



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ – ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Ψηφιακός Πολιτισμός, Έξυπνες Πόλεις, IoT και Προηγμένες Ψηφιακές Τεχνολογίες»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική meta-σύνδεση τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων – Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής Creating an architectural Meta-connection of technology, places and people – At meta-museum of the Greek National Opera
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Βασιλική Τσιτσιπά
Πατρώνυμο	Θωμάς
Αριθμός Μητρώου	ΨΠΟΛ/18046
Επιβλέπων	Κωνσταντίνα Σιούντρη, Διδάσκουσα

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Δημήτριος Βέργαδος
Καθηγητής

Κωνσταντίνα Σιούντρη
Διδάσκουσα

Χρήστος-Νικόλαος
Αναγνωστόπουλος
Καθηγητής

Περίληψη

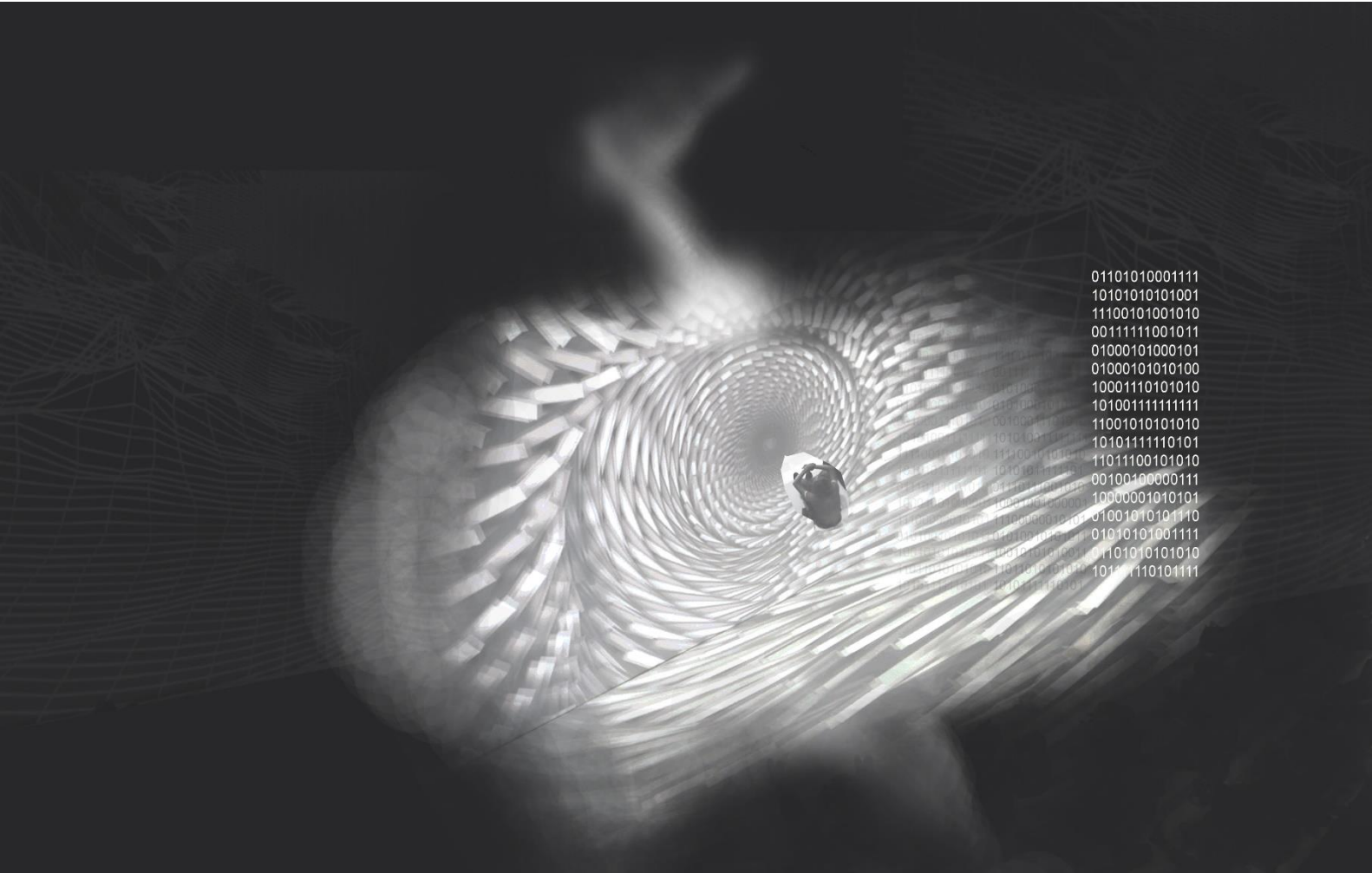
Η Πολιτιστική Κληρονομιά αντιπροσωπεύει έναν παγκόσμιο πόρο ανεκτίμητης αξίας και αποκτά όλο και μεγαλύτερη σημασία όταν ενσωματώνεται στο ψηφιακό οικοσύστημα μιας έξυπνης πόλης. Κύριος στόχος είναι η διερεύνηση ενός εννοιολογικού και τεχνολογικού πλαισίου που καθιστά δυνατή την εμπειρία εξατομικευμένων διαδραστικών ιστοριών με πολιτιστικό περιεχόμενο, μέσω της προσπάθειας ανάλυσης της πολιτιστικής εμπειρίας με βάση μεγάλο όγκο δεδομένων (Big Data) μέσω BIM (Building Information Model) και τεχνολογίες όπως AI και Blockchain, μιας και οι τεχνολογίες είναι οι παράγοντες που οδηγούν τη μετάβαση από το τρέχον Διαδίκτυο στο Μετασύμπαν. *Αφορμή* της έρευνας αποτελεί η αναζήτηση της επιρροής της ψηφιακής τεχνολογίας στην αρχιτεκτονική δημιουργία. Τα αντιληπτικά όρια μεταξύ του δυνητικού και του φυσικού κόσμου τα οποία έχουν σχεδόν διαλυθεί, καθιστούν καίριο το ερώτημα του πώς η αρχιτεκτονική μπορεί να υιοθετήσει την ψηφιακή τεχνολογία. Στις μέρες μας, ξοδεύονται μεγάλα ποσά ώστε να γίνουν οι πόλεις πιο βιώσιμες. Το ερώτημα που τίθεται είναι πώς το μετασύμπαν θα μπορούσε να αλλάξει βαθιά τις σχέσεις μας με τους αστικούς, και στην περίπτωση μας με τους πολιτιστικούς χώρους και μας δίνει την ευκαιρία να φανταστούμε πώς μπορεί να μοιάζουν οι πόλεις και τα κτίρια του αύριο. Το Metaverse, το οποίο αρχικά ερμηνεύτηκε ως ένα απομονωμένο εικονικό σύμπαν, εξελίσσεται τώρα σε ένα πολυσύμπαν, όπου οι εικονικοί κόσμοι υπερισχύουν του πραγματικού. Χώροι, άνθρωποι και δραστηριότητες τόσο σε φυσική όσο και σε εικονική μορφή πρόκειται να ενσωματωθούν απρόσκοπτα. Το να φανταζόμαστε ένα μέλλον όπου οι κοινωνικές δραστηριότητες λαμβάνουν χώρα στο μετασύμπαν μπορεί να φαίνεται βιαστικό, αλλά η μετάβαση έχει ήδη ξεκινήσει.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εστίαση στην χρήση των νέων τεχνολογιών, όχι πλέον ως ένα νέο μέσο αναπαράστασης αλλά ως αλλαγή στην αντίληψη του αρχιτεκτονικού χώρου και ως εμφάνιση νέων χωρικών αντιλήψεων, με περίπτωση μελέτης έναν μουσειακό χώρο. Πιο συγκεκριμένα, θα γίνει μία προσπάθεια δημιουργίας ενός αφηγήματος του «μετασχηματισμού» της Εθνικής Λυρικής σκηνής που φιλοξενεί το θέαμα στο μουσειακό της χώρο όπου εκθέματα θα είναι τα ίδια τα θεάματα και οι άνθρωποι της Λυρικής. Η Λυρική Σκηνή θα μετασχηματιστεί σε εκθεσιακό χώρο και το έργο της σε έκθεμα. Η δυνατότητα για την παραγωγή νέων «χώρων», προκύπτει από όλες τις μορφές τεχνολογίας και ψηφιακών μέσων και μετατρέπεται το κτίριο σε «κτίριο-πλατφόρμα».

Summary

Cultural Heritage represents an invaluable global resource and becomes increasingly important when integrated into the digital ecosystem of a smart city. The main goal is to create a conceptual and technological framework and experience personalized interactive stories with cultural content, through the analysis of cultural experience, based on a large amount of data (Big Data) through BIM (Building Information Model) and technologies such as AI and Blockchain, technologies that are the drivers from the current Internet to the Metaverse. The purpose of the research is to understand the effect of digital technology on architectural creation. The boundaries between the virtual and the physical world, which have almost dissolved, raise the question of how architecture can adopt digital technology. Nowadays, large sums are spent on making cities more sustainable. The discussion today is how the metaverse could change our relationships with urban spaces and in our case with cultural spaces, and gives us the opportunity to imagine what the cities and buildings of tomorrow might look like. The Metaverse, interpreted as an isolated virtual universe, is now evolving into a multiverse, where virtual worlds take precedence over the real one. Places, people and activities, both in the physical and virtual worlds, are to be integrated.

The purpose of this paper is to focus on the use of new technologies, no longer as a new means of representation but as a change in the architectural space, with a case study of a museum space. More specifically, we will attempt to create a narrative of the "transformation" of the Greek National Opera in its museum space. The exhibits will be the performances and people of the National Opera. The National Opera will be turned into an exhibition space and its performances into an exhibit. The production of new "spaces" is the result of all kinds of technology and digital media and turns the building into a "building-platform".



Περιεχόμενα

I. Εισαγωγή

πλαίσιο	[σ.6-12]
τομέας έρευνας	[σ.12-14]
σκοπός	[σ.14-16]
μεθοδολογία	[σ.16]

II. Από τον χώρο «Υπόβαθρο» στον χώρο «Πεδίο» και στον χώρο «Εμπειρίας» - Εφαρμογή στον μουσειακό χώρο

II_1. Δομημένο πολιτιστικό περιβάλλον – [υπόβαθρο]	[σ.17-49]
II_2. Ψηφιακό περιβάλλον – digital museum [πεδίο]	
II_3. Μετασχηματισμός του πολιτιστικού χώρου και οι νέες τεχνολογίες [χώρος εμπειρίας]	
α. επαύξηση πολιτιστικού χώρου	
β. τεχνολογίες και ψηφιακά εργαλεία για τη «Λυρική Σκηνή σε εξέλιξη..»	

III. Ο μουσειακός χώρος στο metaverse - Αυτόνομος ή σε συνδυασμό με τον φυσικό? - Το νέο μουσειακό μοντέλο.....

III_1. Η μετάβαση από το φυσικό στο εικονικό μουσείο	[σ.50-68]
III_2. Εισαγωγή του πολιτιστικού χώρου στο metaverse	

IV. Το νέο μουσειακό μοντέλο – Περίπτωση μελέτης.....

IV_1. Το νέο επιχειρηματικό και μουσειακό μοντέλο	[σ.69-115]
IV_2. Μελέτη εφαρμογής_ Μετα-σχηματισμός χώρου από την Λυρική Σκηνή στο μουσειακό της χώρο	
α. Χώρος_	
β. Ανάλυση του φυσικού κτιρίου και σύνδεση με τον μετα-χώρο του_	
γ. Επισκέπτες - χρήστες-avatars και συσκευές IoT	
δ. Σχεδιασμός meta-χώρου_	
ε. Ενσωμάτωση τεχνολογιών AR και VR – το πέρασμα στο μετασυμπάντειο χώρο	
στ. meta-Σχεδίαση	
ζ. Αρχιτεκτονική Συστήματος	

V. Προβληματισμοί και επίλογος έρευνας.....

VI. Βιβλιογραφία

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

[Εισαγωγικό πλαίσιο]

Οι γεωπολιτικές εξελίξεις, τα θέματα της ενεργειακής κρίσης, η πανδημία Covid-19 και βεβαίως η κλιματική αλλαγή, συνιστούν κρίσιμα, οικουμενικά ζητήματα τα οποία αποτελούν τις σύγχρονες προκλήσεις έχοντας διαμορφώσει μία νέα παγκόσμια συνθήκη με έντονα διασυννοριακό χαρακτήρα. Ο αντίκτυπος των κτιρίων στο περιβάλλον έχει κερδίσει την προσοχή τις τελευταίες δεκαετίες. Ενδεικτικά, οι διαδικασίες κατεδάφισης αντιπροσωπεύουν το 40% των συνολικών στερεών αποβλήτων, ενώ το στάδιο λειτουργίας των κτιρίων παράγει το 30% των συνολικών αερίων του θερμοκηπίου¹. Ως εκ τούτου, η ανάγκη βελτίωσης της απόδοσης του κύκλου ζωής των κτιρίων είναι επιτακτική. Οι γεωπολιτικές ανακατατάξεις έχουν οδηγήσει σε ένα νέο, εξελισσόμενο τοπίο στον ενεργειακό τομέα με σημαντικές οικονομικές προεκτάσεις. Την ίδια στιγμή, κρίσιμα ζητήματα, όπως η κλιματική αλλαγή και οι προσπάθειες αντιμετώπισης της έχουν ήδη ορίσει ένα αναγκαίο πλαίσιο πολιτικής για τα επόμενα χρόνια στην Ευρώπη. Σύμφωνα με μελέτη του ΟΗΕ για τις μετακινήσεις ανθρώπων, περισσότεροι από 2,5 δισεκατομμύρια θα ζουν στις πόλεις μέχρι το 2050². Αυτή η δημογραφική πίεση μαζί με τα ζητήματα της ενεργειακής κρίσης δημιουργούν μια τεράστια ανάγκη να μελετήσουμε τι σημαίνει αυτό για το αστικό περιβάλλον αλλά και πώς αυτό μπορεί να γίνει πιο βιώσιμο. Με τον αντίκτυπο του COVID-19, είναι πλέον απαραίτητο να παρέχουμε νέες μεθόδους για τη διευκόλυνση της συνεργασίας με ένα εξ' αποστάσεως περιβάλλον το οποίο να μπορεί να μας παρέχει τις λειτουργίες ενός φυσικού, κάτι το οποίο πραγματεύεται και αυτή η έρευνα.

Η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται και ο αντίκτυπος στη ζωή μας είναι μεγαλύτερος από ποτέ. Η εκθετική ανάπτυξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια υπογραμμίζεται από την έννοια του Industry 4.0 και αντίστοιχες πρωτοβουλίες σε διάφορα πλαίσια των τομέων Έξυπνης Πόλης, Μηχανικής και Κατασκευών (SCEC), (Building 4.0, Real Estate 4.0, Construction 4.0, Mining 4.0, Education 4.0)³. Η ιδέα του Industry 4.0 βασίζεται στη σύνδεση φυσικών περιβαλλόντων με ψηφιακά οικοσυστήματα. Προς το παρόν, υπάρχει ζήτηση για διερεύνηση προηγμένων αυτοματισμών, εφαρμογής ρομποτικής, βελτιώσεων στην επικοινωνία μηχανής με μηχανή (M2M) και επικοινωνίας ανθρώπου με μηχανή ή ανθρώπου-υπολογιστή-μηχανής. Το Digital Twin (DT) διευκολύνει τη συνδεσιμότητα που απαιτείται για τέτοιες εξελίξεις μέσω πολλών αυτολειτουργικών λειτουργιών. Ταυτόχρονα, οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τα κινητά τηλέφωνα ή τις συνδεδεμένες συσκευές τους περισσότερο από ποτέ. Αυτό οδηγεί σε μια κατάσταση όπου υπάρχει ένας συνδυασμός ψηφιακών και φυσικών περιβαλλόντων. Αυτή η συνύπαρξη, εκτός από τον τεράστιο όγκο δεδομένων, συνδεδεμένων συσκευών, υπηρεσιών που δημιουργούν σε πραγματικό χρόνο οι άνθρωποι και οι χρήστες του περιβάλλοντος έξυπνης πόλης, οδήγησε την εργασία στην αναζήτηση ενός «χώρου σε εξέλιξη». Ενός χώρου που να μπορεί να δεχτεί την συνύπαρξη των δύο κόσμων βρισκόμενοι σε συνεχή αλληλεπίδραση, συμβάλλοντας στην βιωσιμότητα του περιβάλλοντος.

Στην αρχή, οι υπολογιστές ήταν φυσικά διακριτά αντικείμενα ξεχωριστά από τον καθημερινό μας κόσμο. Μακριά από το να αποτελούν μέρος της καθημερινής ζωής, οι πρώτοι υπολογιστές ήταν πιο κοντά σε μια νέα μορφή ζωής. Η πρόκληση των πρώτων σχεδιαστών τότε ήταν να καταλάβουν πώς να αλληλεπιδράσουν με αυτή τη νέα μορφή ζωής. Έτσι, οι σχεδιαστές ονόμασαν την εκκολαπτόμενη πειθαρχία τους αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή και αυτό που σχεδίασαν ήταν διεπαφές ανθρώπου-υπολογιστή.

Η έννοια της εμπειρίας χρήστη δεν προέκυψε παρά αργότερα, στην αρχή της ψηφιακής εποχής. Καθώς οι υπολογιστές έγιναν φορητοί, συνδεδεμένοι και εύχρηστοι, μετατράπηκαν από εργαλεία για ειδικούς σε αναπόσπαστο μέρος της καθημερινής ζωής. Και η γλώσσα του

¹ Ιστότοπος Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, βλ. <http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>, Πρόγραμμα ALTENER 2000.

² Ευρωπαϊκή Επιτροπή, *Ο πλανήτης μας το μέλλον μας*, βλ.

https://ec.europa.eu/assets/clima/our_planet_our_future/el/files/assets/common/downloads/our-planet-our-future_el.pdf

³ Sepasgozar S., 2021, *Differentiating Digital Twin from Digital Shadow: Elucidating a Paradigm Shift to Expedite a Smart, Sustainable Built Environment*. Buildings.

σχεδιασμού άλλαξε: Η εστίαση ήταν πλέον στο σχεδιασμό για κάθε πιθανή εμπειρία και για κάθε χρήστη. «Το ενδιαφέρον για την εμπειρία χρήστη (UX) έγινε εμφανές στα μέσα της δεκαετίας του 1990», έγραψε ο Philip Turner στο *A Psychology of User Experience*, «όταν οι υποστηρικτές του πρότειναν ότι ο σχεδιασμός και η αξιολόγηση της ψηφιακής τεχνολογίας θα έπρεπε να επεκταθεί πέρα από το καθαρά χρήσιμη ώστε να συμπεριλάβει μια ευρύτερη γκάμα εμπειριών».⁴

Ο χώρος σχεδιάζεται για να είναι αντιδραστικός και όχι παθητικός. Οι άνθρωποι δημιουργούν ουσιαστικές συνδέσεις με το δομημένο περιβάλλον μέσω των φυσικών και κοινωνικών αλληλεπιδράσεών τους. Η δομημένη φόρμα έχει «δημιουργηθεί για τουλάχιστον τριακόσιες χιλιάδες χρόνια, και εντυπωσιακά, ακόμη και στις αρχαιότερες και απλούστερες μορφές ήταν διαδραστική και πολυλειτουργική» (Alavi, et al., 2016)⁵.

Τη δεκαετία του 1990, στην Ευρώπη αλλά και στην Αμερική άκμασαν οι λεγόμενες σπουδές του κυβερνοπολιτισμού («*cyberculture studies*»), με βασικό αντικείμενο μελέτης τις αλλαγές που επέφεραν οι υπολογιστές, οι νέες τεχνολογίες επικοινωνίας και ιδιαίτερα ο παγκόσμιος ιστός στη ζωή των ανθρώπων και στα κοινωνικά φαινόμενα. Στο πλαίσιο ανάπτυξης των σπουδών αυτών, οι βασικές θεωρητικές προσεγγίσεις αφορούσαν κυρίως τη διχοτομία ανάμεσα στον φυσικό και τον εικονικό κόσμο. Η offline διάσταση θεωρούνταν ως τελείως διαφορετική από την online, ως άλλος ξεχωριστός τόπος. Το offline ταυτοποιούνταν με τον φυσικό κόσμο, ενώ το online με τον εικονικό, κόσμο, και συνήθως ο ένας κόσμος απέκλειε τον άλλο. Ιδίως στη περίπτωση της λεγόμενης «εικονικής πραγματικότητας», διαδεδομένη ήταν η άποψη πως το υποκείμενο που συμμετείχε σε παιχνίδια χαρακτήρων ή και κοινότητες εικονικής πραγματικότητας, βυθιζόταν στον κυβερνοχώρο χάνοντας την επαφή με τον πραγματικό κόσμο. Η διάσταση της υλικότητας του offline κόσμου συνδεόταν σχεδόν σε ταυτολογικό επίπεδο με την έννοια του πραγματικού, του υπαρκτού και κατ' επέκταση του αυθεντικού⁶. Η απουσία υλικότητας συνέδεε δομικά τον online κόσμο με τις έννοιες του φαντασιακού και του εικονικού, και αν όχι του ψεύτικου, τότε σίγουρα του τεχνητού και της προσομοίωσης με το φυσικό κόσμο. Η αξιολογική διάκριση των δύο όρων είναι έκδηλη.

Προς το τέλος της δεκαετίας του 1990 και στις αρχές του 2000, τόσο οι ουτοπικές όσο και οι δυστοπικές θεωρίες για τον κυβερνοχώρο και την εικονική πραγματικότητα σταδιακά ατόνησαν. Η ψηφιακή σφαίρα δεν ήταν πια ένας άγνωστος κόσμος, αλλά ένας οικείος τόπος δράσης του σύγχρονου υποκειμένου. Ο Manovich⁷, σε άρθρο του με τίτλο “*The Poetics of Augmented Space*”, υποστήριξε το 2006, πως το δίπολο online/ offline δεν έχει πια τόσο νόημα, όσο έχει η σχέση ανάμεσα στην έννοια του χώρου και στην ψηφιακή πληροφορία που κυκλοφορεί εντός του, ιδωμένη πάντα στο πλαίσιο των νέων ψηφιακών μέσων επικοινωνίας και των δικτυακών τεχνολογιών. Όπως γράφει ο επαυξημένος χώρος είναι «ο φυσικός χώρος που επικαλύπτεται με δυναμικά μεταβαλλόμενες πληροφορίες»⁸.

Αυτό που ενδιαφέρει, είναι να μελετήσουμε το κατά πόσο έχουν ενοποιηθεί αυτοί οι δύο κόσμοι, που ήταν διακριτοί μέχρι πριν από λίγο, ή μάλλον το κατά πόσο έχει απορροφηθεί ο ένας από τον άλλο (“*immersed*”) – ή μήπως συμβαίνει ότι υποστηρίζει ο ίδιος, δηλαδή ο ήδη υπάρχων φυσικός κόσμος έχει αυξηθεί (“*augmented*”) με την προσθήκη μίας ακόμη διάστασης, η οποία συνοδεύει τους ψηφιακούς συνδυασμούς και συσχετισμούς πληροφορίας και εμπειρίας. Σύμφωνα με τον Manovich, ο φυσικός κόσμος νοηματοδοτείται ως τόπος γεμάτος με δυναμικές και πολλαπλασιαζόμενες ψηφιακές πληροφορίες τις οποίες το σύγχρονο υποκείμενο δημιουργεί, ανακαλεί, διαχειρίζεται μέσω συσκευών και εφαρμογών ψηφιακής τεχνολογίας και

⁴ Benjamin Bertram Goldman, *The Metaverse Will Give Designers the Chance to Create a Better World* βλ. <https://builtin.com/design-ux/virtual-world-design-ethics>

⁵ Lary D., Alavi A., Gandomi A., Walker A.. 2016, *Machine learning in geosciences and remote sensing*, pp. 3-10

⁶ Sorin Adam Matei, *From Counterculture to Cyberculture: Virtual Community Discourse and the Dilemma of Modernity*, *Journal of Computer-Mediated Communication*.

⁷ Lev Manovich, *Ρώσος θεωρητικός των Νέων Μέσων* βλ. <http://manovich.net/>

⁸ Lev Manovich, 2016, “*The Science of Culture? Social Computing, Digital Humanities and Cultural Analytics*”, βλ. <https://culturalanalytics.org/article/11060>

δικτύων επικοινωνίας και τεχνολογίες οι οποίες μετατρέπουν τον υλικό χώρο σε ψηφιακές πληροφορίες⁹. Χρησιμοποιώντας μια μεταφορά από την επιστήμη της γεωλογίας, μπορεί κανείς να υποστηρίξει πως αυτό το σώμα ψηφιακών πληροφοριών συνιστά ένα επιπλέον στρώμα που επικάθεται και επαυξάνει τα ήδη υπάρχοντα στρώματα φυσικού κόσμου.

Η στροφή του σχεδιασμού από τον ευρύ άνθρωπο στον μεμονωμένο χρήστη σηματοδοτεί ένα από τα μεγάλα άλματα στην ιστορία του σχεδιασμού. Με το UX, η σχεδίαση έχει αναδιαμορφώσει σχεδόν κάθε αλληλεπίδραση του σύγχρονου κόσμου — είτε καταθέτεις μια τραπεζική επιταγή, είτε επιλέγεις ταξί, είτε συνδέεσαι με έναν φίλο. Αλλά πλησιάζει γρήγορα ένα ακόμη εξελικτικό ορόσημο στη σχέση της ανθρωπότητας με την τεχνολογία που θα αλλάξει ξανά τον τρόπο που σκεφτόμαστε για το σχεδιασμό: την εμφάνιση του μετασύμπαντος.

Το metaverse περιγράφει έναν παράλληλο εικονικό κόσμο όπου οι άνθρωποι παίζουν, εργάζονται, μαθαίνουν, κοινωνικοποιούνται και ζουν μια πλήρη ζωή μέσω μοναδικών διαδικτυακών ταυτοτήτων, συχνά γνωστών ως avatars. Με τον ίδιο τρόπο που τα smartphone συνδύασαν στοιχεία της υπάρχουσας τεχνολογίας — φορητότητα, συνδεσιμότητα και λογισμικό — για να ανοίξουν την πόρτα σε ένα εντελώς νέο UX, το ίδιο θα συνδυάσει και το metaverse κοινά συστατικά παιχνιδιών όπως περιεχόμενο που δημιουργείται από χρήστες, έναν επίμονο κοινό κόσμο και μοναδικές ψηφιακές ταυτότητες για να αναβαθμίσουν την εμπειρία σε κάτι νέο¹⁰.

Εάν η μετάβαση από τη σχεδίαση ανθρώπου-υπολογιστή στο UX σηματοδότησε την αλλαγή από τους υπολογιστές ως ξεχωριστούς από τον «πραγματικό κόσμο» στους υπολογιστές που έγιναν ένα εγγενές μέρος του κόσμου μας, το metaverse περιγράφει το επόμενο στάδιο σε αυτό το εξελικτικό ταξίδι: οι υπολογιστές ως πύλες σε νέους κόσμους εξ ολοκλήρου. Και καθώς η τεχνολογία αλλάζει, θα αλλάξει και η ορολογία που χρησιμοποιούμε για να περιγράψουμε το άτομο που αλληλεπιδρά με την εν λόγω τεχνολογία. Έτσι, αντί να επικεντρώνεται η σχεδίαση στον χρήστη, η σχεδίαση θα επαναπροσανατολιστεί γύρω από τη συσκευή αναπαραγωγής — το άτομο που καταλαμβάνει αυτόν τον εικονικό κόσμο.

Σήμερα, καλούμαστε να ερμηνεύσουμε τη σχέση που έχει ο εικονικός χώρος με τον υλικό ομόλογό του και αντίστοιχα να κατασκευάσουμε την σύμπτυξή τους. Το ζήτημα είναι πώς μπορεί να συνδυαστεί η κλασική αρχιτεκτονική της οποίας τα κύρια χαρακτηριστικά είναι η τοπικότητα, η ιστορία, η μνήμη και η γεωμετρία, με την εικονική αρχιτεκτονική της οποίας χαρακτηριστικά είναι η μη τοπικότητα, ανιστορικότητα, η συνέχεια και έλλειψη συγκεκριμένης υλικής μορφής ώστε να παραχθεί και αναπτυχθεί μία υβριδική ή και επαυξημένη αρχιτεκτονική η οποία να ανταποκρίνεται με την εξέλιξη και τις ανάγκες της σημερινής κοινωνίας. Οι απαιτήσεις της εποχής καθιστούν απαραίτητη την επινόηση και το σχεδιασμό εικονικών εφαρμογών μέσα ή πάνω στον υλικό κόσμο άρα επαυξημένων, ώστε να προκύπτουν υβριδικοί χώροι, όπου το υποκείμενο- χρήστης είναι ενεργό και παίρνει μέρος σε μία δράση, ένα θέαμα, ταυτόχρονα και στον υλικό και εικονικό κόσμο, καταργώντας με αυτόν τον τρόπο το σχίσμα μεταξύ των δύο. Οι Χώροι επαυξημένης πραγματικότητας και αυτοί των παράλληλων συμπάντων, διαθέτουν ταυτότητα η οποία είναι πολλαπλή, εφήμερη και δυναμική¹¹.

Οι τεχνολογικές εφαρμογές μετατρέπουν τον υλικό κόσμο σε χώρο πληροφοριακών δεδομένων, εξαγοντας πληροφορίες από αυτόν (επιτήρηση) ή επαυξανόντάς τον με πρόσθετες πληροφορίες. Παρότι σε εμβρυακή μορφή, η επαυξημένη πραγματικότητα δίνει τη δυνατότητα να εμπλακεί ο χειρισμός της πληροφορίας στην καθημερινή ζωή, ως ένα πραγματικό αντικείμενο και όχι πλέον ως απλή αναπαράσταση. Πέρα από την εμπλοκή όλων των αισθήσεων στον χειρισμό της πληροφορίας, ο αρχιτέκτονας καλείται πλέον να σχεδιάσει και να οργανώσει όχι μόνο τη φυσική πραγματικότητα, αλλά και την σύνδεσή της με την καθαρή

⁹ Lev Manovich, 2019, "Data," in *Critical Terms in Futures Studies*, ed. Paul Heike, Palgrave, βλ. <http://manovich.net/index.php/projects/data>

¹⁰ Benjamin Bertram Goldman, *The Metaverse Will Give Designers the Chance to Create a Better World* βλ. <https://builtin.com/design-ux/virtual-world-design-ethics>

¹¹ Δούνας Θ., Μπουμπάρη Ελ., Ξανθοπούλου Σ., Ηλιάδη Ν., *Επάγγελμα Αρχιτέκτων :: εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα – Η επέκταση της αρχιτεκτονικής πέρα από τη φυσική πραγματικότητα. Η επανάκτηση της Αρχιτεκτονικής ως ρυθμιστικός παράγοντας του περιβάλλοντος*

πληροφορία. Αντίστοιχα όμως, η σπικκοποίηση αυτής της πληροφορίας επιτρέπει στον αρχιτέκτονα να μεταφέρει την δυνητικότητα του περιβάλλοντος και στις ίδιες τις διαδικασίες και τα εργαλεία σχεδιασμού που χρησιμοποιεί, φτάνοντας τελικά το εργαλείο σχεδιασμού να είναι ταυτόχρονα και εργαλείο κατασκευής αλλά και πιθανόν η ίδια η κατασκευή¹².

Προχωρώντας πέρα από την ανάλυση του Μανονίχ για τον «αυξημένο χώρο», τα τελευταία χρόνια, έχει αρχίσει να διατυπώνεται η άποψη πως η ώσμωση του υλικού και του εικονικού κόσμου, ή αλλιώς του φυσικού χώρου και της ψηφιακής πληροφορίας, παρήγαγε στο πλαίσιο των ψηφιακών ανθρωπιστικών επιστημών πολλά υβριδικά μέσα επικοινωνίας και ποικίλους υβριδικούς τόπους ιστορικής κουλτούρας και μνήμης. Η έννοια του τόπου λαμβάνει μια εκ νέου μεταφορική σημασία, καθώς τα ηλεκτρονικά και ψηφιακά μέσα επικοινωνίας αφαιρούν από τον φυσικό τόπο την κυριολεκτική σημασία που του αποδίδει η διάσταση της υλικότητας. Αρκετά παλιότερα, το 1990, ο κοινωνικός ανθρωπολόγος και καθηγητής μέσων επικοινωνίας και πολιτισμού στο Πανεπιστήμιο της Νέας Υόρκης Arjun Appadurai, στο άρθρο του με τίτλο “Disjuncture and Difference in the Global Cultural Economy”, μελετώντας τη διαλεκτική σχέση ανάμεσα στην οικονομία, την πολιτική και τον πολιτισμό σε παγκόσμια κλίμακα και στο πλαίσιο του ηλεκτρονικού καπιταλισμού, μίλησε για πολιτισμικές ροές και «τοπία» που συναρθρώνουν μορφές της ανθρώπινης δραστηριότητας και διαμορφώνουν κοινωνικά, πολιτικά και πολιτισμικά συμπλέγματα και μορφώματα, τα οποία συνήθως λειτουργούν με εναλλακτικούς τρόπους στο πλαίσιο της παγκοσμιοποίησης, συνδυάζοντας ομοιομορφίες αλλά και διαφοροποιήσεις¹³. Ο Appadurai διέκρινε αυτές τις παγκόσμιες πολιτισμικές ροές σε μία σειρά από πέντε τοπία: τα «εθνοτοπία» (“ethnoscapes”, δηλαδή τις ροές ανθρώπων, μεμονωμένων αλλά και ομάδων όπως για παράδειγμα μετανάστες, πρόσφυγες), τα «τεχνοτοπία» («technoscapes», τις ροές τεχνολογίας και τεχνογνωσίας, τεχνολογικών εργαλείων και πληροφορίας), τα «χρηματοοικονομικοτοπία» («finanscapes», τις ροές πληροφοριών που παράγονται, διαδίδονται, κυκλοφορούν, ανακυκλώνονται, μεταμορφώνονται από τα ηλεκτρονικά μέσα επικοινωνίας και αντίστοιχα τις ροές των αναπαραστάσεων του κόσμου, τόσο σε ρεαλιστικό όσο και σε φανταστικό επίπεδο, οι οποίες επίσης δημιουργούνται και διακινούνται από τα μέσα επικοινωνίας), και τα «ιδεοτοπία» («ideoscapes», τις ροές ιδεών, εννοιών, νοοτροπιών)¹⁴. Τα πέντε τοπία του Appadurai, και ιδιαίτερα τα «επικοινωνιακά τοπία», βοηθούν ακόμα και σήμερα να γίνει πιο εύκολα κατανοητή η σύγχρονη αντίληψη πως η έννοια του τόπου στο πλαίσιο των ψηφιακών ανθρωπιστικών επιστημών δεν έχει να κάνει με την έννοια του φυσικού χώρου, ούτε αναλύεται σε μια φυσική και σε μια εικονική διάσταση, αλλά εκφράζεται ως ένα συνεχές τοπίο όπου οι πολιτισμικές ροές κυκλοφορούν ψηφιακά σε επιμέρους και εμπλεκόμενες κοινότητες.

Το Copenhagen Institute for Futures Studies, επιχείρησε το 2009, μέσα από μία συμμετοχική συλλογική προσπάθεια δια μέσου του διαδικτύου να δημιουργήσει και να παρουσιάσει ένα μανιφέστο για ό,τι ονόμασε «υβριδικό χώρο»¹⁵. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο, ο υβριδικός χώρος έχει αντικαταστήσει τον κυβερνοχώρο, το διαδίκτυο δεν υπάρχει πια μόνο στην ασαφή και άυλη εικονική διάσταση, έχει πια ξεφύγει από την οθόνη του υπολογιστή και χρησιμοποιεί άλλες διόδους επικοινωνίας για να εκβάλει σε ό,τι λέγεται φυσικός χώρος, εισβάλλοντας σε όλες τις καθημερινές δραστηριότητες του υποκειμένου στη σημερινή εποχή. Οι συγγραφείς ορίζουν την υβριδικότητα ως πεδίο όσμωσης των παλιών και των νέων μέσων επικοινωνίας, ως συνάρθρωση μιας νέας νοηματοδότησης της υλικότητας και των μέσων με τα οποία επιτελείται η επικοινωνία, ως διαπλοκή του «φυσικού» και του εικονικού κόσμου σε έναν συνεχή τόπο ανθρώπινης και μηχανικής δραστηριότητας.

Πρόκειται για μια διαδικασία δημιουργίας και ανταλλαγής μηνυμάτων και αφηγήσεων για το παρελθόν, για μια εμπειρία παραγωγής ιστορικού περιεχομένου, η οποία πραγματώνεται χωρίς

¹² Δούνας Θ., Μπουμπάρη Ελ., Ξανθοπούλου Σ., Ηλιάδη Ν., Επάγγελμα Αρχιτέκτων :: εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα – Η επέκταση της αρχιτεκτονικής πέρα από τη φυσική πραγματικότητα. Η επανάκτηση της Αρχιτεκτονικής ως ρυθμιστικός παράγοντας του περιβάλλοντος, σελ.8

¹³ Appadurai, A., 2006, The right to research, in Globalization, Societies and Education, pp. 169-173

¹⁴ Powell J., Steel R., 2011, Revisiting Appadurai: Globalizing Scapes in a Global World - the Pervasiveness of Economic and Cultural Power. pp.74-75.

¹⁵ Copenhagen Institute for Futures Studies. (2009). About CIFS. Βλ. www.cifs.dk/en

αρχή, μέση και τέλος, σε συνεχή ροή εντός των σύγχρονων δικτύων επικοινωνίας, τα οποία συναρθρώνονται τόσο στην υλική, όσο και στην ψηφιακή διάσταση. Εκτεθειμένα πάνω σε αυτό το {ψηφιακό} σκηνικό, τα ίν=ίχνη του παρελθόντος δείχνουν να υποβάλλονται σε νέες κατηγορικές προσαγωγές: να είναι ανοιχτά, με διαπερατά μορφολογικά και σημασιολογικά όρια, διαδόσιμα, επικοινωνήσιμα. Σε αυτή την εργασία, λοιπόν, διερευνάται πώς η εικονική και η φυσική αλληλεπίδραση μπορούν να συνδυαστούν για την ανάπτυξη του Επαυξημένου Χώρου και πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση της δημόσιας συμμετοχής στο Metaverse.

Το Metaverse είναι ένας συνδυασμός πολλαπλών τεχνολογικών στοιχείων όπως η εικονική πραγματικότητα, η επαυξημένη πραγματικότητα, η τηλεμεταφορά και το βίντεο, όπου οι χρήστες «ζουν» στο ψηφιακό σύμπαν. Η διατήρηση των πολιτιστικών χώρων κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19 εν μέσω διαφόρων αβεβαιοτήτων και προκλήσεων όπως η έλλειψη εργατικού δυναμικού, οι διακοπές λειτουργίας των επισκέψεων σε μουσεία οδήγησαν σε σκέψεις λειτουργίας μέσω ψηφιακών μέσων¹⁶. Τεχνολογικά επιτεύγματα, όπως οι μηχανές τεχνητής νοημοσύνης και το IoT, προσφέρουν δυνατότητες αντικατάστασης του ανθρώπου σε περίπλοκες και επικίνδυνες δραστηριότητες, ανιχνεύουν την κατάσταση περιβαλλοντικών συνθηκών, συμβάλουν στον μετριασμό φυσικών καταστροφών όπως σεισμοί, πυρκαγιές, έλεγχο και πρόληψη επιδημιών και ταυτόχρονα, μπορούν να λειτουργήσουν ως σύνδεσμος μεταξύ του ανθρώπινου, του ψηφιακού και του φυσικού στρώματος σε ένα λεγόμενο υβριδικό αστικό περιβάλλον. Το παράδειγμα του Διαδικτύου των Πραγμάτων υποστηρίζει τη μετάβαση από έναν κλειστό κόσμο, στον οποίο ένα αντικείμενο χαρακτηρίζεται από έναν περιγραφέα, σε έναν ανοιχτό κόσμο, στον οποίο αυτό το αντικείμενο αλληλεπιδρά με το περιβάλλον, επειδή έχει γίνει «ευφύες». Τα τελευταία χρόνια, η Πολιτιστική Κληρονομιά έχει αποδειχθεί ένας από τους καταλληλότερους τομείς στους οποίους μπορούν να αξιοποιηθούν τέτοια επιτεύγματα, καθώς χαρακτηρίζει έναν τομέα όπου πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλές πτυχές ταυτόχρονα όπως η οικονομική διαχείριση, η φύλαξη αντικειμένων μεγάλης αξίας, δημιουργία εμπειριών για τους επισκέπτες, ρόλοι ψυχαγωγίας, εκπαίδευσης, κοινωνικοποίησης.

Έχουν δημιουργηθεί διάφορα εικονικά περιβάλλοντα με τη διαμεσολάβηση υπολογιστή, συμπεριλαμβανομένων των κοινωνικών δικτύων, της τηλεδιάσκεψης, των εικονικών τρισδιάστατων κόσμων, όπως συνομιλίας VR και των εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας. Αν και το μετασύμπαν μπορεί να φαίνεται φουτουριστικό, καταλυόμενο από αναδυόμενες τεχνολογίες όπως η Εκτεταμένη Πραγματικότητα, το 5G και η Τεχνητή Νοημοσύνη, το ψηφιακό «big bang» του κυβερνοχώρου μας δεν απέχει πολύ. Οι τεχνολογίες είναι οι παράγοντες που οδηγούν τη μετάβαση από το τρέχον Διαδίκτυο στο μετασύμπαν.

Σε αυτό το πλαίσιο, η ψηφιοποίηση του κτιριακού τομέα μπορεί να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στην εκμετάλλευση καινοτόμων τεχνολογιών όπως η λεγόμενη Μοντελοποίηση Πληροφοριών Κτιρίου (BIM), η τεχνολογία Blockchain και οι συσκευές Διαδικτύου των Πραγμάτων (συσκευές IoT). Το BIM είναι μια διαδικασία σχεδιασμού, κατασκευής και συντήρησης ενός κτιρίου που χρησιμοποιεί ένα μοντέλο πληροφοριών που περιέχει όλες τις πληροφορίες που αφορούν ολόκληρο τον κύκλο ζωής ενός κτιρίου. Η ιδέα BIM προέρχεται από μοντέλα 3D CAD (Computer-Aided Design) και μπορεί να θεωρηθεί ως η εξέλιξη του BDS (Building Description System) που προτάθηκε από τον Eastman το 1974¹⁷. Αυτή η πρόσβαση στα δεδομένα, και το γεγονός ότι μπορεί ένα μοντέλο να περιέχει όλα τα γεωμετρικά και σημασιολογικά δεδομένα του κτιρίου, έχει οδηγήσει πολλούς ερευνητές να προσπαθήσουν να χρησιμοποιήσουν το BIM ως βάση για να αναπτύξουν το Digital Twin (DT) ενός κτιρίου, είτε για υπάρχοντα κτίρια είτε για εκείνα στο σχεδιαστικό στάδιο. Η έννοια του Digital Twin εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 2002 σε μια παρουσίαση του Grieves σχετικά με την έννοια του PLM (Product Lifecycle Management) ως εξέλιξή του, και στη συνέχεια επαναπροσδιορίστηκε το 2012 από τους Grieves και Vickers ως ψηφιακή αναπαράσταση ενός φυσικού αντικειμένου ή

¹⁶ How the metaverse could change the purpose and feel of cities, βλ. [How the metaverse could change the purpose and feel of cities \(theconversation.com\)](https://theconversation.com/how-the-metaverse-could-change-the-purpose-and-feel-of-cities)

¹⁷ Coupry C., Noblecourt S., Richard P., Baudry D., Bigaud D...2021, *BIM-Based Digital Twin and XR Devices to Improve Maintenance Procedures in Smart Buildings: A Literature Review*.

συστήματος¹⁸. Ένας από τους κύριους σκοπούς του DT είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα που συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο και ιστορικά δεδομένα για να εκτελέσει προσομοιώσεις σχετικά με τη μελλοντική κατάσταση ενός περιουσιακού στοιχείου και να προβλέψει τις συνέπειες των εργασιών συντήρησης για σκοπούς βελτιστοποίησης.

Μεταξύ άλλων τεχνολογιών, οι πιο εξερευνημένες τα τελευταία χρόνια είναι και οι τεχνολογίες εκτεταμένης πραγματικότητας (Augmented Reality (AR), Mixed Reality (MR) και Virtual Reality (VR)), που ορίζονται με τη γενική ονομασία XR. Η εικονική πραγματικότητα (VR), ένα τεχνητό εικονικό περιβάλλον που δημιουργείται από γραφικά υπολογιστή (CG), μπορεί να αναπαράγει την ανθρώπινη αισθητηριακή εμπειρία σε έναν εικονικό κόσμο (Mel and Sanchez, 2016)¹⁹. Αρχικά, δημιουργήθηκε μια διεπαφή χρήστη και οι άνθρωποι μπορούσαν να παρατηρήσουν το σχέδιο σε περιβάλλον VR από μια οθόνη υπολογιστή. Στη συνέχεια, με την εμφάνιση των head mounted displays (HMDs), αναπτύχθηκε ένα καθηλωτικό διαδραστικό τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον για να παρέχει στους χρήστες πολύ καλύτερη κατανόηση των αστικών περιβαλλοντικών παραμέτρων που μπορεί να βιώσει ένας περιορισμένος αριθμός ανθρώπων ταυτόχρονα²⁰. Σε σύγκριση με την εικονική πραγματικότητα (VR) όπου βυθίζεται κάποιος πλήρως σε έναν εικονικό κόσμο, η μικτή πραγματικότητα (MR) είναι μια τεχνολογία που συνδυάζει ψηφιακό περιεχόμενο με φυσικό περιεχόμενο, επιτρέποντας στους χρήστες να βιώσουν την αλληλεπίδραση μεταξύ φυσικού και εικονικού κόσμου σε πραγματικό χρόνο²¹. Ωστόσο, πολλοί χρήστες δεν μπορούν να αλληλεπιδράσουν στο ίδιο περιβάλλον MR ταυτόχρονα, κάτι που τίθεται ως στόχος στο μετασύμπαν. Ο όρος XR ορίζει ένα φάσμα που περιέχει παραδείγματα AR, MR και VR, από το λιγότερο έως το πιο καθηλωτικό. Ο όρος επαυξημένη πραγματικότητα εισήχθη για πρώτη φορά το 1992 από τους Caudell και Mizell²² για να ορίσει τα εικονικά αντικείμενα ως επικαλυπτόμενα με το πραγματικό περιβάλλον των χρηστών τους, χάρη σε μια συγκεκριμένη συσκευή.

Σήμερα, η χρήση κοινών περιβαλλόντων δεδομένων (CDE), τα οποία είναι μεμονωμένα περιβάλλοντα για την κοινή χρήση όλου του περιεχομένου πληροφοριών που απαιτείται για τη διαχείριση μιας ιδιοκτησίας κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της, και η χρήση της ανοιχτής μορφής Industry Foundation Classes (IFC), που προωθείται από την ιδέα του BIM, αναλαμβάνει στρατηγική σημασία για την κατάργηση των τεχνολογικών φραγμών που εμποδίζουν διαφορετικούς ενδιαφερόμενους να συνεργαστούν, καθιστώντας δυνατή την ανταλλαγή πληροφοριών και τη διαλειτουργικότητα. Έτσι, για να αντιπαρατεθεί οποιαδήποτε μορφή κεντροποίησης, η έρευνα εκμεταλλεύεται το blockchain και το δίκτυο peer-to-peer στο οποίο οι συμμετέχοντες επικοινωνούν μεταξύ τους άμεσα.²³

Η χρήση αυτών των τεχνολογιών είναι βασικός παράγοντας για τη δημιουργία νέων προσεγγίσεων στη διαδικασία σύνθεσης φυσικού και ψηφιακού περιβάλλοντος για τον εικοστό πρώτο αιώνα. Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές εκτυπώνουν πειραματικά κτίρια, ενώ πριν από μερικά χρόνια θεωρούνταν απλώς επιστημονική φαντασία. Τα drones πετούν πάνω από τις πόλεις μας, τεκμηριώνουν κάθε λεπτομέρεια και τα τρισδιάστατα λείζερ σαρώνουν μεγάλα αστικά τμήματα. Η ρομποτική και η τεχνητή νοημοσύνη αντιπροσωπεύουν την επόμενη τεχνολογία αιχμής που μεταμορφώνει τους τομείς της αρχιτεκτονικής και του σχεδιασμού. Στόχος είναι η εστίαση στη χρήση των νέων τεχνολογιών, όχι πλέον ως ένα νέο μέσο αναπαράστασης, ούτε ως ένα νέο παράδειγμα σχεδιασμού, αλλά ως αλλαγή στην αντίληψη του αρχιτεκτονικού αντικειμένου και στον τρόπο κατανόησης και σχεδιαστικής προσέγγισής του, ως

¹⁸ Coupry C., Noblecourt S., Richard P., Baudry D., Bigaud D., 2021, *BIM-Based Digital Twin and XR Devices to Improve Maintenance Procedures in Smart Buildings: A Literature Review*.

¹⁹ Slater M., Sanchez-Vives M., Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*. 3.

²⁰ Al Bondakji L., Lammich An., Werner L., 2019, ViBe (Virtual Berlin) -Immersive Interactive 3D Urban Data Visualization Immersive interactive 3D urban data visualization.

²¹ Milgram P., Kishino F.. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. pp. 1324-1326

²² Caudell Th., Mizell, D.. 1992. *Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes*. pp.659 - 669

²³ <https://identity.foundation/didcomm-messaging/spec/>

εμφάνιση νέων χωρικών αντιλήψεων. Η ενσωμάτωση της ψηφιακής τεχνολογίας στο πεδίο της αρχιτεκτονικής έχει επαναπροσδιορίσει τον τρόπο χειρισμού του αρχιτεκτονικού χώρου, με την έννοια της ροϊκότητας, που χαρακτηρίζει την ψηφιακή τεχνολογία, να διεισδύει στην αρχιτεκτονική διαδικασία, οδηγώντας την σε ένα δυνητικά ατελές αρχιτεκτονικό αποτέλεσμα, με ροϊκή μορφή, που δύναται να εξελίσσεται σε σχέση με το περιβάλλον του και να πραγματώνει συμβάντα καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του.

Η αρχιτεκτονική θεωρείται ως ένα δοχείο χώρων, ανθρώπων και δραστηριοτήτων. Τα αρχιτεκτονικά στοιχεία είναι διατεταγμένα ώστε να ορίζουν χώρους που καθοδηγούν τους ανθρώπους να διεξάγουν τις απαιτούμενες δραστηριότητες. Η αναδυόμενη δυαδικότητα του μετασύμπαντος θα αλλάξει όχι μόνο τις αρχιτεκτονικές απαιτήσεις αλλά και τη φύση των χώρων ως προς τη μορφή και τη λειτουργία²⁴. Για τον αρχιτέκτονα, η ψηφιακή σκέψη είναι ο νέος τρόπος σκέψης και η συνδεσιμότητα, η συνεργασία και η ταχύτητα είναι οι νέοι όροι. Το κτίριο στον ψηφιακό κόσμο είναι πλέον ένας ζωντανός οργανισμός που οδηγεί σε κτίριο- πλατφόρμα και καλύτερες σχέσεις χρηστών.

[Τομέας έρευνας]

Ξεκινώντας από την καντιανή άποψη που θεωρεί το χώρο δομή του ανθρώπινου νου, αποδεχόμαστε τη δυναμική αλληλεπίδραση ανθρώπου και χωρικού περιβάλλοντος και διερευνούμε πώς αυτή επαναπροσδιορίζεται σήμερα. Σε έναν κόσμο πληροφοριών, η ψυχαγωγία γίνεται ολοένα και πιο ψηφιακή, οδηγώντας τους πολιτιστικούς φορείς να προσεγγίσουν την ιδέα για ένα «χώρο σε εξέλιξη». Οι συμβατικές έννοιες του χρόνου, του χώρου και της αφήγησης μπορούν να ανακατασκευαστούν χρησιμοποιώντας ψηφιακά εργαλεία. Η μετατόπιση από το παραδοσιακό χώρο στον ελκυστικό νέο αποκάλυψε την πολυλειτουργικότητα, που προσδιορίζει τις αυξημένες απαιτήσεις σε νέο χώρο. Η εικονική πληροφορία και ο φυσικός χώρος συνδυάζονται και αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, με τον φυσικό χώρο να συνυπάρχει με τον ψηφιακό, ερχόμαστε να θεωρήσουμε τον υφιστάμενο χώρο ως ένα πολύπλοκο σύστημα – οργανισμό σε μια προσπάθεια συγκρότησης κοινών κωδίκων επικοινωνίας και συνεργασίας.

Η προστασία, η διατήρηση και η βιώσιμη διατήρηση της Πολιτιστικής Κληρονομιάς είναι μια από τις προτεραιότητες της Ευρώπης για τη διατήρηση των κοινών μας περιουσιακών στοιχείων για τις μελλοντικές γενιές, για την ενίσχυση της κοινωνικής συνοχής, για την ενίσχυση της αίσθησης του ανήκειν σε έναν κοινό ευρωπαϊκό χώρο και για τη στήριξη της οικονομικής ανάπτυξης. Όπως αναφέρθηκε στη Διάσκεψη Καινοτομίας και Πολιτιστικής Κληρονομιάς, που πραγματοποιήθηκε στις 20 Μαρτίου 2018 στις Βρυξέλλες, «η ψηφιοποίηση μπορεί να είναι ένα αποτελεσματικό μέσο εκδημοκρατισμού της πολιτιστικής κληρονομιάς καθώς ανοίγει νέες μορφές πρόσβασης, για παράδειγμα επιτρέποντας την είσοδο σε προηγούμενως κλειστούς χώρους πολιτιστικής κληρονομιάς ή συλλογές μουσείων ή επιτρέποντας τη συμμετοχή σε κοινότητες πολιτιστικής κληρονομιάς χωρίς φυσική παρουσία σε μια τοποθεσία. [...]»²⁵.

Η διατήρηση της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς είναι μια διαδικασία γνώσης, διαχείρισης και βελτίωσης που στοχεύει στη διατήρηση δεδομένων σύνθετων συστημάτων, όπως ιστορικά κτίρια, που είναι αποτέλεσμα ιστορικών γεγονότων, διαφορετικών αρχιτεκτονικών επιρροών, αλλαγών ιδιοκτησίας και μετασχηματισμών με την πάροδο του χρόνου. Η πολυπλοκότητα των κτιρίων και των χώρων πολιτισμού γενικά αυξάνεται και χρειάζεται περισσότερος χρόνος για την κατασκευή τους, ενώ η διάρκεια του σχεδιασμού είναι σχετικά μικρή. Τα μέρη του έργου δεν περιορίζονται πλέον στα βασικά μέρη του ιδιοκτήτη, του επόπτη και του αναδόχου, αλλά νέα μέρη όπως ο συντηρητής, ο τελικός χρήστης-επισκέπτης και άλλα τοπικά και κυβερνητικά τμήματα – περιβάλλοντα, εμπλέκονται στο πολύπλοκο σύστημα του κτιρίου και στην περίπτωση μας του πολιτιστικού χώρου - μουσείου.

Η φύση αμφισβητεί την ταυτότητα της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς μέσα από σεισμούς, πλημμύρες και άλλες φυσικές καταστροφές καθημερινά. Ακόμη και οι ανθρωπογενείς

²⁴ Tang S., Hou J., 2022, Designing a Framework for Metaverse Architecture. 445-454

²⁵ Σχέδιο συμπερασμάτων του Συμβουλίου σχετικά με το πρόγραμμα εργασιών στον πολιτιστικό τομέα (2019-2022), Βρυξέλλες, 15 Νοεμβρίου 2018, <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-13948-2018-INIT/el/pdf>

καταστροφές θέτουν αυτά τα κτίρια σε κίνδυνο, καθώς οι πόλεμοι, η παραμέληση ή η ρύπανση είναι συχνά η αιτία ανεπανόρθωτων καταστροφών. Μια αποτελεσματική στρατηγική για τη διατήρηση των ιστορικών δεδομένων είναι η γνωστή μοντελοποίηση πληροφοριών κτιρίου (BIM), μέσω της δημιουργίας ενός «μοντέλου κτιρίου που περιέχει οποιαδήποτε πληροφορία για την κατασκευή»²⁶. Στο πεδίο της διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς, η μεθοδολογία BIM αναπτύσσεται σε «ένα νέο σύστημα μοντελοποίησης ιστορικών κατασκευών», που οδηγεί στη μοντελοποίηση πληροφοριών ιστορικού κτιρίου (HBIM)²⁷. Οι βασικοί στόχοι είναι η συλλογή δεδομένων με στόχο τη διαχείριση, τη συντήρηση, την κατανόηση, τη βελτίωση και τη γνώση ενός ιστορικού κτιρίου, η δημιουργία ενός μοντέλου για τη διαχείριση αρχιτεκτονικών στοιχείων και στοιχείων συστημάτων και τα εργαλεία οπτικοποίησης δεδομένων που βασίζονται στην επαυξημένη και εικονική πραγματικότητα (AR και VR) για τη βελτιστοποίηση και την επιτάχυνση των πρακτικών διατήρησης και της διαδικασίας ανάκτησης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

Σε αυτή την έρευνα, αναζητάται επίσης, η επαναλαμβανόμενη πρόκληση που αντιμετωπίζουν οι πολιτιστικοί χώροι των πόλεων μας που είναι η ανάγκη για συνεχή χωρική επέκταση προκειμένου να ικανοποιηθεί η απόκτηση νέων εκθεμάτων και νέων λειτουργικών αναγκών. Αυτή η πρόκληση είναι συχνά δύσκολο να ξεπεραστεί, λόγω κάθε είδους περιορισμών, συμπεριλαμβανομένων των ορίων τοποθεσίας, των περιορισμών των ίδιων των χώρων και των δομικών περιορισμών. Μια πρόσθετη πρόκληση που πάντα υπήρχε, αλλά είχε γίνει μείζον ζήτημα στις μέρες μας, ήταν η περιορισμένη φυσική πρόσβαση του κοινού σε εκθεσιακούς χώρους λόγω της πανδημικής κρίσης.

Επομένως, υπάρχει ανάγκη να αντιμετωπιστούν και οι δύο αυτές προκλήσεις χωριστά ή συνδυαστικά. Τα υβριδικά κτίρια που επιτρέπουν την προσθήκη νέων χώρων, όπως νέοι εκθεσιακοί χώροι σε μουσεία, με συστηματικό τρόπο μπορούν εν μέρει να δώσουν απάντηση σε αυξανόμενους αριθμούς εκθεμάτων με την πάροδο του χρόνου. Ωστόσο, είναι προφανές ότι η επέκταση οποιουδήποτε υβριδικού χώρου σε ένα πραγματικό αστικό πλαίσιο, πρέπει να συμμορφώνεται με διάφορους χωρικούς περιορισμούς. Από την άλλη πλευρά, σε ένα εικονικό πλαίσιο οι περιορισμοί μπορεί να είναι πολύ λιγότερο επιτακτικοί και το πολιτιστικό κτίριο ιδανικά θα μπορούσε να επεκταθεί ατελείωτα καθώς η απόκτηση αντικειμένων αυξάνεται.

Κύριο πεδίο έρευνας της παρούσας εργασίας αποτελεί η εισαγωγή των ψηφιακών μέσων – εργαλείων και της τεχνολογίας στον πολιτιστικό χώρο, μια συνθήκη ικανή για μια αλλαγή κατεύθυνσης και επαναπροσδιορισμού της σχέσης επισκέπτη-πολιτισμού αλλά και επαναπροσδιορισμού της έννοιας του χώρου. Στηριζόμενοι σε μια λογική συστημάτων, συσχετίσεων, σχέσεων θεωρούμε ότι η άνοδος του αριθμού των επισκεπτών δίνει μια νέα δυναμική σε αυτούς τους χώρους πολιτισμού, εκπαίδευσης και ψυχαγωγίας αλλά ταυτόχρονα αυξάνει τις προκλήσεις.

Επιπλέον, διερευνάται η ανάπτυξη επαυξημένων χώρων που περιλαμβάνουν ενσωμάτωση στο δομημένο περιβάλλον με ψηφιακά ανταποκρινόμενη ανθρώπινη παρουσία. Η χρήση τεχνολογιών αιχμής, όπως η εικονική πραγματικότητα (VR) και η επαυξημένη πραγματικότητα (AR), μπορεί να δώσει λύση σε δυσκολίες προσβασιμότητας λόγω της εμφάνισης της πανδημίας ή άλλων φυσικών περιορισμών πρόσβασης. Μπορεί επίσης να καλύψει την έλλειψη χώρου για την έκθεση υποστηρικτικού υλικού για τα υπάρχοντα ή άλλα επίκτητα εκθέματα. Αν και ο λόγος για την αξία μιας εικονικής αναπαραγωγής εκθεμάτων θέτει το ζήτημα της «αυθεντικότητας», όπως δηλώνει ο Benjamin²⁸, τα τελευταία χρόνια τόσο η VR όσο και η AR έχουν βρει σημαντικές εφαρμογές στα μουσεία (Chen, 2020· Shehade και Stylianou-Lambert, 2020), με το σκεπτικό ότι η αυθεντικότητα μπορεί να επιτευχθεί σε κάποιο βαθμό από τις εξελίξεις στην τεχνολογία της πληροφορίας (IT) που «επιτρέπουν στους επισκέπτες να

²⁶ Logothetis S., Delinasiou A., Stylianidis E. *Building Information Modelling for Cultural Heritage: A review.*

²⁷ Osello An., Lucibello Gr., Morgagni Fr. 2018. *HBIM and Virtual Tools: A New Chance to Preserve Architectural Heritage.*

²⁸ Walter Benjamin. 1936. *The Work of Art in the Age of Mechanical Reproduction*

εξερευνήσουν και να εκτιμήσουν πλήρως τα μουσεία που ξεπερνούν τα χρονικά, τα χωρικά και τα γλωσσικά εμπόδια»(Chung, Lee, Kim, Koo, 2017)²⁹.

Τα μουσεία και οι εκθέσεις σε αρχιτεκτονικά μοντέλα αποτελούν μια ιδιαίτερη περίπτωση, καθώς το φυσικό μοντέλο ή μοντέλα σε κλίμακα, στις περισσότερες περιπτώσεις, μεταφέρουν πολύτιμες πληροφορίες για την τοποθεσία, τις γεωμετρικές και ογκομετρικές σχέσεις, τη δομική οργάνωση, αλλά σχεδόν ποτέ δεν μεταφέρουν την εμπειρία ενός κινούμενου παρατηρητή γύρω ή μέσα σε αυτήν. Οι εφαρμογές VR και AR σε τέτοιες περιπτώσεις θα μπορούσαν να παρέχουν μια εντελώς εικονική εμπειρία που αντικαθιστά την εμπειρία του επισκέπτη στον φυσικό χώρο του μουσείου. Σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχουν φραγμοί προσβασιμότητας και είναι δυνατή η εμφάνιση πρόσθετων πληροφοριών. Ωστόσο, η συνεχής προσθήκη εκθεμάτων που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν σταδιακά ένα αρχείο, απαιτεί την ανάπτυξη μιας νέας χωρικής αντίληψης που θα επιτρέψει στον επισκέπτη να βιώσει το διευρυμένο εικονικό μουσείο ως χωρική συνέχεια του φυσικού.

Τομέας έρευνας είναι ο προσδιορισμός ενός πιθανού πλαισίου που θα καθοδηγεί τη μελλοντική εξερεύνηση της αρχιτεκτονικής του μετασύμπαντος. Σε αυτό το έγγραφο, διεξάγουμε μια μελέτη για να προσδιορίσουμε τις αρχιτεκτονικές απαιτήσεις και να δημιουργήσουμε ένα προκαταρκτικό πλαίσιο για την αρχιτεκτονική μετασύνδεση. Αυτό το πλαίσιο παρέχει στρατηγικές για την ανάμειξη ολογραφικών και φυσικών αρχιτεκτονικών στοιχείων για την ικανοποίηση των αναγκών των χρηστών του μετασύμπαντος. Ο Michael, R. et al. (2012) ανέφερε ότι το Building Information Modeling (BIM) είναι ένα «πολυδιάστατο μοντέλο (3D, 4D[χρόνος] και 5D [κόστος]), στο οποίο είναι δυνατή, από προεπιλογή, η σύνδεση ή η επισύναψη απροσδιόριστης ποσότητας πληροφοριών που σχετίζονται με τα τυπικά στοιχεία του έργου ως σύνολο χαρακτηριστικών τόσο ορατών όσο και αόρατων»³⁰. Οι Gilkinson et al. (2015)³¹ το θεώρησαν ως διαδικασία και τεχνολογία. Είναι μια καινοτόμος λύση με πολλά να εξερευνηθούν. Στην παρούσα εργασία θεωρείται το μέσο με το οποίο θα μεταβούμε από το φυσικό πολιτιστικό χώρο στο «μετασυμπάντειο» μουσείο.

[Σκοπός]

Αποτελεί παραδοχή για την έρευνα ότι η επιλογή του κάθε μέσου είναι καθοριστική για την αντίληψη του αντικειμένου και για τις δυνατότητες του χώρου - είναι πέρα από μία τεχνική επιλογή, ένας διαφορετικός τρόπος σύλληψης, επεξεργασίας, έκφρασης και συνολικής αντίληψης. Η έρευνα που ακολουθεί προσπαθεί να συνδέσει τη θεωρία (θεωρητικό πλαίσιο και αρχές) με την πράξη (παραδείγματα έρευνας), και έρχεται να καταλήξει ότι ο πολιτιστικός χώρος της επόμενης γενιάς εξαναγκάζεται να δεχθεί να υπηρετήσει νέες λειτουργίες και, με τη σειρά του, εξαναγκάζει τις νέες αυτές λειτουργίες να ενταχθούν στον ήδη προκαθορισμένο χώρο του, στην ήδη προκαθορισμένη μορφή του. Ο πολιτισμός αποτελεί ζωντανό κύτταρο της κοινωνίας. Η αλλαγή των αναγκών και των προσδοκιών των χρηστών επαναπροσδιορίζει τη λειτουργία του αλλά και τον χώρο του.

Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός είναι μια πνευματική δραστηριότητα όπου ο αρχιτέκτονας μετακινείται από το αφηρημένο στο πραγματικό. Σε αυτή τη διαδικασία, το αφηρημένο αντιπροσωπεύει τη λογική συλλογιστική για το πώς διαμορφώνεται ή δομείται η αρχιτεκτονική μορφή, ενώ το πραγματικό αναφέρεται στην τελική φυσική μορφή. Η σκέψη σε αυτή την έρευνα αντιστρέφει αυτή τη πορεία και οδηγεί τον σχεδιασμό από το φυσικό στο εικονικό. Τα διαγράμματα γίνονται αναπόσπαστο μέρος του σταδίου του εννοιολογικού σχεδιασμού επειδή μεσολαβούν μεταξύ αυτών των δύο σφαιρών. Το Building Information Modeling (BIM) μπορεί να ανακατανεμίσει την προσπάθεια και τον χρόνο για να δώσει έμφαση στον εννοιολογικό σχεδιασμό. Έμφαση δίνεται στη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων εσωτερικών χώρων, χρησιμοποιώντας νέφη σημείων, τα οποία είναι ικανά για τη δημιουργία πλέγματος μεγάλης

²⁹ Chung N., Lee H., Kim J., Koo C.. 2017. *The Role of Augmented Reality for Experience-Influenced Environments: The Case of Cultural Heritage Tourism in Korea*.

³⁰ Michael, R., David, J. and David, R. 2012. *BIM Guidelines*. pp.6-7

³¹ Gilkinson N., Kiviniemi Ar., Raju P., Chapman Cr.. 2015. *Building information modelling: The tide is turning*. pp. 81-93.

κλίμακας ενός φυσικού περιβάλλοντος, και δεδομένα BIM, τα οποία είναι ικανά για ρεαλιστική τρισδιάστατη μοντελοποίηση σύνθετων αντικειμένων. Τα δεδομένα νέφους σημείων είναι ένα σύμπλεγμα που περιέχει τις τρισδιάστατες συντεταγμένες και τις πληροφορίες RGB κάθε σημείου. Ένας επαρκής όγκος δεδομένων νέφους σημείου μπορεί να δημιουργήσει ένα πλέγμα με αποδεκτή ακρίβεια. Το παραγόμενο πλέγμα μπορεί να εφαρμοστεί για τη δημιουργία του εικονικού κόσμου του πολιτιστικού χώρου.

Το Metaverse, που δημιουργήθηκε για πρώτη φορά στο βιβλίο επιστημονικής φαντασίας του Neal Stephenson "Snow Crash", ερμηνεύεται ως εικονικό σύμπαν ξεχωριστό από το πραγματικό (Stephenson, 1992). Είναι ένας προσομοιωμένος κόσμος, όπου οι άνθρωποι πηγαίνουν να ξεφύγουν από την καθημερινή τους ζωή χρησιμοποιώντας υλικό εικονικής πραγματικότητας (Cline, 2011)³². Στο Metaverse, οι άνθρωποι μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, να δημιουργήσουν, να κοινωνικοποιηθούν, να παίξουν μέσω ειδώλων (avatars). Το Metaverse δεν είναι πλέον ένας απομονωμένος εικονικός κόσμος, αλλά ένα ψηφιακό multiverse, όπου οι εικονικοί κόσμοι υπερβαίνουν τον φυσικό³³. Οι χώροι, οι άνθρωποι και οι δραστηριότητες σε φυσικές και εικονικές μορφές θα είναι απρόσκοπτα ενσωματωμένες.

Η αρχιτεκτονική είναι ένα δοχείο χώρων, ανθρώπων και δραστηριοτήτων. Τα αρχιτεκτονικά στοιχεία, όπως τα οριζόντια και κάθετα στοιχεία, οι οροφές και τα ανοίγματα, είναι διατεταγμένα για να ορίζουν χώρους και να καθοδηγούν τους ανθρώπους να διεξάγουν απαιτούμενες δραστηριότητες. Ωστόσο, το Metaverse, όπου συνυπάρχουν εικονικοί και φυσικοί κόσμοι, δημιουργεί μια διπλή αναπαράσταση χώρων, ανθρώπων και δραστηριοτήτων. Η διαδικασία του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, μέσω των νέων ψηφιακών τεχνολογιών, μετατρέπεται από μία γραμμική και αιτιολογική (αναλογική) διαδικασία/ process σε μία εν δυνάμει αέναη (ψηφιακή) επεξεργασία/ processing, με αποτέλεσμα το αρχιτεκτονικό αντικείμενο που προκύπτει από αυτήν, να είναι ένα ατελές αντικείμενο, που βρίσκεται σε έναν "διαρκή ενεστώτα", καθώς αποτελεί αναπαράσταση του συνεχώς ανοιχτού ψηφιακού κώδικα³⁴. Οι νέες τεχνολογίες έχουν επαναπροσδιορίσει έννοιες όπως χώρος, περιβάλλον, αρχιτεκτονική.

Η τεχνολογία μικτής πραγματικότητας, η οποία υιοθετήθηκε κυρίως για την ενίσχυση της απεικόνισης και της προσομοίωσης σχεδιασμού, σημαίνει ότι δεν μπορεί πλέον να θεωρηθεί μόνο ως εργαλείο σχεδιασμού, αλλά πρέπει τώρα να θεωρηθεί ως αρχιτεκτονικό υλικό. Τα ολογράμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τον ίδιο τρόπο όπως το ξύλο, το γυαλί, το σκυρόδεμα και ο χάλυβας για να δημιουργήσουν ολοκαίνουργια αρχιτεκτονικά στοιχεία, αναμορφώνοντας τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν με την αρχιτεκτονική στο Metaverse.

Η διατριβή αυτή στοχεύει σε ένα εννοιολογικό μοντέλο μιας αρθρωτής έκθεσης που έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί ως πολιτιστικός χώρος στο φυσικό περιβάλλον, ως αρχείο έργων της Λυρικής Σκηνής στον εικονικό και ως επέκταση ενός μουσείου που θα φιλοξενεί το ψηφιακό αρχείο στο μετασύμπαν. Η δημιουργία νέων χώρων της λυρικής όσο και του αρχείου που επεκτείνεται ασταμάτητα καθιστά αναγκαία την επέκταση του μουσειακού χώρου. Για τη δημιουργία αυτή, έχουν αναπτυχθεί κανόνες που ελέγχουν τη γεωμετρική οργάνωση, την τεκτονική έκφραση και τη γραμμική ή ακτινική επέκταση μιας σπονδυλωτής συναρμολόγησης αλληλένδετων φυσικών ή εικονικών χώρων, που οδηγεί σε διάφορα αυτοπαρόμοια χωρικά μοτίβα. Στο πραγματικό σενάριο της Λυρικής, οι φυσικά παρόντες θεατές μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τα εκθέματα που είναι εμπλουτισμένα με ψηφιακές πληροφορίες και να γίνουν επισκέπτες του μετασυμπαντικού μουσείου, αποκτώντας μια εικονική εμπειρία που αλληλεπιδρά με τον επεκτεινόμενο χώρο στο μετασύμπαν. Η ανάπτυξη ενός εννοιολογικού μοντέλου ενός υβριδικού μουσείου πρόκειται να αναλυθεί στα επόμενα κεφάλαια.

Σκοπός, λοιπόν, της εργασίας είναι να χαρτογραφήσει πώς ένας υπερσυνδεδεμένος χώρος ικανός να κατανοήσει την ανθρώπινη ροή μπορεί να καθορίσει και να χαρτογραφήσει το πλαίσιο των ανθρώπων σε πραγματικό χρόνο και είτε να το επηρεάσει είτε να το ορίσει. Προτείνονται

³² Evans, L., Frith, J. and Saker, M., 2022, "The Roots of the Metaverse", *From Microverse to Metaverse*, pp. 15-24

³³ Tang S., Hou J., 2022, *Designing a Framework for Metaverse Architecture*. pp. 445-449

³⁴ Μανδουλίδου Ε., 2014. «Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός και Νέες τεχνολογίες, από την αναλογική διαδικασία στην ψηφιακή επεξεργασία»

υπερσυνδεδεμένοι χώροι και τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούν την τεχνητή νοημοσύνη για να εξάγουν εξόδους δεδομένων που σχετίζονται με το χώρο αλλά και το περιβάλλον των χρηστών. Ως εκ τούτου, ο στόχος αυτής της έρευνας είναι να οραματιστεί ένα πιθανό αρχιτεκτονικό πλαίσιο για την μελλοντική εξερεύνηση του υβριδικού χώρου του μέλλοντος. Ερωτήματα όπως, ποιες είναι οι νέες αρχιτεκτονικές απαιτήσεις που θα εξυπηρετούσαν τις αναδυόμενες ανάγκες του μουσείου στο Metaverse και η ανάγκη να διερευνήσουμε τρόπους ανάμειξης φυσικών και εικονικών αρχιτεκτονικών στοιχείων για την εκπλήρωση καινούριων απαιτήσεων των μουσείων, θα τεθούν ως προς διερεύνηση.

[Μεθοδολογία]

Η έρευνα έχει σχεδιαστεί ως μια αναδρομική-προοπτική μελέτη, η οποία εξετάζει την τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας, IoT, blockchain και την ενσωμάτωση BIM για τη βελτίωση της διαδικασίας δημιουργίας επέκτασης μουσειακού χώρου. Μεθοδολογικά, προκειμένου να αξιολογηθεί η ιδέα του μετασυμπάντειου χώρου χρησιμοποιήθηκε μια συστηματική μεθοδολογία ανασκόπησης βιβλιογραφίας των διάφορων τεχνολογιών.

Η εργασία οργανώνεται ως εξής: Η ενότητα II εξηγεί πως από τον χώρο «Υπόβαθρο» που είναι ο φυσικός πολιτιστικός χώρος, ο χώρος που είναι βιώσιμος και προσβάσιμος, περνάμε στον χώρο «Πεδίο» που είναι ο ψηφιακός και επαυξημένος χώρος ο οποίος προσομοιώνει τον φυσικό και καταλήγουμε στον χώρο «Εμπειρίας» που είναι ο μετασυμπάντειος χώρος, ένας χώρος που λειτουργεί σαν προέκταση του φυσικού στον οποίο ο επισκέπτης αλληλεπιδρά με το περιβάλλον. Με τον όρο «πολιτιστικοί χώροι» σε αυτήν την εργασία, θα αναφερόμαστε σε όλους τους χώρους που φιλοξενούν τους πολιτιστικούς φορείς, όπως τα μουσεία, τα θέατρα και κατ'επέκταση τη Λυρική Σκηνή που θα είναι και η περίπτωση μελέτης μας.

Η Ενότητα III περιγράφει το νέο χωρικό μοντέλο το οποίο είναι η συνέχεια του φυσικού χώρου της Λυρικής Σκηνής του ΚΠΙΣΝ στον εικονικό χώρο του Metaverse και αναφέρει ένα παράδειγμα μελέτης μουσειακού χώρου με στόχο την αξιολόγηση της προτεινόμενης προσέγγισης. Το παράδειγμα μελέτης αποτελεί ένα αφήγημα από την Λυρική Σκηνή που φιλοξενεί το θέαμα στο να μεταδημιουργείται η ίδια στο μουσείο της και το θέαμά της να γίνεται το έκθεμα. Η δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων εσωτερικών χώρων με δεδομένα από τον φυσικό και ψηφιακό χώρο, τα οποία είναι ικανά για ρεαλιστική τρισδιάστατη μοντελοποίηση θα γίνουν μέσω του REVIT, Autodesk, ενός από τα προγράμματα BIM.

Τέλος, η Ενότητα IV ολοκληρώνει την εργασία με ορισμένες σκέψεις και συνοψίζει τα ευρήματα αυτής της έρευνας.

II. ΑΠΟ ΤΟΝ ΧΩΡΟ «ΥΠΟΒΑΘΡΟ» ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ «ΠΕΔΙΟ» ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ «ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ»_ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟΝ ΜΟΥΣΕΙΑΚΟ ΧΩΡΟ

[II_1. ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ – [ΥΠΟΒΑΘΡΟ]]

Τόσο η πράξη της αφήγησης όσο και η αρχιτεκτονική πράξη, σύμφωνα με τον Γάλλο φιλόσοφο Ricoeur³⁵, αντιπροσωπεύουν μια «προσωρινή νίκη επί του εφήμερου»: η πρώτη αφαιρεί ένα γεγονός από τη ροή του χρόνου μετατρέποντάς το σε μνήμη, η δεύτερη ενσωματώνει τις ανάγκες και τις λειτουργίες της ανθρώπινης δραστηριότητας, προσαρμόζοντάς τες μέσω της κατασκευής. Κάθε κτισμένος χώρος και μη, αποτελεί μία ζωντανή ανάμνηση/ιστορία της κατασκευής του, που φανερώνει τον τρόπο με τον οποίο μετέφρασε την ιδέα για την ανθρώπινη ανάγκη σε σύνθεση και εν τέλει σε κατασκευή³⁶. Φανερώνει τον τρόπο με τον οποίο η ιστορία που αφηγείται ο αρχιτέκτονας μέσω ενός κτιρίου φτιάχνει με την σειρά της ιστορία.

Κατά τη διάρκεια του εικοστού αιώνα, οι δομές, οι στρατηγικές και οι γλώσσες των διαφόρων αφηγηματικών μορφών εξελίχθηκαν, αποδομήθηκαν και επαναδομήθηκαν. Η συμβολική και αφηγηματική διάσταση της αρχιτεκτονικής έχει τονιστεί επίσης από τον περασμένο αιώνα, καθώς η ίδια η αρχιτεκτονική έχει περιγραφεί ως κείμενο ή ως επανεγγραφή μεταξύ προκείμενου και συν-κείμενου, ως τυπική δομή, ως σύστημα σημείων, ως κώδικας γλωσσών. Μια ιστορία εμπεριέχει τις έννοιες της ερμηνείας και της επανεπεξεργασίας. Το ίδιο θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς και για την αρχιτεκτονική, ως ένα σύστημα μετάφρασης των κωδίκων επικοινωνίας, καθώς μέσα από τις συνθετικές επιλογές και τον μετασχηματισμό προυπαρχουσών δομών, το έργο του επανεγγράφει την ιστορία και προσφέρει υλικό για τα επόμενα έργα. Το ίδιο θα ισχύσει και για τον σχεδιασμό των εικονικών κτιρίων καθώς μπορεί να προέρχονται από τον μετασχηματισμό των προυπάρχοντων.

Με την πάροδο των αιώνων, ο παραδοσιακός ρόλος των χώρων που φιλοξενούν τον πολιτισμικό φορέα είναι να συλλέγουν, συντηρούν, ερευνούν πρωτότυπα και πολύτιμα αντικείμενα³⁷ και να διαθέτουν τη γνώση για αυτά στο ευρύ κοινό. Συσχετίζουν ορισμένα αντικείμενα ή έργα τέχνης με διάφορους τύπους τεκμηρίωσης (πληροφοριακές πινακίδες, λεζάντες, χάρτες) μέσα σε ένα συγκεκριμένο εκθεσιακό χώρο, προκειμένου να παρέχουν στους επισκέπτες μια εκπαιδευτική και ψυχαγωγική εμπειρία.

Οι λειτουργίες αυτών των χώρων είναι αρχικά γνωστικές, καθώς δημιουργούν ένα περιβάλλον για αυτο-επιμόρφωση, μαθησιακές, καθώς δημιουργούν μια συμπαγή εμπειρία που δίνει αισθητική ικανοποίηση και οδηγεί σε συναισθηματικές και ηθικές αρχές και τέλος κοινωνικές, καθώς προσφέρουν ένα ισχυρό κέντρο για τη δημιουργία κοινωνικής ταυτότητας από τους επισκέπτες. Στο μουσείο του 19ου αιώνα, η εστίαση βρίσκεται στα αντικείμενα και ειδικότερα στη συλλογή, τη συντήρηση και την έκθεσή τους, ενώ η μέριμνα για το κοινό περιορίζεται στην λειτουργική εξυπηρέτηση πρόσβασης στους εκθεσιακούς χώρους. Τον κύριο όγκο του κτιρίου καταλαμβάνουν οι εκθεσιακοί χώροι³⁸. Το οργανόγραμμα του παραδοσιακού μουσείου και γενικότερα των πολιτιστικών χώρων, συγκροτείται από δυο ενότητες, αφενός τους εκθεσιακούς χώρους/σκηνές και την κύρια είσοδο, οι οποίοι απευθύνονται στο κοινό και αφετέρου τις αποθήκες, τα εργαστήρια, τα γραφεία και τις ειδικές εισόδους, χώροι οι οποίοι χρησιμοποιούνται από τους εργαζόμενους αυτών των χώρων. Η παραδοσιακή αντίληψη έδινε έμφαση στην ταξινόμηση των αντικειμένων και συχνά οδήγησε στο κτίριο – αποθήκη, το οποίο

³⁵ Paul Ricoeur, *Architettura e narratività*, in *Identità e differenze*, Milan: Electa, 1996, vol. I

³⁶ Τσακαλίδου Β. Ο αρχιτέκτονας ως αφηγητής, νέες τάσεις στον εκθεσιακό σχεδιασμό, 2023 σελ. 46

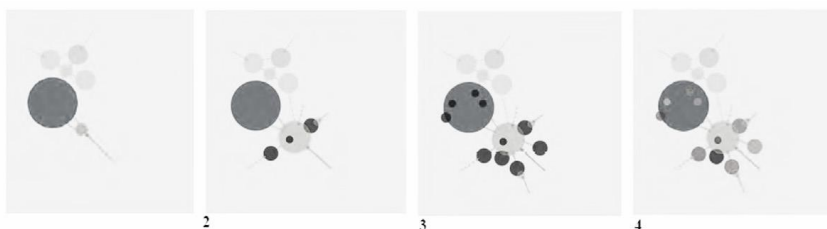
³⁷ Με τον όρο «πολύτιμα αντικείμενα» αναφερόμαστε σε έργα τέχνης, αντικείμενα και υλικά πολιτιστικής, θρησκευτικής και ιστορικής σημασίας, αντικείμενα του υλικού πολιτισμού, δείγματα του φυσικού κόσμου

³⁸ Μπούνια, Α. 2002. «Τα πολυμέσα ως ερμηνευτικά εργαλεία στα ελληνικά μουσεία: γενικές αρχές και προβληματισμοί», στη *Διημερίδα του Τμήματος Πολιτισμικής Τεχνολογίας & Επικοινωνίας Πανεπιστημίου Αιγαίου με τίτλο «Μουσείο, Επικοινωνία και Νέες Τεχνολογίες»*

μπορεί να ήταν επαρκές για τους ερευνητές ή τους μνημένους, αλλά όχι αρκετά ενδιαφέρον για το ευρύ κοινό³⁹.

Στα μέσα του 20ου αιώνα άρχισε να εστιάζεται το ενδιαφέρον στο ζήτημα του επισκέπτη. Η πρόθεση διεύρυνσης και αύξησης του κοινού εμπλούτισε το πρόγραμμα των πολιτιστικών χώρων με νέες δράσεις, όπως περιοδικές εκθέσεις, εκπαιδευτικά προγράμματα, συνέδρια, εστίαση, αναψυχή, εμπόριο. Η κύρια αντίληψη για το μουσείο για παράδειγμα, είναι ότι πρόκειται για ένα χώρο παρατήρησης αντικειμένων, όπως έργα τέχνης, ιστορικά αντικείμενα ή επιστημονικά επιτεύγματα. Όμως, όλο και συχνότερα ο σκοπός της επίσκεψης αλλάζει και το ενδιαφέρον παύει να είναι μόνο οι εκθέσεις και έτσι σημαντική μερίδα του κοινού έρχεται στο μουσείο για να παρακολουθήσει διαλέξεις, να επισκεφθεί περιοδικές εκθέσεις, να αγοράσει αντικείμενα, να συναντήσει φίλους. Οι πολιτιστικές, ψυχαγωγικές και εμπορικές δραστηριότητες, οι οποίες στεγάζονται στους πολιτιστικούς χώρους δεν είναι απαραίτητα επικουρικές των εκθέσεων ή των παραστάσεων, αλλά συχνά έχουν ένα ανεξάρτητο περιεχόμενο και αυτοδύναμη λειτουργία, γεγονός που αυξάνει την ευελιξία στον χρονικό και χωρικό προγραμματισμό του μουσείου⁴⁰.

Η συνύπαρξη διαφορετικών δραστηριοτήτων στον πολιτιστικό χώρο προσφέρει εναλλακτικές δυνατότητες στον επισκέπτη ο οποίος δύναται να παρεκκλίνει από τον αρχικό του προορισμό. Η απρόβλεπτη εξέλιξη της επίσκεψης είναι πιθανή. Το πωλητήριο και το αναψυκτήριο είναι οι πρώτοι χώροι, οι οποίοι ενσωματώνονται στο κτιριολογικό πρόγραμμά του και σταδιακά προσαρτώνται χώροι περιοδικών εκθέσεων, χώροι προβολών, διαλέξεων, αμφιθέατρα, ειδικοί χώροι για παιδικά προγράμματα, χώροι φίλων του μουσείου/ λυρικής. Οι τρόποι προσάρτησης των νέων χώρων στο σώμα του πολιτιστικού χώρου ποικίλουν [Εικ.2.1.1]. Με την πάροδο του χρόνου άρχισαν να εμφανίζονται κάποιες από αυτές τις δραστηριότητες και μέσα στην ενότητα των εκθεσιακών χώρων. Πρόκειται κυρίως για χώρους προβολών ή προσωρινής ανάπαυσης και συνήθως επιδιώκουν μερική απομόνωση από τους εκθεσιακούς χώρους. Παράδειγμα αποτελεί ο χώρος εστίασης, ο οποίος λειτουργεί ως μοχλός προσέλκυσης των πολιτών, των τουριστών ή των επισκεπτών και αυτό το δεδομένο αξιοποιείται συνειδητά στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του πολιτιστικών χώρων.



[Εικ.2.1.1]

Εξέλιξη οργανογράμματος από το μουσείο του 18ου αι. στο σύγχρονο μουσείο Νικονάνου Ν., Μουσειακή μάθηση και εμπειρία στον 21ο αιώνα.

Η ιδέα μιας δημόσιας πλατείας, η οποία περιλαμβάνει έργα τέχνης και επεκτείνεται με εγκαταστάσεις όπως εστιατόρια, βιβλιοθήκες, μπαρ, καταστήματα, χώρους συνεδριάσεων, ενώ παίρνουν θέση περιοδικές παραστάσεις ή ομιλίες, αυξάνει την ευελιξία στον χρονικό και χωρικό σχεδιασμό των πολιτιστικών εκδηλώσεων σε μια συγκεκριμένη ελεγχόμενη περιοχή. Η διαίρεση του ελεγχόμενου χώρου προκαλεί τη διείσδυση του δημόσιου χώρου, ενθαρρύνοντας τις απρογραμμάτιστες συναντήσεις των πολιτών με το πολιτιστικό περιβάλλον. Ο χώρος αρχίζει να διασπάται και οι διάφορες χρήσεις εμπλέκονται. Ταυτόχρονα, η λύση έρχεται μέσω της αλλαγής

³⁹ Μπούνια, Α. 2002. "Τα πολυμέσα ως ερμηνευτικά εργαλεία στα ελληνικά μουσεία: γενικές αρχές και προβληματισμοί", στη Διημερίδα του Τμήματος Πολιτισμικής Τεχνολογίας & Επικοινωνίας Πανεπιστημίου Αιγαίου με τίτλο «Μουσείο, Επικοινωνία και Νέες Τεχνολογίες»

⁴⁰ Νικονάνου Ν., *Μουσειακή μάθηση και εμπειρία στον 21° αιώνα.*, σελ.28

της τρέχουσας στρατηγικής διαχείρισης, από ένα μοντέλο «με επίκεντρο τα αντικείμενα», σε πιο συμμετοχικά μοντέλα, σε ένα «χρηστο-κεντρικό» μοντέλο.

Η αναλογία των χώρων κοινού ως προς το σύνολο των πολιτιστικών χώρων εκτοξεύεται στο 40%. Τα διαδοχικά οργανογράμματα του σύγχρονου χώρου αποτυπώνουν αφενός την σταδιακή διόγκωση του κτιριολογικού προγράμματος και αφετέρου την ευελιξία της εσωτερικής οργάνωσης⁴¹. Όταν ένας επισκέπτης μπαίνει σε ένα μουσείο, αντιλαμβάνεται τον χώρο με όλες του τις αισθήσεις, τον αποκωδικοποιεί με την προσωπική και πολιτισμική του εμπειρία και τελικά συγκρούεται μαζί του, επιχειρώντας να του επιβάλει τις πράξεις του, τις δικές του πρακτικές και έννοιες. Βιώνει δηλαδή τον δικό του «τόπο». Αυτή η διάκριση μεταξύ του φυσικού και του ζωντανού τόπου, βασισμένη στη σκέψη του Μάρτιν Χάιντεγκερ, είναι ένα ουσιαστικό εργαλείο για την κατανόηση της χωρικής διάστασης αυτών των πολιτιστικών χώρων. Με άλλα λόγια, ο χώρος θα πρέπει να προσεγγιστεί όχι ως ατομική αισθητική έκφραση ενός δημιουργού/καλλιτέχνη, αλλά ως προϊόν με κοινωνικό πλαίσιο.

Οι πολιτιστικοί χώροι σημαίνουν διαφορετικά πράγματα για διαφορετικούς ανθρώπους. Άνθρωποι που συνδέονται με αυτούς είναι οι επισκέπτες και το προσωπικό. Είναι γεγονός ότι διευθυντές μουσείων, επιμελητές, σχεδιαστές εκθέσεων βρίσκονται σε συνεχές διάλογο με τους επισκέπτες. Τελικά, το θέμα επικεντρώνεται στην ιδέα ενός πολιτιστικού χώρου με επίκεντρο τον επισκέπτη, ένα μουσείο όπου οι επισκέπτες έχουν σημασία όσο οι συλλογές. Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη την ποικιλία των αναγκών που συνοδεύουν ένα πιο διαφοροποιημένο κοινό, οι ευκαιρίες ή τα «σημεία εισόδου» για σύνδεση με το κοινό είναι ζωτικής σημασίας. Η κατανόηση από πού προέρχονται οι επισκέπτες, οι προτιμήσεις και οι προσδοκίες τους βοηθά στο να τους κάνουν να εμπλακούν σε διάλογο με τα έργα τέχνης/εκθέματα. Πιστεύεται, ότι οι επισκέπτες είναι ένας πληθυσμός με τον οποίο τα μουσεία ήταν ιστορικά πιο χαρούμενα να μιλήσουν παρά να τον ακούσουν - και ότι η αμφίδρομη επικοινωνία είναι αυτό που πρέπει να αποκτήσουν οι επισκέπτες.

Οι άνθρωποι επισκέπτονται το μουσείο για διάφορους λόγους, συνοδευόμενοι από παιδιά ή μόνοι τους ως ψυχαγωγική δραστηριότητα. Ενθαρρύνονται από τη φήμη μιας παράστασης, ενός μουσειακού χώρου ή από μια έκθεση ή απλώς επειδή χρειάζονται μια δραστηριότητα σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον [Falk, 2009]. Ο Falk⁴², βασισμένος σε μια εκτεταμένη και σε βάθος έρευνα στον τομέα αυτό, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η έννοια της ταυτότητας είναι σημαντική για την κατανόηση των λόγων που παρακινούν ένα άτομο να επισκεφτεί ένα μουσείο. Ως εκ τούτου, ο επισκέπτης έχει πλέον αυξημένες προσδοκίες από τους πολιτιστικούς χώρους (Wyman et al, 2011), οι οποίοι, εφόσον εξ ορισμού είναι ανοικτοί στο κοινό, οφείλουν να ανταποκρίνονται σε αυτές⁴³. Οφείλουν να εκσυγχρονίζονται και να ακολουθούν την ταχύτητα των εξελίξεων και την τεχνολογική εγγραμματοσύνη των επισκεπτών. Για παράδειγμα, μία οθόνη αφής που έμοιαζε καινοτόμα ιδέα πριν 5-6 χρόνια, τώρα είναι κοινότοπη. Από χώροι παρουσίασης αντικειμένων έχουν πλέον μετατραπεί σε χώρους εμπειρίας (Stogner, 2009), η οποία ενισχύεται μέσω της τεχνολογίας πέρα από τα παραδοσιακά όρια του χρόνου και του φυσικού χώρου⁴⁴.

Ο πολιτιστικός χώρος παύει να είναι η φωνή της αυθεντίας που απευθύνεται στο κοινό μέσω των εκθέσεων/παραστάσεων και έχει μετατραπεί σε μία πολυπρόσωπη εμπειρία που προσκαλεί τους επισκέπτες σε συζήτηση και διάδραση και όχι σε μία απλή αφήγηση της εκάστοτε ιστορίας. Στόχος δεν είναι πλέον μόνο η επίσκεψη, αλλά η επαναλαμβανόμενη και σταθερή δράση, που καθιστά τον επισκέπτη, χρήστη (Bradburne, 2007). Η σχέση χώρου – επισκέπτη υφίσταται μία ριζική αλλαγή και γίνεται από παθητική, ενεργητική⁴⁵. Για παράδειγμα, δίνεται η δυνατότητα να ληφθούν υπόψη τα προσωπικά στοιχεία κάθε επισκέπτη (ηλικία,

⁴¹ Νικονάνου Ν., *Μουσειακή μάθηση και εμπειρία στον 21^ο αιώνα*. σελ. 28

⁴² John Falk, Lynn Dierking, *Το παισιακό μοντέλο μάθησης*

⁴³ Wyman, B., S. Smith, et al. 2011. *Digital storytelling in museums: observations and best practices*. σελ.461-468.

⁴⁴ Maggie Burnette, *The Media-Enhanced Museum Experience*, σελ.2-4

⁴⁵ Bradburne, Alan. 2007. *Practical Rails Social Networking Sites*.

επίπεδο μόρφωσης, προηγούμενη γνώση) και, παρατηρώντας τις αντιδράσεις του χρήστη σε ό,τι έχει παρακολουθήσει, να κινηθεί στον χώρο με άξονα τα προσωπικά ενδιαφέροντά του.

Συνοψίζοντας, οι πολιτιστικοί χώροι μεταβάλλονται σε πολυσήμαντους οργανισμούς αξιοποιώντας τις νέες δυνατότητες της τεχνολογίας, με πρόθεση συγκρότησης των διαφόρων ετερόκλητων δραστηριοτήτων, σ' ένα ενιαίο σύνολο. Η μετατόπιση από το παραδοσιακό μουσείο, στο σύγχρονο ελκυστικό μουσείο που συνδύασε τον πολιτισμικό - κοινωνικό - εκπαιδευτικό – ψυχαγωγικό χαρακτήρα ανέδειξε την πολυλειτουργικότητα, γεγονός που προδιαγράφει αυξημένες απαιτήσεις σε νέους χώρους, μιας και το κτιριολογικό πρόγραμμα εμπλουτίζεται με νέες δράσεις, συμπληρωματικές υπηρεσίες αναψυχής, εστίασης, συνεδρίων, αγοραστικών δυνατοτήτων. Η επιδιωκόμενη λειτουργική ευελιξία θεμελιώνεται αφενός στην αυτονομία κάθε επιμέρους δραστηριότητας και αφετέρου στην ενσωμάτωσή της στην ενότητα του μουσείου.

Οι πολιτιστικοί χώροι λένε ιστορίες μέσω των παραστάσεων, των συνθέσεων, της συλλογής, της σκόπιμης έκθεσης και επιλογής των αντικειμένων τους, σε συνδυασμό με τη χρήση οπτικών, αφηγηματικών και άλλων μέσων. Ο μουσειακός χώρος γίνεται τα θεμέλια, ο κοινός πυρήνας και η «σύνδεση» για τη δημιουργία και τη συλλογή δεδομένων λαμβάνοντας υπόψη τη μοναδικότητα κάθε αντικειμένου, τη χρονική διάσταση, την ακρίβεια και την αξιοπιστία των δεδομένων, πρόσθετα δεδομένα και σημασιολογικές ιδιότητες που καταγράφονται για εφαρμογές κληρονομιάς, την προσαρμοστικότητα σε διαφορετικούς χώρους με διαφορετικές ιστορικές φάσεις. Το εκτιθέμενο περιεχόμενο αποκτά συνοχή μέσα από μια διαδικασία ερμηνείας.

Από τη δεκαετία του '70 και εξής τα μουσεία υπέστησαν μία ραγδαία αλλαγή στη σχέση με τον εαυτό τους και με το κοινό. Το γεγονός αυτό αποτυπώθηκε το 1974 και στον ορισμό του μουσείου, εισήχθη για πρώτη φορά το «κοινό» ως βασικό στοιχείο⁴⁶. Η στροφή αυτή απαντούσε στην αλλαγή της ίδιας της κοινωνίας που γινόταν όλο και περισσότερο πολυπολιτισμική και απαιτούσε από το μουσείο να ανταποκριθεί στις περιστάσεις και να γίνει περισσότερο προσβάσιμο και αντιπροσωπευτικό της νέας κοινωνικής πραγματικότητας, χωρίς όμως να αγνοεί και τις δυνάμεις εκείνες που αισθάνονταν ότι απειλείται η επαγγελματική και κοινωνική ταυτότητά του. Το μουσείο οφείλει, άλλωστε, να προσαρμόζεται στις εξελίξεις της κοινωνίας, γεγονός που αποτυπώθηκε ήδη από το 1946 στον ορισμό του⁴⁷. Σταδιακά, λοιπόν, ο ρόλος του μουσείου εξελίσσεται και από νομοθέτης του πολιτισμού γίνεται ερμηνευτής. Αυτό το άνοιγμα του μουσείου στο ευρύ κοινό είχε ως αποτέλεσμα την ενσωμάτωσή του στην αγορά. Το μουσείο αρχίζει να ενδιαφέρεται για την «εικόνα» του προς τα έξω και έτσι ανακύπτει σταδιακά η έννοια του επισκέπτη ως καταναλωτή. Το γεγονός αυτό είχε ως συνέπεια την ακόμα μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση του μουσείου στις προτιμήσεις, απαιτήσεις και ανάγκες του επισκέπτη και την επιθυμία να ανταποκριθεί αποτελεσματικά σε αυτές. Από χώροι παρουσίασης αντικειμένων τα μουσεία έχουν πλέον μετατραπεί σε χώρους εμπειρίας, η οποία ενισχύεται μέσω της τεχνολογίας πέρα από τα παραδοσιακά όρια του χρόνου και του φυσικού χώρου. Το μουσείο παύει να είναι η φωνή της αυθεντίας που απευθύνεται στο κοινό μέσω των εκθέσεων και έχει μετατραπεί σε μία πολυπρόσωπη εμπειρία που προσκαλεί τους επισκέπτες σε συζήτηση και διάδραση και όχι σε μία απλή αφήγηση της εκάστοτε ιστορίας⁴⁸.

Το Διεθνές Συμβούλιο Μουσείων (ICOM), ένας από τους σημαντικότερους πολιτιστικούς μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς στον κόσμο, ανανεώνει τον ορισμό του για τη λέξη «μουσείο». Μετά από μια πολυετή συζήτηση σχετικά με το πόσο ιδεολογικός πρέπει να είναι ο ορισμός, το τελικό κείμενο περιλαμβάνει νέα «γλώσσα» σχετικά με τα μουσεία που πρέπει να είναι βιώσιμα, προσβάσιμα σε όλους, να λειτουργούν ηθικά και να προωθούν την ποικιλομορφία.

⁴⁶ ICOM Statutes, adopted by the 11st General Assembly (Copenhagen, Denmark, 14 June 1974
http://archives.icom.museum/hist_def_eng.html

⁴⁷ ICOM Constitution, 1946, Άρθρο II <http://icom.museum/the-vision/museum-definition/>

⁴⁸ Ευγενία-Ξένια Βαφειάδου, 2015, *Τα μουσεία στη ψηφιακή εποχή: ο ρόλος της ψηφιακής τεχνολογίας στη μουσειακή μάθηση*.

Ο ορισμός του νέου μουσείου⁴⁹ το περιγράφει ως «ένα μη κερδοσκοπικό ίδρυμα στην υπηρεσία της κοινωνίας που ερευνά, συλλέγει, συντηρεί, ερμηνεύει και εκθέτει υλική και άυλη κληρονομιά». Οι αξιοσημείωτες αλλαγές έρχονται στις δύο τελευταίες προτάσεις, οι οποίες έχουν ως εξής: «Ανοιχτά στο κοινό, προσβάσιμα και χωρίς αποκλεισμούς, τα μουσεία προωθούν την ποικιλομορφία και τη βιωσιμότητα. Λειτουργούν και επικοινωνούν ηθικά, επαγγελματικά και με τη συμμετοχή των κοινοτήτων, προσφέροντας ποικίλες εμπειρίες για εκπαίδευση, ψυχαγωγία, προβληματισμό και ανταλλαγή γνώσεων»⁵⁰.

Για περισσότερα από 150 χρόνια τώρα τα αντικείμενα και το τυπωμένο κείμενο, με τη μορφή του υπομνηματισμού (λεζάντες), των καταλόγων και αργότερα των πινακίδων, αποτελούσαν το κυρίαρχο μέσο που διέθεταν τα μουσεία στις ερμηνευτικές τους προτάσεις. Έντυπα φυλλάδια ή ακουστικοί οδηγοί βοηθούν να περιηγηθεί ο επισκέπτης στους μεγάλους τους χώρους. Αυτά τα φυλλάδια έχουν σχεδιαστεί για το ευρύ κοινό και μερικές φορές αποτυγχάνουν να καλύψουν τις ανάγκες ατόμων με ιδιαίτερα ενδιαφέροντα. Παράλληλα, καθώς αυξάνεται ο αριθμός των εκθεμάτων και των συλλογών, ενώ ο διαθέσιμος χρόνος των επισκεπτών είναι περιορισμένος, ενδέχεται να μην καταφέρουν να επισκεφθούν τα εκθέματα που τους ενδιαφέρουν ή ακόμη και να εξερευνήσουν περισσότερα εκθέματα και συλλογές που σχετίζονται με το προσωπικό τους ενδιαφέρον. Πιο πρόσφατα, το κείμενο άρχισε να συμπληρώνεται με φωτογραφίες, οπτικοακουστικό υλικό και αντικείμενα όχι μόνο προς θαυμασμό πλέον, αλλά διαθέσιμα για τον επισκέπτη να ακουμπήσει, να περιεργασθεί, να χρησιμοποιήσει. Επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο τα μουσεία διαχειρίζονται και παρουσιάζουν τις συλλογές τους έχουν φέρει τα ηλεκτρονικά πολυμέσα, όπως δηλώνει και ο όρος ο συνδυασμός κειμένων, φωτογραφιών, γραφικών, κινούμενης εικόνας, ήχου μέσα σε ηλεκτρονικά αρχεία με μεγάλες αποθηκευτικές δυνατότητες. Χρειάζεται λοιπόν μια διαδραστική, εξατομικευμένη ίσως και «παράλληλη» περιήγηση στο χώρο που να λαμβάνει υπόψη τον διαθέσιμο χρόνο της επίσκεψης και τα προσωπικά ενδιαφέροντα αλλά και στόχους των επισκεπτών.

Οι πολιτιστικοί χώροι δεν μπορούν να παραμείνουν αμέτοχοι στο γεγονός ότι η κοινωνία αφομώνει τα ψηφιακά μέσα. Η εξέλιξη της τεχνολογίας επηρεάζει τους επισκέπτες, οι οποίοι, κάνοντας πλέον καθημερινή χρήση των ψηφιακών μέσων, αποκτούν νέες τεχνολογικές ικανότητες και γνώσεις, οι οποίες γίνονται κομμάτι της προσωπικότητάς τους και έχουν ως συνέπεια περισσότερο εξεζητημένες ανάγκες και εξατομικευμένες απαιτήσεις.

[II_2. ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ – DIGITAL MUSEUM [ΠΕΔΙΟ]]

Οι πολιτιστικοί χώροι σήμερα βρίσκονται στο κατώφλι μιας νέας εποχής καθώς «κινούμαστε σε μία νέα ψηφιακά προσδιορισμένη οικονομία της γνώσης» (Gillen & Barton, 2010)⁵¹. Πράγματι, οι άνθρωποι σήμερα αμφιταλαντεύονται συνεχώς ανάμεσα στο να στέλνουν μηνύματα, να κοινοποιούν πληροφορίες στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης ή να βλέπουν βίντεο συγχρόνως. Με αυτά τα δεδομένα, δημιουργούνται νέες προσδοκίες ως προς το πως οι χώροι του πολιτισμού θα πρέπει να απευθύνονται στο κοινό τους. Στην εποχή των νέων Μέσων (New Media) την οποία διανύουμε, η ψηφιακή πληροφορία είναι το επίκεντρο των καθημερινών δραστηριοτήτων μιας και συνεχώς μετακινούνται από τη διάσταση του υλικού στη διάσταση του εικονικού ή και επαυξημένου. Έτσι, οι πολιτιστικοί χώροι προσπαθούν να ενσωματώσουν νέες τεχνολογίες στο περιβάλλον τους ώστε να ανταποκριθούν στις ανάγκες αυτής της νέας πραγματικότητας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο Prensky (2001) που εισήγαγε τον όρο 'Ψηφιακοί Γηγενείς' (digital natives)⁵², για να περιγράψει το άτομο που γεννήθηκε και μεγάλωσε από το

⁴⁹ Ο ορισμός εγκρίθηκε από το 92 % των συμμετεχόντων, στη γενική συνέλευση του ICOM στην Πράγα στις 24 Αυγούστου 2022.

⁵⁰ [3]. ICOM Constitution, 2023, Ο νέος ορισμός του μουσείου, βλ. <https://icom-greece.mini.icom.museum>

⁵¹ Gillen, J. & Barton, D., 2010, *Digital Literacies*. Research briefing for the TLRP-TEL (Teaching and Learning Research Programme)

⁵² Τον όρο digital native εισήγαγε ο Marc Prensky το 2001 και αναφέρεται στη γενιά που «μιλά» την ψηφιακή γλώσσα των υπολογιστών, των βίντεο παιχνιδιών και του διαδικτύου ως μητρική.

τέλος του 20ου αιώνα και μετά, χαρακτηρίζεται από έναν εντελώς διαφορετικό τρόπο σκέψης και επεξεργασίας της πληροφορίας, δημιουργώντας έτσι διαφορετικές εμπειρίες που μοιραία οδηγούν σε διαφορετικές δομές του εγκεφάλου. Χαρακτηριστικά της είναι η γρήγορη επεξεργασία της πληροφορίας, η τάση για παράλληλη δράση και πολυπραγμοσύνη, η προτίμηση για γραφικά και όχι κείμενο και τυχαία πρόσβαση, η τάση τους να λειτουργούν καλύτερα όταν είναι δικτυωμένοι και η προτίμηση του παιχνιδιού. Ως εκ τούτου, ο επισκέπτης έχει πλέον αυξημένες προσδοκίες από τους πολιτιστικούς χώρους σήμερα, οι οποίοι, εφόσον εξ ορισμού είναι ανοικτοί στο κοινό, οφείλουν να εκσυγχρονίζονται και να ακολουθούν την τεχνολογική εγγραμματοσύνη των επισκεπτών⁵³.

Σήμερα, στην εποχή της επικοινωνίας και της άμεσης ανταλλαγής πληροφορίας που διανύουμε, η τεχνική της αφήγησης έρχεται να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για τον αρχιτέκτονα, ο οποίος θα πρέπει να αφηγείται – να επικοινωνεί, να μεταδίδει, να εξηγεί- και ταυτόχρονα να επικαιροποιεί τα πολλαπλά μέσα αφήγησης που του προσφέρει η τεχνολογία για τη διαχείριση της επικοινωνίας με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς. Η διερεύνηση των αφηγηματικών μέσων επιτρέπει μια πολύπλευρη ανάγνωση ενός αρχιτεκτονικού έργου, γεγονός που αντικατοπτρίζει και την πολυπλοκότητα της αρχιτεκτονικής ως ένα υβριδικό πεδίο τέχνης, επιστήμης και τεχνολογίας μαζί.

Ο πειραματισμός, η έρευνα, η καινοτομία, η εξατομίκευση, η ώσμωση μεταξύ των επιστημονικών κλάδων και των δημιουργικών φορέων βρίσκουν ολοένα και περισσότερο εύφορο έδαφος στον εκθεσιακό σχεδιασμό, στον σχεδιασμό δηλαδή χώρων έργων τέχνης και τεκμηρίων πολιτισμού. Όταν κανείς σχεδιάζει έναν χώρο εφήμερο, που θα φιλοξενήσει ένα έκθεμα ή μια προσωρινή εγκατάσταση για ένα γεγονός, τότε οι έννοιες του χρόνου και της αφηγηματικής συνοχής επαναπροσδιορίζονται. Ο αρχιτέκτονας καλείται να αφηγηθεί ιστορίες μέσω του χώρου και να δημιουργήσει διαδραστικές και πολυαισθητηριακές εμπειρίες, διερευνώντας τη σωματική εμπλοκή του επισκέπτη / θεατή με τα εκθέματα του χώρου και μεταμορφώνοντας κάθε έργο του σε μοναδική και αξιομνημόνευτη επίλυση.

Οι προβλέψεις του Howard Besser, στο άρθρο του το 1987 «*Το μεταβαλλόμενο Μουσείο*», ανέφερε ότι ο ρόλος του «*μουσείου θα αλλάξει από μια στατική αποθήκη πληροφοριών, παρόμοια με ένα αρχείο σε μια πιο δυναμική, διαδραστική πηγή πληροφόρησης, περισσότερη σαν μια βιβλιοθήκη*»⁵⁴, αλλάζοντας τη δημόσια αντίληψη των αντικειμένων που αποθηκεύουν. Ο Besser υποστηρίζει ότι το μουσείο είναι ένα αυστηρά ελεγχόμενο περιβάλλον με περιορισμένες ώρες, είσοδο, και ένα ελιτίστικο τρόπο θεώρησης της τέχνης. Οι ψηφιακές τεχνολογίες έχουν διεισδύσει σε κάθε πτυχή της πολιτισμικής εμπειρίας και τα μουσεία προωθούν τη διαδραστική σχέση μεταξύ κοινού και εκθεσιακού περιβάλλοντος. Η συμπεριφορά ενός ατόμου/επισκέπτη, όταν βρίσκεται ή βυθίζεται σε ένα τέτοιο περιβάλλον και κατά συνέπεια ανάμεσα σε πολλά αντικείμενα, πρέπει να αναλυθεί για να σχεδιαστεί η καταλληλότερη αρχιτεκτονική και να εδραιωθεί η σχέση μεταξύ ανθρώπων και τεχνολογικών εργαλείων. Ωστόσο, ενισχύεται η πεποίθηση ότι η φύση της ψηφιακής χρήσης στις εκθέσεις είναι να βοηθήσει τους επισκέπτες να έχουν την αίσθηση της ταυτότητας του πολιτισμού μέσω της εμπειρίας και του προβληματισμού παρά να θυμούνται την προηγμένη ψηφιακή τεχνολογία.

Ο επιτυχής σχεδιασμός μιας έκθεσης ενός μουσείου ή γενικότερα ενός χώρου πολιτισμού, εξαρτάται από την εναρμόνιση τεσσάρων κυρίως παραμέτρων που λειτουργούν συμπληρωματικά μεταξύ τους: το ίδιο το έκθεμα/ περιεχόμενο, το «κένυφος»/περιβάλλον που το φιλοξενεί, την αφήγηση και τον επισκέπτη. Σύμφωνα με τον καθηγητή αρχιτεκτονικής και μουσειολογίας Πάνο Τζώννο, τόσο στον μουσειολογικό (νοηματικό) σχεδιασμό, όσο και στον αρχιτεκτονικό (εκθεσιακό) σχεδιασμό, όπως άλλωστε και στη λοιπή ανθρώπινη συμπεριφορά και δραστηριότητα, δεν μπορείς να κάνεις κάτι, χωρίς να είναι φορτισμένο με νόημα⁵⁵. Οι μουσειακές εγκαταστάσεις στοχεύουν στο συνολικό μουσειακό βίωμα του επισκέπτη. Η εμπειρία

⁵³ Ευγενία-Ξένια Βαφειάδου, 2015, *Τα μουσεία στη ψηφιακή εποχή: ο ρόλος της ψηφιακής τεχνολογίας στη μουσειακή μάθηση*.

⁵⁴ Howard Besser, *The Changing Museum*, pp. 14

⁵⁵ Πάνος Τζώννος, Πότε ένα μουσείο είναι καλό?, Διάλεξη ICOM, Νοέμβριο 2009

του χρήστη και η αμεσότητα της συναισθηματικής του διέγερσης αποτελούν τον πυρήνα της αφήγησης.

Οι εκθέσεις περιλαμβάνουν εγκαταστάσεις πολυμέσων: προβολή βίντεο σε οθόνες τοίχου, βιντεοχαρτογράφηση, αντιδραστικούς τοίχους LED, συσκευές εικονικής και επταυξημένης πραγματικότητας, οθόνες αφής, αισθητήρες και κάθε είδους στοιχεία ανάδειξης του εκθέματος, επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης, αναλογικά ή ψηφιακά. Καθοδηγούμενοι από την ποιότητα και την ακρίβεια, οι δημιουργοί σχεδιάζουν τον χώρο των εκθεμάτων με τρόπο συνεκτικό, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να αποτελεί μια καθηλωτική εμπειρία νοητικής και συναισθηματικής διέγερσης. Στο σύνολο των παραδειγμάτων εκθεσιακού σχεδιασμού, με κύριους πελάτες τα μουσεία, γκαλερί, η αφήγηση έχει ως κύριο στόχο τη βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη/επισκέπτη. Ο δημιουργός ανακαλεί μνήμες και βιώματα, πειραματίζεται, ερμηνεύει, ανασυνθέτει, χρησιμοποιώντας τα δικά του εργαλεία αφήγησης. Από την ιδέα μέχρι την τελική υλοποίηση, η όλη συνθετική διαδικασία δεν είναι γραμμική. Δοκιμάζεται διαρκώς, διερευνώντας καινοτόμα φυσικά και ψηφιακά πρωτότυπα με τη βοήθεια της τεχνολογίας και της τεχνονομίας των διάφορων διεπιστημονικών ομάδων, έτσι ώστε τα όρια της κάθε μίας να είναι πλέον ασαφή⁵⁶.

Οι σύγχρονες τεχνολογίες και υπηρεσίες ΤΠΕ, ειδικά αυτές των αισθητήρων και των έξυπνων τηλεφώνων, έχουν σκοπό να διευκολύνουν την ενοποίηση μεταξύ της ψηφιακής και της πραγματικής διάστασης σε ένα περιβάλλον που πρέπει να γίνει ψηφιακό και έξυπνο. Σε έναν ευφυή πολιτιστικό χώρο, οι τεχνολογίες συνδέουν τον φυσικό κόσμο με τον κόσμο της πληροφορίας για να ενισχύσουν τη γνώση και την εμπειρία. Η ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας και των συνδεδεμένων προηγμένων υπηρεσιών για το παράδειγμα του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) εξακολουθεί να περιπλέκεται από τον υψηλό δυναμισμό του συστήματος, το οποίο πρέπει να παρέχει σημαντικές πληροφορίες στους χρήστες σε πραγματικό χρόνο, ανάλογα με τις κινήσεις τους στο φυσικό χώρο και την αλληλεπίδρασή τους με τους αισθητήρες. Για παράδειγμα, μπορεί ένας χρήστης να περπατά μέσα σε έναν εκθεσιακό χώρο ανάμεσα σε διάφορα αντικείμενα τέχνης και όταν βρίσκεται ιδιαίτερα κοντά σε ένα από αυτά, η κινητή συσκευή του να ανιχνεύεται από το αντικείμενο. Μόλις εντοπιστεί ένα τέτοιο άτομο, το αντικείμενο μπορεί να αρχίζει να μιλά για τον εαυτό του, την ιστορία του και την κατάστασή του μέσω περιεχομένου πολυμέσων και εγκαταστάσεων⁵⁷. Ως εκ τούτου, αυτά τα έξυπνα αντικείμενα έχουν διπλή λειτουργία, από τη μία πλευρά τη δημιουργία μιας νέας εμπειρίας του χρήστη, από την άλλη πλευρά να συλλέγουν τις περιβαλλοντικές πληροφορίες για να παρακολουθούν και να διατηρούν έτσι το ίδιο το περιβάλλον. Οι αισθητήρες στόχευαν να μετατρέψουν πολιτιστικά αντικείμενα σε έξυπνα αντικείμενα, που πλέον είναι σε θέση να επικοινωνούν μεταξύ τους, τους επισκέπτες και το δίκτυο. Πράγματι, τα έξυπνα αντικείμενα αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό βήμα σε μια εξελικτική διαδικασία που επηρεάζει τις σύγχρονες συσκευές επικοινωνίας και έχει ενεργοποιηθεί από την έλευση του IoT.

Παράλληλα, με τη χρήση τεχνολογικών μέσων εντός του μουσειακού χώρου, η ψηφιοποίηση έγινε τάση στα μουσεία αλλάζοντας ολόκληρη την έννοια αυτών. Τεχνολογία και πολιτισμός συμβαδίζουν. Καθένα από αυτά εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου και διαμορφώνει εμπειρίες με απίστευτους τρόπους και ταχύτητα. Με τη σύγχρονη τεχνολογία, έχουμε ήδη αρχίσει να βλέπουμε αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο βιώνουμε τα μουσεία και αξίζει να εξεταστεί ο τρόπος με τον οποίο θα μπορούσαμε να αλληλεπιδράσουμε με τα μουσεία του μέλλοντος. Προηγουμένως, ο μόνος τρόπος για να γνωρίσει κάποιος ένα μουσείο και τα εκθέματά του ήταν να επισκεφθεί πραγματικά τη φυσική του τοποθεσία. Αν υπήρχε ένας συγκεκριμένος πίνακας που ήθελες να δεις, η μόνη επιλογή ήταν να κάνεις ένα ταξίδι στη γκαλερί που τον φιλοξενούσε, ακόμη και σε διαφορετική χώρα. Τα μουσεία είναι πάντα δραστηριότητες που πρέπει να δουν οι τουρίστες στις μεγάλες πόλεις, προκειμένου να αποκτήσουν μια εσωτερική εικόνα για τον τόπο που επισκέπτονται. Με την εισαγωγή των τεχνολογικών μέσων αυτό αλλάζει. Οι συλλογές ψηφιοποιούνται και τα μουσεία μετατρέπονται σε ψηφιακά «αυξάνοντας το περιβάλλον» τους. Παράδειγμα αποτελεί το Βρετανικό Μουσείο στο Λονδίνο, το οποίο πειραματίζεται με εικονικές περιηγήσεις ήδη από το 2015 ή το Εθνικό

⁵⁶ Πάνος Τζωνός, Πότε ένα μουσείο είναι καλό?, Διάλεξη ICOM, Νοέμβριος 2009

⁵⁷ Piccilli Fr., Chianese A., 2014, *Designing a Smart Museum: When Cultural Heritage Joins IoT*.

Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Smithsonian στη Washington DC, το οποίο έχει ψηφιοποιήσει τις συλλογές του και δίνει δυνατότητες διάδρασης των εκθεμάτων με τον επισκέπτη.

Στόχος της ψηφιοποίησης της Πολιτιστικής Κληρονομιάς (CH) είναι η επίτευξη ενός ψηφιακού μοντέλου εκθεσιακού αρχείου, που αντιπροσωπεύει είτε ένα ακριβές αντίγραφο των φυσικών εκθεμάτων της έκθεσης είτε ψηφιακές αναπαραστάσεις μίας συλλογής ή και ψηφιακές δημιουργίες, με κύριο σκοπό την ερμηνεία, ανάλυση και διάδοση των πολιτιστικών και επιστημονικών μελετών. Αυτό το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δύο βασικούς σκοπούς, είτε για τη συλλογή πληροφοριών που μπορούν να προστατεύσουν την πολιτιστική σημασία της κληρονομιάς του κτιρίου, είτε για την επίτευξη ενός εικονικού εργαλείου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καλύτερο καθορισμό μιας στρατηγικής⁵⁸.

Μέχρι τώρα, το ψηφιακό μοντέλο είχε χρησιμοποιηθεί ως ψηφιακό αρχείο για την αποθήκευση πολλών ειδών πληροφοριών, από τις παραδοσιακές δισδιάστατες αναπαραστάσεις κάτοψης, όψης και τομής καθώς και αναπαραστάσεις τρισδιάστατης προβολής. Ο τόπος εξακολουθεί να παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του τρόπου ροής της πληροφορίας. Υπάρχουν εμμένουσες δομές χώρου που αντιστοιχούν σε εμμένουσες δομές δραστηριοτήτων. Ο McCullough θα υποστηρίξει μια «ήρεμη» αρχιτεκτονική, μια αρχιτεκτονική «φόντου». Το κτίριο στη φυσική του μορφή απορροφά τις ψηφιακές τεχνολογίες. Είναι το «έδαφος» (ground) για να υποδεχτεί το «ψηφιακό» (Digital Ground)⁵⁹. Το σύνολο του σχεδιασμού της φυσικής/ψηφιακής πραγματικότητας είναι χωροκεντρικό. Η αρχιτεκτονική προσφέρει ένα σταθερό φόντο, μια σταθερή μορφή για την ένταξη στοιχείων που οργανώνουν τη ροή πληροφορίας.

Ο συνδυασμός της ψηφιακής έρευνας με μια παραμετρική ανακατασκευή των υφιστάμενων ιστορικών δομών παρέχει ένα πλήρες πληροφοριακό σύστημα χρήσιμο για διαφορετικούς σκοπούς που κυμαίνονται από την τεκμηρίωση έως την ερμηνεία, τη διαχείριση, την αξιοποίηση, την αποκατάσταση και τη διαφύλαξη (Lopez et al. 2018). Το BIM for Heritage αντιπροσωπεύει μια μεγάλη πρόκληση και ευκαιρία να διατεθούν σε ένα εικονικό περιβάλλον, όλα τα δεδομένα που σχετίζονται με ένα μουσείο. Τα τελευταία χρόνια, η τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς έχει λάβει μια στροφή προς τα έξυπνα δεδομένα, καθώς αφορά την πολιτιστική ανάλυση και τη συντήρηση υπαρχόντων κτιριακών αποθεμάτων⁶⁰. Υποστηρίζουμε ότι αυτή η νέα εστίαση οφείλεται πρώτα, στην αναγνώριση του BIM ως τεχνολογίας που αντιμετωπίζει την αυξανόμενη ζήτηση για μια πολυεπιστημονική βάση γνώσεων, απαραίτητη για τη διαχείριση των διαδικασιών του κύκλου ζωής, όπως η λειτουργία, η ανανέωση και η ανάπτυξη της αναπτυσσόμενης απογραφής μνημείων και πολύτιμων αντικειμένων. Δεύτερον, υπάρχει μια αυξανόμενη αναγνώριση της δυνατότητας του BIM να συμβάλει στη σύγκριση των πολύπλοκων σχέσεων μεταξύ υλικής και άυλης κληρονομιάς.

Οι μελλοντικές κατευθύνσεις για την ενεργοποίηση τεχνολογιών για μοντελοποίηση και προσομοίωση θα πρέπει να αφορούν το πώς διαφορετικές εικονικές οντότητες ή συστήματα, συμπεριλαμβανομένων BIM, μπορούν να ενσωματωθούν σε μια αμφίδρομη συνομιλία μεταξύ τους σε ένα οικοσύστημα που λαμβάνει υπόψη όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη και την ενσωμάτωση τεχνολογιών ευφυΐας όπως IoT, DT, Big Data και Blockchain, οι οποίες θα αναλυθούν στην επόμενη ενότητα. Η σύντηξη του εικονικού και πραγματικού χώρου, λαμβάνοντας υπόψη τις ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις, χρησιμοποιεί μηχανισμούς που βασίζονται σε νοημοσύνη που επιτρέπουν την αποκέντρωση και τη συνεργασία.

⁵⁸ Donato V., Biagini C., Bertini G., Marsugli Fr., 2017., *Challenges and opportunities for the implementation of H-BIM with regards to historical infrastructures: a case study of the ponte giorgini in castiglione della pescaia* pp. 253.

⁵⁹ Παπαλεξόπουλος Δ., 2008. *Ψηφιακός Τοπικισμός*

⁶⁰ Lopez F., Lerones P., Llamas J., Gómez-García-Bermejo J., Zalama E.. *A Review of Heritage Building Information Modeling (H-BIM)*. Multimodal Technologies and Interaction.

[II_3. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ_ΧΩΡΟΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ]

A. Επαύξηση πολιτιστικού χώρου

Η Τέχνη και ο πολιτισμός έπαιζαν πάντα σημαντικό ρόλο στη ζωή των ανθρώπων. Κατά τη διάρκεια των αιώνων, εκατοντάδες μουσεία και γκαλερί τέχνης έχουν διατηρήσει την ποικιλόμορφη πολιτιστική μας κληρονομιά και έχουν χρησιμεύσει ως σημαντικές πηγές εκπαίδευσης και μάθησης. Ο κύριος στόχος σήμερα είναι η επαύξηση των πολιτιστικών χώρων εξαιτίας των αυξανόμενων αναγκών τους και η υλοποίηση ενός περιβάλλοντος, στο οποίο τα «πολιτιστικά πράγματα» μπορούν να μιλήσουν στον επισκέπτη και να το κάνουν με εξατομικευμένο τρόπο, με βάση το συγκεκριμένο προσωπικό του προφίλ⁶¹. Όλα τα παραπάνω στοιχεία υποχρέωσαν αυτούς τους χώρους να επανεξετάσουν το θέμα της ταυτότητας και των χαρακτηριστικών τους και να τα επικοινωνήσουν πιο αποτελεσματικά μέσω των εμπειριών που προσέφεραν στους επισκέπτες τους.

Στην προηγούμενη ενότητα αναφερθήκαμε στην γενιά των "Digital Natives". Σήμερα, η «Γυάλινη γενιά» και η Gen Z προβλέπεται να είναι η μακροβιότερη, η πιο μορφωμένη και σαφώς η πιο εξαρτημένη από την τεχνολογία γενιά. Για τους screenagers που γεννήθηκαν πριν από το 2010, όταν τα κοινωνικά δίκτυα άρχισαν να εδραιώνονται, τα ψηφιακά μέσα συνιστούν σημαντικό κομμάτι της ζωής τους. Για τη Generation Glass φαίνεται ότι είναι το πυρηνικό χαρακτηριστικό της. Ενδέχεται το άτομο να αισθάνεται περισσότερο άνετα στον εικονικό έναντι του φυσικού κόσμου, γιατί, αν για τις γενιές του 20ού αιώνα η επαυξημένη πραγματικότητα, η τεχνητή νοημοσύνη και τα ρομπότ ήταν «επιστημονική φαντασία» και για τη Γενιά Z «καινοτομίες», για τη Generation Glass θα είναι «κανόνες».⁶²

Αν και είναι δύσκολο να ορίσουμε ακόμη και το Διαδίκτυο, η κατανάλωσή του έχει κατά κύριο λόγο εμφανιστεί σε δισδιάστατες μορφές. Τηλέφωνα, tablet, οθόνες υπολογιστών και τηλεοράσεις—όλα αυτά είναι η πρώτη γενιά «συνδεδεμένων συσκευών» που έφεραν μαζί εμπειρίες μέσω του Διαδικτύου. Η τελευταία γενιά "συνδεδεμένων συσκευών" μετατοπίζεται σε πιο πολυαισθητηριακές μορφές, όπως γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας, ακουστικά εικονικής πραγματικότητας και πολλά άλλα, εστιάζοντας κυρίως στην τρισδιάστατη βύθιση, την αίσθηση φυσικής παρουσίας και τη διαδραστικότητα με τον πραγματικό μας κόσμο. Χρησιμοποιώντας αυτές τις πιο πρόσφατες «συνδεδεμένες συσκευές», το metaverse μετακινεί περιεχόμενο από το Διαδίκτυο σε τρισδιάστατα καθηλωτικά περιβάλλοντα που μπορούν να μοιραστούν και να αλληλεπιδράσουν με πολλούς χρήστες, που συχνά παίρνουν φυσική μορφή ως avatars.

Μοντέλα 3D, συνομιλίες, μέσα, οπτικοποίηση δεδομένων, διαχείριση έργου, εφαρμογές web, το metaverse τα φέρνει σε έναν κοινό φυσικό χώρο με τον οποίο μπορούμε να αλληλεπιδράσουμε. Αυτές οι "υπερδυνάμεις" που υπάρχουν εκεί μπορούν να λάβουν τη μορφή άμεσης τρισδιάστατης μάζας, χειρισμού περιουσιακών στοιχείων ή ακόμη και αλληλεπίδρασης με κτίρια και δεδομένα BIM σε ένα εικονικό κόσμο. Τεράστια μοντέλα του πραγματικού κόσμου ή πόλεις που διαμορφώνονται σε τούβλα μπορούν να μετατραπούν σε διάφορα μετασύνθεξα μέσω της διαδικασίας ροής⁶³. Η παρουσία του Metaverse αντιπροσωπεύει μια κβαντική αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο συνδεόμαστε με πολλές ομάδες ή ενδιαφερόμενους φορείς στον κλάδο της AEC.

Η επικράτηση των ηλεκτρονικών μέσων επικοινωνίας και ψυχαγωγίας (new media era) στους περισσότερους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας έχει δημιουργήσει μια νέα ανάγκη, αυτή για μετα-στέγαση καθημερινών δραστηριοτήτων από το πραγματικό στο εικονικό/δυναμικό. Συνεπακόλουθο της εικονικής τάσης είναι η σταδιακή κατάργηση κλασικών τομέων δραστηριότητας των αρχιτεκτόνων στο πεδίο του πραγματικού και η μετάθεσή τους

⁶¹ Alletto S., Cucchiara R., Del Fiore G., Mainetti L., Patrono L., Serra G. 2016. *An Indoor Location-Aware System for an IoT-Based Smart Museum*.

⁶² Η «Γυάλινη γενιά» και η Gen Z διεκδικούν το μέλλον τους, βλ. <https://www.athensvoice.gr/epikairota/politiki-oikonomia/761519/h-gyalini-genia-kai-i-gen-z-diekdikoy-n-mellon-toys/>

⁶³ *What is the Metaverse, and How Does it Change the Building Industry?* Βλ. <https://thewild.com/blog/metaverse-aec>

στον ψηφιακό - δυνητικό - εικονικό χώρο. Παρά τη μετακίνησή τους στον εικονικό χώρο τα βασικά χαρακτηριστικά πραγματικών χώρων διατηρούνται, όπως χρήση, όρια, ανοίγματα, διεπαφές, δομή, μορφή, αντίληψη. Στην πραγματικότητα ο εικονικός χώρος αποτελεί ένα ψηφιακό αντίγραφο της αρχιτεκτονικής του πραγματικού, έχει δανειστεί το λεξιλόγιό της και έχει αναπτύξει τα στοιχεία, τις τακτικές και τις στρατηγικές της προκειμένου να “στεγάσει” τις αντίστοιχες δραστηριότητες στα πλαίσιά του.

Ο Michael Beneville άνοιξε το αρχιτεκτονικό του στούντιο στην περιοχή Flatiron της Νέας Υόρκης πριν από μια δεκαετία. Το ανακαινισμένο γραφείο έχει οροφές ύψους είκοσι μέτρων, έπιπλα κατά παραγγελία και έναν τοίχο με τοξωτά παράθυρα που βλέπουν στην 19η οδό. Οι υπάλληλοί του, είναι διασκορπισμένοι σε όλη τη χώρα λόγω της πανδημίας, αλλά συγκεντρώνονται τακτικά σε ένα εικονικό αντίγραφο του στούντιο για συναντήσεις, καθισμένοι γύρω από ένα ψηφιακό τραπέζι, τα avatar τους να κουβαλούν ψηφιακά φλιτζάνια καφέ⁶⁴. Το εικονικό στούντιο μοιάζει πολύ με το φυσικό του αντίστοιχο. Έχει αποδοθεί σε επίπεδο στυλ με όλα τα καθοριστικά αρχιτεκτονικά στοιχεία - τα παράθυρα, τα δάπεδα από ξύλο, τη μοντέρνα σκάλα. Οι εργαζόμενοι μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτό το γραφείο από οπουδήποτε, αρκεί να έχουν σύνδεση στο διαδίκτυο.



[Εικ.2.3.1]

Μέσα στην εικονική αναδημιουργία των γραφείων της Beneville Studios στην περιοχή Flatiron της Νέας Υόρκης. COURTESY BENEVILLE STUDIOS, βλ. <https://metropolismag.com/viewpoints/what-will-our-virtual-reality-be/>

Κάθε Τρίτη, η Megan Lubaszka συνδέεται στον υπολογιστή της στο γραφείο του Gensler στο Λος Άντζελες. Συνδέεται σε μια σύσκεψη GoTo, φοράει τα ακουστικά της και εισέρχεται σε έναν εικονικό κόσμο. Περιμένει τα άλλα άτομα να αρχίσουν να εμφανίζονται γύρω της. Όταν το κάνουν, βλέπει τα ονόματά τους να εμφανίζονται σε φυσαλίδες πάνω από τα κεφάλια τους. Η Lubaszka —ή μάλλον το avatar της— κυματίζει. Μόλις συγκεντρωθούν όλοι, οι κύριοι σχεδιαστές του έργου θα καθοδηγήσουν την ομάδα. Τα "VR Jams" είναι πλέον μια ιερή εβδομαδιαία τελετουργία σε 28 γραφεία Gensler σε όλο τον κόσμο. «Είναι τόσο όμορφη εμπειρία να παίρνεις μια ομάδα σχεδιασμού στο έργο της και να την ακούς να αντιδρά, όπως: «Ωχ, αυτή η αναλογία λειτούργησε πραγματικά εδώ!» Είναι αυτή η εμπειρία απόλυτης κατάπληξης», λέει η Lubaszka.⁶⁵ Σε όλες τις ΗΠΑ, οι εταιρείες αρχιτεκτονικής αρχίζουν να ενσωματώνουν την εικονική πραγματικότητα (VR) στις πρακτικές τους. Όλα τα VR/AR ξεκινούν από το ίδιο σημείο: ένα μοντέλο σε 3D. Το VR και το AR είναι και οι δύο τρόποι εμπειρίας αυτού του μοντέλου—εκτός οθόνης.

Με τη δημιουργία τρισδιάστατων εικονικών κόσμων, οι άνθρωποι μπορούν να κατοικήσουν σε μορφή avatar και να περιηγηθούν σαν να βρίσκονταν σε φυσικό περιβάλλον. Μέσω

⁶⁴ Liz Stinson, How Will the Metaverse Be Designed? <https://metropolismag.com/viewpoints/what-will-our-virtual-reality-be/>

⁶⁵ Vanessa Quirk, Disrupting Reality: How VR Is Changing Architecture's Present and Future <https://metropolismag.com/projects/disrupting-reality-how-vr-is-changing-architecture-present-future/>

πλατφορμών δημιουργούνται διάφορα κομμάτια του μετασύμπαντος, μια κατοικήσιμη μορφή του Διαδικτύου που τροφοδοτείται από την τεχνολογία blockchain και είναι προσβάσιμη μέσω προγραμμάτων περιήγησης ιστού, VR και ακουστικών AR. Για πλατφόρμες όπως το Spatial.io, το Microsoft Mesh και το Horizon Worlds του Facebook, το metaverse μοιάζει με προέκταση της δουλειάς ή της ζωής, όπου τα άβαταρ μπορούν να συναντηθούν σε γυαλιστερά μοντέρνα περιβάλλοντα ή απόκοσμα τοπία για συναντήσεις. Εντωμεταξύ, mega-πλατφόρμες όπως το The Sims, το Minecraft, το Second Life και το Roblox έχουν δημιουργήσει εκτεταμένους, καθηλωτικούς εικονικούς κόσμους εδώ και χρόνια, επιτρέποντας στους παίκτες να χτίσουν τις δικές τους δομές και να εξερευνήσουν αυτά τα συνεχώς αναπτυσσόμενα τοπία⁶⁶.

Το περιβάλλον στο οποίο ζούμε, ορίζεται πλέον ως υβριδικό εφόσον η εικονική πληροφορία και ο φυσικός χώρος συνδυάζονται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Στο χώρο αυτό η καθημερινότητα και οι δραστηριότητες μας, μέσω διαφόρων εφαρμογών, όπως αυτών της επαυξημένης πραγματικότητας, δεν χαρακτηρίζονται από αποσπασματικότητα και ασυνέχεια αλλά από συνδεσιμότητα και συνέχεια η οποία αναπτύσσεται συνεχώς τόσο στο σύνολο όσο και μεταξύ των δύο αλληλο - συμπληρωματικών πλέον χώρων⁶⁷.

Τα όρια μεταξύ εικονικού και φυσικού περιβάλλοντος έχουν γίνει πιο θολά από ποτέ. Ως εκ τούτου, βρισκόμαστε αυτή τη στιγμή στη μέση του πιο σημαντικού κύματος ψηφιακού μετασχηματισμού, όπου η έλευση της αναδυόμενης τεχνολογίας θα μπορούσε να συνδέσει άμογα τα φυσικά και τα ψηφιακά δίδυμα μεταξύ τους και τελικά να φτάσει στο Διαδίκτυο με καθηλωτικά και εικονικά περιβάλλοντα. Η μετάβαση προς μια τέτοια ενοποίηση φυσικού και εικονικού αποτελείται από τρία στάδια: ψηφιακά «δίδυμα», ψηφιακοί «ιθαγενείς» και μετασύμπαν. Ως εκ τούτου, το εμπυθιστικό μας μέλλον με το μετασύμπαν απαιτεί τόσο προσπάθειες για την ανάπτυξη της τεχνολογίας όσο και για τη δημιουργία οικοσυστήματος⁶⁸. Το μετασύμπαν θα πρέπει να κατέχει αέναους, κοινόχρηστους, ταυτόχρονους και τρισδιάστατους εικονικούς χώρους που συνδέονται σε ένα αντιληπτό εικονικό σύμπαν. Αναμένουμε ότι ο ατελείωτος και μόνιμος εικονικός-φυσικός συγχωνευμένος κυβερνοχώρος θα φιλοξενεί απεριόριστο αριθμό χρηστών από όλο τον πλανήτη.



[Εικ.2.3.2]

A Slow Succession with Many Interruptions William Kentridge: The Refusal of Time Runa Islam: Verso, December 10, 2016– April 2, 2017 San Francisco Museum of Modern Art (SFMOMA)

⁶⁶ Tang S., Hou J., 2022, Designing a Framework for Metaverse Architecture. pp. 445-454

⁶⁷ Δούνας Θ., Μπουμπάρη Ελ., Ξανθοπούλου Σ., Ηλιάδη Ν., Επάγγελμα Αρχιτέκτων :: εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα – Η επέκταση της αρχιτεκτονικής πέρα από τη φυσική πραγματικότητα. Η επανάκτηση της Αρχιτεκτονικής ως ρυθμιστικός παράγοντας του περιβάλλοντος, σελ.23

⁶⁸ Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda.

Η λέξη «metaverse» επινοήθηκε για πρώτη φορά σε ένα κομμάτι κερδοσκοπικής μυθοπλασίας με το όνομα Snow Crash, γραμμένο από τον Neal Stephenson το 1992. Σε αυτό το μυθιστόρημα, ο Stephenson ορίζει το μετασύμπαν ως ένα τεράστιο εικονικό περιβάλλον παράλληλο με τον φυσικό κόσμο, στο οποίο οι χρήστες αλληλεπιδρούν μέσω ψηφιακών avatars. Η έννοια του μετασύμπαντος παραπέμπει σε έναν εντελώς τεχνητό κόσμο, που διαρρηγνύει τα όρια του πραγματικού, γι' αυτό και είναι πιο κατάλληλη να περιγράψει τη φιλοδοξία οικοδόμησης μιας αληθινά μοναδικής και καινούργιας διάστασης. Το metaverse είναι ένα διαδίκτυο εικονικής πραγματικότητας. Το metaverse είναι ένας κώδικας που γράφεται σε υπολογιστές. Για να υπάρξει, χρειάζεται υλισμικό (hardware), δηλαδή επεξεργαστές, κέντρα δεδομένων και αναλώσιμα, και λογισμικό (software), δηλαδή γλώσσες προγραμματισμού. Στη συνέχεια, απαιτεί οπωσδήποτε μια σύνδεση στο διαδίκτυο. Το αποτέλεσμα αυτής της υπολογιστικής διαδικασίας είναι γραφικά, 3D βίντεο, κείμενα, ήχοι και εικόνες, καθώς και διάδραση⁶⁹. Το metaverse είναι ένα ψηφιακό περιβάλλον, ένας εικονικός κόσμος. Ολότελα συνθετικός και κατασκευασμένος. Μια ανθρώπινη επινόηση, στην οποία συμμετέχει κάποιος μέσω μιας διεπαφής. Οι τεχνολογικοί καταλύτες οδηγούν περαιτέρω την εξέλιξη του μετασύμπαντος και ίσως το «Digital Big Bang»⁷⁰.

Το περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας μας φέρνει μια πραγματική εμπειρία ζωής στον ψηφιακό χώρο που μιμείται ακριβώς τον φυσικό κόσμο. Το Metaverse είναι μια τρισδιάστατη προσομοίωση του πραγματικού κόσμου όπου οι άνθρωποι εμφανίζονται ως ψηφιακά avatars και μπορούν να κάνουν κάθε είδους δραστηριότητες όπως συναλλαγές, παιχνίδια, κοινωνικές συναναστροφές, μάθηση, αγορές. Ενσωματώνουμε διάφορες προηγμένες τεχνολογίες στο Metaverse, όπως η Μηχανική Blockchain, η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), η Εικονική Πραγματικότητα (VR), η Προσομοίωση ή Ψηφιακά Δίδυμα, το Τρισδιάστατο Μοντελισμό, η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT).

Σχεδιάζοντας για το Metaverse

Η Janine Yorio, συνιδρύτρια της Republic Realm, μιας εταιρείας ανάπτυξης metaverse που επενδύει σε metaverse real estate και NFTs (non-fungible tokens), παρομοιάζει την τρέχουσα μετασύνδεση με τις πρώτες μέρες του web 1.0⁷¹. Όπως οι προγραμματιστές του πραγματικού κόσμου, η Republic Realm έχει συνεργαστεί με αρχιτέκτονες και σχεδιαστές για να δημιουργήσει τις εξελίξεις της, οι οποίες περιλαμβάνουν το Metajuku, ένα εμπορικό κέντρο 16.000 τετραγωνικών ποδιών στην Decentraland, βασισμένο στο σχέδιο της συνοικίας HaraJuku στο Τόκιο. Η Republic Realm προσέλαβε τον σχεδιαστή Martin Guerra στο Austin του Τέξας για να σχεδιάσει τον χώρο, όπου τα avatars μπορούν να περιπλανηθούν και να ξοδέψουν χρήματα σε εικονικά αγαθά μέσω των κρυπτογραφικών πορτοφολιών τους. Ωστόσο, η πιο φιλόδοξη και προσοδοφόρα ανάπτυξη της εταιρείας ονομάζεται Fantasy Islands, μια σχεδιαζόμενη κοινότητα από πολυτελείς ιδιωτικές βίλες - νησίδες που πωλούνται ως 3D NFT στην πλατφόρμα metaverse "The Sandbox". Οι ιδιοκτήτες χρησιμοποιούν τις εικονικές βίλες τους με παρόμοιο τρόπο όπως θα μπορούσαν στην πραγματική ζωή - ως ένα ήσυχο καταφύγιο, ένα μέρος συγκέντρωσης εικονικών φίλων ή μια όμορφη αποθήκη για τυχόν NFT ή αντικείμενα που αγοράστηκαν στο metaverse⁷².

Αν και το μετασύμπαν συχνά μιμείται χαλαρά τα οργανωτικά ήθη που καθιερώθηκαν από τον φυσικό κόσμο, τα ίδια τα κτίρια αποκλίνουν συνήθως από αυτό που θα μπορούσε να θεωρηθεί εφικτός σχεδιασμός του πραγματικού κόσμου. Στο μετασύμπαν, η βαρύτητα δεν υπάρχει, ούτε υλικό περιορισμοί. «Τα πράγματα όπως η δομή, η υλικότητα και το κόστος, εν προκειμένω, όλα

⁶⁹ Μανώλης Ανδριωτάκης, 2022, Metaverse από το Α ως το Ω, βλ. <https://www.kathimerini.gr/k-magazine/561853582/metaverse-apo-to-a-eos-to-o/>

⁷⁰ Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda.

⁷¹ <https://shamlatech.com/metaverse-real-estate-development/?nowprocket=1>

⁷² <https://shamlatech.com/metaverse-real-estate-development/?nowprocket=1>

βγαίνουν από το παράθυρο», λέει ο Leon Rost⁷³, διευθυντής του Bjarke Ingels Group (BIG), ο οποίος έχει εργαστεί σε εικονικά έργα για πελάτες. Αυτή η έλλειψη στυλιστικού περιορισμού έχει προσελκύσει αρχιτέκτονες που ενδιαφέρονται να ξεπεράσουν τα επίσημα όρια του πώς μπορεί να μοιάζει ο χώρος. Η BIG συνεργάστηκε με το UNStudio για να αναπτύξει μια πλατφόρμα εικονικών συναντήσεων που ονομάζεται SpaceForm, όπου οι άνθρωποι μπορούν να συνεργάζονται σε πραγματικό χρόνο μέσα σε φουτουριστικές αίθουσες με ολογραφικούς πίνακες που εμφανίζουν τρισδιάστατες αποδόσεις και απεικονίσεις δεδομένων.



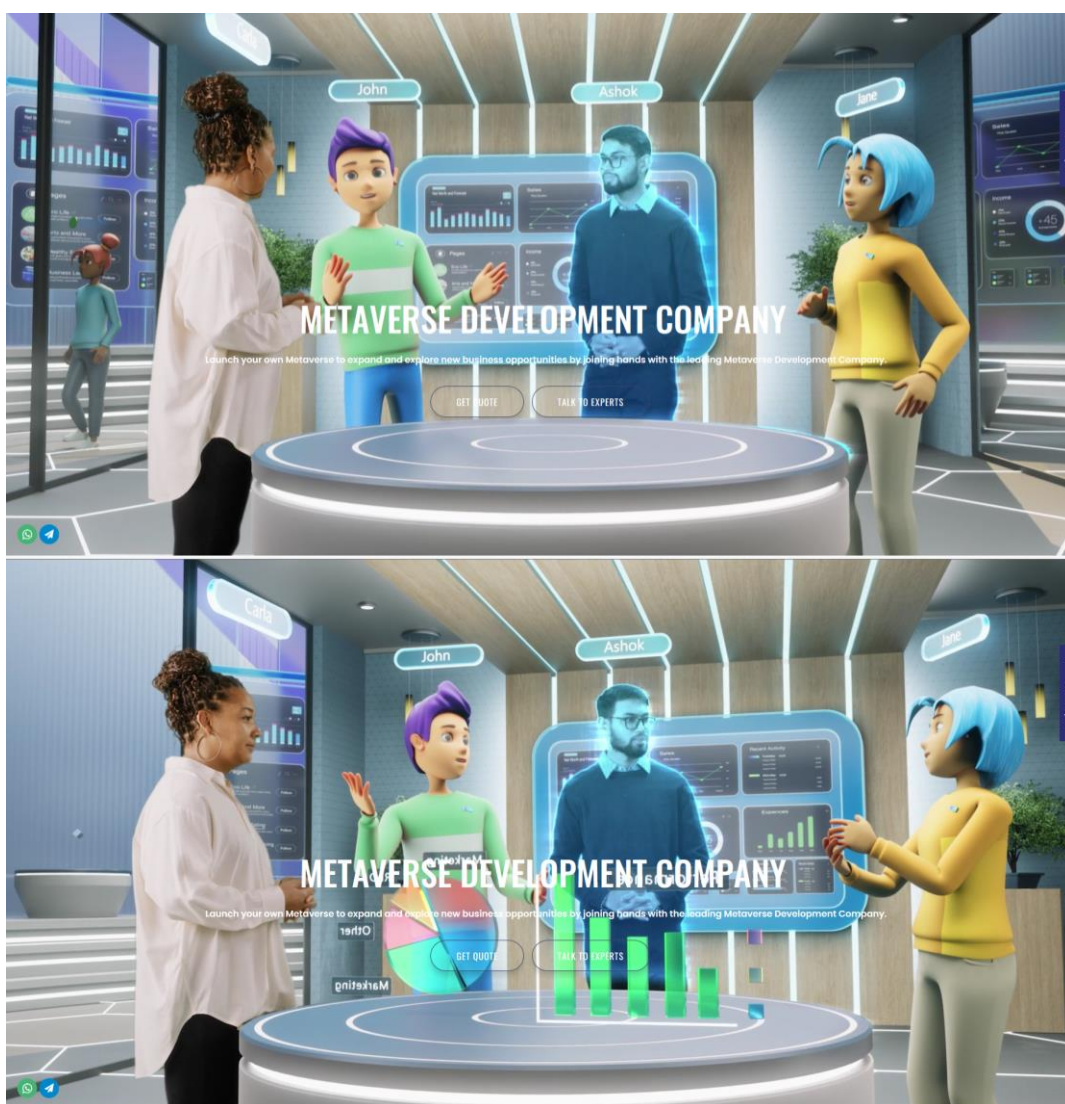
[Εικ.2.3.3]

Οι χρήστες εξερευνούν το SpaceForm, μια εικονική πλατφόρμα που βασίζεται σε cloud που δημιουργήθηκε από τους BIG, UNStudio και Squint/Opera που διευκολύνει τον εικονικό σχεδιασμό, την αναθεώρηση και τη συνεργασία για αρχιτέκτονες και προγραμματιστές. COURTESY BIG ΚΑΙ UNSTUDIO, βλ. <https://metropolismag.com/viewpoints/what-will-our-virtual-reality-be/>

Στο Metaverse Real Estate Application Development, ο χώρος χωρίζεται σε τμήματα εικονικής γης ή αγροτεμάχια, πράγμα που σημαίνει ότι κάθε άτομο ή εταιρεία μπορεί να αναπτύξει κάτι στη γη για να προσελκύσει χρήστες, όπως χώρο διαβίωσης, γραφείου, χώρο συναυλιών, γκαλερί τέχνης. Τα κτίρια στην εικονική γη μπορεί να έχουν χαρακτηριστικά που το κάνουν πιο συναρπαστικό, όπως αρχιτεκτονική, ευχάριστη θέα, εργαλεία συνεργασίας, συστήματα ψυχαγωγίας και ούτω καθεξής. Οποιοσδήποτε μπορεί να αγοράσει γη στο Metaverse που είναι μία περιοχή γης, ουσιαστικά ένα μη ανταλλάξιμο διακριτικό (NFT), το οποίο είναι μια κατηγορία περιουσιακών στοιχείων στο blockchain. Όταν αναπτύσσετε την πλατφόρμα ακινήτων Metaverse, κάθε ακίνητο NFT είναι μοναδικό, έχει εγγενή αξία και ο κάτοχος μπορεί να διατηρήσει την ιδιοκτησία ή να το πουλήσει σε άλλον αγοραστή⁷⁴.

⁷³ Liz Stinson, How Will the Metaverse Be Designed? <https://metropolismag.com/viewpoints/what-will-our-virtual-reality-be/>

⁷⁴ <https://shamlatech.com/metaverse-real-estate-development/?nowprocket=1>



[Εικ.2.3.4]

Εταιρική επιχειρηματική συνάντηση σε γραφείο εικονικής πραγματικότητας. Πραγματική γυναίκα μάνατζερ που στέκεται δίπλα σε δύο κινούμενα Avatar συναδέλφων και ένα ολόγραμμα ενός άλλου ειδικού. Φουτουριστική έννοια Metaverse, βλ.

<https://shamlatech.com/metaverse-real-estate-development/?nowprocket=1>

Οι Lesmes και Hellberg δημιουργούν εικονικούς χώρους από το 2013 για πελάτες, όπως το μουσείο MAXXI στη Ρώμη και το RIBA στο Λονδίνο. Θεωρούν τα καθηλωτικά διαδικτυακά περιβάλλοντα κυρίως, ως ένα μέρος για συγκέντρωση, το οποίο υπαγορεύει τον τρόπο σκέψης για το σχεδιασμό των ψηφιακών χώρων. Ανακάλυψαν ότι οι άνθρωποι που βρίσκονται σε μια εικονική γκαλερί εξακολουθούν να βασίζονται σε πρακτικές που έχουν μάθει από τον φυσικό κόσμο για να πλοηγηθούν. «Για να μπορούν οι άνθρωποι να κάνουν κάτι με ένα εικονικό περιβάλλον, πρέπει να μπορούν να το δουν και να καταλάβουν τι μπορούν να κάνουν εκεί μέσα», λέει ο Hellberg. «Θέλαμε οι άνθρωποι να μπορούν να έρχονται αμέσως και να χρησιμοποιούν απλώς τους κώδικες συμπεριφοράς που έχουν ήδη στην πραγματική τους ζωή».⁷⁵

⁷⁵ Liz Stinson , How Will the Metaverse Be Designed? βλ. <https://metropolismag.com/viewpoints/what-will-our-virtual-reality-be/>

Αυτό θα αναγκάσει τον επανασχεδιασμό του καλού σχεδιασμού. Σήμερα, η καλή σχεδίαση είναι διαισθητική, εύκολη στη χρήση και αισθητικά ευχάριστη. Αλλά στο metaverse, ο καλός σχεδιασμός είναι κάτι εντελώς άλλο - είναι εντελώς καθηλωτικός. «Όταν ένας παίκτης και ένας χαρακτήρας συγχωνεύονται για να γίνουν περσόνα, αυτό είναι βύθιση», έγραψε ο Richard Bartle στο *Designing Virtual Worlds*. "Αυτό παίρνουν οι άνθρωποι από τους εικονικούς κόσμους που δεν μπορούν να πάρουν από πουθενά αλλού. Τότε είναι που σταματούν να παίζουν τον κόσμο και αρχίζουν να τον ζουν"⁷⁶. Στο metaverse, ο σχεδιασμός δεν ασχολείται τόσο με το πόσο γρήγορα κάποιος πετυχαίνει τον στόχο του - ασχολείται περισσότερο με το αν ένας χρήστης είναι αρκετά βυθισμένος για να επιδιώξει έναν στόχο εξαρχής. Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει ότι ταξιδεύεις για να συναντήσεις φίλους, αντί να τους συναντήσεις αμέσως σε ένα δωμάτιο Zoom, ή πηγαίνεις σε μια αγορά, αντί να έχεις πρόσβαση σε διαδικτυακές βιτρίνες όπου μπορείς να αγοράσεις οτιδήποτε ανά πάσα στιγμή.

Επειδή ο σχεδιασμός για το μετασύμπαν σημαίνει σχεδιασμός για έναν εντελώς νέο, καθηλωτικό κόσμο, οι σχεδιαστές θα πρέπει να συμπεριλάβουν μια σειρά από νέους κλάδους, όπως την οικονομία, τον πολεοδομικό σχεδιασμό και την ανθρωπολογία. Ο λόγος είναι, επειδή οι σχεδιαστές εικονικού κόσμου σχεδιάζουν τελικά ανθρώπινες κοινωνίες. Όπως είπε ο Raph Koster, ένας σχεδιαστής εικονικών κόσμων, σε μια ομιλία του 2017, «Όταν παίρνετε αυτά τα εργαλεία - συνδεσιμότητα, επιμονή, ταυτότητα - είτε πρόκειται να σχεδιάσετε αυτήν την κοινωνία με κάποιο σκοπό ή κατά λάθος.» Για να δημιουργήσουν μια κοινωνία σε έναν εικονικό κόσμο, οι σχεδιαστές δεν θα πρέπει μόνο να κατανοήσουν πώς λειτουργούν οι κοινωνίες στον πραγματικό κόσμο, αλλά θα πρέπει επίσης να κατανοήσουν τι τους απειλεί⁷⁷.

Ως εκ τούτου, οι τεχνολογικές δυνατότητες και οι τεχνικές τους απαιτήσεις είναι άνευ προηγουμένου απαιτητικές. Το metaverse δίνει επίσης, έμφαση στη συλλογή εικονικών κόσμων και στις δραστηριότητες σε συλλογικά εικονικά περιβάλλοντα όπου οι ανθρώπινοι χρήστες θα περνούν τον χρόνο τους. Έτσι, ένα πλήρες σύνολο οικονομικών και κοινωνικών συστημάτων θα διαμορφωθεί στον μετακυβερνοχώρο, με αποτέλεσμα νέες αγορές συναλλάγματος, κεφαλαιαγορές, αγορές εμπορευμάτων, κουλτούρες, κανόνες, κανονισμοί και άλλοι κοινωνικοί παράγοντες. Αξίζει να αναφερθεί, ότι ο μετακυβερνοχώρος αξιοποιεί τεχνολογίες όπως το IoT, το Edge and Cloud Computing, το Network, το XR και τη διαδραστικότητα των χρηστών στο σχεδιασμό της εφαρμογής του. Το μετασύμπαν χρειάζεται να συνδυάσει τον εικονικό κόσμο με τον πραγματικό κόσμο, και ακόμη και ο εικονικός κόσμος είναι πιο ρεαλιστικός από τον πραγματικό κόσμο. Οι απεικονίσεις που δημιουργούμε για την αρχιτεκτονική, γίνονται ουσιαστικά με την ίδια τεχνολογία, επομένως αντί για στατικές, άψυχες απεικονίσεις, μπορούμε να έχουμε στην πραγματικότητα avatars—προσομοιωμένους ή πραγματικούς επισκέπτες. Στον κόσμο του μετασύμπαντος μπορούν να εμφανίζονται ώρες της ημέρας, εποχές, ροή νερού. Όλα τα δεδομένα υπάρχουν και είναι συμβατά με την οπτικοποίηση.

Για να συμβεί ο συνδιασμός πρέπει να χρησιμοποιηθούν εμπυθιστικές τεχνολογίες που βασίζονται σε XR για να ενσωματωθεί με μία ή περισσότερες τεχνολογίες ή μέσα, όπως το edge and cloud (εικονικά περιβάλλοντα μηδενικής καθυστέρησης), το avatar και η αλληλεπίδραση με τον χρήστη (λήψη κίνησης και χειρονομίες με αναγνώριση με XR), τεχνητή νοημοσύνη και όραση υπολογιστή για κατανόηση σκηνής μεταξύ MR και μετασύμπαντος και δημιουργία ψηφιακών διδύμων σε κλίμακα, Edge και AI (Edge AI) μαζί για εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης που διατηρούν το απόρρητο στο μετασύμπαν⁷⁸. Μια δεύτερη ψηφιακή στροφή διαμορφώνεται τώρα, καθοδηγούμενη από θεωρίες πολυπλοκότητας και από νέες τεχνολογίες προσομοίωσης, βελτιστοποίησης, κυψελωτών αυτόματων (cellular automata) - με λίγα λόγια, μια νέα επιστήμη για μια νέα τεχνολογία.

Στο υπόλοιπο αυτής της ενότητας, επισημαίνονται οι υπάρχουσες εστιασμένες τεχνολογίες και τεχνολογικές υποδομές και εργαλεία, ώστε να γίνει προσπάθεια μίας αξιόλογης οπτικής για

⁷⁶ Benjamin Bertram Goldman, *The Metaverse Will Give Designers the Chance to Create a Better World* βλ. <https://builtin.com/design-ux/virtual-world-design-ethics>

⁷⁷ *Online world or metaverse?* βλ. <https://www.raphkoster.com/2021/09/02/online-world-or-metaverse/>

⁷⁸ Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, *All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda*.

τη δημιουργία του μετασύμπαντος που χαρακτηρίζεται από αέναους, κοινόχρηστους, ταυτόχρονους και τρισδιάστατους εικονικούς χώρους που συνενώνονται σε ένα αντιληπτό εικονικό σύμπαν, λαμβάνοντας την περίπτωση μελέτης ενός «μετασμπάντειου» χώρου μουσείου.

B. Τεχνολογίες και ψηφιακά εργαλεία για τη «Λυρική Σκηνή σε εξέλιξη..»

Τα νέα τεχνολογικά μέσα μπορούν να διαδραματίσουν θεμελιώδη ρόλο στην αλληλεπίδραση μεταξύ των ανθρώπων και της ψηφιακής πολιτιστικής κληρονομιάς προκειμένου να συνδεθούν οι άνθρωποι με αυτή, να δημιουργήσουν γνώση και να διατηρήσουν την πηγή της πολιτιστικής κληρονομιάς. Παρακάτω αναφέρονται κάποιες από τις τρέχουσες τεχνολογίες και εργαλεία με τη βοήθεια των οποίων θα μεταβούμε από τον πολιτιστικό χώρο «Υπόβαθρο» της Λυρικής Σκηνής, στο εικονικό μουσείο «Πεδίο» και τέλος στο μουσείο «Εμπειρίας».

<Δίκτυο>

Σχεδιαστικά, ένα metaverse θα βασίζεται σε διάχυτη πρόσβαση στο δίκτυο, είτε για την εκτέλεση εργασιών εξ αποστάσεως, είτε για πρόσβαση σε μεγάλες βάσεις δεδομένων για επικοινωνία μεταξύ αυτοματοποιημένων συστημάτων ή για την προσφορά κοινών εμπειριών μεταξύ των χρηστών. Για την αντιμετώπιση των διαφορετικών αναγκών τέτοιων εφαρμογών, το metaverse θα βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στις μελλοντικές τεχνολογίες δικτύωσης κινητής τηλεφωνίας, όπως το 5G και πέραν αυτού.

Οι ανάγκες διεκπεραίωσης των μελλοντικών εφαρμογών πολυμέσων αυξάνονται εκθετικά. Οι δυνατότητες του 5G (έως 10 Gb/s) έχουν ανοίξει την πόρτα σε μια πληθώρα εφαρμογών που βασίζονται στη μετάδοση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (AR/VR, gaming cloud, συνδεδεμένα οχήματα). Με τη διασύνδεση ενός τόσο μεγάλου φάσματος τεχνολογιών, οι απαιτήσεις εύρους ζώνης του μετασύμπαντος θα είναι τεράστιες, με ροές βίντεο υψηλής ανάλυσης να αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος της κίνησης, ακολουθούμενες από μεγάλες ποσότητες δεδομένων και μεταδεδωμένων που δημιουργούνται από διάχυτες αναπτύξεις αισθητήρων. Σε ένα κοινό μέσο, όπως τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, το metaverse όχι μόνο θα απαιτεί σημαντικό μερίδιο του διαθέσιμου εύρους ζώνης, αλλά πιθανότατα θα ανταγωνίζεται και άλλες εφαρμογές. Ως εκ τούτου, αναμένεται ότι οι απαιτήσεις του metaverse θα υπερβούν το διαθέσιμο εύρος ζώνης του 5G⁷⁹.

Μία από τις κατηγορίες υπηρεσιών που παρέχεται από την προδιαγραφή 5G είναι η μαζική επικοινωνία τύπου μηχανής (mMTC). Αυτή η κατηγορία στοχεύει συγκεκριμένα την αυτόνομη επικοινωνία μηχανής με μηχανή για να αντιμετωπίσει τον αυξανόμενο αριθμό συσκευών που είναι συνδεδεμένες στο Διαδίκτυο. Πολλές εφαρμογές του metaverse θα απαιτήσουν από το mMTC να χειρίζεται την επικοινωνία μεταξύ συσκευών εκτός της εμβέλειας των χρηστών, συμπεριλαμβανομένων έξυπνων κτιρίων, ρομπότ, drones⁸⁰. Τα μελλοντικά δίκτυα κινητής τηλεφωνίας θα αντιμετωπίσουν σημαντικές προκλήσεις για την αποτελεσματική κοινή χρήση του φάσματος μεταξύ δισεκατομμυρίων αυτόνομων συσκευών και εφαρμογών ανθρώπινου τύπου.

Οι κύριες προκλήσεις που σχετίζονται με το ίδιο το δίκτυο σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με τους τυπικούς δείκτες απόδοσης των δικτύων κινητής τηλεφωνίας, δηλαδή τον λανθάνοντα χρόνο και την απόδοση, καθώς και το jitter, που είναι κρίσιμο για τη διασφάλιση μιας ομαλής εμπειρίας χρήστη. Η κινητικότητα του χρήστη και η ενσωματωμένη αίσθηση θα περιπλέξουν περαιτέρω αυτήν την εργασία. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή πολυεπίπεδη προσέγγιση στα δίκτυα, όπου η ελάχιστη επικοινωνία συμβαίνει μεταξύ των επιπέδων, η αντιμετώπιση των αυστηρών απαιτήσεων της εμπειρίας του χρήστη στο μετασύμπαν θα απαιτήσει αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ των επιπέδων. Το 5G και οι διάδοχοί του, θα επιτρέψουν στο gNB (gNodeB)⁸¹ να επικοινωνεί μετρήσεις δικτύου στον συνδεδεμένο εξοπλισμό χρήστη, ο οποίος

⁷⁹ Ammar M., Zegura E., Zhao Y.. *A vision for zero-hop networking* pp. 1765–1770

⁸⁰ Osseiran A., Monserrat J., Marsch P.. *5G mobile and wireless communications technology*.

⁸¹ Ένας gNB (gNodeB) είναι ένας κόμβος σε ένα κυψελοειδές δίκτυο που παρέχει συνδεσιμότητα μεταξύ του εξοπλισμού χρήστη (UE) και του εξελιγμένου πυρήνα πακέτων (EPC).

μπορεί να προωθηθεί σε ολόκληρη τη στοιβή πρωτοκόλλου μέχρι την εφαρμογή για την προσαρμογή της μετάδοσης περιεχομένου. Ομοίως, το επίπεδο μεταφοράς, όπου λαμβάνει χώρα ο έλεγχος συμφόρησης, μπορεί να σηματοδοτήσει συμφόρηση στο επίπεδο εφαρμογής. Κατά τη λήψη τέτοιων πληροφοριών, η εφαρμογή μπορεί επομένως να μειώσει τον όγκο των δεδομένων που θα μεταδοθούν για να καλύψει τις απαιτήσεις διεκπεραιότητας, εύρους ζώνης και καθυστέρησης. Ομοίως, οι μετρήσεις QoE στο επίπεδο εφαρμογής μπορούν να προωθηθούν στα χαμηλότερα επίπεδα για να προσαρμόσουν τη μετάδοση του περιεχομένου και να βελτιώσουν την εμπειρία του χρήστη⁸².

<XR>

Η δυνατότητα να καταναλώνουμε το εικονικό μετασύστημα ενεργοποιείται από ένα συνδυασμό οικοσυστημάτων VR, AR, MR, το οποίο, μαζί με τα απτικά και άλλες αισθητηριακές αλληλεπιδράσεις, ομαδοποιείται σε XR.

α. Εικονική πραγματικότητα (VR)_ Η εμφάνιση της τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας κατέστησε δυνατή την επέκταση του τρόπου αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή, δημιουργώντας ένα κόσμο με ρεαλιστική εμφάνιση. Το VR αναφέρεται σε χωρικά απομονωμένες προσομοιώσεις που δημιουργούνται από υπολογιστή τρισδιάστατων περιβαλλόντων με τις οποίες μπορεί ο χρήστης να αλληλεπιδράσει σε πραγματικό χρόνο μέσω οθονών που τοποθετούνται στο κεφάλι (HMD) και ελεγκτών παιχνιδιών. Η τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας έχει τρία χαρακτηριστικά: εμβάπτιση, αλληλεπίδραση και φαντασία (Burdea & Coiffet, 2003). Το χαρακτηριστικό της εμβάπτισης κάνει την τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας να έχει μεγάλα πλεονεκτήματα στην έκφραση της χωρικής εμπειρίας. Επιπλέον, μπορεί να διαπεράσει τη γενική μορφή έκφρασης, πέρα από την πραγματικότητα. Το VR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τρισδιάστατη δημιουργία και αλληλεπίδραση και εργασίες μοντελοποίησης⁸³. Στη φάση του σχεδιασμού, η εικονική πραγματικότητα επιτρέπει στους σχεδιαστές να βιώσουν το χώρο του σχεδιασμού. Στο μεταγενέστερο στάδιο του σχεδιασμού, ο συνδυασμός VR και BIM μπορεί να μειώσει το όριο λειτουργίας του χρήστη, επιτρέποντας στους χρήστες να βιώσουν τον χώρο σχεδιασμού σε πραγματικό χρόνο.

Ως εκ τούτου, οι χρήστες βρίσκονται σε πλήρως εικονικά περιβάλλοντα και αλληλεπιδρούν με εικονικά αντικείμενα μέσω τεχνικών αλληλεπίδρασης. Επιπλέον, το VR είναι γνωστό ως «το πιο απομακρυσμένο άκρο από την πραγματικότητα στο Συνεχές Πραγματικότητα-Εικονικότητα»⁸⁴. Δηλαδή, οι χρήστες με ακουστικά VR πρέπει να δίνουν πλήρη προσοχή στα εικονικά περιβάλλοντα και, ως εκ τούτου, να χωρίζονται από τη φυσική πραγματικότητα. Όπως αναφέρθηκε, οι χρήστες στο metaverse θα δημιουργήσουν περιεχόμενο στα digital twins.

Σήμερα, τα εμπορικά εικονικά περιβάλλοντα επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργούν περιεχόμενο, όπως ζωγραφική εικονικής πραγματικότητας. Η εξερεύνηση της οικονομικής απόδοσης των χρηστών μπορεί να επιτευχθεί με την αλληλεπίδραση του χρήστη με εικονικές οντότητες σε ένα εικονικό περιβάλλον, για παράδειγμα, τροποποιώντας το σχήμα ενός εικονικού αντικειμένου και δημιουργώντας νέα καλλιτεχνικά αντικείμενα. Πολλοί χρήστες σε τέτοια εικονικά περιβάλλοντα μπορούν να συνεργάζονται μεταξύ τους σε πραγματικό χρόνο. Αυτό ευθυγραμμίζεται με τις σαφώς καθορισμένες απαιτήσεις των εικονικών περιβαλλόντων, όπως μια κοινή αίσθηση του χώρου, μια κοινή αίσθηση παρουσίας, μια κοινή αίσθηση του χρόνου (αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο), ένας τρόπος επικοινωνίας (με χειρονομίες, κείμενο, φωνή), και έναν τρόπο κοινής χρήσης πληροφοριών και χειρισμού αντικειμένων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι πολλοί χρήστες σε έναν εικονικό κόσμο, δηλαδή ένα υποσύνολο του μετασύμπαντος, θα πρέπει να λαμβάνουν πανομοιότυπες πληροφορίες με αυτές που βλέπουν άλλοι χρήστες. Λαμβάνοντας υπόψη το απόλυτο στάδιο του μετασύμπαντος, οι χρήστες που

⁸² Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda.

⁸³ Schnabel M. Aurel, Wang X., Seichter H., Kvan T. (2008). (2008). Touching The Untouchables: Virtual-, Augmented- And Reality. pp. 293-299.

⁸⁴ Milgram P., Takemura H., Utsumi A., and Kishino F.. *Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum*. pp. 282 – 292

βρίσκονται σε έναν εικονικό κοινόχρηστο χώρο θα πρέπει να εργάζονται ταυτόχρονα με τυχόν προσθήκες ή αλληλεπιδράσεις από το φυσικό αντίστοιχο, όπως AR και MR. Ο πυρήνας της οικοδόμησης του μετασύμπαντος, μέσω της σύνθεσης πολυάριθμων εικονικών κοινόχρηστων χώρων, πρέπει να συνδυάσει τις ταυτόχρονες ενέργειες, μεταξύ όλων των αντικειμένων, των avatars που αντιπροσωπεύουν τους χρήστες και των αλληλεπιδράσεων τους, όπως αντικείμενο-avatar, αντικείμενο-αντικείμενο και avatar-avatar. Όλες οι συμμετέχουσες διεργασίες σε εικονικά περιβάλλοντα θα πρέπει να συγχρονίζονται και να αντικατοπτρίζουν τις δυναμικές καταστάσεις/συμβάντα των εικονικών χώρων. Ωστόσο, η διαχείριση και ο συγχρονισμός των δυναμικών καταστάσεων/γεγονότων σε κλίμακα είναι μια τεράστια πρόκληση, ειδικά όταν λαμβάνουμε υπόψη ότι απεριόριστοι ταυτόχρονοι χρήστες ενεργούν συλλογικά σε εικονικά αντικείμενα και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους χωρίς λογικό λανθάνοντα χρόνο⁸⁵.

Η εικονική πραγματικότητα επιτρέπει οι χρήστες να βλέπουν το περιβάλλον και τα αντικείμενα από διάφορες οπτικές γωνίες, αυξάνει το περιεχόμενο αλληλεπίδρασης των χρηστών και ικανοποιεί την αντίστοιχη σχέση μεταξύ χρηστών και εικονικών ρόλων. Οι χρήστες μπορούν να χαρτογραφηθούν σε εικονικά αντικείμενα, να παρατηρήσουν τα αποτελέσματα του σχεδιασμού προς όλες τις κατευθύνσεις και να τροποποιήσουν το περιεχόμενο σε πραγματικό χρόνο κατά τη διαδικασία σχεδιασμού.

Η τεχνολογία του εκτεταμένου περιβάλλοντος έχει χαρακτηριστικά ευρείας όρασης, πολλαπλής αίσθησης και υψηλής προσομοίωσης. Η συμβατότητα, το χρονικό πλαίσιο και η ιστορία αναφέρεται στο γεγονός ότι ο εικονικός κόσμος παραμένει σε συγχρονισμό με τον χρήστη καθώς προχωρά και ότι υπάρχει ένα συγκεκριμένο θέμα πλοκής⁸⁶. Συγκεκριμένα, το εμπυθιστικό τρισδιάστατο περιβάλλον επηρεάζει πολλαπλές αισθήσεις, επιτρέποντας στους χρήστες να εστιάσουν καλύτερα και να απορροφήσουν περισσότερες πληροφορίες. Όταν ένας χρήστης φοράει οθόνη στο κεφάλι, ο χρήστης θα περιβάλλεται πλήρως από ένα εικονικό περιβάλλον και στη συνέχεια θα βιώσει τον καθηλωτικό χώρο. Επιπλέον, το VR παρέχει τη δυνατότητα για την οπτική αλληλεπίδραση έξυπνων δεδομένων και οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδρούν με τα δεδομένα πιο διαισθητικά.

Το κοινό λογισμικό μοντελοποίησης εικονικής πραγματικότητας πραγματοποιεί τη δημιουργία και την απλή αλληλεπίδραση εικονικών αντικειμένων. Οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν απευθείας απλά αντικείμενα στο εικονικό περιβάλλον. Παράδειγμα αποτελεί, η μηχανή παιχνιδιών Unity και το HTC Vive που μπορεί να λειτουργήσει ως υποστήριξη υλικού εξοπλισμού εικονικής πραγματικότητας. Η μηχανή παιχνιδιού Unity έχει τη δυνατότητα γρήγορης απόδοσης και αλληλεπίδρασης σε πραγματικό χρόνο, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία περιεχομένου συστήματος VR και τον διαδραστικό προγραμματισμό περιεχομένου⁸⁷. Στο μέλλον, η τρέχουσα πλατφόρμα παραμετροποιημένης μοντελοποίησης μπορεί να συνδεθεί με το VRaided Design, έτσι ώστε οι άνθρωποι να μπορούν να αλληλεπιδρούν με το παραμετροποιημένο εικονικό μοντέλο πιο άμεσα. Οι σχεδιαστές μπορούν να δημιουργήσουν τα επιθυμητά αντικείμενα στο εικονικό περιβάλλον με στόχο την προώθηση της ψηφιακής κατασκευής στον εικονικό κόσμο.

β. Επαυξημένη πραγματικότητα (AR) Πηγαίνοντας πέρα από τα μοναδικά εικονικά περιβάλλοντα, το AR προσφέρει εναλλακτικές εμπειρίες σε ανθρώπινους χρήστες στο φυσικό τους περιβάλλον, το οποίο επικεντρώνεται στη βελτίωση του φυσικού κόσμου. Θεωρητικά, τα εικονικά περιεχόμενα που παράγονται από υπολογιστή μπορούν να παρουσιαστούν μέσω διαφοροποιημένων καναλιών αντιληπτικής πληροφόρησης, όπως ήχου, οπτικής, όσφρησης και απτικής. Η πρώτη γενιά συστημάτων AR εξετάζει μόνο οπτικές βελτιώσεις, οι οποίες στοχεύουν στην οργάνωση και εμφάνιση ψηφιακών επικαλύψεων που υπερτίθενται πάνω από το φυσικό μας περιβάλλον. Όπως φάνηκε σε πολύ πρώιμη έρευνα, στις αρχές της δεκαετίας του 1990, μια

⁸⁵ Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda.

⁸⁶ Slater, M. and Wilbur, S. (1997) A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. Βλ. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>

⁸⁷ Chaohu L., Tian T., Hu, Xinchuang. (2021). "Exploring the Possibilities of a Virtual Reality Aided Architectural Design System", pp. 555-564.

ογκώδης διαφανής οθόνη δεν έλαβε υπόψη την κινητικότητα του χρήστη, η οποία απαιτεί από τους χρήστες να αλληλεπιδρούν με κείμενα και 2D διεπαφές με απτούς ελεγκτές σε καθιστική στάση⁸⁸. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι ψηφιακές οντότητες, ίσως από το metaverse, που επικαλύπτονται μπροστά από το φυσικό περιβάλλον του χρήστη, θα πρέπει να επιτρέπουν στους ανθρώπινους χρήστες να συγχωνεύουν τις ταυτόχρονες ενέργειες (αναλογικές με VR). Ως εκ τούτου, η εξασφάλιση απρόσκοπτης και ελαφριάς αλληλεπίδρασης χρήστη με τέτοιες ψηφιακές οντότητες στο AR είναι μία από τις βασικές προκλήσεις, γεφυρώνοντας τους ανθρώπινους χρήστες στον φυσικό κόσμο με το metaverse⁸⁹.

Ως εκ τούτου, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το metaverse, μέσω AR, θα ενσωματωθεί στο αστικό μας περιβάλλον και οι ψηφιακές οντότητες θα εμφανίζονται με απλούς και χειροπιαστούς τρόπους πάνω από πολλά φυσικά αντικείμενα σε αστικές περιοχές. Με άλλα λόγια, οι χρήστες με AR εργάζονται σε φυσικά περιβάλλοντα και ταυτόχρονα επικοινωνούν με τους εικονικούς ομολόγους τους στο μετασύμπαν. Αυτό απαιτεί σημαντικές προσπάθειες στις τεχνολογίες ανίχνευσης και παρακολούθησης για τη χαρτογράφηση του εικονικού περιεχομένου που εμφανίζεται με την αντίστοιχη θέση στο πραγματικό περιβάλλον. Το Touring Machine θεωρείται ως το πρώτο ερευνητικό πρωτότυπο που επιτρέπει στους χρήστες να βιώσουν το AR σε εξωτερικούς χώρους. Οι χρήστες με ελαφριά ακουστικά AR μπορούν να λάβουν οπτικές και ακουστικές ενδείξεις ανάδρασης που υποδεικνύουν αντικείμενα AR, αλλά άλλες αισθητηριακές διαστάσεις όπως η όσφρηση και τα απτικά εξακολουθούν να παραμελούνται. Αξίζει να σημειωθεί, ότι τα ακουστικά AR δεν είναι οι μόνες επιλογές για πρόσβαση στο περιεχόμενο από το metaverse⁹⁰. Όταν εξετάζουμε την τρέχουσα κατάσταση των εξελίξεων AR, οι επικαλύψεις AR, ακόμη και οι ψηφιακές οντότητες από το metaverse, μπορούν να παραδοθούν από διάφορες συσκευές, συμπεριλαμβανομένων, ενδεικτικά, ακουστικών AR, συσκευών με οθόνη αφής χειρός, προβολείς οροφής, και επιτραπέζιοι προβολείς, προβολείς τρισδιάστατων μοντέλων.

Πολλά παραδείγματα έχουν δείξει ότι η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να βοηθήσει τουριστικούς οργανισμούς, όπως τα μουσεία, προσεγγίζοντας ένα ευρύτερο κοινό, χρησιμεύοντας ως τεχνολογία παράδοσης προηγμένου περιεχομένου πολυμέσων. Τα συστήματα πληροφοριών επαυξημένης πραγματικότητας προσδίδουν εύκολη πρόσβαση σε πληροφορίες, βελτιώνοντας τις γνώσεις σχετικά με ένα μνημείο/έκθεμα και ενισχύουν την πολιτιστική εμπειρία.

γ. *Μικτή πραγματικότητα (MR)* Αφού αναφερθήκαμε στα δύο άκρα της Συνεχούς Πραγματικότητας–Εικονικότητας – AR και VR, επιχειρούμε να αναφερθούμε στη σχέση μεταξύ του metaverse και του MR. Δυστυχώς, δεν υπάρχει κοινά αποδεκτός ορισμός για το MR, αλλά είναι σημαντικό να υπάρχει ένας κοινός όρος που να περιγράφει την εναλλασσόμενη πραγματικότητα που βρίσκεται μεταξύ δύο άκρων του AR και του VR. Ωστόσο, οι πολύ διαφορετικοί ορισμοί μπορούν να συνοψιστούν σε έξι λειτουργικούς ορισμούς, συμπεριλαμβανομένης της «παραδοσιακής» έννοιας του MR στο μεσαίο χώρο του Συνεχούς Πραγματικότητας–Εικονικότητας, MR ως συνώνυμο των AR, MR ως τύπος συνεργασίας, MR ως συνδυασμός AR και VR, MR ως ευθυγράμμιση περιβαλλόντων, μια «ισχυρότερη» έκδοση του AR⁹¹. Η ερευνητική κοινότητα θεωρεί ότι το MR βρίσκεται μεταξύ AR και VR και επιτρέπει την αλληλεπίδραση του χρήστη με τις εικονικές οντότητες σε φυσικά περιβάλλοντα. Αξίζει να αναφέρουμε ότι τα αντικείμενα MR, που υποστηρίζονται από μια ισχυρή ικανότητα περιβαλλοντικής κατανόησης ή επίγνωσης της κατάστασης, μπορούν να συνεργαστούν με άλλα απτά αντικείμενα σε διάφορα φυσικά περιβάλλοντα. Για παράδειγμα, ένα φυσικό κατσαβίδι μπορεί να τοποθετήσει περιστροφικές ψηφιακές οντότητες βιδών με εγκοπές κεφαλές σε MR, αποδεικνύοντας ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της διαλειτουργικότητας μεταξύ ψηφιακών και

⁸⁸ Feiner K., MacIntyre B., Haupt M., Solomon E.. 1993. *Windows on the world: 2d windows for 3d augmented reality*.

⁸⁹ J. LaViola. *3D User Interfaces: Theory and Practice*.

⁹⁰ Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda.

⁹¹ Yue Y., Yang Y., Ren G., Wang W.. *Mixed reality enhancement via efficient scene editing*. pp. 427–436

φυσικών οντοτήτων. Λαμβάνοντας υπόψη ένα τέτοιο πρόσθετο χαρακτηριστικό, το MR θεωρείται ως μια ισχυρότερη έκδοση του AR σε σημαντικό αριθμό άρθρων που δημιουργούν πιο συνδεδεμένες και συνεργατικές σχέσεις μεταξύ του φυσικού χώρου, της αλληλεπίδρασης με τον χρήστη και των εικονικών οντοτήτων. Από τα προαναφερθέντα, θα μπορούσαμε να πούμε ότι το MR είναι το σημείο εκκίνησης για το μετασύμπαν και ορισμένες ιδιότητες των λειτουργικών ορισμών κοινοποιούνται συνήθως μεταξύ του μετασύμπαντος και του MR.⁹²

Θεωρούμε ότι το μετασύμπαν ξεκινά με τα ψηφιακά δίδυμα που συνδέονται με τον φυσικό κόσμο. Οι άνθρωποι-χρήστες ξεκινούν στη συνέχεια τη δημιουργία περιεχομένου στα ψηφιακά δίδυμα. Αντίστοιχα, τα ψηφιακά δημιουργημένα περιεχόμενα μπορούν να αντικατοπτρίζονται σε φυσικά περιβάλλοντα, ενώ οι ανθρώπινοι χρήστες αναμένουν τέτοια ψηφιακά αντικείμενα να συγχωνεύονται με το φυσικό περιβάλλον στο χώρο και στο χρόνο. Αν και δεν μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια πώς το μετασύμπαν θα επηρεάσει τελικά το φυσικό περιβάλλον, βλέπουμε ότι τα υπάρχοντα πρωτότυπα MR περικλείουν ορισμένους συγκεκριμένους στόχους, όπως η επιδίωξη σκηνών ρεαλισμού, η δημιουργία αίσθησης παρουσίας, η δημιουργία ενσυναίσθησης φυσικού χώρου. Αυτοί οι στόχοι, μπορούν να θεωρηθούν ως ευθυγράμμιση με το μετασύμπαν, που υποστηρίζει ότι πολλοί εικονικοί κόσμοι λειτουργούν συμπληρωματικά μεταξύ τους.

Το MR παρέχει μια εικονική επικάλυψη στον φυσικό κόσμο μαζί με αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο. Μπορούμε ακόμη και να φανταστούμε ένα μέλλον όπου ο εικονικός κόσμος θα είναι σε θέση να «επαναπρογραμματίσει» τον φυσικό κόσμο με τη χρήση ενεργοποιητών⁹³. Το VR εμφανίστηκε πρώτο επειδή μπορεί να επιτευχθεί με την απόδοση περιβαλλόντων με ελεγχόμενο τρόπο με περιορισμένη υπολογιστική ισχύ. Αυτές οι τεχνολογίες είναι ό,τι πιο κοντά έχουμε σήμερα στην υποστήριξη του στοιχείου κοινωνικής δέσμευσης του μετασύμπαντος.

δ. *Μεγάλη Οθόνη, Pico-Projector, Ολογραφία*_ Με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία, αυτή η παράγραφος στοχεύει να κάνει εικασίες για τους τρόπους επαναφοράς του μοναδικά δημιουργημένου περιεχομένου εντός των εικονικών περιβαλλόντων (τελικά μετασύνθετο) πίσω στα φυσικά αντίστοιχα. Καθώς η κοινωνική αποδοχή των κινητών ακουστικών σε δημόσιους χώρους εξακολουθεί να είναι αμφισβητήσιμη, δεν έχουμε στοιχεία ότι τα ακουστικά κινητών θα λειτουργήσουν ως το μοναδικό κανάλι για την παράδοση μετασυμπατικού περιεχομένου. Αντίθετα, άλλες ώριμες τεχνολογίες, όπως μεγάλες οθόνες και pico-projectors, μπορούν να χρησιμεύσουν ως κανάλι προβολής pixel στον πραγματικό κόσμο⁹⁴. Οι μεγάλες οθόνες και οι pico-projectors επιτρέπουν στους χρήστες χωρίς κινητά ακουστικά να βλέπουν ψηφιακές οντότητες με υψηλό βαθμό ρεαλισμού.

Η ολογραφική προβολή έχει κερδίσει έλξη τα τελευταία χρόνια. Το παραδοσιακό VR και το AR αποδίδουν έναν τρισδιάστατο κόσμο σε μια επιφάνεια 2D που βλέπει ο χρήστης. Το πιο προηγμένο στερεοσκοπικό AR προσφέρει μια εμπειρία που μοιάζει με ολογραφική. Η αληθινή ολογραφία αναδημιουργεί τρισδιάστατους κόσμους χρησιμοποιώντας διαφορές φάσης στο φως. Είναι πραγματικότητα σήμερα, ότι η δυνατότητα ολογραφικής τεχνολογίας που δίνει έμφαση στα εμπλουτισμένα μέσα επικοινωνίας που υπερβαίνουν τις 2D οθόνες και μετατρέπονται σε πραγματικές ογκομετρικές οθόνες (εμφάνιση εικόνων ή βίντεο), δεν δείχνουν καμία διαφορά από τα καθημερινά μας αντικείμενα. Η τρέχουσα ολογραφική τεχνολογία μπορεί να ταξινομηθεί σε δύο κύριους τύπους: ολόγραφο που βασίζεται σε ανάκλαση και ολόγραφο με λέιζερ. Ωστόσο, το κύριο πλεονέκτημα της ολογραφίας που βασίζεται στην ανάκλαση είναι η δημιουργία πολύχρωμων ολογραμμάτων με αναπαραγωγή χρώματος πολύ παρόμοια με αντικείμενα της πραγματικής ζωής. Από την άλλη πλευρά, το Plasma Fairies είναι ένα τρισδιάστατο εναέριο ολόγραμμα που μπορεί να ανιχνευτεί από τις επιφάνειες του δέρματος των χρηστών, αν και οι συσκευές μπορούν να παράγουν πλασματική εκπομπή μόνο σε μια περιοχή στον αέρα⁹⁵.

⁹³ Yue Y., Yang Y., Ren G., Wang W.. *Mixed reality enhancement via efficient scene editing*. pp. 427–436

⁹² ⁹⁴ Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, *All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda*.

⁹⁵ Hartmann J., Yeh Y., Vogel D.. *Augmenting a wearable augmented reality display with an actuated head-mounted projector*. pp. 445–458

Υποθέτουμε ότι εάν η ανακάλυψη της τεχνολογίας επιτρέπει σε τέτοια ογκομετρικά τρισδιάστατα αντικείμενα να εμφανίζονται παντού στον πραγματικό κόσμο, δεν θα αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι το μετασύμπαν μπορεί να συγχωνευθεί με το ζωντανό αστικό μας περιβάλλον, και να παρέχει ισχυρή αίσθηση παρουσίας.

ε. *Εκτεταμένη Πραγματικότητα και Μετασύμπαν (XR and Metaverse)*_ Το Μετασύμπαν κινείται από την έννοια στην πραγματικότητα και το VR/AR/MR είναι ένα απαραίτητο ενδιάμεσο στάδιο. Σε κάποιο βαθμό, τα εικονικά περιβάλλοντα αποτελούν το τεχνικό θεμέλιο του μετασύμπαντος. Το metaverse είναι ένας κοινός εικονικός χώρος που επιτρέπει στα άτομα να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους στο ψηφιακό περιβάλλον. Οι χρήστες υπάρχουν σε έναν τέτοιο χώρο με συγκεκριμένες εικονικές εικόνες, όπως ακριβώς ζουν σε έναν κόσμο παράλληλο με τον πραγματικό κόσμο. Τέτοιες καθηλωτικές τεχνολογίες θα διαμορφώσουν τη νέα μορφή του καθηλωτικού διαδικτύου. Το VR θα επιτρέψει στους χρήστες να αποκτήσουν μια πιο ρεαλιστική και συγκεκριμένη εμπειρία στον εικονικό δικτυωμένο κόσμο, καθιστώντας τη λειτουργία του εικονικού κόσμου πιο παρόμοια με τον πραγματικό κόσμο. Εν τω μεταξύ, το AR/MR μπορεί να μεταμορφώσει τον φυσικό κόσμο. Ως αποτέλεσμα, το μέλλον του φυσικού μας κόσμου είναι πιο στενά ενσωματωμένο με το μετασύμπαν. Περισσότερα σχεδιαστικά και τεχνικά ζητήματα θα πρέπει να αντιμετωπίζουν τα σενάρια, όταν οι ψηφιακές οντότητες έχουν μεταβεί από αποκλειστικά εικονικά (VR) σε φυσικά (MR) περιβάλλοντα. Στην ιδανική περίπτωση, το MR και το μετασύμπαν συνηγορούν στην πλήρη ενοποίηση των εικονικών οντοτήτων με τον φυσικό κόσμο. Ως εκ τούτου, οι υπερρεαλιστικές εικονικές οντότητες που συγχωνεύονται με το φυσικό μας περιβάλλον θα παρουσιάζονται παντού και οποτεδήποτε μέσω μεγάλων οθονών, ακουστικών για κινητά ή ολογραφίας. Οι χρήστες Metaverse με ψηφιακές οντότητες μπορούν να αλληλεπιδρούν και να διαλειτουργούν με αντικείμενα της πραγματικής ζωής⁹⁶. Ως εκ τούτου, το XR χρησιμεύει ως παράθυρο που επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε διάφορες τεχνολογίες και εργαλεία, όπως AI, computer vision, αισθητήρες IoT και άλλες εστιασμένες τεχνολογίες που θα αναφερθούν και παρακάτω.

Οι κινητές τεχνικές για αλληλεπίδραση με τον χρήστη, επιτρέπουν να αλληλεπιδρούν οι χρήστες με ψηφιακές επικαλύψεις μέσω της τεχνολογίας XR. Ο σχεδιασμός φορητών τεχνικών με σωματοκεντρικούς, μικροσκοπικού μεγέθους τρόπους, μπορεί να επιτύχει αόρατες διεπαφές υπολογιστών για πανταχού παρούσα αλληλεπίδραση χρήστη με εικονικά περιβάλλοντα στο μετασύμπαν. Επιπλέον, οι πολλαπλοί τρόποι ανάδρασης και ιδιαίτερα η απτική ανατροφοδότηση επιτρέπουν στους χρήστες να αντιλαμβάνονται τις εικονικές οντότητες με βελτιωμένες αισθήσεις παρουσίας και ρεαλισμού με το μετασύμπαν, καθώς και να συνεργάζονται με συσκευές IoT και ρομπότ υπηρεσιών. Η Brain-Computer Interface (BCI), τεχνολογία διεπαφής εγκεφάλου-υπολογιστή αναφέρεται στη δημιουργία ενός καναλιού άμεσου σήματος μεταξύ του ανθρώπινου εγκεφάλου και άλλων ηλεκτρονικών συσκευών, παρακάμπτοντας έτσι τη γλώσσα και τα άκρα για να αλληλεπιδράσουν με ηλεκτρονικές συσκευές. Δεδομένου ότι όλες οι ανθρώπινες αισθήσεις σχηματίζονται τελικά με τη μετάδοση σημάτων στον εγκέφαλο, εάν χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία διεπαφής εγκεφάλου-υπολογιστή, θα είναι σε θέση αρχικά να προσομοιώσει πλήρως όλες τις αισθητηριακές εμπειρίες διεγείροντας τις αντίστοιχες περιοχές του εγκεφάλου. Σε σύγκριση με τα υπάρχοντα ακουστικά VR/AR, μια διεπαφή εγκεφάλου-υπολογιστή που συνδέεται άμεσα με τον ανθρώπινο εγκεφαλικό φλοιό (π.χ. Neuralink66) είναι πιο πιθανό να γίνει η κατάλληλη συσκευή για αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών και του εικονικού κόσμου στη μελλοντική εποχή του metaverse⁹⁷.

<Edge και Cloud>

Όπως εξηγείται από το High Fidelity, το μετασύμπαν θα είναι 1.000 φορές το μέγεθος της γης σε 20 χρόνια από τώρα, υποθέτοντας ότι κάθε υπολογιστής στον πλανήτη χρειάζεται μόνο

⁹⁶ Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda.

⁹⁷ Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda.

να αποθηκεύσει και να εξυπηρετήσει και να προσομοιώσει μια πολύ μικρότερη περιοχή από ένα τυπικό βιντεοπαιχνίδι⁹⁸. Για το λόγο αυτό, η ισχυρή υπηρεσία cloud είναι απαραίτητη για τη διατήρηση ενός κοινόχρηστου χώρου για χιλιάδες ή και εκατομμύρια ταυτόχρονους χρήστες σε ένα τόσο μεγάλο μετασύμπαν.

Επιπλέον, καθώς αυξάνεται το εύρος ζώνης του Διαδικτύου και η χωρητικότητα χρήστη-συσσκευής, το μετασύμπαν θα συνεχίσει να επεκτείνεται και συνεπώς θα απαιτεί επέκταση της χωρητικότητας υπολογισμού και αποθήκευσης. Ως εκ τούτου, το cloud θα εξακολουθεί να παίζει ζωτικό ρόλο στην εποχή του μετασύμπαντος. Από την άλλη πλευρά, το edge computing μπορεί να είναι μια συμπληρωματική λύση για τη βελτίωση της επεξεργασίας δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και της αλληλεπίδρασης των τοπικών χρηστών.

Με συνεχείς, πανταχού παρούσες και καθολικές διεπαφές με πληροφορίες στον φυσικό και εικονικό κόσμο, το μετασύμπαν περιλαμβάνει το συνεχές πραγματικότητας-εικονικότητας και επιτρέπει την απρόσκοπτη εμπειρία του χρήστη ενδιάμεσα. Μέχρι σήμερα, οι πιο ελκυστικές και ευρέως διαδεδομένες διεπαφές μετασύνδεσης είναι οι κινητές συσκευές και οι φορητές συσκευές, όπως γυαλιά AR, ακουστικά και smartphone, επειδή επιτρέπουν την άνετη κινητικότητα των χρηστών. Ωστόσο, ο εντατικός υπολογισμός που απαιτείται από το metaverse είναι συνήθως πολύ βαρύν για κινητές συσκευές. Επομένως, η εκφόρτωση είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί η έγκαιρη επεξεργασία και η εμπειρία χρήστη. Η παραδοσιακή χρήση του cloud αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις, όπως λανθάνουσα εμπειρία από τον χρήστη, αλληλεπίδραση χρήστη σε πραγματικό χρόνο, συμφόρηση δικτύου και απόρρητο χρήστη.

Το Edge computing, το οποίο υπολογίζει, αποθηκεύει και μεταδίδει τα δεδομένα, φυσικά πιο κοντά στους τελικούς χρήστες και τις συσκευές τους, μπορεί να μειώσει τον λανθάνοντα χρόνο που βιώνει ο χρήστης σε σύγκριση με την εκφόρτωση cloud. Η καθυστέρηση του τελευταίου μιλίου ειδικά για χρήστες κινητών (ασύρματη σύνδεση) εξακολουθεί να είναι η κύρια λανθάνουσα κατάσταση, τόσο για δίκτυα Wi-Fi όσο και για δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, επομένως η περαιτέρω μείωση του λανθάνοντος χρόνου της υπηρεσίας αιχμής βασίζεται στη βελτίωση της μετάδοσης του τελευταίου μιλίου, για παράδειγμα 1 ms υπόσχεται το 5G, για απρόσκοπτη εμπειρία χρήστη με το metaverse⁹⁹.

Μια πρόκληση με το edge-cloud είναι πόσα πραγματικά μπορούν να μεταφορτωθούν στο edge και να παραδοθεί ένα αποδεκτό QoE στους τελικούς χρήστες, ανεξάρτητα από το αν είναι καταναλωτές που παίζουν παιχνίδια ή εταιρικοί χρήστες που παρέχουν το εξελιγμένο επόμενο προϊόν στο metaverse. Η πιο σημαντική πρόκληση, ωστόσο, είναι η διασφάλιση της διαλειτουργικότητας μεταξύ των εικονικών κόσμων. Αυτή η μετάβαση από τα σημερινά πολλαπλά συστήματα στο μετασύμπαν μοιάζει με τη μετάβαση από τα πρώιμα τοπικά δίκτυα (LAN) στο σημερινό Διαδίκτυο.

<IoT>

Η χρήση αισθητήρων στα κτίρια έχει αυξηθεί γρήγορα με το κύμα ενδιαφέροντος για το Internet of Things, βρίσκοντας κάθε είδους εφαρμογές, από την απλή παρακολούθηση των συνθηκών έως τα έξυπνα κτίρια που μαθαίνουν τις προτιμήσεις των χρηστών και προσαρμόζονται ανάλογα. Ένας από τους χώρους που βρήκαν άμεση εφαρμογή ήταν φυσικά και οι πολιτιστικοί χώροι. Ένα παράδειγμα είναι το σύστημα «SmartMuseum», στο οποίο οι επισκέπτες μπορούν να συλλέξουν πληροφορίες σχετικά με το τι εκθέτει το μουσείο και να προσαρμόσουν την επίσκεψή τους με βάση συγκεκριμένα ενδιαφέροντα. Το μουσειακό wearable είναι μια συσκευή αφήγησης, ένας οδηγός μουσείου που αξιολογεί σε πραγματικό χρόνο τις προτιμήσεις του επισκέπτη παρατηρώντας τη διαδρομή του και τη διάρκεια των στάσεων κατά μήκος του εκθεσιακού χώρου του μουσείου και επιλέγει περιεχόμενο από μια βάση δεδομένων διαθέσιμων ταινιών και ήχων¹⁰⁰.

⁹⁸ Younis A., Qiu B., Pompili D., 2020, *Latency-aware hybrid edge cloud framework for mobile augmented reality applications*. pp. 1–9.

⁹⁹ Zhang W., Han B., Hui P.. *Low latency mobile augmented reality with flexible tracking*, pp. 355–363

¹⁰⁰ Alletto S., Cucchiara R., Del Fiore G., Mainetti L. Patrono L., Serra G. 2016. *An Indoor Location-Aware System for an IoT-Based Smart Museum*.

Επιπλέον, μία από τις σημαντικότερες πρακτικές των αισθητήρων είναι η εφαρμογή τους για τη συλλογή δεδομένων στα κτίρια όπως η παρακολούθηση της ενεργειακής απόδοσης και της θερμικής απόδοσης. Στα κτίρια πολιτιστικής κληρονομιάς, υπάρχουν οι ίδιες ανησυχίες σχετικά με την ενεργειακή απόδοση και τη βιωσιμότητα, ίσως ακόμη πιο πιεστικές, δεδομένων των περιορισμών στην ανακαίνιση και τη λειτουργία, αλλά υπάρχει και το θέμα της υγείας του κτιρίου και της διατήρησης αντικειμένων που πρέπει να διατηρηθούν κατά τη διάρκεια του χρόνου. Οι αισθητήρες και άλλες λύσεις συλλογής δεδομένων, μπορούν να αποτελέσουν μια αποτελεσματική λύση σε αυτό το ζήτημα, αυτοματοποιώντας την χειροκίνητη επιθεώρηση και παρέχοντας δυνατότητες απομακρυσμένης διαχείρισης για τη διευκόλυνση της έγκαιρης παρέμβασης¹⁰¹. Επιπλέον, η άνεση του εσωτερικού χώρου έχει πολλούς παράγοντες, όπως θερμικούς, ακουστικούς και οπτικούς, και όλα μπορούν να παρακολουθούνται με αισθητήρες. Η θερμοκρασία και η υγρασία, ήταν από τις πρώτες μεταβλητές που ανιχνεύτηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για την παρακολούθηση κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς. Οι ερευνητές χρησιμοποιούν αυτά τα δεδομένα για να διαγνώσουν τον κίνδυνο μη κατάλληλων συνθηκών για τη συντήρηση των εκθεμάτων, να κάνουν προβλέψεις βιωσιμότητας, να αποτρέψουν την υπερβολική διάβρωση σε τοιχογραφίες και τέλος να σχεδιάσουν δράση μετασκευής των μουσειακών χώρων.

Καθώς αναφερθήκαμε παραπάνω στα δίκτυα και τα υβριδικά περιβάλλοντα, θα πρέπει να τονιστεί και εδώ, ότι κύριο ρόλο στη μετάβαση από τον φυσικό στον εικονικό χώρο έχουν και οι συσκευές. Πρόκειται για τις πύλες μεταξύ του φυσικού κόσμου και του μετασύμπαντος. Ως διακομιστής μεσολάβησης, αυτές οι συσκευές αισθητήρων πρέπει να μεταφράζουν πληροφορίες από τον φυσικό κόσμο στον εικονικό, αλλά και από τον εικονικό κόσμο στον φυσικό. Η πρώτη - η αίσθηση του φυσικού περιβάλλοντος - γίνεται μέσω ενός οικοσυστήματος αισθητήρων που στο σύνολό τους αποτελούν το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT). Στο πλαίσιο του μετασύμπαντος, το IoT βασίζεται σε αισθητήρες Lidar, κάμερες, συσκευές ογκομετρικής λήψης, απτικές στολές και γάντια, νευρικά βραχιολάκια ή ακόμα και συσκευές που μοιάζουν με Neuralink¹⁰².

<BIM και HBIM>

Η έννοια της μοντελοποίησης πληροφοριών κτιρίου (BIM) έχει εισαχθεί στον κατασκευαστικό κλάδο για να λύσει το πρόβλημα της ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ CAD και συστημάτων ανάλυσης. Σημαίνει τρισδιάστατο μοντέλο, είναι εργαλείο, είναι διαδικασία, είναι μέθοδος ή είναι επιχειρηματικό μοντέλο; Η τρέχουσα απάντηση είναι ότι η έννοια του BIM περιλαμβάνει λίγο από τα πάντα. Οι Barlish και Sullivan¹⁰³ όρισαν το BIM ως ένα έξυπνο τρισδιάστατο εικονικό μοντέλο κτιρίου που ψηφιοποιεί όλες τις πληροφορίες κτιρίου και κατασκευάζεται σε έξυπνη μορφή. Οι Isikdag και Underwood¹⁰⁴ όρισαν ότι το BIM είναι ένας νέος τρόπος δημιουργίας, κοινής χρήσης, ανταλλαγής και διαχείρισης πληροφοριών σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του κτιρίου. Η ιδέα του BIM αυτής της μελέτης, εξετάζεται στο πλαίσιο ενός περιβάλλοντος έξυπνου κτιρίου, το οποίο υποστηρίζει τον φυσικό, τον ψηφιακό και τον μετασυσμπάντιο χώρο.

Το BIM είναι πρωτίστως μια τρισδιάστατη ψηφιακή αναπαράσταση ενός περιβάλλοντος, μιας δομής ή ενός κτιρίου με τα εγγενή χαρακτηριστικά του. Τα εργαλεία παραμετρικού σχεδιασμού, όπως η τεχνολογία BIM, αντιλαμβάνονται τα δομικά στοιχεία ως δυναμικά συστήματα, τα οποία σχηματίζουν μια ποικιλία μορφολογικών αναπαραστάσεων που υπόκεινται σε μετασχηματισμούς. Υπό αυτή την έννοια, ολόκληρα συστήματα, όπως τα κτίρια και κατ' επέκταση οι πολιτιστικοί χώροι, αποτελούνται από πολλαπλά αλληλεπιδρώντα υποσυστήματα

¹⁰¹ Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda.

¹⁰² What is the metaverse and why does it need 5G to succeed? The metaverse 5G relationship explained βλ. <https://www.ericsson.com/en/blog/2022/4/why-metaverse-needs-5g>

¹⁰³ Barlish K., Sullivan K., *How to measure the benefits of BIM—a case study approach*, 2012, pp. 149–159

¹⁰⁴ Isikdag U., Underwood J., *Two design patterns for facilitating building information model-based synchronous collaboration*, 2010, pp. 544–553

(όπως δοκοί, κολώνες και σωλήνες) με ατελείωτες δυνατότητες για τις λειτουργικές τους σχέσεις¹⁰⁵.

Ο Gerrard¹⁰⁶ το 2010 πρόσθεσε ότι το BIM είναι επίσης μια προσέγγιση τεχνολογίας πληροφοριών που περιλαμβάνει σχέδια, ανάλυση ενεργειακής απόδοσης, συντήρηση, τεκμηρίωση, παράδοση για διαφορετικές φάσεις του κύκλου ζωής του έργου. Είναι επίσης, μια διαχειριζόμενη βάση δεδομένων πληροφοριών σε συνδυασμό με παραμετρική μοντελοποίηση βάσει αντικειμένων. Η προσέγγιση πληροφοριών BIM περιλαμβάνει γεωμετρικά και μη γεωμετρικά δεδομένα. Τα γεωμετρικά δεδομένα αναφέρονται σε δισδιάστατα σχέδια, τρισδιάστατα μοντέλα με χωρικές σχέσεις και διαστάσεις, ενώ τα μη γεωμετρικά δεδομένα περιλαμβάνουν τα δεδομένα κειμένου.

Η τεχνολογία BIM μπορεί να πραγματοποιήσει ένα τρισδιάστατο εικονικό μοντέλο της κατασκευής που πρόκειται να υλοποιηθεί ή να απεικονίσει ένα υπάρχον μοντέλο. Το ανεπτυγμένο εικονικό μοντέλο παρέχει μια ακριβή συνολική εικόνα στην εκάστοτε ομάδα του έργου (αρχιτέκτονες, μουσειολόγους, συντηρητές, χρήστες κάθε τομέα). Τα οφέλη του BIM περιλαμβάνουν βελτιωμένη απόδοση στη μετασκευή, βελτιστοποιημένη χρήση ενέργειας και μείωση των σπαταλούμενων πόρων. Επιπλέον, τα οφέλη του BIM περιλαμβάνουν την ενοποίηση με άλλα συστήματα. Πρώτον, το BIM μπορεί να ενσωματωθεί με συστήματα διαχείρισης ενέργειας για την πραγματοποίηση κοινής χρήσης ενεργειακών δεδομένων κτιρίου. Δεύτερον, η ενοποίηση του BIM και του GIS (Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών) μπορεί να παρέχει διάφορες διαχειρίσεις εφαρμογών για έξυπνα μουσεία, όπως ενοποίηση δεδομένων, ποσοτική ανάλυση και χωρική διαχείριση. Τρίτον, το BIM μπορεί να ενσωματωθεί με το BAS (σύστημα αυτοματισμού κτιρίου) για διαχείριση ενέργειας, βελτιστοποίηση και λειτουργία σχεδιασμού κτιρίου και ανίχνευση και διάγνωση σφαλμάτων. Η οπτικοποίηση είναι ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα του BIM. Η οπτικοποίηση δεν είναι απλώς ένα απλό τρισδιάστατο μοντέλο, αλλά ένα τρισδιάστατο μοντέλο με τις πληροφορίες κτιρίου για την υλοποίηση συγκεκριμένων λειτουργιών του κτιρίου. Τέλος, η συνάρτηση ανάλυσης και προσομοίωσης του BIM σε έξυπνα κτίρια αναφέρεται στις λειτουργίες BIM της προσομοίωσης και της ανάλυσης πραγματικών γεγονότων σε μοντέλα κτιρίων πριν από την έναρξη του πραγματικού έργου ή ακόμα και του εικονικού¹⁰⁷.

Είναι χρήσιμο να ληφθούν υπόψη τα διαφορετικά επίπεδα χρήσης BIM. Σε πρώτο επίπεδο, το έργο χρησιμοποιεί τρισδιάστατο λογισμικό σχεδίασης με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD) που βασίζεται σε BIM. Στο δεύτερο επίπεδο, το έργο αρχίζει να ανταλλάσσει κάποιες πληροφορίες χρησιμοποιώντας την κοινή μορφή αρχείου BIM για να βοηθήσει το έργο στη διαχείριση χρονοδιαγράμματος (4D) και στη διαχείριση κόστους (5D). Στο τρίτο επίπεδο, το BIM μπορεί να επεκταθεί περαιτέρω για να συμπεριλάβει τη διαχείριση ενέργειας (6D), τη διαχείριση εγκαταστάσεων (7D), ακόμη και τα μοντέλα διαχείρισης n-D. Για το γενικό κτίριο, το BIM είναι ακόμα στο πρώτο επίπεδο. Τα στοιχειώδη χαρακτηριστικά του BIM πρέπει να ενσωματωθούν περαιτέρω με άλλες διαστάσεις χρόνου, κόστους, ενέργειας και εγκαταστάσεων για να ανταποκριθούν στις υψηλότερες απαιτήσεις των κτιρίων του μέλλοντος¹⁰⁸.

Ένα BIM βασίζεται σε στοιχεία, δηλαδή παραμετρικά αντικείμενα που αποθηκεύονται σε βιβλιοθήκες αντικειμένων. Τα στοιχεία BIM περιέχουν γεωμετρικές πληροφορίες, που σχετίζονται με δεδομένα και κανόνες. Τα στοιχεία BIM έχουν τη δυνατότητα να συνδέουν ή να εξάγουν σύνολα χαρακτηριστικών όπως δομικά υλικά, ακουστικά δεδομένα, ενεργειακά δεδομένα, κόστος σε άλλες εφαρμογές και μοντέλα (Eastman et al., 2008). Μπορούν να οριστούν πρόσθετες παράμετροι όπως βάρος, πυκνότητα, κόστος για να δώσουν προστιθέμενη

¹⁰⁵ Ang Y., Mingzhe H., Qingcheng Z., Yuhui S., 2021, *Adopting Building Information Modeling (BIM) for the Development of Smart Buildings: A Review of Enabling Applications and Challenges*.

¹⁰⁶ Gerrard A., Zuo J., Zillante G., Skitmore M., 2010, *Building Information Modeling in the Australian Architecture Engineering and Construction Industry*

¹⁰⁷ Marzouk M., Othman A., 2020, *Planning utility infrastructure requirements for smart cities using the integration between BIM and GIS*

¹⁰⁸ Ang Y., Mingzhe H., Qingcheng Z., Yuhui S., 2021, *Adopting Building Information Modeling (BIM) for the Development of Smart Buildings: A Review of Enabling Applications and Challenges*.

αξία στο μοντέλο που χρησιμοποιείται¹⁰⁹. Αυτό αντικατοπτρίζει όταν το κτίριο κατασκευάζεται εικονικά καθώς είναι εμπλουτισμένο με πλήρως καθορισμένα, έξυπνα αντικείμενα. Αυτά τα αντικείμενα τώρα ενσωματώνουν νοημοσύνη, δηλαδή που ανήκουν, πώς συνδέονται με άλλα αντικείμενα, από τι αποτελούνται.

Στις σύγχρονες πλατφόρμες BIM, μπορούμε αναμφίβολα να δημιουργήσουμε και να διαχειριστούμε παραμετρικές γεωμετρίες, αναλύοντάς τις σε αρχέγονα σχήματα που μπορούν να συνδεθούν μέσω ιεραρχικών σχέσεων. Στην περίπτωση των αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς τα πράγματα είναι πιο περίπλοκα, καθώς τα μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς αποτελούνται κυρίως από στοιχεία και υλικά των οποίων η γεωμετρία και τα χαρακτηριστικά δεν είναι αντιπροσωπευτικά για τυπικές βιβλιοθήκες λογισμικού. Μια πιθανή λύση στο πρόβλημα της έλλειψης γεωμετρικών αρχέγονων στοιχείων στις τρέχουσες τυπικές βιβλιοθήκες λογισμικού BIM, περιλαμβάνει τη λεγόμενη προσέγγιση HBIM. Το HBIM είναι μια πρόσφατη λύση για τρισδιάστατη παραμετρική αναπαράσταση, η οποία επιτρέπει στο χρήστη να σχεδιάζει μοντέλα και να διαχειρίζεται δεδομένα σε ιστορικά αρχιτεκτονικά στοιχεία, μέσα σε ένα κοινό περιβάλλον λογισμικού (Cooperative Research Center for Construction Innovation, 2009)¹¹⁰. Συγκεκριμένα, αυτό το εργαλείο επιτρέπει τον συνδυασμό πληροφοριών περιεχομένου για κτίρια με δεδομένα που προέρχονται από τη χρήση τεχνολογιών έρευνας (σύννεφα σημείων μέσω σάρωσης με λέιζερ, τρισδιάστατα μοντέλα, ψηφιακή ορθοφωτογραφία, δεδομένα παρακολούθησης), προκειμένου να ληφθεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο με τη μορφή μιας γεωαναφορικής δομής χωρικών πληροφοριών (Pauwels, 2008).

Οι τρέχουσες πλατφόρμες BIM χωρίζονται σε τρεις, σαφώς διαφορετικές, ομάδες εργαλείων: εργαλεία σχεδιασμού τρισδιάστατων μοντέλων (3D modellers), εργαλεία μοντέλων προβολής / οπτικοποίησης (Viewers/Surface Modellers) και εργαλεία υπολογισμού ανάλυσης μοντέλων (Analysers)¹¹¹. Υπάρχουν πολλά σημαντικά λογισμικά προγραμματιστών που παρέχουν προϊόντα με λειτουργικότητα στον κόσμο του BIM, χωρισμένα σε εμπορικές πλατφόρμες και πλατφόρμες ανοιχτού κώδικα. Το πρόσθετο HBIM¹¹² είναι μια βιβλιοθήκη παραμετρικών αντικειμένων που δημιουργούνται από ιστορικά δεδομένα.

Το σημείο εκκίνησης για τη δημιουργία του HBIM είναι το σύνολο των πυκνών νεφών σημείων σάρωσης λέιζερ που αποκαλύπτουν τη γεωμετρική πολυπλοκότητα των μουσειακών χώρων. Πρόσθετες πληροφορίες, όπως υλικά, στάδια κατασκευής, στρωματογραφία πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη δημιουργία ευφών παραμετρικών αντικειμένων με σχέσεις με άλλα αντικείμενα και χαρακτηριστικά. Η διαδικασία HBIM ξεκινά με απομακρυσμένη συλλογή δεδομένων έρευνας χρησιμοποιώντας επίγεια σάρωση λέιζερ ή ψηφιακή φωτογραμμετρική μοντελοποίηση. Στην κατασκευή παραμετρικών αντικειμένων, το πρόβλημα της μορφής αρχείου και της ανταλλαγής δεδομένων έχει ξεπεραστεί με τη χρήση της Γεωμετρικής Γλώσσας Περιγραφής (GDL). Το σενάριο στο GDL επιτρέπει την κοινή χρήση και την επεξεργασία των παραμετρικών αντικειμένων σε διαφορετικά επίπεδα (Murphy, 2012). Η χρήση ιστορικών δεδομένων για την αναδημιουργία του παρελθόντος ή για την αποκατάσταση ή τη συντήρηση ιστορικών αντικειμένων και κτιρίων είναι κοινή στην ευρύτερη περιοχή διατήρησης (ICOMOS, 2011) και είναι ένας ευρύς τομέας έρευνας. (Chevrier et al, 2010, De Luca et al., 2011 Muller et al., 2006)¹¹³.

Παράδειγμα αποτελεί το Castel Masegra, ένα κάστρο που βρίσκεται στο Sondrio της Ιταλίας. Ένα λεπτομερές ιστορικό HBIM (σε Revit) προήλθε από σύννεφα σημείων σάρωσης λέιζερ (7,5 δισεκατομμύρια σημεία) με laser scanning και φωτογραμμετρικές τεχνικές. Η μοντελοποίηση

¹⁰⁹ Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K.. 2008, *BIM for the Construction Industry*.

¹¹⁰ Georgopoulos A., Oreni D., Brumana R., Cuca B., 2013, *HBIM for conservation and management of built heritage: Towards a library of vaults and wooden beam floors*.

¹¹¹ <http://www.awci.org/pdf/bim.pdf>

¹¹² Ο όρος HBIM (Historic Building Information Modelling) γεννήθηκε στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας του Δουβλίνου (Murphy, M. et al., 2009)

¹¹³ Murphy M., McGovern E., Pavia S.. 2013. *Historic Building Information Modelling - Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture*.

πληροφοριών κτιρίου πραγματοποιήθηκε με διαίρεση των διαφορετικών δομικών αντικειμένων. Καθώς στόχος είναι η δημιουργία ενός διαλειτουργικού HBIM και η κατανομή του, μεταξύ των διαφόρων χειριστών που εργάζονται στο κάστρο (μηχανικοί, αρχιτέκτονες, ιστορικοί, αρχαιολόγοι, αναστηλωτές), η έρευνα περιλάμβανε ιστορική ανάλυση, υλικά, φάσεις κατασκευής, τεχνολογικές πτυχές, στρωματογραφική ανάλυση και πληροφορίες από άλλες επιθεωρήσεις, όπως υπέρυθη θερμογραφία ή δομικές δοκιμές (Binda and Tiraboschi, 1999, Colla et al., 2008). Λήφθηκαν επομένως υπόψη χρονολογικές, υλικές και στρωματογραφικές πτυχές¹¹⁴.

Αυτό το βήμα δεν ήταν μόνο χρήσιμο για αρχιτεκτονικούς σκοπούς, αλλά και για περαιτέρω στατικές και δυναμικές προσομοιώσεις όπου η χρονική εξέλιξη του κάστρου παρέχει πρόσθετα δεδομένα σχετικά με τη λογική των κατασκευών του (Barazzetti et al., 2015). Στη συνέχεια, το μοντέλο εξήχθη και μετατράπηκε σε διάφορες μορφές για να εκμεταλλευτεί τη δυνατότητα που προσφέρουν οι διαθέσιμες φορητές εφαρμογές. Δύο διαφορετικά προϊόντα για κινητά δημιουργήθηκαν από το αρχικό HBIM. Το πρώτο είναι ένα πλήρες HBIM ενσωματωμένο με τεχνικά δεδομένα για την υποστήριξη έργων αποκατάστασης και διατήρησης. Το δεύτερο προϊόν είναι αντίθετα πιο προσανατολισμένο σε μια ευρύτερη κοινότητα χρηστών. Στοιχείει στην τόνωση μεγαλύτερου ενδιαφέροντος για ιστορικούς πόρους με απομακρυσμένες πλοηγήσεις και επιτόπου εμπιστευτικές απεικονίσεις για την προώθηση του πολιτιστικού τουρισμού.

Το BIM χρησιμοποιείται κυρίως για την έκφραση στοιχείων/αντικειμένων που συμμορφώνονται με συγκεκριμένα πρότυπα πληροφοριών, όπως Industry Foundation Classes (IFCs). Το πρότυπο IFC παρέχει μια λογική ιεραρχία δομικών στοιχείων/αντικειμένων μέσω των ορισμών διαφόρων τομέων και επιτρέπει στους επαγγελματίες να ανταλλάσσουν πληροφορίες εντός ενός καθορισμένου πεδίου όταν εκτελούν μελέτες, προσομοίωση σχεδίασης ή κατασκευής και λειτουργία. Το μοντέλο δεδομένων IFC είναι καθολικό, σχεδιασμένο για να υποστηρίξει το πλήρες φάσμα των λειτουργιών μοντελοποίησης που απαιτούνται από τον κατασκευαστικό κλάδο και επιτρέπει τη διαισθητική προβολή του περιεχομένου άλλων σε στερεοσκοπικό 3D¹¹⁵. Η ιδέα είναι να προσφέρει δομημένες δυνατότητες διαχείρισης πληροφοριών για πληροφορίες κληρονομιάς (ιστορική σημασία, μετασχηματισμός με την πάροδο του χρόνου, ερμηνεία, επιμέλεια και διατήρηση), καθώς και διαχείριση δεδομένων και αυτοματοποιημένη ανάλυση περιβαλλοντικών δεδομένων που αποκτώνται σε πραγματικό χρόνο όπως θερμοκρασία, υγρασία.

Το BIM αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται, κατασκευάζονται και λειτουργούν τα κτίρια συντονίζοντας πολυεπιστημονικές εργασίες και ενσωματώνοντας εφαρμογές κύκλου ζωής. Έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί, να επιθεωρεί και να ελέγχει τις επιδόσεις στη φάση μετά την κατασκευή με ακρίβεια δημιουργώντας ένα βιώσιμο δομημένο περιβάλλον βασισμένο στην τεχνολογία απεικόνισης nD. Η έννοια του «nD BIM» (πολλαπλών διαστάσεων μοντελοποίηση πληροφοριών κτιρίου) περιγράφει αναλυτικά τις σύνθετες ιεραρχίες των πληροφοριών κτιρίου¹¹⁶.

Η χρήση ιστορικών δεδομένων εισάγει την ευκαιρία να αναπτυχθούν λεπτομέρειες πίσω από την επιφάνεια του αντικειμένου σχετικά με τις μεθόδους κατασκευής και τη σύνθεση του υλικού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ψηφιοποίηση μουσειακών αντικειμένων με στόχο τη διάδραση αυτών με τον επισκέπτη αλλά και τη δημιουργία χώρων για τη στέγαση αυτών. Δύναται δηλαδή, η μελέτη με νέες δομές στο περιβάλλον, η δυνατότητα έρευνας διαφορετικών χρονικών περιόδων, η εκτίμηση της δομής χρησιμοποιώντας εικόνες για την κατανόηση της υφής, της μάζας και της μορφής.

¹¹⁴ Barazzetti L., Banfi F., Brumana R., Oreni D., Previtali M., Roncoroni F., 2015. *HBIM and augmented information: towards a wider user community of image and range-based reconstructions*.

¹¹⁵ Chang K., Dzen R., Wu Yi. 2018. *An Automated IoT Visualization BIM Platform for Decision Support in Facilities Management*.

¹¹⁶ GhaffarianHoseini A., Zhang T., Nwaidigo O., Naismith N., Tookey J., Raahemifar K., 2017, *Application of nD BIM Integrated Knowledge-based Building Management System (BIM-IKBMS) for inspecting post-construction energy efficiency*, pp. 935-940

Ενώ στην εικονική ανακατασκευή καθεμία από αυτές τις επιλογές ενσωματώνεται στο τελικό μοντέλο, στο BIM το τελικό αποτέλεσμα είναι το αποτέλεσμα μιας πιο σύνθετης προσέγγισης που δεν περιορίζεται στην απλή ανακατασκευή των γραμμών και των όγκων. Το BIM παρέχει πλήρη γνώση όλων των τεχνικών πτυχών του εκθέματος. Επιπλέον, χάρη στις γεωγραφικές συντεταγμένες είναι δυνατή η τοποθέτηση του εκθέματος σε ένα προσομοιωμένο τοπίο. Το μοντέλο μπορεί να περιστραφεί για να ελεγχθεί ο σωστός φωτισμός όλων των πλευρών του ώστε να βελτιωθεί η απόδοση του οικοδομικού υλικού σύμφωνα με την πραγματική θέση του εκθέματος σε σχέση με τον ήλιο. Ως εκ τούτου, οι σχεδιαστές μπορούν να ορίσουν ρητά τις σχέσεις και τις εξαρτήσεις μεταξύ των λεξιλογίων μέσω ενός πλαισίου επιπέδων αναφοράς και γραμμών αναφοράς, παραμέτρων και περιορισμών. Το αποτέλεσμα είναι ένα εννοιολογικό παραμετρικό διάγραμμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση εναλλακτικών σχεδιαστικών σε εννοιολογικό επίπεδο. Ο Ambrose (2009) υποστήριξε ότι το BIM πρέπει να γίνει κατανοητό ως τρόπος σκέψης¹¹⁷.

Υποστηρίζεται ότι το BIM θα πρέπει να αναλυθεί ως ένα πολυδιάστατο, ιστορικά εξελισσόμενο και πολύπλοκο φαινόμενο. Το BIM μπορεί να οριστεί κυρίως ως ψηφιακή αναπαράσταση μιας κατασκευής, ως αντικειμενοστρεφές τρισδιάστατο μοντέλο ή/και ως αποθήκη πληροφοριών έργου για τη διευκόλυνση της ανταλλαγής πληροφοριών με τη διαλειτουργικότητα και τις σχετικές εφαρμογές λογισμικού. Το BIM είναι ένα σύστημα διαχείρισης πληροφοριών για μια δομή που θα κατασκευαστεί, που εκτείνεται από την αρχική διαδικασία σχεδιασμού έως τη φάση κατασκευής, καθώς και τη συνέχισή της μετά την υλοποίηση και ακόμη και την εισαγωγή της σε ένα μετασυστημικό περιβάλλον.

Ο Azhar είπε ότι το BIM δεν είναι απλώς ένα λογισμικό, είναι μια διαδικασία ταυτόχρονα. Σύμφωνα με τη δήλωσή του, το BIM είναι κάτι περισσότερο από έξυπνα μοντέλα τριών διαστάσεων¹¹⁸. Σε αυτή την εργασία το BIM γίνεται το μέσο για τη μετάβαση του πολιτιστικού χώρου από το φυσικό χώρο στο χώρο του Metaverse κανοντάς τον έναν «χώρο σε εξέλιξη».

<BLOCKCHAIN>

Η τεχνολογία Blockchain (BCT) είναι μια αναπτυσσόμενη ψηφιακή τεχνολογία, γνωστή ως μορφή Τεχνολογίας Κατανεμημένης Λογιστικής (DLT), για την παροχή ενός ασφαλούς και εύκολα επαληθεύσιμου συστήματος λογιστικού συναλλαγών για αποθήκευση και εκτέλεση προγραμμάτων. Το BCT είναι ένα αποκεντρωμένο καθολικό που καταγράφει κάθε συναλλαγή που πραγματοποιείται στο δίκτυο, γνωστό ως «μπλοκ», το σώμα του οποίου αποτελείται από κρυπτογραφημένα δεδομένα ολόκληρου του ιστορικού συναλλαγών¹¹⁹. Το BCT εισήχθη ως ο μηχανισμός λειτουργίας που αποτελεί τη λειτουργική βάση του Bitcoin, του πρώτου ψηφιακού κρυπτονομίσματος. Η εισαγωγή της αποκεντρωμένης τεχνολογίας ανταλλαγής δεδομένων σε οποιονδήποτε κλάδο θα απαιτούσε ενισχυμένη ασφάλεια, επιβολή λογοδοσίας και θα μπορούσε ενδεχομένως να επιταχύνει τη μετατόπιση της δυναμικής ροής εργασίας από τις τρέχουσες κεντρικές αρχιτεκτονικές σε μια αποκεντρωμένη, συνεργατική αλυσίδα διοίκησης και να επηρεάσει μια πολιτισμική και κοινωνική αλλαγή ενθαρρύνοντας την εμπιστοσύνη και τη διαφάνεια. Το BCT στοχεύει στη δημιουργία ενός συστήματος που θα προσφέρει μια ισχυρή αυτορυθμιζόμενη, με αυτοέλεγχο και ανθεκτική στον κυβερνοχώρο λειτουργία δεδομένων συναλλαγών, διασφαλίζοντας τη διευκόλυνση και την προστασία ενός πραγματικά αποτελεσματικού συστήματος ανταλλαγής δεδομένων¹²⁰. Με την παράλληλη τεχνολογική πρόοδο στα γεωχωρικά δεδομένα και το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS), εικονικά

¹¹⁷ Al-Assaf N., Clayton M., 2021, *The Use of Diagrammatic Reasoning to Aid Conceptual Design in Building Information Modeling (BIM)*.

¹¹⁸ Namli E., Isikdag U., Kocakaya M., 2019. *Building Information Management (BIM), A New Approach to Project Management*. pp. 323-332.

¹¹⁹ Sigalov K., Ye X., König M., Hagedorn P., Blum F., Severin B., Hettmer M., Hückinghaus P., Wölkerling J., 2021, *Automated Payment and Contract Management in the Construction Industry by Integrating Building Information Modeling and Blockchain-Based Smart Contracts*.

¹²⁰ Nawari N., Ravindran S., 2019, *Blockchain and Building Information Modeling (BIM): Review and Applications in Post-Disaster Recovery*.

κτίρια στο Metaverse θα μπορούσαν να λειτουργήσουν με τη χρήση ενός ολοκληρωμένου συστήματος μοντελοποίησης πληροφοριών κτιρίου (BIM) και BCT.

Ο συνδυασμός πληροφοριών και υποδομής θέτει τα θεμέλια για την έξυπνη διαχείριση κτιρίων και ευρύτερα των πόλεων. Ως καταναλωμένο καθολικό, το blockchain μπορεί να αποθηκεύσει με ασφάλεια δεδομένα και πληροφορίες στην αλυσίδα. Από μια βιώσιμη προοπτική, τα κτίρια καταναλώνουν τεράστια ενέργεια σε όλο τον κόσμο. Για τη διαχείριση ενέργειας, μπορεί να μειώσει τη σπατάλη ενέργειας αναπτύσσοντας έξυπνα δίκτυα και ρυθμίζοντας την παραγωγή ενέργειας κατά παραγγελία. Η διαφάνεια, η δυνατότητα ελέγχου, η λογοδοσία και η αντίσταση σε παραβιάσεις είναι ιδιαίτερα επιθυμητά χαρακτηριστικά στα έργα BIM και η αυξημένη υιοθέτηση του BIM στην αγορά σημαίνει ότι μια πιο ρευστή ανταλλαγή δεδομένων έχει σημαντικές οικονομικές δυνατότητες. Οι υλοποιήσεις blockchain χρησιμοποιούν αλγόριθμους συναίνεσης για να διασφαλίσουν ότι όλα τα μέρη συμφωνούν με τα δεδομένα προτού προστεθούν στο καθολικό. Ειδικότερα, τα blockchain χρησιμοποιούν αποκέντρωση: ένα δίκτυο blockchain δεν διοικείται από "κύριο" μέρος και τα δεδομένα δεν μπορούν να αντικατασταθούν/διαγραφούν από έναν "διαχειριστή"¹²¹.

Το BIM προσφέρει έναν ποικίλο πολυλειτουργικό χώρο εργασίας που αντιμετωπίζει τη διαχείριση περιουσιακών στοιχείων, την παρακολούθηση της απόδοσης και τη διαχείριση αλλαγών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός κτιρίου. Για να διευκολύνει τη συνεχή συνεργασία μεταξύ όλων των μερών, το BIM χρησιμοποιεί το Common Data Environment (CDE), το οποίο παρέχει ένα ενιαίο χώρο αποθήκευσης για πληροφορίες έργου. Αυτό το αποθετήριο χρησιμοποιείται για τη συλλογή, διαχείριση και διανομή δεδομένων για διεπιστημονικές ομάδες¹²². Ως εκ τούτου, είναι ζωτικής σημασίας η παροχή κατάλληλης διακυβέρνησης και επιμέλειας για την αντιμετώπιση της διαχείρισης πληροφοριών και τη διατήρηση της ασφάλειας, της ποιότητας και της ακεραιότητας των δεδομένων. Δεδομένου ότι το BIM περιλαμβάνει σύνθετες αλληλεπιδράσεις που περιλαμβάνουν συνεργατικές δράσεις και ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ παραγόντων, τεχνολογίας και διαδικασιών, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι επιπτώσεις στον κυβερνοχώρο, να αξιολογηθούν τα τρέχοντα επίπεδα αξιοπιστίας, να αντιμετωπιστούν τα τρέχοντα μειονεκτήματα και να ενισχυθεί η ασφάλεια. Το Blockchain μπορεί να αποθηκεύσει όλα τα απαραίτητα δεδομένα που σχετίζονται με τα περιουσιακά στοιχεία, παρέχοντας έναν καλύτερο κύκλο ζωής περιουσιακών στοιχείων. Επιπλέον, τα δεδομένα BIM και blockchain μεταδίδονται ηλεκτρονικά, αλλά το σύνθετο πλαίσιο συνεργασίας του BIM δεν μπορεί να επιτύχει πλήρη προστασία ασφαλείας. Ωστόσο, το blockchain μπορεί να αποθηκεύσει με ασφάλεια δεδομένα αισθητήρων ευαίσθητα στο απόρρητο. Ως εκ τούτου, η ενοποίηση του blockchain και του BIM μπορεί να λύσει τα εμπόδια της ανάπτυξης του BIM. Αυτή λοιπόν η συνεργασία του BIM με το Blockchain θα μπορούσε να συμβάλει και στην ανάπτυξη χώρων στο μετασύμπαν που να αποτελούν νέα οικονομικά μοντέλα τα οποία να τα διαχειρίζεται ο φυσικός χώρος.

Ενώ αρχικά αναπτύχθηκε αποκλειστικά για χρηματοοικονομικές συναλλαγές με στόχο τη δημιουργία ενός συστήματος που επιτρέπει την ασφαλή μεταφορά δεδομένων μεταξύ δύο μερών χωρίς την απαίτηση μεσάζοντα, η τεράστια δυνατότητα ανατροπής του blockchain έγινε αργότερα εμφανής με την εκθετικά αυξανόμενη ανάπτυξη διαφόρων κρυπτονομισμάτων τα τελευταία χρόνια. Δίνοντας έμφαση στην εμπιστοσύνη και τη συνεργασία μεταξύ των συμμετεχόντων, αναδιοργανώνει ριζικά τις υπάρχουσες διαδρομές ροής εργασίας σε οποιονδήποτε οργανισμό στον οποίο εφαρμόζεται¹²³.

Δεδομένης της πολυεπιστημονικής φύσης ενός έργου BIM, με ομάδες που μπορεί να ανήκουν σε διαφορετικούς οργανισμούς, και με διαφορετικά επίπεδα λειτουργιών και προνομίων, ένα επιτρεπόμενο blockchain είναι το καταλληλότερο BCT για ένα συνεργατικό περιβάλλον BIM. Το Hyperledger Fabric (HLF), βασίζεται σε μια επιτρεπόμενη αλυσίδα μπλοκ.

¹²¹ Liu Z., Chi Z., Osmani M., Demian P., 2021, *Blockchain and Building Information Management (BIM) for Sustainable Building Development within the Context of Smart Cities*.

¹²², ¹²³ Nawari N., Ravindran S., 2019, *Blockchain and Building Information Modeling (BIM): Review and Applications in Post-Disaster Recovery*.

Ένα επιτρεπόμενο blockchain παρέχει έναν τρόπο προστασίας των ανταλλαγών δεδομένων μεταξύ μελών οντοτήτων που μοιράζονται έναν κοινό στόχο αλλά έχουν πνευματικές ιδιότητες που πρέπει να προστατεύουν κατά την ανταλλαγή πληροφοριών. Το HLF βασίζεται σε αρθρωτές και επεκτάσιμες αρχιτεκτονικές. Το Hyperledger Fabric είναι μια πλατφόρμα για τη δημιουργία καταμεμημένων συστημάτων blockchain καθολικού, που υποστηρίζεται από αρθρωτό σχεδιασμό, προσφέροντας ένα ελαστικό και επεκτάσιμο ψηφιακό πλαίσιο που προσφέρει υψηλά επίπεδα εμπιστευτικότητας και επεκτασιμότητας. Το Hyperledger Fabric έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει συνδεδεμένες υλοποιήσεις διαφορετικών εξαρτημάτων και να φιλοξενεί την πολυπλοκότητα και τις λεπτομέρειες που υπάρχουν σε όλο το οικονομικό οικοσύστημα. Το blockchain Hyperledger στοχεύει να είναι ένα DLT γενικού σκοπού, εταιρικής ποιότητας, ανοιχτού κώδικα που διαθέτει διαχείριση αδειών, δυνατότητα σύνδεσης, ενισχυμένη εμπιστευτικότητα και μηχανισμό συναίνεσης και αναπτύσσεται μέσω μιας συλλογικής προσπάθειας. Ειδικά για τις διεθνείς ανταλλαγές μεταξύ συμμετεχόντων από πολλαπλές δικαιοδοσίες, ένα παγκόσμιο επίπεδο διακανονισμού για συμβάσεις που μπορεί να καθοριστεί εκ των προτέρων μπορεί να αυξήσει τον βαθμό αυτοματοποίησης¹²⁴.

Το Blockchain προβλέπεται να είναι μια τεχνολογία που θα μπορούσε να έχει μια εξαιρετικά θετική δύναμη αλλαγής στον κλάδο της αρχιτεκτονικής, της μηχανικής και των κατασκευών (AEC) και να είναι αναπόσπαστο κομμάτι της δημιουργίας του κόσμου στο metaverse.

<Digital Twin (DT)>

Ο Kritzinger παρατήρησε ότι ορισμένα λεγόμενα έργα DT δεν ανταποκρίνονται πλήρως στον κύριο ορισμό του DT και πρότειναν τρεις κύριες υποκατηγορίες. Το πρώτο είναι το ψηφιακό μοντέλο ή DM (digital model), πολύ παρόμοιο με ένα BIM όταν χρησιμοποιείται στον κατασκευαστικό κλάδο, που αντιστοιχεί σε μια ψηφιακή αναπαράσταση χωρίς αυτόματη μεταφορά δεδομένων¹²⁵. Καθόρισαν επίσης το Digital Shadow ή DS, όπου τα δεδομένα αποστέλλονται αυτόματα σε πραγματικό χρόνο μόνο από το φυσικό στο ψηφιακό στοιχείο. Αυτές οι διαφορετικές παρατηρήσεις, επιτρέπουν να ορίσουμε τον ορισμό για το τι θα πρέπει να είναι ένα DT. Το Digital Twin είναι μια αναπαράσταση πολλαπλής κλίμακας ενός συνόλου που αποτελείται από ένα δυναμικό ή υπάρχον σύστημα (φυσικό προϊόν, χρήσης και δραστηριότητα) στο πραγματικό περιβάλλον. Η εικονική του αντανάκλαση στον ψηφιακό χώρο και οι διαδικασίες αυτοματοποιημένης ανταλλαγής δεδομένων και πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο, με χρήση αλγορίθμων προσομοίωσης και ιστορικών δεδομένων που συλλέγονται από έξυπνους αισθητήρες, στοχεύουν στην πρόβλεψη της μελλοντικής κατάστασης του συστήματος ή της απόκρισής του σε μια δεδομένη κατάσταση. Ένα Digital Twin μπορεί επίσης να περιλαμβάνει τα Digital Twins των υποσυστημάτων του¹²⁶.

Μία από τις βασικές εφαρμογές που επισημαίνεται με τη χρήση του DT αφορά την παρακολούθηση του κτιρίου και του εξοπλισμού του. Χάρη στην κεντρική βάση δεδομένων που παρέχεται από το DT, τα διάφορα ενδιαφερόμενα μέρη αποκτούν πρόσβαση σε δεδομένα που σχετίζονται με τον εξοπλισμό που θέλουν να παρακολουθήσουν. Για παράδειγμα, μπορεί να δημιουργηθεί μια συγκεκριμένη πλατφόρμα που να επιτρέπει να απεικονιστεί σε πραγματικό χρόνο τόσο η κατάσταση όλου του εξοπλισμού ενός μουσείου όσο και η κατάληψη των διαφορετικών εκθεσιακών δωματίων του. Η προδιαγραφή των δεδομένων που απαιτούνται για την αποτελεσματική αξιολόγηση του συστήματος μπορεί να πραγματοποιηθεί από τους διαφορετικούς φορείς του έργου χρησιμοποιώντας το κεντρικό DT. Επιτρέπει τη συνεργασία, καθώς όλοι οι φορείς μπορούν να συνεισφέρουν τη δική τους τεχνογνωσία στα δεδομένα που

¹²⁴ Nawari N., Ravindran S., 2019, *Blockchain and Building Information Modeling (BIM): Review and Applications in Post-Disaster Recovery*.

¹²⁵ Kritzinger W., Karner M., Traar G., Henjes J., Sihn W., *Digital Twin in Manufacturing: A Categorical Literature Review and Classification*. pp. 1016–1022

¹²⁶ Kritzinger W., Karner M., Traar G., Henjes J., Sihn W., *Digital Twin in Manufacturing: A Categorical Literature Review and Classification*. pp. 1016–1022

χρειάζονται για την αποτελεσματική παρακολούθηση του κτιρίου, που μαζί με τη χρήση έξυπνων αισθητήρων μπορεί να γίνει ανίχνευση πιθανής φθοράς του¹²⁷.

Ένα DT που βασίζεται σε BIM περιέχει τα τρισδιάστατα μοντέλα του διαφορετικού εξοπλισμού ενός μουσείου. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία καθηλωτικών περιβαλλόντων για συνεργασία μεταξύ διαφορετικών απομακρυσμένων χρηστών. Επιτρέπει επίσης τον καθορισμό συγκεκριμένων περιοχών κοντά στον εξοπλισμό, έτσι ώστε όταν ο χειριστής που χρησιμοποιεί τη συσκευή AR ή τη συσκευή MR πλησιάσει τον εξοπλισμό, να εμφανίζονται οι επαυξήσεις. Αυτό το σύστημα θεωρείται «διαισθητικό» από τους χρήστες του λόγω της προσομοίωσης φυσικής αλληλεπίδρασης που επιτρέπει το εμπυθιστικό περιβάλλον (drag-and-drop και κλικ σε ένα αντικείμενο)¹²⁸. Με τη χρήση μιας συσκευής AR ή MR, ο χειριστής μπορεί να δει αυτά τα τρισδιάστατα μοντέλα να επικαλύπτουν το φυσικό τους αντίστοιχο.

Ένα σύστημα τόσο περίπλοκο όσο ένα DT χρειάζεται διαισθητικές και φιλικές προς το χρήστη αλληλεπιδράσεις. Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι αλληλεπίδρασης είναι μέσω της χρήσης τυπικών εισόδων, όπως οθόνη αφής και εικονικό πληκτρολόγιο για HHD, εικονικά κουμπιά για HMD και έξυπνα γυαλιά. Ωστόσο, μέσω της χρήσης μιας ενσωματωμένης κάμερας και συγκεκριμένων αισθητήρων, το HMD μπορεί να προσφέρει φυσικές μεθόδους αλληλεπίδρασης στον χρήστη. Χρησιμοποιώντας αλγόριθμους αναγνώρισης εικόνας και ενσωματωμένο μικρόφωνο, ο χρήστης μπορεί να πραγματοποιήσει αναγνώριση χειρονομιών και φωνής για να παρέχει φυσική αλληλεπίδραση με την εικονική διεπαφή. Για να εντοπιστεί ο χρήστης στο πραγματικό περιβάλλον, σε σύγκριση με τον στοχευμένο εξοπλισμό, μπορεί να γίνει χρήση του ενσωματωμένου GPS (Global Positioning System) των συσκευών. Η τοποθεσία που παρέχει μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για να φιλτράρει τις πληροφορίες που θα εμφανιστούν, ανάλογα με την απόσταση μεταξύ αυτού και του εξοπλισμού ή του δωματίου στο οποίο βρίσκεται¹²⁹.

Επιπλέον, οι επόπτες, οι συντηρητές και τα διάφορα μέλη του πολιτιστικού χώρου είναι σε θέση να παρακολουθούν τον διάφορο εξοπλισμό του συστήματος και να παρέχουν τη δική τους ανατροφοδότηση σχετικά με αυτό. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν στη συνέχεια να προστεθούν στον σχετικό εξοπλισμό του και τελικά να χρησιμοποιηθούν για σκοπούς πρόβλεψης ή επιθεώρησης. Χρησιμοποιώντας συσκευές AR ή MR, ένας εξ αποστάσεως ειδικός μπορεί να χρησιμοποιήσει μια κοινόχρηστη ροή βίντεο για να λάβει πληροφορίες σχετικά με την εκτελούμενη διαδικασία. Στη συνέχεια, μέσω της χρήσης ενός ψηφιακού avatar και μιας γραφικής αναπαράστασης της κατεύθυνσης του βλέμματος, ο εξ αποστάσεως ειδικός μπορεί να προσομοιώσει την παρουσία του/της στον επιτόπιο χειριστή και έτσι να μοιραστεί πιο ακριβείς πληροφορίες. Αυτή η συνεργασία προάγει την αίσθηση τηλεπαρουσίας του εξ αποστάσεως χρήστη.

<Οπτικοποίηση Δεδομένων>

Ένα από τα πρώτα χαρακτηριστικά των συσκευών που προαναφέρθηκαν, είναι η ικανότητά τους να επικαλύπτουν πληροφορίες στον επισκέπτη μπροστά από το περιβάλλον του. Αυτά τα οπτικοποιημένα δεδομένα μπορούν να ονομαστούν επαυξήσεις, επειδή παρέχουν βαθύτερες πληροφορίες στον χρήστη σχετικά με την εκτελούμενη λειτουργία. Τα δεδομένα που εμφανίζονται μπορούν είτε να είναι στατικά είτε να συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο από το σύστημα, όπως τεχνική τεκμηρίωση ενός εξοπλισμού, χρονοσειρές δεδομένων που συλλέγονται από έξυπνους αισθητήρες, οδηγίες για τις διαδικασίες συντήρησης εκθεμάτων ή χώρων πληροφορίες ιστορικές, αρχιτεκτονικές των εκθεμάτων.

Η οπτικοποίηση δεδομένων επιτρέπει την ανάλυση και παρουσίαση ετερογενών δεδομένων σε αφηρημένη μορφή χρησιμοποιώντας γραφικά υπολογιστή και διαδραστικές τεχνολογίες.

^{127, 128} Coupry C., Noblecourt S., Richard P., Baudry D., Bigaud D., 2021, *BIM-Based Digital Twin and XR Devices to Improve Maintenance Procedures in Smart Buildings: A Literature Review*.

¹²⁹ Prajapat N., Tiwari A., Tiwari D., Turner C., Hutabarat W. *A Framework for Next Generation Interactive and Immersive DES Models*. pp. 671–676.

Χάρη στην προσομοίωση αρχιτεκτονικής του BIM σε εικονικό περιβάλλον, την ψηφιακή μοντελοποίηση, την ακριβή συμπερίληψη γεωμετρικών σχημάτων και σχετικών δεδομένων και την υποστήριξη δραστηριοτήτων σχεδιασμού, προμήθειας, παραγωγής και κατασκευής, αυτή η τεχνολογία έχει γίνει το επίκεντρο μεγάλης προσοχής στον τομέα του πολιτισμού¹³⁰.

Ο Brian Hopkins, διευθυντής εφαρμοσμένων υπολογιστών της Ennead Architects, περιγράφει το αναδυόμενο πεδίο της καθηλωτικής ανάλυσης, μια διεπιστημονική πρωτοβουλία που επιδιώκει να οδηγήσει την οπτικοποίηση δεδομένων στο επόμενο επίπεδο. Για την αρχιτεκτονική, τα καθηλωτικά αναλυτικά στοιχεία φαίνονται φυσικός συνεργάτης καθώς, κάθε μοντέλο κάθε κτιρίου περιέχει ήδη πολλά σύνθετα σύνολα δεδομένων που περιμένουν να εμφανιστούν. Σύμφωνα με τα λόγια του Hopkins, «Κάνει το ποσοτικοποιήσιμο ποιοτικό. Αρχίζουμε να περιγράφουμε το φως με τρόπους που είναι στην πραγματικότητα πιο κοντά στη μεταφορά παρά στην ανάλυση δεδομένων. Εξανθρωπίζουμε τα δεδομένα¹³¹».

<Computer Vision>

Η όραση του υπολογιστή παίζει σημαντικό ρόλο στις εφαρμογές XR και θέτει τα θεμέλια για την επίτευξη του μετασύμπαντος. Τα περισσότερα συστήματα XR καταγράφουν οπτικές πληροφορίες μέσω οπτικής προβολής ή προβολής βίντεο. Αυτές οι πληροφορίες υποβάλλονται σε επεξεργασία και τα αποτελέσματα παραδίδονται μέσω μιας συσκευής που τοποθετείται στο κεφάλι ή ενός smartphone, αντίστοιχα¹³². Με τη μόχλευση τέτοιων οπτικών πληροφοριών, η όραση υπολογιστή διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στην επεξεργασία, ανάλυση και κατανόηση των οπτικών ως ψηφιακών εικόνων ή βίντεο για τη λήψη σημαντικών αποφάσεων και τη λήψη μέτρων.

Η όραση υπολογιστή επιτρέπει στις υπολογιστικές συσκευές να κατανοούν τις οπτικές πληροφορίες των δραστηριοτήτων του χρήστη και του περιβάλλοντός του. Για να δημιουργηθεί ένας αξιόπιστος και ακριβής τρισδιάστατος εικονικός κόσμος στο μετασύμπαν, οι αλγόριθμοι όρασης υπολογιστών πρέπει να αντιμετωπίσουν τις ακόλουθες προκλήσεις. Πρώτον, στο μετασύμπαν, ένα σύστημα αλληλεπίδρασης πρέπει να κατανοεί πιο πολύπλοκα περιβάλλοντα, ιδίως την εντοπίωση εικονικών αντικειμένων και φυσικού κόσμου. Ως εκ τούτου, αναμένονται πιο ακριβείς και υπολογιστικά αποτελεσματικοί αλγόριθμοι κατανόησης χώρου και σκηνής που θα χρησιμοποιηθούν σύντομα σε αυτό. Επιπλέον, απαιτούνται πιο αποτελεσματικοί αλγόριθμοι παρακολούθησης σώματος και στάσεων, καθώς το μετασύμπαν είναι κλειστό και συνδέεται με τον φυσικό κόσμο και τους ανθρώπους. Τέλος, στο μετασύμπαν η διόρθωση χρώματος, η αποκατάσταση υψής, η εκτίμηση θαμπώματος και η υπερ-ανάλυση διαδραματίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στη διασφάλιση ενός ρεαλιστικού τρισδιάστατου περιβάλλοντος και της σωστής αλληλεπίδρασης με ανθρώπινα είδωλα¹³³.

<Τεχνητή νοημοσύνη>

Μπαίνοντας στην εποχή του Web 3.0, κυριαρχούν τα ψηφιακά αγαθά μερικά από τα οποία είναι τα κρυπτονομίσματα, NFTs, Tokens, Αποκεντρωμένα δίκτυα, Metaverse. Συνδεδεικός κρίκος όλων αυτών των τάσεων είναι η Τεχνητή Νοημοσύνη, το ηλεκτρικό ρεύμα της νέας εποχής. Για να τεθούν σε λειτουργία όλα αυτά τα περίπλοκα και απαιτητικά συστήματα, χρειάζονται ισχυρότατοι υπολογιστές και υπολογιστικές διαδικασίες. Η υποδομή του metaverse

¹³⁰ Coupry C., Noblecourt S., Richard P., Baudry D., Bigaud D., 2021, *BIM-Based Digital Twin and XR Devices to Improve Maintenance Procedures in Smart Buildings: A Literature Review*.

¹³¹ Vanessa Quirk, *Disrupting Reality: How VR Is Changing Architecture's Present and Future* <https://metropolismag.com/projects/disrupting-reality-how-vr-is-changing-architecture-present-future/>

¹³² Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, *All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda*.

¹³³ Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, *All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda*.

είναι τεχνητές νοημοσύνες, οι οποίες ζωντανεύουν και συντηρούν τα δίκτυα και τον ίδιο τον ψηφιακό τους κόσμο¹³⁴.

Η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης, ειδικά η βαθιά μάθηση, κάνει μεγάλη πρόοδο στο μετασύμπαν και επιτυγχάνει υψηλότερη απόδοση από τις συμβατικές προσεγγίσεις. Ωστόσο, λείπει η εφαρμογή τεχνητής νοημοσύνης για τη διευκόλυνση της λειτουργίας των χρηστών και τη βελτίωση της εμπειρίας εμπάπτισης. Τα υπάρχοντα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης είναι συνήθως πολύ βαθιά και απαιτούν τεράστιες υπολογιστικές δυνατότητες, όπως προαναφέραμε, κάτι που δεν είναι φιλικό για κινητές συσκευές με περιορισμένους πόρους. Ως εκ τούτου, ο σχεδιασμός ελαφριών αλλά αποτελεσματικών μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης είναι απαραίτητος.

<Avatar>

Το 2003 είναι μια καταλυτική χρονιά για το διαδίκτυο. Έχει μόλις προηγηθεί η έκρηξη του διαδικτύου και εμφανίζονται τα blogs, τα οποία ανανεώνουν το ενδιαφέρον του κόσμου για το διαδίκτυο. Ακριβώς τότε μπαίνουν τα θεμέλια της δεύτερης φάσης του διαδικτύου, το οποίο ονομάζεται Web 2.0, και εξακολουθεί να μεσουρανεί έως σήμερα με τη μορφή των social media. Την ίδια εποχή παρουσιάζεται το διαδικτυακό παιχνίδι The Second Life, το οποίο σταδιακά έχει μεγάλη επιτυχία. Ο χρήστης φτιάχνει λογαριασμό, δημιουργεί μια ψηφιακή περσόνα, ένα άβαταρ, και ξεκινά να περιηγείται, κάνοντας συναλλαγές με το «τοπικό» νόμισμα στον τρισδιάστατο (3D) κόσμο του παιχνιδιού. Έκτοτε, η λέξη «άβαταρ» γίνεται τίτλος ταινίας και συνοδός όλων των χρηστών του διαδικτύου¹³⁵. Όπως φροντίζει κάποιος την εμφάνιση και τη συμπεριφορά του στον «κανονικό» κόσμο, έτσι και στο μετασύμπαν το άβαταρ είναι η έκφραση του εαυτού του, η νέα ψηφιακή του ταυτότητα. Όταν και αν οικοδομηθεί το όραμα του Ζάκερμπεργκ, θα μπορεί ο καθένας να πηγαίνει στη δουλειά του με το άβατάρ του¹³⁶.

Τα Avatar εμφανίζονται σε ένα ευρύ φάσμα ψηφιακών κόσμων. Τα παιχνίδια VR, όπως το VR Chat, επιτρέπουν στους χρήστες να σαρώνουν τη φυσική τους εμφάνιση και στη συνέχεια να επιλέγουν τα εικονικά τους ρούχα, για να μιμούνται τις πραγματικές εμφανίσεις των χρηστών. Στον τομέα της επιστήμης και της τεχνολογίας των υπολογιστών, τα avatars υποδηλώνουν την ψηφιακή αναπαράσταση των χρηστών σε εικονικούς χώρους, και άλλων φυσικών ενσωματωμένων παραγόντων, όπως κοινωνικών ρομπότ. Ωστόσο, αξίζει να επισημανθεί, ότι τα ρομπότ κοινωνικής δικτύωσης θα μπορούσαν να είναι ένα πιθανό κανάλι επικοινωνίας μεταξύ ανθρώπινων χρηστών και εικονικών οντοτήτων σε όλο τον πραγματικό κόσμο και το μετασύμπαν, για παράδειγμα, τα ρομπότ μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τους χρήστες κατάλληλα σε μία συνομιλία.

Η ψηφιακή αναπαράσταση ενός ανθρώπινου χρήστη στοχεύει να χρησιμεύσει ως ένας καθρέφτης - εαυτός για να αναπαραστήσει τις συμπεριφορές και την αλληλεπίδρασή του με άλλους χρήστες στο μετασύμπαν. Ο σχεδιασμός και η εμφάνιση των avatars θα μπορούσε να επηρεάσει τις αντιλήψεις των χρηστών κατά τη διάρκεια διαφόρων κοινωνικών δραστηριοτήτων εντός του metaverse, όπως οι λεπτομέρειες του προσώπου του avatar και η σχετική μικροέκφραση, η πληρότητα του σώματός του, χρώμα και θέσεις, πιστότητα, τα επίπεδα λεπτομέρειας στις χειρονομίες, η σκιά, ο συγχρονισμός των κινήσεων του σώματος, συνεργασία μεταξύ πολλών avatars. Για παράδειγμα, η τρέχουσα τεχνολογία ανίχνευσης σώματος είναι σε θέση να εμπλουτίσει τις λεπτομέρειες του avatar και να αντικατοπτρίζει τις αντιδράσεις του χρήστη σε πραγματικό χρόνο. Στα εικονικά περιβάλλοντα του VR Chat, οι χρήστες στη φύση βασίζονται σημαντικά στην τεχνολογία ανίχνευσης σώματος (δηλαδή, αισθητήρες που συνδέονται στο σώμα τους) για να εκφράσουν τις κινήσεις του σώματός τους και τη χειρονομιακή επικοινωνία, η οποία διευκολύνει τη μη λεκτική αλληλεπίδραση με τον χρήστη,

^{134,136} Μανώλης Ανδριωτάκης, 2022, Metaverse από το Α ως το Ω, βλ.

<https://www.kathimerini.gr/k-magazine/561853582/metaverse-apo-to-a-eos-to-o/>

¹³⁵ Ankit Singhai, BIM Model Collaboration in Metaverse, βλ. <https://www.ddg.global/post/bim-model-collaboration-in-metaverse>

δηλαδή φωνή, χειρονομίες, βλέμμα και έκφραση του προσώπου, που μιμούνται το απαραίτητο μέρος της επικοινωνίας στην πραγματική ζωή¹³⁷.

Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν avatars για να εκπροσωπούν τον εαυτό τους. Τα avatars και οι πραγματικοί άνθρωποι μπορούν να επικαλυφθούν στο ίδιο παράθυρο προβολής. Για παράδειγμα, ένας επισκέπτης μπορεί να δει και avatars των απομακρυσμένων επισκεπτών σε μια 3D μικτή αίθουσα παραστάσεων. Επιπλέον, οι φυσικές και εικονικές εμφανίσεις διαχωρίζονται, συγχωνεύοντας τις φυσικές και εικονικές παραστάσεις σώματος για τη δημιουργία ενός μερικώς πραγματικού και μερικώς εικονικού αντικειμένου ή χώρου. Για παράδειγμα, ένας χρήστης μπορεί να κρατήσει ένα φυσικό αντίγραφο εκθέματος με εικονικές διακοσμήσεις ενισχυμένες σε αυτό και ενσωματωμένες πληροφορίες. Τα Avatars χρησιμεύουν ως ψηφιακοί εκπρόσωποι των επισκεπτών και των επιμελητών ή ακόμα και των καλλιτεχνών στο μετασμπάντσιο πολιτιστικό χώρο. Ένα avatar δημιουργεί μια νέα ταυτότητα του εαυτού του στο μετασμπάντσιο, δυναμικά εγείρει μια συζήτηση και προκαλεί νέα σκέψη για την ανθρωπίνη ζωή.

<>

Εκτός από τις διάφορες τεχνολογίες και τεχνολογικά εργαλεία, έννοιες όπως η δημιουργία Περιεχομένου, η εικονική οικονομία, η ασφάλεια διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην μετάβαση από τον φυσικό στον μετασμπάντσιο χώρο.

Η δημιουργία περιεχομένου δεν πρέπει να περιορίζεται σε επαγγελματίες σχεδιαστές αλλά θα πρέπει να είναι δυνατότητα πολλών χρηστών στο μετασμπάντσιο. Επίσης, θα πρέπει να εξετάσουμε την εγκαθίδρυση πολιτισμών -δημιουργών με πολιτιστική ποικιλομορφία, περιεχόμενο μεταξύ γενεών και διατήρηση περιεχομένων σταδιακής κατάργησης, δηλαδή ψηφιακή κληρονομιά.

Επιπλέον, καθώς οι χρήστες του εικονικού κόσμου θα είναι επίσης κάτοικοι του πραγματικού κόσμου, οι δίδυμες εικονικές και πραγματικές οικονομίες θα είναι αναπόφευκτα αλληλένδετες και δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως δύο αμοιβαία αποκλειστικές οντότητες¹³⁸. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να υιοθετηθεί μια ολιστική προοπτική κατά την εξέταση του τι σημαίνει πραγματικά η εικονική οικονομία για το μετασμπάντσιο οικοσύστημα, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο οι συνολικές οικονομικές δραστηριότητες στους δύο κόσμους μπορούν να επηρεάσουν η μία την άλλη. Υπολογίζεται ότι το 2021 ξοδεύτηκαν 500 εκατ. δολάρια για αγορές ψηφιακής ακίνητης περιουσίας¹³⁹.

Όσον αφορά την ασφάλεια, ο εξαιρετικά ψηφιοποιημένος φυσικός κόσμος θα απαιτεί από τους χρήστες να πιστοποιούν συχνά την ταυτότητά τους. Επιπλέον, η προστασία των ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων είναι το κλειδί για τη διασφάλιση των πολιτισμών του μετασμπάντσιο.

III. Ο ΜΟΥΣΕΙΑΚΟΣ ΧΩΡΟΣ ΣΤΟ METAVERSE - ΑΥΤΟΝΟΜΟΣ Η΄ ΣΕ ΣΥΝΔΙΑΣΜΟ ΜΕ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ? ΤΟ ΝΕΟ ΜΟΥΣΕΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

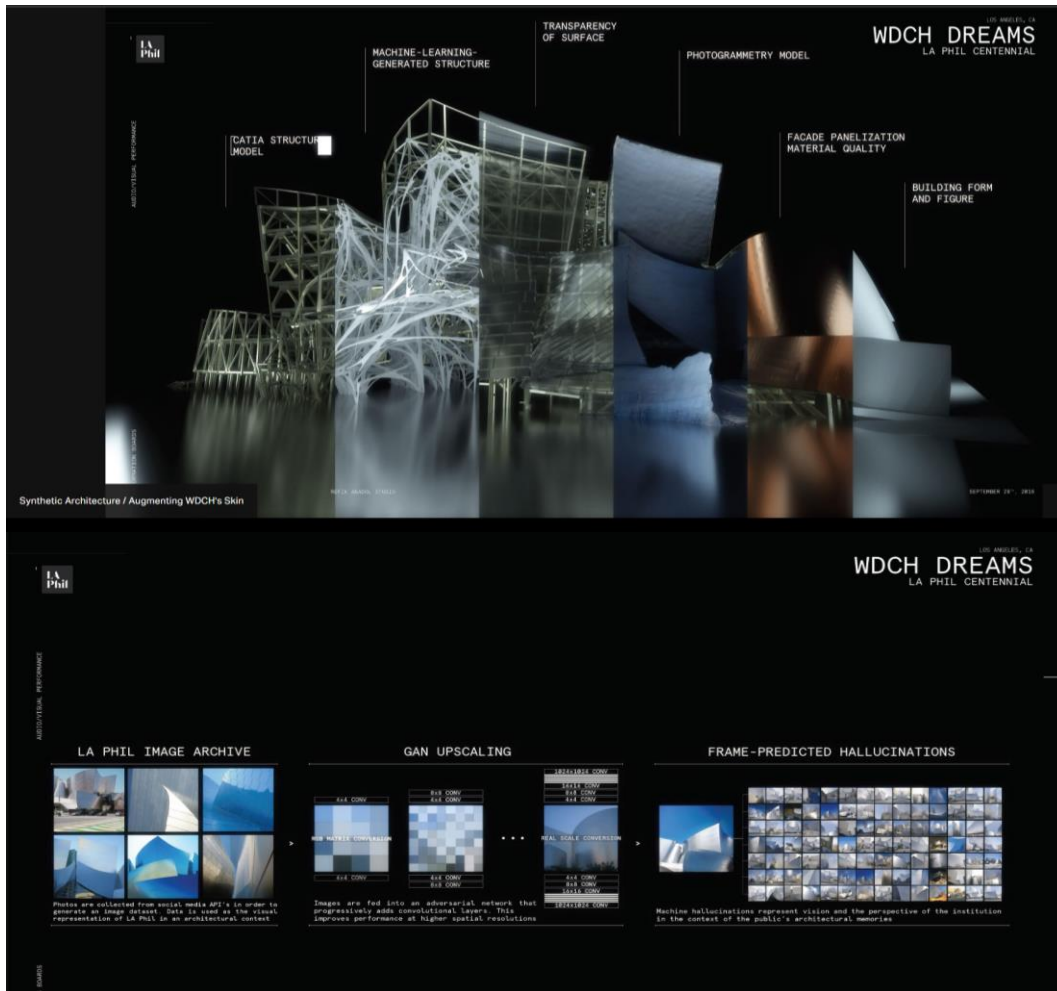
[III_1. Η ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΣΤΟ ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ]

Ο όρος “Synesthetic Architecture” επινοήθηκε από τον καλλιτέχνη ψηφιακών μέσων Refik Anadol (Anadol, 2020). Ο Anadol εργάζεται με τη συλλογή δεδομένων για συγκεκριμένες τοποθεσίες, προκειμένου να δημιουργήσει γλυπτά ψηφιακών δεδομένων. Η πρόταση εμπνέεται από ιδέες για τον επαυξημένο χώρο συνδυάζοντας φυσικό χώρο και ψηφιακές πληροφορίες. Το πιο γνωστό του έργο, μια προβολή στην πρόσοψη του Μεγάλου Μουσείου Walt Disney στο Λος Άντζελες, χρησιμοποιεί μια συλλογή δεδομένων της φιλαρμονικής του Λος Άντζελες για να δημιουργήσει ψηφιακά μέσα που παρουσιάζουν το παρελθόν του κτιρίου. «Η συναισθητική

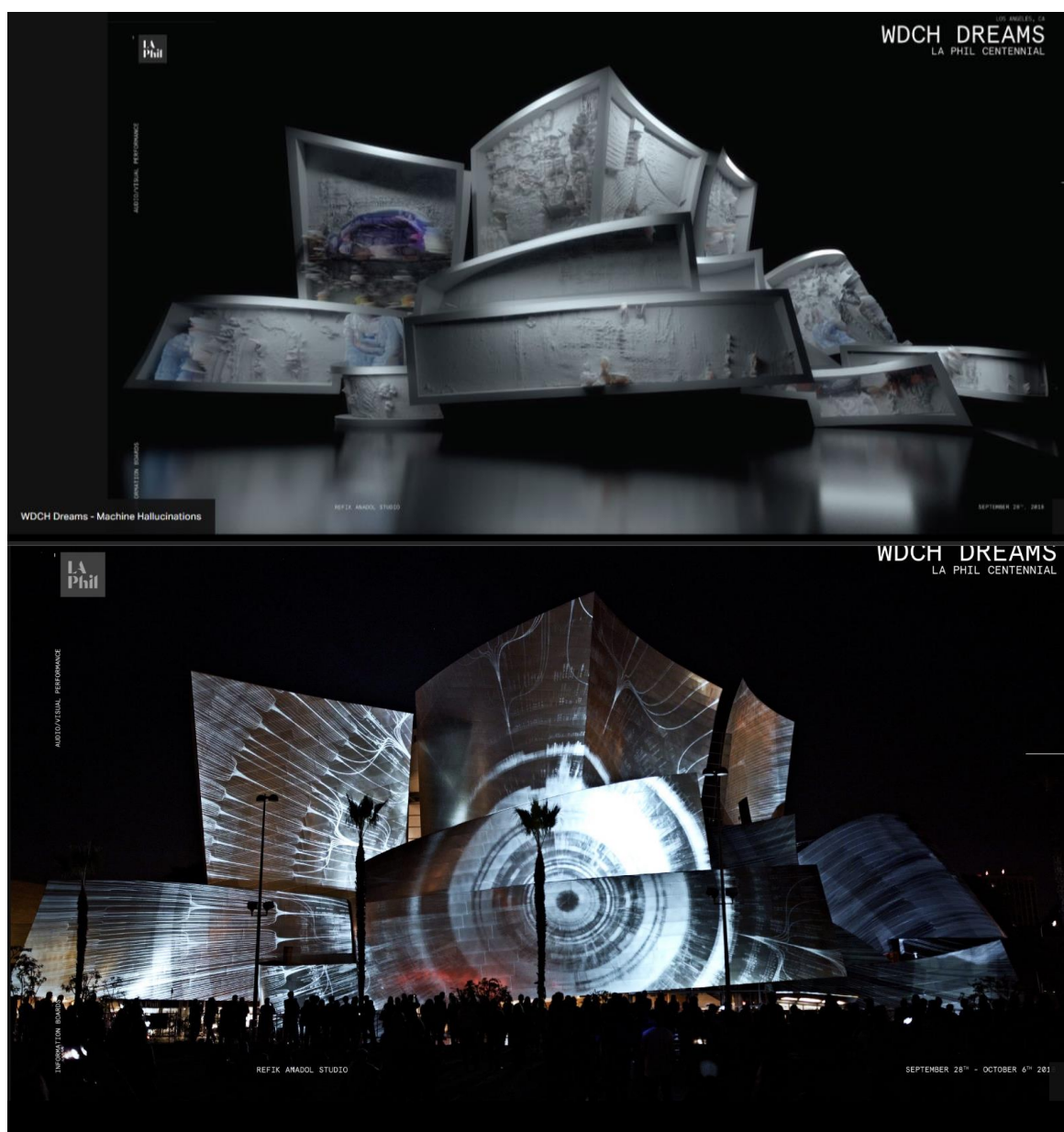
¹³⁷, ¹³⁸ Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda.

¹³⁹ Μανώλης Ανδριωτάκης, 2022, Metaverse από το Α ως το Ω, βλ. <https://www.kathimerini.gr/k-magazine/561853582/metaverse-apo-to-a-eos-to-o/>

αρχιτεκτονική, υποδηλώνει ότι οι αρχιτέκτονες μπορούν να οδηγηθούν σε δομές μορφών, όχι μόνο δημιουργώντας αλλά και επαναπροσδιορίζοντας το χώρο μέσω μικτών μέσων και διαδραστικής ρομποτικής. Η εποχή της νοημοσύνης των μηχανών θα κάνει τους υπολογιστές μας, τα κτίριά μας και τις πόλεις μας να ανταποκρίνονται περισσότερο και να μοιάζουν με τον εγκέφαλο» (Anadol, 2020)¹⁴⁰.



¹⁴⁰ Chan H., Brown A., Moleta T., Schnabel M., 2021, *Augmented Spaces - If walls could talk*.



[Εικ.3.1.1]

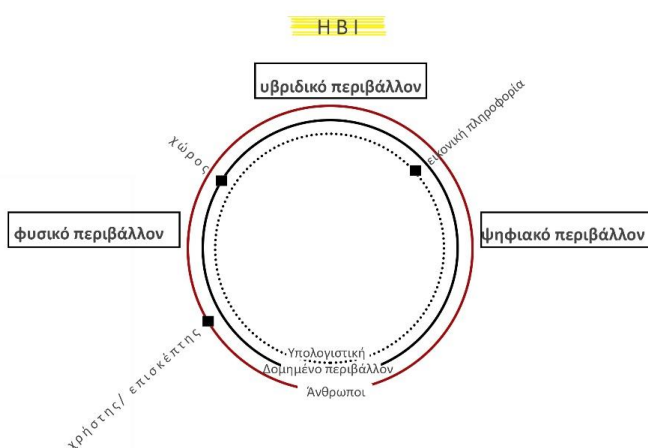
Χρησιμοποιώντας αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, ο Anadol και η ομάδα του αναπτύσσουν μια μοναδική προσέγγιση νοημοσύνης μηχανών στα ψηφιακά αρχεία του LA Phil – 45 terabytes δεδομένων. Τα προκύπτοντα μοτίβα ή «γλυπτά δεδομένων» που σχηματίζονται από την ερμηνεία των αρχείων από τη μηχανή εμφανίζονται απευθείας στο κυματοειδές εξωτερικό από ανοξείδωτο χάλυβα του Μεγάρου Μουσικής Walt Disney. βλ. <https://refikanadol.com/works/wdch-dreams/>

Ομοίως, η Sylvia Lavin χρησιμοποιεί τον όρο «Super Architecture» για να περιγράψει το αποτέλεσμα της προσθήκης ψηφιακών μέσων στην αρχιτεκτονική μορφή. Η προσθήκη της αλληλεπίδρασης στον επαυξημένο χώρο προσθέτει ένα άλλο επίπεδο αφοσίωσης του χρήστη που θα του επιτρέψει να γίνει ενεργός συμμετέχων στην εμπειρία. Ο συμμετέχων θα γίνει ο ενεργοποιητής και όχι απλώς ο θεατής, ή όπως ο Augusto Boal τους αποκαλεί «Spect-actors» (Boal, 1985)¹⁴¹.

¹⁴¹ Chan H., Brown A., Moleta T., Schnabel M., 2021, *Augmented Spaces - If walls could talk*.

Τα κτίρια ενσωματώνουν ολοένα και περισσότερο την τεχνητή νοημοσύνη και νέες μορφές αλληλεπίδρασης, εγείροντας ένα ευρύ φάσμα ερευνητικών ερωτημάτων σχετικά με το μέλλον των ανθρώπινων εμπειριών σε δομημένα και μη, περιβάλλοντα. Ονομάζουμε αυτήν την αναδυόμενη περιοχή Αλληλεπίδραση Ανθρώπου-Κτηρίου (HBI) και την εισάγουμε ως διεπιστημονικό τομέα έρευνας που διασυνδέει την Αλληλεπίδραση Ανθρώπου-Υπολογιστή (HCI) με την Αρχιτεκτονική. Για αιώνες, κάτι τόσο απλό όπως το άνοιγμα ή το κλείσιμο ενός παραθύρου παρέχει εξαιρετικά εξελιγμένες ευκαιρίες για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας, του φωτός, της ποιότητας του αέρα, της ακουστικής, της ιδιωτικής ζωής, ακόμη και των κοινωνικών σχέσεων.

Μια φιλοδοξία είναι η μετάβαση από το «βασιλείο των αντικειμένων» στο «βασιλείο της αρχιτεκτονικής». Στο όραμα του Ubiquitous Computing (Ubicomp), αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως μια λογική επέκταση, μια «δεύτερη μετάβαση» που διαδέχεται τη μετάβαση από τα αντικείμενα εικονικής θόνης προς την κατανόηση της αλληλεπίδρασης με φυσικά απτά αντικείμενα¹⁴². Τα ερωτήματα που αντιμετωπίζονται έχουν αρχίσει να ξεετάζουν πώς οι αναδυόμενες διαδραστικές εμπειρίες είναι «χωροχρονικά εμπυθιστικές». Με αυτό εννοούνται εκείνες που δεν είναι διακριτές ή περιορίζονται σε στιγμές αλληλεπίδρασης, αλλά επιμένουν με την πάροδο του χρόνου και μπορούν να εφαρμοστούν σε διαφορετικές χρονικές κλίμακες προσαρμοστικότητας.



[Εικ.3.1.2]

Οι τρεις ομόκεντροι κύκλοι των «Ανθρώποι», «Δομημένο Περιβάλλον» και «Υπολογιστική».

Τρεις ομόκεντροι κύκλοι των «Ανθρώποι», «Δομημένο Περιβάλλον» και «Υπολογιστική» θα μπορούσαν να αντικατοπτρίζουν τις τρεις συντεταγμένες που σχετίζονται με το HBI, όπως περιγράψαμε παραπάνω. Η έννοια του δομημένου περιβάλλοντος προτάθηκε από τον Bill Hillier στο βιβλίο του "Space is the Machine", και αναδιατυπώθηκε σε μία από τις αρχικές προσπάθειες ορισμού του HBI: «Τα δομημένα περιβάλλοντα είναι μια κατασκευή φυσικών στοιχείων που δημιουργούν και προστατεύουν έναν χώρο...Ο σχεδιασμός της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-οικοδόμησης, σε αυτή την προοπτική, συνίσταται στην παροχή διαδραστικών ευκαιριών στους ανθρώπους να διαμορφώσουν τις φυσικές, χωρικές και κοινωνικές επιπτώσεις του δομημένου περιβάλλοντός τους.»¹⁴³

^{142, 143} Alavi, H., Churchill El., Wiberg M, Lalanne D., Dalsgaard P., Fatah S., Rogers Yv., 2019, Introduction to Human-Building Interaction (HBI): Interfacing HCI with Architecture and Urban Design

Η κύρια ιδέα είναι μια προσέγγιση προς μια κοινωνία που υποστηρίζει τη διατήρηση της βιώσιμης διαχείρισης και την αξιοποίηση της δομημένης κληρονομιάς. Η δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων πολιτιστικής κληρονομιάς έχει γίνει θέμα μεγάλου ενδιαφέροντος τα τελευταία χρόνια. Σήμερα, εξελίσσονται ψηφιακά πληροφοριακά συστήματα για την παρουσίαση, την ανάλυση και την αρχειοθέτηση της τεκμηρίωσής της. Αυτά τα νέα ψηφιακά συστήματα πληροφοριών, επιτρέπουν την παραγωγή μοντέλων «nD» πολλαπλών χρήσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κάτι περισσότερο από απλή οπτικοποίηση. Αυτή η ενότητα παρουσιάζει ένα πλαίσιο σχεδιασμού για την ενοποίηση δύο νέων εξελίξεων σε αυτόν τον τομέα, της Μοντελοποίησης Πληροφοριών Κτιρίου (BIM) και του Metaverse.

Τα γεωμετρικά παραμετρικά σχήματα που αντιπροσωπεύουν δομικά στοιχεία συγκεντρώνονται σε ένα εικονικό περιβάλλον για να αναπαραστήσουν ένα ολόκληρο κτίριο. Οι παράμετροι, που αποτελούν αυτά τα αντικείμενα, είναι το σχήμα και ο όγκος που εκφράζονται ως συντεταγμένες που υποδεικνύουν τη θέση τους στο επίπεδο x-y, στο επίπεδο x-z και στο επίπεδο y-z. Περιγραφή υψής, υλικών, κατασκευής και χρώματος προστίθενται επιπλέον παράμετροι, οι οποίες στη συνέχεια μπορούν να επεξεργαστούν¹⁴⁴. Αυτά τα νέα εργαλεία σχεδίασης ορίζονται ως μοντελοποίηση πληροφοριών κτιρίου (BIM), τα οποία είναι τρισδιάστατα ή 2D σχήματα συμπαγών αντικειμένων που μπορούν να περιγραφούν σύμφωνα με παραμέτρους, ορισμένες από τις οποίες ορίζονται από τον χρήστη και άλλες που σχετίζονται με τη θέση σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον και σε σχέση με την αλληλεπίδρασή τους με άλλα αντικείμενα τα οποία στη συνέχεια σχηματίζουν ένα ολοκληρωμένο κτίριο. Στην περίπτωση μελέτης σε αυτή τη διατριβή, το τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον θα στηθεί στο Autodesk Revit Software, το οποίο υποστηρίζει BIM μοντέλα.

Η χαρτογράφηση αντικειμένων BIM στο νέφος σημείων θα επιταχύνει τη διαδικασία αντίστροφης μηχανικής δημιουργώντας επίσης, μια ευκαιρία ανάπτυξης λεπτομέρειας πίσω από την επιφάνεια του αντικειμένου σχετικά με τις μεθόδους κατασκευής και την κατασκευή υλικών. Αυτή η νέα διαδικασία περιγράφεται ως HBIM (Murphy et al., 2009). Η χρήση του λογισμικού BIM στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς έχει πολλά πλεονεκτήματα, όπως η σημασιολογική αντικειμενοστραφή μοντελοποίηση που επιτρέπει την ταξινόμηση αντικειμένων κληρονομιάς, αυτόματους καταλόγους αντικειμένων, υλικά και αυτοματοποιημένα έγγραφα διατήρησης¹⁴⁵.

Η κωδικοποίηση με τη Γλώσσα Γεωμετρικής Περιγραφής (GDL) πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας διαφορετικό σενάριο για διαφορετικά μέρη του παραμετρικού αντικειμένου που δημιουργείται. Το τρισδιάστατο σενάριο είναι το κύριο σενάριο που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του παραμετρικού τρισδιάστατου αντικειμένου. Άλλα σενάρια περιλαμβάνουν ένα σενάριο 2D, ένα κύριο σενάριο, ένα σενάριο παραμέτρων, ένα σενάριο ιδιοτήτων και ένα σενάριο διεπαφής χρήστη¹⁴⁶.

Αφού δημιουργηθεί ένα μοντέλο HBIM, το επόμενο στάδιο περιλαμβάνει την ενσωμάτωση του τρισδιάστατου μοντέλου σε ένα τρισδιάστατο GIS για περαιτέρω διαχείριση και ανάλυση. Το Metaverse, μια τρισδιάστατη μορφή δεδομένων διαθέτει ένα λεπτομερές σημασιολογικό πλαίσιο για αντικείμενα μουσείων και επιτρέπει την αποθήκευση περαιτέρω πληροφοριών ως χαρακτηριστικά ή εξωτερικές αναφορές. Ο στόχος αυτής της εργασίας, είναι να βασιστεί στη νέα έννοια της Μοντελοποίησης Πληροφοριών Ιστορικών Κτιρίων (HBIM) και να διερευνήσει την ενσωμάτωση του BIM σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον χρησιμοποιώντας το πλαίσιο του Metaverse για το σκοπό της μοντελοποίησης πολιτιστικής κληρονομιάς.

Το BIM διαφέρει από τα παραδοσιακά συστήματα CAD επειδή βασίζεται σε παραμετρικά κτιριακά στοιχεία ενισχυμένα με πληροφορίες, τα οποία συνδυάζονται για να δημιουργήσουν ολόκληρα κτίρια σε ένα εικονικό περιβάλλον. Εκτός από την τρισδιάστατη απεικόνιση, το BIM μπορεί να αυτοματοποιήσει την παραγωγή ψηφιακής τεκμηρίωσης (3D, ορθογραφικές

¹⁴⁴ Murphy M., Keenaghan G., Mcgovern E., Pavia S.. 2009. *A Flexible Web Based Learning Tool for Construction and Surveying Students Using Building Information Modelling and Laser Scanning*.

¹⁴⁵ Dore C., Murphy M., 2019. *Historic Building Information Modelling (HBIM)*.

¹⁴⁶ Dore C., Murphy M., 2014. *Semi-automatic generation of as-built BIM façade geometry from laser and image data*.

προβολές κομμένες ενότητες, λεπτομέρειες) και χρονοδιαγράμματα σχεδιασμού για οικονομικές, δομικές, περιβαλλοντικές και ενεργειακές λειτουργίες. Τα παραμετρικά αντικείμενα, όπως τα ψηφιακά εκθέματα, αποθηκεύουν δεδομένα και τη σχέση τους με ολόκληρο το κτίριο και δεν ορίζονται μεμονωμένα αλλά ως συστήματα που χρησιμοποιούν αλληλεπίδραση με άλλα αντικείμενα.

Η διαδικασία HBIM ξεκινά με απομακρυσμένη συλλογή δεδομένων έρευνας χρησιμοποιώντας επίγεια σάρωση λέιζερ ή ψηφιακή μοντελοποίηση φωτογραφιών. Η μοντελοποίηση απαιτεί τη δημιουργία παραμετρικών μοντέλων πληροφοριών από το τρισδιάστατο νέφος σημείων. Οι κουκκίδες του νέφους περιλαμβάνουν ποσοτικά χωρικά δεδομένα ενός υπάρχοντος αντικειμένου, ενώ η προσέγγιση BIM παρέχει ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα με σημασιολογική υποστήριξη¹⁴⁷. Το σύστημα που θα δημιουργηθεί είναι ένα σύστημα για τη μοντελοποίηση αντικειμένων φυσικών στοιχείων στο κτίριο. Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση, την απεικόνιση και την ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων. Τα χωρικά χαρακτηριστικά μπορούν να αποθηκεύονται ως γεωμετρία και αναφέρονται με προβολές χάρτη και συντεταγμένες.

Αυτή η διαδικασία μπορεί να συντεθεί σε τρεις κύριες φάσεις που σχετίζονται με την επεξεργασία πληροφοριών, οι οποίες είναι η απόκτηση, η μετατροπή, και η διαχείριση και ανάλυση. Η πρώτη φάση θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με την ενσωμάτωση διαφορετικών τεχνικών τοπογραφίας. Λόγω της φυσικής και ιστορικής πολυπλοκότητάς τους, τα στοιχεία ενός ιστορικού κτιρίου περιλαμβάνουν μεγάλο όγκο ετερογενών δεδομένων, και επομένως απαιτούν μια συγκεκριμένη θεματική έρευνα. Η δεύτερη φάση, της μετατροπής σε BIM, σχετίζεται στενά με την κατανόηση του επιπέδου διαλειτουργικότητας που πρέπει να έχει το μοντέλο στην αλυσίδα διεργασιών BIM. Στην τρίτη φάση, ο στόχος είναι να διασφαλιστεί ο μεγαλύτερος όγκος πληροφοριών για οποιαδήποτε εργασία συντήρησης ή έργο επέκτασης του μουσείου. Όλες οι πληροφορίες θα αποθηκευτούν σε μια εσωτερική βάση δεδομένων που οργανώνεται αυτόματα από το μοντέλο BIM. Η αναζήτηση του μοντέλου είναι το πιο ενδιαφέρον μέρος στη φάση διαχείρισης, επειδή μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες για το εξεταζόμενο αντικείμενο και βοηθά στον καθορισμό του είδους της παρέμβασης που θα πραγματοποιηθεί. Μια δυνατότητα θα μπορούσε να είναι η χρήση αυτού του τύπου μοντέλου μέσω web¹⁴⁸. Η διαδραστική διαχείριση των στοιχείων, μέσω της δυνατότητας οπτικοποίησης ατελείωτων προβολών από την εσωτερική βάση δεδομένων, μας δίνει την ευκαιρία να «συνθέσουμε και να αποσυνθέσουμε» εικονικά το κτίριο όπως επιθυμούμε.

Ο στόχος στην τεκμηρίωση των περιουσιακών στοιχείων του μουσείου είναι να αναπτύξουμε ένα BIM που θα χρησιμεύσει ως ψηφιακό αρχείο για να βοηθήσει στη διατήρηση των υφιστάμενων κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς, στον σχεδιασμό και στη δοκιμή μελλοντικών αναπτυξιακών προτάσεων. Για να επιτευχθεί αυτό, είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα μοντέλο από διαθέσιμα, ετερογενή δεδομένα που να έχει την ικανότητα για αναπαράσταση με βάση το χρόνο - συντονίζοντας το παρελθόν, το παρόν και τα πιθανά μέλλοντα του πολιτιστικού χώρου.

Το πρώτο στάδιο του έργου περιλαμβάνει μια εκτενή ανασκόπηση του αρχείου του πολιτιστικού χώρου προκειμένου να αξιολογηθεί το εύρος και η μορφή των διαθέσιμων δεδομένων. Το αρχειακό υλικό συνήθως είναι πολύ ετερογενές (σχέδια, αντικείμενα, φωτογραφίες, σημειώσεις, βίντεο). Το πρώτο βήμα στη διαδικασία μοντελοποίησης είναι να ενσωματώσει σημασιολογικά δεδομένα που σχετίζονται με δομικές, υλικές και λειτουργικές πληροφορίες¹⁴⁹. Σε αντίθεση με τις υπάρχουσες μεθόδους, που εστιάζουν πρωτίστως στη γεωμετρική περιγραφή των κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς, το BIM χρησιμοποιείται ως

¹⁴⁷ Stober D., Žamić R., Penava D., Turkalj P., Virgej-Đurašević R., 2018, *Application of HBIM as a Research Tool for Historical Building Assessment*. pp.3-4

¹⁴⁸ Donato V., Biagini C., Bertini G., Marsugli Fr., 2017, *Challenges and opportunities for the implementation of H-BIM with regards to historical infrastructures: a case study of the ponte giorgini in castiglione della pescaia (Grosseto – Italy)*. pp. 253-260.

¹⁴⁹ Fai St., Graham K., Duckworth T., Wood N., Attar R., 2011. *Building Information Modeling and Heritage Documentation*

πλατφόρμα για την ενσωμάτωση πληροφοριών που σχετίζονται με τη σύνθεση και την κατασκευή υλικών. Ενώ αυτό το επίπεδο λεπτομέρειας είναι κοινό, στην τεκμηρίωση σχεδιασμού νέων κατασκευαστικών έργων, η εφαρμογή του στην τεκμηρίωση κληρονομιάς συνήθως περιλαμβάνει μια αντίστροφη μηχανική και ανάλυση των υφιστάμενων συνθηκών με βάση ανόμοια ετερογενή σύνολα δεδομένων.

Η ψηφιοποίηση του κτιρίου περιλαμβάνει και συλλογή δεδομένων αισθητήρων, μηχανισμό παραμετρικού ελέγχου και μονάδες οπτικοποίησης από τη διεπαφή του μοντέλου BIM. Σε πολιτιστικούς χώρους, η δημιουργία ενός πλούσιου συνόλου δεδομένων για κοινή χρήση από την προσομοίωση κτιρίου, παρέχει τεκμηριωμένο και σημασιολογικά πλούσιο μοντέλο BIM για την υποστήριξη της ανάλυσης κτιρίου και κατ' επέκταση των εκθεμάτων. Ο διευρυμένος ρόλος του BIM μπορεί να ενσωματώνει τόσο ποσοτικά στοιχεία (έξυπνα αντικείμενα, δεδομένα απόδοσης) όσο και ποιοτικά στοιχεία (ιστορικές φωτογραφίες, προφορικές ιστορίες, μουσική).

Συγκεκριμένα, το Μοντέλο BIM συγκεντρώνει ετερογενή σύνολα δεδομένων και τύπους δεδομένων σε ένα ενιαίο ψηφιακό αντικείμενο. Αυτό περιλαμβάνει δεδομένα που σχετίζονται με τον τύπο του κτιρίου, την κατασκευή, καθώς και το υλικό που συνήθως σχετίζεται με την άυλη κληρονομιά, όπως η αφήγηση και η μουσική. Το μοντέλο επιτρέπει πολλαπλές αφηγήσεις που βασίζονται σε επί του παρόντος επαληθεύσιμες ιστορικές και προβολικές πληροφορίες. Εάν αλλάξουν τα «γεγονότα», το μοντέλο μπορεί να ενσωματώσει αυτό το νέο υλικό χωρίς να χρειάζεται να ανακατασκευαστεί πλήρως¹⁵⁰.

Όλα τα μοντέλα BIM μεταφορτώνονται σε πλατφόρμα που βασίζεται σε cloud ως τυπικά αρχεία IFC (Industry Foundation Class), προκειμένου να επιτρέπεται η πρόσβαση ανεξάρτητα από το λογισμικό που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του μοντέλου BIM. Στη συνέχεια, το αρχείο IFC επεξεργάζεται μέσω πολλών προσαρμοσμένων υπηρεσιών Windows από την πλευρά του διακομιστή, εξάγοντας όλες τις σημασιολογικές πληροφορίες και δημιουργώντας Πλαίσιο Περιγραφής Πόρων (RDF). Η πλατφόρμα παρέχει στον χρήστη τη δυνατότητα εμπλουτισμού των μοντέλων με νέα σημασιολογικά μεταδεδομένα και νέα δεδομένα. Καθώς τα μοντέλα κατασκευάζονται ως έξυπνα μοντέλα, έχουν δημιουργηθεί με διάφορα επίπεδα μεταδεδομένων, γεγονός που επιτρέπει περαιτέρω επεξεργασία, μέσω μιας σειράς προγραμμάτων προσομοίωσης για τη δημιουργία δεδομένων που σχετίζονται με το ιστορικό των κτιρίων¹⁵¹. Επομένως, τα σημασιολογικά μοντέλα H-BIM που ανεβαίνουν στην πλατφόρμα θα επιτρέπουν στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με τα μοντέλα. Έτσι, όχι μόνο «να αποκτήσουν πρόσβαση» και «να κατανοήσουν» τα μοντέλα, αλλά και να υποκινηθούν «να δώσουν αντιληπτικές απαντήσεις των χρηστών στα μοντέλα» μέσω πολυεπίπεδων συστημάτων πληροφοριών και τεκμηρίωσης κατάλληλα για χωρικά και πολυκριτηριακά ερωτήματα σε ένα εικονικό τρισδιάστατο περιβάλλον. Έχοντας τη δυνατότητα να προγραμματίσουμε είδωλα για να προσομοιώνουν την κυκλοφορία, θα μπορούμε στη συνέχεια να αναλύουμε διατάξεις σχεδίασης, διαδρομές κυκλοφορίας και σημεία/διάρκειες αλληλεπιδράσεων μεταξύ διαφορετικών τύπων χρηστών. Επιπλέον, όταν οι φορείς των πολιτιστικών χώρων μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα που αντλούνται απευθείας από τους χρήστες του κτιρίου και να συνδέουν άτομα με avatars, θα έχουν μια προσομοίωση του κτιρίου σε πραγματικό χρόνο, η οποία θα τους δώσει έναν εντελώς νέο τρόπο ανάλυσης του χώρου τους. Το μουσείο περιλαμβάνει διάφορους χώρους. Αισθητήρες και μικροελεγκτές αισθητήρα μπορούν να αναπτυχθούν σε εσωτερικούς χώρους για τη συλλογή περιβαλλοντικών δεδομένων. Στον εικονικό κόσμο (μοντέλο BIM), αφού δημιουργηθεί ένας εικονικός τρισδιάστατος χώρος και θέσεις αισθητήρων, εισάγουμε πραγματικά περιβαλλοντικά δεδομένα στο εικονικό περιβάλλον. Ένα εικονικό περιβάλλον, με την καθηλωτική ή μη εμβυθιστική χρήση του, μπορεί να λειτουργεί σε πλατφόρμα που βασίζεται στο cloud ή στο διαδίκτυο για την οπτικοποίηση περιεχομένου τρισδιάστατων μοντέλων, μέσω κινητών συσκευών, ώστε να έχει δυνατότητες λήψης και χρήσης δεδομένων. Η ενοποίηση μεταξύ BIM και AR μπορεί να συμβεί

¹⁵⁰ Fai St., Graham K., Duckworth T., Wood N., Attar R., 2011. *Building Information Modeling and Heritage Documentation*

¹⁵¹ Giulio R., Maietti F., Piaia E. 2019. *Advanced 3D Survey and Modelling for Enhancement and Conservation of Cultural Heritage: The INCEPTION Project*

προς δύο κατευθύνσεις: μοντέλα BIM που υπερτίθενται στην πραγματικότητα και μοντέλα BIM που αναβαθμίζονται στο περιβάλλον AR¹⁵².



[Εικ.3.1.3]

Όλοι προσπαθούμε να τυλιχτούμε γύρω από το μετασύμπαν. Θα καταλήξουμε να δημιουργήσουμε έναν κόσμο που θα αντικατοπτρίζει τον δικό μας ή κάτι εντελώς διαφορετικό;
<https://metropolismag.com/viewpoints/metaverse-design-guide/>

Το κύριο χαρακτηριστικό του περιουσιακού στοιχείου του πολιτιστικού χώρου είναι η ικανότητά του να αφηγείται ιστορία, η οποία δεν είναι ακόμη αρκετά αναγνωρισμένη από τους ειδικούς του HBIM. Το μοντέλο, που παρουσιάζεται, εισάγει την ιδέα του μοντέλου HBIM που αντιμετωπίζει τόσο τις φυσικές όσο και τις άυλες ιδιότητες, όπως 4η διάσταση (χρόνος), των περιουσιακών στοιχείων της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η δυνατότητα επίτευξης διαλειτουργικών μοντέλων ικανών να εμπλουτίσουν τη διεπιστημονική γνώση της πολιτιστικής ταυτότητας είναι ένας από τους κύριους στόχους. Η τεχνολογική εξέλιξη των συστημάτων έρευνας αντιπροσωπεύει μια σημαντική καινοτομία για τη διαχείριση τρισδιάστατων βάσεων δεδομένων. Αυτές οι βάσεις δεδομένων, είναι γεωμετρικά αρχεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ερευνητικούς στόχους, για τη διατήρηση, την αποκατάσταση και την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς αλλά και για την ανάδειξή της στον ψηφιακό/επαυξημένο χώρο¹⁵³. Η μεθοδολογία κατασκευής ενός πολυδιάστατου μοντέλου αναπτύσσεται ταυτόχρονα για νέα κτίρια και υπάρχοντα κτίρια. Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση της κληρονομιάς είναι μόνο το πρώτο βήμα και οι εφαρμογές VR (εικονικής πραγματικότητας), τα τρισδιάστατα αποθετήρια και οι κατάλογοι και το Web GIS ανοίγουν περαιτέρω ευκαιρίες για τη βελτίωση της διαχείρισης κτιρίων.

Το αποτύπωμα άνθρακα ήταν πάντα ένα σημαντικό ζήτημα που σχετίζεται με τη βιώσιμη ανάπτυξη της ανθρώπινης κοινωνίας. Οποιοσδήποτε πολιτιστικός χώρος, χρειάζεται να καταναλώνει σημαντικό αριθμό πόρων για συνήθεις λειτουργίες και διαχείριση. Χρειάζεται επομένως επείγοντως, βιώσιμη διαχείριση της κατανάλωσης πόρων. Καταφεύγοντας στο IoT με τη βοήθεια AI, η βιωσιμότητα μπορεί να προγραμματιστεί έξυπνα σύμφωνα με τις πρακτικές ανάγκες. Οι κατάλληλες συσκευές IoT, που βρίσκονται σε στρατηγικά σημεία και είναι εξοπλισμένες με κατάλληλους αναγνώστες RFID, λαμβάνουν χρήσιμα δεδομένα από τις ετικέτες RFID που ανιχνεύουν και συσχετίζουν τέτοια δεδομένα με το κτίριο και τα εκθέματα,

¹⁵² Bruno S., Fatiguso F., 2018. *Building conditions assessment of built heritage in historic building information modeling*, pp.36-48.

¹⁵³ Giulio R., Maietti F., Piaia E. 2019. *Advanced 3D Survey and Modelling for Enhancement and Conservation of Cultural Heritage: The INCEPTION Project*

παρακολουθούν τον εξοπλισμό, συλλέγουν χρήσιμα δεδομένα για την προετοιμασία ενεργειών συντήρησης ή άλλων δραστηριοτήτων διαχείρισης εγκαταστάσεων¹⁵⁴.

Αρκετοί ερευνητές προσπάθησαν να ενσωματώσουν πληροφορίες αισθητήρων με πληροφορίες BIM, όπως οπτικοποιήσεις και συστήματα διαχείρισης κτιρίου. Ο McCaffrey, R (2015) ανέπτυξε μια διαδικτυακή γραφική διεπαφή χρήστη (GUI) που ενσωματώνει το BIM με δεδομένα BMS, προκειμένου να βοηθήσει τους διαχειριστές και τους χρήστες να πραγματοποιήσουν οπτική περιήγηση χωρικών δεδομένων και να κάνουν τις πληροφορίες απόδοσης κτιρίου πιο εύκολα προσβάσιμες σε όλους και επίσης να υποστηρίξουν τη λήψη αποφάσεων κατά το στάδιο λειτουργίας¹⁵⁵. Με συνδιασμό επομένως, χρήσης συσκευών IoT και μοντέλου BIM, προτείνεται ένα σύστημα που να επιτρέπει στις φορητές συσκευές, που αλληλεπιδρούν με ένα έξυπνο περιβάλλον βασισμένο στο IoT, να λειτουργούν ως οδηγοί μουσείων, παρέχοντας μια πραγματική διαδραστική πολιτιστική εμπειρία. Ολόκληρο το σύστημα μετατρέπεται σε γεννήτρια συμβάντων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη. Για παράδειγμα, όταν ένας επισκέπτης βρίσκεται μπροστά σε ένα έργο τέχνης, πολλές λεπτομέρειες όπως τίτλος, καλλιτέχνης, ιστορικό πλαίσιο και κριτική μπορούν να παρέχονται εύκολα και αυτόματα. Οι πληροφορίες μπορούν να αναφέρονται όχι μόνο στο έργο αλλά και σε λεπτομέρειες ή σε ολόκληρο τον εκθεσιακό χώρο. Για παράδειγμα, μπορούν να εντοπιστούν συγκεκριμένα πρόσωπα όπερας ή υποσκηνές ζωγραφικής ή τοιχογραφιών. Τα πολιτιστικά περιεχόμενα θα μπορούσαν να σταλούν μεμονωμένα σε έναν συγκεκριμένο χρήστη ή να διατεθούν μέσω των τοίχων πολυμέσων στην αίθουσα του μουσείου. Επιπλέον, ο χρήστης θα μπορούσε να αποθηκεύσει τα εκθέματα που ήρθε σε επαφή, ώστε να τα ξαναδεί σε μεταγενέστερο στάδιο.

Στη συνέχεια, το ίδιο το περιβάλλον θα πρέπει να τροποποιήσει την κατάστασή του σύμφωνα με συγκεκριμένα συμβάντα, όπως τον αριθμό των επισκεπτών σε μία αίθουσα τέχνης ή με το προσωπικό προφίλ των επισκεπτών. Μια τέτοια εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας θα μπορούσε να βοηθήσει στην βαθύτερη εκτίμηση της τέχνης και να την κάνει πιο προσιτή σε όλους. Τέλος, αλλά σημαντικό, οι πληροφορίες που συλλέγονται από το περιβάλλον θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη διαχείριση ολόκληρης της εγκατάστασης από τους επόπτες του πολιτιστικού χώρου. Για παράδειγμα, ο αριθμός των επισκεπτών κατά τη διάρκεια των ωρών της ημέρας θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για την αναδιοργάνωση των ωρών ανοίγματος και κλεισίματος, ενώ η ικανότητα να γνωρίζουμε τους χώρους με τις περισσότερες επισκέψεις θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τον προγραμματισμό εργασιών μερικής συντήρησης. Για να παρέχει όλες αυτές τις δυνατότητες, ο επισκέπτης είναι εξοπλισμένος με μια φορητή συσκευή ικανή να καταγράφει βίντεο και εικόνες, ενώ η επιχειρηματική λογική διαχειρίζεται από πολλές υπηρεσίες που γνωρίζουν τη θέση που εκτελούνται οι καταγραφές σε ένα κέντρο επεξεργασίας. Τα αποτελέσματα αυτής της δραστηριότητας αποστέλλονται στο κέντρο επεξεργασίας και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται από τις υπηρεσίες που γνωρίζουν τη θέση που είναι υπεύθυνες για την παροχή όλων των άλλων χαρακτηριστικών του συστήματος. Συγκεκριμένα, παρέχουν πολιτιστικό περιεχόμενο στους επισκέπτες, κοινοποιούν χρήσιμες πληροφορίες σε εξωτερικούς χρήστες και αλληλεπιδρούν με ετερογενείς τεχνολογίες που ελέγχουν την κατάσταση του περιβάλλοντος, όπως ένα σύστημα αυτοματισμού κτιρίου που διαχειρίζεται τον φωτισμό και τη θερμορύθμιση του μουσείου μέσω της προσομοίωσης του χώρου με το ένα εικονικό μοντέλο BIM¹⁵⁶.

Κάθε κτίριο έχει ένα μοντέλο BIM που συσχετίζεται με αυτό, επομένως πολλαπλά αρχεία μπορούν να αναπαρασταθούν. Όχι μόνο μηχανικοί και αρχιτέκτονες συμβάλλουν στη συσχέτιση αρχείων σε ένα δεδομένο κτίριο, αλλά και κατάλληλες συσκευές IoT, που βρίσκονται σε

¹⁵⁴ GhaffarianHoseini A., Zhang T., Nwadiogo O., Naismith N., Tookey J., Raahemifar K., 2017, *Application of nD BIM Integrated Knowledge-based Building Management System (BIM-IKBMS) for inspecting post-construction energy efficiency*, pp. 937-941

¹⁵⁵ Chang K., Dzeng R., Wu Yi. 2018. *An Automated IoT Visualization BIM Platform for Decision Support in Facilities Management*.

¹⁵⁶ Alletto S., Cucchiara R., Del Fiore G., Mainetti L. Patrono L., Serra G. 2016. *An Indoor Location-Aware System for an IoT-Based Smart Museum*.

στρατηγικά σημεία. Επιπλέον, χάρη στα δεδομένα που συλλέγονται από συσκευές IoT, η τεχνητή νοημοσύνη θα μπορούσε να εφαρμοστεί για την ανίχνευση λειτουργικών προβλημάτων σε κτίρια παρακολουθώντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και για τη δημιουργία συσχετισμών μεταξύ της υπάρχουσας απόδοσης και των πιθανών δυσλειτουργιών. Αξιοποιώντας την τεχνολογία Blockchain, η πρόταση μοντέλου διασφαλίζει τον έλεγχο και την προέλευση όλων των πληροφοριών που σχετίζονται με ένα κτίριο.

Το προτεινόμενο σύστημα είναι το αποτέλεσμα της ολοκλήρωσης τριών διαφορετικών υποσυστημάτων, το καθένα με τους δικούς του παράγοντες και χαρακτηριστικά: 1. Υποσύστημα Blockchain: παρέχει μια αποκεντρωμένη υποδομή βασισμένη σε Έξυπνα Συμβόλαια για τη διαχείριση πληροφοριών που σχετίζονται με ένα δομικό προϊόν καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. 2. Υποσύστημα συσκευών IoT: σύστημα συσκευών IoT για δομική παρακολούθηση, για παρακολούθηση όλων των συστημάτων, παρακολούθηση της παρουσίας επισκεπτών ή εκθεμάτων. 3. Πλατφόρμα διαχείρισης πληροφοριών: διαδικτυακή πλατφόρμα που επιτρέπει στους εξουσιοδοτημένους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες που σχετίζονται με ένα δεδομένο κτίριο, να επαληθεύουν την εγκυρότητά τους και να ανεβάζουν τεκμηρίωση¹⁵⁷.

Με διάφορες εφαρμογές, ο επισκέπτης μπορεί να δημιουργεί εικονικές επισκέψεις με στατικές εικόνες και πανοραμικές προβολές. Ένα τρισδιάστατο μοντέλο μπορεί να πλοηγηθεί διαδραστικά, ορίζοντας ορισμένους συνδέσμους μεταξύ των προκαθορισμένων εικόνων. Μετά τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου, δημιουργούνται εικονικές περιηγήσεις, όπου η υφή μπορεί να εφαρμοστεί σε αντικείμενα. Το πολυλειτουργικό φαινόμενο του κτιρίου/μουσείου επομένως, το οποίο αποτελείται από τρεις αλληλένδετες πτυχές: φυσική-υλική, χωρική-διαμορφωτική και κοινωνική-πολιτιστική αντιμετωπίζει την επαναπροσδιορισμένη έννοια των δομημένων περιβαλλόντων του μέλλοντος.

[III_2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΣΤΟ METVERSE]

METVERSE, συνδυασμός του προθέματος «meta» (που σημαίνει υπέρβαση) με τη λέξη «σύμπαν», περιγράφει ένα υποθετικό συνθετικό περιβάλλον που συνδέεται με τον φυσικό κόσμο. Από την πρώτη του εμφάνιση, το μετασύμπαν ως κόσμος που δημιουργείται από υπολογιστή έχει οριστεί μέσα από πολύ διαφοροποιημένες έννοιες, όπως ο συλλογικός χώρος στην εικονικότητα, το ενσωματωμένο διαδίκτυο/χωρικό Διαδίκτυο, ένας κόσμος καθρέφτης, ένα omniverse: ένας χώρος προσομοίωσης και συνεργασίας¹⁵⁸.

Σύμφωνα με τις διαφοροποιημένες έννοιες του σύμπαντος, μπορεί κανείς να υποστηρίξει ότι βρισκόμαστε ήδη εν μέρει στο μετασύμπαν. Ο Earth 3D map4 προσφέρει εικόνες του πραγματικού κόσμου, τα κοινωνικά δίκτυα επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργούν περιεχόμενο, τα βιντεοπαιχνίδια γίνονται όλο και πιο ρεαλιστικά. Οι αναδυόμενες πλατφόρμες που αξιοποιούν εικονικά περιβάλλοντα (π.χ. VRChat6) προσφέρουν εμπλουτισμένα περιβάλλοντα που μιμούνται εικονικούς χώρους για κοινωνικές συγκεντρώσεις και διαδικτυακές συναντήσεις¹⁵⁹. Ωστόσο, αυτοί οι εικονικοί χώροι δεν διατηρούνται και εξαφανίζονται μετά τις συγκεντρώσεις και τις συναντήσεις. Τα εικονικά αντικείμενα σε παιχνίδια AR έχουν επίσης προσκολληθεί στη φυσική πραγματικότητα χωρίς να αντικατοπτρίζουν καμία αρχή των ψηφιακών διδύμων.

Αυτή η μεταπτυχιακή διατριβή λοιπόν, προβάλλει τον σχεδιασμό μετασυμπατικών οικοσυστημάτων με βάση την κοινωνία στον πραγματικό μας κόσμο. Μετά τη συζήτηση των δυνατοτήτων διάφορων αναδυόμενων τεχνολογιών, ο μετασυμπάντειος χώρος μπορεί να ανοίξει πολλές ευκαιρίες και τελικά μπορεί να φτάσει σε εικονικά περιβάλλοντα που είναι μια κοινωνία παράλληλη με την υπάρχουσα στον πραγματικό κόσμο.

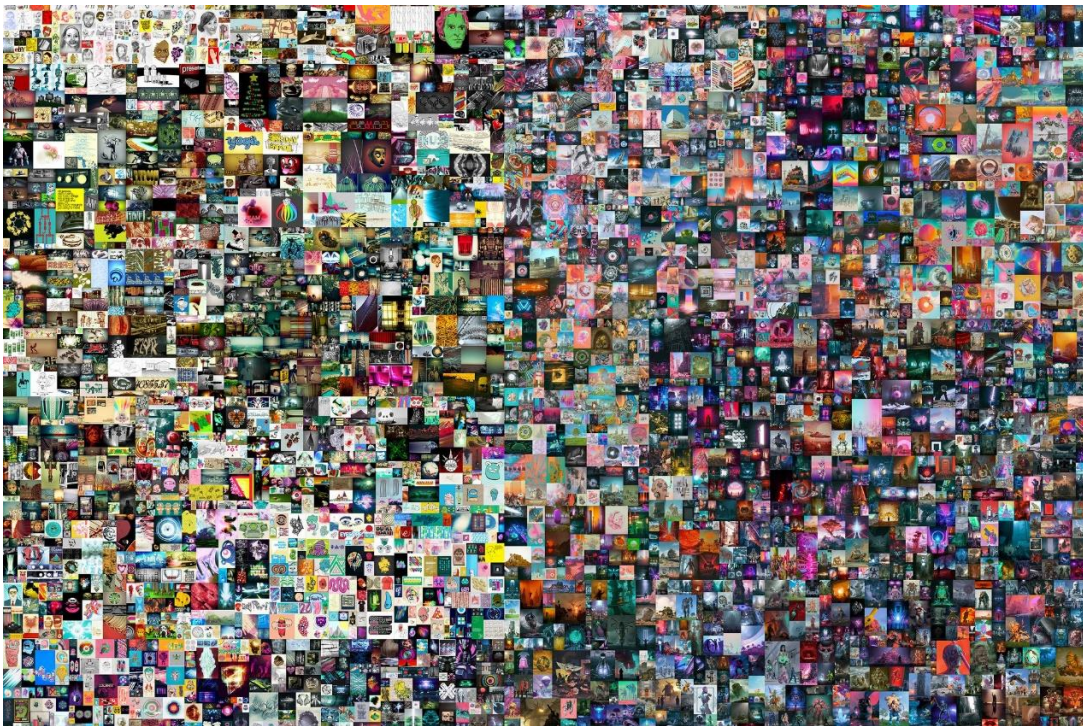
Αξίζει να σημειωθεί ότι πρώτον, το metaverse έχει μια ισχυρή εικονική αφήγηση. Για κάποιους, το metaverse υπάρχει σε έναν καθαρά εικονικό κόσμο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί

¹⁵⁷ Cocco L., Tonelli R., Marchesi M.. 2022. *A System Proposal for Information Management in Building Sector Based on BIM, SSI, IoT and Blockchain.*

¹⁵⁸ ¹⁵⁹ Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, *All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda.*

από εμάς μέσω ακουστικών VR. Ένα παράδειγμα εδώ είναι το παιχνίδι Fortnite που παίζεται με την αλληλεπίδραση μεταστροφόμενης εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιώντας τέτοια ακουστικά. Για άλλους, έχει ισχυρά θεμέλια στον φυσικό κόσμο, αλλά με ψηφιακές επικαλύψεις που βιώνονται μέσω της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) ή της πιο διαδραστικής μικτής πραγματικότητας (MR). Ένα παράδειγμα εδώ είναι το Pokémon Go που παίζεται μέσω κινητού τηλεφώνου ή γυαλιών AR¹⁶⁰. Η πρόσβαση στον εικονικό κόσμο του metaverse και της απτικής αλληλεπίδρασης σε αυτό είναι ενεργοποιημένη από οποιαδήποτε από αυτές τις συσκευές τρισδιάστατης εκτεταμένης πραγματικότητας (XR) και στο μεταξύ μέσω των σημερινών 2D οθονών που αξιοποιούν τις τεχνολογίες WebXR.

Δεύτερον, το μετασύμπαν επιταχύνεται μέσω νέων τεχνολογιών, όπως Web 3.0, blockchains, μη ανταλλάξιμα tokens (NFTs), 5G, digital twins τεχνητής νοημοσύνης και συσκευές XR. Τον Μάρτιο, ένα κολάζ jpeg του Αμερικανού καλλιτέχνη Beeple βγήκε στο σφυρί στον Christie's για περισσότερα από 69 εκατομμύρια δολάρια, καθιστώντας το την πιο ακριβή ψηφιακή εικόνα που έγινε ποτέ¹⁶¹. Αυτό κατέστη δυνατό χάρη σε ένα μη ανταλλάξιμο διακριτικό (NFT), ένα πιστοποιητικό αυθεντικότητας που βασίζεται σε blockchain που μπορεί να συνδεθεί με ένα εικονικό έργο τέχνης, καθιστώντας δυνατή την αγορά, την πώληση και τη συλλογή έργων που υπάρχουν καθαρά ψηφιακά. Είναι σημαντικό να κατανοηθεί, ότι το μετασύμπαν θα μπορούσε πιθανώς να υπάρχει χωρίς τα περισσότερα από αυτά τα συστατικά τεχνολογίας, αλλά η πρόσληψη και η κλίμακα θα παρεμποδίζονταν σοβαρά. Δεν είναι τυχαίο που διάφοροι τομείς όπως υγεία, πολιτισμός, εκπαίδευση έχουν στρέψει την προσοχή τους πάνω του.



[Εικ.3.2.1]

Το κολάζ του Beeple, *Everydays: The First 5000 Days*, πωλήθηκε στον οίκο Christie's.

<https://www.theverge.com/2021/3/11/22325054/beeple-christies-nft-sale-cost-everydays-69-million>

¹⁶⁰ What is the metaverse and why does it need 5G to succeed? The metaverse 5G relationship explained βλ. <https://www.ericsson.com/en/blog/2022/4/why-metaverse-needs-5g>

¹⁶¹ Jennifer Hahn, 2021, *Dezeen's top 10 designs for the metaverse from 2021*, βλ. <https://www.dezeen.com/2021/12/21/metaverse-designs-review-2021/>

Τρίτον, περιλαμβάνει ένα κοινωνικό στοιχείο. Μόλις βρεθεί ο επισκέπτης στο «μετασμπάντειο» μουσείο, ο ίδιος ή και το avatar του θα μπορεί να αλληλεπιδράσει ανθρώπινα με άλλους επισκέπτες μέσω τεχνολογιών που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, κοιτάζοντας ο ένας στα μάτια του άλλου, αντιλαμβάνοντας τη γλώσσα του σώματος και ίσως ακόμη και σφίγγοντας τα χέρια. Μόλις ένας σημαντικός αριθμός αρχείων αλληλεπίδρασης χρηστών παραμείνει στον κυβερνοχώρο, στα πλαίσια της εξατομίκευσης και της δημιουργίας περιεχομένου, ο κυβερνοχώρος εξελίσσεται σε μια κοινωνική κοινότητα. Παρακάτω αναλύονται αυτά τα τρία χαρακτηριστικά πλαίσια του μετασμπάντος που προαναφέρθηκαν με βάση τον μουσειακό χώρο.

Η ιδέα αυτής της έρευνας σχετίζεται με "την εικονική αναπαράσταση ενός φυσικού Συστήματος". Το VM συνδυάζει έννοιες όπως πραγματικό φυσικό σύστημα (RPS), εικονικό φυσικό σύστημα (VPS), πραγματικό σύστημα πληροφοριών (RIS) και εικονικό σύστημα πληροφοριών (VIS). Η εικονική κατασκευή ενός μουσείου ορίζεται ως ένα σύστημα που στοχεύει στη δημιουργία εικονικής αναπαράστασης ενός φυσικού συστήματος χωρίς τη χρήση πραγματικών εγκαταστάσεων/οντοτήτων¹⁶². Σύμφωνα με το Συνεχές Πραγματικότητας-Εικονικότητας του Milgram και του Kishino, το XR ενσωματώνει ψηφιακό και φυσικό περιεχόμενο σε διάφορους βαθμούς, όπως επαυξημένη πραγματικότητα (AR), μικτή πραγματικότητα (MR) και εικονική πραγματικότητα (VR)¹⁶³. Στο μετασμπαν, όλοι οι μεμονωμένοι επισκέπτες διαθέτουν τα αντίστοιχα είδωλά τους, κατ' αναλογία με τον φυσικό εαυτό τους, για να βιώσουν μια εναλλακτική ζωή σε μια εικονικότητα που είναι μια μεταφορά των πραγματικών κόσμων των επισκεπτών. Για να επιτευχθεί μια τέτοια δυαδικότητα, η ανάπτυξη του μετασμπάντος πρέπει να περάσει από τρία διαδοχικά στάδια, δηλαδή (I) digital Twins, (II) digital Natives και τελικά (III) συνύπαρξη φυσικής-εικονικής πραγματικότητας. Τα digital Twins, όπως έχουμε αναφέρει, αφορούν μεγάλης κλίμακας και υψηλής πιστότητας ψηφιακά μοντέλα μουσείων και οντότητες που αντιγράφονται σε εικονικά περιβάλλοντα. Τα ψηφιακά δίδυμα αντανακλούν τις ιδιότητες των φυσικών ομολόγων τους, συμπεριλαμβανομένων των θέσεων των αντικειμένων, της θερμοκρασίας και ακόμη και της λειτουργίας του μουσείου. Η σύνδεση μεταξύ των εικονικών και των φυσικών διδύμων συνδέεται με τα δεδομένα τους. Μετά τη δημιουργία ενός ψηφιακού αντιγράφου της φυσικής πραγματικότητας, το δεύτερο στάδιο εστιάζει στη δημιουργία περιεχομένου. Οι δημιουργοί περιεχομένου, που ίσως αντιπροσωπεύονται από τα avatars των επισκεπτών, συμμετέχουν σε ψηφιακές δημιουργίες (digital natives) μέσα στους ψηφιακούς κόσμους. Τέτοιες ψηφιακές δημιουργίες μπορούν να συνδεθούν με τις φυσικές αντίστοιχές τους, ή ακόμα και να υπάρχουν μόνο στον ψηφιακό κόσμο¹⁶⁴.

Το «μετασμπάντειο μουσείο Όπερας» θα μπορούσε να γίνει ένας εικονικός κόσμος που συνυπάρχει και διαλειτουργεί με τον φυσικό χώρο του λυρικού θεάτρου. Ως εκ τούτου, τα avatars, που αντιπροσωπεύουν ανθρώπινους επισκέπτες στον φυσικό κόσμο, μπορούν να βιώσουν ετερογενείς δραστηριότητες σε πραγματικό χρόνο που χαρακτηρίζονται από απεριόριστο αριθμό ταυτόχρονων χρηστών θεωρητικά σε πολλαπλούς εικονικούς κόσμους. Ο σχεδιασμός των μουσείων στο metaverse θα πρέπει να ενσωματώσει επαγγελματική τεχνογνωσία από διάφορα επαγγέλματα, όπως σχεδιασμό διεπαφής χρήστη, σχεδιασμό περιεχομένου, σχεδιασμό χαρακτήρων, ακόμη και σχεδιασμό παιχνιδιών. Τα μουσεία, θα μπορούν να χρησιμοποιήσουν το metaverse ως εργαλείο για το σχεδιασμό σε μεγάλη κλίμακα, για να δημιουργήσουν κτίρια που είναι πιο διαισθητικά και διαδραστικά, για ανταλλαγή γνώσεων και ανάπτυξη δυναμικών αλληλεπιδράσεων των χρηστών.

Η μετάβαση από συσκευές πρώτης γενιάς σε πολυαισθητηριακές συσκευές που οδηγούν στην εικονική πραγματικότητα, στην επαυξημένη πραγματικότητα, στην 3D εμβάπτιση θα

¹⁶² Onosato M., Iwata K., 1993, Development of a Virtual Manufacturing System by Integrating Product Models and Factory Models, pp.478-480

¹⁶³ Milgram P., Takemura H., Utsumi A., and Kishino F.. *Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum*. pp. 282 – 292

¹⁶⁴ Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, *All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda*.

προσφέρει μια «Αντίληψη του Φυσικού Χώρου» και σύνδεση με τον πραγματικό κόσμο¹⁶⁵. Η μετεγκατάσταση περιεχομένου από το Διαδίκτυο μέσω υπαρχουσών συνδεδεμένων συσκευών σε ένα καθηλωτικό τρισδιάστατο μετασύμπαν για αλληλεπίδραση και κοινή χρήση με πολλές ομάδες θα επαναπροσδιορίσει τους χώρους πολιτισμού.

Σε εικονικά περιβάλλοντα, τα εργαλεία συγγραφής επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργούν νέα ψηφιακά αντικείμενα. Για παράδειγμα, οι επισκέπτες μπορούν να αξιοποιήσουν έξυπνα wearables για να δημιουργήσουν καλλιτεχνικά αντικείμενα. Σε AR ή MR, οι χρήστες μπορούν να σχεδιάσουν σκίτσα και να επικολλήσουν επικαλύψεις σε φυσικά αντικείμενα στο φυσικό τους περιβάλλον. Επιπλέον, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να παίξει το ρόλο της αυτόματης μετατροπής οντοτήτων από τον φυσικό κόσμο σε εικονικά περιβάλλοντα. Σε αυτά τα περιβάλλοντα έρχονται αντιμέτωποι η οργάνωση του νέου περιεχομένου με διαδραστικό και αφηγηματικό τρόπο, οι συνεργατικές εργασίες μεταξύ πολλαπλών avatars (δηλαδή ανθρώπινων χρηστών) και η αλληλεπίδραση με τους χρήστες που υποστηρίζονται από πολλαπλές ετερογενείς συσκευές.

Στο πλαίσιο της τεχνολογικής πτυχής, δηλαδή των πυλώνων για το μετασύμπαν, οι άνθρωποι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση στο μετασύμπαν μέσω της εκτεταμένης πραγματικότητας (XR) και τεχνικών για τη διαδραστικότητα των χρηστών, όπως ο χειρισμός εικονικών αντικειμένων. Η όραση υπολογιστών (CV), η τεχνητή νοημοσύνη (AI), το blockchain και η ρομποτική/Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) μπορούν να συνεργαστούν με τον χρήστη, για να χειριστεί διάφορες δραστηριότητες μέσα στο μετασύμπαν μέσω της αλληλεπίδρασης των χρηστών και του XR¹⁶⁶. Το BIM γίνεται εδώ το μέσο για αναπαράσταση και σύνδεση χώρων στο φυσικό και εικονικό κόσμο.

Μία από τις πτυχές του έργου είναι η εφαρμογή της μεθοδολογίας BIM στη φάση λειτουργίας. Αυτή η στρατηγική βασίζεται στη δημιουργία ενός μοντέλου HBIM που έχει κατασκευαστεί με τον καθορισμό του επιπέδου λεπτομέρειας και ανάπτυξης (LOD) των κύριων στοιχείων, ενός συγκεκριμένου συνόλου κοινών παραμέτρων, ενός κατάλληλου συστήματος κωδικοποίησης και ταξινόμησης και εργαλείων κοινής χρήσης εργασίας. Η δύναμη του παραμετρικού μοντέλου συνίσταται στη δυνατότητα προώθησης της διαχείρισης και διατήρησης ετερογενών πληροφοριών. Επιπλέον, τα ψηφιακά αντικείμενα συνδέονται με αφηρημένα δεδομένα μέσω των τρισδιάστατων και προγραμματισμένων αναπαραστάσεων τους, όχι μόνο εντός του περιβάλλοντος λογισμικού BIM αλλά και βάσει των ιδιοτήτων διαλειτουργικότητας δεδομένων. Επιπλέον, ο πειραματισμός της χρήσης VR και AR στοχεύει στη βελτιστοποίηση της επικοινωνίας δεδομένων για διαφορετικές τυπολογίες τελικών χρηστών και περιβαλλόντων¹⁶⁷.

Το Edge computing στοχεύει στη βελτίωση της απόδοσης εφαρμογών που είναι ευαίσθητες σε καθυστέρηση και απαιτούν εύρος ζώνης, μέσω της διαχείρισης της τοπικής πηγής δεδομένων, ως δεδομένων προεπεξεργασίας που είναι διαθέσιμα σε συσκευές edge, ενώ το cloud computing είναι καλά αναγνωρισμένο για την εξαιρετικά επεκτάσιμη υπολογιστική ισχύ και την ικανότητα αποθήκευσης. Η αξιοποίηση τόσο των υπηρεσιών που βασίζονται σε σύννεφο όσο και των υπηρεσιών αιχμής μπορεί να επιτύχει μια συνέργεια, όπως η μεγιστοποίηση της απόδοσης της εφαρμογής και, κατά συνέπεια, των εμπειριών των χρηστών.

Το οικοσύστημα περιγράφει έναν ανεξάρτητο και μεταμεγέθη εικονικό κόσμο, που αντικατοπτρίζει τον πραγματικό κόσμο. Επομένως, η εικονική οικονομία είναι ένα αυθόρμητο παράγωγο τέτοιων δραστηριοτήτων στο μετασύμπαν. Ανάλογα με την κοινωνία στον φυσικό κόσμο, η δημιουργία περιεχομένου και η εικονική οικονομία πρέπει να ευθυγραμμίζονται με τους κοινωνικούς κανόνες και κανονισμούς¹⁶⁸. Για παράδειγμα, η παραγωγή στην εικονική οικονομία

¹⁶⁵ Connected construction on virtual land – the Metaverse, βλ. <https://blog.bimengus.com/connected-construction-virtual-land-metaverse/>

¹⁶⁶, ¹⁶⁸ Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, *All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda*.

¹⁶⁷ Osello An., Lucibello Gr., Morgagni Fr. 2018. *HBIM and Virtual Tools: A New Chance to Preserve Architectural Heritage*.

θα πρέπει να προστατεύεται από την ιδιοκτησία, ενώ τέτοια αποτελέσματα παραγωγής θα πρέπει να γίνονται αποδεκτά από άλλα avatars στο μετασύμπαν. Επίσης, οι ανθρώπινοι χρήστες θα περίμεναν ότι οι δραστηριότητές τους δεν εκτίθενται σε κινδύνους απορρήτου και απειλές για την ασφάλεια, κάτι το οποίο δύναται να επιτευχθεί μέσω του blockchain.

Ένα αναδυόμενο κανάλι για την πανταχού παρουσία εικονικού περιεχομένου μπορούν να θεωρηθούν τα κινητά ακουστικά. Καθώς τα κινητά ακουστικά VR θα απομονώσουν τους ανθρώπινους χρήστες από τη φυσική πραγματικότητα, έχουν σχεδιαστεί για τη συγχώνευση εικονικού περιεχομένου σε φυσικά περιβάλλοντα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι διάφοροι παράγοντες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την παρουσίαση εικονικών επικαλύψεων εντός των οπτικών πεδίων των χρηστών, όπως το χρώμα, ο φωτισμός, η αναγνωσιμότητα του εκθέματος, το μέγεθος, η μορφή. Επίσης, η υπερχείλιση πληροφοριών θα μπορούσε να καταστρέψει την ικανότητα του χρήστη να αναγνωρίζει χρήσιμες πληροφορίες. Επομένως, ο κατάλληλος σχεδιασμός του όγκου πληροφοριών και των τοποθετήσεων περιεχομένου είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της εμφάνισης εικονικών επικαλύψεων που εξάγονται από το μετασύμπαν¹⁶⁹.

Μετά την εξέταση των τεχνικών εισόδου και εξόδου, τα συνθήματα ανάδρασης των χρηστών είναι μια άλλη σημαντική διάσταση για τη διαδραστικότητα του χρήστη/επισκέπτη με το μετασύμπαν. Αυτά θα πρέπει να λειτουργήσουν ως τα ερεθίσματα για την επίτευξη απρόσκοπτης αλληλεπίδρασης χρήστη με εικονικά εκθέματα καθώς και με άλλα είδωλα που αντιπροσωπεύουν άλλους ανθρώπινους χρήστες. Για το σκοπό αυτό, θα πρέπει να εξεταστεί η πιθανή χρήση τέτοιων ερεθισμάτων που ανοίγουν το μονοπάτι προς την τηλεπαρουσία μέσω του μετασύμπαντος.

Οι ψηφιακές οντότητες κάτω από το φάσμα του XR μπορούν να αντισταθμίσουν τα στοιχεία αλληλεπίδρασης που λείπουν. Συγκεκριμένα, οι χρήστες με οθόνες seethrough μπορούν να δουν τις διεπαφές XR στον αέρα. Τα εικονικά περιβάλλοντα (AR/MR/XR) εμφανίζουν χαρακτηριστικά οπτικοποίησης αόρατων περιπτώσεων και των λειτουργιών τους, όπως το WiFi και τα προσωπικά δεδομένα χρήστη. Επίσης, το AR μπορεί να οπτικοποιήσει τη ροή δεδομένων IoT των έξυπνων καμερών και ηχείων στους επισκέπτες και στους συντηρητές και εργαζόμενους του πολιτιστικού χώρου της Λυρικής. Αντίστοιχα, οι επισκέπτες του μουσείου μπορούν να ελέγχουν τα δεδομένα IoT τους, μέσω πλατφορμών οπτικοποίησης AR. Τα εικονίδια, τα μενού και τα εικονικά τρισδιάστατα εκθέματα επιτρέπουν στους επισκέπτες να ελέγχουν συσκευές IoT με φυσικές χειρονομίες.

Η όραση υπολογιστή επιτρέπει στις συσκευές XR να αναγνωρίζουν και να κατανοούν οπτικές πληροφορίες των δραστηριοτήτων των επισκεπτών και του φυσικού τους περιβάλλοντος, βοηθώντας στη δημιουργία πιο αξιόπιστων και ακριβών εικονικών και επαυξημένων μουσειακών περιβαλλόντων. Εκτός από τη θέση και τον προσανατολισμό, το διαδραστικό σύστημα XR χρειάζεται να παρακολουθεί το σώμα και τη στάση των επισκεπτών¹⁷⁰. Οι ανθρώπινοι χρήστες και τα avatars θα συνδέονται μεταξύ τους και θα συνυπάρχουν στη διασταύρωση μεταξύ του φυσικού πολιτιστικού χώρου και του μετασυμπάντειου μουσείου. Λαμβάνοντας υπόψη την έννοια των ψηφιακών διδύμων και το σημαντικό χαρακτηριστικό της διαλειτουργικότητας, η οικοδόμηση τέτοιων συνδέσεων σε φυσικά και ψηφιακά περιβάλλοντα απαιτεί βαθιά κατανόηση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Στον φυσικό κόσμο, αποκτούμε χωρικές πληροφορίες με τα μάτια μας και χτίζουμε μια τρισδιάστατη ανασύσταση του κόσμου στον εγκέφαλό μας, όπου γνωρίζουμε την ακριβή θέση κάθε αντικείμενου. Ομοίως, το μετασύμπαν χρειάζεται να αποκτήσει την τρισδιάστατη δομή ενός άγνωστου περιβάλλοντος και να αισθανθούμε την κίνησή του. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, ο ταυτόχρονος εντοπισμός και η χαρτογράφηση είναι μια κοινή τεχνική όρασης υπολογιστή που εκτιμά την κίνηση της συσκευής και ανακατασκευάζει ένα άγνωστο περιβάλλον. Στο μετασυμπάντειο μουσείο, το αντιληπτό εικονικό μουσείο είναι χτισμένο στον κοινό τρισδιάστατο εικονικό χώρο. Επομένως, είναι δύσκολο να αποκτήσουμε την τρισδιάστατη δομή

¹⁶⁹ Lin Y., Hsu L., Chen M., *Peritextar: utilizing peripheral vision for reading text on augmented reality smart glasses*.

¹⁷⁰ Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, *All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda*.

ενός άγνωστου περιβάλλοντος και να αισθανθούμε την κίνησή του. Αυτό θα μπορούσε να βοηθήσει στη συλλογή δεδομένων, για παράδειγμα ψηφιακή δίδυμη κατασκευή, η οποία μπορεί να συνδεθεί με AI για να επιτευχθεί αυτόματη μετατροπή με τον φυσικό κόσμο.

Στον φυσικό κόσμο, κατανοούμε τον κόσμο απαντώντας σε τέσσερις θεμελιώδεις ερωτήσεις: ποιος είναι ο ρόλος μου; Ποιο είναι το περιεχόμενο γύρω μου; Πόσο μακριά είμαι από το αναφερόμενο αντικείμενο; Τι μπορεί να κάνει το αντικείμενο; Ο ρόλος ενός ατόμου είναι ήδη ξεκάθαρος στο metaverse καθώς προβάλλεται μέσω ενός avatar. Ωστόσο, η δεύτερη ερώτηση απαντάται με την όραση υπολογιστή με βάση τη σημασιολογική κατάτμηση και την ανίχνευση αντικειμένων. Όσον αφορά την τρίτη ερώτηση, υπολογίζουμε την απόσταση από τα αντικείμενα αναφοράς με βάση τα μάτια μας στον φυσικό κόσμο. Η τελευταία ερώτηση απαιτεί από εμάς να ερμηνεύσουμε τον φυσικό κόσμο με βάση την κατανόησή μας. Το metaverse απαιτεί από εμάς να αλληλεπιδράσουμε με άλλα αντικείμενα και χρήστες τόσο στον φυσικό όσο και στον εικονικό κόσμο. Η αναγνώριση εκθεμάτων AR στοχεύει στην προσάρτηση ενός τρισδιάστατου μοντέλου στον φυσικό κόσμο. Αυτό απαιτεί από τους αλγόριθμους ανίχνευσης αντικειμένων να εντοπίζουν με ακρίβεια τη θέση των εκθεμάτων. Τοποθετώντας ένα τρισδιάστατο εικονικό αντικείμενο και συνδέοντάς το με το φυσικό αντικείμενο, οι χρήστες μπορούν να το χειριστούν και να το μετακινήσουν. Η ανίχνευση αντικειμένων AR μπορεί να βοηθήσει στη δημιουργία ενός πλουσιότερου και πιο καθηλωτικού τρισδιάστατου περιβάλλοντος στο metaverse¹⁷¹.

Στο metaverse, οι χρήστες αντιπροσωπεύονται ως avatars και πολλά avatars μπορούν να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους. Οι αλγόριθμοι ανίχνευσης προσώπου πρέπει να ανιχνεύουν τα πραγματικά πρόσωπα (από τον φυσικό κόσμο) και τα συνθετικά πρόσωπα (από τον εικονικό κόσμο). Στο metaverse, ένα ανθρώπινο avatar πρέπει να αναγνωρίσει τη δράση των άλλων avatars και των περιεχομένων. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι το κύριο χαρακτηριστικό του αναδυόμενου μετασύμπαντος είναι η επικάλυψη τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων, απελευθερώνοντας τους χρήστες από εργασίες ανάλυσης δεδομένων, όπως παρακολούθηση, ρύθμιση και σχεδιασμός. Στη δημιουργία και τη λειτουργία του μετασύμπαντος συμβάλλει η τεχνητή νοημοσύνη, οι εφαρμογές της οποίας είναι το ψηφιακό δίδυμο (DT) και η αυτονομία του avatar.

Το ψηφιακό μοντέλο είναι η ψηφιακή αναπαραγωγή μιας φυσικής οντότητας. Δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ του μετασύμπαντος και του φυσικού κόσμου. Η ψηφιακή σκιά (digital shadow), όπως έχει προαναφερθεί, είναι η ψηφιακή αναπαράσταση μιας φυσικής οντότητας. Μόλις αλλάξει η φυσική οντότητα, η ψηφιακή της σκιά αλλάζει ανάλογα¹⁷². Στην περίπτωση ενός ψηφιακού δίδυμου, το μουσείο στο μετασύμπαν και ο πολιτιστικός χώρος στον φυσικό κόσμο μπορούν να επηρεάσουν το ένα το άλλο. Οποιαδήποτε αλλαγή σε κάποιο από αυτά θα οδηγήσει σε αλλαγή του άλλου. Στο metaverse, εστιάζουμε σε αυτό το τρίτο είδος ψηφιοποίησης.

Αυτά τα ψηφιακά δίδυμα, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παροχή ταξινόμησης και αναγνώρισης χαρακτηριστικών των αντικειμένων της έκθεσης. Η ανθρώπινη παρέμβαση και η χειροκίνητη επιλογή χαρακτηριστικών είναι χρονοβόρα. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να αυτοματοποιηθεί η διαδικασία επεξεργασίας, ανάλυσης και εκπαίδευσης δεδομένων. Παρακάτω αναλύεται το προτεινόμενο πλαίσιο αλληλεπίδρασης μεταξύ του χρήστη, του DT και του πλαισίου εφαρμογής κατά τη διάρκεια επίσκεψης στη Λυρική Σκηνή.

Το Digital Twin της Λυρικής Σκηνής αντιπροσωπεύεται από τρία μέρη. Το Φυσικό μέρος αντιπροσωπεύει το φυσικό περιουσιακό στοιχείο του DT, όπως τα εκθέματα και ο εξοπλισμός του πολιτιστικού χώρου. Τα δεδομένα μπορούν να σταλούν από και προς αυτό το τμήμα χάρη στο τμήμα επεξεργασίας δεδομένων. Ωστόσο, ο επισκέπτης/ χρήστης του πολιτιστικού χώρου μπορεί να αλληλεπιδράσει απευθείας με αυτό. Το Ψηφιακό μέρος αποτελεί την ψηφιακή αναπαράσταση των περιουσιακών στοιχείων, με τα σημασιολογικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο που συγκεντρώνονται με έξυπνους αισθητήρες και υποβάλλονται σε επεξεργασία από το τμήμα επεξεργασίας δεδομένων. Τα δεδομένα μπορούν στη συνέχεια να συνδεθούν με την τρισδιάστατη αναπαράσταση του εκθέματος και στη συνέχεια να εμφανιστούν στον

¹⁷¹ Schroder M., Ritter H., 2017, *Deep learning for action recognition in augmented reality assistance systems*. pp. 1–2.

¹⁷² Fuller A., Fan Z., Day Ch., Barlow Ch., 2020, *Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research*.

χρήστη/επισκέπτη αφού υποβληθούν σε επεξεργασία στην κατάλληλη μορφή. Τρίτο μέρος αποτελεί η επεξεργασία δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει όλα τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που επιτρέπουν ανταλλαγές μεταξύ φυσικών και ψηφιακών εκθεμάτων αλλά και αντικειμένων του μουσείου και τους αλγόριθμους που επεξεργάζονται τα ακατέργαστα δεδομένα πριν τα στείλουν στο ψηφιακό μέρος. Περιέχει επίσης τους αλγόριθμους απόφασης και πρόβλεψης καθώς και αυτούς που επιτρέπουν τη μετάδοση των εντολών του χρήστη στο ψηφιακό τμήμα για την εμφάνιση πληροφοριών και στο φυσικό μέρος για τον έλεγχο του πραγματικού συστήματος.

Περαιτέρω, το τμήμα διεπαφής ανθρώπου-μηχανής (HMI) αντιπροσωπεύει τη διεπαφή επικοινωνίας μεταξύ του επισκέπτη/ειδικού και του DT. Αυτή η διεπαφή μπορεί είτε να αντιπροσωπεύει μια συσκευή XR, είτε ένα κλασικό λογισμικό υπολογιστή που επιτρέπει την απεικόνιση τρισδιάστατων πληροφοριών χάρη στο τμήμα επεξεργασίας δεδομένων που μεταφράζει τις εντολές στην κατάλληλη γλώσσα¹⁷³. Μπορεί επίσης να αναπαραστήσει εφαρμογές εκπαίδευσης VR χρησιμοποιώντας DT που βασίζεται σε BIM, για να εισάγει τον επισκέπτη σε ρεαλιστικές καταστάσεις μέσω ενός καθηλωτικού περιβάλλοντος και συλλεγμένων δεδομένων από πραγματικές καταστάσεις, δηλαδή από τον φυσικό χώρο της Λυρικής. Ο επιτόπιος επισκέπτης μπορεί να αλληλεπιδράσει με το DT χάρη τόσο στο εξάρτημα HMI όσο και στην άμεση αλληλεπίδραση με το Φυσικό τμήμα, ειδικά κατά τη διάρκεια επίσκεψης. Από την άλλη πλευρά, ο απομακρυσμένος καλλιτέχνης που δημιούργησε το έκθεμα-όπερα για παράδειγμα, μπορεί να αλληλεπιδράσει με το DT μόνο χρησιμοποιώντας ένα HMI, καθώς η απόσταση εμποδίζει οποιαδήποτε άμεση αλληλεπίδραση με το Φυσικό μέρος.



[Εικ.3.2.2]

Ο δήμος του Ρότερνταμ, ανέπτυξε μια εφαρμογή που επιτρέπει να βλέπεις νέα κατασκευαστικά έργα σε τρισδιάστατη μορφή. Κάθε νέο κατασκευαστικό έργο χρησιμοποιεί τρισδιάστατες πληροφορίες κτιρίου. Σε αυτήν την εφαρμογή αυτό μετατρέπεται σε Augmented Reality (AR). Εικόνες από παρουσίαση στο ΜΠΣ «Digital Culture, Smart Cities, IoT & Advanced Digital Technologies» της Ευτυχίας Καλογιάννη, Σεπτέμβριος 2022

¹⁷³ Coupry C., Noblecourt S., Richard P., Baudry D., Bigaud D., 2021, *BIM-Based Digital Twin and XR Devices to Improve Maintenance Procedures in Smart Buildings: A Literature Review*.

Το metaverse μπορεί να αντέξει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ πλατφορμών που αντιπροσωπεύουν διαφορετικούς εικονικούς κόσμους, δηλαδή, δίνει τη δυνατότητα στους επισκέπτες να δημιουργούν περιεχόμενο και να το διανέμουν ευρέως σε εικονικούς κόσμους. Για παράδειγμα, ένας επισκέπτης μπορεί να δημιουργήσει περιεχόμενο σε μία πλατφόρμα μουσείου, και να μεταφέρει το ίδιο περιεχόμενο σε άλλη πλατφόρμα μουσείου ή της Λυρικής Σκηνής, με συνεχή ταυτότητα και εμπειρία, όπως συμβαίνει με τις πλατφόρμες παιχνιδιών. Σε περαιτέρω βαθμό, η πλατφόρμα μπορεί να συνδεθεί και να αλληλεπιδράσει με τον φυσικό κόσμο μέσω διαφόρων καναλιών, περιεχομένων, avatars, την πρόσβαση στις πληροφορίες του επισκέπτη- χρήστη μέσω φορητών οθονών που τοποθετούνται στο κεφάλι ή κινητών ακουστικών. Επισκέπτες, ξεναγοί, ακόμα και οι δημιουργοί, όπου είναι δυνατόν, των εκθεμάτων στο metaverse, μπορούν να αλληλεπιδρούν μέσω των avatar τους.

Ως αποτέλεσμα όλων αυτών, προκύπτει ότι όλα είναι ψηφιοποιημένα, συμπεριλαμβανομένων ψηφιακών δίδυμων για φυσικές οντότητες και συστήματα, είδωλα για επισκέπτες, ομάδες εκθεμάτων και όλα απαιτούν ασφάλεια και διατήρηση του απόρρητου. Στο προτεινόμενο πλαίσιο, το blockchain αναμένεται να συνδέσει τα πάντα στον κόσμο στο μετασύμπαν. Οι τεχνικές blockchain κάνουν δυνατή την εφαρμογή μπλοκ αλυσίδων στο σύστημα αποθήκευσης δεδομένων για να εγγυηθούν την αποκέντρωση και την ασφάλεια στο metaverse. Οι επισκέπτες, αλλά και οι άνθρωποι που συντηρούν τον πολιτιστικό χώρο και οι επιμελητές αποθηκεύουν δεδομένα blockchain τοπικά και τα συγχρονίζουν με άλλα δεδομένα blockchain που είναι αποθηκευμένα σε ομότιμες συσκευές με ένα μοντέλο συναίνεσης. Οι χρήστες ονομάζονται κόμβοι στο blockchain. Κάθε κόμβος διατηρεί το πλήρες αρχείο των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στο blockchain. Εάν υπάρχει σφάλμα σε έναν κόμβο, εκατομμύρια άλλοι κόμβοι θα μπορούσαν να αναφερθούν για να διορθώσουν το σφάλμα¹⁷⁴.

Το BIM μπορεί να αντιμετωπίσει το ζήτημα της μετατροπής της εγγενούς αξίας σε ψηφιακές αξίες δημιουργώντας προστιθέμενη αξία, σε συνδυασμό με την ικανότητα του BCT να παρέχει μηχανισμούς ανταμοιβής με τη μορφή εικονικών νομισμάτων που έχουν ισχύ πολύ καιρό μετά την ολοκλήρωση του έργου. Τα δίκτυα blockchain διασφαλίζουν ότι κανένας μεμονωμένος κόμβος στο δίκτυο δεν έχει πλήρη πρόσβαση σε όλες τις πληροφορίες. Η προστασία πολλαπλών υπογραφών (multisig) μπορεί να προσθέσει άλλο ένα επίπεδο ασφάλειας στην εξουσιοδότηση συναλλαγών. Επιπλέον, τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να αυτοματοποιούν την ανάθεση ή την ανάκληση προνομίων με βάση την ικανοποίηση ορισμένων όρων, καθώς και να αποθηκεύουν ένα αμετάβλητο αρχείο όλων των τροποποιήσεων στα δεδομένα του μοντέλου BIM, μαζί με άλλες σχετικές πληροφορίες¹⁷⁵.

Στο metaverse, διάφορα είδη δεδομένων χρήστη ψηφιοποιούνται, συλλέγονται και αποθηκεύονται. Δεδομένης της πολυεπιστημονικής φύσης ενός μουσείου, με ομάδες που μπορεί να είναι με διαφορετικά επίπεδα λειτουργιών και προνομίων, προτείνεται το Hyperledger Fabric (HLF), καθώς βασίζεται σε μια επιτρεπόμενη αλυσίδα μπλοκ. Το HLF βασίζεται σε αρθρωτές και επεκτάσιμες αρχιτεκτονικές. Ένα παράδειγμα πιθανών λειτουργικών μονάδων που μπορούν να συνδεθούν και να υλοποιηθούν στο Hyperledger Fabric περιλαμβάνουν Υπηρεσίες μελών, που ασχολείται με τη διαχείριση της ταυτότητας των μελών που συμμετέχουν στο δίκτυο blockchain, Υπηρεσίες αλυσιδωτού κώδικα, όπου ένας αλυσιδωτός κώδικας ή ένα έξυπνο συμβόλαιο είναι κωδικός σε επίπεδο εφαρμογής που αποθηκεύεται στο καθολικό ως μέρος μιας συναλλαγής, Υπηρεσίες συναίνεσης, οι οποίες επιτρέπουν ψηφιακά υπογεγραμμένες συναλλαγές να προτείνονται και να επικυρώνονται από τα μέλη του δικτύου. Ο κάτοχος δεδομένων μοιράζεται ένα κλειδί με όλους τους άλλους χρήστες του μουσείου που ζητούν τα δεδομένα. Ο έλεγχος ταυτότητας των συμμετεχόντων γίνεται μέσω blockchain, το οποίο εγγυάται την ασφάλεια των δεδομένων¹⁷⁶.

¹⁷⁴ Berg Ch., Davidson S., Potts J., 2019, Blockchain technology as economic infrastructure: Revisiting the electronic markets hypothesis.

¹⁷⁵, ¹⁷⁶ Nawari N., Ravindran S., 2019, *Blockchain and Building Information Modeling (BIM): Review and Applications in Post-Disaster Recovery*.

Επιπλέον, κάθε χρήστης θα μπορούσε να είναι ταυτόχρονα αιτών δεδομένων και πάροχος δεδομένων. Επιπλέον, τα δεδομένα κρυπτογραφούνται και μεταφέρονται σε έναν ανώνυμο κόμβο για αποθήκευση, ενισχύοντας περαιτέρω την ασφάλεια των δεδομένων. Όλοι οι κόμβοι στις αλυσίδες μπλοκ καταγράφουν τη θέση των δεδομένων¹⁷⁷. Έτσι, οι κάτοχοι δεδομένων μπορούν να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα τους με πολύ εύκολο τρόπο. Το απόρρητο και η ασφάλεια είναι υψίστης σημασίας για τη διαχείριση των δεδομένων του μουσείου στο metaverse. Το Blockchain επομένως, παρέχει μια πλατφόρμα δεδομένων με εξαιρετικά υψηλή ασφάλεια, επιτρέποντας σε διαφορετικά άτομα να μοιράζονται δεδομένα.

Από το 2020, η απροσδόκητη διακοπή από την παγκόσμια πανδημία έχει επιταχύνει τον ψηφιακό μετασχηματισμό και ως εκ τούτου τα εικονικά περιβάλλοντα μουσείων θεωρούνται εναλλακτική λύση για εικονικά ταξίδια, κοινωνικές συγκεντρώσεις και τρόπο ψυχαγωγίας και εκμάθησης. Οι αρχιτέκτονες μπορούν να εκτελέσουν προσομοιώσεις για να δημιουργήσουν σενάρια πραγματικού κόσμου σε ένα εικονικό περιβάλλον για να δοκιμάσουν μη χτισμένες δομές. Προσκαλώντας τον επισκέπτη να μπει στο μετασμπάντειο μουσείο στην ουσία μπορεί να «σπρώξει» την πόρτα και να μπει στο κτίριο. Μπορεί να πάει οπουδήποτε θέλει, μπορεί να δει οτιδήποτε θέλει, να αντιληφθεί κάθε χρώμα, κάθε λεπτομέρεια των ψηφιακών εκθεμάτων, τον όγκο των εκθεμάτων αλλά και των χώρων και γενικά να βιώσει την πραγματικότητα του κτιρίου με όλες τις λεπτομέρειες του μουσείου ως χώρου αλλά και ως σύνολο αντικειμένων.

Το υπάρχον Διαδίκτυο είναι δισδιάστατο σε σύγκριση με το μετασμπάντ που είναι πολύ πιο τρισδιάστατο και πολυαισθητηριακό. Ο επισκέπτης μπορεί να αγγίζει και να αλληλεπιδρά με αντικείμενα και περιβάλλοντα χρησιμοποιώντας διάφορα μέσα, φέρνοντας συλλογές εκθεμάτων, προβολές και μουσειακά αντικείμενα κοντά του. Με το «μετασμπάντειο» μουσείο, οι ενδιαφερόμενοι φορείς του έργου, όπως επιμελητές εκθέσεων, καλλιτέχνες, συντηρητές, ξεναγοί, προσωπικό του μουσείου, οι οποίοι βρίσκονται σε όλο τον κόσμο, προγραμματίζουν μια συνάντηση για να συζητήσουν το στήσιμο της έκθεσης, τυχόν προβλήματα και να συντονίσουν τα επόμενα βήματα. Το Metaverse ορίζεται ως το μέλλον του Διαδικτύου σε ένα 3D καθηλωτικό περιβάλλον. Η πρόσβαση στο Διαδίκτυο από τηλέφωνα ή tablet θα αντικατασταθεί από πλήρη ακουστικά εικονικής πραγματικότητας (VR) ή επαυξημένης πραγματικότητας (AR)¹⁷⁸.

Ο Hadavi περιγράφει το metaverse ως μια συλλογή από καθηλωτικούς εικονικούς κόσμους που είναι παράλληλοι με τον πραγματικό κόσμο, όπου ένα άτομο μπορεί να συμμετέχει σε μια ποικιλία διαφορετικών δραστηριοτήτων¹⁷⁹. Οι δυνατότητες που έχει είναι συνεργασίας από οποιαδήποτε τοποθεσία και ανά πάσα στιγμή με τη χρήση ακουστικών VR, συντονισμού, καθώς οι ομάδες εργασίας στο μουσείο μπορούν να οδηγήσουν ροές εργασίας BIM σε ένα καθηλωτικό περιβάλλον Metaverse και παρουσιάσεων και περιηγήσεων σε εμπυθιστικά περιβάλλοντα με πολιτιστικό περιεχόμενο για τους επισκέπτες του μουσείου. Η επαυξημένη και η εικονική πραγματικότητα μπορεί να είναι εξαιρετικά χρήσιμη στη μετάβασή μας από την παραδοσιακή επίσκεψη στο μουσείο που βασίζεται στις εκθεσιακές αίθουσες, σε επισκέψεις και συναντήσεις στις εικονικές αίθουσες των μουσείων, όπως είχαμε τα τελευταία χρόνια της πανδημίας.

Όταν ξεκινά η συνάντηση, όλοι οι φορείς του έργου φορούν ένα σετ μικροφώνου-ακουστικού εικονικής πραγματικότητας και μεταφέρονται σε ένα εικονικό τραπέζι συνεδριάσεων, όπου ψηφιακοί κλώνοι του εαυτού τους εξετάζουν μια εικονική απόδοση του ολοκληρωμένου έργου Building Information Modeling (BIM) μέσα στο μουσείο. Κατά τη διάρκεια της συνάντησης, έχουν ερωτήσεις σχετικά με έναν συγκεκριμένο χώρο έκθεσης του μουσείου και κάνουν ζουμ στο ολόγραμμα της δομής για να ρίξουν μια πιο προσεκτική ματιά. Στιγμιότυπο από την εφαρμογή για κινητά, που εμφανίζει ιδιότητες μέσα από το μοντέλο BIM επιτρέπει την εύκολη ομαδοποίηση στοιχείων για λεπτομερή προγραμματισμό. Ένα σετ από κάμερες 360 μοιρών

¹⁷⁷ Nawari N., Ravindran S., 2019, *Blockchain and Building Information Modeling (BIM): Review and Applications in Post-Disaster Recovery*.

¹⁷⁸ Connected construction on virtual land – the Metaverse, βλ. <https://blog.bimengus.com/connected-construction-virtual-land-metaverse/>

¹⁷⁹ The Metaverse Could Be A/E/C's New Reality, βλ. <https://www.mccormick.northwestern.edu/project-management/inside-our-program/stories/2022/the-metaverse-could-be-aecs-new-reality.html>

επιτρέπει στους εικονικούς συμμετέχοντες να κάνουν μια επίσκεψη στον ιστότοπο του πραγματικού έργου. Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες βγάζουν τα εικονικά ακουστικά τους και επιστρέφουν στον πραγματικό κόσμο.



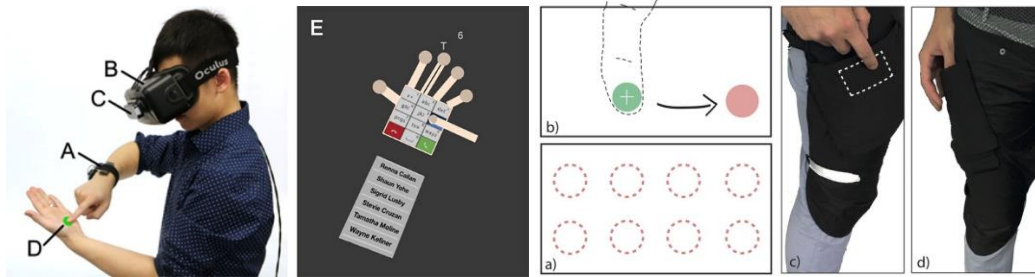
[Εικ.3.2.3]

Με τη φόρτωση χαρτών και δορυφορικών εικόνων στα σχέδια της εταιρείας AECOM, το AR επιτρέπει στους σχεδιαστές φορώντας γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας, να βγάλουν μια άποψη τοποθεσίας, με ακριβή τοπολογία και διαστάσεις. Ο Morgan Garrard, ο οποίος είναι προγραμματιστής περιεχομένου MR/AR/VR, εξηγεί: «Μπορούμε να κάνουμε εναλλαγή μεταξύ της κανονικής προβολής της πόλης, ενός είδους δορυφορικής προβολής των κτιρίων, και μετά εναλλαγή σε διαγράμματα με τομείς περιβαλλοντικής ανάλυσης. Εάν μπορείτε να μετατρέψετε όλες αυτές τις πληροφορίες σε οπτικά δεδομένα και να τις έχετε εκεί για να αλληλεπιδράσει κάποιος, αυτό είναι μεγάλη υπόθεση». [Disrupting Reality: How VR Is Changing Architecture's Present and Future - Metropolis \(metropolismag.com\)](https://www.metropolismag.com/article/disrupting-reality-how-vr-is-changing-architecture-present-and-future)

Καθώς το τελικό στάδιο του μετασύμπαντος θα διασυνδέσει τόσο τον φυσικό κόσμο όσο και τα ψηφιακά του δίδυμα, όλοι οι ανθρώπινοι χρήστες στον φυσικό κόσμο μπορούν να λειτουργήσουν με είδωλα και εικονικά αντικείμενα που βρίσκονται τόσο στο μετασύμπαντο όσο και στο MR σε φυσικά περιβάλλοντα. Επομένως, τόσο ο φυσικός όσο και οι εικονικοί κόσμοι επηρεάζουν συνεχώς ο ένας τον άλλον. Είναι απαραίτητο να δοθεί η δυνατότητα στους χρήστες και επισκέπτες του πολιτιστικού χώρου να αλληλεπιδρούν παντού με ψηφιακές οντότητες. Εκτός από τις τεχνικές αλληλεπίδρασης που βασίζονται σε όραση υπολογιστή, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η ερευνητική κοινότητα αναζητά διαφοροποιημένη μέθοδο εισόδου, συμπεριλαμβανομένων των οπτικών, μέσω IMU, πυροηλεκτρικών ηλεκτρομαγνητικών υπέρυθρων. Τέτοιες εναλλακτικές μέθοδοι μπορούν να συλλάβουν τις δραστηριότητες των χρηστών και ως εκ τούτου να αλληλεπιδράσουν με τις ψηφιακές οντότητες από το μετασύμπαντο.

Αρχικά, οι ίδιοι οι ανθρώπινοι χρήστες θα μπορούσαν να γίνουν βολική και έτοιμη προς χρήση επιφάνεια αλληλεπίδρασης. Για παράδειγμα, το ActiTouch διαθέτει μια χωρητική επιφάνεια συνδεδεμένη στο αντιβράχιο του χρήστη. Τα ηλεκτρόδια στο ActiTouch μετατρέπουν το σώμα του χρήστη σε μια επιφάνεια εισόδου, πράγμα που σημαίνει ότι οι χρήστες μπορούν να κάνουν χτυπήματα στο σώμα τους για να επικοινωνήσουν με άλλους ενδιαφερόμενους φορείς σε διάφορες ψηφιακές οντότητες στο μετασύμπαντο¹⁸⁰.

¹⁸⁰ Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P., 2021, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda.



[Εικ.3.2.4]

ActiTouch και PocketThumb.

<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3332165.3347869>

<https://www.researchgate.net/figure/Target-locations-were-aligned-in-a-4x2-grid-a-Each-target-selection-consisted-of-a-fig9-318071779>

Αντί να συνδέουμε αισθητήρες στο σώμα μας, μια άλλη εναλλακτική λύση θεωρείται το ψηφιακό ύφασμα. Το ψηφιακό ύφασμα ενσωματώνει νέο υλικό και αγώγιμα νήματα μέσα στα συνηθισμένα υφάσματα, τα οποία υποστηρίζουν τις αλληλεπιδράσεις των χρηστών με 2D και 3D διεπαφές χρήστη (UIs). Ερευνητικά πρωτότυπα όπως το PocketThumb και το ARCoRD μετατρέπουν τα ρούχα σε διεπαφές χρήστη με τις ψηφιακές οντότητες στο MR. Το PocketThumb είναι ένα έξυπνο ύφασμα που βρίσκεται στην μπροστινή τσέπη του παντελονιού. Οι χρήστες μπορούν να αγγίξουν τα υφάσματα για να πραγματοποιήσουν αλληλεπίδραση με τον χρήστη¹⁸¹.

Εν κατακλείδη, συνδεδεμένα οικοσυστήματα, συμπεριλαμβανομένου του πολιτισμού, της οικονομίας, των νόμων και των κανονισμών (ιδιοκτησία δεδομένων), των κοινωνικών κανόνων, μπορούν να υποστηρίξουν αυτήν την ψηφιακή δημιουργία. Τέτοια οικοσυστήματα είναι ανάλογα με τους υπάρχοντες κανόνες και κανονισμούς της κοινωνίας του πραγματικού κόσμου, υποστηρίζοντας την παραγωγή φυσικών αγαθών και άυλων περιεχομένων. Για παράδειγμα, η είσοδος στο εικονικό μουσείο μπορεί να περιλαμβάνει εικονικό εισιτήριο και τα avatars των επισκεπτών θα πρέπει να συμπεριφέρονται με σοβαρότητα στον μουσειακό χώρο με σεβασμό στα εκθέματα, ή ακόμα και να μπορούν να δείχνουν τις εντυπώσεις τους.

¹⁸¹ Klamka K., Dachzelt R., 2018, *Arcord: Visually augmented interactive cords for mobile interaction*.

IV. ΤΟ ΝΕΟ ΜΟΥΣΕΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ – ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

[IV_1. ΤΟ ΝΕΟ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟ ΚΑΙ ΜΟΥΣΕΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ]

Τα κτίρια σήμερα καταναλώνουν περίπου το ένα τρίτο των παγκόσμιων πόρων, με αποτέλεσμα μεγάλη κατανάλωση ενέργειας και υπερβολικά κατασκευαστικά απόβλητα. Ο κόσμος γύρω μας εξελίσσεται και η υπερβολική χρήση κατασκευαστικών πόρων έχει οδηγήσει σε διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα που χρήζουν άμεσης επίλυσης. Η υιοθέτηση των παράλληλων εικονικών χώρων έρχεται να συμβάλλει στη μείωση των κατασκευαστικών αποβλήτων για τις αυξανόμενες λειτουργίες των κτιρίων. Ήδη έχουν αρχίσει να πωλούνται εικονικά οικόπεδα και η ζήτηση για μετα-αρχιτεκτονικές επιχειρήσεις έχει ξεπεράσει την προσφορά, ανοίγοντας νέους δρόμους στο να σχεδιαστούν αυτά τα νέα ψηφιακά περιβάλλοντα. Ως απάντηση στις αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα ζητήματα πνευματικών δικαιωμάτων που σχετίζονται με τα NFT, η μουσικός Imogen Hear δημιούργησε την πρώτη της συλλογή με έξι οπτικοακουστικά NFT για να «θέσει το ερώτημα για το τι μπορεί και πρέπει να είναι η ψηφιακή τέχνη». Το εγχείρημα αυτό αφαιρέσε 100 φορές περισσότερο άνθρακα από την ατμόσφαιρα από ό,τι παρήγαγε, καθώς η Hear επένδυσε το 5% των δικών της κερδών στη δέσμευση άνθρακα, ενώ τα υπόλοιπα κέρδη μοιράστηκαν εξίσου μεταξύ όλων των συνεισφερόντων, προγραμματίστηκαν στον κώδικα και αναφέρονται στην περιγραφή κάθε NFT.¹⁸²

Η πανδημία COVID-19 άλλαξε την εργασιακή μας κουλτούρα, επιτάχυνε την άνοδο του ηλεκτρονικού εμπορίου και άλλαξε τον τρόπο λειτουργίας των επιχειρήσεων. Ολόκληρος ο κόσμος, είναι μάρτυρας μιας σημαντικής στροφής, από την πραγματική οικονομία στην ψηφιακή οικονομία και η εντοποίηση αυτών των δύο επιταχύνθηκε δραστικά μετά την παγκόσμια πανδημία. Μερικοί από τους πρωτοπόρους των βιομηχανιών που είναι οι πρώτοι στην οικοδόμηση μεταβάσεων είναι τα παιχνίδια, η μόδα και οι χώροι του πολιτισμού.

Τα ψηφιακά είδη είναι πλέον μια αγορά άνω των 10 δισεκατομμυρίων δολαρίων και για να έχουν πραγματική, διαρκή αξία τα ψηφιακά στοιχεία, πρέπει να υπάρχουν ανεξάρτητα από μια οντότητα που μπορεί να αποφασίσει ανά πάσα στιγμή να τα αφαιρέσει ή να τα απενεργοποιήσει. Γι' αυτό δημιουργήθηκε το NFT (Non-fungible tokens), η πιο πρόσφατη εφαρμογή στην τεχνολογία blockchain. "Μη ανταλλάξιμο" σημαίνει ότι είναι μοναδικό και δεν μπορεί να αντικατασταθεί με κάτι άλλο. Ως εκ τούτου, η αξία των NFTs θεωρείται ότι πιστοποιεί τη δημιουργία του ψηφιακού στοιχείου ως «μοναδικού». Και αυτή η ψηφιακή δημιουργία μπορεί να είναι οτιδήποτε, συμπεριλαμβανομένης της ψηφιακής αρχιτεκτονικής ή του ψηφιακού εκθέματος στην παρούσα εργασία. Σε εικονικούς κόσμους όπως η Decentraland, το Sandbox, το Somnium Space, οι άνθρωποι μπορούν να εμφανίσουν τις συλλογές έργων τέχνης NFT, να περπατήσουν με φίλους, να επισκεφτούν ένα μουσείο και να παρακολουθήσουν εκδηλώσεις¹⁸³.

Ο αριθμός των επισκεπτών, εξαιτίας της πανδημίας, είχε μειωθεί έως και 77% στα πιο διάσημα μουσεία του κόσμου τα τελευταία τρία χρόνια, αυξάνοντας την επείγουσα ανάγκη του πολιτιστικού τομέα να διαφοροποιήσει τις ροές εσόδων του. Ωστόσο, ενώ η συμμετοχή ανακάμτει, τα στοιχεία μπορεί να μην επιστρέψουν ποτέ στα πρότυπα πριν από τον Covid επειδή οι χρήστες αναζητούν διαφορετικές εμπειρίες¹⁸⁴. Για να επιβιώσουν σε αυτό το νέο κλίμα, οι πολιτιστικοί χώροι αγκαλιάζουν τα NFTs, το gamification και το metaverse.

Στις μέρες μας, οι καταναλωτές ξοδεύουν 5,8 εκατομμύρια δολάρια την εβδομάδα σε NFT στη βιομηχανία της τέχνης¹⁸⁵. Αυτή η αναπτυσσόμενη αγορά θα μπορούσε να προσφέρει νέες ροές εσόδων για τους πολιτιστικούς χώρους. Αρκετά μουσεία κυκλοφόρησαν πρόσφατα NFT, συμπεριλαμβανομένου του Βρετανικού Μουσείου. Στην Κίνα, τα ψηφιακά συλλεκτικά αντικείμενα χρησιμοποιούνται από τα μουσεία ως εναλλακτική λύση NFT. Αυτά τα ψηφιακά

¹⁸² Jennifer Hahn, 2021, Dezeen's top 10 designs for the metaverse from 2021, βλ. <https://www.dezeen.com/2021/12/21/metaverse-designs-review-2021/>

¹⁸³, ¹⁸⁴ Architecting the Metaverse, βλ. <https://www.archdaily.com/968905/architecting-the-metaverse>

¹⁸⁵ Μανώλης Ανδριωτάκης, 2022, Metaverse από το Α ως το Ω, βλ. <https://www.kathimerini.gr/k/k-magazine/561853582/metaverse-apo-to-a-eos-to-o/>

συλλεκτικά αντικείμενα δεν μπορούν να αγοραστούν με κρυπτονομίσματα ή να μεταπωληθούν. Η ARTiSTORY, μια εταιρεία που ειδικεύεται σε πολιτιστικά προγράμματα αδειοδότησης IP, συνεργάστηκε πρόσφατα με την Dunhuang –ένα μνημείο παγκόσμιας κληρονομιάς της UNESCO–για την ανάπτυξη οκτώ χιλιάδων ψηφιακών συλλεκτικών αντικειμένων με τη διάσημη τοιχογραφία του Dunhuang, τα οποία προπωλήθηκαν.¹⁸⁶

Μία άλλη κατηγορία μουσείων είναι τα μουσεία, τα οποία εργάζονται για να παιχνιδιοποιήσουν τα εκθέματά τους. Το gaming είναι η κορυφή του Metaverse. Τα μουσεία θα μπορούσαν να εντάξουν το gaming στο πρόγραμμά τους δημιουργώντας τρόπους προσέλκυσης των επισκεπτών τους και δημιουργώντας ακόμα και μία πηγή εσόδων από αυτό. Στο παρελθόν, το Λούβρο έχει συνεργαστεί με τη Nintendo. Πολλά άλλα μουσεία έχουν πειραματιστεί με βιντεοπαιχνίδια όπως το Minecraft. «Τώρα αρχίζουμε να βλέπουμε πλήρως παιχνιδιοποιημένες μουσειακές εμπειρίες που συνδυάζουν πολλαπλές τεχνολογίες», λέει ο Yizan He του ARTiSTORY σε ένα άρθρο στο Fortune.com. «Η εταιρεία αυτή τη στιγμή συνεργάζεται με μουσεία για να δημιουργήσει καθηλωτικές εμπειρίες παιχνιδιών-ρόλων, όπου οι επισκέπτες επιλέγουν χαρακτήρες σε μια εφαρμογή πριν φτάσουν και καλούνται να συλλέξουν ψηφιακές «αναμνήσεις» κατά τη διαδρομή τους στην έκθεση, οι οποίες αργότερα αποδίδονται σε ψηφιακά συλλεκτικά αντικείμενα»¹⁸⁷.

Τι είναι το μετασύμπαν και τι μπορεί να σημαίνει το μετασύμπαν για τα παραδοσιακά μουσεία; Οι New York Times περιγράφουν το μετασύμπαν ως «τη σύγκλιση δύο ιδεών που υπάρχουν εδώ και πολλά χρόνια: εικονικής πραγματικότητας και ψηφιακής δεύτερης ζωής»¹⁸⁸. Αυτή τη στιγμή, το κεφάλαιο Metaverse, που υποδηλώνει έναν ενιαίο, διαλειτουργικό εικονικό κόσμο, είναι μια, σε μεγάλο βαθμό, κερδοσκοπική ιδέα. Το metaverse έχει ήδη αρχίσει να αναδιαμορφώνει το μέλλον της ψυχαγωγίας, με τις πιθανές εφαρμογές του να καλύπτουν μουσική, αθλήματα, θεματικά αξιοθέατα, εκπαίδευση και φυσικά, παιχνιδιοποίηση (gaming).

Βρισκόμαστε αντιμέτωποι με την αλλαγή επιχειρηματικού μοντέλου, από σύμβουλος σε δημιουργό περιεχομένου. Οι πολιτιστικοί χώροι, αντί να παρέχουν υπηρεσίες, θα μπορούσαν να επανεφεύρουν το επιχειρηματικό μοντέλο για να παρέχουν προϊόντα και υπηρεσίες που να μπορούν να επωφεληθούν από αυτά και ακόμη και να ανατροφοδοτούνται. Ένα μουσείο στο Metaverse χρειάζεται τροφοδότηση με ψηφιακά εκθέματα αλλά και με εμπειρίες εκτός από το δικό του περιεχόμενο όπως εικονικά πάρκα ψυχαγωγίας, εικονικές αίθουσες προβολών, εικονικά συνέδρια. Αυτό μοιάζει πολύ με το περιβάλλον εργασίας που κάνουν οι καλλιτέχνες για ένα παιχνίδι ή μια ταινία. Εκτός από στατικά αντικείμενα, τα μουσεία μπορούν επίσης να αναπτύξουν σχεδιαστικές «φόρμουλες» που οι χρήστες μπορούν να τροποποιήσουν τις παραμέτρους για να δημιουργήσουν διάφορα αποτελέσματα και να έχουν αλληλεπίδραση με αντικείμενα τέχνης¹⁸⁹.

Το ερώτημα που τίθεται είναι πώς μοιάζει στην πράξη ένας κόσμος τέχνης metaverse. Το Musee Dezentral είναι ο πρώτος και από τους ολοένα αυξανόμενους εκθεσιακούς χώρους που βρίσκονται στο metaverse. Μπαίνοντας στη μαρμάρινη αίθουσα μπορεί κανείς να δει τις ψηλές οροφές, κολώνες με διάκοσμο, τα κλασικά γλυπτά και ένα ανακτορικό σιντριβάνι. Σε αυτήν την πρώτη αίθουσα, το Hall of Fame, βρίσκονται NFT, από τις πλέον εμβληματικές συλλογές κρυπτοτεχνών: CryptoPunks, το Bored Ape Yacht Club, CryptoKitties και πολλά άλλα. Το Musee Dezentral, δίνει στους χρήστες την ευκαιρία να παρουσιάσουν τα δικά τους NFT στη συλλογή του μουσείου, επιτρέποντας στο μουσείο να εξελιχθεί οργανικά. Σε αντίθεση με τα

¹⁸⁶ ARTiSTORY, βλ. <https://www.artistorybrands.com/>

¹⁸⁷ Museums are not history. They're embracing gamification, NFTs, and the metaverse, βλ. <https://fortune.com/2022/04/28/museums-history-gamification-nfts-metaverse-tech-art-yizan-he/>

¹⁸⁸ 'New fiction' in physical, virtual and augmented realities, βλ. <https://www.designboom.com/art/kaws-new-fiction-exhibition-london-serpentine-gallery-fortnite-01-20-2022/>

¹⁸⁹ Architecting the Metaverse, βλ. <https://www.archdaily.com/968905/architecting-the-metaverse>

περισσότερα μουσεία, ωστόσο, το Musee Dezentral είναι προσβάσιμο σε οποιονδήποτε έχει σύνδεση στο διαδίκτυο¹⁹⁰.

Ενώ ορισμένοι χώροι υπάρχουν αποκλειστικά στο metaverse, άλλοι καλύπτουν τον εικονικό και τον φυσικό χώρο. Η König Galerie, για παράδειγμα, έχει φυσικούς χώρους στο Βερολίνο, το Λονδίνο, τη Σεούλ και τη Βιέννη, αλλά έχει επίσης έναν εικονικό χώρο στην Decentraland. Την ίδια στιγμή, άλλοι έχουν ανακαλύψει δημιουργικούς τρόπους για να φέρουν εγγενώς ψηφιακά έργα τέχνης NFT σε φυσικούς χώρους. Το Μουσείο NFT του Σιάτλ, για παράδειγμα, εμφανίζει ψηφιακή τέχνη σε οθόνες υψηλής ανάλυσης, δίνοντας στους επισκέπτες του μια εμπειρία που δεν θα αποκτούσαν βλέποντας την οθόνη του τηλεφώνου ή του υπολογιστή τους. Για πολλούς, η υπόσχεση του μετασύμπαντος αντιπροσωπεύει μια πιο προσιτή εναλλακτική στους παραδοσιακούς χώρους τέχνης. Η περίπτωση του «Man of Sorrows» του Sandro Botticelli, ενός από τα τελευταία ιδιόκτητα αριστουργήματα του καλλιτέχνη, που δημιουργήθηκε στα τέλη του 15ου/αρχές του 16ου αιώνα, βγήκε σε δημοπρασία, αλλά νωρίτερα επισκέφθηκε τον οίκο Sotheby's. Αλλά ο Sotheby's έκανε κάτι νέο για να γιορτάσει την πώληση, κατασκεύασε ένα χώρο στα εικονικά κεντρικά γραφεία τους στην Decentraland, όπου οι άνθρωποι μπορούσαν να μάθουν περισσότερα για το έργο και να το δουν. Ομολογουμένως, κοιτάτε μια ψηφιακή εικόνα του πίνακα, αλλά ο χώρος είναι περίτεχνος και όμορφα φωτισμένος, πυροδοτώντας ερωτήματα σχετικά με το πώς οι μοναδικοί χώροι μπορούν να κατασκευαστούν ειδικά για να συμπληρώνουν συγκεκριμένα έργα τέχνης¹⁹¹.

Μουσεία σε όλο τον κόσμο έχουν ήδη αναβαθμίσει το ψηφιακό και εικονικό περιεχόμενό τους. Το περίπτερο της Κίνας στο Dubai World Expo παρουσίασε μια καθηλωτική ψηφιακή έκθεση που παρουσίαζε την τεχνολογική ικανότητα της Σαγκάης και φιλοξενήθηκε από ένα avatar που ονομάζεται Erin Irene. Η προηγμένη τεχνολογία αναγνώρισης ομιλίας, σημασιολογικής κατανόησης και σύνθεσης ομιλίας σήμαινε ότι μπορούσε να αλληλεπιδράσει με έναν βαθιά διαφοροποιημένο, ανθρώπινο τρόπο. Τα μουσεία θα ξεκινήσουν εικονικές γκαλερί στο metaverse που επιτρέπουν στους επισκέπτες να βλέπουν και να αγοράζουν NFT, να αλληλεπιδρούν με έργα τέχνης με νέους τρόπους και να παρακολουθούν εικονικές περιηγήσεις επί πληρωμή, ζωντανές εκδηλώσεις, εκθέσεις και καταστήματα NFT. Τα πιο παραδοσιακά ιδρύματα επιλέγουν μια υβριδική διαδρομή, όπως η Serpentine Gallery, την οποία αναφέραμε και παραπάνω, εγκαινίασε στο Λονδίνο μια έκθεση πολλών πλατφορμών με έργα του καλλιτέχνη των ΗΠΑ KAWS, που συνδυάζει μια φυσική έκθεση στη γκαλερί, εμπειρίες επαυξημένης πραγματικότητας μέσω μιας πλατφόρμας σχεδιασμένης για την προβολή ψηφιακών έργων και μια παράλληλη εικονική έκθεση στο εξαιρετικά δημοφιλές παιχνίδι Fortnite¹⁹².

Το metaverse έχει αναδειχθεί ως τοποθεσία για αγορά τέχνης. Μέσα στην πλατφόρμα, οι χρήστες μπορούν να αγοράζουν και να καταλαμβάνουν εικονικά δέματα, επιτρέποντάς τους να δημιουργούν γκαλερί, να φιλοξενούν δημοπρασίες και να επιδεικνύουν τις προσωπικές τους συλλογές κρυπτογράφησης. Μια ιδιαίτερα δημοφιλής γκαλερί, η imnotArt Community Gallery, αλλάζει τον εικονικό της χώρο κάθε εβδομάδα με νέους επιλεγμένους καλλιτέχνες και NFT. Το Φθινόπωρο του 2021, μια περιοδεύουσα έκθεση NFT, SNOWCASH, σε επιμέλεια του Georg Bak και Daniel Baumann έκανε την εμφάνισή της στην Kunsthalle της Ζυρίχης. Αναφερόμενη στο Cyberpunk μυθιστόρημα Snow Crash του Neal Stephenson, η έκθεση εκτείνεται όχι μόνο σε έναν φυσικό χώρο, αλλά και σε πολλαπλά μετασύμπαντα. Στη συνέχεια, το Immersive NFT Exhibit εκτίθεται στο Νομισματοκοπείο του Σαν Φρανσίσκο, αποτελούμενο από μια συλλογή από ολογράμματα επαυξημένης πραγματικότητας και έργα τέχνης NFT από κορυφαίους σε πωλήσεις κρυπτοκαλλιτέχνες.

Στα τέλη του 2021, ο επικεφαλής της σύγχρονης τέχνης του Κρατικού Μουσείου Ερμιτάζ ανέφερε ότι «όλα τα μουσεία θα δημιουργήσουν ένα μετατροπικό αντίγραφο χρησιμοποιώντας

¹⁹⁰, ¹⁹¹ Feature Shoot, 2022 Museums, galleries, and alternative spaces in the metaverse <https://iso.500px.com/museums-galleries-and-alternative-spaces-in-the-metaverse/>

¹⁹² YIZAN HE, 2022, Museums are not history. They're embracing gamification, NFTs, and the metaverse βλ. <https://fortune.com/2022/04/28/museums-history-gamification-nfts-metaverse-tech-art-yizan-he/>

NFTs», γνωστό και ως ψηφιακό δίδυμο¹⁹³. Πολλά μουσεία έχουν ήδη ψηφιοποιήσει τις συλλογές τους στο διαδίκτυο και μέσω πρωτοβουλιών ανοιχτής πρόσβασης, και έχουν πρωτοστατήσει στην αναδημιουργία των συλλογών τους σε επαυξημένη και εικονική πραγματικότητα. Από την Curious Alice του V&A μέχρι τη «Mona Lisa: Beyond the Glass» του Λούβρου, είναι σαφές ότι η εικονική πραγματικότητα έχει ξεπεράσει τον παραδοσιακό σκεπτικισμό στον καλλιτεχνικό και πολιτιστικό χώρο. Καθώς η εκτεταμένη πραγματικότητα κερδίζει περισσότερη υποστήριξη ως εργαλείο πολιτιστικής ανάπτυξης, φαίνεται ότι το επόμενο βήμα για καινοτόμες εκθέσεις επομένως, μπορεί να είναι το metaverse.



[Εικ.4.1.1]
«Mona Lisa: Beyond the Glass». Ως μέρος της έκθεσης Leonardo da Vinci (24 Οκτωβρίου 2019 - 24 Φεβρουαρίου 2020), το Λούβρο παρουσιάζει την πρώτη εμπειρία εικονικής πραγματικότητας (VR) του μουσείου, σε συνεργασία με την HTC VIVE Arts, η οποία ζωντανεύει την ιστορία της Mona Lisa. <https://www.louvre.fr/en/whats-on/life-at-the-museum/mona-lisa-beyond-the-glass-the-louvre-s-first-virtual-reality-experience>

Σε αντίθεση με μια παραδοσιακή αίθουσα προβολής στο διαδίκτυο, οι λάτρεις της τέχνης στο metaverse μπορούν να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους. Σε έναν ιδανικό εικονικό κόσμο, καλλιτέχνες, συλλέκτες και θαυμαστές θα μπορούσαν να συναντηθούν και να συνομιλήσουν, ανεξάρτητα από το πού ζουν. Οι δραστηριότητες στο Metaverse δεν περιορίζονται από τη γεωγραφική θέση. Οι δραστηριότητες που συμβαίνουν ταυτόχρονα σε διαφορετικές τοποθεσίες επικαλύπτονται για τους χρήστες που συμμετέχουν ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, ένας καλλιτέχνης μπορεί να συμμετάσχει και να διαδράσει με τους επισκέπτες σε μια 3D απομακρυσμένη έκθεση στη Νέα Υόρκη, ενώ βρίσκεται στο σπίτι του στην Ελλάδα.

Ο εμπορικός κόσμος της τέχνης έχει, επίσης, αρχίσει να κατοικεί στο μετασύμπαν. Ειδικότερα, οι καλλιτέχνες και οι συλλέκτες αρχίζουν να απασχολούν εικονικούς κόσμους, οι οποίοι προσφέρουν νέες δυνατότητες για κοινωνικές ανταλλαγές καθώς και δημιουργία, προβολή, πώληση και αγορά ψηφιακών έργων τέχνης. Όπως σημείωσε πρόσφατα ο ειδικός στα δημιουργικά μέσα Dhiren Dasu στην Art Newspaper, «Το μετασύμπαν παρουσιάζει ένα πιθανό μέλλον όπου οι δημιουργοί, οι γκαλερίστες και οι συλλέκτες μπορούν πραγματικά να αλληλεπιδράσουν σε έναν χώρο που δεν είναι συνδεδεμένος, από τη φυσική τους θέση». Για πολλούς καλλιτέχνες, το metaverse και τα NFTs έχουν τη δυνατότητα να βοηθήσουν τους καλλιτέχνες «να δημιουργήσουν και να μοιραστούν την τέχνη τους με τρόπο που δεν τους είχε

¹⁹³ Wang Siyi, 2022, *A Bodies-On Museum: The Transformation of Museum Embodiment through Virtual Technology*.

δοθεί στο παρελθόν», το metaverse προσφέρει μια πλατφόρμα στους δημιουργούς εκτός των ορίων της παραδοσιακής αγοράς τέχνης¹⁹⁴.

Από τα NFT μέχρι το μετασύμπαν, σκοπός αυτής της τεχνολογίας είναι ότι όλοι θα μπορούσαν να απολαύσουν, να κριτικάρουν και να βοηθήσουν στη διαμόρφωση του μέλλοντος της τέχνης χωρίς το είδος της «πύλης» που θα υπήρχε σε ισχυρούς θεσμούς. Έργα τέχνης που μπορεί να μην είχαν βρει θέση στον παραδοσιακό κόσμο της τέχνης θα μπορούσαν να ζήσουν στο μετασύμπαν και να τα δουν και να τα αναγνωρίσουν άνθρωποι διάσπαρτοι σε όλο τον κόσμο. Το μετασύμπαν έχει επίσης την ικανότητα να διευρύνει τον ρόλο των μουσείων από την αποκλειστική συλλογή τέχνης υπερβαίνοντας ζητήματα που σχετίζονται με «αποθήκευση, τοποθεσία, προβολή, διαφάνεια, αυθεντικότητα και προσβασιμότητα». Ως κέντρα όχι μόνο κοινωνικής δράσης, αλλά και εκπαίδευσης, οι πολιτιστικοί χώροι θα μπορούσαν να ξεκινήσουν εκπαιδευτικό πρόγραμμα στο μετασύμπαν. Καθώς τα πολιτιστικά ιδρύματα συνεχίζουν να κατανοούν τον ρόλο τους έξω από τα δικά τους τείχη και να αγκαλιάζουν τις ψηφιακές προσφορές ως μέρος της νέας πραγματικότητας, είναι σημαντικό να έχουν μια θέση όσον αφορά τις νέες τεχνολογίες που μπορεί να αλλάξει την ταυτότητα του κοινού, τη καλλιτεχνική δημιουργία και τη πολιτιστική κατανάλωση¹⁹⁵.

Ένα από τα κύρια ενδιαφέροντα των NFT ήταν αυτή η ιδέα ότι οι καλλιτέχνες μπορούν να συνδεθούν απευθείας με συλλέκτες και επισκέπτες, χωρίς να απαιτείται τρίτο μέρος. Μερικοί συλλέκτες άρχισαν να εκθέτουν έργα στο metaverse ως τρόπο υπεράσπισης και υποστήριξης των καλλιτεχνών που συλλέγουν. Ενώ το Musee Dezentral φιλοξενεί εκθέσεις που επιμελούνται σημαντικές προσωπικότητες της κοινότητας NFT, έχουν επίσης καταστήσει δυνατή την αγορά πινάκων. Οι ιδιοκτήτες αυτών των πινάκων μπορούν στη συνέχεια να εκθέσουν έργα στο μουσείο¹⁹⁶.

Το metaverse έχει ήδη δημιουργήσει νέες δυνατότητες για κοινωνικές εμπειρίες και δημιουργία κοινότητας, αδέσμευτες από γεωγραφικούς περιορισμούς. Στον κόσμο της τέχνης, πρωτοβουλίες όπως το Art & Coffee εκμεταλλεύονται ήδη αυτό το δυναμικό, φιλοξενώντας εκδηλώσεις για καλλιτέχνες και συλλέκτες και παρέχοντάς τους πολλαπλούς χώρους στο μετασύμπαν «για να παρουσιαστούν, να μοιραστούν ιδέες και να δημιουργήσουν κοινότητες». Σύμφωνα με την Kay Watson, Επικεφαλής Τεχνολογιών Τεχνών στο Serpentine, «το μετασύμπαν μπορεί να αυξήσει τις ευκαιρίες για αλληλεπίδραση με το κοινό γύρω από ένα έργο, έκθεση ή συλλογή, να δημιουργήσει αφιερωμένες κοινότητες και να δημιουργήσει εμπειρίες που μπορούν να πλαισιωθούν από εικονικούς κόσμους και να επεκταθούν πέρα από αυτούς»¹⁹⁷.

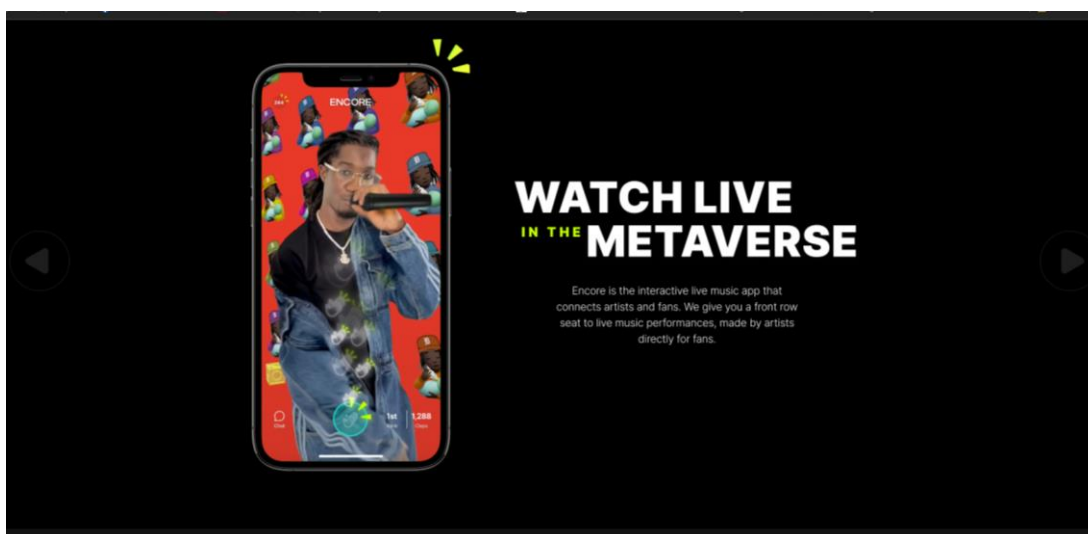
Το Encore είναι μια πλατφόρμα που ιδρύθηκε το 2020 και δίνει τη δυνατότητα στους καλλιτέχνες να δημιουργήσουν το δικό τους περιβάλλον για να παίξουν μουσική, ανεξάρτητα από το πού βρίσκονται στην πραγματική ζωή. Για σχεδιαστές παραγωγής, το metaverse είναι μια επέκταση του πραγματικού κόσμου όπου οι δημοσιονομικοί περιορισμοί είναι λιγότεροι και τα σχέδια μπορούν να προσαρμοστούν εύκολα για κάθε χώρο ή προορισμό για να συμπληρώσουν τις συναυλίες στον πραγματικό κόσμο. Είναι μια ευκαιρία για τους σχεδιαστές να δημιουργήσουν χωρίς οικονομικό ρίσκο. Η λειτουργία του Encore σχετίζεται με την εφαρμογή Encore Studio, όπου σχεδιάζεις ένα περιβάλλον AR ή δημιουργείς αντικείμενα/ εφέ που θα εμφανίζονται σε ένα υπάρχον περιβάλλον για μια ζωντανή εμφάνιση, εκτελείς την εμφάνιση και οι χρήστες του Encore μπορούν να συμμετάσχουν στο κοινό. Το Encore βασίζεται αποκλειστικά

¹⁹⁴ What is the metaverse and why does it matter to the art world? βλ. <https://www.theartnewspaper.com/2022/01/28/what-is-the-metaverse-and-why-does-it-matter-to-the-art-world-experts-weigh-in-and-predict-its-future-impact>

¹⁹⁵, ¹⁹⁷ CUSEUM, 2022, Will museums & cultural institutions find a place in the metaverse? <https://cuseum.com/blog/2022/3/7/will-museums-cultural-institutions-find-a-place-in-the-metaverse>

¹⁹⁶ YIZAN HE, 2022, Museums are not history. They're embracing gamification, NFTs, and the metaverse βλ. <https://fortune.com/2022/04/28/museums-history-gamification-nfts-metaverse-tech-art-yizan-he/>

σε τηλέφωνο και iPad, επομένως ένας καλλιτέχνης παίζει και κινείται σε ένα σύνολο πολλαπλών επιπέδων¹⁹⁸.



[Εικ.4.1.2]

Το Encore, μια διαδραστική εφαρμογή ζωντανής μουσικής που φέρνει κοντά καλλιτέχνες και θαυμαστές μέσω νέων εμπειριών σε κινητές συσκευές.

[ENCORE – The Interactive Live Music App \(clapforencore.com\)](https://www.clapforencore.com)

Το metaverse δίνει επιπλέον τη δυνατότητα στους καλλιτέχνες να δοκιμάσουν πράγματα που θα ήταν δύσκολα αν όχι αδύνατα στον φυσικό κόσμο. Ο χώρος Decentraland της König Galerie έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με τον χώρο τους στο Βερολίνο, αλλά όταν εξέθεσαν το έργο του ψηφιακού καλλιτέχνη Manuel Rossner, μπόρεσαν να κάνουν ένα από τα γλυπτά του να διαπεράσει την πρόσοψη του κτιρίου. Οι επισκέπτες, ή τα avatar τους, για να είμαστε πιο ακριβείς, θα μπορούσαν να περπατήσουν κατά μήκος αυτού του γλυπτού, πολύ πάνω από τις κορυφές των δέντρων, φτάνοντας τελικά στην οροφή.

Έχουμε δει επίσης την εμφάνιση χώρων που είναι τόσο φυσικοί όσο και εικονικοί. Σε έκθεση στο Σαν Φρανσίσκο, οι επισκέπτες φορούν έξυπνα γυαλιά μικτής πραγματικότητας για να

¹⁹⁸ Hannah Kinnersley, 2022, Designing For The Metaverse: An Introduction To Encore βλ. <https://www.livedesignonline.com/concerts/designing-metaverse-introduction-encore>

αποκαλύψουν ολογράμματα και άλλα έργα τέχνης. Ταυτόχρονα, μπορούν να δουν το πραγματικό περιβάλλον. Βγάζοντας τα γυαλιά, ωστόσο, το μόνο που θα δουν είναι μια άδεια γκαλερί. Αυτή η ιδέα παρέχει ένα σημείο εκκίνησης για το πώς οι άνθρωποι θα μπορούσαν να βιώσουν τα NFT στον πραγματικό κόσμο — και με τρόπο που είναι εντελώς μοναδικός στον ψηφιακό χώρο¹⁹⁹. Έξω από τους παραδοσιακούς χώρους του «λευκού κύβου», οι καλλιτέχνες επεκτείνονται σε νέους χώρους και εξερευνούν νέα μέσα, ενώ θέτουν τους δικούς τους κανόνες. Και μόλις ξεκινούν.

Το «μετασμπάντειο μουσείο» επομένως, θα μπορούσε να αποτελεί έναν αυτοσυντηρούμενο εικονικό κόσμο που συνυπάρχει και διαλειτουργεί με το φυσικό πολιτιστικό χώρο με υψηλό επίπεδο ανεξαρτησίας. Ως εκ τούτου, τα avatars, που αντιπροσωπεύουν ανθρώπινους επισκέπτες στον φυσικό κόσμο, μπορούν να βιώσουν ετερογενείς δραστηριότητες σε πραγματικό χρόνο που χαρακτηρίζονται από απεριόριστο αριθμό ταυτόχρονων χρηστών θεωρητικά σε πολλαπλούς εικονικούς, μουσειακούς κόσμους.

Ένα νέο επιχειρηματικό μοντέλο λοιπόν, προτείνεται και μετατρέπει το μουσείο σε μία νέα επιχείρηση στο metaverse. Απαιτείται να είναι σε λειτουργία μία υποκείμενη υποδομή metaverse, να υπάρχουν οικονομικές δυνατότητες, όπως πληρωμή μέσω κρυπτονομισμάτων, συσκευές XR, IoT που να έχουν υιοθετηθεί και ασύρματα δίκτυα που να είναι πλήρως λειτουργικά για την υποστήριξη των επισκεπτών metaverse στο νέο μουσειακό χώρο²⁰⁰. Ο επενδυτής επιχειρηματικών κεφαλαίων, Matthew Bell, πιστεύει ότι το μετασμπάν ανιπροσωπεύει το τέταρτο κύμα υπολογιστών. «Πρόκειται για το να είσαι μέσα στον υπολογιστή παρά να έχεις πρόσβαση στον υπολογιστή. Έχει να κάνει με το να είσαι πάντα σε σύνδεση (online) παρά να έχεις πάντα πρόσβαση σε έναν διαδικτυακό κόσμο»²⁰¹. Το μουσείο μπορεί να μεταμορφώσει το επιχειρηματικό μοντέλο του με υπηρεσίες και παραδοτέα που είναι επεκτάσιμα και επαναχρησιμοποιήσιμα.

[IV_2. ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ_ΜΕΤΑ-ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΧΩΡΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΛΥΡΙΚΗ ΣΚΗΝΗ ΣΤΟ ΜΟΥΣΕΙΑΚΟ ΤΗΣ ΧΩΡΟΥ]

A. ΧΩΡΟΣ

Το αρχιτεκτονικό σχέδιο πραγματεύεται την πνευματική διαδικασία δημιουργίας αρχιτεκτονικών μορφών. Η συζήτηση για την αρχιτεκτονική μορφή, εκτείνεται σε αυτή την εργασία, πέρα από την υλική δομή ή τη φυσική παρουσία. Σύμφωνα με τους Stiny και Gips (1978), το αρχιτεκτονικό σχέδιο ασχολείται με το πώς ένα υπάρχον έργο οργανώνεται σύμφωνα με μοναδικές αρχές που οδηγεί σε νέα νοήματα. Υπό αυτή την έννοια, η έννοια της μορφής ή αυτό που ο Langer (1967) ονόμασε «λογική μορφή» υπερβαίνει τη φυσική εμφάνιση του αντικειμένου για να συμπεριλάβει τη σκόπιμη διαδικασία του τρόπου με τον οποίο δομήθηκε ή διαμορφώθηκε²⁰². Ως αποτέλεσμα, ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός μπορεί να γίνει κατανοητός, συνθετικά, ως ένα σύνθετο σύνολο λεξιλογίων που διέπεται από γραμματικές χωρικές σχέσεις ώστε να μπορέσει να βγει έξω από τα χωρικά όρια του φυσικού κόσμου.

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι ένα πολυσυζητημένο θέμα στην τεχνολογική σκηνή και έχουμε δει πολλές εξαιρετικές εφαρμογές. Στο πλαίσιο του σχεδιασμού, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση μηχανικής μάθησης από υπάρχον περιεχόμενο για τη δημιουργία νέου περιεχομένου. Με την τάση της δημιουργίας Digital Twin στον κλάδο της AEC, οι αρχιτέκτονες μπορούν να λειτουργήσουν ως η γέφυρα μεταξύ του φυσικού και του εικονικού

¹⁹⁹ Feature Shoot, 2022 Museums, galleries, and alternative spaces in the metaverse <https://iso.500px.com/museums-galleries-and-alternative-spaces-in-the-metaverse/>

²⁰⁰ What is the metaverse and why does it need 5G to succeed? The metaverse 5G relationship explained βλ. <https://www.ericsson.com/en/blog/2022/4/why-metaverse-needs-5g>

²⁰¹ Adventures in the Metaverse for the AEC Industry, βλ. <https://www.axiomint.com/adventures-in-the-metaverse-for-the-aec-industry/>

²⁰² Al-Assaf N., Clayton M., 2021, *The Use of Diagrammatic Reasoning to Aid Conceptual Design in Building Information Modeling (BIM)*.

κόσμου. Σύμφωνα με την Autodesk, «Ένα ψηφιακό δίδυμο στις κατασκευές, τη μηχανική και την αρχιτεκτονική είναι ένα δυναμικό, ενημερωμένο αντίγραφο ενός φυσικού περιουσιακού στοιχείου ή ενός συνόλου περιουσιακών στοιχείων που συγκεντρώνει δεδομένα σχεδίασης, κατασκευής και λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο»²⁰³. Θα μπορούσαν επομένως, να εκτελεστούν προσομοιώσεις για να δημιουργηθούν σενάρια πραγματικού κόσμου ώστε να «δοκιμαστούν» άκιστα κτίρια. Ένα ψηφιακό δίδυμο χρησιμοποιεί δεδομένα από συνδεδεμένους αισθητήρες για να αφηγηθεί την ιστορία ενός μουσείου σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, από τη δοκιμή έως τη χρήση στον πραγματικό κόσμο. Με δεδομένα IoT, μπορούν να μετρηθούν συγκεκριμένοι δείκτες της υγείας και της απόδοσης του φυσικού κτιρίου, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία. Ένα ψηφιακό δίδυμο μπορεί επίσης να αυξήσει τη φυσική εμπειρία, όπως για παράδειγμα ότι η Λυρική Σκηνή μπορεί να φιλοξενήσει μόνο 1400 επισκέπτες για να γίνει παρουσίαση μιας παράστασης, αλλά μπορεί να επιτρέψει σε εκατομμύρια επισκέπτες να συμμετάσχουν σε αυτό το γεγονός μέσω digital twin ενώ υπάρχει δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο.

Η εργασία στοχεύει στην επέκταση της Εθνικής Λυρικής Σκηνής και ταυτόχρονα στον μετασχηματισμό της σε μουσειακό χώρο όπου τα εκθέματα θα αφορούν τις παραστάσεις και τα πρόσωπα της Λυρικής, δημιουργώντας ένα πολυλειτουργικό κτίριο που λειτουργεί στο φυσικό περιβάλλον ως χώρος παραστάσεων, εστιατόριο, πωλητήριο αντικειμένων τέχνης και χώρος συναντήσεων και στο μετασύμπαν ένας επιπρόσθετος χώρος παραστάσεων, εκθεσιακός χώρος, χώρος αλληλεπίδρασης επισκεπτών, επιμελητών, ξεναγών, καλλιτεχνών, χώρος δημιουργίας έργων τέχνης αλλά και πώλησης αυτών ως ειδών NFT. Θέτοντας ως βάση την ανάγκη του πολιτιστικού χώρου να επεκταθεί, εξαιτίας της συνεχόμενης προσθήκης νέων λειτουργικών αναγκών και εκθεμάτων αλλά και της ανάγκης επαναπροσδιορισμού του, προτείνεται η υλοποίηση τρισδιάστατης μοντελοποίησης ενός μουσειακού χώρου που θα φιλοξενεί τις παραστάσεις- εκθέματα, μέσω μιας προσέγγισης για χρονικά δυναμική, τρισδιάστατη ανακατασκευή κτισμένων και κοινωνικών περιβαλλόντων. Αυτές οι παραστάσεις, οι οποίες θα αποτελούν και τα ψηφιακά εκθέματα, έχουν ψηφιοποιηθεί στο «Εικονικό Εκπαιδευτικό Μουσείο Όπερας» στο οποίο έχει δημιουργηθεί εικονική έκθεση και εικονική περιήγηση. Από τον φυσικό χώρο (υπόβαθρο), η Λυρική σκηνή περνά στον ψηφιακό χώρο (πεδίο) ως εικονικό μουσείο και σε αυτή την εργασία περνάει και στον μετασυσμπαντικό χώρο (εμπειρία) ως τον χώρο που φιλοξενεί τα ψηφιακά εκθέματά της. Προτείνεται επίσης, η ανάπτυξη ενός κτιρίου -πλατφόρμας για αλληλεπίδραση με τον τελικό χρήστη μέσα από μια σειρά οπτικών δεδομένων και μεταδεδομένων που αφορούν τον μουσειακό χώρο. Μια ανοιχτού προτύπου πλατφόρμα Σημασιολογικού Ιστού για Building Information Models for Cultural Heritage (HBIM) θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε φιλική προς τον χρήστη Επαυξημένη Πραγματικότητα (VR και AR) που να μπορεί να λειτουργήσει σε κινητές συσκευές.

Η χρήση τεχνολογιών που βασίζονται στην εικονική πραγματικότητα επιτρέπει σε κάποιον να αλληλεπιδρά με το κτίριο χωρίς να βρίσκεται επί τόπου. Ένα άλλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι η ενημέρωση των δεδομένων στο εικονικό μοντέλο, επειδή δεν υπάρχει απώλεια παραμετρικών ιδιοτήτων. Στην πραγματικότητα, το μοντέλο BIM μπορεί να επαναφορτωθεί στην ηλεκτρονική πλατφόρμα, επιτρέποντας την ενημέρωση των τροποποιημένων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Τέλος, το τελευταίο αποτέλεσμα σχετικά με την οπτικοποίηση δεδομένων βασίζεται σε εφαρμογές AR. Ο δείκτης για την οπτικοποίηση του περιεχομένου στο AR είναι η γεωαναφορά του ίδιου του εικονικού μοντέλου²⁰⁴.

Δύο έννοιες που έχουν συμβάλει στην ιδέα του «μετασυσμπάντειου» μουσείου, όπως έχουμε προαναφέρει, είναι το Digital Twin (DT) και το μοντέλο πληροφοριών κτιρίου (BIM). Το DT και το BIM προσομοιώνουν τις τρέχουσες καταστάσεις για να προβλέψουν μελλοντικές συνθήκες, αλλά ο στόχος του DT είναι να δημιουργήσει τα εικονικά μοντέλα σε συγχρονισμό με τα φυσικά τους συστήματα. Το BIM διατηρεί ακριβή και διαλειτουργικά αρχεία πληροφοριών κτιρίου για να βελτιώσει τον σχεδιασμό, την κατασκευή και τη συντήρηση κατά τη διάρκεια ζωής του κτιρίου

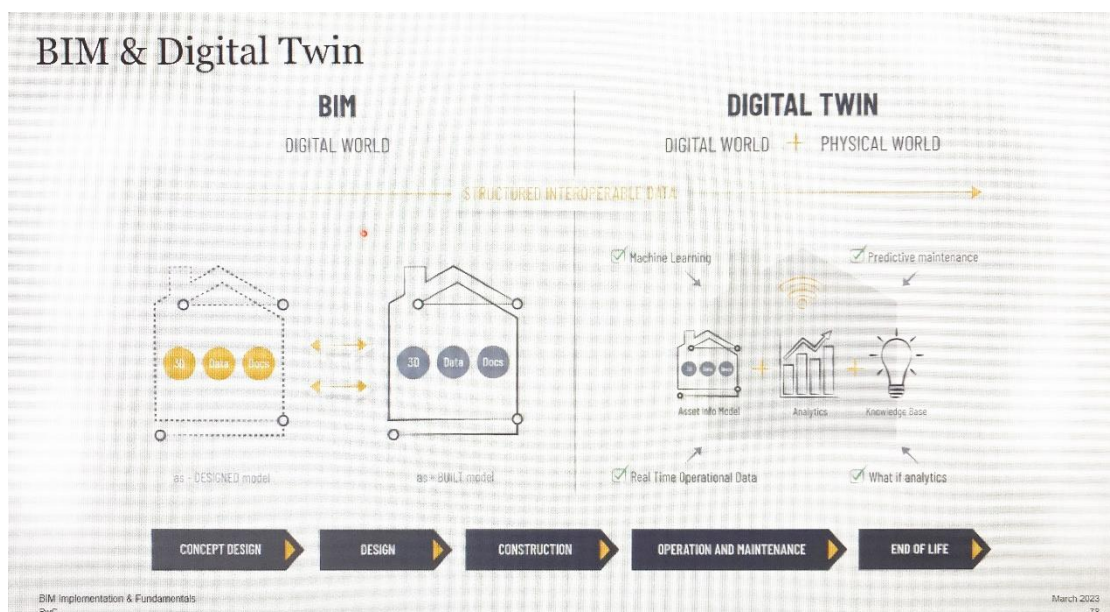
²⁰³ Architecting the Metaverse, βλ. <https://www.archdaily.com/968905/architecting-the-metaverse>

²⁰⁴ Osello An., Lucibello Gr., Morgagni Fr. 2018. *HBIM and Virtual Tools: A New Chance to Preserve Architectural Heritage*.

της Λυρικής. Η κύρια διαφορά μεταξύ του αρχιτεκτονικού BIM και του DT είναι ότι το BIM έχει σχεδιαστεί για να αυξάνει την απόδοση λειτουργίας του πολιτιστικού χώρου, να δημιουργεί έναν εικονικό χώρο ο οποίος να φιλοξενεί ένα μουσείο και όχι να παρέχει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.

Σε αυτή την περίπτωση μελέτης, η σημασιολογική ανάπτυξη των διαφορετικών οντοτήτων και αντικειμένων που συνθέτουν το εξωτερικό και το εσωτερικό χώρο της Λυρικής, δημιουργούν μια βάση δεδομένων. Η ιδέα της χρήσης ψηφιακής τεχνολογίας για την τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς σε όλες τις πτυχές, υλικής και άυλης, μέσα σε μια δομή, δημιουργεί μια δυναμική βάση δεδομένων για την καλύτερη κατανόηση του πολιτιστικού χώρου, καθώς οι τελικοί χρήστες θα μπορούν να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες από την ψηφιακή πλατφόρμα ανά πάσα στιγμή.

Η ενοποίηση του BIM και του Cloud computing δίνει νέα ώθηση στα εικονικά κτίρια του μετασύμπαντος. Συνδυάζοντας ισχυρές υπολογιστικές δυνατότητες του cloud computing με τις δυνατότητες οπτικοποίησης του BIM, οι υπολογιστικά εντατικές και πολύπλοκες εργασίες σε εφαρμογές BIM μπορούν να μεταφερθούν στο cloud για να βελτιωθεί η λειτουργική απόδοση. Για παράδειγμα, το μοντέλο BIM μπορεί να ανακτά αυτόματα δεδομένα που σχετίζονται με τον επισκέπτη με βάση το cloud computing και να σχηματίζει οπτικούς χάρτες και εκτενείς αναφορές, ενισχύοντας έτσι την αξία της εφαρμογής BIM²⁰⁵.



[Εικ.4.2.1]

BIM & Digital Twin, Εικόνα από εκπαιδευτικό σεμινάριο Building Information Modelling, 15-17 Μαρτίου 2023, στο πλαίσιο του έργου: «Ανάπτυξη Στρατηγικού Σχεδίου και Οδικού Χάρτη για την Εφαρμογή του BIM στην Ελλάδα», που υλοποίησε το Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών

Διάφορες τεχνικές, όπως φωτογραμμετρία, σάρωση λέιζερ, μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV), βίντεο και εικόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απόκτηση δεδομένων όλων των χαρακτηριστικών της Λυρικής, τα οποία στη συνέχεια υποβάλλονται σε επεξεργασία για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου (BIM). Στο αποτέλεσμα, συμπεριλαμβάνονται δεδομένα όπως η θέση του κτιρίου και αναγνώριση συντεταγμένων, ιστορικά ντοκουμέντα όπως έγγραφα, ιστορία του κτιρίου, αρχειακές πηγές, χάρτες, σχέδια, αρχειακές φωτογραφίες,

²⁰⁵ Ang Y., Mingzhe H., Qingcheng Z., Yuhui S., 2021, *Adopting Building Information Modeling (BIM) for the Development of Smart Buildings: A Review of Enabling Applications and Challenges*.

αρχαικά βίντεο από παραστάσεις όπερας, δεδομένα αρχιτεκτονικής ανάλυσης του κτιρίου, ιστορία κατασκευής, πληροφορίες για την κατάσταση του κτιρίου, πληροφορίες για ανακατασκευές, συντήρηση και άλλες επεμβάσεις. Η Λυρική Σκηνή ανακατασκευάζεται ψηφιακά σε τρισδιάστατο μοντέλο BIM, όπου στη συνέχεια υποβάλλεται σε επεξεργασία για την παραγωγή ενός Μοντέλου Πληροφοριών Κτιρίου Κληρονομιάς (H-BIM) προκειμένου να δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων πληροφοριών για περαιτέρω μελέτη. Στην πράξη, αυτή η διαδικασία ξεκινά με τη συλλογή δεδομένων και την επεξεργασία δεδομένων, τον προσδιορισμό των δομικών λεπτομερειών, τη δημιουργία της βάσης δεδομένων των παραμετρικών ιστορικών αντικειμένων και τελική παραγωγή των σχεδίων έρευνας για το τρισδιάστατο ιστορικό εικονικό μοντέλο. Σε αυτό το τρισδιάστατο μοντέλο μπορούν να συμπεριληφθούν περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τις διάφορες παραστάσεις - εκθέματα, όπως οι άνθρωποι που την απαρτίζουν, χρονοδιαγράμματα, λειτουργικότητα σε πολλαπλές κλίμακες, χρονικός προγραμματισμός, και ενσωμάτωση της τεκμηρίωσης τόσο της υλικής όσο και της άυλης κληρονομιάς σε ένα ενιαίο παραμετρικό αντικείμενο. Στη συνέχεια, μπορούν να κατασκευαστούν τρισδιάστατα αντικείμενα με βάση τους νέους κανόνες σχήματος και τον παραμετρικό σχεδιασμό χρησιμοποιώντας μια γεωμετρική περιγραφική γλώσσα (GDL)²⁰⁶. Με αυτό τον τρόπο, δημιουργούνται Ιστορικά Μοντέλα Πληροφοριών Κτιρίων (HBIM) της κτιριακής δομής του μουσείου αλλά και των εκθεμάτων αυτού και αυτόματη δημιουργία τεκμηρίωσης διατήρησης.

Το τρισδιάστατο μοντέλο για την εικονική περιήγηση θα μπορεί να προκύψει χρησιμοποιώντας σαρωτές λείζερ και φωτογραμμετρία που τεκμηριώνει την υπάρχουσα κατάσταση της Λυρικής Σκηνής προκειμένου να ενσωματωθούν όλα τα μεταδεδομένα που συλλέχθηκαν από το κτίριο. Μετά τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου, τα σύννεφα σημείων μπορούν να εισαχθούν στο λογισμικό BIM προκειμένου να δημιουργηθεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο. Όλες οι πληροφορίες από τον χώρο, τα υλικά και τις υφές τεκμηριώνονται στο μοντέλο BIM προκειμένου να δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων με όλες τις πληροφορίες που αποκτήθηκαν από τη μεθοδολογία τρισδιάστατης τεκμηρίωσης. Η τεκμηρίωση του χώρου είναι σημαντική για τη μελέτη πιθανών έργων επέκτασης.

Το BIM ορίζεται ως η συναρμολόγηση παραμετρικών αντικειμένων που αντιπροσωπεύουν δομικά στοιχεία μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον και τα οποία χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ή την αναπαράσταση ενός ολόκληρου κτιρίου. Τα παραμετρικά δομικά αντικείμενα δεν ορίζονται μεμονωμένα αλλά ως συστήματα που χρησιμοποιούν αλληλεπίδραση με άλλα αντικείμενα και τις δικές τους τιμές (σχήμα, υφή) μέσα σε ένα BIM²⁰⁷. Το Autodesk Revit Software χρησιμοποιείται σε αυτή την εργασία ως πρόγραμμα BIM, μέσω του οποίου θα δημιουργηθεί το μοντέλο εκείνο που θα αναπαραστήσει τον μουσειακό χώρο που θα φιλοξενήσει τα εκθέματα του εικονικού εκπαιδευτικού μουσείου της όπερας και θα μπορεί ο επισκέπτης να το βιώσει ως χώρο στο metaverse. Τα εκθέματα περιγράφονται σύμφωνα με παραμέτρους, μερικές από τις οποίες ορίζονται από τον χρήστη και άλλες, οι οποίες σχετίζονται με τη θέση σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον σε σχέση με άλλα αντικείμενα σχήματος. Μέσα στο BIM, τα στοιχεία μπορούν να περιέχουν πληροφορίες όπως γεωμετρία, θέση διεξαγωγής της όπερας, χρονολογία, στοιχεία της παραγωγής και πρόσωπα που συμμετέχουν. Αυτά τα στοιχεία συνδυάζονται για να δημιουργήσουν ένα εικονικό μοντέλο μιας ιστορικής δομής. Τα αρχιτεκτονικά στοιχεία κατασκευάζονται ως εικονικά αντικείμενα με βάση ένα σύνολο νέων σχημάτων και παραμετρικών κανόνων. Ταυτόχρονα, με τη χρήση ενός μοντέλου BIM έχουμε παράλληλες δραστηριότητες, ενσωματωμένες με οικονομικά και χρονικά στοιχεία σε πραγματικό χρόνο, στοιχεία και κατηγοριοποίηση έργων τέχνης και αντικειμένων, δημιουργία σεναρίων όπως πορείες/ κίνηση των επισκεπτών και τέλος μπορούμε να θέσουμε κανόνες για καλύτερη λήψη αποφάσεων.

²⁰⁶ Logothetis S., Delinasios A., Stylianidis E.. (2015). *Building Information Modelling for Cultural Heritage: A review.*

²⁰⁷ Murphy M., McGovern E., Pavia, S.. (2011). *Historic Building Information Modelling - Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture.*



[Εικ.4.2.2]

Παράδειγμα από πραγματικού χρόνου κίνηση επισκεπτών σε γήπεδο που έχουν προσομοιωθεί σε μοντέλο. Εικόνα από εκπαιδευτικό σεμινάριο Building Information Modelling, 15-17 Μαρτίου 2023, στο πλαίσιο του έργου: «Ανάπτυξη Στρατηγικού Σχεδίου και Οδικού Χάρτη για την Εφαρμογή του BIM στην Ελλάδα», που υλοποίησε το Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών

B. ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΜΕΤΑ-ΧΩΡΟ ΤΟΥ

«Στη διάρκεια της πρώτης συνάντησης κάναμε τη σκέψη να σχεδιάσουμε ξεκινώντας από το οικόπεδο όπως ήταν διαμορφωμένο... Η Αθήνα είναι μία πόλη χτισμένη χαμηλά, κοντά στο επίπεδο της θάλασσας· για να τη δει κανείς καλά πρέπει να υψωθεί λίγο από το έδαφος. Αυτό ακριβώς κάναμε για να παρατηρήσουμε τη συνοικία της Καλλιθέας, όπου υλοποιήθηκε το έργο. Η Καλλιθέα έχει χάσει την αρχική σημασία του ονόματός της, «καλή θέα», γιατί εδώ και πολύ καιρό έχει χωριστεί από τη θάλασσα με έναν δρόμο ταχείας κυκλοφορίας που περνά ανάμεσα από την τοποθεσία του έργου και το παλιό λιμάνι... Φτάνοντας σε ύψος 30 μέτρων, ανακαλύψαμε ότι η θέα υπήρχε ακόμα, πάνω από τα κτίρια και τον παραλιακό δρόμο. Μόλις βρεθήκαμε στο δώμα, καταλάβαμε ότι είχαμε την ευκαιρία να ξανακάνουμε τη γνωριμία της πόλης... Ήδη από τις πρώτες μελέτες, γεννήθηκε η ιδέα ότι ανυψώνοντας το έδαφος – δηλαδή σχεδιάζοντας ένα κεκλιμένο πάρκο που από τη στεριά θα ανηφόριζε προς τη θάλασσα, με ελαφριά κλίση και κλιμακωτή πορεία – θα ανακαλύπταμε ξανά την «καλή θέα» της Καλλιθέας... Ψηλά από τον λόφο μπορούσε να ανακτηθεί μία νέα άποψη του χώρου καθώς και η σχέση του με τη θάλασσα, η οποία είχε σβηστεί, εδώ και δεκαετίες, από λαθεμένες οικιστικές επιλογές. Τα κτίρια θα κατασκευάζονταν κάτω από τον λόφο», αναφέρει ο αρχιτέκτονας του έργου Renzo Piano²⁰⁸.

Τα στοιχεία του εδάφους και της θέας επομένως, αποτελούν αδιαμφισβήτητα την κεντρική ιδέα του έργου της Λυρικής. Πρώτη σκέψη λοιπόν, είναι να γίνει προσπάθεια στην περίπτωση μελέτη μας, τα στοιχεία αυτά να αναπαραχθούν και στο ψηφιακό κτίριο το οποίο θα προκύψει από επιφάνειες που προέρχονται από το έδαφος και ο επισκέπτης – είδωλο (avatar) να έχει οπτική επαφή προς τον περιμετρικό τόπο και τη θάλασσα, θέλοντας να διατηρηθεί η βασική σκέψη του αρχιτέκτονα ακόμα και στο μετα-εξελιγμένο του χώρο.

«Έτυχε συχνά να μιλήσω για τον τρόπο που γεννιούνται τα έργα, μέσα από μία εν μέρει ασαφή διαδικασία, κατά την οποία αναφέρονται και αναπτύσσονται ταυτόχρονα περισσότερες ιδέες, με τρόπο οργανικό, θα έλεγα. Στην Αθήνα συνέβη ακριβώς αυτό. Το λυρικό θέατρο, για παράδειγμα, το φανταστήκαμε από την πρώτη στιγμή σαν ένα ανοικτό χώρο αφιερωμένο σε

²⁰⁸ Fondazione Renzo Piano, Αθήνα: Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος, σελ.191

όλα τα είδη μουσικής. Βέβαια, in primis στην όπερα, αλλά και για ποικίλες μουσικές εκδηλώσεις, ακόμα και για παραστάσεις από περιοδεύοντες θιάσους.» αναφέρει ο Renzo Piano.²⁰⁹



[Εικ.4.2.3]

Σκίτσο της κεντρικής ιδέας του Renzo Piano για τον σχεδιασμό του πολιτιστικού κέντρου Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος, Αθήνα Και τρισδιάστατη απεικόνιση, Stavros Niarchos Foundation Cultural Centre / Renzo Piano Building Workshop | ArchDaily

Επομένως, στόχος αυτής της εργασίας ήταν να θέσει το έργο της Λυρικής σε έναν κόσμο ακόμα πιο ανοιχτό, όπου ο καθένας από οποιοδήποτε σημείο της γης να μπορεί να έχει πρόσβαση. Επιπρόσθετα, στόχος είναι η υποστήριξη της ευελιξίας της λειτουργίας των χώρων της Λυρικής και η δυνατότητα να μπορούν να μεταβληθούν και να υποστηρίξουν διαφορετικές και πολυπληθείς λειτουργίες. Μέσω του μετασύμπαντος, ο χώρος του θεάτρου και της όπερας μετατρέπεται σε μουσείο συνδέοντας όλες τις πτυχές του πολιτισμού.

Η Εθνική Λυρική Σκηνή βασίστηκε στη δημιουργία ενός δημόσιου χώρου βασισμένο σε τέσσερις άξονες: εκπαίδευση, πολιτισμό, βιωσιμότητα και περιβαλλοντολογική ισορροπία. Η πρώτη κίνηση που έγινε δεν είχε στόχο τον σχεδιασμό, αλλά την επέμβαση στο υφιστάμενο ανάγλυφο του οικοπέδου: ανυψώθηκε το έδαφος και σχεδιάστηκε ένα κεκλιμένο πάρκο που από τη στεριά θα κατευθυνόταν προς τη θάλασσα. «Έτσι, θα ξαναβρίσκαμε μπροστά μας τη θάλασσα και την πόλη της Αθήνας πίσω μας».²¹⁰

Το έργο στον φυσικό χώρο (υπόβαθρο) προβλέπει ένα πάρκο, ένα κτίριο για τη μουσική και ένα για τον πολιτισμό. Η λύση ήταν να κατασκευαστούν τα κτίρια κάτω από τον τεχνητό λόφο, έτσι ώστε το πάρκο να καλύπτει όλη την επιφάνεια του οικοπέδου. Οι διαφορετικές λειτουργίες δεν κατακερματίζουν τον χώρο, αντίθετα τον ενοποιούν. Στο ψηφιακό χώρο (πεδίο) το έργο αποτελεί μια ψηφιακή απεικόνιση του κόσμου του Εθνικού Λυρικού θεάτρου δημιουργώντας το Εικονικό Εκπαιδευτικό Μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής με ψηφιακά εκθέματα όπως ιστορικές φωτογραφίες, μακέτες σκηνικών, αφίσες, μουσικά αποσπάσματα, βιογραφικά σημειώματα συντελεστών και ηθοποιών, χρονολόγιο παραστάσεων, αλλά και εκπαιδευτικά παιχνίδια. Στον μετασυσμπαντικό χώρο (εμπειρία) γίνεται προσπάθεια να δημιουργηθεί ο εικονικός χώρος που θα φιλοξενεί το μουσείο και οι επισκέπτες θα μπορούν να βιώνουν

²⁰⁹ Fondazione Renzo Piano, Αθήνα: Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος, σελ. 192

²¹⁰ Fondazione Renzo Piano, Αθήνα: Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος, σελ. 8

εμπειρίες μέσα σε αυτόν. Το μετασυμπαντικό μουσείο θα βασίζεται στα στοιχεία και τους κανόνες των γεωμετρικών σχημάτων του φυσικού χώρου δημιουργώντας τη δική μας γραμματική σχημάτων με στόχο το «πέραςμα» από τον φυσικό στον χώρο του μετασύμπαντος. Παρακάτω παρατίθενται μερικά από τα στοιχεία που επιλέχθηκαν στο έργο της Λυρικής και που θα αποτελέσουν τους κανόνες για το Μουσείο της.

Το πρώτο λοιπόν στοιχείο ήταν η δημιουργία του τεχνητού εδάφους, επιφανειών με διαφορετικά ύψη, υψόμετρα και κλίσεις το οποίο λήφθηκε υπόψη στο σχεδιασμό του μουσειακού χώρου στο μετασύμπαν. Στο φυσικό χώρο του πάρκου, επιλέχθηκε η πορεία στο Λαβύρινθο, η οποία παρέχει στον επισκέπτη πολλαπλές επιλογές, πολλαπλές διαδρομές προς το κέντρο του. Από τον σχεδιασμό του, ο Λαβύρινθος αποτελεί σύμβολο ενότητας και συνέχειας, σύγκλισης προς ένα κεντρικό, κοινό σημείο. «Ο Λαβύρινθος είναι κατά κάποιον τρόπο ένα ιδιαίτερο σύμβολο της Αθήνας: της πόλης που ανοικοδομείται και αναπτύσσεται αέναα μέσα στην πλούσια ιστορία της, που άλλοτε απομακρύνεται από αυτή και άλλοτε την πλησιάζει, έχοντας όμως πάντα την ιστορία της εκεί, στο κέντρο.»²¹¹ Χρησιμοποιώντας αυτό το στοιχείο στη περίπτωση μελέτης μας, ο κανόνας του Λαβύρινθου μας οδηγεί στην κεντρική σκηνή του μετασυμπαντικού μουσείου, όπου απομακρυνόμαστε από τον φυσικό χώρο και προσανατολιζόμαστε στον μετα – χώρο, αποτελώντας έτσι για τον επισκέπτη, τη μετάβαση. Στη σκηνή του μουσειακού μας χώρου αποτυπώνεται στο πάτωμα ο Λαβύρινθος ο οποίος στο κέντρο του θα παρουσιάζονται τα έργα και τα πρόσωπα του Λυρικού θεάτρου. Οι χώροι που πλαισιώνουν την εικονική σκηνή δημιουργούνται από επιφάνειες σε διαφορετικά ύψη και κλίσεις.

Ένα δεύτερο κυρίαρχο στοιχείο του έργου της Λυρικής Σκηνής είναι η επαφή με το νερό, μέσω ενός μεγάλου καναλιού, πλάτους 30μ. μήκους 400μ., ο οποίος είναι ο προπομπός της θάλασσας. «Μας απασχόλησε ιδιαίτερα το ζήτημα του νερού: έτσι προέκυψε η ιδέα να ξαναβρούμε τη σχέση μας με τη θάλασσα. Και όχι μόνο ως προς την θέα στον κόλπο, αλλά και ως φυσική παρουσία στο χώρο του έργου», αναφέρει ο Renzo Piano²¹². Ακόμη ένα στοιχείο το οποίο έπρεπε ο επισκέπτης να αντιλαμβάνεται κατά τη διάρκεια της εμπειρίας της ξενάγησής του στο μετασυμπαντικό μουσείο ώστε να επιτευχθεί η χωρική συνέχεια από το φυσικό στο μετασυμπαντικό χώρο. Ο χώρος γίνεται σταδιακά κομμάτι της Λυρικής, συμμετέχει στην καθημερινότητα του επισκέπτη και στο τοπίο της.

«Αυτή η επιλογή ενέπνευσε και μία δεύτερη, πάντα συνδεδεμένη με το θέμα του νερού: στην περιοχή όπου δημιουργείται το έργο υπήρχε κάποτε η θάλασσα, ο χώρος βρίσκεται στο πάλαι ποτέ λιμάνι της Αθήνας, το Φάληρο. Η σκέψη να αναβιώσει η σχέση με το νερό ήταν σημαντική. Ένα μεγάλο κανάλι που θα υποδέχεται όποιον έρχεται από την πόλη.. Αυτές οι δύο ιδέες του λόφου και του νερού δεν αμφισβητήθηκαν ποτέ.»²¹³ Στοιχείο που θα συναντήσουμε και στο μετασυμπαντικό μουσείο της Λυρικής που θα λειτουργήσει συνδεδετικά σαν εικόνα με το κανάλι.

«Το τρίτο στοιχείο που σκεφτήκαμε από την πρώτη στιγμή ήταν μια πλατεία που θα αποτελούσε την καρδιά του έργου. Μοιραία σπεύσαμε να την ονομάσουμε Αγορά. Δεν είναι απλώς ένα αστικό στοιχείο, έχει και μεταφορική σημασία, είναι ένας χώρος συνάντησης και ανταλλαγής απόψεων και αξιών.»²¹⁴ Ο κόσμος που θα προσέρχεται για να ακούσει μουσική, να διαβάσει, να μελετήσει στη δημόσια βιβλιοθήκη ή να ψυχαγωγηθεί στο κανάλι, θα διαπιστώσει ότι η Αγορά είναι πράγματι το κομβικό σημείο. Το κτίριο της βιβλιοθήκης, με δομή που απαιτεί έναν σταθερό κεντρικό όγκο, που από την πλευρά του φουαγιέ είναι πανταχόθεν ορατός, προσφέρεται για πολλές χρήσεις: χώρους για παιδιά, στούντιο για μουσικές ηχογραφήσεις, ένα business center για εκπαιδευτικά σεμινάρια διοίκησης επιχειρήσεων, αίθουσες για ερευνητές. Η βιβλιοθήκη είναι μια συνέχεια της Αγοράς, η οποία βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο. Οι διαφορετικές λειτουργίες δεν κατακερματίζουν τον χώρο, αντίθετα τον ενοποιούν. Στην ίδια λογική βρίσκεται και το μετασυμπαντικό μουσείο αντίστοιχα, όπου οι χώροι είναι ανοικτοί, ενωποιημένοι και

²¹¹ Fondazione Renzo Piano, Αθήνα: Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος, σελ. 38-39

²¹² Fondazione Renzo Piano, Αθήνα: Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος, σελ. 20-21

²¹³ Fondazione Renzo Piano, Αθήνα: Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος, σελ. 192-193

²¹⁴ Fondazione Renzo Piano, Αθήνα: Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος, σελ. 193

λειτουργούν ως χώροι συνάντησης και κοινωνικοποίησης των επισκεπτών φιλοξενώντας ταυτόχρονα και μουσειακές λειτουργίες.

Το πάρκο δεν είναι απλώς ένα στοιχείο που ενώνει αλλά και που προστατεύει. Μέρος αυτής της προσέγγισης είναι και η ιδέα του «ιπτάμενου χαλιού», ενός μεγάλου στεγάστρου που λειτουργεί ως ηλιοσυσσωρευτής στην κορυφή του λόφου, έχοντας δύο λειτουργίες: να δημιουργηθεί σκιά και να αιχμαλωτιστούν οι ακτίνες του ήλιου. Κάτω από το στέγαστρο έχει δημιουργηθεί ένας χώρος, που ονομάστηκε Lighthouse, Φάρος. «Η δημιουργία αυτής της μεγάλης ανοικτής «αίθουσας» που είχε θέα προς τη θάλασσα και την πόλη συνδέθηκε αρχικά με την ύπαρξη της βιβλιοθήκης με την σκέψη να αποτελέσει ένα αναγνωστήριο. Σήμερα, οι βιβλιοθήκες χρησιμοποιούνται με τρόπο εντελώς διαφορετικό, είναι χώροι συνδεδεμένοι σε πραγματικό χρόνο με τις τράπεζες δεδομένων όλου του κόσμου. Υπό αυτήν την οπτική, ο Φάρος δεν είναι απλώς μια αίθουσα όπου ο αναγνώστης συμβουλευεται τους τόμους της βιβλιοθήκης, αλλά θα είναι ένας πραγματικός (και εικονικός) χώρος συνάντησης με τον υπόλοιπο κόσμο. Ό,τι και αν είναι να συζητηθεί, είτε πρόκειται για ανταλλαγή απόψεων, είτε για μια σύσκεψη εργασίας, θεωρώ σημαντικό να υπάρχει και ένας χρόνος φυσικής συνάντησης των ανθρώπων. Τον Φάρο στην κορυφή του λόφου τον εμπνευστήκαμε και για αυτόν τον σκοπό. Είναι ένας χώρος που αποτελεί ταυτόχρονα μέρος του λόφου, μέρος του πανοράματος και μέρος της βιβλιοθήκης – ένα στοιχείο συνεκτικό και συνδετικό.» ... «Από λειτουργική άποψη μοιάζει με την Αγορά. Αν η Αγορά είναι ο χώρος συνάντησης στην επιφάνεια του εδάφους, το πρώτο σημείο συνάθροισης μόλις φτάνει κανείς στην τοποθεσία, ο Φάρος είναι μία πλατεία σε ύψος τριάντα μέτρων.»²¹⁵ Εδώ είναι και στην περίπτωση μελέτης μας το κομβικό σημείο, όπου ο επισκέπτης θα μπορεί να «συνεχίσει» την πορεία του στο μετασυμπαντικό χώρο και να περιηγηθεί στο μουσείο της Όπερας.



[Εικ.4.2.4]

Φωτογραφίες από τον Φάρο στο ΚΠΙΣΝ. Μια πλατεία σε ύψος.,

<https://www.snfcc.org/kpisen/arkitektoniki/o-faros>

Όπως φαίνεται, κάθε χώρος του έργου έχει πολύπλευρη και περίπλοκη λειτουργία. Το ίδιο ισχύει και για το θέατρο. Πρώτα απ' όλα, γιατί σήμερα τα λυρικά θέατρα σχεδιάζονται έτσι ώστε να είναι συμβατά μεταξύ τους. Πρέπει να έχουν μια κοινή λογική, μια συγκεκριμένη διάταξη, ένα "format", το οποίο να επιτρέπει στην όπερα να ανεβαίνει και σε άλλα θέατρα. «Η μουσική έχει ισχυρή παράδοση στην Ελλάδα, και βέβαια στην Αθήνα πλανιέται ακόμα η παρουσία της

²¹⁵ Fondazione Renzo Piano, Αθήνα: Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος, σελ. 193

Μαρίας Κάλλας, όμως στο έργο αυτό η όπερα είναι μία από τις πολλές πιθανές μουσικές εκδηλώσεις. Η μουσική, το στοιχείο που κατεξοχήν ενώνει, βγαίνει από τα όρια του θεάτρου, απλώνεται στους χώρους της Αγοράς και του πάρκου, έτσι ώστε και αυτοί να γίνουν χώροι μουσικής, ακόμα και τα φορτηγά που την περιφέρουν στις πόλεις και τις πλατείες.»²¹⁶ αναφέρει ο R. Piano.

Η Λυρική σκηνή σχεδιάζεται λοιπόν σε συγκεκριμένη διάταξη. Στο μετασύμπαν δεν υπάρχει ωστόσο κανένα “format”. Όλα τα δρώμενα μπορούν να συμβούν. Η μουσική, σύμφωνα και με το όραμα του R. Piano, βγαίνει από τα φυσικά όρια και μπορεί να ταξιδέψει στους εικονικούς χώρους. Μια από τις πολλές δυνατότητες που μας δίνει το μετασύμπαν στο κομμάτι του σχεδιασμού είναι πως επιλογές στον σχεδιασμό που θα ήταν επιθυμητές αλλά απορρίφθηκαν λόγω μη δυνατότητας, θα μπορούσαμε να τις πραγματοποιήσουμε χωρίς κανένα κατασκευαστικό περιορισμό. Παράδειγμα αποτελεί το σχέδιο της αίθουσας της Λυρικής. Το σχέδιο ανακτά την κλασική διαμόρφωση σε σχήμα πετάλου του ιταλικού θεάτρου. Ο αρχιτέκτονας ωστόσο ήθελε να σχεδιάσει μια αίθουσα όπου τα θεωρεία στα πιο πάνω διαζώματα να εξέχουν σε σχέση με τα κάτω, θυμίζοντας ανεστραμμένο κώνο. Μια ιδέα βέβαια που δεν προχώρησε μετά τις δοκιμές για ηχητικές παραμέτρους.

Άλλο παράδειγμα αποτελούν τα υλικά που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Αρχική επιθυμία του αρχιτέκτονα ήταν το μάρμαρο, καθώς άρεσε η ιδέα να γίνει η αίθουσα ένα μικρό λατομείο. Όμως η πέτρα συνεπάγεται σημαντικές δυσκολίες ως προς την ακουστική του χώρου, έτσι επιλέχθηκε το ξύλο. Τέλος, συζητήθηκαν τα χρώματα. Εκείνη ακριβώς τη στιγμή ο Renzo παρουσίασε τη φωτογραφία μια κοπέλας με χρυσό μπικίνι, η οποία αποτέλεσε σημείο αναφοράς. Επειδή όμως η Ελλάδα τα τελευταία χρόνια υπέφερε από την οικονομική κρίση, η επιλογή του χρυσού φάνηκε άστοχη.

Στο μετασύμπαν, όλες οι δυσκολίες στην κατασκευή, οι οποίες περιορίζουν τον σχεδιασμό του αρχιτέκτονα στο να κάνει συγκεκριμένες επιλογές καταργούνται και γίνεται εφικτή η οποιαδήποτε σχεδιαστική πρόθεση. Για παράδειγμα, ένα μικρό λατομείο στο μετασύμπαν δεν μπορεί να περιορίσει την ακουστική και επιπλέον, το μάρμαρο στο μετασύμπαν δεν κοστίζει παραπάνω από άλλα υλικά, επομένως μπορούμε να αναπτύξουμε ξανά τις αρχικές προθέσεις του αρχιτέκτονα και να επαναπροσδιορίσουμε τον σχεδιασμό. Η επιλογή του εμφανούς σκυροδέματος ήταν μια σημαντική καινοτομία στο έργο, υλικό που θα ξανασυναντήσουμε στο μετασυμπάντειο μουσείο.

Στο κέντρο της αίθουσας της Λυρικής κρέμεται από την οροφή, το γλυπτό του καλλιτέχνη Susumu Shingu: “Cosmos”. Στοιχείο που θα το βρούμε και στο μουσειακό μας χώρο, ώστε ο επισκέπτης να μπορεί να συνδεθεί στους δύο αυτούς κόσμους, μέσω της κοινής γραμματικής σχημάτων.

Στην κορυφή του λόφου προς το Νότο, υπάρχει ένα στέγαστρο που «ίπταται» σε ύψος 17μ. από τον λόφο. Αρχικά είχε σχεδιαστεί σαν κεκλιμένο φακό εκτεθειμένο στο Νότο. Το τελικό του σχήμα είναι διαφορετικό, παρέμεινε όμως η ιδέα ενός στεγαστρού που να αιωρείται πάνω από τον λόφο. Χρόνια διήρκεσε η μελέτη για την κατασκευή αυτού του στοιχείου, δεδομένου ότι βρίσκεται σε σεισμογενή περιοχή, δεν έπρεπε να είναι μόνο ελαφρύ αλλά και εύκαμπτο. Μια τεχνολογία κατασκευής εξαιρετικά περίπλοκη στη διαχείρισή της. «Μετά από 500 χρόνια θα πρέπει να είναι ακόμα εδώ και θα πρέπει να είναι τέλειο και χωρίς ρωγμές.»²¹⁷

Στην πρόσοψη της Αγοράς, λόγω ανέμου που μπορεί να φτάσει τους 60-70 κόμβους είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί άριστη στήριξη. Για να μην φαίνονται οι γιγάντιες κατακόρυφες μεταλλικές αντηρίδες, που ήταν αναγκαίες για να προβάλλουν την απαιτούμενη αντίσταση, χρησιμοποιήθηκαν νευρώσεις από γυαλί. Ένα γυαλί ενισχυμένο με μεταλλικά στοιχεία. Αυτές οι κατακόρυφες νευρώσεις υπήρξαν αντικείμενο μακράς μελέτης και δοκιμών υπό κλίμακα. Στο μετασυμπαντικό μουσείο της όπερας το στέγαστρο αιωρείται χωρίς καμία στατική μελέτη και τα υαλοπετάσματα της όψης δεν εξετάζονται από τις ριπές ανέμων.

«Αυτό το έργο δεν έχει να κάνει μόνο με το ότι είναι ένα σημαντικό δημόσιο έργο, ότι η Εθνική Βιβλιοθήκη παίζει έναν θεμελιώδη πολιτιστικό ρόλο και ότι τα κτίρια συμβάλλουν στην

²¹⁶ Fondazione Renzo Piano, Αθήνα: Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος, σελ. 194

²¹⁷ Fondazione Renzo Piano, Αθήνα: Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος, σελ. 195

εξαιρετικά επίκαιρη συζήτηση γύρω από τον βιοκλιματικό χαρακτήρα των κτιρίων και τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας, αλλά και με την ιδέα ενός κοινού χώρου και με πολλές, σημαντικές, πολιτιστικές αξίες συνδεδεμένες με τον χώρο αυτό...«Το έργο για την Αθήνα είναι ένα πείραμα κοινωνικοπολιτικής μηχανικής.» Renzo Piano²¹⁸

Γ. ΕΠΙΣΚΕΠΤΕΣ-ΧΡΗΣΤΕΣ-ΑΒΑΤΑΡΣ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ IoT

Τα έξυπνα κτίρια, και κατ' επέκταση και τα μετασμπαντικά, είναι ανθρωποκεντρικά, επομένως η εμπειρία των χρηστών είναι κυρίαρχη. Το σενάριο περίπτωσης, το οποίο εξετάζουμε, είναι η χρήση BIM για το σχεδιασμό ενός χώρου και για τη δημιουργία εικονικού χώρου που περιέχει έξυπνα αντικείμενα- εκθέματα που μπορούν να εκτελούν ορισμένες λειτουργίες και να αντιδρούν στις αλληλεπιδράσεις των χρηστών με βάση το σύνολο των χαρακτηριστικών των αντικειμένων.

Η χρήση ενσωματωμένης υποδομής IoT και εικονικό περιβάλλον που βασίζεται σε BIM επιτρέπει στους χρήστες να ελέγχουν τα αντικείμενα. Το εικονικό περιβάλλον που βασίζεται σε BIM ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την υποδομή IoT στο κτίριο σύμφωνα με τις πληροφορίες λήψης. Οι δυνατότητες IoT επιτρέπουν τη συνεχή ροή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, αποφέροντας σημαντικά οφέλη από την ενοποίηση με μοντέλα BIM, καθώς θα παρακολουθούνται από τους αρμόδιους όλες οι συνθήκες στο φυσικό χώρο της Λυρικής Σκηνής. Τα δεδομένα που συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο από το IoT, μπορούν να αντιστοιχιστούν στις ψηφιακές οντότητες του μοντέλου BIM για να αντιπροσωπεύουν ένα ευρύ φάσμα πολύτιμων πληροφοριών. Για παράδειγμα, μια πλατφόρμα βασισμένη σε BIM και IoT μπορεί να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας και την άνεση του επισκέπτη. Το προτεινόμενο μουσείο βασίζεται σε συσκευές IoT που βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία της Λυρικής, μια εφαρμογή που είναι εγκατεστημένη στη κινητή συσκευή ενός επισκέπτη και μια πλατφόρμα συλλογής δεδομένων που τρέχει στον διακομιστή της Λυρικής.

Επομένως, αισθητήρες κίνησης προσδιορίζουν εάν ο επισκέπτης πλησιάσει το έκθεμα, και πληροφορίες σχετικά με το συγκεκριμένο έκθεμα θα προωθηθούν στη κινητή του συσκευή. Παράλληλα, στην εφαρμογή μπορεί να καταγράφεται το ενδιαφέρον του επισκέπτη για το συγκεκριμένο έκθεμα. Καθώς ο επισκέπτης μετακινείται, η κίνησή του εντοπίζεται, παρέχοντας μια κατά προσέγγιση τοποθεσία του επισκέπτη - avatar στο meta - μουσείο. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον επισκέπτη για να πλοηγηθεί στις διάφορες αίθουσες του μουσείου και να βρει τα εκθέματα που τον ενδιαφέρουν. Η εφαρμογή που εκτελείται στη κινητή συσκευή μπορεί επίσης να παρακολουθεί τη διαδρομή του επισκέπτη στο μουσείο και να παρέχει μια πρόταση που βασίζεται σχετικά με τις προτιμήσεις του επισκέπτη και την απόσταση από τα διαφορετικά δωμάτια. Αυτό φυσικά, θα πραγματοποιηθεί και στον φυσικό χώρο, λαμβάνοντας υπόψιν τις καταγεγραμμένες προτιμήσεις του.

Η διαδρομή που ακολούθησε ο επισκέπτης μαζί με τις προτιμήσεις του, ο χρόνος διατήρησης και η χρονική σήμανση κάθε ενέργειας μπορούν να προωθούνται σε ένα κέντρο επεξεργασίας της Λυρικής. Αυτά τα δεδομένα συλλέγονται και παρέχουν χρήσιμες αναλύσεις για τον επισκέπτη και τη διαχείριση του μουσείου. Ο επισκέπτης μπορεί να σημειώσει τις παραστάσεις που επισκέφτηκε μαζί με τις σημειώσεις που έκανε. Παράλληλα, στην εφαρμογή ο επισκέπτης μπορεί να στήσει μια διαδρομή με τα επιθυμητά εκθέματα - παραστάσεις. Αυτές μπορεί να είναι χρήσιμες πληροφορίες για τη βελτίωση της ορατότητας ορισμένων παραστάσεων, καθώς υπάρχει δυνατότητα να φιλοξενηθεί μεγάλος αριθμός επισκεπτών σε συγκεκριμένα θεάματα κατά τις ώρες αιχμής και παρέχεται μια σύσταση στους επισκέπτες ανάλογα με το ενδιαφέρον τους. Αυτά τα στοιχεία μεταφέρονται στο μετασμπαν και ο επισκέπτης έχει μία εξατομικευμένη ξενάγηση.

Το εικονικό περιβάλλον που βασίζεται σε BIM περιλαμβάνει πληροφορίες χρήστη στο τρέχον πολιτιστικό περιβάλλον, το οποίο ευνοεί την προσομοίωση των δραστηριοτήτων του επισκέπτη. Στη φάση λειτουργίας της Λυρικής, το εικονικό περιβάλλον που βασίζεται σε BIM μπορεί να βοηθήσει τους επισκέπτες να βιώσουν τις δραστηριότητες σε ένα εικονικό μουσείο και να μπορούν τα άτομα που εργάζονται σε αυτό να ελέγξουν αποτελεσματικά τον εξοπλισμό του εσωτερικού χώρου. Το σύστημα ελέγχου εξοπλισμού εσωτερικού χώρου που βασίζεται στην

²¹⁸ Fondazione Renzo Piano, Αθήνα: Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος, σελ. 197

πλατφόρμα BIM επιτρέπει στους χρήστες και φορείς της Λυρικής να ενεργοποιούν ή να απενεργοποιούν εξ αποστάσεως τον εξοπλισμό, μειώνοντας επιπλέον την κατανάλωση ενέργειας και βελτιώνοντας την άνεση του επισκέπτη και έχοντας πλήρη έλεγχο όλων των χώρων που μπορεί να περιέχουν και αντικείμενα μεγάλης αξίας.

Στόχος είναι η παραγωγή ενός περιβάλλοντος, στον οποίο να «μπορούν να έχουν πρόσβαση, να είναι κατανοητός και να χρησιμοποιηθεί» από όλους τους ανθρώπους, ανεξάρτητα από την ηλικία, τα ενδιαφέροντα ή τις ικανότητές τους. Η ανθρώπινη ανάγκη είναι μια μεταβλητή που είναι δύσκολο να προσδιοριστεί. Πριν από δύο αιώνες, ο Adam Smith είχε ήδη αναγνωρίσει την ανάγκη ως σχετική, με βάση τα συμφραζόμενα και συνεχώς μεταβαλλόμενη²¹⁹.

Δ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ Meta-χώρου

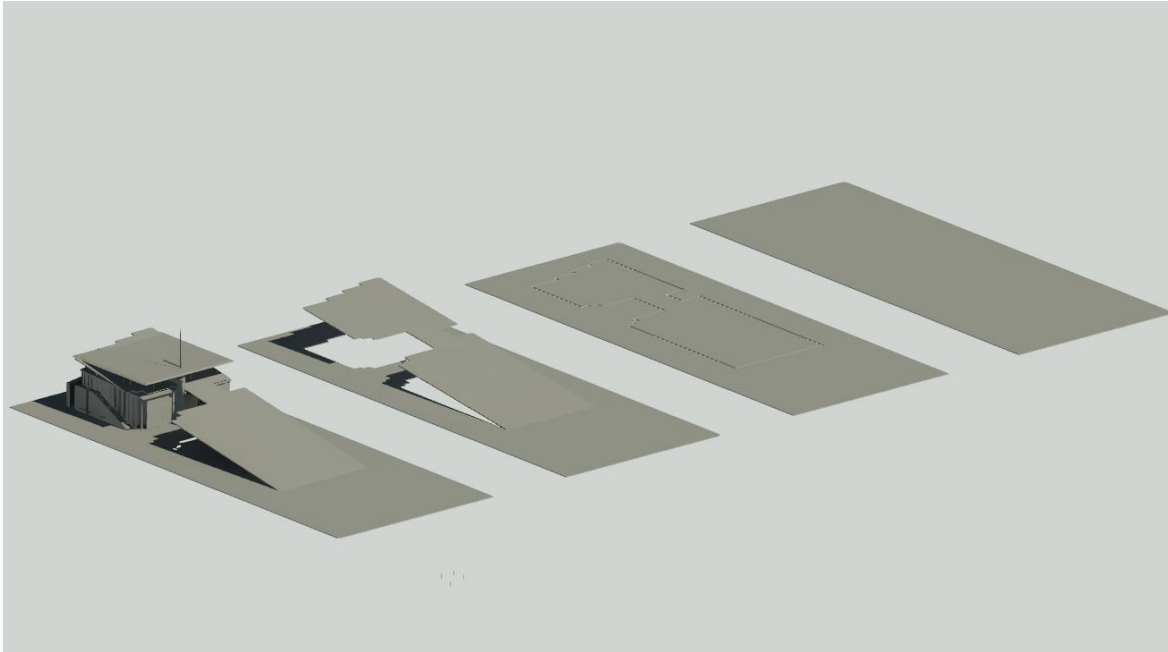
Η περίπτωση μελέτης μας ασχολείται με τη δημιουργία ενός HBIM μοντέλου, το οποίο θα μπορεί να παρέχει όχι μόνο οπτική αλλά και θεματική συνέχεια από τον φυσικό στον μετασυμπαντικό χώρο της Λυρικής Σκηνής. Το μοντέλο, όπως προαναφέρθηκε, δημιουργείται χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Autodesk REVIT, BIM software και για τις τελικές λήψεις εικόνων το Twinmotion, Epic Games. Το δημιουργημένο μοντέλο BIM θα μπορεί να λειτουργήσει διττά, είτε ως μοντέλο Digital Twin ορισμένων χώρων που θα μπορούν στο μέλλον να προσαρτηθούν στον φυσικό χώρο, είτε ως μοντέλο στο Metaverse όπου θα μεταφέρεται ο κόσμος της Λυρικής και θα λειτουργεί υποστηρικτικά με το φυσικό κτίριο. Πρόκειται λοιπόν για ένα Open Model στο οποίο θα υπάρχουν δεδομένα για τη λειτουργία του φυσικού χώρου, για τα εκθέματα/παραστάσεις, για τους καλλιτέχνες και τέλος για τους ίδιους τους επισκέπτες και θα μπορούν να εισάγονται συνεχώς καινούρια από τους διαχειριστές του. Λαμβάνοντας υπόψη τις βασικές αρχές του σχεδιασμού της Εθνικής Λυρικής Σκηνής από τον Renzo Piano, γίνεται προσπάθεια αναπαραγωγής αυτών των βασικών αρχών ώστε να δημιουργηθεί ένας χώρος με κοινές αναφορές, ώστε το «πέρασμα» από την Λυρική στο Μουσείο της να είναι συμπεριληπτικό και ευπροσάρμοστο.

Έτσι, το έδαφος το οποίο σηκώνεται και δημιουργεί το κτίριο της Λυρικής μεταφράζεται σε κεκλιμένες επιφάνειες και επίπεδα που δημιουργούν το μετασυμπαντικό της Μουσείο. Η κατοψη του φυσικού κτιρίου έρχεται να αναπαραχθεί και στο μοντέλο του μετασύμπαντος, επιτρέποντάς του να εξελίσσεται οργανικά καθώς τα οπτικοακουστικά εκθέματα αυξάνονται. Ενώ ορισμένοι χώροι υπάρχουν αποκλειστικά στο μετασύμπαν, άλλοι καλύπτουν τον εικονικό και τον φυσικό χώρο. Επιπλέον, μοναδικοί χώροι μπορούν να κατασκευαστούν ειδικά για να συμπληρώνουν συγκεκριμένα έργα τέχνης.

Σε αυτή την περίπτωση μελέτης, επιλέγεται μια υβριδική διαδρομή. Το μετασυμπαντικό μουσείο της Όπερας, περιλαμβάνει εκθέσεις πολλών πλατφορμών με έργα τα ίδια τα έργα της Λυρικής Σκηνής αλλά και με δυνατότητα προβολής έργων άλλων καλλιτεχνών, που μπορεί να συνδυάσει μελλοντικά και μια φυσική έκθεση στο χώρο του Ιδρύματος, εμπειρίες επαυξημένης πραγματικότητας σχεδιασμένες για την προβολή ψηφιακών έργων και παράλληλες εικονικές παραστάσεις στο χώρο του μετασύμπαντος σε συνδυασμό με αυτές της Λυρικής σε πραγματικό χρόνο. Το μουσείο του μετασύμπαντος έχει ένα πολυλειτουργικό περιεχόμενο το οποίο είναι δύσκολο να δημιουργηθεί στον φυσικό χώρο. Για παράδειγμα, έχουμε το πλεονέκτημα να εισάγουμε στα εκθέματα χαρακτηριστικά όπως ο ήχος, η κίνηση, η εξέλιξη στο πέρασμα του χρόνου, δημιουργώντας μια πολυαισθητηριακή εμπειρία στον επισκέπτη. Εδώ, αντιμετωπίζεται το θέατρο ως εκθεσιακός χώρος και το έργο ως έκθεμα. Οι επισκέπτες είναι ελεύθεροι να παρακολουθήσουν όση ώρα θέλουν, να καθίσουν όπου θέλουν, να φύγουν και να ξαναγυρίσουν όσες φορές θέλουν. Σε αντίθεση με τα περισσότερα μουσεία, το meta-μουσείο θα χαρακτηρίζεται από έννοιες όπως προσβασιμότητα, συμπερίληψη και συμμετοχικότητα, συνδέοντας σε πραγματικό χρόνο τον φυσικό με τον εικονικό κόσμο και ενισχύοντας την κοινωνική τους διάσταση. Ένας διαφοροποιημένος ρόλος των πολιτιστικών χώρων και των λειτουργιών τους και μια επανεξέταση των ρόλων τους στο κοινωνικό γίγνεσθαι. «Αφετηρία ήταν

²¹⁹ O Shea E. Pavia S., Dyer M., Craddock G., Murphy N., 2014. *Measuring the design of empathetic buildings: A review of universal design evaluation methods. Disability and rehabilitation.* pp.4-7.

η μελέτη των τριών λειτουργιών που θα φιλοξενούσε το έργο αυτό. Ήθελαν ένα πάρκο, ένα οίκημα για τη μουσική και ένα για τον πολιτισμό.»²²⁰ Η περίπτωση μελέτης μας έρχεται να ενισχύσει την ιδέα του αρχιτέκτονα, μετασχηματίζοντας το κτίριο για την μουσική (Λυρική Σκηνή) σε κτίριο πολιτισμού (Meta-μουσείο).



[Εικ.4.2.5]

Εικόνα της δημιουργίας του κτιρίου από την επιφάνεια του έδαφος, στο πρόγραμμα Autodesk REVIT. Το κτίριο στη φυσική του μορφή απορροφά τις ψηφιακές τεχνολογίες. Το «έδαφος» (ground) που θα υποδεχθεί το «ψηφιακό» (Digital Ground).

Για την πραγματοποίηση των ανωτέρω, αυτή η ενότητα εισάγει το DT λαμβάνοντας ένα παράδειγμα μοντελοποίησης και προσομοίωσης της Λυρικής. Στο στάδιο του σχεδιασμού, εφαρμόζεται σχεδιασμός με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD) για να παράγει ένα ψηφιακό αντίγραφο της Λυρικής σύμφωνα με τις απαιτήσεις σχεδιασμού. Κατά τη διάρκεια της πραγματικής λειτουργίας και συντήρησης της Λυρικής, οι χρήστες εφαρμόζουν το ενσωματωμένο λογισμικό και συστήματα αισθητήρων για τη συλλογή διαφόρων φυσικών παραμέτρων που δημιουργούνται σε πραγματικό χρόνο, όπως θερμοκρασία, υγρασία, αριθμός επισκεπτών και εφαρμόζουν αυτά τα δεδομένα στη δημιουργία ενός ψηφιακού μοντέλου 3D στον κόσμο του υπολογιστή που αντιστοιχεί στη Λυρική στον πραγματικό κόσμο. Αυτό το ανακατασκευασμένο μοντέλο ψηφιακής Λυρικής μπορεί να επεκταθεί ως μουσείο και να λειτουργήσει ως επέκταση του υφιστάμενου χώρου με συλλογές που πριν δεν υπήρχε ο απαιτούμενος χώρος να εκτεθούν.

Επιπλέον, το ψηφιακό μουσείο μπορεί να συνδέεται και να επικοινωνεί με το φυσικό πολιτιστικό χώρο στις φάσεις λειτουργίας και συντήρησης. Τα στατικά και δυναμικά χαρακτηριστικά του πραγματικού φυσικού χώρου αντιστοιχίζονται ένα προς ένα στον κόσμο των υπολογιστών, όπως γεωμετρικά μοντέλα, διάφορες πληροφορίες για θερμοκρασίες και υγρασία και διάφοροι μηχανισμοί σε πραγματικό χρόνο. Η εφαρμογή DT αποτελεί τη τρισδιάστατη γεωμετρική μοντελοποίηση πραγματικών συστημάτων, αλλά και τη μοντελοποίηση και προσομοίωση πολλαπλών μηχανισμών. Η μοντελοποίηση και η προσομοίωση συστήματος δίνει έμφαση στην πολυπλοκότητα του συστήματος και τους πολλαπλούς μηχανισμούς, όπως προσομοιώσεις σε υλικά, γεωμετρικές δομές, διάρκεια ζωής του συστήματος. Εκτός από την

²²⁰ Fondazione Renzo Piano, Αθήνα: Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος, σελ. 193

υποστήριξη της προσομοίωσης συστήματος, ένας άλλος βασικός στόχος του DT είναι η εκτέλεση προσομοίωσης σε πραγματικό χρόνο για τη λειτουργία και τη συντήρηση της Λυρικής και η αποστολή εντολών ελέγχου σε πραγματικό χρόνο ώστε όλοι οι χώροι να μπορούν να ελέγχονται.

Ένας πραγματικός κόσμος μπορεί να αναπαρασταθεί με τρία στοιχεία: πραγματικό φυσικό σύστημα (σχήμα), πραγματικό σύστημα πληροφοριών και πραγματικό σύστημα μηχανισμών. Ο σκοπός της κατασκευής ενός DT είναι η χρήση υπολογιστή για να αναπαραστήσει κατά προσέγγιση τα τρία στοιχεία στον πραγματικό κόσμο, όπως η χρήση γραφικών υπολογιστή για τη δημιουργία του τρισδιάστατου γεωμετρικού μοντέλου μιας πραγματικής σκηνής.

Με βάση τις απαιτήσεις της μεταβλητής αρχιτεκτονικής που προσδιορίζουμε, θεωρούμε ότι η ανάμιξη εικονικών και φυσικών οντοτήτων, συμπεριλαμβανομένων των αρχιτεκτονικών στοιχείων, των ανθρώπινων παρουσιών και των τεχνητών ιδιοτήτων, φιλοξενώντας υβριδικές και δυναμικές δραστηριότητες, είναι ο πυρήνας του σχεδιασμού της μετα - αρχιτεκτονικής. Προκειμένου να δημιουργηθεί μια εισαγωγή της Metaverse Architecture σε κτίρια όπως η Λυρική σκηνή, θα πρέπει να έχει προσδιοριστεί ένα πλαίσιο. Αρχικά, οι φυσικές μορφές (παραστάσεις) μετατρέπονται σε εικονικά εκθέματα - θεάματα. Οι στόχοι αυτού του μετασχηματισμού είναι να συλλάβουν σχήματα μορφολογικών στοιχείων, να αποθηκεύουν πληροφορίες και να αντιγράφουν τις λειτουργίες των στοιχείων. Οι φυσικές και εικονικές μορφές (τα φυσικά και τα ψηφιακά εκθέματα) αποκτούν αλληλένδετες σχέσεις. Οι χρήστες μπορούν να αντιληφθούν και να αλληλεπιδρούν με αυτά επαυξάνοντας την εμπειρία τους. Οι φυσικές και εικονικές μορφές συνδέονται ώστε να δημιουργήσουν μια νέα λειτουργία. Μια συγχωνευμένη μορφή επομένως, αξιοποιεί τα πλεονεκτήματα της φυσικής και της εικονικής, για την παροχή προηγμένων λειτουργιών.

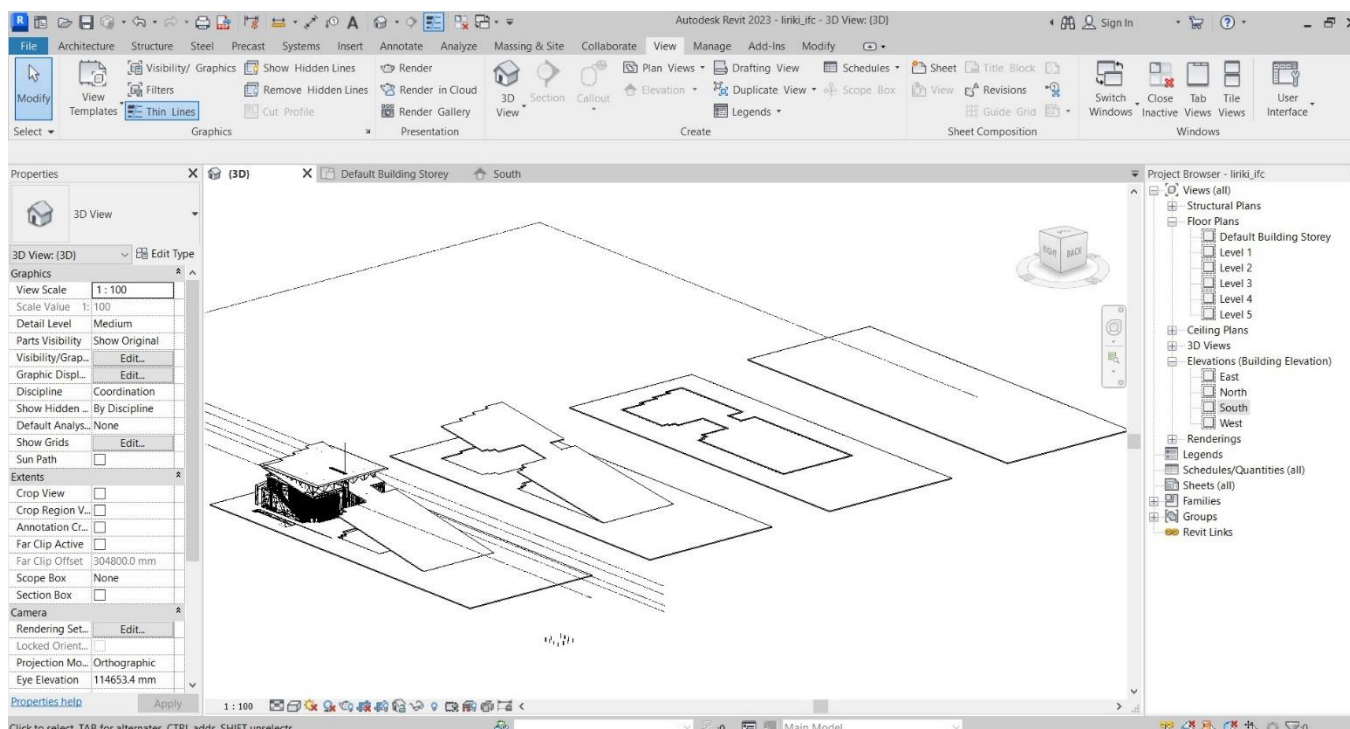
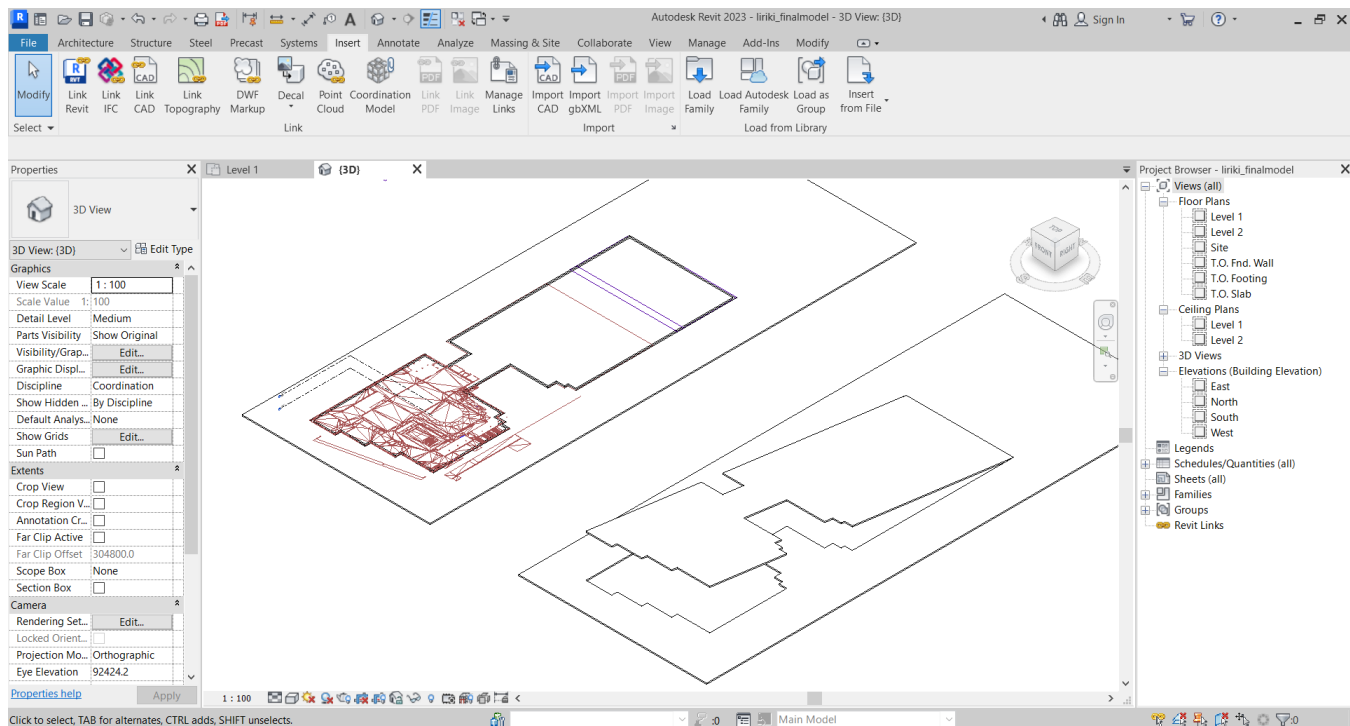
Πέρα όμως από τις τεχνολογίες που θα ενταχθούν στο σχεδιασμό του πολιτιστικού χώρου και θα παρέχουν δεδομένα, θα πρέπει να προσδιορίσουμε τον τρόπο που θα σχεδιαστεί η χωρική του επέκταση στο μετασύμπαν. Μία αρθρωτή μέθοδος κατασκευής, είναι ο τύπος κατασκευής με βάση στοιχεία, καθώς όχι μόνο στοιχεία, αλλά ολόκληρες χωρικές μονάδες μπορούν να σχεδιαστούν για το «μετασυμπάντειο» μουσείο. Τέτοιου είδους χώροι χρειάζονται την ανάπτυξη μιας διαδικασίας σχεδιασμού με τη βοήθεια αλγορίθμων. Τα πλεονεκτήματα της δημιουργίας περιεχομένου μέσω αλγοριθμικών σεναρίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μαζί με τα πλεονεκτήματα του BIM, μπορούν να οδηγήσουν σε μια πιο αποτελεσματική παραγωγή πολλαπλών μοντέλων BIM.

Η διαδικασία δημιουργίας του εικονικού μοντέλου σε αυτή την εργασία, βασίζεται στα επιμέρους υποστοιχεία και παραμέτρους του φυσικού κτιρίου της Λυρικής σκηνής. Η εισαγωγή των παραμέτρων χωρίζεται σε ένα πλέγμα, το οποίο χρησιμεύει ως βάση για όλα τα περαιτέρω στοιχεία. Μέσα σε αυτό το παραγόμενο τρισδιάστατο σύστημα πλέγματος και επιπέδων, μπορούν να εντοπιστούν και να δημιουργηθούν τα στοιχεία της δομής στήριξης, πρόσβασης και των χώρων των εκθεμάτων. Οι υπόλοιποι χώροι του μουσείου, όπως χώροι κοινωνικοποίησης, σχεδιάζονται περιφερειακά από το κύριο χώρο. Το μοντέλο δημιουργείται σταδιακά και μπορεί να συμπληρωθεί χειροκίνητα ταυτόχρονα.

Σημαντικές χωρικές ικανότητες είναι ο Χωρικός Προσανατολισμός και η Χωρική Οπτικοποίηση²²¹. Ο Χωρικός Προσανατολισμός είναι «...μια ικανότητα να φανταστούμε την εμφάνιση του αντικειμένου από διαφορετικούς προσανατολισμούς (προοπτικές) του παρατηρητή». Η χωρική οπτικοποίηση αναφέρεται στην ικανότητα να φανταζόμαστε «...κινήσεις ή μετατοπίσεις μερών...» (McGee, 1979, στο Hegarty & Waller, 2006)²²². Η Χωρική Οπτικοποίηση είναι σημαντική, λόγω της ανάγκης να απεικονίσουμε έναν χώρο που δεν είναι χτισμένος. Αυτό απαιτεί συνεχή εναλλαγή μεταξύ προοπτικών και εστίαση στην οπτική γωνία του χρήστη και σε μικτή πραγματικότητα.

²²¹ Berkowitz M., Gerber A., Thurn Ch., Emo B., Hölscher C., Stern El..2021,. Spatial Abilities for Architecture: Cross Sectional and Longitudinal Assessment With Novel and Existing Spatial Ability Tests

²²² Hegarty, Mary & Waller, D.. (2006). Individual differences in spatial abilities. Handbook of Visuospatial Thinking. 121-169.



[Εικ.4.2.6]

Παραπάνω φαίνεται η δημιουργία τεχνητού εδάφους, επιφανειών με διαφορετικά ύψη, υψομέτρων και κλίσεων, κανάβου και πλέγματος κάθετων στοιχείων στο μοντέλο της Λυρικής Σκηνής. Δημιουργία τεχνητού εδάφους στο Autodesk Revit, ως σχεδιαστική αρχή και στο μοντέλο BIM της Λυρικής Σκηνής.

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση
 Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –
 Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής

Μέσω του προγράμματος Revit, το οποίο αποτελεί το περιβάλλον εργασίας σε αυτή την εργασία, μοντελοποιείται η μάζα και τα επίπεδα κτιρίου. Η κτιριακή μάζα σε αυτή την περίπτωση χωρίζεται στα διάφορα επίπεδα και έχει παραμέτρους για πλάτος, μήκος και ύψος. Αυτή η προσέγγιση καθιστά δυνατή και τη χρήση άλλων σχημάτων όγκου εκτός από αυτό το κυβοειδές ως αρχικό όγκο. Η ψηφιοποίηση των εκθεμάτων – παραστάσεων μπορεί να δημιουργηθεί στο Revit με οποιαδήποτε βασικά σχήματα και παραμέτρους. Το πλέγμα δημιουργείται σε αναλογία με το καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων από αυτό το σημείο με θετικές κατευθύνσεις κατά μήκος των αξόνων X, Y και Z του αρχείου έργου. Παρουσιάζεται επομένως, ένα μοντέλο ιδέας που θα επιτρέψει τόσο την ανάπτυξη ενός πραγματικού εκθεσιακού χώρου στο φυσικό περιβάλλον όσο και ενός αρχείου και συμπληρωματικού εκθεσιακού χώρου στο εικονικό περιβάλλον, που επεκτείνεται ατελείωτα καθώς αυξάνεται συνεχώς η απόκτηση εκθεμάτων. Για την ανάπτυξη αυτού του χωρικού μοντέλου, οι γραμματικές σχημάτων²²³, που εισήχθησαν από τον Stiny στα τέλη όπως δεκαετίας του εβδομήντα, θα μπορούσε να είναι μία προτεινόμενη μέθοδος σχεδιασμού του.

Οι γραμματικές σχημάτων είναι τυπικά συστήματα, αποτελούμενα από ένα αρχικό σύνολο σχημάτων, ένα σύνολο κανόνων και των σχημάτων τερματισμού, τα οποία, μόλις εμφανιστούν, τερματίζουν την εφαρμογή. Ο κλασικός ορισμός των γραμματικών σχημάτων είναι ως εξής (Stiny, 1971): Μία γραμματική σχημάτων είναι μία σειρά τεσσάρων στοιχείων (Vt, Vm, R, I), όπου: Vt είναι το αρχικό σύνολο σχημάτων από τα οποία θα επιλέξουμε τα αρχικά σχήματα Vt* είναι ένα υποσύνολο το οποίο περιέχει οποιονδήποτε αριθμό στοιχείων σχηματισμένων από στοιχεία που ανήκουν στο Vt, μετασχηματισμένων και αλλαγμένων με οποιονδήποτε τρόπο, Vm είναι ένα πεπερασμένο σύνολο σχημάτων ώστε το κοινό σύνολο μεταξύ Vt* και Vm είναι κενό (Vm+Vt*)=0, το οποίο σημαίνει με απλά λόγια ότι το σύνολο Vm δεν περιέχει κανένα από τα στοιχεία που περιέχονται στο Vt*, R είναι ένα σύνολο το οποίο περιέχει ζεύγη σχημάτων, τα οποία, όταν χρησιμοποιηθούν μαζί, σχηματίζουν κανόνες του τύπου U>V I είναι ένα σύνολο στο οποίο ανήκουν στοιχεία-σχήματα τα οποία τερματίζουν την εφαρμογή κανόνων, δηλαδή σχήματα τα οποία, μόλις βρεθούν από τον χρήστη της γραμματικής, τερματίζουν οποιαδήποτε περαιτέρω εφαρμογή γραμματικής²²⁴.

Το συγκεκριμένο αυτό πλαίσιο σχέσεων μπορεί να χρησιμοποιεί δυναμικά εργαλεία ηλεκτρονικού υπολογιστή όπως το BIM. Το BIM εισάγεται ως αποτελεσματικός τρόπος καταγραφής των αλλαγών που συμβαίνουν σε μια σύνθεση όσο ο χρήστης/αρχιτέκτονας την αναπτύσσει. Η γραμματική σχημάτων έχει οριστεί ως «μια διατύπωση που αποτελείται από κανόνες γεωμετρικών σχημάτων ή μετασχηματισμούς που, αφού εφαρμοστούν αναδρομικά και ταξινομηθούν σε διαδοχικά βήματα, μπορούν να δημιουργήσουν μια οικογένεια σχεδίων που μοιράζονται όπως όπως αρχές σχεδίασης, χαρακτηριστικά ή στυλ»²²⁵.

Καθοριστικής σημασίας για τη μελέτη αυτή ήταν η κύρια ιδιότητα όπως μεθόδου γραμματικών σχημάτων σύμφωνα με την οποία «ένα σύνολο πεπερασμένου αριθμού κανόνων και σχημάτων μπορεί να δημιουργήσει έναν απροσδιόριστο αριθμό σχεδιαστικών λύσεων» (Teravcevic και Stojakovic, 2012)²²⁶. Μία γραμματική σχημάτων αποτελείται από ένα αρχικό σχήμα ή σχήματα, καθώς και από ένα σύνολο κανόνων μετατροπής των σχημάτων αυτών. Οι γραμματικές σχημάτων επιλέχθηκαν για τους παρακάτω λόγους. Αρχικά, αποτελούν ένα τυπικό παραγωγικό σύστημα σχημάτων, όπου ο φυσικός πολιτιστικός χώρος αναλύεται με βάση κανόνων σχημάτων. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση ή την παραγωγή συγκεκριμένου σχεδιαστικά ύφους, στοιχείο που όπως καθιστά κατάλληλο για τον χειρισμό κάθε μουσείου. Τέλος, προσφέρουν οικονομία ορισμών, κινήσεων και ενεργειών που βρίσκεται πολύ κοντά στη λογική και στην αναπαραστατική δομή με την οποία θα μπορέσει να επιτευχθεί ο

²²³ Οι γραμματικές σχημάτων χρησιμοποιούνται ως εργαλείο ανάλυσης των πολύπλοκων κτιρίων

²²⁴ Liapi K., Liosi D. 2021. *An Immersive Modular Museum-Archive Concept Model - An integration of shape grammars with virtual reality*, pp. 324-329

²²⁵ Eloy S., Duarte J.. (2015). A transformation-grammar-based methodology for the adaptation of existing housetypes: the case of the 'rabo-de-bacalhau'. *Environment and Planning B: Planning and Design*

²²⁶ Teravcevic B., Stojaković V.. (2012). Shape grammar in contemporary architectural theory and design.

εικονικός σχεδιασμός επέκτασης του πολιτιστικού χώρου. Το BIM επιλέχθηκε γιατί ορίζει σχέσεις και εξαρτήσεις μεταξύ στοιχείων σχεδίου. Επιπλέον, καθιστά δυνατή την αναπαράσταση και του διανύσματος του χρόνου, γεγονός που έχει σημαντική συμβολή στην καταγραφή του ιστορικού των αποφάσεων για τη διαδικασία σχεδιασμού.

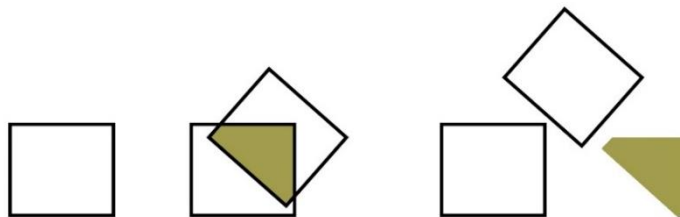
Μία γραμματική σχημάτων αποτελείται από ένα σύνολο σχημάτων και ένα σύνολο κανόνων που εφαρμόζονται στα σχήματα μεταλλάσσοντάς τα. Συνδυάζοντας τα προϊόντα διαφορετικών κανόνων, είναι δυνατόν να οδηγηθούμε σε δημιουργία ή και σε παραγωγή σχεδίων. Τα σχήματα ορίζονται σαν πεπερασμένα σύνολα στοιχείων, όπως σημεία, γραμμές, επίπεδα, επιφάνειες, όγκοι, ενώ οι κανόνες γράφονται με την εξής γραφή: A_B, όπου A και B είναι σχήματα.

Η πρόθεση σε αυτό το έργο είναι να χρησιμοποιηθούν κανόνες γραμματικής σχημάτων για την ανάπτυξη διάφορων χωρικών συστημάτων που μοιάζουν μεταξύ όπως η αυτο-ομοιότητα, που ορίζεται ως «συμμετρία σε όλη την κλίμακα», είναι ένα επιθυμητό χαρακτηριστικό μεθόδου σχεδιασμού που πρέπει να ακολουθηθεί για την ανάπτυξη αρθρωτής μουσειακής γεωμετρίας. Ως εκ τούτου, η χρήση συστήματος αναλογίας που θα δημιουργούσε όλα τα επίπεδα και χωρικά στοιχεία του αρθρωτού μουσείου ορίζεται ως βασική απαίτηση²²⁷. Ξεφεύγοντας από αυτή την απαίτηση, έπρεπε να αναπτυχθούν κανόνες που θα μπορούσαν να ελέγχουν τη γεωμετρική οργάνωση, την τεκτονική έκφραση και την επέκταση μιας σπονδυλωτής συναρμολόγησης αλληλένδετων φυσικών και εικονικών χώρων.

Με την αναλυτική γραμματική σχημάτων είναι δυνατή λοιπόν η αναδημιουργία ενός υπάρχοντος κτιρίου με τη χρήση αποκλειστικά κανόνων που περιέχονται στη γραμματική σχημάτων και στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για να παράγουν νέα σχέδια νέων χώρων. [Βλ. Εικ.4.2.7]. Παράδειγμα αποτελεί ο Jose Duarte ο οποίος κατασκεύασε μία γραμματική που περιγράφει συνθετικές και κατασκευαστικές αρχές του Alvaro Siza στο συγκρότημα Malagueira, στην Πορτογαλία [Duarte 2003]. Σκοπός της γραμματικής του Duarte είναι η πλήρης σύμπλευσή του με τα σχέδια του Siza, δηλαδή, η γραμματική να είναι ικανή να δημιουργήσει νέα σχέδια, ακριβώς ίδια με αυτά του Siza²²⁸. Σε αυτή λοιπόν τη λογική βασίζεται και η αναδημιουργία της Λυρικής σκηνής σε αυτή τη μελέτη, για τη δημιουργία του εικονικού μουσείου στο μετασύνταγμα.

Ως επακόλουθο, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα σχήματα «αναπαράγονται μέσα από ατελείωτες διαιρέσεις» (Fletcher, 2008) σε ένα αυτοπαρόμοιο επαναλαμβανόμενο μοτίβο²²⁹, αυτές οι πρακτικές επιλέγονται ως το προτιμώμενο σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία εκθεσιακών αιθουσών, χώρων και τη συνολική γεωμετρική διαμόρφωση και τεκτονική έκφραση του αρθρωτού μουσείου. Αυτό είναι επιθυμητό, διότι σκοπός είναι ο επισκέπτης να εισάγεται από τον φυσικό στον εικονικό χώρο με συνεχόμενη εμπειρία και όχι διακοπτόμενη. Επομένως, θέλουμε ο χώρος στον οποίο θα εισαχθεί να είναι αισθητικά όμοιος με τον φυσικό, να διέπεται από αρχιτεκτονικές αρχές και να είναι η εν δυνάμει αρχιτεκτονική επέκτασή του.

Γραμματική σχημάτων



[Εικ.4.2.7]

²²⁷ Liapi K., Liosi D. 2021. *An Immersive Modular Museum-Archive Concept Model - An integration of shape grammars with virtual reality*, pp. 324-329

²²⁸ Duarte Jose, 2005, *Customizing mass housing : a discursive grammar for Siza's Malagueira houses*.

²²⁹ Liapi K., Liosi D. 2021. *An Immersive Modular Museum-Archive Concept Model - An integration of shape grammars with virtual reality*, pp. 325-332

Αφού τέθηκαν οι βασικοί κανόνες, το πρώτο στάδιο επικεντρώνεται στην εξερεύνηση της μορφής της βασικής εκθεσιακής ενότητας. Έτσι, για τη δημιουργία της χωρικής γεωμετρίας της βασικής μονάδας, ορίζονται συγκεκριμένοι κανόνες που καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο οι «φ» ορθογώνιες επιφάνειες, τοποθετημένες προς την κατεύθυνση των τριών καρτεσιανών επιπέδων, ενώνονται μεταξύ τους στις πλευρές τους, ή τέμνονται μεταξύ τους σε μια ευθεία που προέρχεται από την αρμονική αποσύνθεση κάθε επιφάνειας «φ». [Βλ. Εικ.4.2.7] Ακολουθώντας διαδοχικά βήματα που αντικατοπτρίζουν αυτούς τους κανόνες, δημιουργούνται αρκετές διαμορφώσεις της βασικής μονάδας²³⁰. Τα βήματα της διαδικασίας που οδήγησαν στη γεωμετρική διαμόρφωση μιας τυπικής μονάδας που έχει επιλεγεί ως η βασική ενότητα για την ανάπτυξη του εννοιολογικού μοντέλου αρθρωτών χώρων του μουσείου φαίνονται στην παρακάτω εικόνα. **[Βλ. Εικ.4.2.8]**

Σε επόμενο στάδιο, τίθενται κανόνες που καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο οι εκθεσιακές μονάδες συνδέονται μεταξύ τους για τη δημιουργία αλληλένδετων και επικοινωνιακών χώρων. Η κύρια λειτουργία των κανόνων αυτή τη φορά, είναι να εξασφαλίσουν ότι οι αναλογίες των παραγόμενων χώρων εμπίπτουν επίσης στο σύστημα αναλογίας «φ». Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την «αρχιτεκτονική συνέχεια» μεταξύ του φυσικού και του εικονικού μουσειακού χώρου. Η εφαρμογή αυτών των κανόνων στο BIM επιτρέπει την ανάπτυξη της κατασκευής με γραμμικό ή ακτινωτό τρόπο και/ή σε κάθετη ή οριζόντια κατεύθυνση, οδηγώντας σε διάφορα αυτοπαρόμοια χωρικά μοτίβα. Ωστόσο, αν και αυτοί οι κανόνες μπορούν να εφαρμοστούν για την ανάπτυξη αλληλένδετων χώρων τόσο στον φυσικό όσο και στον εικονικό κόσμο, οι περιορισμοί της εφαρμογής του κανόνα στον φυσικό χώρο λόγω κάθε είδους περιορισμών είναι προφανείς. Αντίθετα, στον εικονικό χώρο τα μοντέλα μπορούν να συνεχίσουν να επεκτείνονται ατελείωτα.

Η χρήση αυτών των κανόνων σε ένα περιβάλλον προγραμματισμού διευκολύνει τη δημιουργία εναλλακτικών γεωμετρικών διαμορφώσεων του αρθρωτού μουσειακού μοντέλου. Στο τελευταίο στάδιο αυτής της διαδικασίας, σε μια προσπάθεια μεταφοράς αυτής της γεωμετρικής αντίληψης σε ένα αρχικό σχέδιο μουσείου/αρχείου, εξετάστηκαν διάφορες ρυθμίσεις αλληλοσυνδεόμενων εκθεσιακών ενότητων. Μια ακτινική οργάνωση μονάδων που μπορεί να επιτρέψει μια κατακόρυφη επέκταση επιλέχθηκε ως η καταλληλότερη για μια αστική τοποθεσία. Αντίστοιχα, επιλέχθηκε μια χωρική διάταξη τεσσάρων μονάδων με ακτινωτό τρόπο που επιτρέπει ταυτόχρονα την ανάπτυξη ενός κατακόρυφου πυρήνα στο κέντρο του ενδιαμέσου χώρου τους. Αυτή η διάταξη των εκθεσιακών μονάδων επέτρεψε επίσης την απεριόριστη κάθετη ανάπτυξη της δομής του εικονικού μουσείου. [Βλ. Εικ.4.2.8]

Τα διαδοχικά βήματα που ακολουθήθηκαν για την ανάπτυξη του αρχικού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού της βασικής εκθεσιακής μονάδας και του αρθρωτού μετασυμπαντικού μουσείου περιλαμβάνουν: κλιμακωτή προσαρμογή του γεωμετρικού μοντέλου της μονάδας στο μουσείο, προσθήκη δομικών μελών και στοιχείων κυκλοφορίας όπως ράμπες, σκάλες, προσθήκη ανοιγμάτων, καθορισμός της λειτουργίας των υποχώρων και των οριζόντιων επιφανειών εντός του κύριου όγκου του εκθεσιακού χώρου, δηλαδή για προβολή εκθεμάτων και σχεδίων ή χώρους διαλέξεων ή παραστάσεων. Έπρεπε να τεθούν συμπληρωματικοί κανόνες για την προσθήκη χωρικών στοιχείων στη βασική εκθεσιακή μονάδα που θα τα καθιστούσαν συνεπή με το ίδιο σύστημα αναλογίας.

²³⁰ Liapi K., Liosi D. 2021. *An Immersive Modular Museum-Archive Concept Model - An integration of shape grammars with virtual reality*, pp. 325-332



[Εικ.4.2.8]
 Γεωμετρική διαμόρφωση μιας οριζόντιας και ακτινικής οργάνωσης επιφανειών που μπορεί να επιτρέψει μια κατακόρυφη επέκταση. Αυτή η διάταξη των εκθεσιακών μονάδων επιτρέπει την απεριόριστη κάθετη ανάπτυξη της δομής του εικονικού μουσείου.

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση
 Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –
 Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής



[Εικ.4.2.9]

Στοιχεία και κανόνες των γεωμετρικών σχημάτων του φυσικού χώρου δημιουργούν τη δική μας γραμματική σχημάτων με στόχο το «πέρασμα» από τον φυσικό στον χώρο του μετασύμπαντος.



[Εικ.4.2.10]

Δημιουργία αρχικά των χώρων του meta- μουσείου. Τρισδιάστατο σύστημα πλέγματος και επιπέδων, μέσω του οποίου δημιουργούνται τα στοιχεία της δομής, της πρόσβασης και των χώρων των εκθεμάτων. Οι υπόλοιποι χώροι του μουσείου, όπως χώροι κοινωνικοποίησης, σχεδιάζονται περιφερειακά από το κύριο χώρο.

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση
 Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –
 Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής

Ε. ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ AR ΚΑΙ VR – ΤΟ ΠΕΡΑΣΜΑ ΣΤΟ ΜΕΤΑΣΥΜΠΑΝΤΕΙΟ ΧΩΡΟ

Τεχνολογίες, όπως οι αναδιαμορφώσιμες έξυπνες επιφάνειες (RIS), μια αναδυόμενη τεχνολογία μετάδοσης για εφαρμογή σε ασύρματες επικοινωνίες, μπορούν να προστεθούν στο εσωτερικό των πολιτιστικών χώρων, ώστε να παρέχονται άμεσες ψηφιακές πληροφορίες στον επισκέπτη στο φυσικό χώρο, οι οποίες θα συνεχιστούν να μεταδίδονται στο μετασύμπαν. Οι RIS μπορούν να υλοποιηθούν με διάφορους τρόπους και περιλαμβάνουν μεγάλες συστοιχίες φθηνών κεραιών που συνήθως απέχουν το μισό του μήκους κύματος μεταξύ τους και επίπεδες ή ομοιόμορφες μεγάλες επιφάνειες που βασίζονται σε μεταυλικά των οποίων τα στοιχεία σκέδασης έχουν μεγέθη και ενδιάμεσες αποστάσεις πολύ μικρότερες από το μήκος κύματος²³¹.

Πιθανό λοιπόν σενάριο έξυπνων ραδιοφωνικών περιβαλλόντων, θα μπορούσαν να είναι οι εσωτερικοί τοίχοι, οι οποίοι μπορούν να επικαλυφθούν με RIS διαφορετικών μεγεθών για τη βελτίωση της τοπικής συνδεσιμότητας των διαφόρων κινητών συσκευών του επισκέπτη και άλλων συσκευών. Στο κτίριο της Λυρικής, τα μεγάλα παράθυρα μπορεί να είναι κατασκευασμένα από ειδικά τζάμια που μπορούν επιλεκτικά να επιτρέψουν τη συνδεσιμότητα από εσωτερικό σε εξωτερικό και από εξωτερικό σε εσωτερικό χώρο. Αυτό μπορεί να είναι κατάλληλο για τη βελτίωση της συνδεσιμότητας σε υψηλές συχνότητες μετάδοσης. Επιπλέον, αίθουσες παραστάσεων μπορούν να επικαλυφθούν με RIS που μπορούν να προσφέρουν την επιθυμητή συνδεσιμότητα υψηλής ταχύτητας χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης πολλών σημείων πρόσβασης. Οι RIS μπορούν να αναπτυχθούν σε οροφές, διαφημιστικές πινακίδες και τοίχους, έτσι ώστε να παρέχουν την απαραίτητη συνδεσιμότητα σε μεγάλο αριθμό χρηστών ταυτόχρονα και τη μεταφορά τους στον εικονικό μουσειακό χώρο. Η νοημοσύνη είτε σε υλικό είτε σε μεταυλικό επίπεδο είναι ένας στόχος που επιδιώκουν οι ερευνητές. Από παθητικές έως ενεργές, οι μεταεπιφάνειες έχουν αναπτυχθεί ώστε να μπορούν να προγραμματιστούν για να χειρίζονται δυναμικά και αυθαίρετα ηλεκτρομαγνητικά κυματοπεδία (EM)²³². Η έξυπνη metasurface είναι σε θέση να ανιχνεύει στοιχεία περιβάλλοντος ενσωματώνοντας έναν πρόσθετο αισθητήρα και μπορεί να προσαρμόσει τη λειτουργική της ικανότητα EM μέσω ενός μη επανδρωμένου συστήματος ανίχνευσης.

Τα τελευταία χρόνια, με την προσθήκη ψηφιακών δεδομένων στα φυσικά δεδομένα, η επαυξημένη πραγματικότητα συμβάλλει στην ενίσχυση των πληροφοριών που προσφέρονται στους επισκέπτες σε πραγματικό χρόνο και στον εμπλουτισμό της εμπειρίας τους. Όπως ισχυρίζεται ο Chen, η AR παρέχει καλύτερη κατανόηση της έκθεσης και της αλληλεπίδρασής της με το περιβάλλον της και μπορεί να μετατρέψει τις εκθέσεις σε «κοινωνικούς παιδαγωγούς»²³³. Η χρήση του AR σε αυτή τη μελέτη, έχει ενημερωθεί από τις διαδικασίες που εφαρμόστηκαν σε μια Έκθεση Αρχιτεκτονικής Αρχαίας Μηχανής στο Πανεπιστήμιο Επιστήμης και Τεχνολογίας της Νότιας Ταϊβάν²³⁴. Το AR χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία ενός παιχνιδιού που σχετίζεται με τα φυσικά εκθέματα, το οποίο θα εισήγαγε πραγματικά τον επισκέπτη σε ένα βελτιωμένο περιβάλλον εμπλουτισμένο με πρόσθετες πληροφορίες. Ακολουθώντας μια παρόμοια διαδικασία, τα αρχιτεκτονικά σχέδια και μακέτες στους εκθεσιακούς χώρους του αρθρωτού μουσείου θα μπορούσαν να εμπλουτιστούν με ψηφιακές πληροφορίες που παρέχει η εφαρμογή του AR. Ως εκ τούτου, έχουν διερευνηθεί πολλά σενάρια αλληλεπίδρασης των επισκεπτών με τα εκθέματα και τον χώρο με τη χρήση VR και AR.

Η μικτή πραγματικότητα περιλαμβάνει στοιχεία της εικονικής πραγματικότητας και του πραγματικού κόσμου, και έτσι βρίσκεται στη μέση του εικονικού προς το πραγματικό φάσμα (Milgram and Kishino, 1994). Το πρωταρχικό όφελος από τη χρήση μικτής πραγματικότητας

²³¹, ²³² Di Renzo M., Zappone Al., Debbah M., Alouini M., Yuen Ch., Rosny J., Tretakov S., 2020, Smart Radio Environments Empowered by Reconfigurable Intelligent Surfaces: How it Works, State of Research, and Road Ahead

²³³ Chen, Chih-Hung., 2020, Impacts of augmented reality and a digital game on students' science learning with reflection prompts in multimedia learning.

²³⁴ Liapi K., Liosi D. 2021. *An Immersive Modular Museum-Archive Concept Model - An integration of shape grammars with virtual reality*, pp. 325-332

έναντι εικονικής πραγματικότητας, είναι η ικανότητα να περιλαμβάνει τον πραγματικό κόσμο²³⁵. Η εμπειρία και η παρουσίαση του χώρου στη μικτή πραγματικότητα φαίνεται να βασίζεται περισσότερο στην κίνηση στο χώρο, παρά σε έναν σταθερό παρατηρητή. Ως εκ τούτου, σε αυτή τη μελέτη το VR θα μπορούσε να χρησιμοποιείται στο πλαίσιο του εικονικού μοντέλου του αναπτυγμένου αρθρωτού μουσείου.

Αντίστοιχα, στο εικονικό περιβάλλον του Metaverse, το αρθρωτό μουσείο θα λειτουργεί ως ψηφιακό αρχείο αρχιτεκτονικών μοντέλων και θα είναι προσβάσιμο μέσω της τεχνολογίας VR. Οι χρήστες της τεχνολογίας VR θα επισκεφθούν το αρχείο και θα μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τα αρχιτεκτονικά μοντέλα των μουσειακών χώρων, να εισέλθουν μέσα σε αυτά και να περιπλανηθούν ελεύθερα. Προκειμένου να δημιουργηθεί το αρχείο στο εικονικό περιβάλλον, ολοκληρώνεται πρώτα η εικονική αναπαράσταση του αρθρωτού μουσείου ως τρισδιάστατο μοντέλο BIM, ενσωματώνοντας κάθε είδους πληροφορία. Το μοντέλο μαζί με τις πληροφορίες του και την προσθήκη επιπλέον στοιχείων, όπως φώτα, υλικά μπορεί να εισαχθεί στο Metaverse. Στη συνέχεια, εισάγονται ενιαία και τα τρισδιάστατα χωρικά μοντέλα που θα χρησιμοποιηθούν για την έκθεση.

Για να αλληλεπιδράσουν με το εικονικό περιβάλλον, το οποίο είναι ένας τρισδιάστατος χώρος, οι χρήστες πρέπει να φορούν τα ακουστικά VR και να κρατούν τα χειριστήρια. Τα φυσικά χέρια του χρήστη προσομοιώνονται σε VR και οι κινήσεις του παρακολουθούνται από τους ελεγκτές που κρατούν. Η τηλεμεταφορά επιλέγεται ως ο τρόπος πλοήγησης του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον του αρχείου του μουσείου. Οι χρήστες μπορούν επίσης, να πλοηγηθούν μέσα ή γύρω από τα εμφανιζόμενα μοντέλα, βιώνοντας το πραγματικό μέγεθος του αρχιτεκτονικού χώρου του κτιρίου αλλά και των εκθεμάτων/προσώπων που αντιπροσωπεύουν. Η διεπαφή επιτρέπει την τηλεμεταφορά τους από σημείο σε σημείο, κάνοντας περιήγηση στους νέους εικονικούς χώρους του μουσείου. Η αλληλεπίδραση του χρήστη με το αρχιτεκτονικό μοντέλο μπορεί να γίνει πλησιάζοντας κάθε μοντέλο, να στοχεύσει στο κουμπί περιγραφής του εκθέματος-παράστασης, να ενεργοποιήσει την περιγραφή του και να αποκτήσει πρόσβαση σε λεπτομέρειες σχετικά με το έργο. Επιπλέον, ο χρήστης τηλεμεταφέρεται μέσα στο μοντέλο του μουσείου και αλληλοεπιδρά μαζί του σε πραγματική κλίμακα.

Χώρος

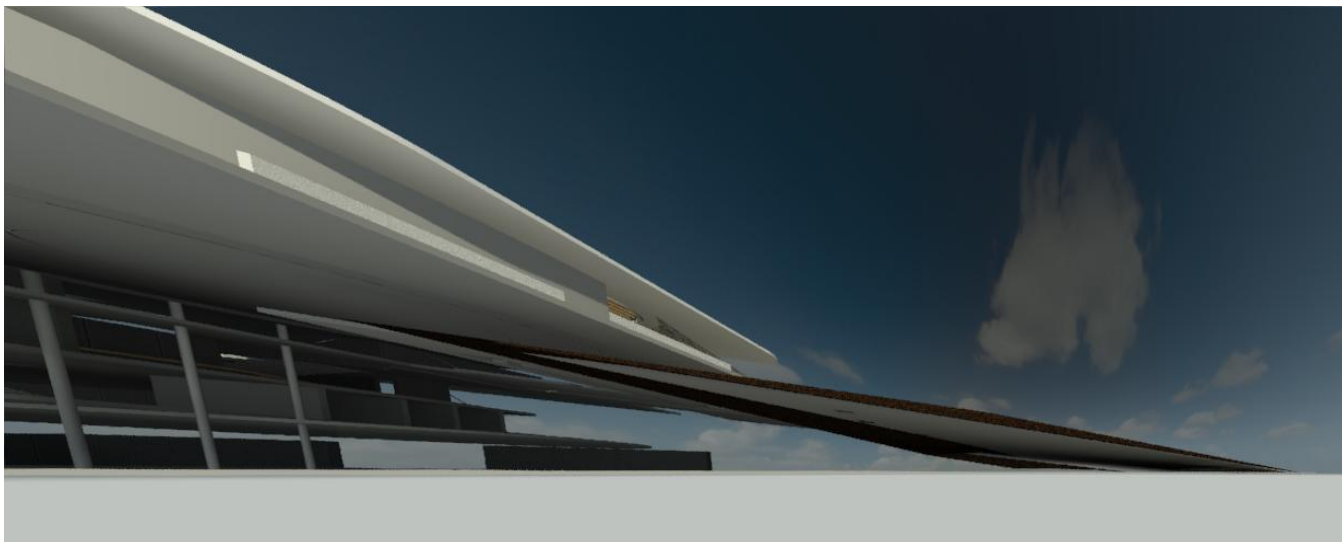
Το Metaverse προσφέρει μια τρισδιάστατη (3D) χωρική εμπειρία. Παρουσιάζει ταυτόχρονα εικονικούς και πραγματικούς χώρους. Οι επισκέπτες μπορούν να αντιληφθούν, να αλληλεπιδρούν και να καθοδηγούνται από εικονικούς και φυσικούς χώρους που επικαλύπτονται ο ένας πάνω στον άλλο. Για παράδειγμα, ένας χρήστης μπορεί να έχει μια εικονική περιήγηση 3D τοποθετημένη στο πραγματικό φυσικό χώρο της Λυρικής. Ωστόσο, προκύπτουν και κάποιες δυσκολίες όπως ότι οι μορφές εικονικών και φυσικών χώρων μπορούν να συγκρουστούν. Οι εικονικοί χώροι που επικαλύπτονται στους φυσικούς θα πρέπει να ενσωματωθούν περαιτέρω με την ενσωμάτωση προσομοιωμένης φυσικής ή κανόνων συσχέτισης για την αποφυγή συγκρούσεων. Για παράδειγμα, κατά την τοποθέτηση μιας εικονικής αίθουσας έκθεσης σε ένα πραγματικό χώρο Λυρικής σκηνής, το μετα-αναστραμμένο σύστημα θα πρέπει να αποφεύγει την τοποθέτηση ενός εικονικού τοίχου και μια φυσική καρέκλα στην ίδια τοποθεσία. Επιπλέον, οι φυσικοί και εικονικοί χώροι που επικαλύπτονται θα πρέπει να συγχωνευθούν περαιτέρω σε ένα νέο χώρο που μπορεί να φιλοξενήσει δύο διαφορετικές λειτουργίες ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, ένα μουσείο θα μπορούσε να χωριστεί σε δύο υπο-χώρους για να φιλοξενήσει την τηλεόραση που παρακολουθεί στον φυσικό χώρο και μια εικονική συνάντηση στο Metaverse ταυτόχρονα.

Οι ψηφιακές ιδιότητες μπορούν να αυξηθούν σε φυσικά αντικείμενα. Τα φυσικά και εικονικά αντικείμενα συγχωνεύονται για να αποκτήσουν νέα πλεονεκτήματα αντικειμένων από φυσικές και εικονικές ιδιότητες. Για παράδειγμα, ένα φυσικό έκθεμα μπορεί να έχει ουσιαστικά αυξημένες υφές, χρώματα, και ακόμη και μέρη τα οποία του λείπουν²³⁶.

²³⁵ Emo B., Gerber A., Hölscher Chr., 2021, *User-Centred Spatial Thinking in Architectural Design with Mixed Reality*

²³⁶ Tang S., Hou J., 2022, *Designing a Framework for Metaverse Architecture*. pp.445-454

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα πιθανό αποτέλεσμα μοντέλου που θα μπορούσε να φιλοξενήσει το μετασυμπαντικό μουσείο της Λυρικής Σκηνής και κατ' επέκταση και την ίδια την Λυρική.



[Εικ.4.2.11]

Άποψη της διαμόρφωσης του meta-μουσείου από το τεχνητό έδαφος.



[Εικ.4.2.12]

Το meta-μουσείο έχει οπτικές από το σαρωμένο περιβάλλον του κτιρίου της Εθνικής Λυρικής Σκηνής και το κανάλι, ώστε ο επισκέπτης/avatar να μπορεί να έχει αναφορά περιβάλλοντος.



[Εικ.4.2.13]

Η επαφή με το νερό, στοιχείο που ο επισκέπτης αντιλαμβάνεται στο meta- μουσείο. Άποψη των χώρων κοινωνικοποίησης και εκθεμάτων.



[Εικ.4.2.14]

Άποψη της «Αγοράς» του μετασύμπαντος. Εικονικά πάρκα ψυχαγωγίας, εικονικές αίθουσες προβολών, εικονικές μουσικές σκηνές.

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση
Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –
Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής

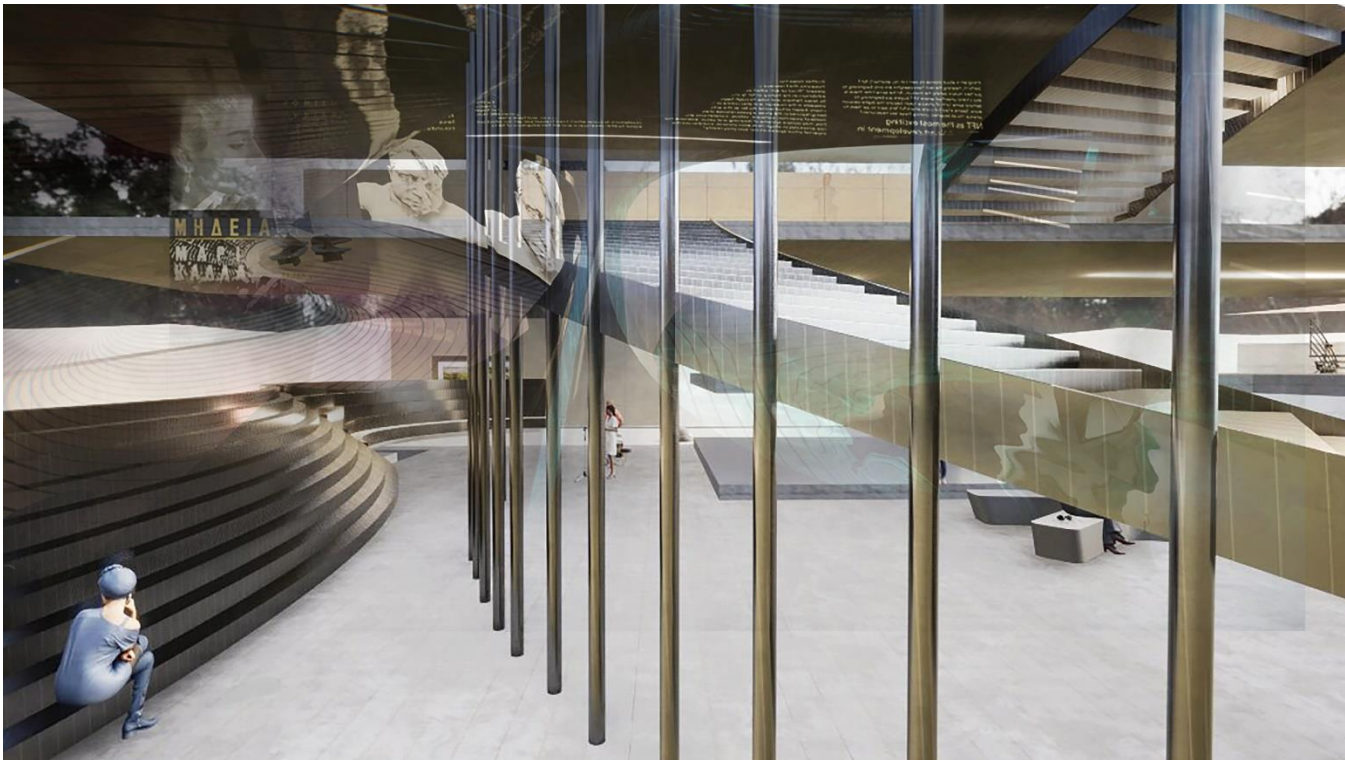


[Εικ.4.2.15]
Μέσα στο BIM, τα εκθέματα περιέχουν πληροφορίες όπως θέση διεξαγωγής της όπερας, χρονολογία, στοιχεία της παραγωγής και πρόσωπα που συμμετέχουν.



[Εικ.4.2.16]
Άποψη του χώρου μετάβασης από τον φυσικό χώρο της Λυρικής στο χώρο του μετασύμπαντος. Χώροι ανοικτοί, που φιλοξενούν ταυτόχρονα και μουσειακές λειτουργίες.

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση
Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –
Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής



[Εικ.4.2.17]
Ένα κτίριο -πλατφόρμα μέσα από μια σειρά οπτικών δεδομένων και μεταδεδομένων. Μια πλατφόρμα HBIM σε Επαυξημένη Πραγματικότητα (VR και AR)



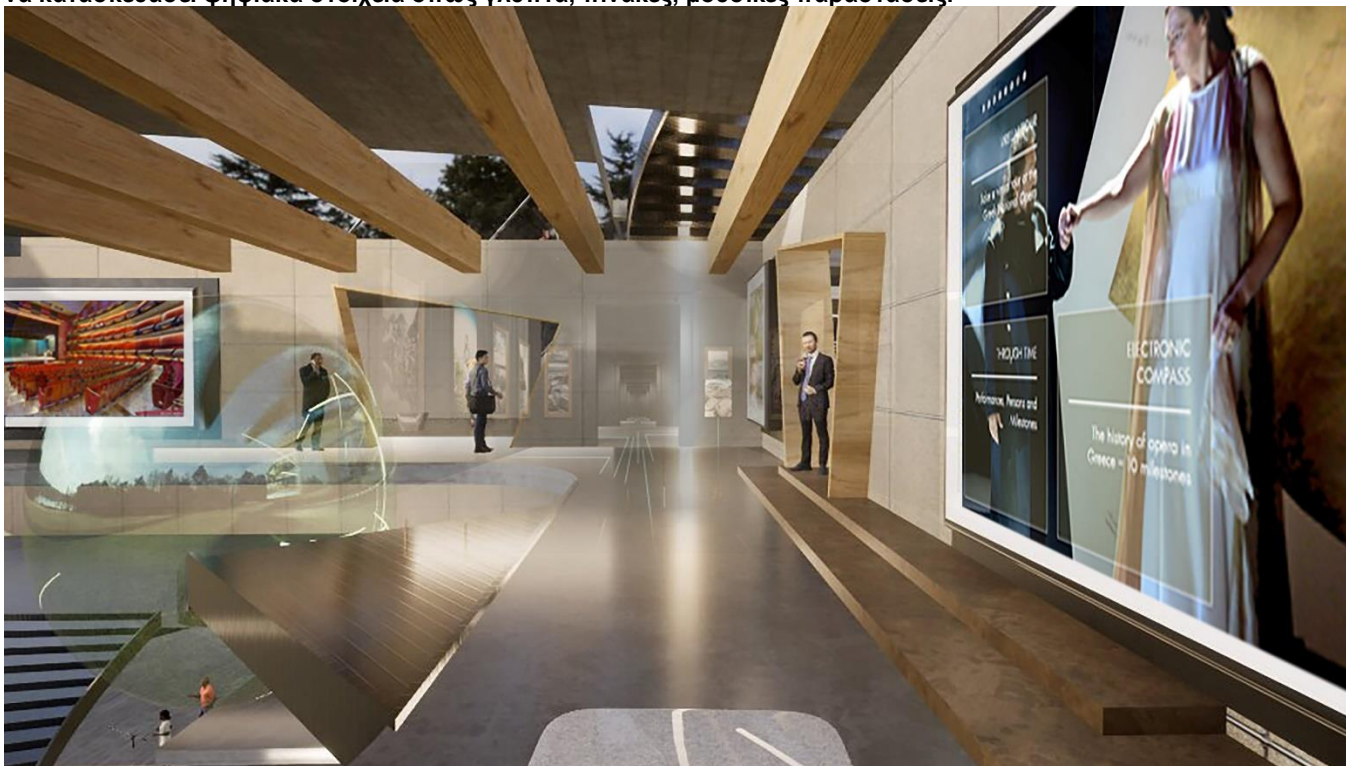
[Εικ.4.2.18]
Εικονικές παραστάσεις επιτρέπουν στους επισκέπτες να αλληλεπιδρούν με τα εκθέματα. Το γλυπτό “Cosmos” που κρέμεται από την οροφή της Λυρικής, το συναντάμε κατά την κίνησή μας και στο meta-μουσείο.

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση
Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –
Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής



[Εικ.4.2.19]

Το meta-μουσείο όχι μόνο συλλέγει μοναδικά περιουσιακά στοιχεία της Λυρικής αλλά μπορεί να κατασκευάσει ψηφιακά στοιχεία όπως γλυπτά, πίνακες, μουσικές παραστάσεις.



[Εικ.4.2.20]

Χώροι στους οποίους ο επισκέπτης/είδωλο «περιηγείται» στις παραστάσεις Όπερας σε πραγματικό χρόνο αλλά και σε αυτές που υπάρχουν στο χρονολόγιο του ψηφιακού μουσείου.

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση
Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –
Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής



[Εικ.4.2.21]

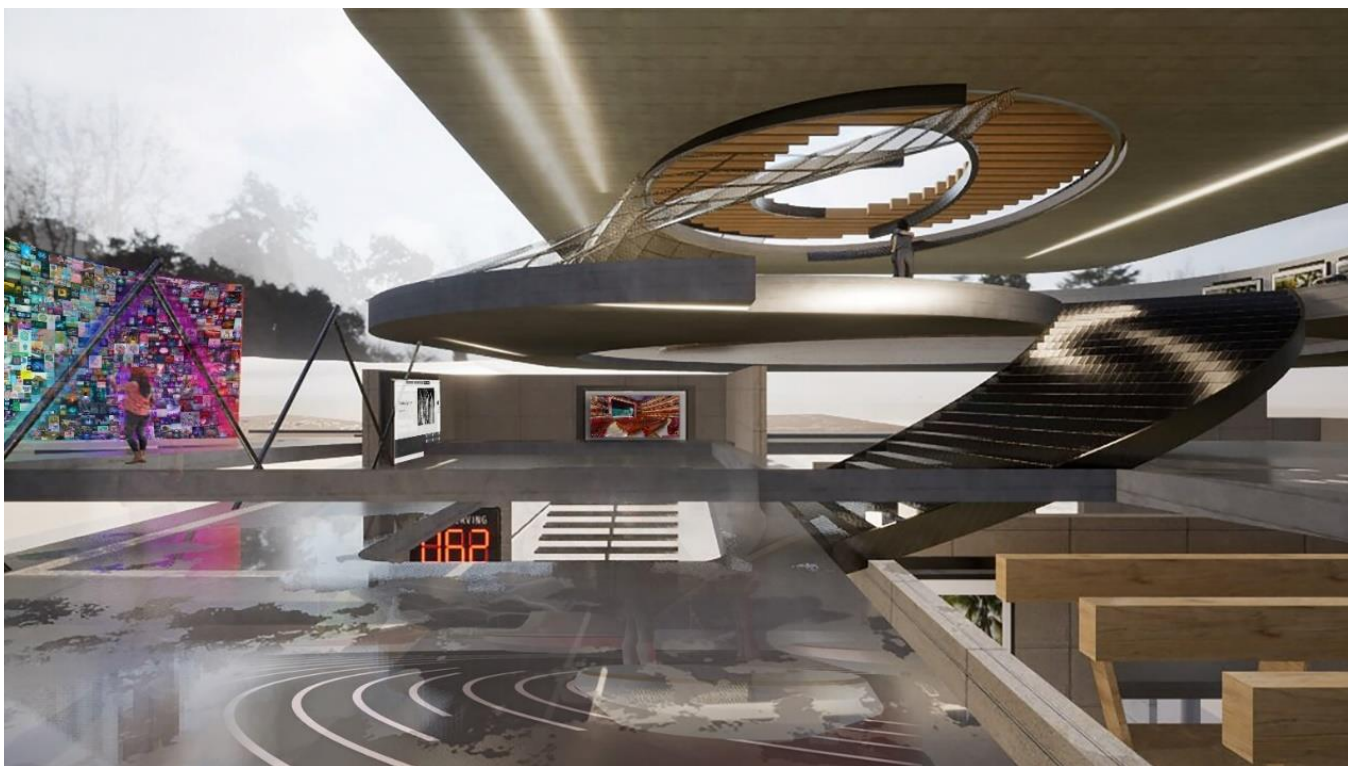
Το meta-Μουσείο είναι προσβάσιμο σε οποιονδήποτε έχει σύνδεση στο διαδίκτυο και συσκευές τηλεμεταφοράς. Αισθητήρες κίνησης προσδιορίζουν εάν το είδωλο/λάβη μετακινείται, η κίνησή του εντοπίζεται, παρέχοντας μια κατά προσέγγιση τοποθεσία του επισκέπτη - avatar στο meta-μουσείο.

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση
Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –
Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής



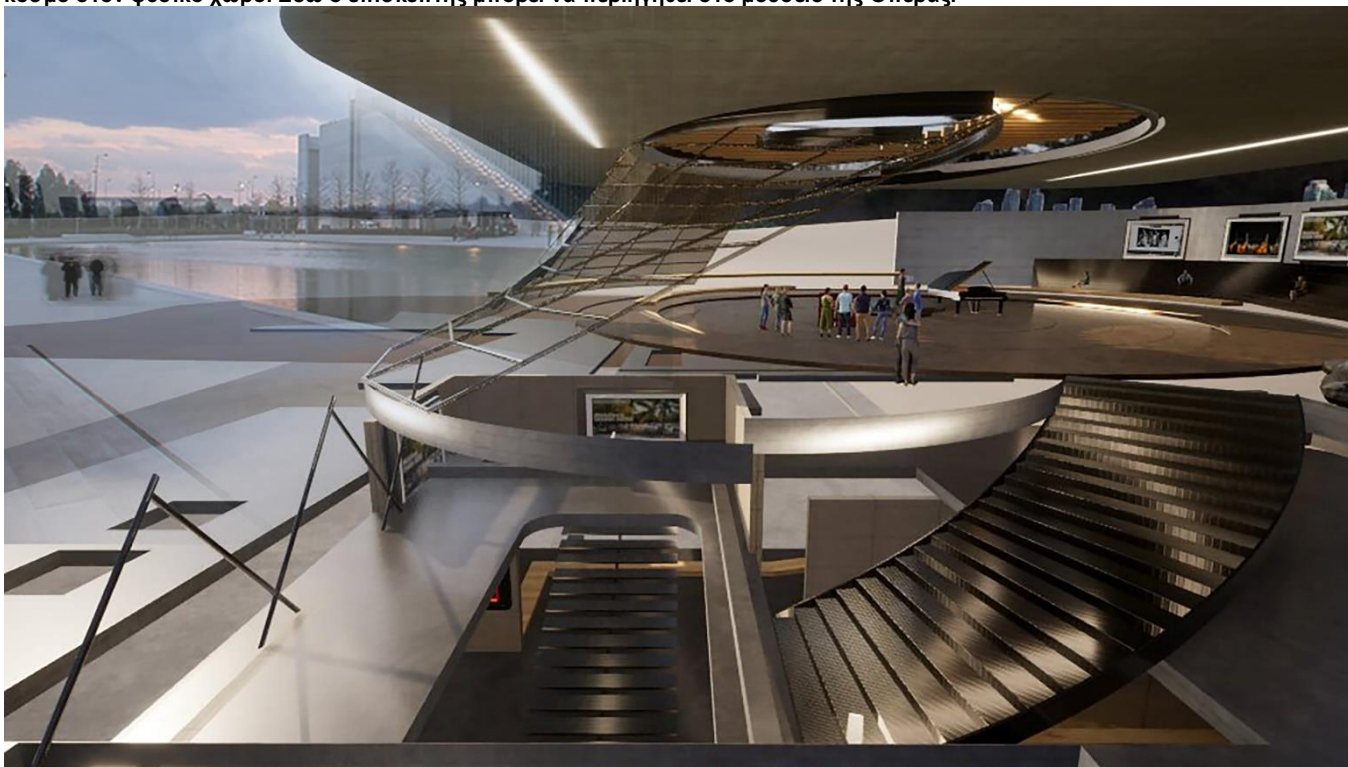
[Εικ.4.2.22]
Άποψη από τον μετασχηματισμό και την συγχώνευση του φυσικού χώρου της εισόδου στον Φάρο και της εισόδου στο μετασυμπαντικό χώρο.

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση
Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –
Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής



[Εικ.4.2.23]

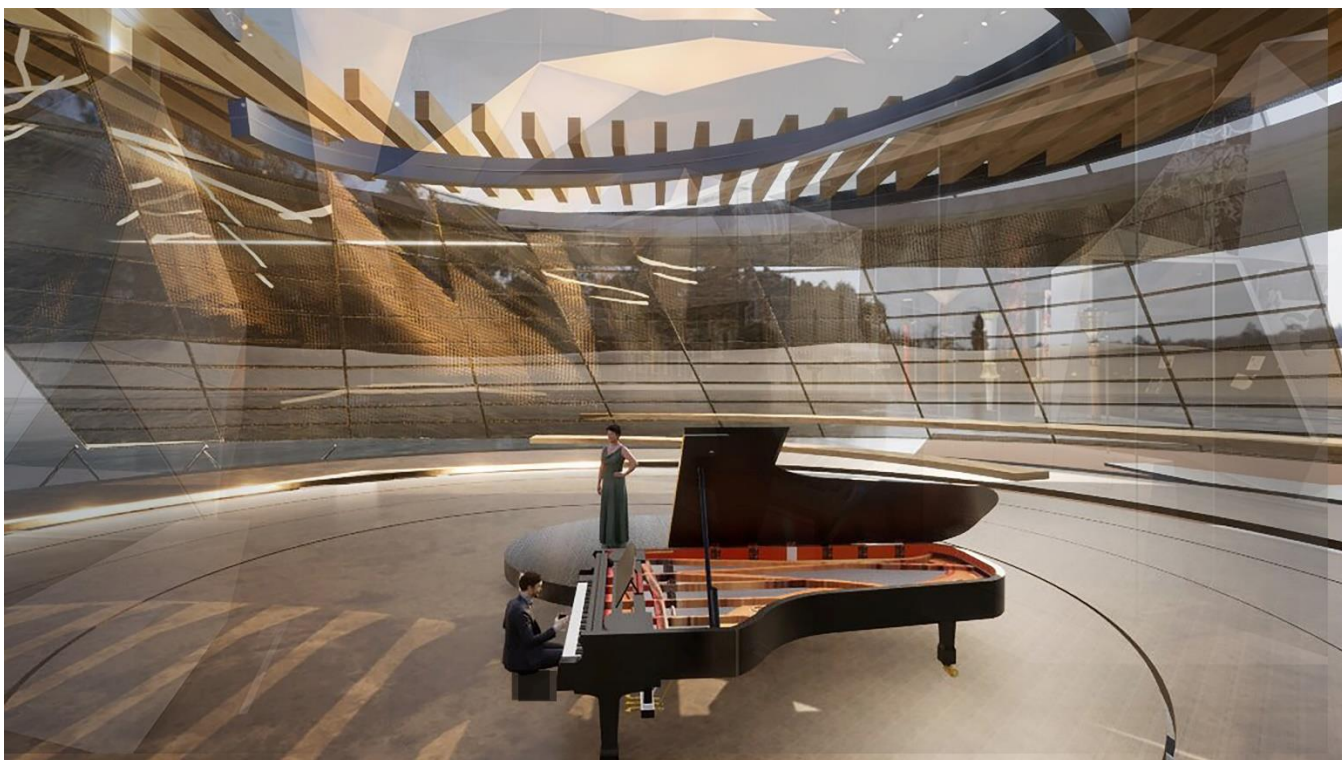
Ο Φάρος του Μετασύμπαντος είναι το κομβικό σημείο, όπου ο κόσμος στον εικονικό χώρο συναντάει τον κόσμο στον φυσικό χώρο. Εδώ ο επισκέπτης μπορεί να περιηγηθεί στο μουσείο της Όπερας.



[Εικ.4.2.24]

Προσομοιώσεις σεναρίων πραγματικού κόσμου σε άκτιστα κτίρια. Ένα ψηφιακό δίδυμο μπορεί να αυξήσει την εμπειρία, καθώς επιτρέπει σε επισκέπτες να συμμετάσχουν σε γεγονότα που συμβαίνουν στο φυσικό χώρο.

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση
 Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –
 Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής



[Εικ.4.2.25]

Το meta- Μουσείο εμφανίζει ψηφιακή τέχνη σε εικονικό περιβάλλον, δίνοντας στους επισκέπτες του μια εμπειρία που δεν θα αποκτούσαν βλέποντας την οθόνη του υπολογιστή τους.



[Εικ.4.2.26]

Άποψη της σκηνής του μουσείου της Λυρικής όπου αποτυπώνεται στο πάτωμα ο λαβύρινθος, στο κέντρο του οποίου θα παρουσιάζονται τα έργα και τα πρόσωπα του Λυρικού θεάτρου.

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση
Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –
Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής



[Εικ.4.2.27]

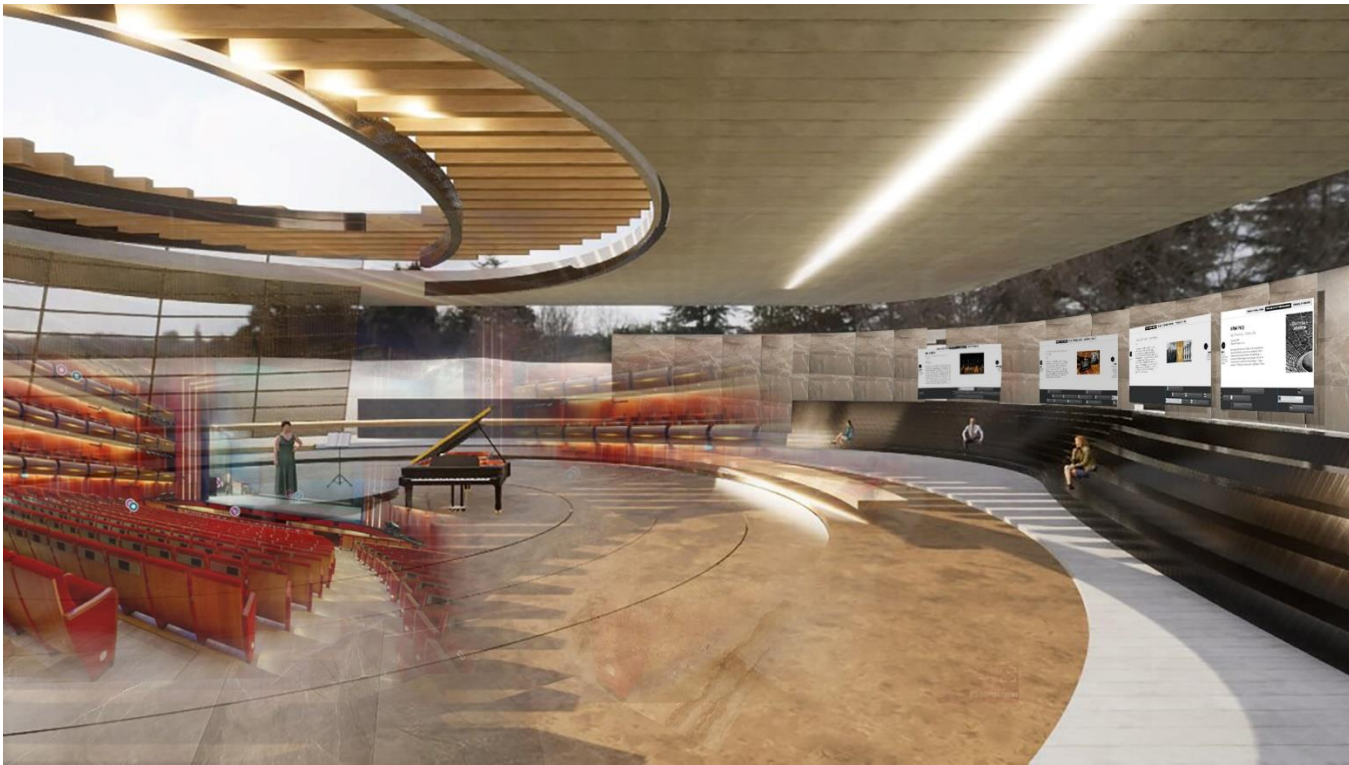
Οι επισκέπτες στο μετασύμπαν μπορούν να αλληλεπιδρούν. Ακόμα και καλλιτέχνες, συλλέκτες και θαυμαστές θα μπορούν να συναντηθούν και να συνομιλήσουν, ανεξάρτητα από το πού βρίσκονται.



[Εικ.4.2.28]

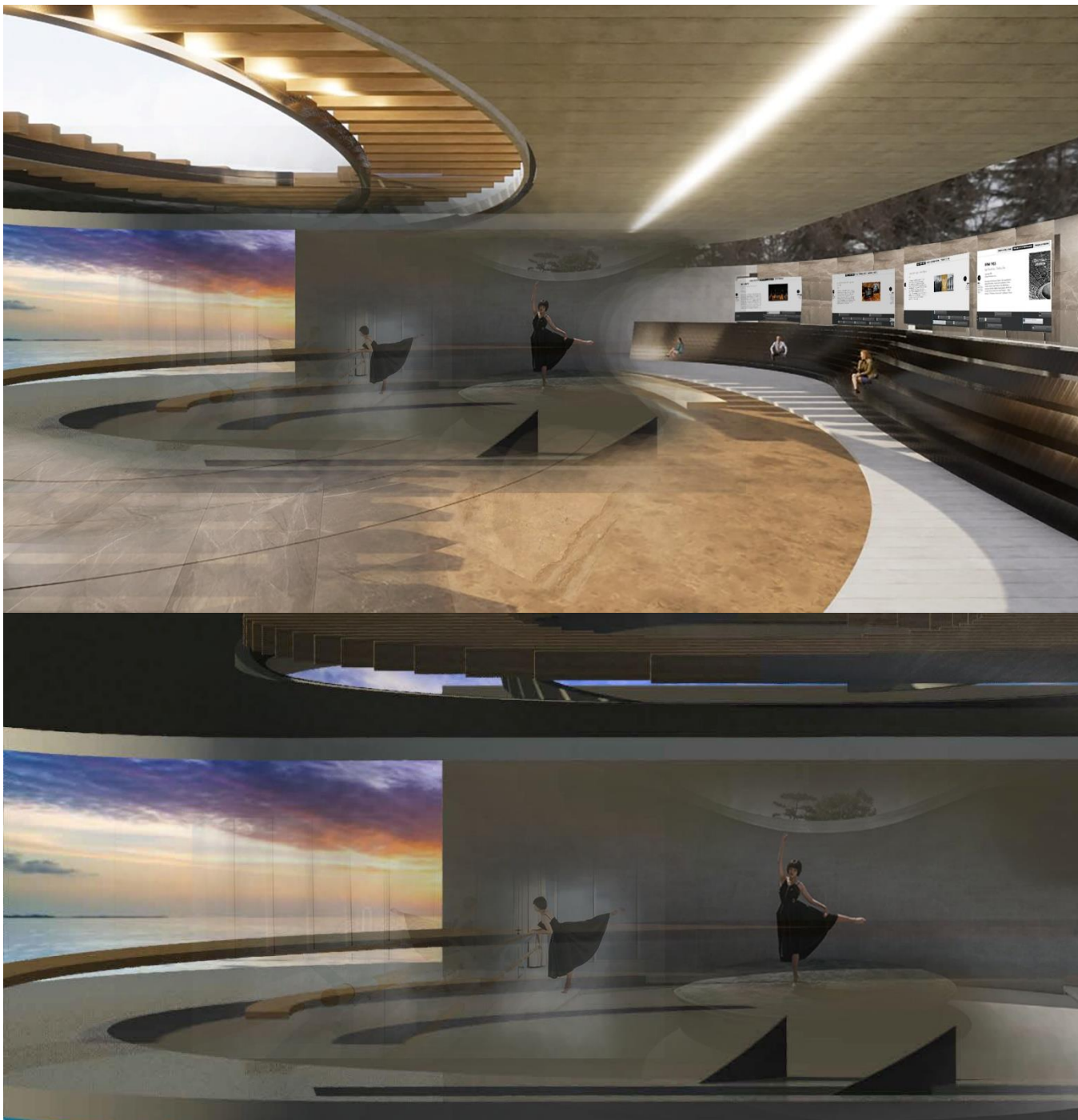
Το μάρμαρο, το εμφανές σκυρόδεμα και ο ανοιχτός χώρος εδώ δεν εμποδίζουν την ακουστική. Η Λυρική στο μετασύμπαν μπορεί να έχει επαφή με το φυσικό περιβάλλον.

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση
Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –
Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής



[Εικ.4.2.29]

Στο μετασύμπαν όλα τα δρώμενα μπορούν να συμβούν. Η μουσική βγαίνει από τα φυσικά όρια και μπορεί να ταξιδέψει στους εικονικούς χώρους. Ταυτόχρονα, ο εικονικός χώρος μπορεί να υποστηρίξει τα δρώμενα που συμβαίνουν στον φυσικό χώρο. Φυσικός και μετασυμπαντικός χώρος σε απόλυτη επικοινωνία.



[Εικ.4.2.30]

Το meta-μουσείο θα μπορεί να δώσει στους επισκέπτες/avatars την ευκαιρία να παρουσιάσουν τα δικά τους NFT στη συλλογή του μουσείου και τις δικές τους παραστάσεις, επιτρέποντας στο μουσείο να εξελιχθεί οργανικά ως προς το χώρο αλλά και ως προς το περιεχόμενο.



[Εικ.4.2.31]
Το ψηφιακό κτίριο προκύπτει από επιφάνειες προερχόμενες από το έδαφος και ο επισκέπτης – είδωλο έχει συνεχόμενη οπτική επαφή προς τον περιμετρικό τόπο και τη θάλασσα.



[Εικ.4.2.32]
Μουσειακοί χώροι στο μετσόμπαν, αλληλοκαλύπτονται ο εικονικός και ο φυσικός χώρος. Παραπάνω, βλέπουμε άποψη του εικονικού χώρου μετάβασης του μουσείου με αναφορά στον φυσικό χώρο της υπερυψωμένης Αγοράς της Λυρικής. Γεωμετρική οργάνωση και συναρμολόγηση αλληλένδετων φυσικών και εικονικών χώρων.

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση
Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –
Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής



[Εικ.4.2.33]

Στο μετασυμπαντικό μουσείο της όπερας το στέγαστρο αιωρείται χωρίς καμία στατική μελέτη και τα υαλοπετάσματα της όψης δεν εξετάζονται από τις ριπές ανέμων. Κανένας κατασκευαστικός περιορισμός δεν ορίζει τον σχεδιασμό στο μετασύμπαν.

ΣΤ. *meta*-ΣΧΕΔΙΑΣΗ

Ο σχεδιασμός του μουσείου αποτελείται από τρία βήματα: δημιουργία τρισδιάστατου χώρου, κατασκευή του κοινόχρηστου δικτύου και ενοποίηση συστήματος.

Οι κάμερες βάθους μπορούν να σαρώσουν το περιβάλλον για να λάβουν δεδομένα σύννεφων σημείων. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας αυτά τα δεδομένα, μπορεί να δημιουργηθεί ένα πλέγμα του σαρωμένου χώρου της Λυρικής. Για τη δημιουργία του εικονικού χώρου, κατασκευάζουμε τρισδιάστατα μοντέλα του φυσικού χώρου και των εκθεμάτων. Τέλος, αυτά τα μοντέλα χρησιμοποιούνται για να δημιουργηθεί ο εικονικός χώρος του μουσείου και να καλυφθούν οι απαιτήσεις του φόντου μειωμένης πραγματικότητας (DR). Το ολοκληρωμένο φόντο DR μεταφορτώνεται με συσκευή προβολής τοποθετημένη στο κεφάλι (head mounted display (HMD)) σε αναμονή για εγγραφή και διόρθωση απόφραξης. Όλα τα HMD συνδέονται μέσω ασύρματου τοπικού δικτύου (LAN) το οποίο είναι κατασκευασμένο μέσω ενός δρομολογητή. Ένας κεντρικός υπολογιστής θα ενοποιήσει τις αρχικές συντεταγμένες όλων των χρηστών, για να συγχρονίσει την εμπειρία MR²³⁷. Τέλος, η απόφραξη δημιουργείται από κάθε HMD μέσω των καμερών βάθους σε πραγματικό χρόνο. Επομένως, το αποτέλεσμα DR που παρατηρείται από κάθε χρήστη μπορεί να είναι διαφορετικό από την οπτική γωνία του καθενός.

Για ορισμένα φυσικά αντικείμενα με μεγάλο αριθμό πολυγώνων ή νέα αντικείμενα που προτείνονται για πρώτη φορά στο σχέδιο, επιλέγεται η μη αυτόματη κατασκευή του μοντέλου BIM και την εισαγωγή του στο περιβάλλον MR. Το εικονικό αντικείμενο αλληλεπιδρά με το

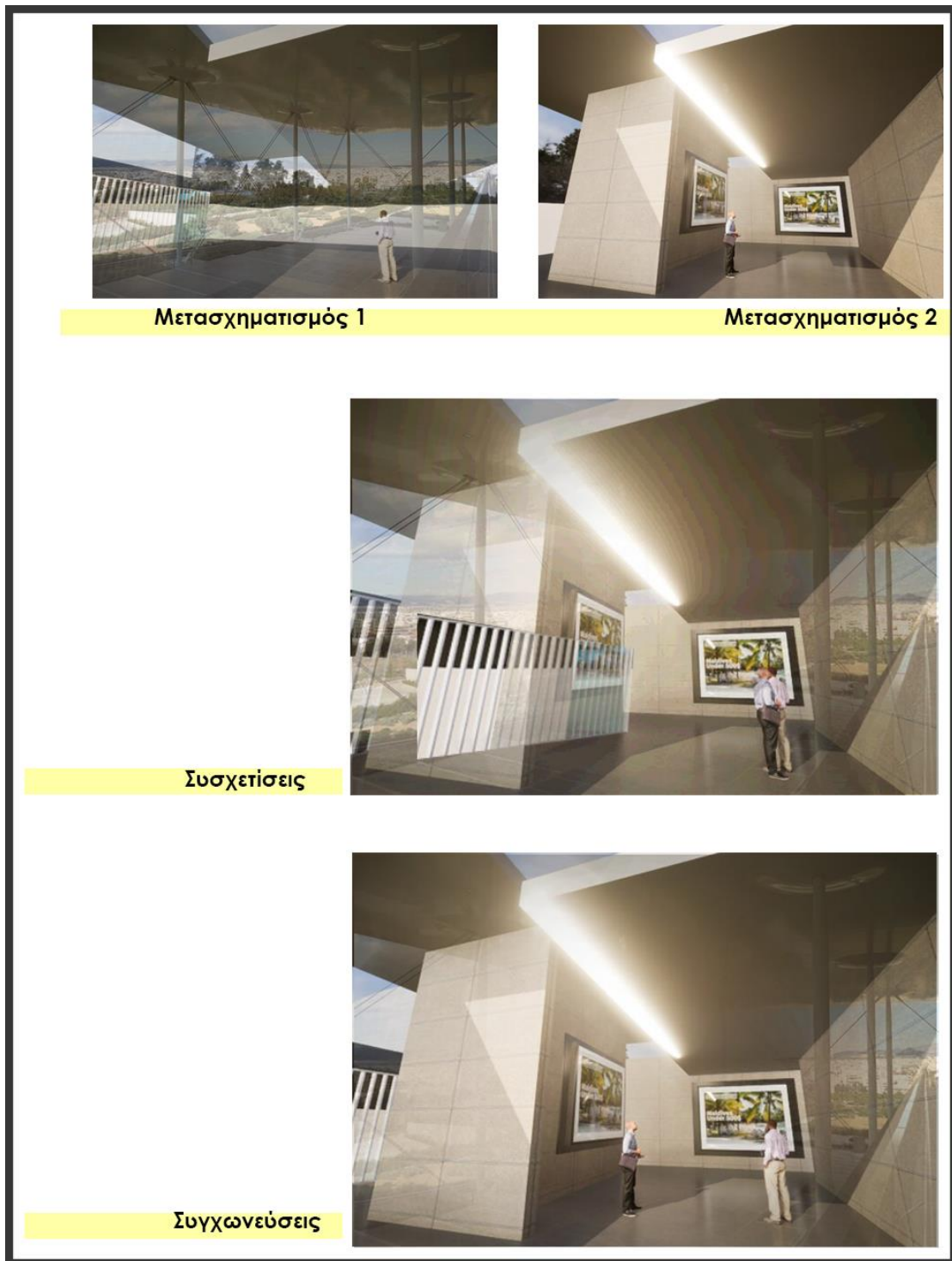
²³⁷ Zhu Y., Fukuda T., Yabuki N., 2020. *Integrated Co-designing Using Building Information Modeling and Mixed Reality with Erased Backgrounds for Stock Renovation*. pp. 153-160.

φυσικό αντικείμενο και ο εικονικός κόσμος συγχωνεύεται με τον φυσικό κόσμο για να δημιουργήσει το περιβάλλον MR²³⁸.

Η περιοχή παρατήρησης τοποθετείται στο χώρο της Λυρικής Σκηνής όπου δύο παρατηρητές (A, B) μπορούν να κινούνται ελεύθερα γύρω από το χώρο. Τα μοντέλα πλέγματος και BIM που δημιουργούνται από δεδομένα σημείου νέφους του χώρου έκθεσης συμπίπτουν με τις συντεταγμένες στην πραγματική θέση. Επομένως, όταν οι χρήστες βλέπουν από διαφορετικές θέσεις και γωνίες, μπορούν να βιώσουν τη σωστή σχέση προοπτικής μεταξύ του εικονικού δωματίου και του φυσικού δωματίου. Μέσα από το «παράθυρο», οι χρήστες βλέπουν το δωμάτιο σχεδόν σαν να ήταν φυσικό. Η λειτουργία εγγραφής σταθεροποιείται ενώ το εικονικό αντικείμενο δεν παρουσιάζει μετατόπιση και εξαφάνιση. Η απόφραξη συμβάλλει επίσης σε μια πιο ρεαλιστική MR εμπειρία.

Οι δύο παρατηρητές μοιράζονται το ίδιο περιβάλλον MR και η θέση, οι γωνίες και οι αποφράξεις των σχεδίων σχεδίασης είναι ουσιαστικά οι ίδιες. Κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης, οι επισκέπτες μπορούν απλώς να μετακινήσουν, να περιστρέψουν και να μεγεθύνουν τα εικονικά αντικείμενα εντός του περιβάλλοντος MR και όλοι οι χρήστες μπορούν να παρακολουθήσουν την πλήρη διαδικασία λειτουργίας. Παρακάτω χρησιμοποιείται ένα παράδειγμα με τις εφαρμογές των προτεινόμενων στρατηγικών. Το σενάριο διαθέτει δύο τοποθεσίες τόσο με αρχιτεκτονικά όσο και με μη αρχιτεκτονικά στοιχεία μέσα σε αυτά. Στη θέση A, τα στοιχεία περιλαμβάνουν μία άποψη με στοιχεία από τον φυσικό χώρο του εξωτερικού περιβάλλοντος του ιδρύματος Σταύρος Νιάρχος και έναν επισκέπτη/ άνδρα. Στη θέση B, τα στοιχεία περιλαμβάνουν ένα εκθεσιακό χώρο διαμορφωμένο από τοίχους, οροφή και ένα έδαφος, και έναν επισκέπτη/άνδρα.

²³⁸ Zhu Y., Fukuda T., Yabuki N., 2020. *Integrated Co-designing Using Building Information Modeling and Mixed Reality with Erased Backgrounds for Stock Renovation*. pp. 153-160.



[Εικ.4.2.34]

Εγγραφή των εικονικών χώρων και ανθρώπινων ειδώλων στο φυσικό χώρο

- **Μετασχηματισμός:** Οι χώροι χαρτογραφούνται, οι άνθρωποι καταγράφονται τρισδιάστατα, τα αντικείμενα/πίνακες σαρώνονται.
- **Συσχετίσεις:** Όλα τα στοιχεία από μία τοποθεσία είναι αντίγραφα και τηλεμεταφέρονται στην άλλη τοποθεσία με τους αρχικούς προσανατολισμούς τους. Όπως φαίνεται στο

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση
 Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –
 Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής

διάγραμμα, όλα τα τηλεμεταφερόμενα στοιχεία μιας θέσης επικαλύπτονται σε στοιχεία στην άλλη τοποθεσία. Οι θέσεις των στοιχείων από μία τοποθεσία επικαλύπτονται με τη δεύτερη θέση, η οποία μπορεί να προκαλέσει συγκρούσεις, όπως γίνεται με την θέση των ανθρώπων ή των δομικών στοιχείων.

- Συγκωνεύσεις: Όλα τα στοιχεία μιας θέσης τηλεμεταφέρθηκαν στην άλλη θέση με τις απαραίτητες περιστροφές και μετατοπίσεις για την πρόληψη των συγκρούσεων²³⁹. Για τον έναν άνδρα, ο χώρος του αναμορφώνεται από έναν ανοιχτό χώρο σε έναν εκθεσιακό, καθιστώντας ημι-ανοιχτή την μία πλευρά. Για τον άλλο άνδρα, ο χώρος του αναμορφώνεται επίσης από τρεις συμπαγείς τοίχους, καθιστώντας οπτικά τις υπόλοιπες πλευρές. Και οι δύο άνδρες, μπορούν να δουν πώς ο δικός τους χώρος είναι απρόσκοπτα ενσωματωμένος με τον άλλο. Με τα επικαλυπτόμενα αρχιτεκτονικά στοιχεία, οι δύο χώροι φαίνεται να είναι ραμμένοι μαζί για να συγκωνευθούν σε ένα νέο χώρο με διαφορετική αίσθηση ανοίγματος.

Z. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική συστήματος, αποτελείται από τρία επίπεδα (i) το επίπεδο ανίχνευσης, το οποίο αφορά τη μεταφορά και απόκτηση δεδομένων, και τη συνεργασία κόμβων σε δίκτυα μικρής εμβέλειας ή τοπικά, (ii) το επίπεδο δικτύου, το οποίο στοχεύει στη μεταφορά δεδομένων σε διαφορετικά δίκτυα και εφαρμογές και (iii) το επίπεδο εφαρμογής, όπου αναπτύσσονται οι εφαρμογές μαζί με τις λειτουργίες του ενδιάμεσου λογισμικού. Τα τρία βασικά στοιχεία του προτεινόμενου συστήματος είναι ο διακομιστής CHIS (Cultural Heritage Information System), η πύλη και ο αισθητήρας.

Ο διακομιστής του Συστήματος Πληροφοριών Πολιτιστικής Κληρονομιάς (CHIS) αποτελείται από τα επίπεδα Δικτύου και Εφαρμογής. Το επίπεδο εφαρμογής μοντελοποιείται από τρία υποστρώματα. Το πρώτο υποστρώμα περιλαμβάνει τη βάση γνώσεων για την αποθήκευση και τη διαχείριση του περιεχομένου και τις σημασιολογικές μηχανές που χρησιμοποιούνται για την παροχή ενός πλαισίου για την αναπαράσταση λειτουργικών και μη χαρακτηριστικών των αντικειμένων. Το δεύτερο υποστρώμα περιλαμβάνει τα όργανα που υλοποιούν τις βασικές λειτουργίες του συστήματος CHIS. Το προφίλ στοχεύει στη μη αυτόματη διαμόρφωση μιας (στατικής ή δυναμικής) πληροφορίας σχετικά με τα αντικείμενα και τα άτομα. Η ενότητα προτάσεων επιτρέπει μια προσαρμοσμένη από τον χρήστη παράδοση πολυμέσων κατά τη διάρκεια των πολιτιστικών εμπειριών. Ο διαχειριστής εκθέσεων είναι ένα θεμελιώδες στοιχείο που στοχεύει στο να βρει ποιο άτομο μπορεί να απολαύσει το περιεχόμενο σχετικά με τα πολιτιστικά στοιχεία, όταν βρίσκεται κοντά σε ένα έργο τέχνης. Ο Access Manager επιτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ των φορητών συσκευών χρήστη, των αισθητήρων και του δικτύου. Ο Sensors Manager είναι μια βασική ενότητα, καθώς διαχειρίζεται τους αισθητήρες μέσα σε έναν πολιτιστικό χώρο. Κύριο καθήκον αυτού του στοιχείου είναι να επιτρέπει στους αισθητήρες να ξεκινούν, να ενημερώνουν και να τερματίζουν τις σχέσεις τους με επισκέπτες, άλλους αισθητήρες και το δίκτυο. Τέλος, ο Environment Manager παρέχει τη διαχείριση και τη παρακολούθηση παραμέτρων των χώρων και των συμπεριφορών των επισκεπτών²⁴⁰.

Όσον αφορά τα συστήματα πύλης και αισθητήρων, ο συνδυασμός λειτουργιών μπορεί να διαφέρει κυρίως ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος. Η μονάδα πύλης (Gateway) είναι ενεργοποιημένη για τη διαχείριση της συνολικής επικοινωνίας μεταξύ των αισθητήρων και του διακομιστή CHIS. Επιπλέον, είναι υπεύθυνη να προσαρμόζει και να παρέχει τα περιβαλλοντικά δεδομένα που συλλαμβάνονται από τους αισθητήρες. Η μονάδα αισθητήρα έχει ως στόχο να παρέχει τις διεπαφές συνδεσιμότητας που επιτρέπουν τις λειτουργίες των αισθητήρων σύμφωνα με τους διαφορετικούς τύπους κόμβων αισθητήρων.

Αυτές οι λειτουργίες επιτρέπουν την ευφύια των αντικειμένων που είναι εξοπλισμένα με έναν κόμβο αισθητήρα. Έτσι, ένας επισκέπτης θα είναι πλέον σε θέση να αισθανθεί το περιβάλλον, την παρουσία άλλων αντικειμένων και ανθρώπων, ώστε να ξεκινήσει την αλληλεπίδραση με τα εκθέματα και τον χώρο. Με την χρήση IoT, μπορεί να αναλυθεί και η συμπεριφορά των

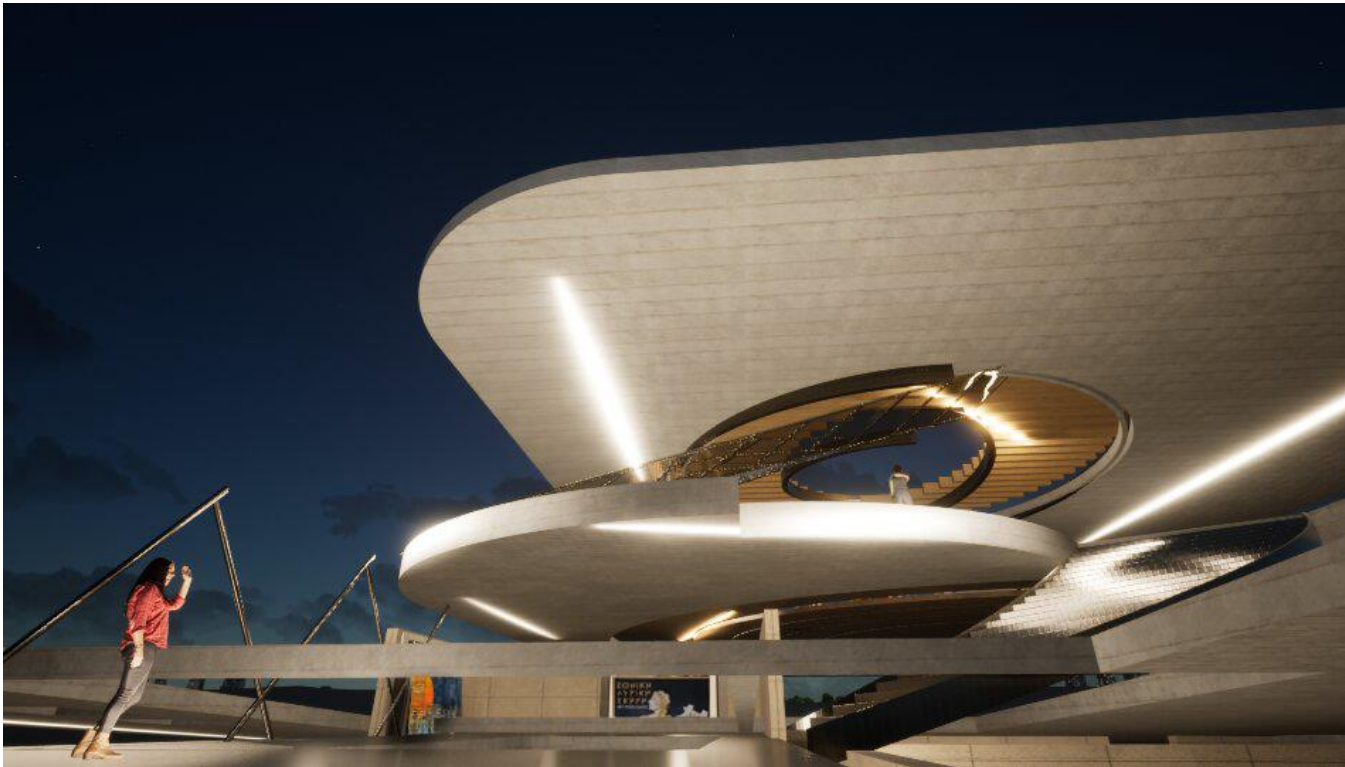
²³⁹ Tang S., Hou J., 2022, Designing a Framework for Metaverse Architecture. 445-454

²⁴⁰ Piccialli Fr., Chianese A., 2014, *Designing a Smart Museum: When Cultural Heritage Joins IoT*.

χρηστών, όπως η συνολική διάρκεια της επίσκεψης και ο μέσος αριθμός έργων τέχνης στα οποία ο επισκέπτης εστίασε την προσοχή του.

Οι τεχνολογίες καλύπτουν τον θεμελιώδη συνδετήριο ρόλο μεταξύ του φυσικού κόσμου και του κόσμου της πληροφορίας, προκειμένου να ενισχύσουν τη γνώση αλλά και την εμπειρία. Αυτοί οι κόμβοι αισθητήρων, έχουν την ικανότητα να παρατηρούν το περιβάλλον και να χαρακτηρίζουν, για παράδειγμα, την κατάσταση των πολιτιστικών αντικειμένων, δημιουργώντας πολλαπλές συνδέσεις μεταξύ των τελικών χρηστών μέσω των οποίων μεταφέρονται πληροφορίες, ιστορίες και περιεχόμενο πολυμέσων.

Ολόκληρη η λογική που επιτρέπει στις οντότητες να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους υλοποιείται στο επίπεδο εφαρμογής από την Πλατφόρμα Διαχείρισης Πληροφοριών. Αυτή η πλατφόρμα περιλαμβάνει όλα τα έξυπνα συμβόλαια, τους διακομιστές και τις διεπαφές χρήστη για μια φιλική διαχείριση πληροφοριών. Σε αυτή την εργασία, οι καινοτόμες τεχνολογίες επιτρέπουν την ανάπτυξη ενός συστήματος για την αποτελεσματική διαχείριση ψηφιακών ταυτοτήτων που σχετίζονται με φυσικά πρόσωπα, οργανισμούς ή πράγματα, στην περίπτωση μας επισκέπτες της Λυρικής και μουσειακά εκθέματα. Έτσι, μια ψηφιακή ταυτότητα μπορεί να είναι ο κάτοχος των αξιώσεων -ο εκδότης- δηλαδή η ψηφιακή ταυτότητα που εκδίδει ένα διαπιστευτήριο - ή ο επαληθευτής- δηλαδή η ψηφιακή ταυτότητα που επαληθεύει σε πραγματικό χρόνο και ανά πάσα στιγμή την εγκυρότητα ενός δεδομένου πιστοποιητικού²⁴¹. Αξιοποιώντας έτσι, την τεχνολογία Blockchain μαζί με τις έννοιες των SSI, IoT και BIM, στοχεύεται η ψηφιοποίηση του πολιτιστικού χώρου, διατηρώντας όλες τις προδιαγραφές έκθεσης αντικειμένων μεγάλης αξίας.



²⁴¹ Cocco L., Tonelli R., Marchesi M.. 2022. *A System Proposal for Information Management in Building Sector Based on BIM, SSI, IoT and Blockchain.*



Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση
Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –
Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής



[Εικ.4.2.35]
Απόψεις του meta-μουσείου σε συγχρονισμό πραγματικού χρόνου με την Λυρική Σκηνή.

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση
Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –
Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής

V. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η αρχιτεκτονική ως πληροφορία μεταδίδεται ή μάλλον «μεταφέρεται» ταυτόχρονα και με τον ίδιο τρόπο προς όλες τις κατευθύνσεις. Στην εποχή μας, η αρχιτεκτονική δεν είναι ένα κλειστό σύστημα παραγωγής του δομημένου χώρου, που να ανταποκρίνεται στον εαυτό του, όπως συνέβαινε παλιότερα, αλλά ένα ευρύτερο σύστημα πολλαπλών εισόδων, που μετέχει στην μετάδοση της αρχιτεκτονικής πληροφορίας ως διάσταση και αποτελεί το κύριο συστατικό στοιχείο της θεωρίας και της πρακτικής του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού στην αρχή του 21^{ου} αιώνα.

Στην πραγματικότητα, η μεταφορά της αρχιτεκτονικής πληροφορίας εξασφαλίζεται, με ένα ευρύ φάσμα σημείων, που λειτουργεί μέσα από το αχανές δίκτυο σχέσεων και αντιθέσεων, που ενώνουν ή χωρίζουν τα σημεία. Αυτό το δίκτυο των διαφορών αποτελεί την προϋπόθεση του νοήματος, που συγκροτείται έξω και πέρα από τα σταθερά σημεία αναφοράς, και «παγώνει» τους όρους του τόπου και του χρόνου που ορίζουν τη μεταβαλλόμενη ιστορική του διάσταση. Η απελευθέρωση της αρχιτεκτονικής από τον τόπο και από το χρόνο, δηλαδή από την προσωπική επικοινωνία του ανθρώπου με το κτίριο, και η διασπορά της σε «όλα τα σημεία του αέρα και του χώρου» (η ρευστοποίησή της) είναι σε μεγάλο βαθμό αποτέλεσμα της μηχανικής αναπαραγωγής της εικόνας της. Όλα όσα λέγονται σήμερα για τον καταλυτικό ρόλο της ψηφιακής εικόνας ήταν ήδη εκεί από παλιά. Είναι εκεί μαζί με την προοπτική, που ανακαλύπτεται στην Αναγέννηση ως νέα θέαση του κόσμου και ως θεαματοποίηση του αρχιτεκτονικού χώρου. Είναι εκεί μαζί με τη φωτογραφία και με τον κινηματογράφο, που έχουν επιβάλλει ως πραγματικότητα μια τεχνητή και αποσπασματική αναπαράσταση του κόσμου. Στον 20^ο αιώνα το ανθρώπινο μάτι επαναπροσδιορίστηκε και η πραγματικότητα απορροφήθηκε μέσα στην εικόνα της πραγματικότητάς της²⁴².

Στα σύγχρονα παραδείγματα εκθεσιακού σχεδιασμού χώρων πολιτισμού υπογραμμίζεται η σημασία της διεπιστημονικότητας και της συμπλοκής της αρχιτεκτονικής με άλλα πεδία, που μετατοπίζουν τα όρια της αρχιτεκτονικής γνώσης και ανταποκρίνονται στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις των κοινωνικών, πολιτικών και περιβαλλοντικών προκλήσεων παγκοσμίως. Με τον αντίκτυπο της πανδημίας COVID-19 και την τάση βιωσιμότητας στις μέρες μας, είναι πλέον μείζονος σημασίας να παρέχουμε νέες μεθόδους για τη διευκόλυνση της συνεργασίας με ένα εξ αποστάσεως περιβάλλον, το οποίο να μπορεί να μας παρέχει τις λειτουργίες ενός φυσικού. Άλλοι λόγοι, όπως οι επικείμενοι πόλεμοι ή οι τρομοκρατικές ενέργειες επιβάλλουν την προστασία των έργων τέχνης και των πολιτιστικών χώρων και αντικειμένων και την διαφύλαξή τους στις επόμενες γενιές. Ο αειφόρος σχεδιασμός των κτιρίων είναι μια σύνθετη αλληλεπίδραση διαφορετικών παραγόντων, οι οποίοι περιλαμβάνουν κοινωνικά, τεχνολογικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά. Σε αυτή τη διατριβή, δημιουργήθηκε ένα προκαταρκτικό πλαίσιο για τη μετα-αναστροφή της αρχιτεκτονικής και την εισαγωγή της στο μετασύμπαν και το αναδυόμενο δίκτυο εικονικών κόσμων, με βάση τα ευρήματα από βιβλιογραφικές αναφορές. Το πλαίσιο αντιπροσωπεύει αναφορές για την ανάμειξη φυσικών και εικονικών αρχιτεκτονικών μορφών και λειτουργιών. Ως εξέλιξη της εργασίας, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω για τη διερεύνηση πιθανών μετα-αρχιτεκτονικών μοτίβων. Θα μπορούσε επίσης, να επεκταθεί σε άλλα πεδία σχεδιασμού, όπως τον σχεδιασμό του Avatar και τον σχεδιασμό της γλώσσας προγραμματισμού για το Metaverse και την ψηφιακή πλαφόρμα σε μελλοντικές εργασίες.

Επιπρόσθετα, αυτό το προκαταρκτικό πλαίσιο αποκαλύπτει ότι τα αρχιτεκτονικά στοιχεία δεν χρειάζεται πλέον να είναι φυσικά, στερεά και στατικά. Μπορούν να είναι εικονικά, ολογραφικά και δυναμικά. Θα ήταν ακόμη πιο ισχυρό να συγχωνευθούν οι φυσικές και ψηφιακές ιδιότητες για τη δημιουργία υβριδικών αρχιτεκτονικών στοιχείων. Πιστεύουμε ότι ένα τέτοιο αρχιτεκτονικό υλικό θα μπορούσε να οδηγήσει σε έναν πιθανό τρόπο μείωσης της παραγωγής και της κατανάλωσης άνθρακα και να συμβάλει περαιτέρω στο πλαίσιο μετά τον άνθρακα. Η παραδοσική αρχιτεκτονική με τη συμβολή της τεχνολογίας, φαίνεται να επαναπροσδιορίζεται και να παρέχει αναμφισβήτητα μια αξιόλογη πηγή γνώσης που προάγει την περιβαλλοντική,

²⁴² Τουρνικιώτης Π., 2007. *Η αρχιτεκτονική στη σύγχρονη εποχή*.

οικονομική και κοινωνική βιωσιμότητα. Η ενεργοποίηση ενός ανθρωποκεντρικού ψηφιακού μέλλοντος απαιτεί εποικοδομητική συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερομένων. Χαρακτηριστικά του ψηφιακού μέλλοντος αποτελούν η δυνατότητα συνδεσιμότητας και ψηφιακών τεχνολογιών, η οποία επεκτείνεται και αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του σήμερα, η δυναμική Ψηφιακή Κοινωνία στην οποία οι ψηφιακές πλατφόρμες, τα προϊόντα, οι υπηρεσίες και τα οικοσυστήματα παρέχονται από μια πληθώρα τεχνολογιών, φέρνοντας ανυπολόγιστα οφέλη και αξία στην κοινωνία και τέλος η Ψηφιακή Συμπεριφορά.

Επιπρόσθετα, η διατριβή αυτή παρουσίασε μια ανασκόπηση της χρήσης BIM στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς. Στον τομέα της Εικονικής Πολιτιστικής Κληρονομιάς, προηγήθηκαν ερευνητές που ανέπτυξαν παραμετρικά αντικείμενα CAD τα οποία στη συνέχεια χαρτογραφούνται σε σάρωση λέιζερ ή φωτογραμμετρικές έρευνες. Στη συνέχεια, η παραμετρική μοντελοποίηση βελτιώθηκε με την εισαγωγή των πλεονεκτημάτων της χρήσης Μοντελοποίησης Πληροφοριών Κτιρίου (BIM) για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Δεδομένου ότι τα κτίρια είναι δυναμικές οντότητες που αντιμετωπίζουν ποικίλες συνθήκες, η ικανότητά τους να χειρίζονται διαφορετικές καταστάσεις είναι απαραίτητη.

Η κατασκευή στο μετασύμπαν ανοίγει νέους τρόπους αλληλεπίδρασης με τους χρήστες. Με αυτό, όλοι οι ενδιαφερόμενοι θα μπορούν να συνδέονται σε μια ενιαία πλατφόρμα. Σε αυτή τη μελέτη δημιουργήθηκε ένα BIM μοντέλο και προτάθηκε ένα κτίριο - πλατφόρμα για τη μετατροπή των δεδομένων αισθητήρων σε οπτικοποιημένα δεδομένα, βάσει περιβάλλοντος και την παρουσίαση εικονικών χώρων μέσω του μοντέλου BIM. Προτάθηκε μια αρχιτεκτονική για ένα κέντρο επεξεργασίας, όπου να υπάρχει δυνατότητα για ανάκτηση από το Cloud των πολιτιστικών πληροφοριών που σχετίζονται με τα έργα τέχνης/παραστάσεις και για διαχείριση της κατάστασης του εσωτερικού περιβάλλοντος από τους χρήστες. Επίσης, το σύστημα έχει πρόσβαση στο Cloud για να αποθηκεύει περιεχόμενο πολυμέσων που παράγεται από τον χρήστη και να μοιράζεται συμβάντα που δημιουργούνται από το περιβάλλον του. Η αξία του BIM τόσο στη διαχείριση πριν από την κατασκευή όσο και μετά την κατασκευή έχει επικυρωθεί. Η φουτουριστική έρευνα είναι η ανάπτυξη του nD BIM και η επικύρωση για την ενσωμάτωση όλων αυτών των τεχνολογιών σε ένα πραγματικό κτιριακό έργο καθώς και της επέκτασής του στον κόσμο του μετασύμπαντας.

Όσον αφορά την αρχιτεκτονική κληρονομιά, ένας προβληματισμός σχετικά με το θέμα της δημιουργίας και της αξιοπιστίας του μοντέλου αναφέρεται στον Brusaporci (2017): «Λαμβάνοντας υπόψη τη διαφάνεια της ψηφιακής κληρονομιάς, θα μπορούσαμε να πούμε ότι υπάρχουν δύο κύρια θέματα: Διαφάνεια του μοντέλου προς την υπάρχουσα φυσική πραγματικότητα. Διαφάνεια εικονικών ανακατασκευών, ιδιαίτερα όταν δεν έχουμε άμεση φυσική αναφορά. Ο μελετητής πρέπει να ορίσει κρίσιμους βαθμούς αξιοπιστίας του τρισδιάστατου μοντέλου για τα ακόλουθα στοιχεία: γεωμετρία, τοποθεσία/θέση, ημερομηνία/ηλικία, χρώμα/υφή, υλικό/κατασκευαστικό σύστημα, πλαίσιο/τοπίο. Προφανώς τα εγγενή και τα εξωτερικά παραδεδομένα σχετίζονται, και τα δύο προέρχονται από τις κρίσιμες επιλογές του μελετητή»²⁴³.

Στη γνωστή παραβολή του Πλατωνικού σπηλαίου, οι αιχμάλωτοι βλέπουν σκιές να κινούνται στον τοίχο και πιστεύουν ότι αυτή είναι η πραγματικότητα. Θα έλεγε κάποιος ότι το metaverse είναι σαν να έχει ξεπηδήσει κατευθείαν από το μυαλό του Πλάτωνα. Αυτοί που θα διαλέγουν την αποσύνδεση θα νιώθουν αποκομμένοι από την παγκόσμια κοινότητα και ίσως να θεωρούνται επικίνδυνοι. Οι άλλοι θα έχουν την ευκαιρία, έστω αλυσοδεμένοι, να ζήσουν μέσα σε έναν προσομοιωμένο κόσμο άπειρων δυνατοτήτων. Το metaverse, σύμφωνα με τον Ζάκερμπεργκ, είναι μια εκδοχή «ενσώματου διαδικτύου»²⁴⁴. Πράγματι, με το VR νιώθεις ότι είσαι σωματικά παρών στα γεγονότα. Ωστόσο, η σωματικότητα εδώ θα διαμεσολαβείται πάντα από μια διεπαφή.

²⁴³ Brusaporci S.. (2017). Digital Innovations in Architectural Heritage Conservation: Emerging Research and Opportunities.

²⁴⁴ Μανώλης Ανδριωτάκης, 2022, Metaverse από το Α ως το Ω, βλ. <https://www.kathimerini.gr/k-magazine/561853582/metaverse-apo-to-a-eos-to-o/>

Το μετασύμπαν προσφέρει στον καλλιτεχνικό κόσμο μια πρωτόγνωρη ευκαιρία να δημιουργήσει οποιοδήποτε έργο φανταστεί, να πειραματιστεί και να εκπλήξει. Στο metaverse θα μπορεί κάποιος να παρακολουθήσει μια ξενάγηση και να περιηγηθεί στους χώρους χρησιμοποιώντας αρκετές από τις αισθήσεις του. Οι φουτουριστές προβλέπουν ένα μέλλον, στο οποίο η εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα θα είναι πανταχού παρούσα. Θα ζούμε διπλές ζωές, φυσικές και εικονικές, επομένως οι χώροι πολιτισμού θα πρέπει πρώτα να εξοικειωθούν με αυτό το μέλλον. Το θέμα που συζητήθηκε σε αυτή την εργασία, είναι πώς μπορούν οι πολιτιστικοί χώροι να μεταμορφωθούν από φυσικές οντότητες σε θεσμούς μετασύνδεσης του αύριο.

Η άποψη του μετασύμπαντος πρώτα ως ανθρώπινη κοινωνία, παρά ως προϊόν ή υπηρεσία, θα είναι κρίσιμη για τους σχεδιαστές και για έναν άλλο λόγο, ο οποίος είναι ότι οι σχεδιαστές θα αναγκαστούν να αντιμετωπίσουν την ηθική των σχεδιαστικών τους αποφάσεων με πολύ πιο βαθύ τρόπο. Σήμερα, ο σχεδιασμός φιλτράρει εύκολα την αλληλεπίδραση των χρηστών μέσω μιας σειράς επιπέδων αφαίρεσης, όπως εφαρμογές, ιστότοποι, μενού, ροές δεδομένων και προφίλ. Ενώ οι συμβολισμοί και οι μεταφορές του ψηφιακού σχεδιασμού έχουν κάνει την τεχνολογία προσιτή, συγκαλύπτουν επίσης τις πραγματικές επιπτώσεις της αλληλεπίδρασής μας με την τεχνολογία. Για παράδειγμα, όταν ένας χρήστης αφήνει ένα επιθετικό σχόλιο στη σελίδα ενός προφίλ, δεν νιώθουμε τα ίδια συναισθήματα με μια παράλληλη αντιπαράθεση που λαμβάνει χώρα μεταξύ δύο ανθρώπινων όντων στον πραγματικό κόσμο. Αλλά το μετασύμπαν, παρουσιάζει το σχέδιο μέσα από έναν πιο φυσικά ανθρώπινο φακό. Χρησιμοποιεί χώρο, χρόνο και ταυτότητα με τρόπο που είναι πολύ πιο κοντά στη δική μας πραγματικότητα, έτσι το θέαμα δύο χρηστών που τσακώνονται σε έναν εικονικό κόσμο θα είναι πιο σπλαχνικό, επειδή οι επιτιθέμενοι θα εμφανίζονται ως ζωντανά είδωλα που στέκονται «πρόσωπο με πρόσωπο»²⁴⁵.

Ο Brad MacDonald, διευθυντής του Creative Media στο Smith Atlas, ανέφερε ότι το metaverse είναι μια πολυτροπική εμπειρία που επεκτείνεται σε εμπειρίες XR. Θα μπορούσε να υπάρχει στην εικονική πραγματικότητα παράλληλα με την επαυξημένη πραγματικότητα, και αυτά παράλληλα με μια εμπειρία που βασίζεται σε πρόγραμμα περιήγησης με όλα τα συστήματα να επικοινωνούν μαζί. «Δημιουργώντας ένα προσαρμοστικό σύστημα, φτάνουμε στο στοιχείο του μουσείου», είπε. «Πώς διαλύεις τους τοίχους ενός ιδρύματος από τούβλα και κονίαμα;»²⁴⁶ Υπάρχουν μυριάδες πλεονεκτήματα για τη διάλυση των τειχών, επειδή επιτρέπει στους πολιτιστικούς χώρους να διευρύνουν το κοινό τους και να δημιουργήσουν βαθύτερη δέσμευση. Ο MacDonald σχολίασε, ότι τα πολλαπλά ανοιχτά μετασύμπαντα θα επέτρεπαν επίσης στις κοινότητες να έχουν βαθύτερη ιδιοκτησία της πολιτιστικής τους κληρονομιάς και μια πιο παρούσα φωνή στις συνομιλίες γύρω από αντικείμενα και συστήματα πεποιθήσεων. «Νομίζω, ότι υπάρχει ένα μέρος στο μετασύμπαν για τις κοινότητες, να έχουν περισσότερη δύναμη και εξουσία πάνω στις αφηγήσεις τους»²⁴⁷.

Το Meta-Μουσείο μας αποτελείται από εικονικά και φυσικά στοιχεία, παρέχοντας συνεχείς 3D χωρικές εμπειρίες. Επιπρόσθετα, ενσωματώνει μακρινά και κοντινά στοιχεία για τη διεξαγωγή σύγχρονων και ασύγχρονων απομακρυσμένων συνεργατικών δραστηριοτήτων. Το Meta-Μουσείο φιλοξενεί πραγματικούς και Avatar συμμετέχοντες, οι οποίοι μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μέσω διαισθητικών και φυσικών διαύλων επικοινωνίας. Τέλος, παρέχει υβριδικά αντικείμενα που αξιοποιούν τα πλεονεκτήματα των φυσικών και ψηφιακών ιδιοτήτων για τους επισκέπτες για να τα χειριστούν. Επιπλέον, σημαντικά για τη λειτουργία στο μετασύμπαν είναι ότι υπάρχουν ελάχιστα κατασκευαστικά, τεχνικά και οικονομικά εμπόδια. Το μετασύμπαν είναι μια νέα μορφή επικοινωνίας. Πρόκειται για την οικοδόμηση κόσμου.

Τα τελευταία δέκα περίπου χρόνια, τα εργαλεία έχουν επικεντρωθεί στην οπτικοποίηση. Οι προγραμματιστές μιλούν για το συναίσθημα και τον σκοπό, καθώς και για τις βιωματικές ιδιότητες του χώρου. Τώρα έχουμε τη μηχανική για να εξετάσουμε σημαντικές πτυχές ενός

²⁴⁵ Benjamin Bertram Goldman, The Metaverse Will Give Designers the Chance to Create a Better World βλ. <https://builtin.com/design-ux/virtual-world-design-ethics>

²⁴⁶, ²⁴⁷ TZAPAC, Enterprise, 2022, From a digital museum to the metaverse, βλ. <https://www.tzapac.com/articles/from-a-digital-museum-to-the-metaverse/>

σχεδίου, όπως ο ογκομετρικός ήχος και οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις. Οι ζωντανές συναυλίες, παραστάσεις ή όπερες είναι στην πραγματικότητα αρκετά ακριβές και συνήθως γίνονται σε μεγάλες πόλεις. Υπάρχουν άνθρωποι που δεν έχουν την οικονομική δυνατότητα να πάνε ή δεν ζουν στις περιοχές που συμβαίνει το μουσικό δρώμενο. Μέσω του metaverse μπορεί κανείς να δει πολλές παραστάσεις με μικρότερο χρηματικό ποσό αλλά και παραστάσεις οι οποίες δεν είναι εφικτό να παιχτούν ξανά ζωντανά.

Όσο αφορά την εμπειρία παρακολούθησης μιας παράστασης στο μετασμπάντιο χώρο θα μπορούσαμε να πούμε ότι όταν πηγαίνεις σε μια ζωντανή παράσταση, υπάρχουν χώροι όπου μπορείς μερικές φορές να είσαι μπροστά, αλλά τις περισσότερες φορές δεν είσαι, και υπάρχουν πολλοί χώροι που είναι τόσο τεράστιοι που το κοινό απέχει πολύ από τον ερμηνευτή. Βλέπεις αυτή τη μικρή φιγούρα σε μια σκηνή πολύ μακριά. Με την εμπειρία του μετασμπάντιο ο καλλιτέχνης είναι πάντα ακριβώς και απρόσκοπτα μπροστά στον θεατή και μοιάζει περισσότερο με μια εμπειρία πρώτης σειράς για όλους τους θεατές. Μπορεί να είναι διαδραστική, και ακόμα και να συνομιλούν σε πραγματικό χρόνο με τον καλλιτέχνη εάν είναι εφικτό. Είναι μια κοινή εμπειρία. Ο καλλιτέχνης μπορεί να επιλέξει διαφορετικά περιβάλλοντα για κάθε χώρο ή ακόμα και για κάθε έκθεμα ή να αφήσει το κοινό να επιλέξει και να αλλάξει το περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο.

Η ανάπτυξη της εικονικής αρχιτεκτονικής είναι πιθανό να διαμορφώσει το μέλλον των φυσικών κτιρίων και των δημόσιων χώρων. Αλλά στο σημερινό της στάδιο, πολλά παραδείγματα αρχιτεκτονικής μετασύνδεσης εξακολουθούν να προέρχονται από τις λογικές και τις τυπολογίες του αναλογικού σχεδιασμού και κατασκευής. Η Lara Lesmes και ο Fredrik Hellberg, που ίδρυσαν τη Space Popular, την εταιρεία πίσω από εικονικά έργα τέχνης, εμπειρίες και εκθέσεις παρουσιάζουν ένα μανιφέστο για το Metaverse το «8 Propositions for a Civic Portal Infrastructure for the Virtual Environment».²⁴⁸ Σε αυτό αναφέρεται ότι ο τρόπος που κινούμαστε στο εικονικό περιβάλλον πρέπει να παρέχει αξιόπιστους χώρους πρόσβασης που δεν αλλάζουν με κάθε ενημέρωση. Οι κοινότητες απαιτούν έναν βαθμό σταθερότητας και βεβαιότητας για να οικοδομήσουν πάνω τους. Οι πύλες προς και σε εικονικά περιβάλλοντα πρέπει να περιέχουν πληροφορίες σχετικά με τον χώρο πίσω από αυτά, που να είναι ευρέως ευανάγνωστες. Αυτό θα απαιτήσει τη δημιουργία μιας νέας γραμματικής συμπεριφορών υλικού, γραφικών και πινακίδων που θα ενσωματωθούν σε όλα τα σημεία πρόσβασης. Οι πύλες σε εικονικά περιβάλλοντα πρέπει να είναι διασυνδεδεμένες και συνεπείς καθ' όλη τη διάρκεια και να εμφανίζονται ίδιες σε όλους τους επισκέπτες ανά πάσα στιγμή. Πρέπει να αντιληφθούμε το ίδιο εάν θέλουμε να κατανοήσουμε έναν χώρο ως κοινόχρηστο και μια ομάδα ανθρώπων ως κοινότητα. Σε εικονικά περιβάλλοντα, οι διακρίσεις, η ανισότητα και η αδικία θα είναι δυνατές με εντελώς νέους και λιγότερο διαφανείς τρόπους από αυτό που ήδη βιώνεται σήμερα. Πρέπει να δημιουργήσουμε διαφανή αστικά συστήματα πρόσβασης στο εικονικό περιβάλλον, όπου οι διακρίσεις γίνονται ορατές και επομένως μπορούν να αντιμετωπιστούν. Επιπλέον, οι υπολογισμοί που απαιτούνται για τη μεταφορά μας από το ένα εικονικό μέρος στο άλλο για να περιηγηθούμε στις διάφορες επιλογές, πρέπει να είναι υπολογιστικά αποδοτικοί και να καταναλώνουν όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εικονικών χώρων θα πρέπει επίσης να αποτελούν μέρος των πληροφοριών που κοινοποιούνται στους πολίτες του εικονικού περιβάλλοντος στο σημείο εισόδου. Οι πύλες θα πρέπει να βασίζονται σε πρωτόκολλα που να είναι σε θέση να ανταλλάσσουν και να χρησιμοποιούν πληροφορίες σε χώρους²⁴⁹. Ωστόσο, η έκφραση τέτοιων πυλών πρέπει να είναι εξοικειωμένη και γνωστικά συνεπής με το μοναδικό μας τρισδιάστατο πλαίσιο αναφοράς που είναι το δομημένο περιβάλλον.

Στη δική μας περίπτωση μελέτης, το αναπτυγμένο μοντέλο ιδέας της σπονδυλωτής έκθεσης και η χρήση γραμματικών σχημάτων ως μεθοδολογία σχεδιασμού προτάθηκε για την ανάπτυξη της σχεδιαστικής ιδέας από το δομημένο στο εικονικό περιβάλλον. Η πρόθεση ήταν να χρησιμοποιηθούν οι κανόνες γραμματικής σχήματος για την ανάπτυξη αυτο-όμοιων χωρικών

²⁴⁸ Lara Lesmes and Fredrik Hellberg, 2022, A Manifesto for the Metaverse, <https://metropolismag.com/viewpoints/a-manifesto-for-the-metaverse/>

²⁴⁹ What is the metaverse and why does it need 5G to succeed? The metaverse 5G relationship explained βλ. <https://www.ericsson.com/en/blog/2022/4/why-metaverse-needs-5g>

συστημάτων και αυτοπαρόμοιων αλληλοσυνδεόμενων χώρων με τον φυσικό χώρο της Λυρικής σκηνής, ώστε το εικονικό μουσείο να μπορεί να προβληθεί ως συνέχεια του φυσικού χώρου της Λυρικής.

Η εφαρμογή κανόνων σε ένα περιβάλλον προγραμματισμού διευκόλυνε τη δημιουργία εναλλακτικών διαμορφώσεων της βασικής εκθεσιακής μονάδας καθώς και για την ανάπτυξη διευθετήσεων, τόσο γραμμικών όσο και ακτινικών, αλληλοσυνδεόμενων ενοτήτων που σχηματίζουν το αρθρωτό meta - μουσείο. Επιπλέον, βοηθάει στη λήψη αποφάσεων σχετικά με την τοποθέτηση, τις αναλογίες και τις διαστάσεις των ψηφιακών εκθεμάτων, την κυκλοφορία και τους νέους χώρους εμπειρίας. Το τελικό αποτέλεσμα αυτής της προσπάθειας έδειξε ότι η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, διευκόλυνε σημαντικά την ανάπτυξη της γεωμετρικής αντίληψης της βασικής εκθεσιακής μονάδας και του αρθρωτού μουσείου καθώς και την ανάπτυξη του αρχικού σχεδιασμού και των σχηματικών σχεδίων του έργου.

Η πρόθεση για το Meta-Μουσείο είναι να λειτουργήσει ως πρόσθετος χώρος στο φυσικό περιβάλλον, ως αρχείο αρχιτεκτονικών έργων στο εικονικό αλλά και ως ένας παράλληλος μουσειακός κόσμος στο metaverse, ο οποίος θα μπορεί να επεκτείνεται ανάλογα με τις αυξανόμενες ανάγκες του μουσείου αλλά και της Λυρικής. Η σύνδεση της εικονικής πραγματικότητας με το χωρικό μοντέλο κατέστησε δυνατή να μπορούσαμε να καταλήξουμε, την εμπειρία ενός συνεχούς χώρου που αναπτύσσεται με συστηματικό τρόπο καθώς προστίθενται νέα εκθέματα όπερας. Επίσης, μπορεί να επιτρέψει την εξερεύνηση πολλών σεναρίων σχετικά με την αλληλεπίδραση των επισκεπτών με τα εκθέματα. Οι επισκέπτες θα μπορούν να μεταφερθούν μέσω εικονικής πραγματικότητας στον χώρο του αρθρωτού μουσείου και να τηλεμεταφερθούν μέσα στα εκτιθέμενα αρχιτεκτονικά μοντέλα.

Το προτεινόμενο πλαίσιο είναι εννοιολογικής φύσης, αλλά ταυτόχρονα παρέχει τη βάση για την ανάπτυξη στρατηγικής έρευνας για τους εμπλεκόμενους φορείς του πολιτισμού και αποτελεί μία πρόταση να εξεταστεί το πώς η αποτελεσματικότητα της υιοθέτησης του μετασμπάντειου μουσείου μπορεί να αποφέρει πραγματικά οφέλη, να δημιουργήσει αξίες και να προσφέρει βιώσιμο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα δημιουργώντας ένα νέο επιχειρηματικό μοντέλο. Ένα μοντέλο το οποίο μπορεί να έχει αυτόνομη ή μη οικονομία. Η εργασία παρέχει ώθηση για μια συνεχή έρευνα σε αυτόν τον πλούσιο τομέα.

Με τη δέσμευση αναδυόμενων τεχνολογιών και την προοδευτική ανάπτυξη και βελτίωση του οικοσυστήματος, οι εικονικοί κόσμοι (ή οι ψηφιακοί δίδυμοι) θα φαίνονται ριζικά διαφορετικοί τα επόμενα χρόνια. Τώρα, το ψηφιοποιημένο μέλλον θα είναι πιο διαδραστικό, πιο ζωντανό, πιο ενσωματωμένο και με περισσότερα πολυμέσα, λόγω της ύπαρξης ισχυρών υπολογιστικών συσκευών και έξυπνων φορητών συσκευών. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμη πολλές προκλήσεις, όπως αυτές της ασφάλειας και του απορρήτου, που πρέπει να ξεπεραστούν προτού το μετασμπαν ενσωματωθεί στον φυσικό κόσμο και στην καθημερινή μας ζωή. Θα πρέπει επιπλέον, να υπάρξει σκέψη ίσως και για κοινωνικούς κανόνες με τους οποίους θα συμπεριφέρονται τα avatars. Το μετασμπαν θα εμφανιστεί ως μια άλλη τεράστια οντότητα, παράλληλα με τη φυσική μας πραγματικότητα. Αναλογιζόμενοι τα βασικά θέματα που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, προσδιορίζουμε την ερευνητική ατζέντα ώστε να διαμορφωθεί το μέλλον των χώρων του πολιτισμού στο metaverse στις επόμενες δεκαετίες. Στο μετασμπαν, οι άνθρωποι χρήστες θα παρακολουθούν με αλγόριθμους όρασης υπολογιστών και θα παρουσιάζονται ως avatars. Οι επαυξημένοι και οι εικονικοί κόσμοι ωστόσο πρέπει να αντιμετωπίσουν προβλήματα που σχετίζονται με την απόφραξη αντικειμένων, το θάμπωμα κίνησης, το θόρυβο και τη χαμηλή ανάλυση των εισόδων εικόνας/βίντεο. Όταν οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν VR ακουμπούν κατά λάθος στο τραπέζι στο οποίο στέκονταν δίπλα, καταλαβαίνουν συνειδητά ότι βρίσκονται σε άλλο επίπεδο πραγματικότητας που τα αντικείμενα δεν έχουν φυσική υπόσταση, αλλά υπάρχει ένα ένστικτο όπου δεν ξέρουν πια πού βρίσκονται. Αυτό είναι και συναρπαστικό και τρομακτικό. Πρόκειται για τον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός νέου τύπου αρχιτεκτονικής που δεν έχουμε δει.

Προβάλλοντας αυτή την ιδέα στο μέλλον, θα μπορούσαμε να πούμε ότι κάθε επισκέπτης θα μπορούσε όχι μόνο να έχει μια μοναδική περιήγηση, αλλά θα μπορούσε επίσης να βιώσει ένα μοναδικό «χωρικό επεισόδιο». Αυτός ο χώρος είναι «ρευστός», υβριδικός και μεταμορφώνεται συνεχώς ανάλογα με τις ανάγκες καθώς ο πολιτιστικός χώρος μετατρέπεται σε «κτίριο – πλατόρμα». Το νέο μουσειακό μοντέλο που διαμορφώνεται αποτελεί το κτίριο ως την

πλατφόρμα, εξοπλισμένο με αυτοματισμό χώρων και σύστημα δικτύου επικοινωνίας και ενσωματώνει τον βέλτιστο συνδυασμό δομής, συστήματος, υπηρεσίας και διαχείρισης για να παρέχει στους χρήστες ένα αποδοτικό, άνετο και ασφαλές κτιριακό περιβάλλον. Βρισκόμαστε αντιμέτωποι με την αλλαγή επιχειρηματικού μοντέλου, από σύμβουλος σε δημιουργό περιεχομένου. Οι πολιτιστικοί χώροι, αντί να παρέχουν υπηρεσίες, θα μπορούσαν να επανεφεύρουν το επιχειρηματικό μοντέλο για να παρέχουν προϊόντα και υπηρεσίες που να μπορούν να επωφεληθούν από αυτά και ακόμη και να ανατροφοδοτούνται.

Επιπλέον, η αρχιτεκτονική είναι μία διαρκώς επεκτεινόμενη πρακτική σε ένα περιβάλλον τεχνολογικής, οικονομικής και δημόσιας συναλλαγής. Περιβάλλον, δεδομένα, προγράμματα και άνθρωπος συμπλέκονται και ερμηνεύονται σε ένα πεδίο πειραματισμού «ανοικτό», παράγοντας χώρους και τοπία δυναμικά, ωσμωτικά, υβριδικά και ταυτόχρονα οικεία, βιώσιμα, λειτουργικά, προσαρμοσμένα στις συνθήκες της εποχής. Μια αφήγηση, που συνήθως θέτει ερωτήματα, καθιστά την αρχιτεκτονική μια δυναμικά κρίσιμη πρακτική απέναντι στις δεδομένες συνθήκες.

Αν και το μετασύμπαν δεν είναι συγκεκριμένο ως προς την τοποθεσία, οι επισκέπτες προέρχονται από διαφορετικά πολιτιστικά υπόβαθρα, κάτι το οποίο οδηγεί στο να σχεδιάσουμε «δημόσιες» μετασύμπλεξες που να είναι ποικίλες και με πολιτιστική ένταξη. Αυτό είναι ένα βαθύ θέμα, και όπως ανέφερε ο Rem Koolhaas: «Η αρχιτεκτονική στέκεται με ένα πόδι σε έναν κόσμο 3.000 ετών και ένα άλλο πόδι στον 21ο αιώνα. Αυτό το τέντωμα σχεδόν σαν μπαλέτο κάνει το επάγγελμά μας εκπληκτικά βαθύ. Θα μπορούσατε να πείτε ότι είμαστε το τελευταίο επάγγελμα που έχει μνήμη ή το τελευταίο επάγγελμα του οποίου οι ρίζες πάνε 3.000 χρόνια πίσω και εξακολουθεί να δείχνει τη συνάφεια αυτών των μεγάλων δρόμων σήμερα. Αρχικά, νόμιζα ότι ήμασταν άστοχοι να ασχοληθούμε με το παρόν, αλλά αυτό που προσφέρουμε είναι η μνήμη»²⁵⁰.

Στο μέλλον, οι άνθρωποι δεν θα βιώσουν ούτε ένα μετασύμπαν. Αντίθετα, θα πλοηγούνται σε πολλαπλά διαλειτουργικά μετασύμπλεξα, όλα με τη δυνατότητα να συνδέονται μεταξύ τους σε μια ταπετσαρία ψηφιακού χώρου και όλα θα τροφοδοτούνται από το blockchain και τα νομίσματα εντός της πλατφόρμας που τροφοδοτούν τις μετα-οικονομίες τους. «Κανείς δεν χιτίζει το μετασύμπαν», λέει ο αρχιτέκτονας Beneville. «Ό,τι κι αν πρόκειται να είναι το μετασύμπαν θα είναι η συγχώνευση όλων αυτών των πραγμάτων σε ό,τι εξυπηρετεί καλύτερα την ανθρωπότητα».²⁵¹ Σίγουρα, χρειάζεται να ορίσουμε τις νέες αξίες της μουσειακής αρχιτεκτονικής σε αυτήν την ψηφιακή εποχή.

²⁵⁰ Rem Koolhaas: "Architecture Has A Serious Problem Today", βλ. <https://www.fastcompany.com/3060135/rem-koolhaas-architecture-has-a-serious-problem-today>

²⁵¹ Liz Stinson, How Will the Metaverse Be Designed? <https://metropolismag.com/viewpoints/what-will-our-virtual-reality-be/>

Ευχαριστίες

*Ευχαριστώ την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κα. Κωνσταντίνα Σιούντρη
για την πολύτιμη καθοδήγηση και τις
ενδιαφέρουσες συζητήσεις μας σε αυτή την μεταπτυχιακή έρευνα,
την Αργυρώ και τον Μύρωνα, τους πιο ένθερμους υποστηρικτές μου,
για την αμέριστη στήριξη και υπομονή τους,
τους φίλους και συνεργάτες μου για την ενθάρρυνση τους
όλο αυτό το διάστημα
και
τέλος το αφιερώνω στον πατέρα μου Θωμά..*

VI. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Burhnam R., Kai-Kee E. (2011). *Teaching in the Art Museum, Interpretation as Experience*. Los Angeles. J.Paul Getty Museum.
- Castells, Manuel (1996), (second edition, 2000). *The Rise of the Network Society, The Information Age: Economy, Society and Culture Vol. I*, Oxford: Blackwell Publishers
- Flachbart G. and Weibel P., (2005) *Disappearing Architecture _From Real to Virtual to Quantum*, Switzerland, Birkhauser – Publishers for Architecture
- Levent N., Pascual-Leone A.. (2017). *The Multisensory Museum: Cross-Disciplinary Perspectives on Touch, Sound, Smell, Memory, and Space*. United Kingdom. Rowman & Littlefield
- M. Di Renzo *et al.*, (2020). *Smart Radio Environments Empowered by Reconfigurable Intelligent Surfaces: How It Works, State of Research, and The Road Ahead*. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 38, no. 11, pp. 2450-2525.
- Hegarty, Mary & Waller, D.. (2006). *Individual differences in spatial abilities. Handbook of Visuospatial Thinking*. Cambridge University Press
- Renzo Piano. *Αθήνα: Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος*. No. Illustrations 540, Fondazione Renzo Piano
- Stojakovic V., Tepavcevic B. (2021). *Towards a new, configurable architecture - Proceedings of the 39th eCAADe Conference - Volume 2*, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, 8-10 September 2021
- Παπαλεξόπουλος Δ., (2008). *Ψηφιακός Τοπικισμός*, Libro
- Τουρνικιώτης Π., (2007). *Η αρχιτεκτονική στη σύγχρονη εποχή*. Αθήνα. Futura.
- Τζώνος Π., (2007). *Μουσείο και Νεωτερικότητα*. Αθήνα. Εκδόσεις Παπασωτηρίου

[Από πρακτικά συνεδρίων]

- Al Bondakji L., Lammich An., Werner L., “ViBe (Virtual Berlin) -Immersive Interactive 3D Urban Data Visualization Immersive interactive 3D urban data visualization”, Conference: 37th eCAADe and 23rd SIGRaDi Conference - Architecture in the Age of the 4th Industrial Revolution, Porto, September 2019
- Ammar M., Zegura E., Zhao Y.. “A vision for zero-hop networking”. In 2017 IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), pp. 1765–1770.
- Benoit Durandin, “The Hybrid City Symposium”, *Υβριδική Πόλη*, Ερευνητικό Πανεπιστημιακό Ινστιτούτο Εφαρμοσμένης Επικοινωνίας(ΕΠΙΕΕ), 4-5 Μαρτίου 2011
- Bosco A., D’Andrea A., Nuzzolo M., Zanfagna P.. “A BIM approach for the analysis of an archaeological monument”. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XLII-2, 2019.
- Brusaporci St., Maiezza P., Tata Al.. (2018). “A framework for architectural heritage hbim semantization and development”. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XLII-2, διαθέσιμο στο: <https://www.researchgate.net/publication/325470933> (πρόσβαση 19/10/2022)
- Caudell Th., Mizell, D.. (1992). “Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes”. *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences*. 2. vol.2., pp. 659 – 669, February 1992
- Chan H., Brown A., Moleta T., Schnabel M., “Augmented Spaces - If walls could talk.”, *Proceedings of the 39th eCAADe Conference - Volume 2*, pp. 575-584. University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, 8-10 September 2021.
- Fai St., Graham K., Duckworth T., Wood N., Attar R., (2011). “Building Information Modeling and Heritage Documentation”, XXIII CIPA International Symposium, 12th- 16th September, Prague, Czech Republic

- Gilkinson N., Kiviniemi Ar., Raju P., Chapman Cr. “*Building information modelling: The tide is turning*”. Proceedings of the ICE - Structures and Buildings, February 2015, pp. 81-93
- Giulio R., Maietti F., Piaia E. (2019). “*Advanced 3D Survey and Modelling for Enhancement and Conservation of Cultural Heritage: The INCEPTION Project*”, First International Conference, TMM_CH 2018, Athens, Greece, October 10–13
- Hartmann J., Yeh Y., Vogel D.. “*Augmenting a wearable augmented reality display with an actuated head-mounted projector*”. In Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp. 445–458, New York, 2020. Association for Computing Machinery
- Liapi K., Liosi D. (2021). “*An Immersive Modular Museum-Archive Concept Model - An integration of shape grammars with virtual reality*”, Proceedings of the 39th eCAADe Conference - Volume 2, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, 8-10 September 2021, pp. 323-332
- Lin, Chaohe & Lo, Tian Tian & Hu, Xinchuang. (2021). “*Exploring the Possibilities of a Virtual Reality Aided Architectural Design System*”, Proceedings of the 39th eCAADe Conference - Volume 2, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, 8-10 September 2021, pp. 555-564.
- Logothetis S., Delinasiou A., Stylianidis E..(2015). “*Building Information Modelling for Cultural Heritage: A review.*” ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. II-5/W3, 25th International CIPA Symposium 2015, 31 August – 04 September, Taipei, Taiwan
- M. Di Renzo. (2020). “*Smart Radio Environments Empowered by Reconfigurable Intelligent Surfaces: How It Works, State of Research, and The Road Ahead,*” in *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 38, no. 11, pp. 2450-2525
- Piccialli Fr., Chianese A. (2014). “*Designing a Smart Museum: When Cultural Heritage Joins IoT*”. Third International Conference on Technologies and Applications for Smart Cities, Oxford (UK), διαθέσιμο στο https://www.researchgate.net/publication/263659802_Designing_a_Smart_Museum_When_Cultural_Heritage_Joins_IoT (πρόσβαση 11/11/2021)
- Prajapat N., Tiwari A., Tiwari D., Turner C., Hutabarat W. “*A Framework for Next Generation Interactive and Immersive DES Models*”. In Proceedings of the 2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN), , pp. 671–676, Helsinki, Finland, 22–25 July 2019.
- Samis Peter, “*Points of Departures: Curators & educators collaborate to prototype a ‘Museum of the Future’*”, Hypermedia Interactivity in Museums Proceedings of an International Conference, ICHIM, Pittsburgh, 1991, διαθέσιμο στο http://www.archimuse.com/publishing/ichim01_vol1/samis.pdf (πρόσβαση 15/2/2022)
- Siountri K., Skondras Em., Vergados D. (2019). “*Towards a Smart Museum using BIM, IoT, Blockchain and Advanced Digital Technologies.*” ICVISP 2019: 3rd International Conference on Vision, Image and Signal Processing, Vancouver, Canada
- Schnabel M. Aurel, Wang X., Seichter H., Kvan T. (2008). “*Touching The Untouchables: Virtual-, Augmented- And Reality.*”, CAADRIA 2008, Proceedings of the 13th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, Chiang Mai (Thailand) 9-12 April 2008, pp. 293-299
- Tang S., Hou J.. “*Designing a Framework for Metaverse Architecture*”, Proceedings of the 27th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) 2022, Volume 2, the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), Hong Kong, διαθέσιμο στο <https://www.researchgate.net/publication/362171315> (πρόσβαση 11/09/2022)
- Younis A., Qiu B., Pompili D., “*Latency-aware hybrid edge cloud framework for mobile augmented reality applications*”. In 2020 17th Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON), pp. 1–9. IEEE, 2020
- Yue Y., Yang Y., Ren G., Wang W.. “*Mixed reality enhancement via efficient scene editing.* In Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '17, pp. 427–436, New York, 2017.

- Zhu Y., Fukuda T., Yabuki N., “*Integrated Co-designing Using Building Information Modeling and Mixed Reality with Erased Backgrounds for Stock Renovation*”. Conference: eCAADe 2020: Anthropologic: Architecture and Fabrication in the cognitive age, pp. 153-160, January 2020
- Βαφειάδου Ξ., (2015). «*Τα μουσεία στη ψηφιακή εποχή: ο ρόλος της ψηφιακής τεχνολογίας στη μουσειακή μάθηση*», Πανελλήνιο Συνέδριο Επιστημών Εκπαίδευσης, Τομ.2015, Αρ.1, διαθέσιμο στο <http://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/edusc/article/view/164> (πρόσβαση 05/3/2022)
- Μπούνια, Α. (2002). «*Τα πολυμέσα ως ερμηνευτικά εργαλεία στα ελληνικά μουσεία: γενικές αρχές και προβληματισμοί*», στη Διημερίδα του Τμήματος Πολιτισμικής Τεχνολογίας & Επικοινωνίας (Τ.Π.Τ.Ε) Πανεπιστημίου Αιγαίου με τίτλο «*Μουσείο, Επικοινωνία και Νέες Τεχνολογίες*». διαθέσιμο στο http://www.makebelieve.gr/mr/teaching/UoAMS/papers/Bounia_museology02.pdf, (πρόσβαση 11/11/2021)

[Συγγράμματα διαθέσιμα στο διαδίκτυο]

- Alavi H., Churchill El., Wiberg M., Lalanne D., Dalsgaard P., Fatah gen. Sch., Rogers Yv., (2019). *Introduction to Human-Building Interaction (HBI): Interfacing HCI with Architecture and Urban Design*. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/publication/331766000_Introduction_to_Human-Building_Interaction_HBI_Interfacing_HCI_with_Architecture_and_Urban_Design (πρόσβαση 11/09/2022)
- Ang Y., Mingzhe H., Qingcheng Z., Yuhui S., (2021), *Adopting Building Information Modeling (BIM) for the Development of Smart Buildings: A Review of Enabling Applications and Challenges*. Advances in Civil Engineering, διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/publication/349987488_Adopting_Building_Information_Modeling_BIM_for_the_Development_of_Smart_Buildings_A_Review_of_Enabling_Applications_and_Challenges, (πρόσβαση 9/10/2022)
- Arayici, Yusuf. (2008). *Towards building information modelling for existing structures. Structural Survey*, διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/publication/235319595_Towards_building_information_modelling_for_existing_structures (πρόσβαση 13/10/2022)
- Chang K., Dzen R., Wu Yi. (2018). *An Automated IoT Visualization BIM Platform for Decision Support in Facilities Management*. Applied Sciences, διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/publication/326196519_An_Automated_IoT_Visualization_BIM_Platform_for_Decision_Support_in_Facilities_Management (πρόσβαση 09/10/2022)
- Chen, Chih-Hung. (2020). *Impacts of augmented reality and a digital game on students' science learning with reflection prompts in multimedia learning*. Educational Technology Research and Development, διαθέσιμο στο: <https://www.researchgate.net/publication/344654591> (πρόσβαση 21/10/2022)
- Cocco L., Tonelli R., Marchesi M.. (2022). *A System Proposal for Information Management in Building Sector Based on BIM, SSI, IoT and Blockchain*. Future Internet, διαθέσιμο στο: <https://doi.org/10.3390/fi14050140> (πρόσβαση 11/03/2023)
- Coupry C., Noblecourt S., Richard P., Baudry D., Bigaud D.. (2021). *BIM-Based Digital Twin and XR Devices to Improve Maintenance Procedures in Smart Buildings: A Literature Review*. Applied Sciences, διαθέσιμο στο: <https://www.researchgate.net/publication/353456784> (πρόσβαση 19/10/2022)
- Emo B., Gerber A., Hölscher Chr. (2021). *User-Centred Spatial Thinking in Architectural Design with Mixed Reality*, διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/publication/354447781_User-Centred_Spatial_Thinking_in_Architectural_Design_with_Mixed_Reality (πρόσβαση 10/10/2022)
- Goff, E. E., Mulvey, K. L., Irvin, M. J., & Hartstone-Rose, A. (2018). Applications of augmented reality in informal science learning sites: a review. *Journal of Science Education and Technology*, 27, διαθέσιμο στο: <https://www.researchgate.net/publication/324895898> (πρόσβαση 21/05/2022)

- Lee L., Braud T., Zhou P., Wang L., Xu D., Lin Z., Kumar A., Bermejo C., Hui P.. (2021). *All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda*, διαθέσιμο στο: <https://www.researchgate.net/publication/355172308> (πρόσβαση 19/10/2022)
- Lopez F., Leronés P., Llamas J., Gómez-García-Bermejo J., Zalama E.. (2018). *A Review of Heritage Building Information Modeling (H-BIM)*. *Multimodal Technologies and Interaction*, διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/publication/324987991_A_Review_of_Heritage_Building_Information_Modeling_H-BIM (πρόσβαση 21/10/2022)
- Mahdjoubi L., Hawas S., Fitton R., Dweidar K., Nagy G., Marshall A., Alzaatreh A.. (2018). *“HBIM: Low-cost sensors and environmental data in heritage buildings - A guide for practitioners and professionals”*, διαθέσιμο στο: <https://uwe-repository.worktribe.com/output/870128/hbim-low-cost-sensors-and-environmental-data-in-heritage-buildings-a-guide-for-practitioners-and-professionals> (πρόσβαση 10/10/2022)
- Manovich L. (2005). *“The Poetics of Augmented space”*, διαθέσιμο στο: http://manovich.net/content/04-projects/034-the-poetics-of-augmented-space/31_article_2002.pdf (πρόσβαση 10/06/2022)
- Michael, R., David, J. and David, R. (2012). *BIM Guidelines*. New York: New York City Department for Design +Construction. Βλ. http://www.nyc.gov/html/ddc/downloads/pdf/DDC_BIM_Guidelines.pdf (πρόσβαση 15/02/2022)
- O Shea E., Pavía S., Dyer M., Craddock G., Murphy N., (2014). *Measuring the design of empathetic buildings: A review of universal design evaluation methods*. *Disability and Rehabilitation*. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, 2014 May 26
- Sepasgozar Samad. (2021). *Differentiating Digital Twin from Digital Shadow: Elucidating a Paradigm Shift to Expedite a Smart, Sustainable Built Environment*. *Buildings*, , διαθέσιμο στο: <https://www.researchgate.net/publication/350596998> (πρόσβαση 10/10/2022)
- Stogner, Maggie. (2010). *The Media-enhanced Museum Experience: Debating the use of Media Technology in Cultural Exhibitions*, Curator: The Museum Journal, διαθέσιμο στο: <https://www.researchgate.net/publication/228040602> (πρόσβαση 11/09/2022)
- Tobias, Pavel. (2016). *BIM, GIS and semantic models of cultural heritage buildings*. *Geoinformatics FCE*, διαθέσιμο στο: <https://www.researchgate.net/publication/311547719> (πρόσβαση 18/10/2022)
- Δούνας Θ., Μπουμπάρη Ελ., Ξανθοπούλου Σ., Ηλιάδη Ν., *Επάγγελμα Αρχιτέκτων :: εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα – Η επέκταση της αρχιτεκτονικής πέρα από τη φυσική πραγματικότητα. Η επανάκτηση της Αρχιτεκτονικής ως ρυθμιστικός παράγοντας του περιβάλλοντος*, διαθέσιμο στο: <https://www.academia.edu/543328> (πρόσβαση 19/02/2023)
- Νικονάνου Ν., Μπούνια Α., Φιλιππουπολίτη Α., Χουρμουζιάδη Α., Γιαννούτσου Ν., (2015). *Μουσειακή μάθηση και εμπειρία στον 21ο αιώνα*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα, Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/712> (πρόσβαση 19/10/2022)

[Άρθρα/Δοκίμια]

- Bruno S., Fatiguso F., (2018), *“Building conditions assessment of built heritage in historic building information modeling”*. *International Journal of Sustainable Development and Planning*. 13. pp.36-48. January 2018
- Alletto S., Cucchiara R., Del Fiore G., Mainetti L. Patrono L., Serra G. (2016), *“An Indoor Location-Aware System for an IoT-Based Smart Museum”*. *IEEE Internet of Things Journal*. 3. April 2016
- Barlish K., Sullivan K., , (2012), *“How to measure the benefits of BIM—a case study approach”*, *Automation in Construction*, vol. 24, pp. 149–159
- Chung N., Lee H., Kim J., Koo C.. (2017), *“The Role of Augmented Reality for Experience-Influenced Environments: The Case of Cultural Heritage Tourism in Korea”*. *Journal of Travel Research*. pp. 57.
- Falk, J, Dierking, L. (eds).(1995), *“Public Institutions for Personal Learning; Understanding the Long Term Impact of Museums”*, *American Association of Museums*, Washington, DC

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση

Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –

Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής

- GhaffarianHoseini A., Zhang T., Nwadigo O., Naismith N., Tookey J., Raahemifar K., (2017), “*Application of nD BIM Integrated Knowledge-based Building Management System (BIM-IKBMS) for inspecting post-construction energy efficiency*”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 72, pp. 935-949
- Giuseppina Scavuzzo, “*Architecture and narration: the architects as storyteller?*”, *FAMagazine Research and projects on architecture and the city*. Publisher: Festival Architettura Edizioni, Parma, Italia ISSN: 2039-0491. Editorial office, pp. 8-16
- Lary D., Alavi A., Gandomi A., Walker A.. (2016) “*Machine learning in geosciences and remote sensing*”. *Geoscience Frontiers*, Volume 7, Issue 1, p.p. 3-10.
- Ma X., Xiong F., Olawumi T., Dong N., Chan A. (2018). “*Conceptual Framework and Roadmap Approach for Integrating BIM into Lifecycle Project Management*”, *Journal of Management in Engineering*. 34. 1-10.
- Macdonald S. (2007), “*Interconnecting: museum visiting and exhibition design*”, *CoDesign*, 3:1, 149/162, <https://www.york.ac.uk/media/sociology/interconnecting.pdf> (πρόσβαση 15/3/2022)
- Manovich, Lev. (2016), “*The Science of Culture? Social Computing, Digital Humanities and Cultural Analytics.*” *Journal of Cultural Analytics* 1, <https://doi.org/10.22148/16.004>. (πρόσβαση 15/9/2022)
- Milgram P., Kishino F., (1994), “*A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays.*” *IEICE Trans. Information Systems*. vol. E77-D, no. 12. pp. 1321-1329.
- Milgram P., Takemura H., Utsumi A., and Kishino F., (1995), “*Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum*”. Hari Das, *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, volume 2351, pp.282 – 292. International Society for Optics and Photonics.
- Murphy M., MCGovern E., Pavia S.. (2013). “*Historic Building Information Modelling - Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture.*” *International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*.
- Namli E., Isikdag U., Kocakaya M.. (2019). “*Building Information Management (BIM), A New Approach to Project Management*”. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*. 4. pp. 323-332.
- Osello An., Lucibello Gr., Morgagni Fr. (2018). “*HBIM and Virtual Tools: A New Chance to Preserve Architectural Heritage*”. *Buildings*. 8. Βλ. https://www.researchgate.net/publication/322640044_HBIM_and_Virtual_Tools_A_New_Chance_to_Preserve_Architectural_Heritage
- Osseiran A., Monserrat J., Marsch P., (2016), “*5G mobile and wireless communications technology*”. Cambridge University Press.
- Slater, M., Wilbur, S.. (1997) “*A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments.*” *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6, 603-616., <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>
- Sorin Adam Matei. (2005) “*From Counterculture to Cyberculture: Virtual Community Discourse and the Dilemma of Modernity.*” *Journal of Computer-Mediated Communication, Volume 10, Issue 3*.
- Stober D., Žarnić R., Penava D., Turkalj P., Virgej-Đurašević R. (2018), “*Application of HBIM as a Research Tool for Historical Building Assessment*”. *Civil Engineering Journal*. 4. 1565.
- Ανδριωτάκης Μ., (2022), «Metaverse από το Α ως το Ω», εφημερίδα ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ, <https://www.kathimerini.gr/k/k-magazine/561853582/metaverse-apo-to-a-eos-to-o/> (πρόσβαση 05/3/2023)
- Τσακαλίδου Β., (Ιούλιος- Αύγουστος 2023), «Ο αρχιτέκτονας ως αφηγητής, νέες τάσεις στον εκθεσιακό σχεδιασμό», *Περιοδικό ΚΤΙΠΙΟ- Architecture*, ΚΤΙΠΙΟ ΕΚΔΟΣΕΙΣ Ι.Κ.Ε., τεύχος 7, No 346, 46/52
- Ψυχογιού Δ., (2010), «Υβριδικά περιβάλλοντα ως εργαλεία διαχείρισης της επισκεψιμότητας», *Αρχιτέκτονες*, Ψηφιακές χωρικές επεκτάσεις, ΣΑΔΑΣ-ΠΕΑ, Τεύχος 81, 33/35

[Διατριβές / Εργασίες]

- Murphy, Maurice & Mbeng,. (2012). PhD thesis. “*Historic Building Information Modelling (HBIM). For Recording and Documenting Classical Architecture in Dublin 1700 to 1830*”,

Δημιουργώντας μια αρχιτεκτονική Meta-σύνδεση

Τεχνολογίας, χώρων και ανθρώπων –

Στο meta-μουσείο της Εθνικής Λυρικής Σκηνής

Department of Civil, Structural & Environmental Engineering School of Engineering Trinity College Dublin

▪ Μανδουλίδου Ε. (2014). Διδακτορική διατριβή. «Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός και Νέες τεχνολογίες, από την αναλογική διαδικασία στην ψηφιακή επεξεργασία», Πολυτεχνική Σχολή Ξάνθης, Τμήμα Αρχ. Μηχανικών

[Ιστοσελίδες]

- http://archives.icom.museum/hist_def_eng.html (πρόσβαση 12/11/2022)
- https://ec.europa.eu/assets/clima/our_planet_our_future/el/files/assets/common/downloads/our-planet-our-future_el.pdf (πρόσβαση 12/11/2022)
- <https://builtin.com/design-ux/virtual-world-design-ethics> (πρόσβαση 15/10/2022)
- <https://identity.foundation/didcomm-messaging/spec/> (πρόσβαση 02/06/2022)
- http://archives.icom.museum/hist_def_eng.html (πρόσβαση 05/07/2022)
- <https://metropolismag.com/viewpoints/what-will-our-virtual-reality-be/> (πρόσβαση 23/07/2022)
- <https://metropolismag.com/projects/disrupting-reality-how-vr-is-changing-architecture-present-future/> (πρόσβαση 05/07/2022)
- <https://builtin.com/design-ux/virtual-world-design-ethics> (πρόσβαση 15/06/2022)
- <https://www.dezeen.com/2021/12/21/metaverse-designs-review-2021/> (πρόσβαση 10/12/2021)
- <https://iso.500px.com/museums-galleries-and-alternative-spaces-in-the-metaverse/> (πρόσβαση 02/10/2022)
- <https://fortune.com/2022/04/28/museums-history-gamification-nfts-metaverse-tech-art-yizan-he/> (πρόσβαση 11/01/2023)
- <https://cuseum.com/blog/2022/3/7/will-museums-cultural-institutions-find-a-place-in-the-metaverse> (πρόσβαση 02/10/2022)
- <https://www.livedesignonline.com/concerts/designing-metaverse-introduction-encore> (πρόσβαση 20/09/2022)
- <https://www.cifs.dk/en> (πρόσβαση 10/12/2021)
- <https://metropolismag.com/viewpoints/a-manifesto-for-the-metaverse/> (πρόσβαση 23/07/2022)
- <https://www.nationalopera.gr/arxeio/eikoniko-mouseio?dt=1693497595906> (πρόσβαση 12/06/2023)
- <https://virtualmuseum.nationalopera.gr/el/eikoniki-ekthesi/> (πρόσβαση 12/06/2023)
- <https://farsight.cifs.dk/how-will-the-metaverse-change-the-future-of-work/> (πρόσβαση 15/01/2023)
- <https://cuseum.com/blog/2022/3/7/will-museums-cultural-institutions-find-a-place-in-the-metaverse> (πρόσβαση 16/02/2023)
- <https://www.athensvoice.gr/epikairoτητα/politiki-oikonomia/761519/h-gyalini-genia-kai-i-gen-z-diekdikoy-n-mellon-toys/> (πρόσβαση 16/02/2023)
- <https://thewild.com/blog/metaverse-aec> (πρόσβαση 18/02/2023)
- <https://www.ericsson.com/en/blog/2022/4/why-metaverse-needs-5g> (πρόσβαση 18/02/2023)
- <https://www.ddg.global/post/bim-model-collaboration-in-metaverse> (πρόσβαση 25/02/2023)