

Χριστίνα-Γεωργία Σεργίδη^{1,2}, Σταυρούλα Πίττα³, Έλενα Διομήδη-Παρπούνα³, Ανδρέας Αριστείδου^{1,2}

¹ Πανεπιστήμιο Κύπρου, ² Ερευνητικό Κέντρο Αριστείας CYENS, ³ Πανεπιστήμιο Κύπρου - Βιβλιοθήκη

1. Εισαγωγή

Παρόλο που υπάρχουν αποδείξεις για την ύπαρξη των βιβλιοθηκών από τον 7ο αιώνα π.Χ., όπως στην περίπτωση της βιβλιοθήκης του Ασσυρμπανιπάλ [1], πρόσφατα ο ρόλος τους ως κύρια πηγή πληροφοριών άρχισε να υποχωρεί [2]. Κύριος λόγος για αυτή τη μείωση της επισκεψιμότητας των βιβλιοθηκών είναι το διαδικτυό, το οποίο έχει ανατρέψει τον τρόπο πρόσβασης και διανομής πληροφοριών, επιτρέποντας την εξ αποστάσεως διάθεση αρχείων. Οι βιβλιοθήκες έχουν προσαρμοστεί ψηφιακά για να παραμείνουν κέντρα δομημένης πληροφορίας, αλλά η ψηφιακή πρόσβαση δεν αντικαθιστά τον ρόλο τους ως κοινοτικά κέντρα γνώσης και χώρους κοινωνικής αλληλεπίδρασης [3]. Σε αυτό το πλαίσιο, οι βιβλιοθήκες πρέπει να εξετάσουν τη χρήση εκπαιδευτικών εργαλείων εικονικής πραγματικότητας, προκειμένου να παραμείνουν σύγχρονες και προσαρμοσμένες στις τεχνολογικές εξελίξεις, στοχεύοντας στη δημιουργία ενός κοινωνικού, δυναμικού χώρου όπου οι άνθρωποι μπορούν να συναντώνται, να συνεργάζονται, να συζητούν και να ανταλλάσσουν ιδέες, απόψεις και πληροφορίες.

Η Εικονική Πραγματικότητα είναι μια αναδυόμενη τεχνολογία που επιτρέπει στους ανθρώπους να ζήσουν και να αλληλοεπιδράσουν σε τεχνητούς κόσμους με έναν υψηλό βαθμό βύθισης και ενσωμάτωσης [4]. Οι πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία έχουν εισάγει ρεαλιστικές και επαυξημένες εμπειρίες· οι σημαντικές τεχνολογικές βελτιώσεις επιτρέπουν στους ανθρώπους να οπτικοποιήσουν 3διάστατες (3D) σκηνές με εντυπωσιακή σαφήνεια και ρεαλισμό. Ταυτόχρονα, την τελευταία δεκαετία, τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας (ΕΠ) έχουν γίνει πιο προσιτά λόγω της σημαντικής μείωσης του κόστους, των μεγάλων εξελίξεων στα γραφικά, και της εκθετικής αύξησης της υπολογιστικής ισχύος των υπολογιστών [5], καθιστώντας ευκολότερη την πρόσβαση σε χρήστες από στο σπίτι.

Όλο και περισσότεροι άνθρωποι, ειδικά οι νεότερης γενιάς, έχουν εξοικειωθεί με τις εφαρμογές Εικονικής Πραγματικότητας, οι οποίες χρησιμοποιούνται ήδη τόσο για εκπαιδευτικούς όσο και για ψυχαγωγικούς σκοπούς [6]. Οι βιβλιοθήκες, συνεπώς, θα πρέπει να ενισχύσουν τις υφιστάμενες υπηρεσίες τους μέσα στο πλαίσιο ενός εικονικού κόσμου, προκειμένου να παραμείνουν ενήμερες με τις τρέχουσες τεχνολογικές τάσεις και να συμμετάσχουν ενεργά σε αυτήν την εικονική επανάσταση. Καθώς το Μετασύμπαν - ένας διαδικτυακός κόσμος που αλληλεπιδρά με τον φυσικό κόσμο και συνδυάζει την φυσική πραγματικότητα με την ψηφιακή εικονικότητα [7] - συμμετέχει όλο και πιο πολύ στην ζωή μας, αναμένεται μια επαναστατική αλλαγή στη γενική κατανόηση της εκπαίδευσης και των κοινωνικών σχέσεων. Η ανάπτυξη εκπαιδευτικών εργαλείων στην ΕΠ προσφέρει σημαντικά οφέλη στη διαδικασία μάθησης για άτομα με διάφορες αναπηρίες, σε σύγκριση με τις πιο παραδοσιακές μεθόδους. Πιστεύεται ότι η σχεδίαση και ανάπτυξη μιας εικονικής βιβλιοθήκης στο πλαίσιο του Μετασύμπαντος μπορεί να αποτελέσει το κέντρο γνώσεων και πληροφορίας που απαιτεί η σύγχρονη κοινωνία.

Το πρώτο βήμα σε οποιοδήποτε εικονικό περιβάλλον είναι η σχεδίαση και ανάπτυξη μιας εικονικής πλατφόρμας, όπου οι χρήστες μπορούν να συνδεθούν και να αλληλεπιδράσουν μέσω μιας Γραφικής Διεπαφής Χρήστη (GUI) ή ενός εικονικού πράκτορα. Δεδομένου ότι πολλές βιβλιοθήκες συνδέονται με την αρχιτεκτονική ιστορία του κτιρίου στο οποίο βρίσκονται, θα χρησιμοποιήσουμε την έννοια του "ψηφιακού διδύμου" [8], με απώτερο σκοπό να εξασφαλίσουμε το φυσικό ρεαλισμό της βιβλιοθήκης, αλλά και στη διατήρησή της αρχιτεκτονικής ιδιαιτερότητας του κτιρίου της.

Σε αυτή την εργασία, διερευνώνται οι ανάγκες και οι προσδοκίες των χρηστών στο πλαίσιο της ανάπτυξης μιας εικονικής βιβλιοθήκης, όπως η περίπτωση της Δημοτικής Πανεπιστημιακής Βιβλιοθήκης Λεμεσού. Πιο συγκεκριμένα, σκοπός μας είναι να εξετάσαμε τους λόγους που κινητοποιούν τους ανθρώπους να επισκέπτονται από κοντά μια βιβλιοθήκη, τη συχνότητα με την οποία επισκέπτονται πόρους της βιβλιοθήκης, είτε σε φυσική είτε διαδικτυακή μορφή, καθώς και το βαθμό ικανοποίησής τους από τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Αυτή η έρευνα εστίασε επίσης στην εξοικείωση και εμπειρία του χρήστη σε περιβάλλοντα ΕΠ και στις προσδοκίες του όσον αφορά τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη μιας εικονικής βιβλιοθήκης. Στόχος μας ήταν να δημιουργηθεί το προφίλ ενός πιθανού χρήστη, λαμβάνοντας υπόψη πληροφορίες όπως η μόρφωση και η εμπειρία του στον κόσμο της ΕΠ. Καταγράφηκαν διάφορες υπηρεσίες που οι χρήστες θεωρούν απαραίτητες, και δημιουργήθηκε μια εικονική αντιστοιχία της βιβλιοθήκης, παρουσιάζοντας πέντε σενάρια χρήσης. Με αυτόν τον τρόπο, οι χρήστες μπορούσαν να εξερευνήσουν αυτή την αναδυόμενη τεχνολογία και να παρατηρήσουν τις δυνητικές χρήσεις της ως εκπαιδευτικό και κοινωνικό εργαλείο. Στο τέλος αξιολογήσαμε τη λειτουργικότητα, χρηστικότητα, και αποτελεσματικότητά της εικονικής βιβλιοθήκης, καθώς επίσης και το επίπεδο εμπύθισης, ρεαλισμού, και ικανοποίησης του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας μας επιβεβαίωσε ότι οι παραπάνω λειτουργίες επιτεύχθηκαν αποτελεσματικά. Κατέστη επίσης σαφές ότι οι συμμετέχοντες βιώνουν συμπεριφορές που είναι παρόμοιες με αυτές που βιώνουν στις φυσικές βιβλιοθήκες, όπως την αίσθηση κοινωνικότητας ή παρουσίας. Συνεπώς, οι εικονικές βιβλιοθήκες μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτικές λύσεις στις φυσικές βιβλιοθήκες για τη διάδοση ακαδημαϊκών πληροφοριών, συμβάλλοντας έτσι στην αναζωογόνηση του ρόλου των βιβλιοθηκών ως κύριος χώρος κοινωνικής συνάντησης.

2. Αντιληπτική μελέτη των χρηστών

Είναι αδιαμφισβήτητο ότι η φυσική βιβλιοθήκη βρίσκεται σε μια κρίσιμη στιγμή ψηφιακής εξέλιξης και αναδιάρθρωσης, αντιμετωπίζοντας ένα αβέβαιο μέλλον στο πλαίσιο της ψηφιακής επανάστασης. Σε αυτή την έρευνα, συλλέξαμε δεδομένα από 79 συμμετέχοντες με σκοπό να κατανοήσουμε τη χρήση της βιβλιοθήκης και τις απόψεις τους σχετικά με αυτήν. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν το γεγονός ότι η πλειονότητα των συμμετεχόντων επισκέπτεται σπάνια τη βιβλιοθήκη, με τους φοιτητές να αποτελούν την κυρίαρχη κατηγορία επισκεπτών. Οι περιορισμοί στον χρόνο και στις μετακινήσεις αποτρέπουν τις συχνές επισκέψεις, ενώ η ιστοσελίδα της βιβλιοθήκης έχει γίνει μια εναλλακτική αλλά χρήσιμη πηγή πληροφοριών. Επιπλέον, η έρευνά μας αποκάλυψε ότι πολλές υπηρεσίες της βιβλιοθήκης χρησιμοποιούνται ελάχιστα ή και καθόλου, κυρίως λόγω της ανεπαρκούς ενημέρωσης των επισκεπτών σχετικά με τη διαθεσιμότητά τους.

Η έρευνά μας εξέτασε επίσης το βαθμό εξοικείωσης των συμμετεχόντων, οι οποίοι προέρχονται από διάφορα εκπαιδευτικά και επαγγελματικά υπόβαθρα, με την τεχνολογία της ΕΠ. Επιπλέον, εξετάσαμε αν υπάρχει ενδιαφέρον για επίσκεψη σε εικονικές βιβλιοθήκες. Ο απώτερος σκοπός μας ήταν να δημιουργήσουμε το προφίλ του πιθανού χρήστη της εικονικής βιβλιοθήκης. Παρόλο που η πλειονότητα δεν έχει πρόσβαση σε εξοπλισμό ΕΠ, παρατηρήσαμε μια αυξανόμενη τάση ενδιαφέροντος προς αυτή την τεχνολογία. Οι συμμετέχοντες εξέφρασαν ενδιαφέρον για τις παρεχόμενες υπηρεσίες μιας πιθανής εικονικής βιβλιοθήκης, όπως την αναζήτηση περιεχομένου, την παρακολούθηση και οργάνωση εικονικών σεμιναρίων, συναντήσεις και συζητήσεις με μέντορες, καθώς και εικονικές περιηγήσεις στο χώρο της βιβλιοθήκης. Αυτά τα ευρήματα έδωσαν την ώθηση για τη δημιουργία πέντε πιθανών σεναρίων μιας εικονικής βιβλιοθήκης.

Η μελέτη μας αποκάλυψε επίσης ότι η εμπειρία σε ΕΠ, η οπτική ακρίβεια, ο ρεαλισμός και η κοινωνική αλληλεπίδραση αποτελούν βασικά στοιχεία για την ελκυστικότητα στους χρήστες. Καταγράψαμε ενδιαφέρουσες προτάσεις από τους χρήστες, όπως τη δημιουργία ψηφιακών χαρακτήρων που θα συμμετέχουν και θα αλληλοεπιδρούν στην εικονική περιήγηση, εικονικές αναπαραστάσεις των συγγραφέων με σκοπό να εξηγούν το έργο τους μέσω ολοκληρωμένων απεικονίσεων και εικονική αφήγηση με "μετάβαση" στον κόσμο των βιβλίων, καθώς επίσης και εικονικά πάρτι. Επιπλέον, συζητήσαμε τη δυνατότητα συνδυασμού εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας, καθώς και άλλα χαρακτηριστικά που δεν θα μπορούσαν να υλοποιηθούν σε μη ψηφιακά περιβάλλοντα.

3. Τρισδιάστατη ανακατασκευή

Η βιβλιοθήκη του Δήμου Λεμεσού (1945), η οποία αρχικά ήταν εγκαταστημένη στην κεντρική αίθουσα του Δημοτικού Μεγάρου, μεταφέρθηκε στο Αρχοντικό Πηλαβάκη στις αρχές της δεκαετίας του 1970, το οποίο αποτελεί ένα εμβληματικό σημείο αναφοράς της πόλης, το αρχιτεκτονικό ύψος του οποίου θυμίζει γνωστό καζίνο στο Μονακό. Οι πρώτες προσπάθειες ψηφιοποίησης της Δημοτικής Πανεπιστημιακής Βιβλιοθήκης Λεμεσού περιλάμβαναν εικονικές περιηγήσεις 360 μοιρών και χάρτες, παρέχοντας μια τρισδιάστατη επίσκεψη χωρίς, ωστόσο, τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με τις υπηρεσίες της βιβλιοθήκης.

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, δημιουργήσαμε μια τρισδιάστατη εικονική αναπαράσταση της βιβλιοθήκης προκειμένου να την ενσωματώσουμε σε τρισδιάστατες εικονικές πλατφόρμες όπως το Μετασύμπαν. Για την τρισδιάστατη ανακατασκευή του κτιρίου, χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικές μέθοδοι. Η εξωτερική ανακατασκευή του κτιρίου πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Structure From Motion (SfM), η οποία είναι γνωστή και ως φωτογραμμετρία [9]. Κατά αυτόν τον τρόπο, οι τρισδιάστατες συντεταγμένες διαφόρων σημείων στην ψηφιακή επιφάνεια ενός αντικειμένου υπολογίζονται βάσει επικαλυπτόμενων φωτογραφιών και, σε συνδυασμό με πληροφορίες για τη θέση και τον προσανατολισμό της φωτογραφικής μηχανής, καθιστούν δυνατή την τρισδιάστατη ανακατασκευή του αντικειμένου/κτιρίου. Στην περίπτωση μας τραβήξαμε περισσότερες από 1.300 φωτογραφίες με drone και κινητό τηλέφωνο και, στη συνέχεια, επεξεργαστήκαμε αυτές με το λογισμικό "Reality Capture." Από την άλλη, το εσωτερικό του κτιρίου ανακατασκευάστηκε με ακριβή μοντελοποίηση, βασισμένη στα αρχιτεκτονικά σχέδια και τις εικόνες που λήφθηκαν επί τόπου. Σημαντικό είναι να σημειώσουμε ότι κάθε προσπάθεια φωτογραμμετρίας για το εσωτερικό ήταν εξαιρετικά απαιτητική, καθώς υπήρχαν πολλά αντικείμενα στη βιβλιοθήκη περιορίζοντας την ακριβή ανακατασκευή.



Εικόνα 35: Στάδια της 3D ψηφιακής ανακατασκευής του κτιρίου Πηλαβάκη

4. Υλοποίηση και περιπτώσεις χρήσης

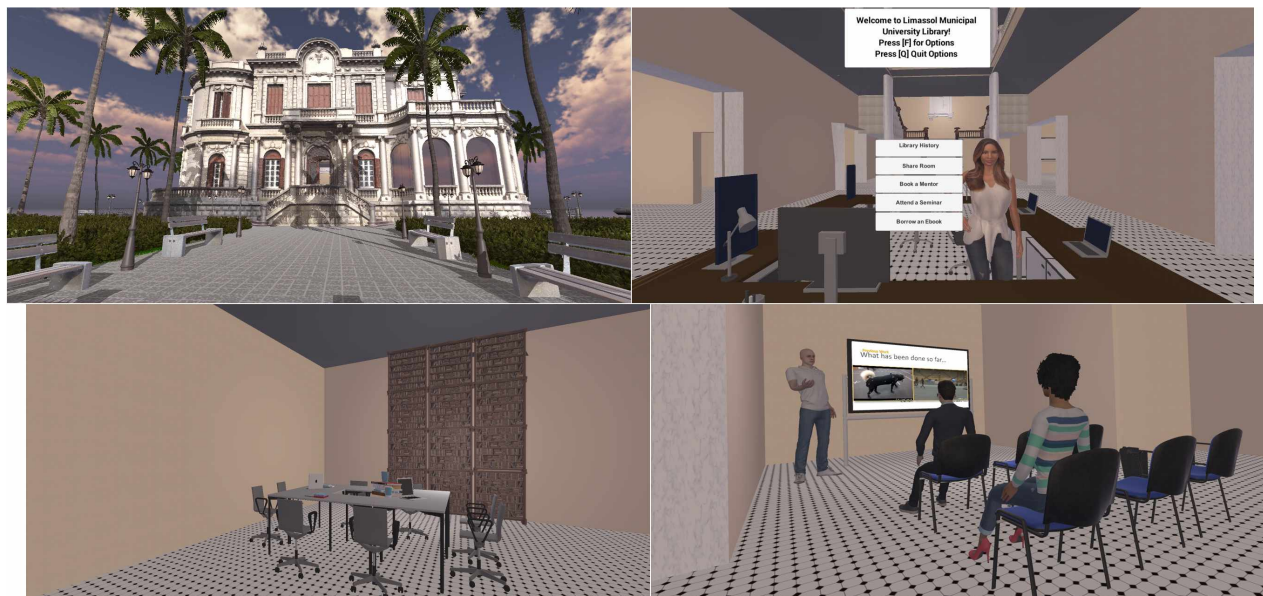
Η εικονική βιβλιοθήκη είναι μια ψηφιακή οντότητα που προσφέρει υπηρεσίες με σκοπό να συμπληρώσει, ενισχύσει ή να επεκτείνει τη εμπειρία χρήσης μιας βιβλιοθήκης μέσω της αλληλεπίδρασης και του πλούσιου περιεχομένου. Ένα από τα κύρια αποτελέσματα αυτής της εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας τέτοιας εικονικής βιβλιοθήκης και των υπηρεσιών της χρησιμοποιώντας το πραγματικό 3D μοντέλο ανακατασκευής του αρχοντικού Πηλαβάκη. Σε αυτή την υλοποίηση λήφθηκαν υπόψη οι παρατηρήσεις και προτάσεις που προέκυψαν από την μελέτη των χρηστών, βοηθώντας στον προσδιορισμό των πέντε βασικών σεναρίων που επιδεικνύουν μια τυπική χρήση της εικονικής βιβλιοθήκης.

Η εικονική βιβλιοθήκη σχεδιάστηκε με σκοπό να αποτελεί ένα δυναμικό, ρεαλιστικό και αυτόνομο περιβάλλον που προσελκύει την προσοχή των επισκεπτών. Για αυτόν τον λόγο, χρησιμοποιήσαμε διάφορα προηγμένα χαρακτηριστικά, προσφέροντας μια εμπλουτισμένη και εντυπωσιακή εμπειρία σε Oculus Quest. Η ενσωμάτωση αυτή λαμβάνει υπόψη παράγοντες όπως το σημείο θέασης, το πεδίο θέασης, καθώς επίσης και την παρακολούθηση της κεφαλής και των χεριών του χρήστη. Η εικονική βιβλιοθήκη ζωντανεύει με την προσθήκη ρεαλιστικών αυτόνομων εικονικών χαρακτήρων, που ο καθένας σχεδιάστηκε λεπτομερώς, συμπεριλαμβανομένων και των κινήσεών του, προκειμένου να διατηρήσει την αυθεντικότητά του. Αυτοί οι αυτόνομοι χαρακτήρες προσδίδουν βάθος και ρεαλισμό στο εικονικό περιβάλλον. Προσθέσαμε επίσης ήχο, ο οποίος παίζει καθοριστικό ρόλο στο βαθμό εμπάθουσας του χρήστη, συμπεριλαμβανομένου του φαινομένου Doppler για τη δημιουργία μιας ρεαλιστικής ακουστικής εμπειρίας. Αυτό προσφέρει στους χρήστες μια βαθιά αίσθηση του χώρου και της κατεύθυνσης στην εικονική βιβλιοθήκη. Τέλος, η αλληλεπίδραση και η ανατροφοδότηση αποτελούν ζωτικά στοιχεία για μια πραγματικά συναρπαστική εικονική εμπειρία. Η υλοποίησή μας χρησιμοποιεί την τεχνική της παρακολούθησης ακτίνας (raycasting) προκειμένου να βοηθήσει τους χρήστες να εντοπίσουν αλληλεπίδραστικά αντικείμενα μέσα στο περιβάλλον. Με χρήση χειριστηρίων επιτρέπεται στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με αυτά τα αντικείμενα και να λαμβάνουν χρήσιμη ανατροφοδότηση.

Βασισμένοι στα ευρήματα της μελέτης μας αναφορικά με τους χρήστες, υλοποιήσαμε τα πέντε πιο κάτω σενάρια χρήσης:

- i. **Εικονική Περιήγηση στη Βιβλιοθήκη:** Οι χρήστες μπορούν να ξεκινήσουν μια ξενάγηση στην εικονική βιβλιοθήκη, γνωρίζοντας τις υπηρεσίες και την ιστορία της. Ένας φιλόξενος αυτόνομος εικονικός βιβλιοθηκάριος τους καλωσορίζει, τους καθοδηγεί και τους επεξηγεί τις διαθέσιμες υπηρεσίες και λειτουργίες.
- ii. **Δανεισμός Βιβλίων:** Προσφέρεται η υπηρεσία δανεισμού βιβλίων που, όπως σε μια πραγματική βιβλιοθήκη, οι χρήστες μπορούν να περιηγηθούν και να επιλέξουν ηλεκτρονικές εκδόσεις βιβλίων προς δανεισμό. Μπορούν να διαβάσουν αυτά τα βιβλία σε ειδικούς εικονικούς χώρους, προωθώντας κοινωνικές αλληλεπιδράσεις παρόμοιες με αυτές σε μια φυσική βιβλιοθήκη.
- iii. **Διοργάνωση και Συμμετοχή σε Εικονικά Σεμινάρια:** Οι χρήστες μπορούν να κλείσουν εικονικούς χώρους σεμιναρίων για διαλέξεις, παρουσιάσεις και μαθήματα. Αυτοί οι χώροι φιλοξενούν μεγάλο ακροατήριο, προσφέροντας μια πιο διαδραστική και εμπλουτισμένη εμπειρία από τις παραδοσιακές πλατφόρμες διαδικτυακών συναντήσεων.

- iv. **Κράτηση Δωματίων για Συναντήσεις:** Οι χρήστες μπορούν να κλείσουν εικονικά δωμάτια συναντήσεων για συνεργατικές δραστηριότητες, ομαδικές συνεδρίες μελέτης ή απλή κοινωνικοποίηση. Η υλοποίηση μας αναπαριστά την ατμόσφαιρα ενός πολυσύχναστου χώρου μελέτης με αυτόνομους εικονικούς χαρακτήρες, και ρεαλιστικούς χώρους.
- v. **Συναντήσεις με Μέντορες:** Η εικονική βιβλιοθήκη παρέχει μια πλατφόρμα για τους χρήστες να κλείσουν συναντήσεις με ειδικούς σε διάφορους τομείς. Αυτοί οι μέντορες προσφέρουν καθοδήγηση και λύσεις που σχετίζονται με τον τομέα ενδιαφέροντος των χρηστών, ενισχύοντας τον εκπαιδευτικό και υποστηρικτικό ρόλο της βιβλιοθήκης.



Εικόνα 36: Η επάνω εικόνας δείχνουν το σημείο έναρξης της εικονικής βιβλιοθήκης στα αριστερά, και τη γραμματεία να υποδέχεται τους χρήστες στα δεξιά, ενώ η κάτω εικόνας δείχνουν το δωμάτιο μελέτης στα αριστερά, και ένα σεμινάριο σε λειτουργία στα δεξιά.

5. Μελέτη αξιολόγησης και συζήτηση

Σε αυτή την μελέτη, ο στόχος μας ήταν να αξιολογήσουμε το εικονικό αντίγραφο της Δημοτικής Πανεπιστημιακής Βιβλιοθήκης Λεμεσού που δημιουργήσαμε, καθώς και τις σχετικές υπηρεσίες της. Η μελέτη είχε ως στόχο να αξιολογήσει τη λειτουργικότητα, τη χρηστικότητα, την εμπύθιση και την ικανοποίηση των χρηστών. Οι συμμετέχοντες φορούσαν γυαλιά εικονικής πραγματικότητας τύπου Oculus Quest και εξερεύνησαν την εικονική βιβλιοθήκη για μια μέση διάρκεια 27,5 λεπτών. Οι κίνδυνοι ήταν ελάχιστοι, καθώς οι συμμετέχοντες περιηγήθηκαν σε έναν ελεγχόμενο χώρο, με ορισμένους χρήστες να αντιμετωπίσουν μικρές δυσφορίες κυρίως λόγω της χρήσης των γυαλιών ΕΠ. Συνολικά, 28 άτομα συμμετείχαν στην αξιολόγηση, με ισόρροπη κατανομή ανάμεσα στα δύο φύλα. Οι περισσότεροι από αυτούς ανήκαν στην ηλικιακή ομάδα 25-34 ετών και είχαν διαφορετικές επαγγελματικές ειδικεύσεις, καθώς και διαφορετικά επίπεδα μόρφωσης. Οι συμμετέχοντες είχαν επίσης διάφορα επίπεδα εξοικείωσης με την τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας, και κάποιοι από αυτούς είχαν εμπειρία από φυσικές βιβλιοθήκες, ενώ άλλοι όχι. Να ενημερώσουμε πως οι συμμετέχοντες παρείχαν την συγκατάθεση τους και συμπλήρωσαν ερωτηματολόγια σχετικά με τα χαρακτηριστικά τους και την κυβερνοναυτία.

Η παρούσα αξιολόγηση διενεργήθηκε με ιδιαίτερη προσοχή με σκοπό να διασφαλιστεί η συλλογή αξιόπιστης ανατροφοδότησης σχετικά με την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής που αναπτύξαμε. Αυτό μας επέτρεψε να εξάγουμε πολύτιμες προτάσεις για μελλοντικές βελτιώσεις. Κατά την αξιολόγηση, προέκυψε ότι η κυβερνοναυτία, ένα διαδεδομένο πρόβλημα σε ΕΠ, αλλά εμφάνισε μικρότερη επίδραση στους έμπειρους χρήστες. Παρατηρήθηκε επίσης πως όλα τα συμπτώματα της κυβερνοναυτίας αυξήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος, ενώ η οπτική

κόπωση μειώθηκε, πιθανόν λόγω της βαθιάς εμπύθισης και της συνεχούς επίβλεψης των χρηστών. Αυτό υποδηλώνει ότι η τεχνολογία ΕΠ διατηρεί το ενδιαφέρον των χρηστών και ελαχιστοποιεί την κόπωση, επιτρέποντας άνετη χρήση για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Επιπλέον, η έρευνά μας ανέδειξε το υψηλό επίπεδο ικανοποίησης των χρηστών όσον αφορά τη χρηστικότητα και τη λειτουργικότητα των υπηρεσιών που παρέχονται, καθώς και έντονη αίσθηση παρουσίας μεταξύ των εμπειρών χρηστών ΕΠ. Αυτό υποδηλώνει ότι η εικονική βιβλιοθήκη που αναπτύξαμε δημιουργεί ένα ρεαλιστικό περιβάλλον, όπου οι χρήστες αλληλεπιδρούν φυσικά, παρόμοια με την εμπειρία σε μια φυσική βιβλιοθήκη.

Η αξιολόγηση της απόδοσης, της λειτουργικότητας και του ρεαλισμού της εικονικής μας βιβλιοθήκης ήταν ιδιαίτερα θετική, ενισχύοντας τις αρχικές υποθέσεις της μελέτης. Συγκεκριμένα, η ύπαρξη ενός εικονικού αντίγραφου δείχνει να αναζωογονεί τον ρόλο της βιβλιοθήκης ως κέντρο συλλογής, πρόσβασης και διάδοσης πληροφοριών και επιστημονικής έρευνας. Οι χρήστες με εμπειρία σε φυσικές βιβλιοθήκες, καθώς επίσης και το προσωπικό της βιβλιοθήκης, υποστήριξαν και ενίσχυσαν τις παραδοχές της μελέτης. Συνολικά, οι συμμετέχοντες εξέφρασαν την προθυμία και επιθυμία τους να χρησιμοποιήσουν τις υπηρεσίες της βιβλιοθήκης σε ΕΠ στο μέλλον, υπογραμμίζοντας τη δυναμική αυτής της τεχνολογίας στη βελτίωση της βιβλιοθηκαρικής εμπειρίας. Περισσότερες πληροφορίες αναφορικά με τις υπό διερεύνηση υποθέσεις, τα ερωτηματολόγια και την ανάλυση της αξιολόγησης μπορείτε να βρείτε στο [10].

6. Επίλογος και συμπεράσματα

Σε αυτή τη μελέτη, αναπτύξαμε μια τρισδιάστατη εικονική βιβλιοθήκη, θέλοντας να θέσουμε τα θεμέλια για τη μελλοντική υλοποίηση βιβλιοθηκών σε εικονικά περιβάλλοντα ή μετασύμπαντα. Πραγματοποιήσαμε μια διερευνητική μελέτη με σκοπό να αναδείξουμε τους περιορισμούς των φυσικών βιβλιοθηκών και να επισημάνουμε γιατί δεν είναι πλέον η προτιμώμενη επιλογή, τόσο για την μελέτη, όσο και για τις κοινωνικές δραστηριότητες των χρηστών. Δημιουργήσαμε το προφίλ των πιθανών χρηστών της εικονικής βιβλιοθήκης και ανακατασκευάσαμε τη Δημοτική Πανεπιστημιακή Βιβλιοθήκη της Λεμεσού ως ψηφιακό δίδυμο. Η μελέτη ανέδειξε την υπαρκτή ανάγκη για αναβάθμιση των βιβλιοθηκών ώστε να προσαρμοστούν στις σύγχρονες τάσεις της εικονικής εποχής. Βασιζόμενοι στα αποτελέσματα της έρευνας, υλοποιήσαμε πέντε βασικά σενάρια υπηρεσιών εικονικής βιβλιοθήκης. Οι αξιολογήσεις των χρηστών που λάβαμε επιβεβαίωσαν την υψηλή ικανοποίηση τους από τις παρεχόμενες υπηρεσίες, και την επιθυμία τους για μελλοντική εφαρμογή μιας αντίστοιχης, ολοκληρωμένης εικονικής βιβλιοθήκης.

6.1. Περιορισμοί

Σε αυτή την εργασία χρησιμοποιήσαμε δύο διαφορετικές μεθοδολογίες για τον σχεδιασμό του εξωτερικού και του εσωτερικού μέρους της εικονικής βιβλιοθήκης. Ενώ το εξωτερικό σαρώθηκε και ανακατασκευάστηκε με χρήση φωτογραμμετρίας με σκοπό να πετύχουμε υψηλό ρεαλισμό, το εσωτερικό μοντελοποιήθηκε, με αποτέλεσμα να έχουμε μειωμένο επίπεδο λεπτομερειών, ειδικά σε μικρά αντικείμενα όπως τα βιβλία. Η διαδικασία 3D ανακατασκευής με χρήση φωτογραμμετρίας απαιτεί πολλούς πόρους και σημαντικό χρόνο για μετεπεξεργασία. Επιπλέον, στη μελέτη μας διαφάνηκε η περιορισμένη πρόσβαση των χρηστών σε γυαλιά εικονικής πραγματικότητας, ιδίως σε τομείς όπως οι κοινωνικές επιστήμες, εγείροντας ανησυχίες για το αν οι εικονικές βιβλιοθήκες, με τα σημερινά δεδομένα, μπορούν να λειτουργήσουν ως κοινωνικά κέντρα συγκέντρωσης και ανταλλαγής απόψεων για ερευνητές και ακαδημαϊκούς.

6.2. Προτάσεις για βελτίωση

Κατά τη διάρκεια της μελέτης μας, έχουμε αναδείξει ορισμένες σημαντικές προτάσεις για τη βελτίωση της εμπειρίας χρήσης των εικονικών βιβλιοθηκών. Οι βιβλιοθήκες πρέπει να συνεχίσουν να εξελίσσονται τεχνολογικά, να παρέχουν εκπαίδευση τόσο στο προσωπικό τους, όσο και στο ευρύ κοινό, σχετικά με τις αναδυόμενες τεχνολογίες και να παρέχουν εξοπλισμό ΕΠ στους χρήστες. Επίσης, έχει αναδειχθεί η ουσιώδης

ανάγκη για εκπαίδευση του προσωπικού στην τεχνολογία ΕΠ, κάτι που φαίνεται να είναι δύσκολο για μικρές ή ανεπαρκώς χρηματοδοτούμενες βιβλιοθήκες. Η ενσωμάτωση φωτορεαλιστικών χαρακτήρων για τους εικονικούς μέντορες, καθώς και των υπόλοιπων αυτόνομων χαρακτήρων, αναμένεται να βελτιώσει την αλληλεπίδραση των χρηστών. Δυστυχώς, μέχρι σήμερα, η συμβατότητα μεταξύ διάφορων λογισμικών συστημάτων και συσκευών παραμένει μια ανοικτή πρόκληση στον τομέα της τεχνολογίας. Η δημιουργία ενός προσιτού εικονικού περιβάλλοντος που μπορεί να φιλοξενήσει πολλούς χρήστες και η ενσωμάτωση οπτικών βοηθημάτων για εμπλουτισμό στην εμπειρία ανάγνωσης βιβλίων, αποτελούν αναμφίβολα κρίσιμα βήματα προς την μελλοντική ανάπτυξη των εικονικών βιβλιοθηκών.

Βιβλιογραφία

ancient Archives and Archival Traditions: Concepts of Record-keeping in the Ancient
rd University Press, 2003.

lundunson και A. Vårheim, «How do public libraries function as meeting places?,»
Information Science Research, τόμ. 32, αρ. 1, pp. 16-26, 2010.

Using virtual and augmented reality in the library,» *New Library World*, τόμ. 116, αρ.
796-799, 2015.

n και R. P. McMahan, «Virtual Reality: How Much Immersion Is Enough?,» *Computer*,
. 7, pp. 36-43, 2007.

Immersion and the illusion of presence in virtual reality,» *British Journal of*
. τόμ. 109, αρ. 3, pp. 431-433, 2018.

J. McKechnie, E. Edgerton και C. Wilson, «Immersive virtual reality as a pedagogical
education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and
ial design,» *Journal of Computers in Education*, τόμ. 8, αρ. 1, pp. 1-32, 2021.

i, «Metaverse,» *Encycl.*, τόμ. 2, αρ. 1, pp. 486-497, 2022.

«Digital Twins: The Convergence of Multimedia Technologies,» *IEEE MultiMedia*,
. 2, pp. 87-92, 2018.

l. Voroninski, R. Basri και A. Singer, «A survey of structure from motion,» *Acta*
τόμ. 26, pp. 305-364, 2017.

es, G. Christoforides, N. Iakovides και A. Aristidou, «Night at the Library: Bringing life
tual twin library,» *Virtual Reality*, τόμ. Submitted, 2023.

«Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication,» *White*
1, pp. 1-7, 2014.