοημοσύνη και των animations έκφρασης του προσώπου, το Convai αξιοποιεί τα συστήματα animation προσώπου της Unreal Engine σε πραγματικό χρόνο. Το plugin διασυνδέεται άμεσα με τα λεπτομερή facial rigs του Metahuman Creator, αυτοματοποιώντας τον συγχρονισμό των χειλιών σε πραγματικό χρόνο, την ενεργοποίηση των μυών του προσώπου και

τα animations συναισθηματικής έκφρασης που ενεργοποιούνται από τις εξόδους σύνθεσης ομιλίας. Αυτή η ενσωμάτωση παράγει εξαιρετικά ρεαλιστικά συνομιλητικά άβαταρ, ικανά για λεπτή μη λεκτική επικοινωνία, ενισχύοντας σημαντικά τον ρεαλισμό και την εμπύθιση των εκπαιδευτικών αλληλεπιδράσεων.

Τα τεχνικά ζητήματα που εξετάστηκαν κατά την ενσωμάτωση της Convai αφορούσαν τη βελτιστοποίηση της απόκρισης σε πραγματικό χρόνο και την ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης της συνομιλίας. Η καθυστέρηση του δικτύου, οι καθυστερήσεις επεξεργασίας της αναγνώρισης ομιλίας και οι ταχύτητες δημιουργίας απαντήσεων ρυθμίστηκαν προσεκτικά μέσω επαναληπτικών δοκιμών, διασφαλίζοντας ότι οι συνομιλιακές αλληλεπιδράσεις ήταν φυσικές και ανταποκρινόμενες. Επιπλέον, η ποιότητα του ήχου της σύνθεσης ομιλίας ρυθμίστηκε λεπτομερώς μέσω των προηγμένων νευρωνικών επιλογών TTS της Convai, επιτρέποντας φωνητικές εξόδους υψηλής πιστότητας που ταιριάζουν στενά με τα φυσικά πρότυπα ανθρώπινης ομιλίας, βελτιώνοντας έτσι σημαντικά τη συνολική ποιότητα της αλληλεπίδρασης.

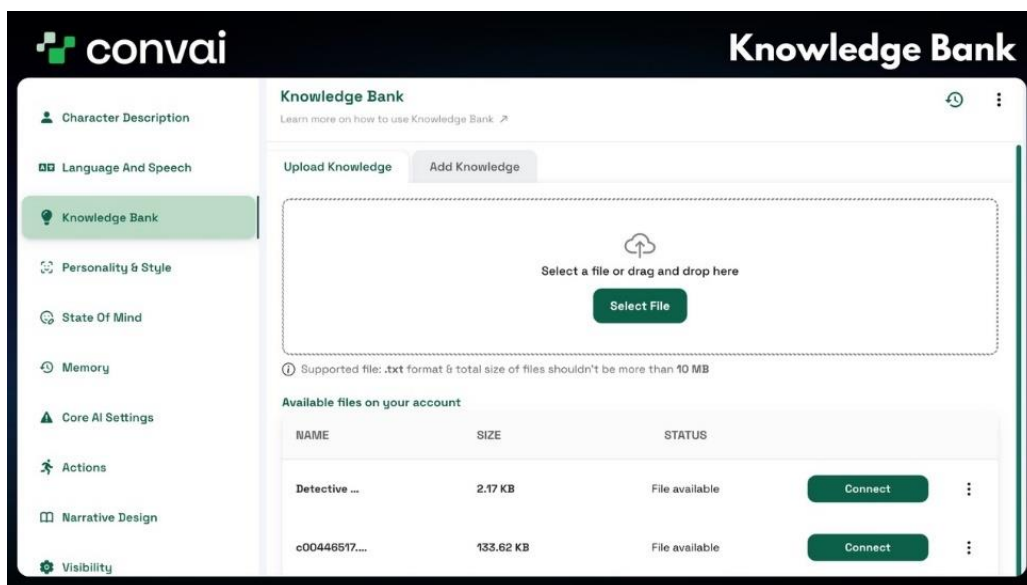


Figure 17: Εισαγωγή Γνώσεων στην Βάση της Convai

Μαζί, το Metahuman Creator και η Convai δημιούργησαν ένα ισχυρό τεχνολογικό πλαίσιο για την ανάπτυξη εξαιρετικά διαδραστικών, συναισθηματικά ευαίσθητων και οπτικά ρεαλιστικών μεταανθρώπων με τεχνητή νοημοσύνη. Αυτά τα προηγμένα άβαταρ παρέχουν πειστικές διαδραστικές εμπειρίες, εμπλουτίζοντας την παροχή εκπαιδευτικού περιεχομένου και ενισχύοντας σημαντικά τη δέσμευση των χρηστών και τη συναισθηματική σύνδεση εντός των εμπυθιστικών εικονικών περιβαλλόντων.



2.2 Αρχιτεκτονικός και Λειτουργικός Σχεδιασμός της Εφαρμογής

2.2.1 Πλαίσιο Ιδέας και Τεχνικός Σχεδιασμός Συστήματος

Η σχεδίαση μιας εκπαιδευτικής εφαρμογής που χρησιμοποιεί ρεαλιστικούς, καθοδηγούμενους από Τεχνητή Νοημοσύνη εικονικούς χαρακτήρες μετάνθρωπους σε ένα εμβυθιστικό εικονικό περιβάλλον πολλαπλών παικτών προήλθε από την αναγνωρισμένη ανάγκη για πιο εξατομικευμένες, ελκυστικές και συναισθηματικά απηχούσες εκπαιδευτικές εμπειρίες. Ενώ οι ψηφιακές εκπαιδευτικές πλατφόρμες έχουν πολλαπλασιαστεί τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα ως απάντηση στις παγκόσμιες τάσεις της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης, οι περισσότερες υπάρχουσες πλατφόρμες εξακολουθούν να βασίζονται σε σχετικά στατικές αλληλεπιδράσεις, χωρίς συναισθηματική ανταπόκριση, εξατομίκευση και ρεαλιστική κοινωνική παρουσία.

Η αρχική ιδέα προέκυψε από την αναγνώριση αυτού του περιορισμού, προτείνοντας ένα νέο εκπαιδευτικό περιβάλλον που θα αξιοποιούσε προηγμένες τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης και εμβυθιστικούς εικονικούς κόσμους για να συμπληρώσει τις παραδοσιακές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις. Η κεντρική ιδέα περιελάμβανε τη δημιουργία εικονικών εκπαιδευτικών χώρων μέσα στο Metaverse, όπου οι εκπαιδευόμενοι θα μπορούσαν να αλληλεπιδρούν φυσικά και δυναμικά με ευφυείς, συναισθηματικά ευαίσθητους ψηφιακούς ανθρώπους, ενισχύοντας έτσι την εμπλοκή, τα κίνητρα και τη διατήρηση.

Ο θεμελιώδης αρχιτεκτονικός σχεδιασμός δομήθηκε γύρω από δύο κύρια διαδραστικά στρώματα: το εμβυθιστικό περιβάλλον πολλαπλών παικτών και τους μεταανθρώπους που καθοδηγούνται από τεχνητή νοημοσύνη. Το περιβάλλον πολλαπλών παικτών, το οποίο υποστηρίζεται από την Unreal Engine 5.4 και το υποσύστημα δικτύωσης του Steam, παρέχει έναν διαδραστικό χώρο που επιτρέπει σε πολλούς μαθητές να συμμετέχουν, να συνεργάζονται και να αλληλεπιδρούν ταυτόχρονα σε πραγματικό χρόνο. Χρησιμοποιήθηκαν procedural τεχνικές για να εξασφαλιστούν ευέλικτα, δυναμικά ρυθμιζόμενα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, δίνοντας έμφαση στην απρόσκοπτη αλληλεπίδραση μεταξύ των συμμετεχόντων. Αυτή η δομή πολλαπλών παικτών ήταν ζωτικής σημασίας για την προσομοίωση συνεργατικών εκπαιδευτικών σεναρίων, επιτρέποντας ποικίλες παιδαγωγικές προσεγγίσεις, όπως ομαδικές δραστηριότητες, συνεργατική επίλυση προβλημάτων και διαδραστικές επιδείξεις μέσα σε ένα ελκυστικό εικονικό πλαίσιο.

Συμπληρωματικά με αυτό το κομμάτι πολλαπλών παικτών, το μετα-ανθρώπινο στοιχείο με βάση την τεχνητή νοημοσύνη χρησίμευε ως διαδραστική διεπαφή ικανή να προσφέρει δυναμική υποστήριξη συνομιλιών, εξατομικευμένη διδασκαλία και συναισθηματική εμπλοκή. Οι μετάνθρωποι, που τροφοδοτούνται από προηγμένες τεχνολογίες Τεχνητής Νοημοσύνης, ήταν ρητά σχεδιασμένοι ως υποστηρικτικές οντότητες και όχι ως αντικαταστάτες των ανθρώπινων εκπαιδευτών. Η αρχιτεκτονική του συστήματος οριοθετούσε προσεκτικά τους μεταανθρώπους ως βοηθούς, μέντορες ή συντρόφους που μπορούσαν να προσφέρουν εξατομικευμένη ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο, συναισθηματικά κίνητρα και αλληλεπιδράσεις σχετικές με τα συμφραζόμενα για να εμπλουτίσουν τις εκπαιδευτικές εμπειρίες που σχεδίαζαν και καθοδηγούσαν οι ανθρώπινοι εκπαιδευτικοί.



Τεχνικά, η αρχιτεκτονική του συστήματος περιελάμβανε διάφορες διασυνδεδεμένες ενότητες σχεδιασμένες για τη διαχείριση διακριτών λειτουργιών:

- **Επίπεδο Εφαρμογής Πελάτη:** Unreal Engine, που διαχειρίζεται την απόδοση σε πραγματικό χρόνο, τις διαδικαστικές αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον (μέσω geometry scripting) και τις τοπικές αλληλεπιδράσεις των χρηστών.
- **Επίπεδο Δικτύωσης Πολλαπλών Παικτών:** Διαχειρίζεται μέσω του Steam Online Subsystem, υπεύθυνο για το συγχρονισμό σε πραγματικό χρόνο, το χειρισμό sessions, το matchmaking και την αναπαραγωγή της κατάστασης των παικτών σε όλους τους πελάτες.
- **Επίπεδο Μεταανθρώπινης Τεχνητής Νοημοσύνης:** Διαχειρίζεται μέσω της ενσωμάτωσης του Convai plugin, χειρίζεται την επεξεργασία φυσικής γλώσσας, τις αλληλεπιδράσεις συνομιλίας, τη συναισθηματική ανταπόκριση και τα procedural facial animations.
- **Επίπεδο Υπηρεσιών Backend:** Υποστήριξη λειτουργιών όπως ασφαλής έλεγχος ταυτότητας χρήστη, παρακολούθηση προόδου χρήστη και διατήρηση δεδομένων, που υλοποιούνται μέσω της ενσωματωμένης υποδομής διαχείρισης συνόδων του Steam.

Η επικοινωνία μεταξύ αυτών των ενότητων δομήθηκε μέσω ισχυρών, αποδοτικών πρωτοκόλλων που εξασφάλιζαν ελάχιστη καθυστέρηση, αξιόπιστο συγχρονισμό δεδομένων και απόκριση σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας ρευστές αλληλεπιδράσεις μεταξύ δικτυωμένων χρηστών και μεταανθρώπινων άβαταρ με τεχνητή νοημοσύνη.

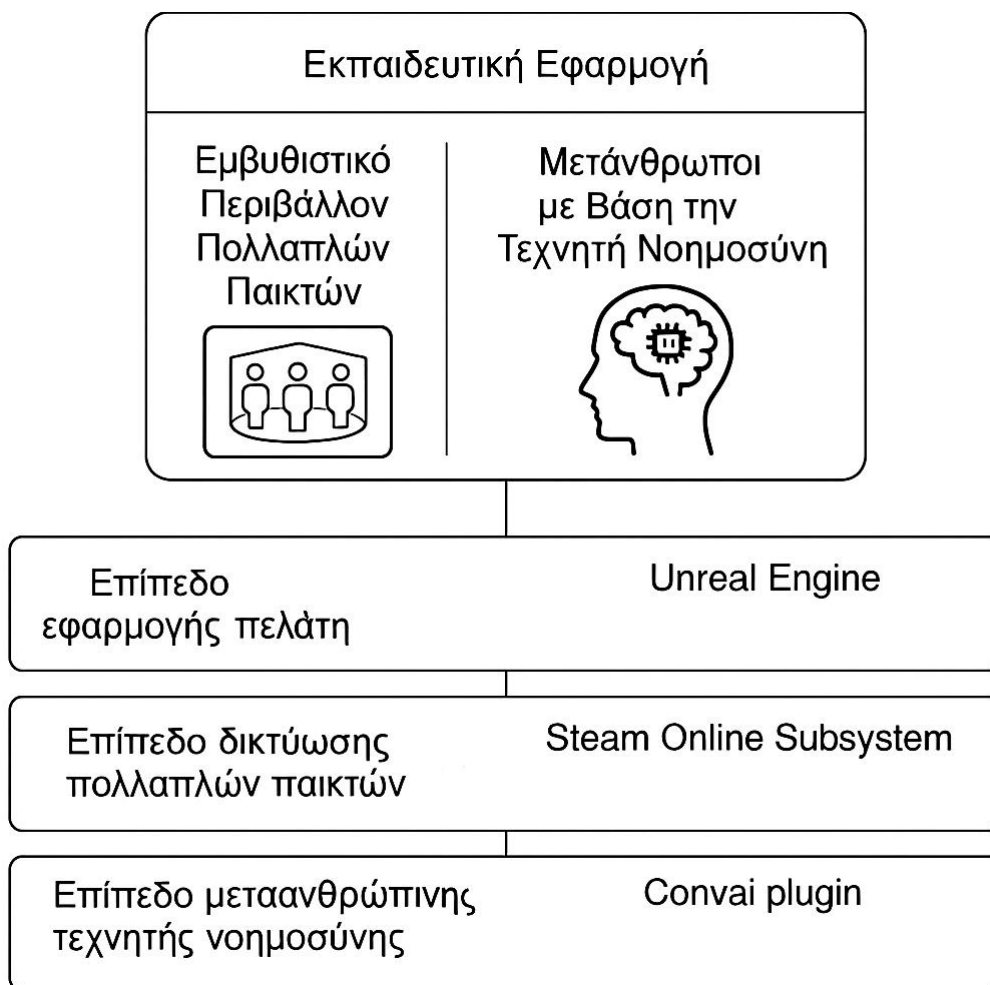


Figure 18: Αρχιτεκτονικό Διάγραμμα



Συνολικά, η αρχική ιδέα και η αρχιτεκτονική του συστήματος έδωσαν έμφαση στην απρόσκοπτη ενσωμάτωση εμβυθιστικών αλληλεπιδράσεων πολλαπλών παικτών με συνομιλητές που καθοδηγούνται από ΤΝ, με ρητό στόχο να εμπλουτίσουν τις παραδοσιακές εκπαιδευτικές μεθοδολογίες και όχι να αντικαταστήσουν τις υπάρχουσες παιδαγωγικές δομές.

2.2.2 Καθορισμός Εκπαιδευτικών Στόχων και Παιδαγωγικών Χαρακτηριστικών

Οι πρωταρχικοί εκπαιδευτικοί στόχοι που διέπουν το σχεδιασμό και την ανάπτυξη αυτής της εφαρμογής προέκυψαν από την ανάλυση των υφιστάμενων εκπαιδευτικών μεθοδολογιών και των περιορισμών τους, ιδίως όσον αφορά τη δέσμευση των μαθητών, την παρακίνηση, την εξατομίκευση και τη συναισθηματική υποστήριξη σε παραδοσιακά και ψηφιακά περιβάλλοντα μάθησης. Αναγνωρίζοντας αυτές τις προκλήσεις, η εκπαιδευτική προσέγγιση επικεντρώθηκε στη συμπλήρωση των υφιστάμενων παιδαγωγικών πλαισίων με την ενσωμάτωση εξαιρετικά διαδραστικών, συναισθηματικά ανταποκρινόμενων μεταανθρώπων με τεχνητή νοημοσύνη ως υποστηρικτικών εκπαιδευτικών παραγόντων και όχι ως αντικαταστάτες των ανθρώπινων εκπαιδευτών.

Ο πρωταρχικός εκπαιδευτικός στόχος της ενσωμάτωσης ρεαλιστικών εικονικών βοηθών ήταν η ενίσχυση της εμπλοκής και των κινήτρων των μαθητών. Η υπάρχουσα εκπαιδευτική έρευνα τονίζει σταθερά την κρίσιμη σημασία της εμπλοκής και της συναισθηματικής σύνδεσης για την προώθηση της αποτελεσματικής μάθησης. Με τη δημιουργία συναισθηματικά εκφραστικών, συνομιλιακά εξελιγμένων μεταανθρώπων, η εφαρμογή στόχευε στην προώθηση βαθύτερων συναισθηματικών συνδέσεων μεταξύ των εκπαιδευόμενων και του εκπαιδευτικού περιεχομένου, αυξάνοντας έτσι σημαντικά την προσοχή, τα κίνητρα και το συνολικό ενδιαφέρον των εκπαιδευόμενων. Αυτοί οι χαρακτήρες με τεχνητή νοημοσύνη σχεδιάστηκαν για να αλληλεπιδρούν δυναμικά με τους εκπαιδευόμενους, να αναγνωρίζουν συναισθηματικές ενδείξεις και να ανταποκρίνονται με ενσυναίσθηση, ενισχύοντας την κοινωνική παρουσία σε εικονικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

Ένας δεύτερος κρίσιμος στόχος αφορούσε την επίτευξη μεγαλύτερης εξατομίκευσης και προσαρμοστικότητας στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Τα παραδοσιακά περιβάλλοντα της τάξης συχνά δυσκολεύονται να προσαρμόσουν τα διαφορετικά γνωστικά στυλ, το ρυθμό και τις συναισθηματικές ανάγκες των μεμονωμένων μαθητών λόγω των εγγενών περιορισμών στην προσοχή και τους πόρους των εκπαιδευτικών. Με την ανάπτυξη μετα-ανθρώπων με τεχνητή νοημοσύνη, ικανών για συνομιλιακές αλληλεπιδράσεις σε πραγματικό χρόνο και εξατομικευμένη ανατροφοδότηση, οι εκπαιδευόμενοι θα μπορούσαν να λαμβάνουν συνεχή υποστήριξη ειδικά προσαρμοσμένη στις ατομικές μαθησιακές τους ανάγκες. Αυτοί οι μεταάνθρωποι, εξοπλισμένοι με προηγμένες δυνατότητες επεξεργασίας φυσικής γλώσσας και συνειδητοποίηση του πλαισίου με βάση τη μνήμη, μπορούν να παρέχουν άμεση, στοχευμένη βοήθεια με βάση τις αλληλεπιδράσεις και την εκπαιδευτική πρόοδο του εκπαιδευόμενου, συμπληρώνοντας έτσι την εξατομικευμένη υποστήριξη που προσφέρουν οι ανθρώπινοι εκπαιδευτικοί.



Επιπλέον, ένας σημαντικός εκπαιδευτικός στόχος αφορούσε τη διευκόλυνση της συνεργατικής και διαδραστικής μάθησης. Η πτυχή πολλαπλών παικτών του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος σχεδιάστηκε ρητά για να επιτρέπει την ουσιαστική συνεργασία, την κοινωνική αλληλεπίδραση και την επικοινωνία μεταξύ ομοτίμων. Οι μεταάνθρωποι σε αυτό το πλαίσιο είχαν υποστηρικτικούς ρόλους σε ομαδικά εκπαιδευτικά σενάρια, καθοδηγώντας τους εκπαιδευόμενους μέσω συνεργατικών εργασιών, διευκολύνοντας το διάλογο και παρέχοντας έγκαιρη βοήθεια χωρίς να επισκιάζουν τους ουσιαστικούς διαδραστικούς ρόλους που έπαιζαν οι ανθρωπinoi εκπαιδευτικοί ή οι συμμαθητές τους. Έτσι, οι μεταάνθρωποι ενίσχυαν τις ομαδικές πτυχές της μάθησης προσφέροντας άμεση, context-sensitive καθοδήγηση, συντονίζοντας τις συζητήσεις και διατηρώντας την εστίαση των μαθητών στους κοινούς εκπαιδευτικούς στόχους.



Figure 19: Εικονικός Βοηθός

Επιπλέον, ένα άλλο κρίσιμο εκπαιδευτικό χαρακτηριστικό που τονίστηκε στο σχεδιασμό του συστήματος ήταν η ικανότητα των μεταανθρώπων να λειτουργούν ως βοηθοί μάθησης με ενσυναίσθηση, αντιμετωπίζοντας τους συναισθηματικούς παράγοντες και τα κίνητρα που είναι γνωστό ότι επηρεάζουν σημαντικά την εκπαιδευτική επιτυχία. Εξοπλισμένοι με εξελιγμένες δυνατότητες αναγνώρισης και έκφρασης συναισθημάτων, οι μεταάνθρωποι μπορούσαν να ανιχνεύουν και να ανταποκρίνονται κατάλληλα σε συναισθηματικές καταστάσεις όπως η απογοήτευση, η σύγχυση ή η αποδέσμευση. Αυτή η ενσυναίσθητική ανταπόκριση εξυπηρετούσε τη διατήρηση των κινήτρων των μαθητών, την ενίσχυση των θετικών μαθησιακών συμπεριφορών και την ενίσχυση της προσαρμοστικότητας στην αντιμετώπιση των εκπαιδευτικών προκλήσεων.

Ωστόσο, είναι σημαντικό ότι αυτές οι συναισθηματικές παρεμβάσεις διαμορφώθηκαν σκόπιμα ως υποστηρικτικές και συμπληρωματικές του ρόλου του εκπαιδευτικού, τοποθετώντας σαφώς τους

μεταανθρώπους ως βοηθούς που ενισχύουν και όχι υποκαθιστούν τις ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις μέσα σε εκπαιδευτικά πλαίσια.

Ένα εξίσου ουσιώδες χαρακτηριστικό του εκπαιδευτικού πλαισίου ήταν η ρητή πρόθεση διατήρησης του κεντρικού και αναντικατάστατου ρόλου των ανθρώπινων εκπαιδευτικών. Οι μεταάνθρωποι σχεδιάστηκαν σκόπιμα όχι ως ανεξάρτητες διδακτικές οντότητες, αλλά ως υποστηρικτικά εργαλεία για τον εμπλουτισμό των παραδοσιακών εκπαιδευτικών αλληλεπιδράσεων. Οι εκπαιδευτικοί διατηρούσαν την απόλυτη ευθύνη για την παράδοση του περιεχομένου του προγράμματος σπουδών, την παιδαγωγική στρατηγική και την αξιολόγηση των μαθητών, ενώ οι μεταάνθρωποι συνεισέφεραν συμπληρωματικές βελτιώσεις μέσω εξατομικευμένων αλληλεπιδράσεων, ανατροφοδότησης σε πραγματικό χρόνο και συναισθηματικής εμπλοκής. Αυτή η ισορροπημένη κατανομή των εκπαιδευτικών ρόλων είχε ως στόχο τη δημιουργία ενός υβριδικού μοντέλου μάθησης που αξιοποιούσε τα μοναδικά πλεονεκτήματα των ανθρώπινων εκπαιδευτικών -όπως η ενσυναίσθηση, η διαίσθηση, η προσαρμοστικότητα και η κρίση του πλαισίου- με τη συνέπεια, την εξατομίκευση και τη διαθεσιμότητα που παρέχουν οι βοηθοί που καθοδηγούνται από την τεχνητή νοημοσύνη.

Επιπλέον, ο σχεδιασμός έδωσε έμφαση στην προσβασιμότητα και την επεκτασιμότητα των εκπαιδευτικών πόρων. Παρέχοντας εξατομικευμένη υποστήριξη με βάση την τεχνητή νοημοσύνη, η εφαρμογή στόχευε στην αύξηση της εκπαιδευτικής προσβασιμότητας για διαφορετικούς μαθητικούς πληθυσμούς, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που παραδοσιακά δεν εξυπηρετούνται επαρκώς από τα συμβατικά εκπαιδευτικά συστήματα. Οι εκπαιδευόμενοι θα μπορούσαν να έχουν πρόσβαση σε συνεπή, υψηλής ποιότητας διαδραστική υποστήριξη, μειώνοντας έτσι τις ανισότητες που προκύπτουν από τη διαφορετική πρόσβαση σε εξατομικευμένη προσοχή στα παραδοσιακά εκπαιδευτικά πλαίσια.

Συνοπτικά, οι εκπαιδευτικοί στόχοι και τα χαρακτηριστικά που διαμόρφωσαν την ανάπτυξη αυτής της εφαρμογής έδωσαν προτεραιότητα στην εμπλοκή των εκπαιδευομένων, στην εξατομικευμένη υποστήριξη, στη συναισθηματική ανταπόκριση και στη συνεργατική αλληλεπίδραση, ενώ παράλληλα ενίσχυσαν ρητά τον κρίσιμο, αναντικατάστατο ρόλο των ανθρώπινων εκπαιδευτών. Οι μεταάνθρωποι που καθοδηγούνται από την τεχνητή νοημοσύνη σχεδιάστηκαν σκόπιμα ως υποστηρικτικοί εκπαιδευτικοί βοηθοί, συμπληρώνοντας την ανθρώπινη διδασκαλία μέσω εξατομικευμένων, προσαρμοστικών και συναισθηματικά συντονισμένων αλληλεπιδράσεων που ενισχύουν σημαντικά την εκπαιδευτική αποτελεσματικότητα και την εμπειρία των μαθητών χωρίς να υποκαθιστούν τις μοναδικές δυνατότητες και ευθύνες των ανθρώπινων εκπαιδευτικών.



3. Υλοποίηση Συστήματος και Ανάλυση Λειτουργικών Χαρακτηριστικών

3.1 Επισκόπηση της Εφαρμογής

3.1.1 Βασικά Χαρακτηριστικά και Λειτουργίες

Η εφαρμογή προσφέρει ένα ολοκληρωμένο σύνολο διαδραστικών λειτουργιών που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να διευκολύνουν δυναμικές εκπαιδευτικές εμπειρίες μέσα σε εμβυθιστικά περιβάλλοντα πολλαπλών παικτών που υποστηρίζονται από μεταανθρώπους που καθοδηγούνται από την Τεχνητή Νοημοσύνη. Κατά την εκκίνηση της εφαρμογής, οι χρήστες συναντούν πρώτα την κύρια διεπαφή του λόμπι, η οποία λειτουργεί ως κεντρικός κόμβος πλοήγησης για την πρόσβαση σε βασικές λειτουργίες, τη δημιουργία και τη συμμετοχή σε συνεδρίες πολλαπλών παικτών και την προσαρμογή των ατομικών εμπειριών των χρηστών.

Στο επίκεντρο της διεπαφής λόμπι βρίσκεται η λειτουργικότητα για τη δημιουργία διακομιστών, όπου οι εκπαιδευτικοί ή οι οικοδεσπότες συνεδριών μπορούν να δημιουργήσουν χωρίς κόπο νέα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα πολλαπλών παικτών. Κατά την έναρξη μιας νέας συνεδρίας, στους χρήστες παρουσιάζεται ένα απλό αλλά ευέλικτο σύνολο προσαρμοζόμενων παραμέτρων:

- **Επιλογή Χάρτη:**
Οι οικοδεσπότες μπορούν να επιλέξουν από δύο διαφορετικούς εκπαιδευτικούς χάρτες που έχουν σχεδιαστεί ρητά για εμβυθιστική εκπαίδευση και διαδραστικές μαθησιακές εμπειρίες. Κάθε χάρτης είναι προσεκτικά προσαρμοσμένος με μοναδικά περιβάλλοντα και διαδραστικά σενάρια για την υποστήριξη διαφορετικών εκπαιδευτικών στόχων.
- **Διαμόρφωση Χωρητικότητας Παικτών:**
Ο μέγιστος αριθμός των συμμετεχόντων σε κάθε συνεδρία μπορεί να ελεγχθεί με ακρίβεια, κυμαινόμενος από ένα ελάχιστο όριο 5 συμμετεχόντων έως ένα μέγιστο όριο 25 συμμετεχόντων. Αυτή η ρύθμιση παρέχει ουσιαστική επεκτασιμότητα, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να προσαρμόσουν το περιβάλλον πολλαπλών παικτών ώστε να ταιριάζει καλύτερα στις προβλεπόμενες παιδαγωγικές δραστηριότητες, τις συνεργατικές ασκήσεις ή τα διαδραστικά σενάρια.
- **Επιλογή Λειτουργίας Δικτύου:**
Οι χρήστες έχουν την ευελιξία να ορίσουν τη λειτουργία δικτύωσης για τη συνεδρία. Διατίθενται δύο επιλογές σύνδεσης:
 - **LAN (τοπικό δίκτυο):** Ιδανικό για τοπικές εκπαιδευτικές ρυθμίσεις, όπως περιβάλλοντα τάξης ή ελεγχόμενα εργαστηριακά σενάρια, όπου προτιμάται η ελάχιστη καθυστέρηση και η ασφάλεια του εσωτερικού δικτύου.
 - **Διαδικτυακές (βασισμένες στο Διαδίκτυο) Συνεδρίες:** Σχεδιασμένες για απομακρυσμένα εκπαιδευτικά σενάρια, διευκολύνοντας την πρόσβαση σε εκπαιδευτικές συνεδρίες από γεωγραφικά καταναμημένους συμμετέχοντες, αξιοποιώντας το ολοκληρωμένο Steam Online Subsystem για ασφαλή και αποτελεσματική δικτύωση.



Συμπληρώνοντας τη λειτουργία δημιουργίας διακομιστή, η εφαρμογή παρέχει μια λειτουργία επιλογής χαρακτήρων στο λόμπι. Πριν από την ένταξη ή τη δημιουργία οποιασδήποτε εκπαιδευτικής συνεδρίας, κάθε συμμετέχων μπορεί να επιλέξει ένα προσωπικό avatar από ένα προκαθορισμένο σύνολο οπτικά διακριτών χαρακτήρων. Αυτή η διαδικασία επιλογής avatar ενισχύει την προσωπική εμπλοκή και εμβύθιση, επιτρέποντας στους εκπαιδευόμενους να επιλέξουν αναπαραστάσεις που αντικατοπτρίζουν την προσωπική τους ταυτότητα ή τις προτιμήσεις τους, συμβάλλοντας θετικά στη συναισθηματική και κοινωνική τους παρουσία μέσα στο εκπαιδευτικό περιβάλλον πολλαπλών παικτών.

Ένα ουσιαστικό μέρος της διεπαφής λόμπι είναι το ολοκληρωμένο μενού ρυθμίσεων, προσβάσιμο απευθείας από την κύρια διεπαφή. Το μενού ρυθμίσεων επιτρέπει τον λεπτομερή έλεγχο πρόσθετων προτιμήσεων του παιχνιδιού και του χρήστη, όπως προσαρμογές της ποιότητας των γραφικών, διαχείριση της έντασης του ήχου και του μικροφώνου, διαμορφώσεις ελέγχου και ρυθμίσεις βελτιστοποίησης του δικτύου. Αυτές οι προσαρμοζόμενες ρυθμίσεις εξασφαλίζουν μια άνετη και βελτιστοποιημένη διαδραστική εμπειρία προσαρμοσμένη ειδικά στις τεχνολογικές δυνατότητες και προτιμήσεις κάθε χρήστη, ενισχύοντας σημαντικά την προσβασιμότητα και την ικανοποίηση των χρηστών.



Figure 20: Λειτουργικότητα Συστήματος

Το πιο σημαντικό είναι ότι η εφαρμογή περιλαμβάνει ισχυρή λειτουργικότητα που επιτρέπει στους συμμετέχοντες -κυρίως στους μαθητές- να αναζητούν και να συμμετέχουν απρόσκοπτα σε υπάρχουσες εκπαιδευτικές συνεδρίες πολλαπλών παικτών. Μέσω μιας ειδικής διεπαφής περιήγησης συνεδριών, η οποία είναι προσβάσιμη απευθείας από το λόμπι, οι συμμετέχοντες μπορούν εύκολα να εντοπίζουν και να συνδέονται σε ενεργούς διακομιστές που φιλοξενούνται είτε τοπικά μέσω LAN είτε διαδικτυακά. Το πρόγραμμα περιήγησης διακομιστών εμφανίζει με σαφήνεια βασικές πληροφορίες σχετικά με τις διαθέσιμες συνεδρίες, όπως το όνομα του κεντρικού υπολογιστή, τον τρέχοντα και μέγιστο αριθμό συμμετεχόντων, τον τύπο σύνδεσης δικτύου και την καθυστέρηση του διακομιστή (ping). Αυτή η διαφάνεια διασφαλίζει ότι οι συμμετέχοντες μπορούν να βρискουν και να συμμετέχουν αποτελεσματικά σε συνεδρίες κατάλληλες για τις εκπαιδευτικές τους ανάγκες και τις συνθήκες του δικτύου τους, βελτιώνοντας έτσι την εμπειρία του χρήστη.

Συνοπτικά, οι βασικές λειτουργίες της εφαρμογής που είναι προσβάσιμες μέσω της διεπαφής λόμπι περιλαμβάνουν επιλογές δημιουργίας διακομιστή (συμπεριλαμβανομένης της επιλογής χάρτη, της χωρητικότητας συνεδρίας και των προτιμήσεων δικτύου), εξατομικευμένη επιλογή χαρακτήρων, ολοκληρωμένη διαχείριση ρυθμίσεων και αποτελεσματικές δυνατότητες περιήγησης σε



διακομιστές. Συλλογικά, αυτές οι λειτουργίες παρέχουν ένα απρόσκοπτο, ευέλικτο και ελκυστικό σημείο εισόδου σε εμπυθιστικές εκπαιδευτικές συνεδρίες πολλαπλών παικτών που τροφοδοτούνται από προηγμένες αλληλεπιδράσεις μεταανθρώπων με βάση την τεχνητή νοημοσύνη.

3.1.2 Μηχανισμοί Εκπαίδευσης με Χρήση AI Metahumans

Η εφαρμογή ενσωματώνει προηγμένα μετα-ανθρώπινα άβαταρ με τεχνητή νοημοσύνη, χρησιμοποιώντας το plugin Convai, επιτρέποντας δυναμικές, συνειδητοποιημένες και συναισθηματικά εκφραστικές αλληλεπιδράσεις μέσα σε εμπυθιστικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Αυτοί οι χαρακτήρες με τεχνητή νοημοσύνη έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν και να βελτιώνουν την εκπαιδευτική εμπειρία, παρέχοντας εξατομικευμένη βοήθεια και προωθώντας τη δέσμευση χωρίς να αντικαθιστούν τους ανθρώπινους εκπαιδευτικούς.

Η ενσωμάτωση του Convai με την Unreal Engine 5.4 επιτρέπει την απρόσκοπτη ενσωμάτωση λειτουργιών τεχνητής νοημοσύνης στα άβαταρ του Metahuman. Οι χαρακτήρες Metahuman εισάγονται μέσω του Quixel Bridge και ενισχύονται με στοιχεία της Convai που είναι υπεύθυνα για τις κινήσεις του σώματος, τις εκφράσεις του προσώπου και τον συγχρονισμό των χειλιών. Αυτή η ρύθμιση διασφαλίζει ότι τα άβαταρ μπορούν να παρουσιάζουν ρεαλιστικές μη λεκτικές ενδείξεις, ευθυγραμμισμένα με το πλαίσιο της συνομιλίας τους.

Η συμπεριφορά και οι γνώσεις κάθε χαρακτήρα τεχνητής νοημοσύνης καθορίζονται μέσω της πλατφόρμας της Convai, μπορούν να δημιουργηθούν λεπτομερείς ιστορίες, προσωπικότητες και βάσεις γνώσεων. Αυτή η προσαρμογή επιτρέπει στα άβαταρ να αναλαμβάνουν συγκεκριμένους εκπαιδευτικούς ρόλους, όπως διδάσκοντες ή οδηγοί, και να αλληλεπιδρούν με τους εκπαιδευόμενους με τρόπο που να συνάδει με τις καθορισμένες προσωπικότητές τους. Η λειτουργία της βάσης γνώσεων επιτρέπει τη μεταφόρτωση πληροφοριών συγκεκριμένου τομέα, διασφαλίζοντας ότι οι απαντήσεις της Τεχνητής Νοημοσύνης είναι ακριβείς και σχετικές με το εκπαιδευτικό περιεχόμενο.



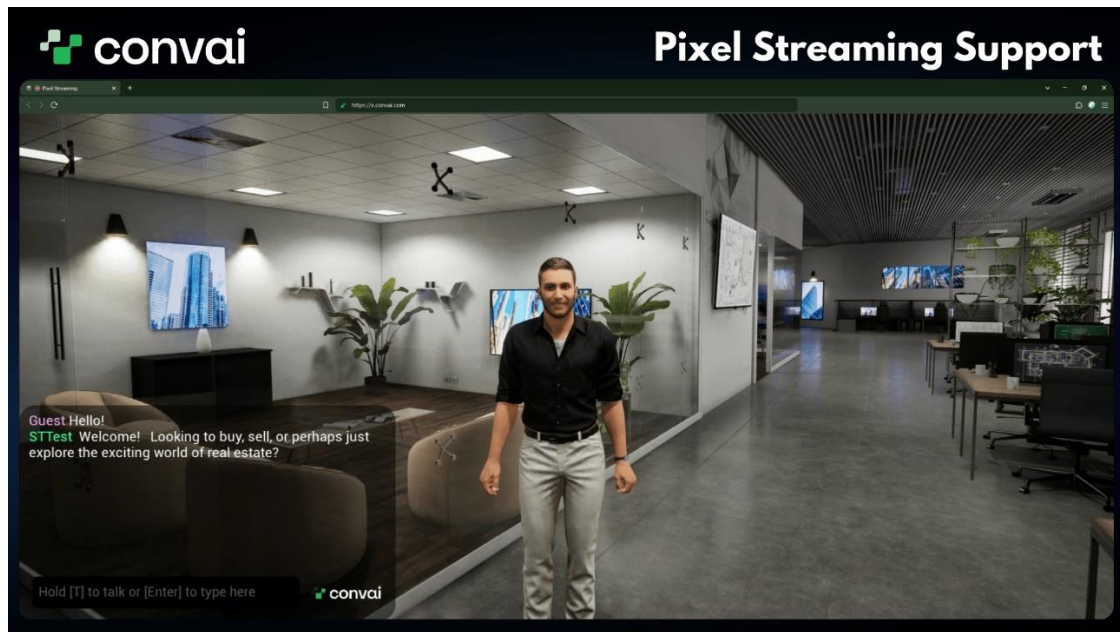


Figure 21: Chat στην Convai

Κατά τη διάρκεια των αλληλεπιδράσεων, το Convai επεξεργάζεται τις εισόδους των χρηστών -είτε κείμενο είτε φωνή- μέσω της μηχανής AI, δημιουργώντας τις κατάλληλες απαντήσεις που στη συνέχεια εκφωνούνται με τη χρήση τεχνολογίας μετατροπής κειμένου σε ομιλία. Το σύστημα υποστηρίζει συγχρονισμό χειλιών και κινούμενα σχέδια προσώπου σε πραγματικό χρόνο, διασφαλίζοντας ότι οι οπτικές ενδείξεις του avatar ταιριάζουν με τον προφορικό διάλογο. Επιπλέον, οι δυνατότητες αντίληψης σκηνής του Convai επιτρέπουν στους χαρακτήρες τεχνητής νοημοσύνης να αναγνωρίζουν και να αναφέρονται σε αντικείμενα μέσα στο περιβάλλον, επιτρέποντας συνομιλίες σχετικές με το πλαίσιο που ενισχύουν την εκπαιδευτική εμπειρία.

Η ικανότητα των άβαταρ να αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους και να ανακαλούν προηγούμενες αλληλεπιδράσεις συμβάλλει σε ένα πιο εξατομικευμένο μαθησιακό περιβάλλον. Μπορούν να ανταποκρίνονται σε περιβαλλοντικές ενδείξεις, όπως αντικείμενα ή γεγονότα εντός του εικονικού χώρου, και να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους με βάση την πρόοδο και τη συναισθηματική κατάσταση του μαθητή. Αυτή η ανταπόκριση συμβάλλει στη διατήρηση της δέσμευσης του εκπαιδευόμενου και παρέχει έγκαιρη υποστήριξη προσαρμοσμένη στις ατομικές ανάγκες.

Είναι σημαντικό ότι οι μεταάνθρωποι με τεχνητή νοημοσύνη έχουν σχεδιαστεί για να συμπληρώνουν και όχι να αντικαθιστούν τους ανθρώπινους εκπαιδευτές. Χρησιμεύουν ως βοηθοί που μπορούν να χειρίζονται ερωτήματα ρουτίνας, να παρέχουν πρόσθετες εξηγήσεις και να προσφέρουν ενθάρρυνση, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να επικεντρωθούν σε πιο σύνθετα διδακτικά καθήκοντα. Αυτή η συνεργατική προσέγγιση βελτιώνει τη συνολική εκπαιδευτική διαδικασία, συνδυάζοντας τα πλεονεκτήματα της ανθρώπινης διδασκαλίας με τη συνέπεια και την επεκτασιμότητα της υποστήριξης από την Τεχνητή Νοημοσύνη.

3.2 Τεχνική Ανάπτυξη και Υλοποίηση

3.2.1 Σχεδιασμός και Υλοποίηση του Εικονικού Περιβάλλοντος με Unreal Engine

Τα εικονικά περιβάλλοντα που σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της Unreal Engine 5.4 ήταν σχολαστικά δομημένα ώστε να διευκολύνουν ποικίλες εκπαιδευτικές αλληλεπιδράσεις, να ενθαρρύνουν την ουσιαστική εμπλοκή των μαθητών και να υποστηρίζουν αποτελεσματικές παιδαγωγικές στρατηγικές μέσα σε εμπυθιστικές και ρεαλιστικές συνθήκες. Υλοποιήθηκαν δύο ξεχωριστοί χάρτες, ο καθένας προσεκτικά προσαρμοσμένος ώστε να υποστηρίζει συγκεκριμένους εκπαιδευτικούς στόχους, εμπειρίες χρηστών και αλληλεπιδράσεις μαθητών: ένα γενικό περιβάλλον αίθουσας διδασκαλίας και μια υπαίθρια περιοχή σχεδιασμένη ρητά για αναψυχή, κοινωνικοποίηση και εξερεύνηση της φύσης.

Το πρώτο περιβάλλον αντιπροσωπεύει μια ευέλικτη, γενική εικονική αίθουσα διδασκαλίας που σχεδιάστηκε σκόπιμα για να παρέχει στους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές τη μέγιστη δυνατή ευελιξία όσον αφορά το αντικείμενο και την παιδαγωγική προσέγγιση. Ενωσιολογικά, το περιβάλλον αυτό δομήθηκε για να προσομοιώσει έναν σύγχρονο, προσαρμόσιμο εκπαιδευτικό χώρο που ευνοεί πολλαπλές μορφές αλληλεπίδρασης, όπως άμεση διδασκαλία, ομαδική συνεργασία, διαδραστικές επιδείξεις και ατομική εξερεύνηση. Η αίθουσα διαθέτει μια ουδέτερη και ευρύχωρη διάταξη, ενσωματώνοντας ευέλικτα έπιπλα και διαδραστικά αντικείμενα στρατηγικά τοποθετημένα για την υποστήριξη διαφόρων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων και σεναρίων.

Τα διαδραστικά στοιχεία σε αυτό το περιβάλλον περιλαμβάνουν στοιχεία που συνήθως συναντώνται σε παραδοσιακές αίθουσες διδασκαλίας, όπως θρανία, καρέκλες, πίνακες, διαδραστικές οθόνες, ψηφιακές οθόνες και άλλα έπιπλα. Επιπλέον, οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδρούν δυναμικά με αυτά τα αντικείμενα σε πραγματικό χρόνο, αναδιατάσσοντας τις διαμορφώσεις των επίπλων ώστε να εξυπηρετούν συγκεκριμένες διδακτικές ανάγκες, όπως ομαδική εργασία, σεμινάρια ή ατομικές εργασίες. Ο γενικός σχεδιασμός προωθεί την προσαρμοστικότητα, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να μεταβαίνουν απρόσκοπτα μεταξύ θεμάτων που κυμαίνονται από τις επιστήμες και τα μαθηματικά έως τις ανθρωπιστικές και γλωσσικές σπουδές.





Figure 22: Το Δωμάτιο Τάξης

Ο ρεαλισμός και η εμπύθιση στο περιβάλλον της τάξης ενισχύθηκαν σημαντικά με τη χρήση των προηγμένων τεχνικών απόδοσης της Unreal Engine, συγκεκριμένα της εικονικής γεωμετρίας Nanite και του παγκόσμιου φωτισμού Lumen σε πραγματικό χρόνο. Αυτές οι τεχνολογίες εξασφάλισαν ρεαλιστικό φωτισμό, ακριβείς αντανakλάσεις και λεπτομερή υφή των επιφανειών, βελτιώνοντας σημαντικά την αίσθηση παρουσίας και εμπύθισης που είναι κρίσιμη για τη διατήρηση της προσοχής και της δέσμευσης των μαθητών. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε εκτενώς το procedural geometry scripting για τη βελτιστοποίηση των mesh structures, επιτρέποντας στα αντικείμενα να ανταποκρίνονται δυναμικά και ρεαλιστικά στις αλληλεπιδράσεις του χρήστη, αυξάνοντας έτσι τη διαδραστικότητα και τον ρεαλισμό μέσα στα εκπαιδευτικά σενάρια.

Από παιδαγωγικής άποψης, ο γενικός σχεδιασμός της αίθουσας διδασκαλίας αποφεύγει σκόπιμα θεματικούς περιορισμούς. Αυτή η προσέγγιση παρέχει στους εκπαιδευτικούς ένα ανοικτό εικονικό περιβάλλον που υποστηρίζει ποικίλες διδακτικές μεθοδολογίες, ενθαρρύνοντας τους εκπαιδευτικούς να εφαρμόσουν δημιουργικά μαθήματα που εμπλέκουν τους μαθητές σε εξατομικευμένες, διαδραστικές και συνεργατικές μαθησιακές εμπειρίες. Επιπλέον, η ευέλικτη διάταξη υποστηρίζει απρόσκοπτα την αλληλεπίδραση των μεταανθρώπων που καθοδηγούνται από την τεχνητή νοημοσύνη, παρέχοντας στους εικονικούς εκπαιδευτές και τα βοηθητικά άβαταρ επαρκή χωρική ελευθερία για να αλληλεπιδρούν φυσικά και πειστικά με τους μαθητές, μεγιστοποιώντας έτσι την αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών αλληλεπιδράσεων που υποστηρίζονται από την τεχνητή νοημοσύνη.

Το δεύτερο περιβάλλον, το οποίο εννοιολογείται ως μια υπαίθρια φυσική περιοχή, χρησιμεύει ως ένας εμπυθιστικός χώρος κοινωνικοποίησης και χαλάρωσης, αντιπροσωπεύοντας μεταφορικά το εικονικό ισοδύναμο ενός χώρου διαλείμματος. Σχεδιασμένο κυρίως με εκτεταμένους χώρους πρασίνου, δέντρα, βλάστηση και φυσικά στοιχεία, αυτό το υπαίθριο περιβάλλον ενθαρρύνει ρητά την εξερεύνηση, την κοινωνική αλληλεπίδραση και την άτυπη μάθηση μέσω της περιβαλλοντικής εμπλοκής. Η σκόπιμη επιλογή του φυσικού περιβάλλοντος είχε ως στόχο να προσφέρει στους μαθητές ένα χαλαρωτικό, οπτικά ελκυστικό διάλειμμα από τις δομημένες δραστηριότητες της

τάξης, αντικατοπτρίζοντας τα ψυχολογικά και γνωστικά οφέλη που σχετίζονται με την παραμονή στη φύση.

Ο σχεδιασμός του υπαίθριου περιβάλλοντος δίνει έμφαση στην ανοιχτή εξερεύνηση, την ελεύθερη κίνηση και τη συνεργατική αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών. Ο σχεδιασμός του εδάφους περιλαμβάνει ήπιους λόφους, ανοιχτά χλωώδη πεδία, δέντρα, θάμνους και διάφορα φυτά. Αυτά τα στοιχεία δημιουργήθηκαν και τοποθετήθηκαν στρατηγικά για να ενθαρρύνουν την εξερεύνηση με γνώμονα την περιέργεια, τις συνεργατικές αλληλεπιδράσεις και τις άτυπες μαθησιακές δραστηριότητες. Τα ρεαλιστικά περιβαλλοντικά στοιχεία, όπως το κινούμενο φύλλωμα, οι δυναμικές σκιές και οι ανταποκρινόμενες κινήσεις της βλάστησης, ενισχύουν σημαντικά τον ρεαλισμό και την εμπύθιση, παρέχοντας μια συναρπαστική και ελκυστική αισθητηριακή εμπειρία. Επιπλέον, τα τοποθετημένα διαδραστικά αντικείμενα ενθαρρύνουν τις ευκαιρίες άτυπης μάθησης, όπως η εικονική άγρια ζωή, τα οικολογικά μοντέλα και οι κρυμμένες περιοχές που μπορούν να ανακαλύψουν οι μαθητές, ενισχύοντας έτσι την περιέργεια και την αίσθηση της περιπέτειας.

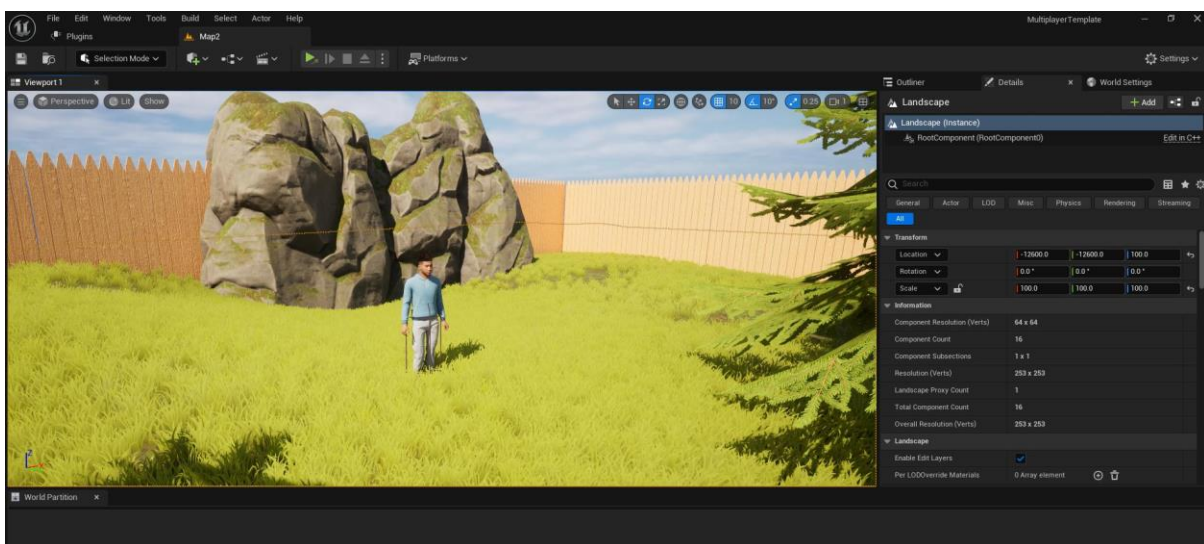


Figure 23: Το Δωμάτιο της Υπαίθρου

Αξιοποιώντας το procedural geometry scripting της Unreal Engine, οι δυναμικές και ευέλικτες περιβαλλοντικές αλληλεπιδράσεις -όπως τα κινούμενα φύλλα, το θρόισμα του γρασιδιού και οι κινήσεις της άγριας ζωής- ενισχύουν σημαντικά τον ρεαλισμό και τη διαδραστική εμπλοκή μέσα στον χάρτη. Αυτά τα διαδικαστικά στοιχεία βοηθούν στη διατήρηση του ενδιαφέροντος των μαθητών, ενθαρρύνουν την εξερευνητική συμπεριφορά και υποστηρίζουν την άτυπη εκπαίδευση μέσω της ανακάλυψης, συμβάλλοντας έτσι θετικά στη συνολική εκπαιδευτική εμπειρία.

Αυτός ο δεύτερος χάρτης υποστηρίζει επίσης την πολύτιμη κοινωνικοποίηση και την αλληλεπίδραση, αντικατοπτρίζοντας τον ζωτικό ρόλο που διαδραματίζει η κοινωνική εμπλοκή στις αποτελεσματικές διαδικασίες μάθησης. Το φυσικό περιβάλλον παρέχει μια χαλαρή και άνετη ατμόσφαιρα που ευνοεί τη συζήτηση, την επικοινωνία μεταξύ ομοτίμων και τις ανεπίσημες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μαθητών και των μεταανθρώπινων άβαταρ. Τα τεχνητά είδωλα είναι διαθέσιμα μέσα σε αυτό το περιβάλλον ως διαδραστικοί σύντροφοι ή μέντορες, ικανά να

συμμετέχουν σε περιστασιακές συζητήσεις με επίγνωση του πλαισίου, προωθώντας έτσι τη συναισθηματική σύνδεση και υποστηρίζοντας στόχους κοινωνικής μάθησης.

Μαζί, αυτά τα δύο εικονικά περιβάλλοντα - η γενική διαδραστική αίθουσα διδασκαλίας και ο χαλαρωτικός υπαίθριος χώρος - παρέχουν ολοκληρωμένη υποστήριξη για ποικίλες εκπαιδευτικές εμπειρίες σε περιβάλλοντα εμπύθισης. Αξιοποιώντας την ισχυρή απόδοση σε πραγματικό χρόνο της Unreal Engine, το procedural geometry scripting και τον λεπτομερή σχεδιασμό του περιβάλλοντος, αυτοί οι εικονικοί χώροι εξασφαλίζουν μέγιστη ευελιξία, ρεαλισμό, διαδραστικότητα και παιδαγωγική αποτελεσματικότητα, επιτρέποντας την ουσιαστική εκπαιδευτική εμπλοκή σε ποικίλα διδακτικά σενάρια και μαθησιακούς στόχους.

3.2.2 Υλοποίηση και Ενσωμάτωση Τεχνητής Νοημοσύνης στους Μεταανθρώπους

Η ενσωμάτωση προηγμένης τεχνητής νοημοσύνης στα μεταανθρώπινα είδωλα έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην ενίσχυση της εκπαιδευτικής αποτελεσματικότητας και της εμπιστοσύνης εμπλοκής της εφαρμογής. Δύο διαφορετικοί βοηθοί διδασκαλίας Metahuman αναπτύχθηκαν και σχεδιάστηκαν ειδικά, ο καθένας προσεκτικά προσαρμοσμένος ώστε να ευθυγραμμιστεί με τους μοναδικούς παιδαγωγικούς στόχους και τα θεματικά περιβάλλοντα που αντιπροσωπεύουν οι χάρτες με θέμα την τάξη και τη φύση. Αξιοποιώντας την εξελιγμένη πλατφόρμα συνομιλιακής τεχνητής νοημοσύνης της Convai στο πλαίσιο της Unreal Engine 5.4, αυτοί οι βοηθοί διδασκαλίας ήταν εξοπλισμένοι για να παρέχουν ακριβείς, συναισθηματικά εκφραστικές και εξατομικευμένες εκπαιδευτικές αλληλεπιδράσεις.

Ο πρώτος μεταανθρώπινος βοηθός διδασκαλίας, σχεδιασμένος ειδικά για το περιβάλλον της τάξης, εκπαιδεύτηκε σχολαστικά για να λειτουργεί ως ευέλικτος ακαδημαϊκός βοηθός ικανός να αντιμετωπίσει ένα ευρύ φάσμα θεμάτων. Εξοπλισμένος με εκτεταμένες γνώσεις για συγκεκριμένους τομείς σε κλάδους όπως τα μαθηματικά, οι φυσικές επιστήμες, οι γλωσσικές τέχνες, οι ανθρωπιστικές επιστήμες, η τεχνολογία και θέματα γενικών γνώσεων, αυτός ο εικονικός βοηθός παρείχε εξατομικευμένη υποστήριξη σε πραγματικό χρόνο στους μαθητές που αλληλεπιδρούσαν μέσα στην τάξη. Μέσω της πλατφόρμας της Convai, δημιουργήθηκαν λεπτομερείς βάσεις γνώσεων, επιτρέποντας στον βοηθό να ανταποκρίνεται με ακρίβεια και νόημα σε ποικίλα ερωτήματα των μαθητών. Αυτή η εκτεταμένη βάση γνώσεων βελτιωνόταν συνεχώς μέσω επαναληπτικής εκπαίδευσης και ενσωμάτωσης περιεχομένου, διασφαλίζοντας την ολοκληρωμένη κάλυψη των βασικών εκπαιδευτικών προγραμμάτων και των κοινών ερωτήσεων των μαθητών.



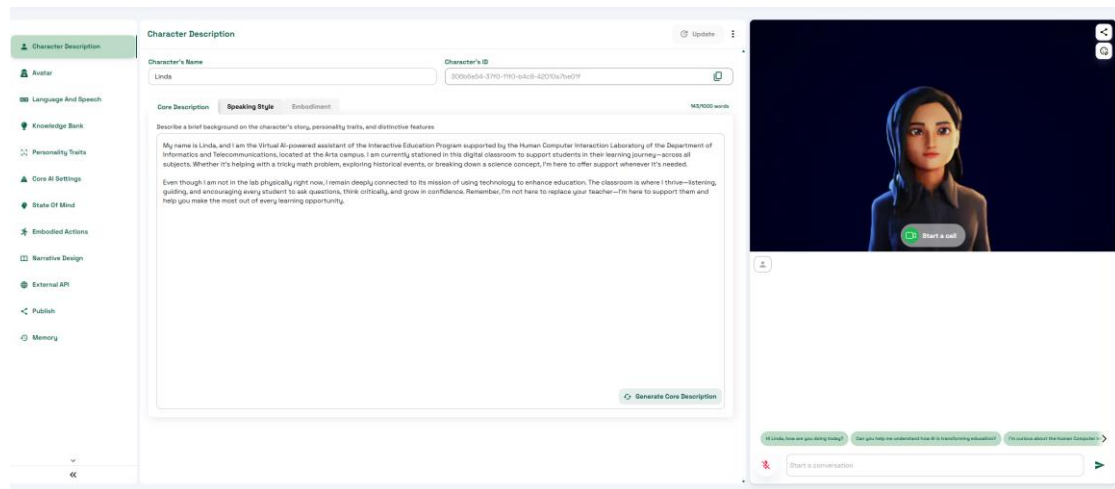


Figure 24: Ο Χαρακτήρας της Τάξης

Όσον αφορά τις διαλογικές αλληλεπιδράσεις, ο μεταάνθρωπος της τάξης σχεδιάστηκε με μια επαγγελματική αλλά και προσιτή προσωπικότητα. Αυτή η προσωπικότητα επιλέχθηκε ρητά για να εξισορροπήσει την εξουσία με την ενσυναίσθηση, δημιουργώντας μια υποστηρικτική και φιλόξενη ατμόσφαιρα που ενθάρρυνε τους μαθητές να κάνουν ελεύθερα ερωτήσεις, να ασχοληθούν ενεργά με το υλικό του μαθήματος και να αλληλεπιδράσουν άνετα τόσο με τους συμμαθητές τους όσο και με τον βοηθό Μεταάνθρωπο. Το άβαταρ ήταν εξοπλισμένο με προηγμένη επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLP) και σύνθεση ομιλίας σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας ρευστές και φυσικές συνομιλιακές αλληλεπιδράσεις που προσαρμόζονταν δυναμικά στις ερωτήσεις των φοιτητών, στις συναισθηματικές καταστάσεις και στα πλαίσια της συνομιλίας.

Στην πράξη, ο βοηθός στην τάξη παρείχε σε πραγματικό χρόνο διευκρινίσεις για σύνθετες έννοιες, βοηθούσε τους μαθητές σε δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων, προσέφερε άμεση και εξατομικευμένη ανατροφοδότηση για τις απαντήσεις των μαθητών και διευκόλυνε τις καθοδηγούμενες συζητήσεις μεταξύ των συμμαθητών. Χρησιμοποιώντας εξελιγμένες δυνατότητες αναγνώρισης συναισθημάτων, ο βοηθός μπορούσε να ανιχνεύσει σημάδια σύγχυσης, απογοήτευσης ή αποδέσμευσης, ανταποκρινόμενος άμεσα με ενσυναίσθητική υποστήριξη, ενθάρρυνση και διευκρινίσεις για να διατηρήσει τα κίνητρα και τη δέσμευση των μαθητών. Αυτή η συναισθηματική ανταπόκριση συνέβαλε σημαντικά στην ενίσχυση της μαθησιακής εμπειρίας δημιουργώντας ένα υποστηρικτικό και ιδιαίτερα διαδραστικό περιβάλλον στην τάξη.

Ο δεύτερος βοηθός διδασκαλίας Metahuman με τεχνητή νοημοσύνη προσαρμόστηκε για το υπαίθριο περιβάλλον με θέμα τη φύση, δίνοντας έμφαση στην εξερεύνηση, την κοινωνικοποίηση και την ανεπίσημη μάθηση. Σε αντίθεση με τον γενικό ακαδημαϊκό βοηθό, αυτός ο Μεταάνθρωπος εκπαιδεύτηκε για να είναι ειδικός σε θέματα που σχετίζονται με τις φυσικές επιστήμες, την οικολογία, την άγρια ζωή, τα φυτά και την περιβαλλοντική εκπαίδευση. Μέσω της εκτεταμένης εκπαίδευσης στη βάση γνώσεων με τη χρήση της πλατφόρμας της Connai, αυτός ο μεταάνθρωπος βοηθός μπορούσε να απαντήσει αποτελεσματικά σε λεπτομερείς ερωτήσεις σχετικά με τη χλωρίδα και την πανίδα, τα οικοσυστήματα, τη οικολογία και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Η βάση γνώσεων επέτρεψε συνομιλίες με ακρίβεια πλαισίου ευθυγραμμισμένες με το φυσικό περιβάλλον που παρουσιάζεται στο χάρτη, ενθαρρύνοντας την εξερεύνηση των μαθητών με γνώμονα την περιέργεια και τη διαδραστική μάθηση.



Σε ευθυγράμμιση με την παιδαγωγική εστίαση του υπαίθριου περιβάλλοντος, η προσωπικότητα αυτού του βοηθού σχεδιάστηκε σκόπιμα ώστε να είναι ιδιαίτερα ενθουσιώδης, ενθαρρυντική και υποστηρικτική. Ο πρωταρχικός του ρόλος ήταν να παρακινήσει τους μαθητές να εξερευνήσουν ενεργά το περιβάλλον τους, να ενισχύσει την περιέργεια και να προωθήσει το ομαδικό πνεύμα συνεργασίας μεταξύ των συμμετεχόντων. Χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες συνομιλίας και αναγνώρισης συναισθημάτων της Convai με βάση την Τεχνητή Νοημοσύνη, ο Metahuman ενθάρρυνε τους μαθητές να κάνουν ερωτήσεις, παρείχε ελκυστικές εξηγήσεις, υπογράμμιζε συναρπαστικά γεγονότα για τη φύση και πρότεινε δραστηριότητες εξερεύνησης που υποκινούσαν την περιέργεια και τη συνεργατική ανακάλυψη μεταξύ των μαθητών.

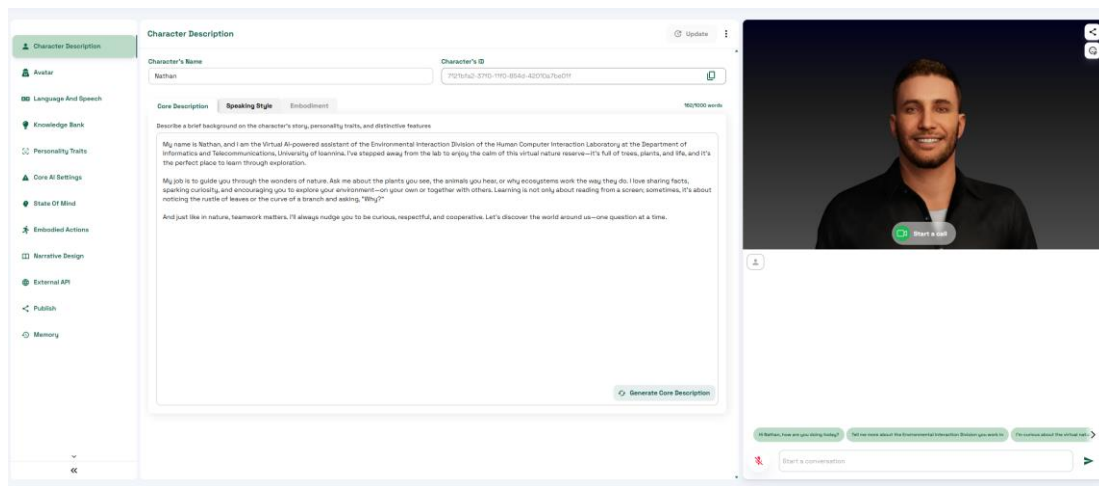


Figure 25: Ο Χαρακτήρας της Υπαίθρου

Επιπλέον, ο εξωτερικός βοηθός έδωσε έμφαση στην κοινωνική-συναισθηματική μάθηση και τις συνεργατικές συμπεριφορές, προτρέποντας ενεργά τους μαθητές να συνεργαστούν, να συζητήσουν τα ευρήματα και να συμμετάσχουν σε συλλογικές εργασίες επίλυσης προβλημάτων ή προκλήσεις εξερεύνησης. Οι διαδραστικές απαντήσεις του ενίσχυαν ρητά τις θετικές κοινωνικές συμπεριφορές, την ομαδική εργασία και την επικοινωνία μεταξύ ομοτίμων, ενισχύοντας έτσι τόσο τις άτυπες όσο και τις επίσημες μαθησιακές εμπειρίες μέσα στο φυσικό περιβάλλον. Η συναισθηματική ανταπόκριση έπαιξε εξίσου κρίσιμο ρόλο εδώ, επιτρέποντας στον βοηθό να αναγνωρίζει και να ενισχύει θετικά τον ενθουσιασμό, την περιέργεια και τις προσπάθειες ομαδικής εργασίας των μαθητών αποτελεσματικά.

Και οι δύο βοηθοί διδασκαλίας χρησιμοποίησαν τα προηγμένα χαρακτηριστικά του Convai, συμπεριλαμβανομένων των δυνατοτήτων αντίληψης σκηνών και διαχείρισης μνήμης. Η αντίληψη σκηνής επέτρεψε στα άβαταρ να αναγνωρίζουν και να αναφέρονται με βάση το πλαίσιο σε αντικείμενα μέσα στα αντίστοιχα εικονικά περιβάλλοντα, ενισχύοντας τον ρεαλισμό και τη συνάφεια των αλληλεπιδράσεων. Η λειτουργία διαχείρισης μνήμης εξασφάλιζε συνεκτικές και συνεπείς συνομιλιακές ανταλλαγές, επιτρέποντας στους Μεταανθρώπους να θυμούνται προηγούμενες αλληλεπιδράσεις των μαθητών, παρέχοντας έτσι ουσιαστική συνέχεια και εξατομικευμένο πλαίσιο συνομιλίας σε πολλαπλές αλληλεπιδράσεις.



Από τεχνικής άποψης, κάθε βοηθός αξιοποίησε τη σύνθεση ομιλίας σε πραγματικό χρόνο της Convai σε συνδυασμό με τα συστήματα facial rigs και animation της Metahuman. Αυτό εξασφάλισε συγχρονισμό χειλιών σε πραγματικό χρόνο, εκφραστικά κινούμενα σχέδια προσώπου και δυναμικές χειρονομίες του σώματος, ενισχύοντας σημαντικά τον ρεαλισμό, την εμπύθιση και τη συναισθηματική εμπλοκή κατά τη διάρκεια των αλληλεπιδράσεων. Το procedural geometry της Unreal Engine και τα συστήματα animation σε πραγματικό χρόνο υποστήριξαν περαιτέρω αυτές τις πτυχές οπτικού και συμπεριφορικού ρεαλισμού, επιτρέποντας στους βοηθούς να ανταποκρίνονται σωματικά και συναισθηματικά στο πλαίσιο της συνομιλίας με πειστικό τρόπο.



Figure 26: Ορισμός του Face Rigging

Τελικά, η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης σε αυτούς τους δύο εξειδικευμένους βοηθούς διδασκαλίας Metahuman εμπλούτισε σημαντικά το εκπαιδευτικό δυναμικό της εφαρμογής. Προσαρμόζοντας προσεκτικά τις αντίστοιχες βάσεις γνώσεων, τις προσωπικότητές τους, τις στρατηγικές συνομιλίας και τη συναισθηματική τους ανταπόκριση ώστε να ταιριάζουν με συγκεκριμένους παιδαγωγικούς στόχους και περιβαλλοντικά πλαίσια, αυτοί οι βοηθοί που καθοδηγούνται από την τεχνητή νοημοσύνη παρείχαν συνεπή, εξατομικευμένη και ελκυστική εκπαιδευτική υποστήριξη, ενισχύοντας έτσι αποτελεσματικά τις εμπυστικές μαθησιακές εμπειρίες που παρέχονται σε κάθε εικονικό περιβάλλον.

3.2.3 Ενσωμάτωση και Ρύθμιση του Steam Online Subsystem

Το Steam Online Subsystem, ενσωματωμένο στην Unreal Engine 5.4, είχε θεμελιώδη ρόλο στη δημιουργία ισχυρών, ασφαλών και κλιμακούμενων δυνατοτήτων δικτύωσης πολλαπλών παικτών για την εκπαιδευτική εφαρμογή. Το Steam Online Subsystem, το οποίο αναπτύχθηκε και συντηρείται από την Valve Corporation, παρέχει μια ολοκληρωμένη υποδομή που έχει σχεδιαστεί για τη διαχείριση κρίσιμων λειτουργιών πολλαπλών παικτών, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης συνόδων, του matchmaking, του ελέγχου ταυτότητας των παικτών, του συγχρονισμού σε πραγματικό χρόνο και της αξιοπιστίας του δικτύου.



Για την αποτελεσματική υλοποίηση λειτουργιών πολλαπλών παικτών στο εκπαιδευτικό περιβάλλον, η εφαρμογή χρησιμοποίησε την ισχυρή υποδομή δικτύωσης του Steam μέσω της ενσωματωμένης διεπαφής Online Subsystem της Unreal Engine. Αυτή η ενσωμάτωση προσέφερε αξιόπιστη υποστήριξη backend, επιτρέποντας τον απρόσκοπτο χειρισμό των συνόδων πολλαπλών παικτών, τη δημιουργία λόμπι, την ανίχνευση διακομιστών και τις αλληλεπιδράσεις παικτών σε πραγματικό χρόνο τόσο σε LAN όσο και σε online συνόδους.

Η διαδικασία ενσωμάτωσης ξεκίνησε με τη διαμόρφωση του πρόσθετου Steam Online Subsystem στο Unreal Engine. Αυτό περιελάμβανε τον καθορισμό των κατάλληλων ρυθμίσεων στα αρχεία project της μηχανής, όπως το DefaultEngine.ini, όπου το υποσύστημα ενεργοποιήθηκε και προσαρμόστηκε ειδικά για τις απαιτήσεις δικτύωσης του project. Βασικές παράμετροι -όπως τα αναγνωριστικά εφαρμογών Steam, τα σημεία ελέγχου ταυτότητας, οι ρυθμίσεις συνεδρίας και οι παράμετροι του matchmaking- διαμορφώθηκαν έπειτα, εξασφαλίζοντας απρόσκοπτη συμβατότητα και βέλτιστη απόδοση εντός της υποδομής δικτύου του Steam.

```
[OnlineSubsystem]
DefaultPlatformService=Steam

[OnlineSubsystemSteam]
bEnabled=true
SteamDevAppId=480

[/Script/OnlineSubsystemSteam.SteamNetDriver]
NetConnectionClassName=OnlineSubsystemSteam.SteamNetConnection
```

Figure 27: Ρυθμίσεις Subsystem

Μόλις το υποσύστημα διαμορφώθηκε σωστά, η εφαρμογή αξιοποίησε το ενσωματωμένο οπτικό σύστημα σεναρίων Blueprints της Unreal Engine παράλληλα με τις λειτουργίες του Steam API. Εντός της Unreal Engine, το πλαίσιο δικτύωσης για πολλούς παίκτες υλοποιήθηκε κυρίως μέσω ροών εργασίας visual scripting. Αυτή η προσέγγιση παρείχε εύχρηστη διαχείριση της λογικής πολλαπλών παικτών, συμπεριλαμβανομένης της φιλοξενίας συνόδων, της ένταξης, του matchmaking, του ελέγχου ταυτότητας των παικτών και των δικτυακών αλληλεπιδράσεων, ελαχιστοποιώντας την πολυπλοκότητα που παραδοσιακά συνδέεται με τον προγραμματισμό multiplayer.



Figure 28: Διάγραμμα Λειτουργίας Διασύνδεσης Συστήματος

Κατά την εκκίνηση της εφαρμογής, οι χρήστες αποκτούν πρόσβαση στο περιβάλλον εργασίας λόμπι, όπου μπορούν να ξεκινήσουν τη δημιουργία συνεδριών πολλαπλών παικτών. Σε αυτό το πλαίσιο, το Steam Online Subsystem διευκόλυνε τη δημιουργία δικτυακών συνόδων μέσω σαφώς καθορισμένων λειτουργιών Blueprint, όπως το CreateSession, το FindSessions και το JoinSession. Συγκεκριμένα:



- **Δημιουργία Συνεδρίας:**

Οι κεντρικοί υπολογιστές καθορίζουν παραμέτρους όπως ο επιλεγμένος εκπαιδευτικός χάρτης, ο μέγιστος αριθμός παικτών (μεταξύ 5 και 25) και η λειτουργία δικτύου (LAN ή online). Οι λειτουργίες Blueprint της Unreal Engine επικαλούνται τα API δημιουργίας συνόδου του Steam, καταχωρώντας τη νεοσύστατη σύνοδο στην υπηρεσία matchmaking του Steam. Αυτό επιτρέπει στη σύνοδο να είναι ανιχνεύσιμη από άλλους χρήστες που αναζητούν διαθέσιμους διακομιστές.

- **Εύρεση και Ένταξη σε Σύνοδο:**

Οι μαθητές χρησιμοποιούν τη λειτουργία περιήγησης διακομιστών στο λόμπι για να αναζητήσουν και να συμμετάσχουν σε υπάρχουσες συνόδους πολλαπλών παικτών. Χρησιμοποιώντας τον κόμβο FindSessions Blueprint, το Steam Online Subsystem πραγματοποιεί ερωτήματα στους διακομιστές του Steam, ανακτώντας λεπτομερείς πληροφορίες συνόδου, συμπεριλαμβανομένης της ταυτότητας του κεντρικού υπολογιστή, του επιλεγμένου χάρτη, του αριθμού των παικτών, της καθυστέρησης ping και του τύπου σύνδεσης. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται με σαφήνεια στο περιβάλλον εργασίας χρήστη, επιτρέποντας στους συμμετέχοντες να επιλέξουν και να ενταχθούν απρόσκοπτα σε διαθέσιμες συνόδους χρησιμοποιώντας τη λειτουργία JoinSession Blueprint, η οποία διαχειρίζεται με ασφάλεια μέσω των διαδικασιών πιστοποίησης ταυτότητας του Steam.

- **Αυθεντικοποίηση και Ασφάλεια Παικτη:**

Το Steam Online Subsystem εξασφαλίζει ασφαλή και επαληθευμένο έλεγχο ταυτότητας των παικτών, διαχειριζόμενο αυτόματα τις συνδέσεις χρήστη και τα tokens ελέγχου ταυτότητας χρησιμοποιώντας τον Steam client που είναι εγκατεστημένος στους υπολογιστές των χρηστών. Το Unreal Engine ενσωματώνει αυτή τη λειτουργικότητα με διαφάνεια, διασφαλίζοντας ότι όλες οι αλληλεπιδράσεις πολλαπλών παικτών πιστοποιούνται με ασφάλεια μέσω της ισχυρής υποδομής του Steam.

Οι αλληλεπιδράσεις πολλαπλών παικτών σε πραγματικό χρόνο μέσα στα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όπως οι κινήσεις των παικτών, τα animations του Metahuman, οι αλληλεπιδράσεις με αντικείμενα και η δυναμικά μεταβαλλόμενη διαδικαστική γεωμετρία- συγχρονίστηκαν αποτελεσματικά χρησιμοποιώντας τους ενσωματωμένους μηχανισμούς αντιγραφής του Unreal. Η αντιγραφή είναι κεντρικής σημασίας για τον προγραμματισμό πολλαπλών παικτών, διασφαλίζοντας ότι όλες οι σχετικές αλλαγές που συμβαίνουν εντός της συνεδρίας ενός πελάτη (π.χ. αλληλεπιδράσεις με αντικείμενα, συνομιλίες Metahuman ή αλλαγές στη διαδικαστική γεωμετρία) αντανακλώνται με ακρίβεια σε πραγματικό χρόνο σε όλους τους συνδεδεμένους πελάτες. Το backend του Steam διευκόλυνε την αποτελεσματική μεταφορά δεδομένων, την ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης και τον ασφαλή συγχρονισμό, βελτιώνοντας σημαντικά τη συνέπεια και την ποιότητα των διαδραστικών εμπειριών σε κατανεμημένους χρήστες.

Το Procedural geometry scripting, αν και εγγενώς διαφορετικό ως προς τον σκοπό του από τις λειτουργίες δικτύωσης του Steam, συμπλήρωνε τις αλληλεπιδράσεις πολλαπλών παικτών προσαρμόζοντας δυναμικά τη γεωμετρία του περιβάλλοντος με βάση τις ενέργειες του χρήστη και τις καταστάσεις των παικτών. Τα procedural scripts δημιουργούσαν, ενημέρωναν και προσαρμόζαν δυναμικά γεωμετρικές -όπως η αναδιάταξη επίπλων, η αλληλεπίδραση με εκπαιδευτικά αντικείμενα



ή η μεταβολή των χαρακτηριστικών του εξωτερικού εδάφους- με αφορμή τις αλληλεπιδράσεις των παικτών ή τα εκπαιδευτικά σενάρια. Αυτές οι διαδικαστικές σεναριακές αλλαγές αναπαράγονταν σε όλες τις συνεδρίες πολλαπλών παικτών χρησιμοποιώντας το πλαίσιο αντιγραφής της Unreal. Συγκεκριμένα, οι διαδικαστικές αλλαγές γεωμετρίας που ξεκινούσαν σε έναν πελάτη διαδίδονταν σε άλλους μέσω προσεκτικά δομημένων ρυθμίσεων αντιγραφής, αξιοποιώντας το backend δικτύωσης του Steam για να διατηρείται ο συγχρονισμός μεταξύ των χρηστών απρόσκοπτα και με απόκριση.

Η βελτιστοποίηση της απόδοσης του δικτύου επιτεύχθηκε μέσω της σχολαστικής τελειοποίησης των ρυθμίσεων αντιγραφής της Unreal Engine, των περιορισμών εύρους ζώνης και των παραμέτρων εξομάλυνσης δικτύου. Οι προηγμένες τεχνικές διαχείρισης της καθυστέρησης, όπως η παρεμβολή δικτύου και οι αλγόριθμοι πρόβλεψης, εξασφάλισαν ρευστές, ευέλικτες αλληλεπιδράσεις παρά τις ποικίλες συνθήκες του δικτύου. Το backend του Steam παρείχε συνεπή διαχείριση της καθυστέρησης, μετριασμό των απωλειών πακέτων και αποτελεσματική χρήση του εύρους ζώνης, ενισχύοντας τη συνολική απόκριση και ομαλότητα των αλληλεπιδράσεων πολλαπλών παικτών.

Μέσω αυτής της ενσωμάτωσης του Steam Online Subsystem με το visual scripting και το procedural geometry της Unreal Engine, η εφαρμογή παρείχε αποτελεσματικά απρόσκοπτες, ασφαλείς και εξαιρετικά ευέλικτες αλληλεπιδράσεις πολλαπλών παικτών. Η συμπληρωματική αξιοποίηση της ισχυρής υποδομής δικτύωσης backend του Steam και του εξελιγμένου procedural geometry scriptin της Unreal Engine εξασφάλισε πλούσιες, διαδραστικές και συγχρονισμένες εκπαιδευτικές εμπειρίες πολλαπλών παικτών μέσα σε εμβυθιστικά εικονικά περιβάλλοντα.

3.3 Διαδραστικότητα Χρήστη και Εκπαιδευτικά Σενάρια

3.3.1 Παραδείγματα Αλληλεπίδρασης Χρηστών με το Σύστημα

Η εφαρμογή παρέχει μια πλούσια ποικιλία διαδραστικών εκπαιδευτικών σεναρίων που έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν ποικίλα στυλ μάθησης και να ενθαρρύνουν την ουσιαστική εμπλοκή μεταξύ μαθητών, εκπαιδευτικών και βοηθών μεταανθρώπων με τεχνητή νοημοσύνη. Οι αλληλεπιδράσεις των χρηστών μέσα στο εικονικό περιβάλλον είναι δομημένες έτσι ώστε να είναι διαισθητικές, φυσικές και να ευθυγραμμίζονται στενά με τις εκπαιδευτικές αλληλεπιδράσεις του πραγματικού κόσμου, εξασφαλίζοντας την απρόσκοπτη συμμετοχή και τις αποτελεσματικές μαθησιακές εμπειρίες.

Όταν οι μαθητές εισέρχονται στο εικονικό περιβάλλον, το κύριο σημείο αλληλεπίδρασής τους ξεκινά μέσα στο λόμπι, όπου έχουν τη δυνατότητα είτε να δημιουργήσουν μια νέα εκπαιδευτική συνεδρία είτε να συμμετάσχουν σε μια ήδη υπάρχουσα. Συνήθως, οι μαθητές χρησιμοποιούν το λόμπι για να περιηγηθούν στις διαθέσιμες συνεδρίες πολλαπλών παικτών, επιλέγοντας εύκολα από συνεδρίες που έχουν ήδη δημιουργηθεί από καθηγητές ή συμμαθητές. Το σύστημα εμφανίζει με σαφήνεια τις σχετικές πληροφορίες της συνεδρίας, όπως το θέμα, το περιβάλλον του χάρτη, το μέγεθος της συνεδρίας και τον τύπο της σύνδεσης δικτύου (LAN ή online). Με την επιλογή μιας συνεδρίας, οι μαθητές συνδέονται αβίαστα και εντάσσονται σε άλλους συμμετέχοντες που ήδη συμμετέχουν στο εικονικό περιβάλλον, επιτρέποντας την άμεση συμμετοχή και τη συνεργατική εμπλοκή.



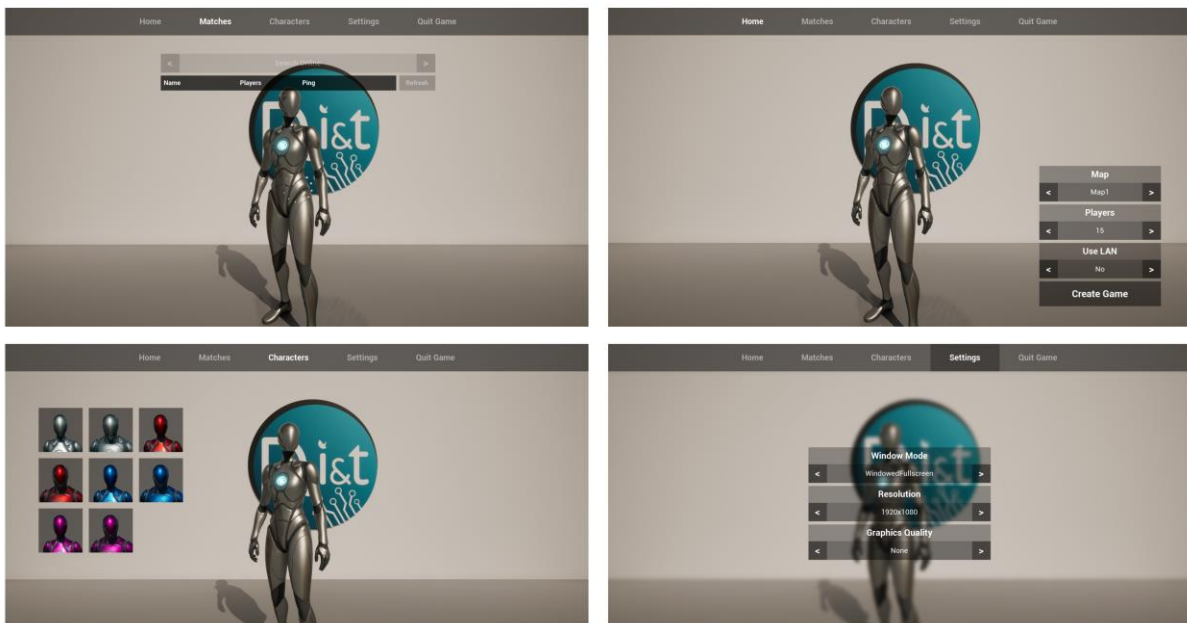


Figure 29: Το Lobby της Εφαρμογής

Μόλις συνδεθούν σε μια συνεδρία, οι αλληλεπιδράσεις των χρηστών καθορίζονται από το εκπαιδευτικό πλαίσιο που ορίζεται από τον οικοδεσπότη της συνεδρίας - συνήθως έναν καθηγητή ή συντονιστή. Μέσα στο χάρτη της τάξης, οι μαθητές συμμετέχουν σε δομημένες εκπαιδευτικές δραστηριότητες όπου οι εκπαιδευτικοί παραδίδουν επίσημα μαθήματα, διευκολύνουν συζητήσεις ή αναθέτουν συνεργατικές εργασίες. Σε αυτά τα σενάρια, οι αλληλεπιδράσεις των μαθητών επικεντρώνονται κυρίως στην άμεση επικοινωνία με τους εκπαιδευτικούς και τους συμμαθητές τους, συμμετέχοντας ενεργά σε συζητήσεις, θέτοντας ερωτήσεις και δουλεύοντας συνεργατικά μέσω εκπαιδευτικού περιεχομένου ή δραστηριοτήτων επίλυσης προβλημάτων.

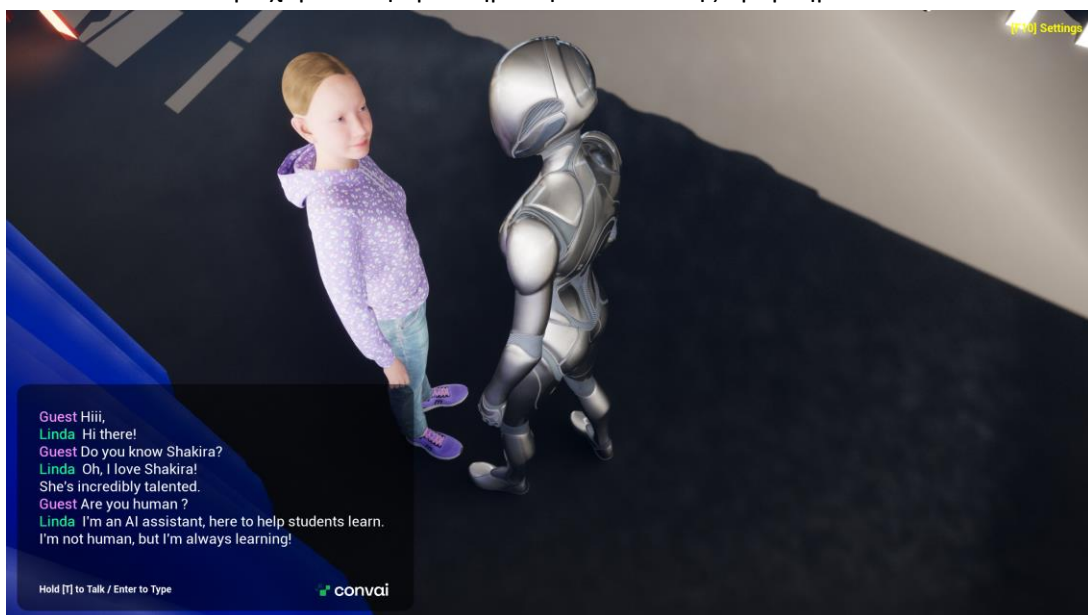


Figure 30: Ο Ψηφιακό Βοηθός



Η παρουσία του βοηθού διδασκαλίας AI Metahuman εμπλουτίζει σημαντικά τις αλληλεπιδράσεις των μαθητών στο περιβάλλον της τάξης. Αυτός ο βοηθός τεχνητής νοημοσύνης είναι συνεχώς διαθέσιμος για να απαντά στις ερωτήσεις των μαθητών, να παρέχει λεπτομερείς εξηγήσεις, να αποσαφηνίζει πολύπλοκα θέματα και να προσφέρει εξατομικευμένη ανατροφοδότηση και ενθάρρυνση. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια ενός μαθήματος μαθηματικών, οι μαθητές μπορούν να ζητήσουν απευθείας από τον βοηθό Metahuman να εξηγήσει ξεχωριστά δύσκολα προβλήματα ή έννοιες, λαμβάνοντας άμεσες, εξατομικευμένες απαντήσεις που συμπληρώνουν την ευρύτερη διδακτική καθοδήγηση που παρέχει ο ανθρώπινος εκπαιδευτικός. Η εξελιγμένη επεξεργασία της φυσικής γλώσσας και η συναισθηματική ανταπόκριση του βοηθού διασφαλίζουν ότι αυτές οι αλληλεπιδράσεις μοιάζουν φυσικές, υποστηρικτικές και ελκυστικές, ενισχύοντας αποτελεσματικά την εμπειρία μάθησης.

Πέρα από την τυπική διδασκαλία, οι μαθητές χρησιμοποιούν συχνά το περιβάλλον της εικονικής τάξης για ανεπίσημες αλληλεπιδράσεις, όπως συζητήσεις, ομαδικές εργασίες ή συνεργατικές συνεδρίες μελέτης. Σε αυτά τα άτυπα πλαίσια, οι μεταανθρώπινοι βοηθοί υποστηρίζουν επίσης τους μαθητές απαντώντας σε αυθόρμητες ερωτήσεις ή διευκολύνοντας τις συζητήσεις, δημιουργώντας μια πιο δυναμική και ευέλικτη μαθησιακή ατμόσφαιρα. Αυτός ο συνδυασμός επίσημων και ανεπίσημων διαδραστικών ευκαιριών επιτρέπει στους μαθητές να ασχοληθούν ουσιαστικά με το εκπαιδευτικό περιεχόμενο, διατηρώντας παράλληλα τη συνεχή, εξατομικευμένη υποστήριξη από τους βοηθούς που καθοδηγούνται από την τεχνητή νοημοσύνη.



Figure 31: Ο Δεύτερος Ψηφιακός Βοηθός με τα Κατοικίδια του

Οι αλληλεπιδράσεις εντός του υπαίθριου χάρτη της φύσης είναι σαφώς διαφορετικές, αντανakλώντας ένα πιο διερευνητικό και ανεπίσημο εκπαιδευτικό πλαίσιο. Οι μαθητές που συμμετέχουν σε συνεδρίες σε αυτόν τον χάρτη συχνά συμμετέχουν σε κοινωνικές, καθοδηγούμενες από την περιέργεια δραστηριότητες που δίνουν έμφαση στην εξερεύνηση, την ομαδική εργασία και την άτυπη μάθηση για τη φύση και το περιβάλλον. Σε αυτό το φυσικό περιβάλλον, οι αλληλεπιδράσεις των μαθητών περιλαμβάνουν συνήθως εξερεύνηση του εικονικού περιβάλλοντος,

ομαδικές δραστηριότητες ανακάλυψης και συζητήσεις ανοικτού τύπου για οικολογικά θέματα, την άγρια ζωή ή τη βιολογία των φυτών.



Figure 32: Τα δύο περιβάλλοντα της εφαρμογής

Εδώ, ο δεύτερος εξειδικευμένος μεταανθρώπινος βοηθός διδασκαλίας παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο. Ειδικά εκπαιδευμένος ώστε να διαθέτει εκτεταμένες γνώσεις σχετικά με τη φύση, την οικολογία και την άγρια ζωή, αυτός ο βοηθός ενθαρρύνει ενεργά τους μαθητές να εμπλακούν σε εξερευνητικές συμπεριφορές, προτρέποντάς τους να διερευνήσουν το περιβάλλον τους, να κάνουν ερωτήσεις και να ανακαλύψουν νέες πληροφορίες για το φυσικό περιβάλλον. Για παράδειγμα, ένας μαθητής που είναι περίεργος για ένα συγκεκριμένο φυτό ή ζώο μπορεί να ρωτήσει απευθείας τον μεταανθρώπινο βοηθό, λαμβάνοντας ενδιαφέρουσες, λεπτομερείς εξηγήσεις και προτάσεις για περαιτέρω εξερεύνηση. Επιπλέον, ο βοηθός προωθεί ενεργά τη συνεργασία και την ομαδική εργασία, προτείνοντας ομαδικές δραστηριότητες ή διερευνητικές εργασίες που έχουν σχεδιαστεί για να ενισχύσουν την περιέργεια, τη συνεργασία και την επικοινωνία μεταξύ των μαθητών.

Οι μαθητές που αλληλεπιδρούν στον υπαίθριο χώρο επωφελούνται επίσης από ανεπίσημες, συναισθηματικά υποστηρικτικές συζητήσεις με τον βοηθό Metahuman, γεγονός που συμβάλλει στη διατήρηση μιας χαλαρής και φιλικής ατμόσφαιρας που ευνοεί τη μάθηση και την κοινωνικοποίηση. Ο βοηθός τεχνητής νοημοσύνης εμπλέκει ενεργά τους μαθητές, ενθαρρύνοντας τις θετικές κοινωνικές συμπεριφορές, προωθώντας την περιέργεια και διευκολύνοντας τη συνεργατική επίλυση προβλημάτων και τις ομαδικές εργασίες. Δημιουργώντας υποστηρικτικές, συνομιλιακές αλληλεπιδράσεις, ο βοηθός Metahuman βοηθά τους μαθητές να αισθάνονται άνετα να εξερευνούν, να κάνουν ερωτήσεις και να συνεργάζονται ανοιχτά, ενισχύοντας έτσι τη συνολική δέσμευση και την εκπαιδευτική αποτελεσματικότητα.

Και τα δύο περιβάλλοντα αξιοποιούν αποτελεσματικά τα διαδραστικά στοιχεία της Unreal Engine για να βελτιώσουν περαιτέρω την εκπαιδευτική εμπειρία. Οι μαθητές μπορούν να χειριστούν αντικείμενα, να αναδιατάξουν έπιπλα, να επιθεωρήσουν αντικείμενα από κοντά και να αλληλεπιδράσουν δυναμικά με διαδικαστικά παραγόμενο περιεχόμενο - όπως φυτά, άγρια ζώα ή

εκπαιδευτικά σκηνικά - που υποστηρίζεται από το procedural geometry scripting της Unreal Engine. Αυτές οι απτές αλληλεπιδράσεις παρέχουν ουσιαστικές ευκαιρίες βιωματικής μάθησης, επιτρέποντας στους μαθητές να συμμετέχουν ενεργά σε εκπαιδευτικά σενάρια αντί να λαμβάνουν παθητικά πληροφορίες.

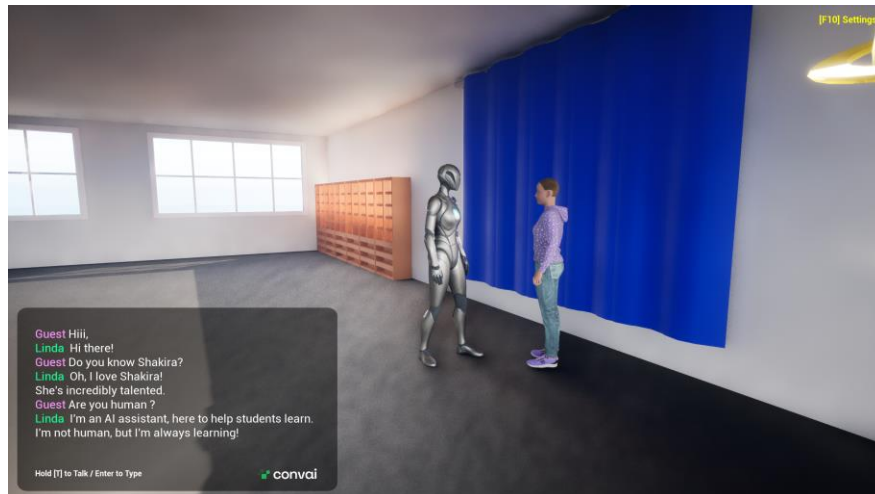


Figure 33: Αλληλεπίδραση με τον Ψηφιακό Βοηθό

Συνοπτικά, οι αλληλεπιδράσεις των χρηστών στο σύστημα είναι πλούσιες, ποικίλες και δομημένες ώστε να παρέχουν ουσιαστική εκπαιδευτική εμπλοκή. Οι μαθητές συμμετέχουν σε συνεδρίες για να συμμετάσχουν σε επίσημα μαθήματα, να συμμετάσχουν σε συνεργατικές εργασίες ή να αλληλεπιδράσουν ανεπίσημα με τους συμμαθητές και τους βοηθούς τεχνητής νοημοσύνης. Οι μεταάνθρωποι με τεχνητή νοημοσύνη ενισχύουν σημαντικά αυτές τις αλληλεπιδράσεις, παρέχοντας συνεχή εξατομικευμένη υποστήριξη, διευκολύνοντας τον ουσιαστικό διάλογο και διατηρώντας τη συναισθηματική δέσμευση. Τα διαδραστικά σενάρια που διευκολύνονται από το σύστημα προωθούν τη συνεργατική μάθηση, την εξερεύνηση με γνώμονα την περιέργεια και την ενεργό συμμετοχή, με αποτέλεσμα εμβυθιστικές και εκπαιδευτικά αποτελεσματικές εικονικές εμπειρίες.

3.3.2 Εκπαιδευτική Ροή και Μηχανισμοί Προσαρμογής

Οι διαδικασίες μάθησης που εφαρμόζονται στο σύστημα αξιοποιούν προηγμένες δυνατότητες τεχνητής νοημοσύνης για να παρέχουν εξατομικευμένες αλληλεπιδράσεις με επίγνωση του πλαισίου, βελτιώνοντας σημαντικά τις εκπαιδευτικές εμπειρίες των μαθητών. Στο επίκεντρο αυτών των δυνατοτήτων βρίσκονται η εξελιγμένη διαχείριση της συνομιλικής μνήμης, η καθοδήγηση των συζητήσεων σε κατάλληλα θέματα και η προηγμένη περιβαλλοντική επίγνωση που ενσωματώνεται στους βοηθούς διδασκαλίας Metahuman. Μαζί, αυτές οι λειτουργίες δημιουργούν ευέλικτα εικονικά μαθησιακά περιβάλλοντα που συμπληρώνουν και υποστηρίζουν τις εκπαιδευτικές διαδικασίες που καθοδηγούνται από τον άνθρωπο.

Μια θεμελιώδης πτυχή αυτών των προσαρμοστικών δυνατοτήτων είναι η ικανότητα των Μεταανθρώπων να θυμούνται και να ανακαλούν προηγούμενες αλληλεπιδράσεις. Μέσω του πλαισίου συνομιλιών της Convai που βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη, οι βοηθοί των μεταανθρώπων διατηρούν συνεκτική συνομιλική μνήμη, επιτρέποντάς τους να ανατρέχουν

αποτελεσματικά σε προηγούμενες αλληλεπιδράσεις με τους μαθητές. Η διαχείριση αυτής της συνομιλιακής μνήμης γίνεται μέσω προηγμένων μοντέλων νευρωνικών δικτύων και επίμονων αλγορίθμων παρακολούθησης του περιβάλλοντος, επιτρέποντας στους μεταανθρώπους να αναγνωρίζουν τους μαθητές που επιστρέφουν, να ανακαλούν θέματα που έχουν συζητηθεί προηγουμένως, να θυμούνται συγκεκριμένες ερωτήσεις που έχουν τεθεί από άτομα και να διατηρούν συνεκτικές αλληλεπιδράσεις σε πολλαπλές συνεδρίες. Αυτή η ικανότητα ενισχύει σημαντικά την εξατομίκευση και τη δέσμευση των μαθητών, προωθώντας βαθύτερες συναισθηματικές συνδέσεις μεταξύ των μαθητών και των εκπαιδευτικών συντρόφων τους που καθοδηγούνται από τεχνητή νοημοσύνη.

Για παράδειγμα, ένας μαθητής που προηγουμένως έκανε λεπτομερείς ερωτήσεις σχετικά με την οικολογία ή την άγρια ζωή στο εξωτερικό περιβάλλον μπορεί αργότερα να λάβει επακόλουθες αλληλεπιδράσεις από τον Μεταάνθρωπο, προτρέποντας σε περαιτέρω εξερεύνηση ή βαθύτερη μάθηση με βάση τα ενδιαφέροντα που είχαν εκδηλώσει προηγουμένως. Ομοίως, στο περιβάλλον της τάξης, οι Μεταάνθρωποι μπορούν να αναφερθούν σε ακαδημαϊκά θέματα που έχουν ήδη εξεταστεί ή σε ατομικές δυσκολίες των μαθητών, παρέχοντας εξατομικευμένη ενθάρρυνση, ενίσχυση ή πρόσθετες εξηγήσεις ειδικά προσαρμοσμένες στις προηγούμενες εμπειρίες του μαθητή. Αυτή η συνέχεια της αλληλεπίδρασης διασφαλίζει τη συνεχή δέσμευση και την αποτελεσματική μαθησιακή υποστήριξη, δημιουργώντας πιο ουσιαστικές, συναισθηματικά ηχηρές εκπαιδευτικές αλληλεπιδράσεις.

Μια βασική προσαρμοστική λειτουργία των βοηθών Metahuman είναι η ικανότητά τους να κατευθύνουν προληπτικά τις συζητήσεις πίσω σε σχετικά εκπαιδευτικά θέματα όταν οι αλληλεπιδράσεις των μαθητών παρεκκλίνουν προς άσχετα θέματα. Αυτή η προληπτική διαχείριση της συνομιλίας είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της εκπαιδευτικής εστίασης και τη διασφάλιση ουσιαστικών μαθησιακών αποτελεσμάτων. Μέσω της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας και των δυνατοτήτων συνομιλιακής τεχνητής νοημοσύνης της Convaï, οι Metahumans αναλύουν ενεργά τις τρέχουσες συνομιλίες, εντοπίζοντας αποκλίσεις από τα κατάλληλα εκπαιδευτικά θέματα σε πραγματικό χρόνο. Όταν οι μαθητές αρχίζουν να συζητούν για άσχετο ή ακατάλληλο περιεχόμενο, οι Metahumans ανακατευθύνουν τις συζητήσεις απαλά αλλά αποτελεσματικά, καθοδηγώντας τους μαθητές πίσω σε σχετικές, εποικοδομητικές και σύμφωνες με το πρόγραμμα σπουδών συζητήσεις.

Για παράδειγμα, στο περιβάλλον της τάξης, αν οι μαθητές αρχίσουν να συζητούν άσχετα προσωπικά θέματα ή να αποσπώνται από το περιεχόμενο του μαθήματος, ο μεταάνθρωπος βοηθός θα παρεμβαίνει προληπτικά, επαναφέροντας ήπια τη συζήτηση, επανεισάγοντας το σχετικό θέμα ή προτρέποντας την επιστροφή στους εκπαιδευτικούς στόχους. Ομοίως, στο υπαίθριο περιβάλλον, εάν οι συζητήσεις αρχίσουν να μην σχετίζονται με την εξερεύνηση της φύσης ή τις συνεργατικές δραστηριότητες, ο βοηθός Metahuman θα κατευθύνει αποτελεσματικά το διάλογο πίσω προς τα οικολογικά θέματα, ενθαρρύνοντας την εξερεύνηση με γνώμονα την περιέργεια και τις συνεργατικές μαθησιακές δραστηριότητες. Αυτή η ικανότητα καθοδήγησης των συνομιλιών ενισχύει σημαντικά την εκπαιδευτική αποτελεσματικότητα του συστήματος, διασφαλίζοντας ότι οι αλληλεπιδράσεις παραμένουν ευθυγραμμισμένες με τους παιδαγωγικούς στόχους, διατηρώντας παράλληλα τη θετική και υποστηρικτική δυναμική των συνομιλιών.



Επιπλέον, οι μεταανθρώπινοι βοηθοί διαθέτουν υψηλό βαθμό περιβαλλοντικής επίγνωσης, ενισχύοντας σημαντικά τις διαδραστικές τους ικανότητες εντός των εικονικών περιβαλλόντων μάθησης. Αξιοποιώντας τις ενσωματωμένες λειτουργίες αντίληψης σκηνής και αναγνώρισης περιβάλλοντος του Convaï, οι μεταανθρώποι μπορούν να αναγνωρίζουν με ακρίβεια, να αναφέρονται και να αλληλεπιδρούν με βάση το πλαίσιο με αντικείμενα και στοιχεία στο άμεσο περιβάλλον τους. Αυτή η επίγνωση του περιβάλλοντος επιτρέπει στους Μεταανθρώπους να παρέχουν πληροφορίες σχετικές με το περιβάλλον, να καθοδηγούν τους μαθητές προς συγκεκριμένα διαδραστικά αντικείμενα ή να ενθαρρύνουν τους μαθητές να εξερευνήσουν ανεξάρτητα μια συγκεκριμένη περιοχή.

Για παράδειγμα, μέσα στο περιβάλλον με θέμα τη φύση, ο Metahuman assistant μπορεί να αναγνωρίζει δυναμικά φυτά, ζώα ή οικολογικά χαρακτηριστικά που βρίσκονται κοντά στους μαθητές. Μόλις αναγνωρίσει το ενδιαφέρον ή την εγγύτητα ενός μαθητή σε ένα συγκεκριμένο περιβαλλοντικό χαρακτηριστικό, ο βοηθός μπορεί να καθοδηγήσει τον μαθητή προς την ενασχόληση με αυτό το στοιχείο, παρέχοντας σχετικό εκπαιδευτικό πλαίσιο ή προτρέποντας σε περαιτέρω εξερεύνηση. Παρομοίως, στο περιβάλλον της τάξης, οι μεταάνθρωποι μπορούν να καθοδηγήσουν τους μαθητές προς συγκεκριμένα διαδραστικά εκπαιδευτικά αντικείμενα - όπως ψηφιακές οθόνες, διαδραστικούς πίνακες ή μαθησιακό υλικό - ενσωματώνοντας αποτελεσματικά απτές, βιωματικές αλληλεπιδράσεις με διαλογική εκπαιδευτική υποστήριξη.

Επιπλέον, αυτή η περιβαλλοντική επίγνωση ενισχύει τις συμπεριφορές μάθησης των μαθητών με γνώμονα την εξερεύνηση και την περιέργεια. Οι Metahumans ενθαρρύνουν ενεργά τους μαθητές να ανακαλύπτουν και να αλληλεπιδρούν ανεξάρτητα με διάφορα περιβαλλοντικά στοιχεία ή εκπαιδευτικά αντικείμενα, ενισχύοντας την αυτοκατευθυνόμενη μάθηση και προωθώντας την ενεργό συμμετοχή. Προτείνοντας δραστηριότητες εξερεύνησης, προσφέροντας λεπτομερείς εξηγήσεις κατά την ανακάλυψη και ενισχύοντας θετικά την περιέργεια των μαθητών.

Ο συνδυασμός αυτών των προσαρμοστικών δυνατοτήτων - διαχείριση της συνομιλιακής μνήμης, καθοδήγηση της συνομιλίας και επίγνωση του περιβάλλοντος - δημιουργεί ένα εξελιγμένο μαθησιακό περιβάλλον, στο οποίο οι βοηθοί Metahuman συμπληρώνουν και ενισχύουν αποτελεσματικά τις παραδοσιακές εκπαιδευτικές αλληλεπιδράσεις. Παρέχοντας εξατομικευμένη, συναφή με το πλαίσιο και προσαρμοστική συνομιλιακή υποστήριξη, το σύστημα διασφαλίζει τη συνεχή εμπλοκή του μαθητή, προωθεί τη βαθύτερη κατανόηση και διευκολύνει τα ουσιαστικά εκπαιδευτικά αποτελέσματα που ευθυγραμμίζονται με τους παιδαγωγικούς στόχους.



4. Αξιολόγηση της Εφαρμογής και Ανάλυση Αποτελεσμάτων

4.1 Ανατροφοδότηση Χρηστών και Αξιολόγηση Μαθησιακής Απόδοσης

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας, της ευχρηστίας και της εκπαιδευτικής αξίας του διαδραστικού μαθησιακού περιβάλλοντος, διανεμήθηκε ένα δομημένο ερωτηματολόγιο σε μαθητές και καθηγητές που συμμετείχαν σε διάφορες δοκιμαστικές συνεδρίες της εφαρμογής. Σκοπός αυτής της προκαταρκτικής αξιολόγησης ήταν να συγκεντρωθούν ποιοτικά και ποσοτικά σχόλια σχετικά με την εμπειρία του χρήστη, τα αντιληπτά μαθησιακά οφέλη και την ποιότητα της αλληλεπίδρασης τόσο με το περιβάλλον όσο και με τους βοηθούς Metahuman με τεχνητή νοημοσύνη.

Το ερωτηματολόγιο χωρίστηκε σε ξεχωριστές ενότητες προσαρμοσμένες για μαθητές και εκπαιδευτικούς, αποτελούμενες από στοιχεία κλίμακας Likert, ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και ερωτήσεις ανοικτού τύπου. Οι βασικοί τομείς εστίασης περιλάμβαναν την ευκολία χρήσης, το επίπεδο εμπλοκής, την ποιότητα της αλληλεπίδρασης με τους μεταανθρώπους, την αντιληπτή εκπαιδευτική υποστήριξη και τη συνολική αίσθηση εμπύθισης στα εικονικά περιβάλλοντα μάθησης. Συνολικά 24 μαθητές και 5 καθηγητές συμμετείχαν στη φάση της ανατροφοδότησης των χρηστών. Στους συμμετέχοντες δόθηκε χρόνος να εξερευνήσουν τόσο τους χάρτες της τάξης όσο και τους χάρτες εξωτερικού χώρου, να αλληλεπιδράσουν με τους βοηθούς Metahuman, να συμμετάσχουν σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες και να χρησιμοποιήσουν τα χαρακτηριστικά πολλαπλών παικτών της πλατφόρμας.

Μεταξύ των μαθητών, η ανατροφοδότηση ήταν γενικά θετική:

- Το 88% των μαθητών συμφώνησαν ή συμφώνησαν απόλυτα ότι το περιβάλλον ήταν «ενδιαφέρον και εμπυθιστικό».
- Το 76% θεώρησε ότι οι βοηθοί Metahuman ήταν «εξυπηρετικοί και εύκολο να μιλήσεις μαζί τους».
- Το 70% ανέφερε ότι οι βοηθοί διευκόλυναν την κατανόηση ή τη διερεύνηση θεμάτων, ιδίως όταν ο καθηγητής δεν ήταν διαθέσιμος.
- Το 82% απόλαυσε τη δυνατότητα να εξερευνήσει το εξωτερικό περιβάλλον και του άρεσε που ενθαρρύνθηκε να κάνει ερωτήσεις σχετικά με αυτά που είδε.
- Το 68% δήλωσε ότι θα προτιμούσε συχνότερη χρήση ενός τέτοιου συστήματος στο σχολείο, ιδίως σε υβριδικά ή συμπληρωματικά μαθήματα.



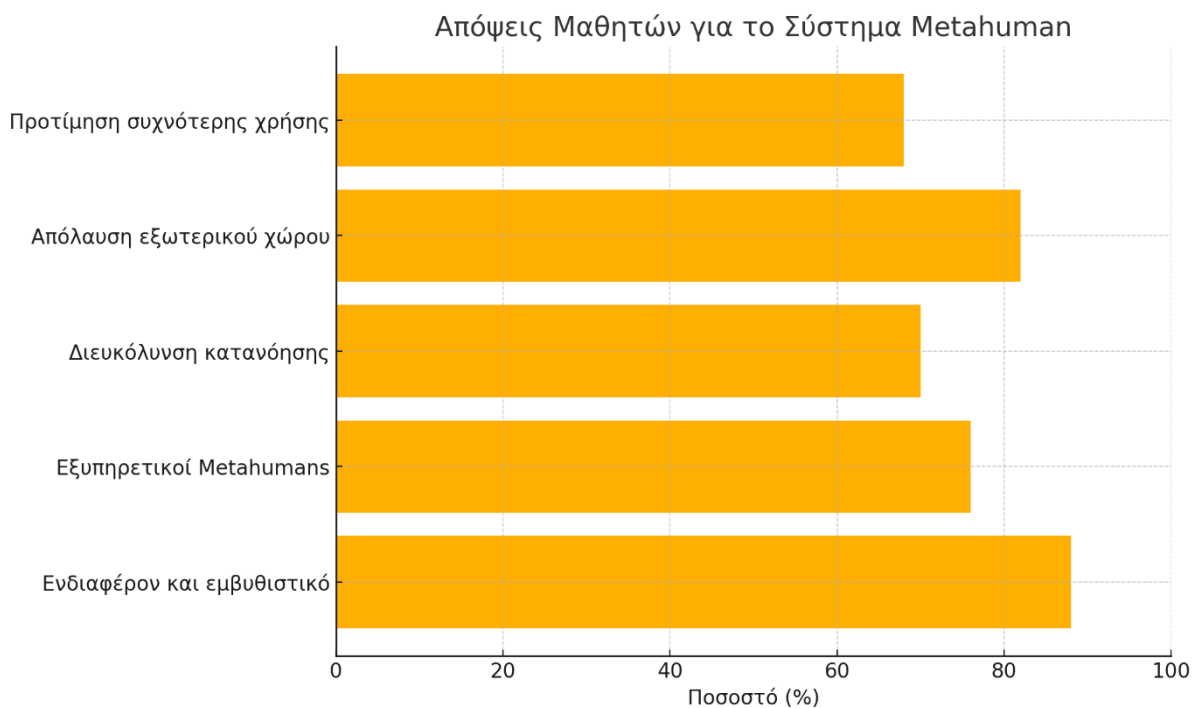


Figure 34: Αποτελέσματα Απόψεων Μαθητών για το Σύστημα

Οι απαντήσεις ανοικτού τύπου από τους μαθητές υπογράμμισαν τη καινοτομία και τον ρεαλισμό των Metahumans, ενώ πολλοί ανέφεραν την ικανότητά τους να απαντούν σε ερωτήσεις ως ένα από τα σημαντικότερα σημεία. Ορισμένοι μαθητές ανέφεραν ότι ο βοηθός της τάξης ήταν «σαν να έχεις έναν δεύτερο δάσκαλο», ενώ άλλοι ανέφεραν ότι ο βοηθός της φύσης έκανε «την εξερεύνηση πιο διασκεδαστική» και «όχι βαρετή όπως η κανονική μάθηση στον υπολογιστή».

Από την πλευρά των εκπαιδευτικών, η ανατροφοδότηση αντανάκλασε συγκρατημένη αισιοδοξία, ιδίως όσον αφορά τον υποστηρικτικό ρόλο του συστήματος:

- Το 100% των εκπαιδευτικών δήλωσε ότι το σύστημα ήταν «αρκετά εύκολο στη χρήση μετά από σύντομο προσανατολισμό».
- Το 75% θεώρησε ότι ο βοηθός της τάξης Metahuman ήταν «πολύτιμη προσθήκη» κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, ιδιαίτερα για την ενίσχυση της ύλης ή τη βοήθεια μεμονωμένων μαθητών ενώ ο εκπαιδευτικός απευθυνόταν στην ομάδα.
- Το 63% σημείωσε ότι ο υπαίθριος Metahuman ενθάρρυνε τους μαθητές να είναι «πιο συνεργάσιμοι και περίεργοι», ειδικά εκείνους που συνήθως ήταν παθητικοί στην τάξη.
- Το 50% εξέφρασε ανησυχίες σχετικά με την υπερβολική εξάρτηση από τον βοηθό τεχνητής νοημοσύνης, υποδεικνύοντας ότι ήταν καλύτερο να χρησιμοποιείται ως εργαλείο υποστήριξης παρά ως επικεφαλής εκπαιδευτής.



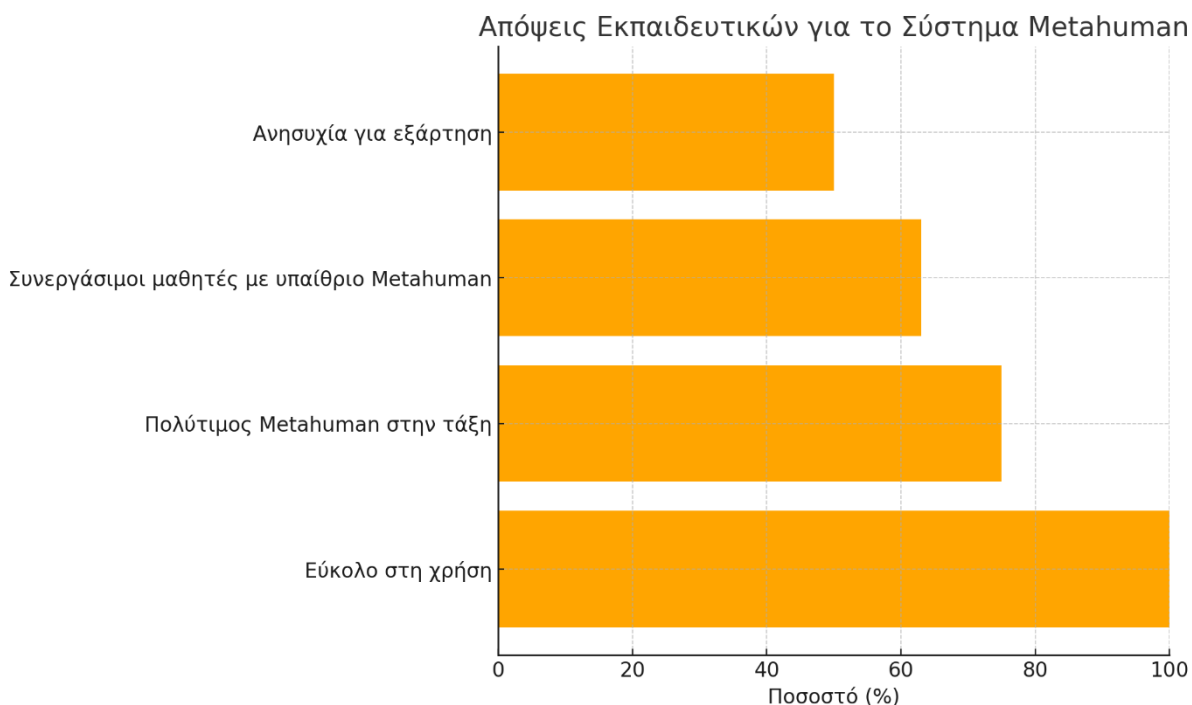


Figure 35: Αποτελέσματα Απόψεων Εκπαιδευτικών για το Σύστημα

Οι εκπαιδευτικοί παρείχαν επίσης εποικοδομητικά σχόλια σε απαντήσεις ανοικτού τύπου, με αρκετούς να σημειώνουν τη δυνατότητα ενσωμάτωσης περισσότερων γνώσεων σχετικά με το πρόγραμμα σπουδών στους βοηθούς τεχνητής νοημοσύνης. Άλλοι εκτίμησαν την ικανότητα του συστήματος να διαχειρίζεται πολλούς ταυτόχρονους χρήστες και να προωθεί την άτυπη, ομότιμη συμμετοχή στο υπαίθριο περιβάλλον.

Όσον αφορά τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι αρχικές εντυπώσεις που συγκεντρώθηκαν μέσω του ερωτηματολογίου έδειξαν ότι τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί παρατήρησαν ουσιαστική εμπλοκή και ενίσχυση της γνώσης. Πολλοί μαθητές ήταν σε θέση να ανακαλέσουν γεγονότα που έμαθαν μέσω των συνομιλιών Metahuman και οι εκπαιδευτικοί ανέφεραν βελτιωμένα επίπεδα συμμετοχής, ιδιαίτερα από μαθητές που συνήθως δυσκολεύονταν με τις παραδοσιακές μορφές διδασκαλίας.

4.2 Συγκριτική Ανάλυση της Προτεινόμενης Εφαρμογής

4.2.1 Σύγκριση με άλλα εκπαιδευτικά εργαλεία

Αν συγκρίνουμε την παρούσα εφαρμογή με τα υπάρχοντα εκπαιδευτικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται συνήθως τόσο σε παραδοσιακά όσο και σε ψηφιακά περιβάλλοντα μάθησης, η εφαρμογή που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο αυτής της εργασίας παρουσιάζει μια σειρά από διακριτικά χαρακτηριστικά που την κάνουν να ξεχωρίζει όσον αφορά την εμπύθιση, τη διαδραστικότητα και την εξατομίκευση. Για να πλαισιωθεί η αποτελεσματικότητα και οι παιδαγωγικές δυνατότητές της, είναι χρήσιμο να εξεταστεί πώς συγκρίνεται με άλλα ευρέως υιοθετημένα εργαλεία, όπως πλατφόρμες τηλεδιάσκεψης (π.χ. Zoom, Microsoft Teams), συστήματα διαχείρισης μάθησης (LMS)



όπως το Moodle ή το Google Classroom, και εκπαιδευτικά chatbots βασισμένα σε τεχνητή νοημοσύνη.

Μία από τις πιο αξιοσημείωτες διακρίσεις έγκειται στην εμπυθιστική ποιότητα της εφαρμογής. Τα συμβατικά εκπαιδευτικά εργαλεία λειτουργούν κυρίως μέσα σε δισδιάστατες διεπαφές, όπου η αλληλεπίδραση των χρηστών είναι συχνά παθητική και περιορίζεται σε κείμενο, στατικές εικόνες, προηχογραφημένα βίντεο ή ζωντανές διαλέξεις. Αντίθετα, το εικονικό περιβάλλον που αναπτύχθηκε σε αυτή την εφαρμογή επιτρέπει στους εκπαιδευόμενους να κινούνται ελεύθερα μέσα σε πλούσια λεπτομερείς τρισδιάστατους χώρους, να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους και να βιώνουν τη μάθηση μέσω της ενεργητικής εμπλοκής και όχι της παθητικής κατανάλωσης περιεχομένου. Αυτή η αίσθηση της χωρικής παρουσίας και της αλληλεπίδρασης απουσιάζει σε μεγάλο βαθμό από τις περισσότερες παραδοσιακές πλατφόρμες ηλεκτρονικής μάθησης. Εξίσου σημαντική είναι η χρήση βοηθών Metahuman με τεχνητή νοημοσύνη, η οποία παρέχει ένα επίπεδο ρεαλισμού και βάθους συνομιλίας που σπάνια συναντάται σε άλλα εκπαιδευτικά εργαλεία. Ενώ ορισμένες πλατφόρμες LMS και ιστότοποι ενσωματώνουν AI chatbots για να απαντούν σε κοινές ερωτήσεις ή να προτείνουν εκπαιδευτικό υλικό, αυτές οι αλληλεπιδράσεις είναι συνήθως βασισμένες σε κείμενο, περιορισμένες σε πεδίο εφαρμογής και στερούνται συναισθηματικής ανταπόκρισης. Οι βοηθοί Metahuman που χρησιμοποιούνται σε αυτή την εφαρμογή όχι μόνο επικοινωνούν μέσω φυσικής ομιλίας, αλλά παρουσιάζουν επίσης εκφράσεις προσώπου, χειρονομίες και συναισθηματικές ενδείξεις, καθιστώντας την αλληλεπίδραση πολύ πιο ανθρώπινη και συναισθηματικά ελκυστική. Αυτή η ικανότητα κοινωνικής και συναισθηματικής παρουσίας προσφέρει σαφή πλεονεκτήματα όσον αφορά τα κίνητρα των μαθητών, την άνεση και τη σύνδεση με τη μαθησιακή διαδικασία.

Όσον αφορά την εξατομίκευση, η εφαρμογή ξεχωρίζει συνδυάζοντας την προσαρμοστική ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο με την παρατεταμένη συνομιλιακή μνήμη. Τα περισσότερα παραδοσιακά εκπαιδευτικά εργαλεία μπορούν να παρέχουν μόνο περιορισμένη εξατομίκευση, συνήθως μέσω προκαθορισμένων μαθησιακών διαδρομών ή αλγοριθμικά προτεινόμενου υλικού. Αντίθετα, οι Μεταάνθρωποι σε αυτό το σύστημα προσαρμόζονται στις αλληλεπιδράσεις κάθε μαθητή σε πραγματικό χρόνο, ανακαλούν προηγούμενες συνομιλίες και παρέχουν προσαρμοσμένες απαντήσεις που αντικατοπτρίζουν τις ατομικές μαθησιακές ανάγκες και ενδιαφέροντα. Αυτός ο συνεχής, εξατομικευμένος διάλογος μιμείται την προσωπική διδασκαλία πολύ περισσότερο από την αυτοματοποιημένη ανατροφοδότηση του LMS ή τα στατικά ψηφιακά εγχειρίδια.

Ένας άλλος βασικός τομέας σύγκρισης είναι η συνεργατική μάθηση. Ενώ τα εργαλεία τηλεδιάσκεψης επιτρέπουν ομαδικές συζητήσεις και κοινή χρήση οθόνης, ο χαρακτήρας πολλαπλών παικτών αυτής της εφαρμογής, που υποστηρίζεται από το Steam Online Subsystem, επιτρέπει στους μαθητές να συμμετέχουν σε συνεργατικές μαθησιακές εργασίες μέσα σε κοινά εικονικά περιβάλλοντα. Αυτό υποστηρίζει πιο φυσικές μορφές συνεργασίας, όπως η ομαδική εξερεύνηση, ο άτυπος διάλογος και η κοινή επίλυση προβλημάτων, με τρόπους που είναι δύσκολο να αναπαραχθούν με συμβατικά εργαλεία που βασίζονται αποκλειστικά σε γραμμικά μοντέλα επικοινωνίας.



Ωστόσο, τα παραδοσιακά εργαλεία εξακολουθούν να διαθέτουν ορισμένα πλεονεκτήματα, ιδίως όσον αφορά την προσβασιμότητα, την απλότητα και την ενσωμάτωση στο πρόγραμμα σπουδών. Πλατφόρμες όπως το Google Classroom ή το Microsoft Teams είναι ήδη βαθιά ενσωματωμένες στα σχολικά συστήματα και είναι συμβατές με ένα ευρύ φάσμα συσκευών, συμπεριλαμβανομένων των κινητών τηλεφώνων και του παλαιότερου υλικού. Ωφελούνται επίσης από απλές διεπαφές και εκτεταμένες δυνατότητες κοινής χρήσης περιεχομένου. Αντίθετα, η εφαρμογή που περιγράφεται εδώ, αν και πιο εμπυθιστική, απαιτεί ένα σχετικά ισχυρό υπολογιστή, μια σταθερή σύνδεση στο διαδίκτυο και κάποιο επίπεδο ψηφιακής ευχέρειας, γεγονός που μπορεί να περιορίσει την προσβασιμότητα για ορισμένους χρήστες.

Επιπλέον, ενώ οι συμβατικές πλατφόρμες LMS υποστηρίζουν μηχανισμούς δομημένης αξιολόγησης -όπως κουίζ, υποβολή εργασιών και βαθμολόγηση- τα χαρακτηριστικά αυτά βρίσκονται ακόμη σε πρώιμα στάδια ή απουσιάζουν από την τρέχουσα έκδοση της εμπυθιστικής εφαρμογής. Επομένως, ενώ το σύστημα αυτό υπερέρχει σε διαδραστικότητα και εμπλοκή, μπορεί να χρειαστεί να συμπληρωθεί από άλλα εργαλεία για πλήρη διαχείριση του προγράμματος σπουδών και τυπικές ροές εργασίας αξιολόγησης.

Συνοπτικά, η εφαρμογή προσφέρει σημαντικές προόδους σε σχέση με τα παραδοσιακά εκπαιδευτικά εργαλεία στους τομείς της εμπύθισης, της εξατομίκευσης και της συναισθηματικά ελκυστικής αλληλεπίδρασης τεχνητής νοημοσύνης. Αν και δεν είναι σε θέση να αντικαταστήσει πλήρως τα υπάρχοντα συστήματα, παρέχει μια ισχυρή συμπληρωματική εμπειρία που μπορεί να αναβαθμίσει την ποιότητα της μάθησης, ιδίως σε υβριδικά ή διερευνητικά πλαίσια. Τα δυνατά σημεία που παρατηρήθηκαν κατά τη σύγκριση αναδεικνύουν τις δυνατότητές του ως μια πρωτοποριακή εκπαιδευτική πλατφόρμα, ενώ παράλληλα υποδεικνύουν τομείς στους οποίους η ενσωμάτωση με συμβατικά εργαλεία μπορεί να ενισχύσει την πρακτικότητα και την επεκτασιμότητά του σε ποικίλα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

4.3 Ερμηνεία και Ανάλυση των Αποτελεσμάτων

Το ερωτηματολόγιο που διανεμήθηκε τόσο στους μαθητές όσο και στους εκπαιδευτικούς έδωσε κατατοπιστικές πληροφορίες σχετικά με την αντιλαμβανόμενη αποτελεσματικότητα, τη χρηστικότητα και τον εκπαιδευτικό αντίκτυπο της εφαρμογής που αναπτύχθηκε. Η ανάλυση αυτών των απαντήσεων επιτρέπει τη βαθύτερη κατανόηση των δυνατών σημείων του συστήματος και των τομέων για πιθανή βελτίωση, ιδίως όσον αφορά την εμπειρία του χρήστη, τα μαθησιακά αποτελέσματα και τον παιδαγωγικό ρόλο των μεταανθρώπων με τεχνητή νοημοσύνη.

Μεταξύ των μαθητών, η πιο εμφανής τάση ήταν το υψηλό επίπεδο εμπλοκής και εμπύθισης που αναφέρθηκε. Με το 88% των μαθητών να συμφωνούν ή να συμφωνούν απόλυτα ότι το εικονικό περιβάλλον ήταν εμπυθιστικό, είναι σαφές ότι η τρισδιάστατη χωρική αλληλεπίδραση και η ελευθερία κίνησης προσέφεραν ένα σημαντικό πλεονέκτημα σε σχέση με τα παραδοσιακά, στατικά ψηφιακά περιβάλλοντα μάθησης. Η καινοτομία και ο ρεαλισμός των άβαταρ του Metahuman συνέβαλαν σημαντικά σε αυτή την αντίληψη, με τους μαθητές να τα περιγράφουν ως «αληθοφανή», «cool» και «πιο διασκεδαστικά από το να διαβάζεις μια σελίδα ή να παρακολουθείς



ένα βίντεο». Αυτό υποδηλώνει ότι η συναισθηματική παρουσία και ο κοινωνικός ρεαλισμός των άβαταρ αύξησαν την προθυμία των μαθητών να συμμετάσχουν και να εξερευνήσουν.

Η εξυπηρετικότητα και η νοημοσύνη των μεταανθρώπων βοηθών ήταν επίσης ένα σημαντικό εύρημα. Το 76% των μαθητών θεώρησε ότι οι βοηθοί ήταν χρήσιμοι και εύκολο να μιλήσει κανείς μαζί τους, ενώ το 70% ανέφερε ότι η τεχνητή νοημοσύνη διευκόλυνε την κατανόηση νέων θεμάτων. Τα αποτελέσματα αυτά αναδεικνύουν την αποτελεσματική ενσωμάτωση των εργαλείων συνομιλίας τεχνητής νοημοσύνης μέσω του Convai, καθώς οι μαθητές ήταν σε θέση να συμμετέχουν σε διάλογο ερωτήσεων και απαντήσεων σε πραγματικό χρόνο, να λαμβάνουν άμεση ανατροφοδότηση και να εξερευνούν τα θέματα με τον δικό τους ρυθμό. Η ικανότητα της τεχνητής νοημοσύνης να ανακαλεί προηγούμενες ερωτήσεις και να προσαρμόζει τις απαντήσεις της με βάση προηγούμενες αλληλεπιδράσεις ενίσχυσε περαιτέρω αυτή την εξατομικευμένη εμπειρία.

Η ανατροφοδότηση έδειξε επίσης ισχυρή υποστήριξη για το υπαίθριο περιβάλλον μάθησης, με το 82% των μαθητών να εκφράζουν την ευχαρίστησή τους για την εξερεύνηση του φυσικού περιβάλλοντος και την αλληλεπίδραση με τον βοηθό τεχνητής νοημοσύνης που ειδικεύεται σε οικολογικά θέματα. Αυτό υποστηρίζει την ιδέα ότι τα άτυπα σενάρια μάθησης, όταν υποστηρίζονται από την τεχνητή νοημοσύνη, μπορούν να είναι τόσο εκπαιδευτικά όσο και συναισθηματικά ελκυστικά. Ο ρόλος του υπαίθριου βοηθού στην προώθηση της περιέργειας και την ενθάρρυνση της συνεργασίας φαίνεται να έχει επιτύχει, με βάση τις απαντήσεις ανοικτού τύπου όπου οι μαθητές αναφέρθηκαν στη «συνεργασία», «εύρεση αντικειμένων» και «μάθηση με διασκέδαση».

Ωστόσο, ορισμένοι μαθητές εξέφρασαν την επιθυμία τους για μεγαλύτερη ποικιλία στο περιεχόμενο και βαθύτερη γνώση του αντικειμένου από τους Μεταανθρώπους, υποδεικνύοντας περιθώρια επέκτασης των βάσεων γνώσεων της τεχνητής νοημοσύνης και πιθανή ενσωμάτωση πιο δομημένου εκπαιδευτικού υλικού. Ενώ οι περισσότεροι μαθητές βρήκαν την τεχνητή νοημοσύνη χρήσιμη, μια μικρή μειοψηφία σημείωσε περιπτώσεις όπου οι απαντήσεις φαίνονταν «ασαφείς» ή «πολύ απλές», γεγονός που μπορεί να αντικατοπτρίζει τους περιορισμούς της τρέχουσας συνομιλιακής τεχνητής νοημοσύνης όταν απαντά σε πιο προχωρημένες ή διαφοροποιημένες ακαδημαϊκές ερωτήσεις.

Μεταξύ των εκπαιδευτικών, τα αποτελέσματα αποκάλυψαν μια συγκρατημένα αισιόδοξη προοπτική. Όλοι οι εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι το σύστημα ήταν εύκολο στη χρήση, γεγονός που αποτελεί κρίσιμο παράγοντα επιτυχίας για την υιοθέτηση της τεχνολογίας στην εκπαίδευση. Η αντιλαμβανόμενη αξία του βοηθού τεχνητής νοημοσύνης ήταν υψηλή, με το 75% να δηλώνει ότι χρησίμευε ως χρήσιμος συνδιδάσκαλος, ιδίως σε περιπτώσεις όπου πολλοί μαθητές χρειάζονταν ταυτόχρονη υποστήριξη. Αυτό ευθυγραμμίζεται με τον σχεδιασμένο ρόλο του βοηθού ως κλιμακούμενη, υποστηρικτική παρουσία - όχι ως αντικατάσταση του εκπαιδευτικού, αλλά ως εργαλείο για την επέκταση της εμβέλειας και της διαθεσιμότητάς του κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.

Ο αντίκτυπος του χάρτη της φύσης στην κοινωνικοποίηση και τη συνεργασία αναγνωρίστηκε επίσης θετικά, με το 63% των εκπαιδευτικών να σημειώνουν ότι οι συνήθως επιφυλακτικοί μαθητές αφοσιώθηκαν περισσότερο στο άτυπο, διερευνητικό περιβάλλον. Αυτό υποδηλώνει ότι το εικονικό



περιβάλλον της φύσης εξυπηρετεί έναν δευτερεύοντα ρόλο πέρα από την παράδοση περιεχομένου - λειτουργώντας ως κοινωνικός και κινητήριος χώρος που υποστηρίζει τη συναισθηματική ευημερία και την ανάπτυξη διαπροσωπικών δεξιοτήτων.

Ωστόσο, οι εκπαιδευτικοί εξέφρασαν επίσης σημαντικές ανησυχίες. Οι μισοί από αυτούς προειδοποίησαν κατά της υπερβολικής εξάρτησης από τον βοηθό τεχνητής νοημοσύνης, ενώ ορισμένοι πρότειναν να διαμορφωθεί σαφώς ως συμπληρωματικό εργαλείο και όχι ως κύρια πηγή διδασκαλίας. Υπήρξαν επίσης αναφορές στην ανάγκη για ισχυρότερη ευθυγράμμιση του προγράμματος σπουδών και πιο δομημένες λειτουργίες αξιολόγησης, οι οποίες αποτελούν κοινές προσδοκίες στα συμβατικά ψηφιακά εκπαιδευτικά εργαλεία και στις πλατφόρμες LMS.

Τα συνολικά μαθησιακά αποτελέσματα που προκύπτουν από τις απαντήσεις είναι ελπιδοφόρα. Οι μαθητές ανέφεραν ότι θυμόντουσαν γεγονότα που εισήγαγε ο Μεταάνθρωπος, ιδίως σε πλαίσια άτυπης μάθησης, και οι εκπαιδευτικοί παρατήρησαν αυξημένη συμμετοχή, ιδίως μεταξύ των μαθητών που συνήθως δυσκολεύονται με την εμπλοκή. Αυτοί οι πρώτοι δείκτες υποδηλώνουν ότι η εφαρμογή έχει μετρήσιμο θετικό αντίκτυπο τόσο στους γνωστικούς όσο και στους συναισθηματικούς τομείς της μάθησης-ενισχύοντας τη διατήρηση της γνώσης και τη συναισθηματική εμπλοκή.

Συνοπτικά, τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου αντικατοπτρίζουν έντονη ικανοποίηση και δέσμευση των χρηστών, ιδίως όσον αφορά την εμπάθυνση, τη διαδραστικότητα και τη χρησιμότητα των βοηθών AI Metahuman. Οι μαθητές εκτίμησαν την ελευθερία και τον ρεαλισμό της εμπειρίας, ενώ οι εκπαιδευτικοί αναγνώρισαν τις παιδαγωγικές δυνατότητες της υποστήριξης της τεχνητής νοημοσύνης όταν αυτή ενσωματώνεται σωστά. Τα ευρήματα ενισχύουν την αντίληψη ότι τα περιβάλλοντα εμπύθισης με βάση την τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να συμπληρώσουν αποτελεσματικά τις παραδοσιακές εκπαιδευτικές στρατηγικές, ενώ παράλληλα επισημαίνουν βασικούς τομείς -όπως το βάθος του περιεχομένου, η ενσωμάτωση του προγράμματος σπουδών και η σαφήνεια του ρόλου- όπου απαιτείται περαιτέρω ανάπτυξη.



5. Συμπεράσματα και Προοπτικές Μελλοντικής Ανάπτυξης

Η ανάπτυξη και η χρήση μιας εκπαιδευτικής εφαρμογής με τεχνητή νοημοσύνη που χρησιμοποιεί μεταανθρώπους σε εμβυθιστικά περιβάλλοντα πολλαπλών παικτών αποτελεί σημαντική συμβολή στον εξελισσόμενο τομέα των διαδραστικών τεχνολογιών μάθησης. Το έργο αυτό κατέδειξε τις δυνατότητες του συνδυασμού εργαλείων αιχμής, όπως η Unreal Engine 5.4, η συνομιλιακή τεχνητή νοημοσύνη της Convaï και το Steam Online Subsystem, για τη δημιουργία μιας δυναμικής και ευέλικτης εικονικής μαθησιακής εμπειρίας που εκτείνεται πολύ πέρα από τους περιορισμούς των παραδοσιακών ψηφιακών εκπαιδευτικών πλατφορμών.

Μέσω προσεκτικού σχεδιασμού και τεχνικής υλοποίησης, η εφαρμογή πέτυχε τον κεντρικό της στόχο: να υποστηρίξει τους εκπαιδευτικούς παρέχοντας έξυπνους, αληθοφανείς εικονικούς βοηθούς που ενισχύουν τη δέσμευση των μαθητών, εξατομικεύουν τη διδασκαλία και προωθούν τη διερευνητική μάθηση τόσο σε δομημένα όσο και σε άτυπα περιβάλλοντα. Τα δύο εικονικά περιβάλλοντα - ένα με βάση την τάξη και ένα με θέμα τη φύση - προσέφεραν ξεχωριστά αλλά ταυτόχρονα συμπληρωματικά εκπαιδευτικά σενάρια, ενώ οι αντίστοιχοι AI Metahuman βοηθοί εξυπηρετούσαν εξειδικευμένους ρόλους προσαρμοσμένους στους παιδαγωγικούς στόχους του κάθε χώρου.

Τα δεδομένα αξιολόγησης που συλλέχθηκαν μέσω δομημένων ερωτηματολογίων αποκάλυψαν θετική υποδοχή τόσο από τους μαθητές όσο και από τους εκπαιδευτικούς. Οι μαθητές ανταποκρίθηκαν θετικά στα εμβυθιστικά περιβάλλοντα και τηω αλληλεπίδραση με τα avatars της τεχνητής νοημοσύνης, σημειώνοντας αυξημένα κίνητρα, περιέργεια και ευκολία στην κατανόηση. Οι καθηγητές θεώρησαν το σύστημα ως ένα πολύτιμο εργαλείο υποστήριξης που θα μπορούσε να συμπληρώσει τις διδακτικές τους προσπάθειες, ιδίως όσον αφορά τη διαχείριση των ατομικών αναγκών των μαθητών κατά τη διάρκεια ζωντανών συνεδριών. Η συνομιλιακή μνήμη των βοηθών τεχνητής νοημοσύνης, η καθοδήγηση σε κατάλληλα θέματα συζήτησης και η επίγνωση του περιβάλλοντος ενίσχυσαν περαιτέρω την αποτελεσματικότητα του συστήματος στην προώθηση ουσιαστικών, προσαρμοστικών μαθησιακών διαδικασιών.

Ωστόσο, τα ευρήματα αποκάλυψαν επίσης τομείς για ανάπτυξη. Υπάρχει ανάγκη για μεγαλύτερη ενσωμάτωση με τις επίσημες δομές του προγράμματος σπουδών, βαθύτερη γνώση ειδικών θεμάτων στα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης και πιο ισχυρά χαρακτηριστικά αξιολόγησης και παρακολούθησης της προόδου. Οι εκπαιδευτικοί εξέφρασαν επίσης την επιθυμία για σαφέστερα όρια μεταξύ των ρόλων της τεχνητής νοημοσύνης και των ανθρώπινων εκπαιδευτικών, ενισχύοντας την αρχή ότι η τεχνητή νοημοσύνη θα πρέπει να χρησιμεύει ως διευκολυντής και όχι ως υποκατάστατο στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Με το βλέμμα στο μέλλον, προβλέπονται διάφορες μελλοντικές επεκτάσεις για την αύξηση του πεδίου εφαρμογής, της λειτουργικότητας και της παιδαγωγικής χρησιμότητας της εφαρμογής:

- **Επέκταση του Προγράμματος Σπουδών:** Η ενσωμάτωση δομημένων σχεδίων μαθήματος, εργασιών και μαθησιακών αποτελεσμάτων ευθυγραμμισμένων με συγκεκριμένα



εκπαιδευτικά πρότυπα θα ενίσχυε σημαντικά τη δυνατότητα εφαρμογής του εργαλείου σε περιβάλλοντα τυπικής εκπαίδευσης.

- **Ενότητες Αξιολόγησης:** Η προσθήκη διαδραστικών κουίζ, συστημάτων ανάλυσης επιδόσεων και ανατροφοδότησης θα επέτρεπε στους εκπαιδευτικούς να παρακολουθούν την πρόοδο της μάθησης και να προσαρμόζουν τη διδασκαλία αποτελεσματικότερα.
- **Εργαλεία Συγγραφής Περιεχομένου για Εκπαιδευτικούς:** Η παροχή δυνατότητας στους εκπαιδευτικούς να εκπαιδεύουν απευθείας τους βοηθούς Metahuman με προσαρμοσμένο περιεχόμενο θα προωθούσε την ευελιξία, επιτρέποντας στην εφαρμογή να υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα γνωστικών αντικειμένων, ηλικιακών ομάδων και μαθησιακών επιπέδων.
- **Μεγαλύτερη Εξατομίκευση:** Οι μελλοντικές εκδόσεις θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν πιο προηγμένο προφίλ εκπαιδευόμενου, επιτρέποντας στους βοηθούς τεχνητής νοημοσύνης να προσαρμόζουν τις απαντήσεις τους όχι μόνο με βάση το άμεσο πλαίσιο, αλλά και με βάση τη μακροπρόθεσμη μαθησιακή συμπεριφορά και τα συναισθηματικά πρότυπα.
- **Βελτιώσεις Cross-Platform και Προσβασιμότητας:** Η βελτιστοποίηση των επιδόσεων για συσκευές χαμηλότερων προδιαγραφών και η εξασφάλιση υποστήριξης σε πολλαπλές πλατφόρμες (συμπεριλαμβανομένων των κινητών και της εικονικής πραγματικότητας) θα αυξήσει την προσβασιμότητα και τη συμμετοχικότητα.
- **Διευρυμένες Λειτουργίες Πολλαπλών Παικτών:** Η ενίσχυση των μηχανισμών συνεργατικών εργασιών, των ενοτήτων μάθησης σε πραγματικό χρόνο βάσει έργου και των εργαλείων διαχείρισης της τάξης θα ενίσχυε τις δυνατότητες συνεργασίας της πλατφόρμας.
- **Ηθικές και Ψυχολογικές Διασφαλίσεις:** Καθώς η αλληλεπίδραση τεχνητής νοημοσύνης-ανθρώπου βαθαίνει, θα είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν σαφέστερες κατευθυντήριες γραμμές και προσαπίες για την αποφυγή της υπερβολικής εξάρτησης, τη διασφάλιση της ιδιωτικότητας των δεδομένων και τη διασφάλιση της ευημερίας των μαθητών σε συναισθηματικά πολύπλοκα σενάρια.

Εν κατακλείδι, η παρούσα μελέτη αναδεικνύει μια πολλά υποσχόμενη κατεύθυνση για την εκπαιδευτική τεχνολογία - μια κατεύθυνση που συνδυάζει την εμπύθιση, την εξατομίκευση και την έξυπνη βοήθεια για τη δημιουργία μαθησιακών εμπειριών που είναι τόσο αποτελεσματικές όσο και συναισθηματικά ελκυστικές. Η συγχώνευση της προηγμένης τεχνητής νοημοσύνης και των τρισδιάστατων περιβαλλόντων πραγματικού χρόνου δημιουργεί νέες δυνατότητες για τον τρόπο με τον οποίο παρέχεται, προσεγγίζεται και βιώνεται η γνώση στην ψηφιακή εποχή. Με προσεκτική ανάπτυξη και προσεκτική ενσωμάτωση στα υπάρχοντα παιδαγωγικά πλαίσια, συστήματα όπως αυτό που περιγράφεται εδώ έχουν τη δυνατότητα να γίνουν θεμελιώδη εργαλεία στο μέλλον της εκπαίδευσης.



Βιβλιογραφία

- [1] S. Wang, F. Wang, Z. Zhu, J. Wang, T. Tran, and Z. Du, "Artificial intelligence in education: A systematic literature review," *Expert Syst Appl*, vol. 252, p. 124167, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.eswa.2024.124167.
- [2] N. Al-Huwail, A. Al-Hunaiyyan, S. Alainati, and A. Alhabshi, "Artificial Intelligence in Education: Perspectives and Challenges," *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, vol. 19, no. 04, pp. 26–47, Feb. 2025, doi: 10.3991/ijim.v19i04.52117.
- [3] C. Merino-Campos, "The Impact of Artificial Intelligence on Personalized Learning in Higher Education: A Systematic Review," *Trends in Higher Education*, vol. 4, no. 2, p. 17, Mar. 2025, doi: 10.3390/higheredu4020017.
- [4] A. Kundu and T. Bej, "Psychological impacts of AI use on school students: a systematic scoping review of the empirical literature," *Res Pract Technol Enhanc Learn*, vol. 20, p. 030, Oct. 2024, doi: 10.58459/rptel.2025.20030.
- [5] C.-C. Lin, A. Y. Q. Huang, and O. H. T. Lu, "Artificial intelligence in intelligent tutoring systems toward sustainable education: a systematic review," *Smart Learning Environments*, vol. 10, no. 1, p. 41, Aug. 2023, doi: 10.1186/s40561-023-00260-y.
- [6] L. J. Wiese, I. Patil, D. S. Schiff, and A. J. Magana, "AI ethics education: A systematic literature review," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 8, p. 100405, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.caeai.2025.100405.
- [7] C.-P. Dai, F. Ke, Y. Pan, J. Moon, and Z. Liu, "Effects of Artificial Intelligence-Powered Virtual Agents on Learning Outcomes in Computer-Based Simulations: A Meta-Analysis," *Educ Psychol Rev*, vol. 36, no. 1, p. 31, Mar. 2024, doi: 10.1007/s10648-024-09855-4.
- [8] B. Klimova and M. Pikhart, "Exploring the effects of artificial intelligence on student and academic well-being in higher education: a mini-review," *Front Psychol*, vol. 16, Feb. 2025, doi: 10.3389/fpsyg.2025.1498132.
- [9] C. D. B. Majorana, R. B. Gonçalves, F. L. A. Neto, and R. Z. Camargo, "Enhancing Administrative Efficiency in Higher Education with AI: A Chatbot Solution," *Review of Artificial Intelligence in Education*, vol. 3, p. e023, Oct. 2022, doi: 10.37497/rev.artif.intell.educ.v3i00.23.
- [10] I. Novianti, "An Exploratory Study on the Challenges of AI Technology in Education and its Practical Recommendations," *International Journal of Social Science Research and Review*, vol. 8, no. 3, pp. 26–37, Mar. 2025, doi: 10.47814/ijssrr.v8i3.2481.
- [11] M. J. K. O. Jian, "Personalized learning through AI," *Advances in Engineering Innovation*, vol. 5, no. 1, pp. 16–19, Dec. 2023, doi: 10.54254/2977-3903/5/2023039.
- [12] S. Ratner, R. Williams, and E. Wonnacott, "EXPLORING AI IN EDUCATION THROUGH INTERDISCIPLINARY COLLABORATION," Mar. 2025, pp. 5650–5655. doi: 10.21125/inted.2025.1443.
- [13] M. Kayyali, "Immersive Technologies," 2024, pp. 99–114. doi: 10.4018/979-8-3693-1310-7.ch007.
- [14] M. Veerapen, "Where Do Virtual Worlds Come From?: A Genealogy of Second Life," *Games Cult*, vol. 8, no. 2, pp. 98–116, Mar. 2013, doi: 10.1177/1555412013478683.
- [15] X. Zhang, Y. Chen, L. Hu, and Y. Wang, "The metaverse in education: Definition, framework, features, potential applications, challenges, and future research topics," *Front Psychol*, vol. 13, Oct. 2022, doi: 10.3389/fpsyg.2022.1016300.



- [16] E. Sviridova, E. Yastrebova, G. Bakirova, and F. Rebrina, "Immersive technologies as an innovative tool to increase academic success and motivation in higher education," *Front Educ (Lausanne)*, vol. 8, Oct. 2023, doi: 10.3389/feduc.2023.1192760.
- [17] F. Aziz, C. Li, and A. U. Khan, "Immersive learning in virtual worlds: A two-step analysis SEM and NCA for assessing the impact of Metaverse education on knowledge retention and student collaboration," *Technol Soc*, vol. 81, p. 102871, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.techsoc.2025.102871.
- [18] T. Huynh-The, Q.-V. Pham, X.-Q. Pham, T. T. Nguyen, Z. Han, and D.-S. Kim, "Artificial intelligence for the metaverse: A survey," *Eng Appl Artif Intell*, vol. 117, p. 105581, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.engappai.2022.105581.
- [19] G. Karthick, B. Rebecca Jeyavadhanams, S. Ling, A. Kiyani, and N. Somasiri, "Immersive Learning Using Metaverse: Transforming the Education Industry Through Extended Reality," 2024, pp. 447–456. doi: 10.1007/978-981-99-9562-2_37.
- [20] S. Maghaydah, M. Al-Emran, P. Maheshwari, and M. A. Al-Sharafi, "Factors affecting metaverse adoption in education: A systematic review, adoption framework, and future research agenda," *Heliyon*, vol. 10, no. 7, p. e28602, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e28602.
- [21] J. Sun, Z. Fu, K. Fang, Y. Wang, and P. Hui, "MetaClassroom: An Immersive Environment for Teaching and Learning in Metaverse," in *Proceedings of the 17th International Symposium on Visual Information Communication and Interaction*, New York, NY, USA: ACM, Dec. 2024, pp. 1–2. doi: 10.1145/3678698.3687190.
- [22] D. KAYA, T. KUTLUCA, and G. DAĞHAN, "Transforming Education with Augmented Reality, Metaverse and Virtual Reality Technologies in the 21st Century," *Hacettepe University Journal of Education*, Oct. 2023, doi: 10.16986/HUJE.2023.503.
- [23] M. A. Fadhel *et al.*, "Navigating the metaverse: unraveling the impact of artificial intelligence—a comprehensive review and gap analysis," *Artif Intell Rev*, vol. 57, no. 10, p. 264, Aug. 2024, doi: 10.1007/s10462-024-10881-5.
- [24] J. S. Jauhiainen, "The Metaverse: Innovations and generative AI," *International Journal of Innovation Studies*, vol. 8, no. 3, pp. 262–272, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.ijis.2024.04.004.
- [25] T. Huynh-The *et al.*, "Blockchain for the metaverse: A Review," *Future Generation Computer Systems*, vol. 143, pp. 401–419, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.future.2023.02.008.
- [26] S. Mystakidis and V. Lympouridis, "Immersive Learning Design in the Metaverse: A Theoretical Literature Review Synthesis," 2024, pp. 55–71. doi: 10.1007/978-981-97-1298-4_4.
- [27] D. Sharma and J. Sharma, "The potential of virtual cloud character creation technology-meta human creator: A review," 2023, p. 020153. doi: 10.1063/5.0154732.
- [28] J. C. Alcántara, I. Tasic, and M.-D. Cano, "Enhancing Digital Identity: Evaluating Avatar Creation Tools and Privacy Challenges for the Metaverse," *Information*, vol. 15, no. 10, p. 624, Oct. 2024, doi: 10.3390/info15100624.
- [29] A. Kovari, "A systematic review of AI-powered collaborative learning in higher education: Trends and outcomes from the last decade," *Social Sciences & Humanities Open*, vol. 11, p. 101335, 2025, doi: 10.1016/j.ssaho.2025.101335.
- [30] M. E. Pour, C. Gießler, J. Schmitt, and R. Brück, "Evaluation of MetaHumans as Digital Tutors in Augmented Reality in Medical Training," *Current Directions in Biomedical Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 41–44, Sep. 2023, doi: 10.1515/cdbme-2023-1011.



- [31] Z. Hongli and L. Wai Yie, "AI Solutions for Accessible Education in Underserved Communities," *Journal of Innovation and Technology*, vol. 2024, no. 1, Sep. 2024, doi: 10.61453/joit.v2024no11.
- [32] M. Ebnali, N. Ahmadi, E. Nabiyouni, and H. Karimi, "AI-powered Human Digital Twins in Virtual Therapeutic Sessions," *Proceedings of the International Symposium on Human Factors and Ergonomics in Health Care*, vol. 12, no. 1, pp. 1–4, Mar. 2023, doi: 10.1177/2327857923121000.
- [33] M. Hatami, Q. Qu, Y. Chen, H. Kholidy, E. Blasch, and E. Ardiles-Cruz, "A Survey of the Real-Time Metaverse: Challenges and Opportunities," *Future Internet*, vol. 16, no. 10, p. 379, Oct. 2024, doi: 10.3390/fi16100379.
- [34] A. P. Singh, R. Saxena, and S. Saxena, "The Future of Learning: AI-Driven Personalized Education," *Asian Journal of Current Research*, vol. 9, no. 4, pp. 207–226, Dec. 2024, doi: 10.56557/ajocr/2024/v9i49018.
- [35] S. Affandi, M. I. Ishaq, A. Raza, Q. Talpur, and R. Ahmad, "AI assistant is my new best friend! Role of emotional disclosure, performance expectations and intention to reuse," *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 82, p. 104087, Jan. 2025, doi: 10.1016/j.jretconser.2024.104087.
- [36] M. B. Garcia *et al.*, "Understanding Student Engagement in AI-Powered Online Learning Platforms," 2024, pp. 1–30. doi: 10.4018/979-8-3693-5633-3.ch001.
- [37] J. Kim, K. Merrill, K. Xu, and D. Sellnow, "Embracing AI-Based Education: Perceived Social Presence of Human Teachers and Expectations About Machine Teachers in Online Education," *Human-Machine Communication*, vol. 4, pp. 169–185, 2021, doi: 10.30658/hmc.4.9.
- [38] E. du Plooy, D. Casteleijn, and D. Franzsen, "Personalized adaptive learning in higher education: A scoping review of key characteristics and impact on academic performance and engagement," *Heliyon*, vol. 10, no. 21, p. e39630, Nov. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e39630.



Βιβλιογραφία Εικόνων

- Εικόνα 1: https://www.csiro.au/-/media/Owned-articles/2024/November/Everyday-AI-ep-2/openart-image_4_lusouM_1732167599487.jpg?mw=800&hash=C5EFBA4B258FDD95F034D0FA2BD32A67
- Εικόνα 2: https://media.licdn.com/dms/image/v2/D4D12AQHBxylZaNgczw/article-cover_image-shrink_600_2000/article-cover_image-shrink_600_2000/0/1702355595446?e=2147483647&v=beta&t=RQP1RZ9mUrVJnaox330Ud2rgUxajjc9bAfZUvcr8Tjk
- Εικόνα 3: <https://www.leewayhertz.com/ai-for-operational-efficiency/>
- Εικόνα 4: https://miro.medium.com/v2/resize:fit:1400/1*jWZ0Vj4WSlZoDtABwoejDw.png
- Εικόνα 5: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c6/Second_Life_11th_Birthday_Live_Drax_Files_Radio_Hour.jpg/1200px-Second_Life_11th_Birthday_Live_Drax_Files_Radio_Hour.jpg
- Εικόνα 6: <https://skywell.software/blog/impact-of-metaverse-on-education/>
- Εικόνα 7: https://media.springernature.com/lw685/springer-static/image/chp%3A10.1007%2F978-3-031-29132-6_13/MediaObjects/536003_1_En_13_Fig5_HTML.png
- Εικόνα 8: <https://techcrunch.com/wp-content/uploads/2021/02/metahuman-1.jpg>
- Εικόνα 9: https://beforesandafters.com/wp-content/uploads/2021/02/Using-the-MetaHuman-Facial-Rig-in-UE_-Unreal-Engine-15-57-screenshot.jpg
- Εικόνα 10: https://media.fab.com/image_previews/gallery_images/e67bb630-45b6-4669-a51a-76a02e9ace19/4dbd78c1-2d6c-4116-aaaa-065b8ac8ec44.jpg
- Εικόνα 11: <https://i.imgur.com/8kYIo5P.png>
- Εικόνα 12: <https://cdn2.unrealengine.com/5-4-feature-highlights-1280x720-738ce01d5ffd.jpg?resize=1&w=1920>
- Εικόνα 14: <https://d3kjl73b9h9o.cloudfront.net/original/4X/e/9/5/e95cd7e4a4b820407a8174cba8829065c1637fbd.png>
- Εικόνα 15: <https://cdn2.unrealengine.com/mh-share-1200x630-da7b4aace570.jpg>
- Εικόνα 16: <https://developer-blogs.nvidia.com/wp-content/uploads/2024/01/graphic-features-supported-convai-1.png>
- Εικόνα 17: https://media.fab.com/image_previews/gallery_images/45a4fc55-d5e4-49e6-b9f2-6f77e41dd22e/889a69c7-c1df-4184-b15a-0442bd4feb44.jpg
- Εικόνα 21: https://media.fab.com/image_previews/gallery_images/d18e7583-105b-44c7-a1f2-91c04804930e/e7a9bb2d-1cd1-4305-91ce-9a934013bc53.png
- Εικόνα 26: https://i.ytimg.com/vi/ToCzU3AkzYE/hq720.jpg?sqp=-oaymwEhCK4FEIIDSFryq4qpAxMIARUAAAAAGAEIADIQj0AgKJD&rs=AO4CLAIKG_yMrb92y9wI2xU9RpyCGp_Xg

