



e-ΧΝΗΛΑΤΗΣ

εξυπνη ΧωροχροΝικΗ ολοκλήρωση περιβαλλοντικών πολιΤιστικών και
τουριστικών διαδρομών περιήγΗΣης
«ΕΡΕΥΝΩ – ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ – ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ»

Π2.6

Αναζήτηση και Ανάκτηση 3Δ Αντικειμένων- Έκθεση v.1

Επίπεδο διάδοσης:	<Δημόσιο >
Ημερομηνία παράδοσης σύμφωνα με το έργο:	Μήνας 12, 31/8/2019
Πραγματική ημερομηνία παράδοσης:	Μήνας 14, 31/10/2019
Ενότητα εργασίας:	ΕΕ2 Ανάπτυξη τεχνολογιών χωρο-χρονικής διασύνδεσης πολλαπλών χώρων και γεγονότων περιβαλλοντικού, πολιτιστικού και τουριστικού ενδιαφέροντος
Υποενότητα:	ΥΕ2.4 Επιλογή και ανάπτυξη αλγορίθμων αναζήτησης και ανάκτησης 3Δ αντικειμένων
Είδος:	Έκθεση + Λογισμικό
Κατάσταση έγκρισης:	< Εγκεκριμένο >

Έκδοση:	1
Αριθμός σελίδων:	38
Όνομα αρχείου:	P2.6. Object_Retrieval_v1.doc

Περίληψη

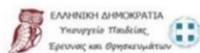
Στην αναφορά αυτή περιγράφονται οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για την αναγνώριση και ανάκτηση των 3D αντικειμένων (που αφορά κυρίως σε μουσειακά αντικείμενα του δικτύου του ΠΙΟΠ και μοντέλα κτιρίων για χρήση σε εξωτερικό χώρο), ως μέρος της εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας που συνοδεύει την πλατφόρμα e-ΧΝΗΛΑΤΗΣ. Μέρος του παραδοτέου αφιερώνεται στην περιγραφή του περιεχομένου των 3D αντικειμένων, του τρόπου δημιουργίας αυτού, της μετατροπής του σε μορφότυπα κατάλληλα για την εφαρμογή σε φορητές συσκευές (π.χ. tablet) και τέλος την προβολή αυτών ως εικονικά (virtual) αντικείμενα πάνω από σκηνές του πραγματικό κόσμου (περιβάλλον μουσείων και εξωτερικοί χώροι). Επεξηγούνται επίσης οι τεχνικές αναγνώρισης της θέσης του χρήστη μέσα στο χώρο με τη χρήση marker και markerless προσεγγίσεων.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο
Περιφερειακής Ανάπτυξης



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΠΙΛ & ΤΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΑΝΕΚ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Υπουργείο Παιδείας,
Ερευνας και Θρησκευμάτων



ΓΓΕΤ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΥΔΕ
ΕΤΟΚ



ΕΠΑΝΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



ΕΣΠΑ
2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Ιστορικό

Έκδοση	Ημερομηνία	Αιτιολογία	Αναθεωρήθηκε από	Εγκρίθηκε από
0.1	22/9/2019	Μια πρώτη έκδοση τεχνικών αναγνώρισης και προβολής αντικειμένων σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους	Κωνσταντίνος Βότης	Κωνσταντίνος Βότης
05	30/10/2019	Ολοκλήρωση τεχνικής περιγραφής	Αθανάσιος Πατενίδης, Ειρήνη Μητσοπούλου	Κωνσταντίνος Βότης
1.0	31/10/2019	Τελική έκδοση	Αθανάσιος Πατενίδης, Ειρήνη Μητσοπούλου	Κωνσταντίνος Βότης

Λίστα συγγραφέων

Οργανισμός	Όνομα	Στοιχεία επικοινωνίας
ΕΚΕΤΑ	Πατενίδης Αθανάσιος	apatenidis@iti.gr
ΕΚΕΤΑ	Μητσοπούλου Ειρήνη	emitsopou@iti.gr

Περίληψη κυριοτέρων σημείων

Στόχος της υποενότητας εργασίας 2.6 είναι ο χειρισμός των 3D αντικειμένων που θα χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια των εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας. Αυτό ξεκινάει με τη δημιουργία των 3D αντικειμένων, είτε από την αρχή (from scratch) με τη χρήση εφαρμογών 3D σχεδιασμού (όπως π.χ. Sketchup, Blender 3D, κτλ.), είτε με την ανεύρεση κάποιων βασικών μοντέλων μέσα από βιβλιοθήκες 3D αντικειμένων ανοιχτής πρόσβης όπως είναι το Google Warehouse. Πάνω σε αυτά τα βασικά μοντέλα εφαρμόζονται τεχνικές βελτιστοποίησης (π.χ. μορφοποίησης σχήματος ή βελτίωση γραφικών στοιχείων όπως textures) και επίσης μείωσης του συνολικού αριθμού των εδρών προκειμένου να επιτευχθεί ένα αποτέλεσμα που δεν θα καταναλώνει υπερβολικούς πόρους από το σύστημα.

Στη συνέχεια, ο χειρισμός των 3D αντικειμένων περιλαμβάνει την ανίχνευση των αντικειμένων που βρίσκονται είτε σε εσωτερικούς χώρους (π.χ. μουσεία και γκαλερί), είτε σε ανοιχτούς χώρους όπως αρχαιολογικοί χώροι, παραδοσιακοί οικισμοί, κτλ. Η ανίχνευση σε **ανοιχτούς χώρους** είναι ένα πρόβλημα που αφορά την χρήση δεδομένων GPS και γυροσκοπίου προκειμένου να αναγνωριστεί προς τα που κοιτάει ο χρήστης προκειμένου να προβληθεί το κατάλληλο περιεχόμενο μέσα από την εφαρμογή AR. Αντίθετα, σε κλειστούς χώρους που τα δεδομένα GPS δεν είναι διαθέσιμα, το πρόβλημα της αναγνώρισης αντιμετωπίζεται με εναλλακτικούς συνδυαστικούς τρόπους όπως printed markers δίπλα σε εκθέματα και χρήση τμήματος των εκθεμάτων ως marker.

Το υλικό του παραδοτέου Π2.3.1 θα χρησιμοποιηθεί κυρίως από τις δραστηριότητες της ΥΕ2.5 (Ανάπτυξη συστήματος παροχής εξατομικευμένης περιήγησης με χρήση Επαυξημένης Πραγματικότητας), και αφορά κυρίως την επιλογή και προβολή των κατάλληλων 3D αντικειμένων για την προσωποποιημένη πλοήγηση του χρήστη μέσα σε χώρους/διαδρομές πολιτισμού.

Συντομογραφίες και ακρωνύμια

3Δ	Τρισδιάστατος
ΑΜΕΑ	Άτομα Με Ειδικές Ανάγκες
Εξ.	Εξίσωση
AR	Augmented Reality
B2B	Business to Business
CAMAR	Context-Aware Mobile Augmented Reality
CART	Classification And Regression Tree
CSS	Cascading Style Sheet
GPS	Global Positioning System
LOD	Level Of Detail
Max	Maximum
Min	Minimum
OS	Operating System
POI	Point/Place of Interest
Trunc	Truncate
UI	User Interface
UX	User Experience
V.I.P.	Very Important Person
VR	Virtual Reality

Πίνακας περιεχομένων

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
2	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ 3Δ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ.....	8
2.1	Υφή.....	8
2.2	Συμπληρωματικά/βοηθητικά αντικείμενα	9
3	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΠΑΓΧΗΜΕΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	10
3.1	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	11
3.1.1	Τεχνικές Αναγνώρισης 3Δ Αντικειμένων	12
3.1.2	Εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας σε Μουσειακούς Χώρους.....	14
3.2	Αναζήτηση και Ανάκτηση 3Δ Αντικειμένων	18
3.3	Αντικείμενα εξωτερικού χώρου.....	23
3.3.1	Σύντομη περιγραφή για google warehouse	23
3.3.2	Πως γίνεται το spawn στον χάρτη από το marbox	23
3.3.3	Μετατροπή των συντεταγμένων του φυσικού κόσμου σε συντεταγμένες της σκηνής ΕΠ 24	
3.4	Συμπληρωματικά στοιχεία	27
3.5	Η Γενική Δομή του Συστήματος Ανίχνευσης και Ανάκτησης 3Δ Αντικειμένων... ..	27
3.5.1	Βάση Δεδομένων	28
3.5.2	Παραδείγματα Αναγνώρισης Αντικειμένων.....	29
4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ	33
5	ΑΝΑΦΟΡΕΣ	34

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντίθετα με ότι ισχύει στην αναζήτηση περιεχομένου με βάση το κείμενο (π.χ. λέξεις-κλειδιά), η αναγνώριση και αναζήτηση αντικειμένων του φυσικού κόσμου είναι πιο πολύπλοκη. Η όλη διαδικασία της αναγνώρισης και αναζήτησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο που οι συλλογές αντικειμένων έχουν εισαχθεί στις βάσεις δεδομένων. Όταν υπάρχει σημείωση ή σχολιασμός (annotation), τότε η αναγνώριση/αναζήτηση μπορεί να γίνει μέσω του περιεχομένου του σχολιασμού. Στην περίπτωση όμως του επισκέπτη ενός μουσείου ο οποίος δεν έχει καμία γνώση επί του αντικειμένου, τα πράγματα αλλάζουν σημαντικά. Όταν θέλουμε να δώσουμε στον επισκέπτη τη δυνατότητα να δείχνει μέσω της φορητής του συσκευής (π.χ. smartphone, tablet) το αντικείμενο που τον ενδιαφέρει, τότε δεν έχουμε την πολυτέλεια ενός εκ των προτέρων γνωστού σε όλους σχολιασμού (π.χ. από το προσωπικό του μουσείου), άρα και τη σχετική δυνατότητα αναζήτησης. Και όποτε είναι δυνατό, αυτό δεν είναι τόσο βολικό για τον επισκέπτη, ενώ και η διαχείριση ενός συστήματος σχολιασμού υπερβαίνει τις δυνατότητες ή προτεραιότητες ενός μουσείου, ιδίως μικρού μεγέθους.

Από την άλλη, η αναγνώριση με βάση τη 3D μορφή είναι ένα αυξανόμενο ενδιαφέροντος επιστημονικό πεδίο που έχει δώσει ποικίλα αποτελέσματα. Μπορούμε να πούμε πως μια μέθοδος που βασίζεται στη μορφή είναι πιο αποδοτική όταν το αντικείμενο του φυσικού κόσμου προσεγγίζει κάποια αρχέτυπα σχήματα (primitives), όπως κύλινδροι, σφαίρες, κύβοι, κτλ. Στην περίπτωση των μουσείων τα εκθέματα δεν έχουν τέτοιους περιορισμούς και επομένως η αναγνώριση είναι ακόμη πιο απαιτητική. Αυτό μπορεί να επιδεινωθεί ακόμη περισσότερο όταν δεν υπάρχει αρκετός φωτισμός στον χώρο (για λόγους αισθητικής, δημιουργίας κλίματος μέσα στο μουσείο, κτλ).

Στα παρακάτω κεφάλαια θα εξετάσουμε τις συνήθεις μεθόδους αναγνώρισης και αναζήτησης 3D αντικειμένων και τον τρόπο που πραγματοποιείται αυτό στις εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΕΠ) του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Οι μέθοδοι θα βελτιωθούν με βάση ένα σύνολο παραδοχών που γίνονται από τα σενάρια χρήσης των εφαρμογών ΕΠ στο έργο του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Η σάρωση μιας χαρακτηριστικής εικόνας που συνοδεύει το κάθε έκθεμα (marker) συμπεριλαμβάνεται στις μεθόδους που θα εξετάσουμε και μάλιστα αποτελεί μια από τις επιλογές που έχουν την υψηλότερη προσδοκία να γίνουν αποδεκτές από τους επισκέπτες λόγω της υψηλής τους εγκυρότητας (ικανότητα επιτυχούς αναγνώρισης αντικειμένου).

Οι τελικές εφαρμογές θα δοκιμαστούν κάτω από πραγματικές συνθήκες στα μουσεία που εποπτεύονται από το ΠΙΟΠ με τη συμμετοχή πραγματικών χρηστών που θα είναι τυχαία επιλεγμένοι επισκέπτες των μουσείων. Περισσότερα στο παραδοτέο Π4.2 (Έκθεση Αξιολόγησης Πιλοτικού Συστήματος).

2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ 3Δ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

Οι συλλογές 3Δ αντικειμένων στο έργο e-ΧΝΗΛΑΤΗΣ προέρχονται κυρίως από υλικό που έχει δημιουργηθεί σε προγενέστερα έργα, από τις συλλογές του ΠΙΟΠ και από ανοιχτά δεδομένα του Διαδικτύου (Google 3D Warehouse¹). Ο σκοπός δεν είναι να δημιουργηθούν από την αρχή 3Δ μοντέλα αρχαιολογικών τόπων, ιστορικών κτιρίων και εκθεμάτων μουσείων καθώς αυτό υπερβαίνει τους στόχους του έργου και δεν υπάρχει και ο διαθέσιμος προϋπολογισμός για τέτοιες εργασίες. Μόνο πιλοτικά πραγματοποιήθηκαν κάποιες δοκιμές σάρωσης φυσικών αντικειμένων (με σαρωτή χειρός που προσέφερε εθελοντικά η TETRAGON) και έγινε επεξεργασία βελτίωσης στην τρέχουσα έκδοση του Google SketchUp² προκειμένου να επιβεβαιωθεί η δυνατότητα δημιουργίας μοντέλων που θα μπορούσαν να τροφοδοτήσουν μελλοντικά τις εφαρμογές του e-ΧΝΗΛΑΤΗΣ στα πλαίσια πιθανών ενεργειών επέκτασης.

Οι αναγκαίες -για λόγους επίδειξης και ελέγχου των εφαρμογών- συλλογές αναζητήθηκαν και ανακτήθηκαν με τους τρόπους που εξηγήθηκαν ανωτέρω και τελικά εισήχθησαν στην βάση δεδομένων της εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας. Ανεξάρτητα από την αρχική μορφή που είχαν τα 3Δ αντικείμενα στις αρχικές τους πηγές, ο μορφότυπος στον οποίο μετατράπηκαν για να εισαχθούν στον e-ΧΝΗΛΑΤΗ είναι το .obj το οποίο αποτελεί και τον πιο διαδεδομένο μορφότυπο σε εφαρμογές Εικονικής και Επαυξημένης Πραγματικότητας.

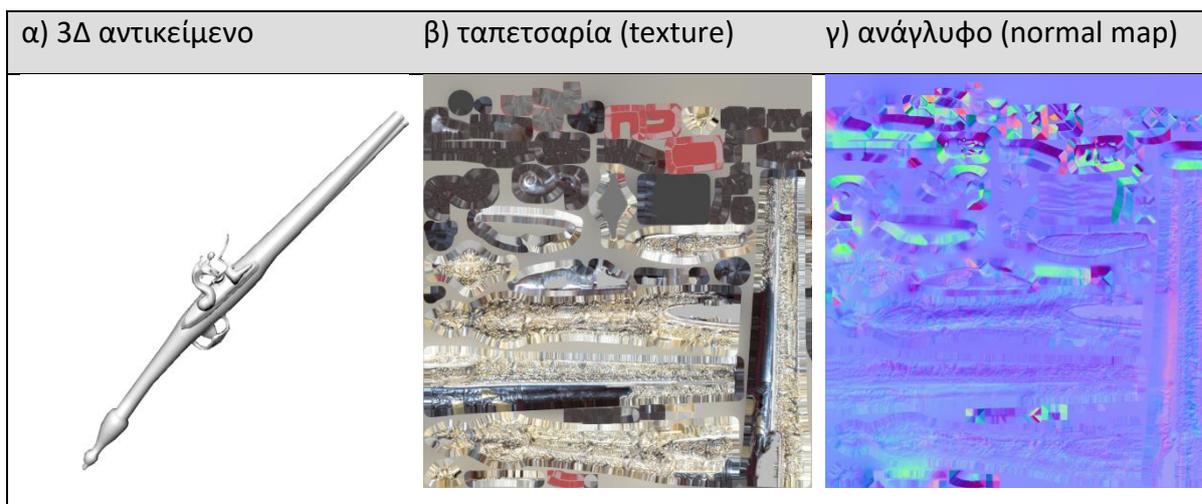
2.1 Υφή

Η τεχνική της επένδυσης των 3Δ αντικειμένων με εικόνες υφής (texture) χρησιμοποιείται για να αποδώσει κάποιο μοτίβο, συνήθως από μια φωτογραφία, ή κάποιο υλικό (π.χ. μέταλλο, ύφασμα, πέτρα, κτλ.) πάνω στις επιφάνειες του 3Δ αντικειμένου. Γίνεται προσπάθεια το μέγεθος του αρχείου της εικόνας να μην υπερβαίνει ένα αποδεκτό όριο προκειμένου να διατηρείται χαμηλά η κατανάλωση πόρων από το σύστημα.

Επίσης, σύμφωνα με τις σύγχρονες βέλτιστες πρακτικές γίνεται αποφυγή χρήσης των καθαρών χρωμάτων και προστίθενται σε ένα μικρό ποσοστό τεχνητός θόρυβος (Pixel noise) για να δείχνουν πιο ρεαλιστικές στο ανθρώπινο μάτι οι επιφάνειες των αντικειμένων. Τέλος, τα normal maps προσθέτουν λεπτομέρεια ανάγλυφου στα 3Δ αντικείμενα και τα κάνουν να φαίνονται πιο ρεαλιστικά, όπως φαίνεται στο παράδειγμα της παρακάτω εικόνας.

¹ <https://3dwarehouse.sketchup.com>

² <https://www.sketchup.com>



Εικόνα 1. Το αντικείμενο 'πιστόλα' όπως φαίνεται ως 3D αντικείμενο (α), η εικόνα της επιφάνειάς του (β) και η εικόνα ανάγλυφου (γ)

2.2 Συμπληρωματικά/βοηθητικά αντικείμενα

Εκτός από τα 3D αντικείμενα που προορίζονται να αποτελέσουν περιεχόμενο-στόχο των εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας, δημιουργήθηκαν (με το Blender 3D, Google SketchUp) και ορισμένα άλλα αντικείμενα για συμπληρωματική χρήση. Αυτά συμπεριλαμβάνουν κάποια 3D μοντέλα που χρησιμεύουν ως οπτικά στοιχεία της διεπαφής όπως βελάκια, αναδυόμενα πλαίσια κειμένου, κτλ. Σε κάποιες περιπτώσεις τα συμπληρωματικά στοιχεία της διεπαφής σχεδιάστηκαν ως δισδιάστατα αντικείμενα (ψηφιογραφικές εικόνες) αλλά με 3D εμφάνιση/εφέ (π.χ. σκιές βάθους) προκειμένου να γίνονται περισσότερο αποδεκτά από αισθητικής άποψης σε μια 3D σκηνή Επαυξημένης Πραγματικότητας. Η αναζήτηση και προβολή των βοηθητικών αυτών αντικειμένων γίνεται αυτόματα από την εφαρμογή κατά την φάση φόρτωσης των διεπαφών. Η αποδέσμευσή τους και η απελευθέρωση των πόρων που καταναλώνουν στην τελική συσκευή γίνεται επίσης αυτόματα χωρίς τη συμμετοχή του χρήστη αλλά ακολουθώντας πάντοτε τις επιλογές και τις προθέσεις του.

3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Αρχικά όπως εξετάσαμε οι εφαρμογές της Επαυξημένης Πραγματικότητας του έργου e-ΧΝΗΛΑΤΗΣ χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: 1) εσωτερικού χώρου και 2) εξωτερικού χώρου. Οι εσωτερικού χώρου διαχωρίζονται περαιτέρω σε εφαρμογές που απαιτούν την ύπαρξη αναγνωριστικού (marker) για την εξόρυξη του 3D αντικειμένου, σε αυτές που δεν απαιτούν κάποιο επιπλέον αναγνωριστικό αλλά χρησιμοποιούν το ίδιο το αντικείμενο όπως εμφανίζεται μέσα από την κινούμενη εικόνα της κάμερας της φορητής συσκευής ως αναγνωριστικό.

Ο **Error! Reference source not found.** παρουσιάζει διάφορες τεχνικές αναγνώρισης αντικειμένων σε εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας, έτσι όπως έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια για να καλύψουν διαφορετικές κάθε φορά ανάγκες. Το σύστημα του e-ΧΝΗΛΑΤΗ κάνει εφαρμογή και των τριών μεθόδων δηλαδή: 1. με χρήση Πινακίδων Σήμανσης (AR markers), 2. Χωρίς κάποια τεχνητή σήμανση (Markerless AR), και 3. μέθοδοι βασισμένες στην τοποθεσία του χρήστη (Location based AR).

Τεχνική	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Αυτές που απαιτούν Πινακίδες Σήμανσης (AR markers)	<ul style="list-style-type: none"> • Φτηνές • Παράγονται εύκολα με ίδια μέσα • Απαιτούν σχετικά χαμηλές επιδόσεις από την τελική συσκευή • Πραγματοποιούν αποδοτική παρακολούθηση 	<ul style="list-style-type: none"> • Δεν είναι εύκολα διαχωρίσιμα από τον χρήστη καθώς όλα μοιάζουν μεταξύ τους (μαύρα και λευκά τετραγωνάκια) • Το εικονικό μοντέλο μπορεί να χαθεί ακόμη και με μερική επικάλυψη της πινακίδας
Αυτές που δεν απαιτούν κάποια τεχνητή σήμανση (Markerless AR)	<ul style="list-style-type: none"> • Αποτελούν μέρος του περιβάλλοντος • Οποιαδήποτε εικόνα ικανοποιητικής ανάλυσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σήμανση • Επιτυγχάνεται ακριβής τοποθέτηση και σταθερή διατήρηση του αντικειμένου στον 3D χώρο 	<ul style="list-style-type: none"> • Η εικόνα πρέπει να περιέχει λεπτομέρειες και ικανοποιητικό κοντράστ. • Πιο πολύπλοκη ανάκτηση της εικόνας • Πιο απαιτητικό σε πόρους (hardware)

Τεχνική	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Τεχνικές βασισμένες στην τοποθεσία (Location based AR)	<ul style="list-style-type: none"> Χρειάζεται μόνο γεωγραφικές συντεταγμένες και δεδομένα γυροσκοπίου για να τοποθετήσει αντικείμενα σε συγκεκριμένες θέσεις (όπως το PokemonGo) 	<ul style="list-style-type: none"> Δεν είναι απόλυτα σταθερό ή ακριβές σε σχέση με τις άλλες δύο κατηγορίες

Πίνακας 1. Τεχνικές αναγνώρισης αντικειμένων σε εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας

3.1 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Ο τομέας της υπολογιστικής όρασης (computer vision) γνωρίζει μεγάλη άνθιση λόγω του ευρέως φάσματος εφαρμογών που όχι απλά μπορεί να εφαρμοστεί, αλλά αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι τους, όπως στις εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας, τα αυτόνομα ρομπότ, τα αυτοκινούμενα οχήματα ή τα αντιτρομοκρατικά συστήματα που υπάρχουν σε αεροδρόμια και άλλες υψηλού κινδύνου υπηρεσίες. Εμφανίστηκε ως τομέας στις αρχές του 1960 και είχε ως βασικό στόχο να προσεγγίσει την ικανότητα του ανθρώπου να αντιλαμβάνεται τον περιβάλλοντα χώρο, από τα ερεθίσματα που δέχεται μέσω της αίσθησης της όρασης (Huang, 1996). Έτσι μετά από μελέτες γύρω από την ανθρώπινη διαδικασία της όρασης αλλά και μετά την ύπαρξη των πρώτων μαθηματικών μοντέλων, ξεκίνησε μια προσπάθεια αναπαραγωγής της ίδιας διαδικασίας αυτήν την φορά με ηλεκτρονικά υπολογιστικά μέσα. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, αναπτύχθηκαν πολλές και διαφορετικές τεχνικές και αλγόριθμοι, που ο καθένας εξειδικεύεται στην αυτοματοποίηση της αναγνώρισης, αντίληψης και κατανόησης χρήσιμων πληροφοριών από εικόνες ή βίντεο. Μια απαραίτητη προϋπόθεση που συνέβαλε στην ανάπτυξη της υπολογιστικής όρασης αποτελούν οι ανοιχτές βάσεις δεδομένων, οι οποίες περιέχουν ποιοτικά δεδομένα για την εκπαίδευση και την αξιολόγηση των εκάστοτε αλγορίθμων που αναπτύσσονται. Τα δεδομένα των βάσεων είναι εικόνες, οι οποίες είναι κατηγοριοποιημένες και με όσο το δυνατόν λιγότερο θόρυβο. Κάποιες από τις βάσεις που έχουν συνδράμουν ακόμη και σήμερα είναι οι ImageNet³, MNIST⁴, CIFAR-10⁵ και COCO⁶ (Seychell, 2020).

³ <http://www.image-net.org/>

⁴ <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/>

⁵ <https://www.cs.toronto.edu/~kriz/cifar.html>

⁶ <https://cocodataset.org/#home>

3.1.1 Τεχνικές Αναγνώρισης 3D Αντικειμένων

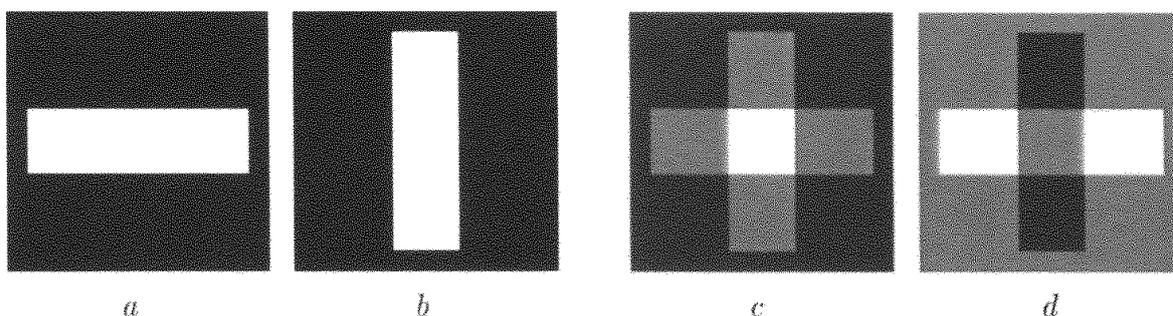
Ο τομέας της υπολογιστικής όρασης διακρίνεται σε κάποιους κλάδους. Ένας από τους πιο σημαντικούς είναι η αναγνώριση αντικειμένων, ο οποίος διαχωρίζεται από την ερευνητική κοινότητα αναγνώρισης αντικειμένων, σε δύο τμήματα: 1) το ένα ασχολείται με την αναγνώριση αντικειμένων σε εικόνες 2D, και 2) το άλλο με 3D σκηνή, είτε αναγνωρίζοντας νέφος σημείων (pointclouds), είτε 3D πλέγμα (mesh). Στην περίπτωση των 2D εικόνων, πραγματοποιείται προβολή της σκηνής πάνω σε ένα επίπεδο κι έπειτα ανιχνεύεται η ένταση του φωτός που έχει το κάθε εικονοστοιχείο. Στην περίπτωση των 3D σκηνών, δημιουργούνται νέφη σημείων και καταγράφονται οι συντεταγμένες του κάθε σημείου στον χώρο. Επίσης, και η αναγνώριση αντικειμένων χωρίζεται σε δύο είδη: το πρώτο ασχολείται με την αναγνώριση παρουσίας αντικειμένων μέσα σε μια σκηνή, με την έννοια ότι θα προσπαθήσει να ξεχωρίσει τα διαφορετικά αντικείμενα που υπάρχουν μέσα σε μια σκηνή (Mustafa, 2013). Από την άλλη πλευρά, το δεύτερο διαφοροποιείται από το πρώτο και αυτό γιατί ασχολείται με την αναγνώριση της κατηγορίας κάποιου αντικειμένου, δηλαδή τι αντικείμενο υπάρχει μέσα στην σκηνή (Mustafa, 2013).

Για να επιτευχθεί η αναγνώριση αντικειμένων υπάρχουν διάφορες τεχνικές και αλγόριθμοι. Μερικές τέτοιες τεχνικές είναι οι βασισμένες στην γεωμετρία (geometry-based), στην εμφάνιση (appearance-based), στην αναγνώριση σχημάτων από 3D αντικείμενα και σε τεχνικές περιγραφής του αντικειμένου.

Αρχικά, για την επίτευξη της αναγνώρισης αντικειμένων, οι προσπάθειες επικεντρώθηκαν στην χρήση γεωμετρικών μοντέλων των αντικειμένων, για να εξηγήσουν την αλλοίωση που υφίσταται η εμφάνιση των αντικειμένων, σε συνάρτηση με την αλλαγή του σημείου θέασης και του φωτισμού. Έτσι, στις βασισμένες στην γεωμετρία τεχνικές, σκοπός είναι η γεωμετρική περιγραφή του 3D αντικειμένου, η οποία επιτρέπει την κατηγοριοποίηση ενός προβαλλόμενου σχήματος σε 2D εικόνα, με μεγάλη ακρίβεια. Για να διευκολύνουν την διαδικασία αναγνώρισης, γίνεται χρήση πληροφοριών που παρέχουν οι ακμές και το περίγραμμα των γεωμετρικών σχημάτων, διότι κατά την αλλαγή του φωτισμού δεν αλλοιώνονται. Αυτά τα γεωμετρικά σχήματα, είναι απλές καμπύλες όπως γραμμές, κύκλοι, κλπ., τα οποία δεν αλλοιώνονται κατά την αλλαγή της οπτικής γωνίας (Yang, 2016).

Έπειτα, οι προσπάθειες στράφηκαν σε τεχνικές βασισμένες στην εμφάνιση του αντικειμένου, όπως οι προηγμένοι περιγραφείς οπτικών διακριτών σημείων και οι αλγόριθμοι αναγνώρισης προτύπων. Στην συγκεκριμένη τεχνική οι αλγόριθμοι που έχουν δοκιμαστεί, έχουν στόχο από ένα σύνολο εικόνων εκπαίδευσης, να πάρουν ένα υποσύνολο με βάση το οποίο θα δημιουργήσουν μια ορθογώνια βάση κι έπειτα εφαρμόζοντας γραμμικούς συνδυασμούς στις εικόνες της βάσης, θα μπορέσουν να αναπαραστήσουν σχεδόν όλες τις εικόνες του συνόλου εκπαίδευσης. Αρχικά μέσω raster

σάρωσης οι εικόνες μετατρέπονται σε διανύσματα, τα οποία αποτελούνται από τιμές εικονοστοιχείων που απευθύνονται στην κλίμακα του γκρι (Yang, 2016). Έπειτα υπολογίζονται τα ιδιοδιανύσματα (eigenvectors) της βάσης του υποχώρου (υποσύνολο εικόνων από το σύνολο εικόνων εκπαίδευσης), τα οποία αναπαριστούν το καθένα μια εικόνα σε μορφή διανύσματος και είναι γραμμικά ανεξάρτητα μεταξύ τους. Τέλος, έχοντας τα ιδιοδιανύσματα της βάσης του υποχώρου, είναι δυνατόν να αποτυπωθούν σχεδόν όλες οι παραλλαγές των εικόνων του συνόλου εκπαίδευσης ως γραμμικός συνδυασμός των ιδιοδιανυσμάτων αυτών (Black & Jepson, 1998). Έτσι δίνοντας μια εικόνα η οποία αναπαρίσταται ως διάνυσμα, μπορεί να προσδιοριστεί η ταυτότητα της δοθείσας εικόνας. Η διαδικασία προσδιορισμού της ταυτότητας ξεκινάει υπολογίζοντας την προβολή του διανύσματος σε έναν υπόχωρο επεκτεταμένο από ένα σύνολο ιδιοδιανυσμάτων και στην συνέχεια, πραγματοποιείται εύρεση του κοντινότερου γείτονα (Yang, 2016) (Treiber, 2010). Παρακάτω στην Εικόνα 2. δίνεται ένα παράδειγμα από ένα στοιχειώδες σύνολο εικόνων εκπαίδευσης (a, b) και επίσης το σύνολο των εικόνων της βάσης του ιδιοχώρου (c, d). Έτσι λοιπόν, για να αναγνωριστεί η εικόνα a πραγματοποιούνται γραμμικοί συνδυασμοί των εικόνων της βάσης του ιδιοχώρου, δηλαδή των εικόνων c και d. Ένας από αυτούς τους γραμμικούς συνδυασμούς θα παράγει την εικόνα a (άθροισμα των πιο φωτεινών pixel).



Εικόνα 2. Εικόνες συνόλου εκπαίδευσης: (a, b), εικόνες της βάσης του ιδιοχώρου: (c, d) (Black & Jepson, 1998)

Επιπροσθέτως, υπάρχει ένα σύνολο εφαρμογών που ανήκουν σε διαφορετικούς τομείς (όπως Επαυξημένης Πραγματικότητας, ρομποτικής, κ.α.), στις οποίες η εκτίμηση της θέσης των αντικειμένων στον 3D χώρο είναι αναπόφευκτη για την ορθή εκτέλεση της εφαρμογής. Για την διεκπεραίωση της εκτίμησης της θέσης των αντικειμένων γίνεται χρήση είτε μεμονωμένων αισθητήρων, είτε συστημάτων αισθητήρων που επιτρέπουν την παραγωγή 3D δεδομένων, τα οποία στην συνέχεια αντιστοιχούν σε 3D χώρο. Ένας επίσης τρόπος προσδιορισμού της θέσης και της κατεύθυνσης των αντικειμένων σε μια 3D σκηνή, είναι υπολογίζοντας την προβολή της θέσης που έχει το αντικείμενο στον 3D χώρο, πάνω σε 2D εικόνα κάμερας. Αρκετές από τις προαναφερθείσες μεθόδους χρησιμοποιούν τις εικόνες εύρους (range images) ή τους χάρτες βάθους (depth maps),

από όπου τα δεδομένα σχετικά με τον άξονα Z παράγονται με βάση την θέση [x, y] που έχει το αντικείμενο, πάνω στο επίπεδο της εικόνας (Treiber, 2010).

Κάποιες από τις προαναφερθείσες τεχνικές -όπως οι τεχνικές οι βασισμένες στην γεωμετρία- δεν ενδείκνυνται για αναγνώριση αντικειμένων μέσα σε 3D σκηνές, ειδικότερα όταν η 3D σκηνή είναι ο πραγματικός κόσμος. Επίσης, οι τεχνικές που βασίζονται στην εμφάνιση (π.χ. λόγω της ποικιλομορφίας του φόντου, αλλά συχνά και της μερικής κάλυψης των αντικειμένων από άλλα αντικείμενα), θα πρέπει να αντισταθμίσουν κάπως όλον αυτόν τον θόρυβο, πράγμα που πολλές φορές αποδεικνύεται αδύνατο (Pinz, 2006). Για τους παραπάνω λόγους στα πλαίσια του προγράμματος e-ΧΝΗΛΑΤΗΣ, επιλέχθηκε η τεχνική αναγνώρισης εικόνων σήμανσης, οι οποίες είναι τοποθετημένες σε εμφανή σημεία, ώστε να μην υπάρχει περίπτωση απόκρυψής τους από άλλα αντικείμενα.

3.1.2 Εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας σε Μουσειακούς Χώρους

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality - AR) είναι η τεχνολογία που επιτρέπει την άμεση ή έμμεση ζωντανή προβολή ενός φυσικού περιβάλλοντος, όπου κάποια στοιχεία του επαυξήθηκαν ή ενισχύθηκαν με τη βοήθεια ψηφιακών ή εικονικών αντικειμένων, καθώς και πολυμεσικού υλικού (εικόνες, βίντεο, κείμενο, ακουστικό υλικό) (Milgram & Kishino, 1994). Η τοποθέτηση αυτών των αντικειμένων έχει γίνει με βάση εισόδους αισθητήρων (sensory inputs), που δημιουργήθηκαν με τη βοήθεια υπολογιστικών μονάδων. Συνήθεις εισόδοι περιλαμβάνουν το GPS, το επιταχυνσιόμετρο, το γυροσκόπιο και την πυξίδα. Μέσω της AR τεχνολογίας ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αλληλεπιδρά με εικονικές εικόνες (virtual images), που είναι ουσιαστικά γραφικά που τοποθετούνται στο οπτικό πεδίο ενός χρήστη, σε μια συσκευή που σκοπό την παροχή πρόσθετων πληροφοριών σχετικά με το περιβάλλον του (Livingston, 2005).

Οι AR εφαρμογές βασίζονται είτε στην όραση (vision-based), είτε στο GPS σήμα (GPS-based) προκειμένου να τοποθετήσουν τα εικονικά αντικείμενα πάνω στη φυσική σκηνή. Οι εφαρμογές που βασίζονται στην όραση χρησιμοποιούν την υπολογιστική όραση (computer vision) για να επεξεργαστούν τα οπτικά διακριτά σημεία (feature points) των δεικτών σήμανσης (markers), είτε πρόκειται για 2D επίπεδο είτε για 3D πολύγωνα. Στην περίπτωση των μουσείων, το vision-based AR χρησιμοποιείται κατά κανόνα, καθώς η λήψη σήματος GPS είναι δύσκολη σε εσωτερικούς χώρους.

Οι πλατφόρμες που υποστηρίζουν vision-based AR έχουν αναπτυχθεί με προγραμματιστικά εργαλεία όπως: ARCore⁷, ARToolkit⁸, BazAR⁹ και το Vuforia¹⁰. Το ARCore είναι μια πλατφόρμα ανάπτυξης υλικού AR, που εκμεταλλεύεται την κάμερα και τους υπόλοιπους αισθητήρες του smartphone για να προσθέσει εικονικά στοιχεία στο περιβάλλον του χρήστη (όπως γίνεται από αυτόν αντιληπτό) και μάλιστα σε πραγματικό χρόνο. Η βιβλιοθήκη ARToolkit υποστηρίζει την παρακολούθηση 2D markers και λαμβάνει τη θέση τους στο σύστημα συντεταγμένων της κάμερας, ενώ η BazAR υποστηρίζει την ανίχνευση και αντιστοίχιση των οπτικών διακριτών σημείων. Η Vuforia υποστηρίζει εφαρμογές AR για κινητές συσκευές που ανιχνεύουν δισδιάστατες εικόνες ή τρισδιάστατα κυβικά και κυλινδρικά αντικείμενα.

Ειδικότερα, το Vuforia SDK είναι διαθέσιμο για smartphones και χρησιμοποιεί τεχνολογία υπολογιστικής όρασης για την αναγνώριση και παρακολούθηση αντικειμένων από βίντεο. Αυτά τα αντικείμενα ονομάζονται εικόνες-στόχοι (image targets) και έτσι το SDK εντοπίζει και παρακολουθεί τα χαρακτηριστικά της εικόνας με σκοπό να αναγνωρίσει το αντικείμενο. Τα χαρακτηριστικά βασίζονται στις γωνίες ή τα άκρα του αντικειμένου, ή απότομες μεταβολές της αντίθεσης στα σημεία της επιφάνειά τους. Ως εκ τούτου, ένα αντικείμενο με περισσότερες γωνίες/άκρα ή επενδυμένο με υφή έντονων διακυμάνσεων θα έχει περισσότερα χαρακτηριστικά.

Η AR τεχνολογία αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη τάση και ο πιθανός ρόλος της στα μουσεία έχει γίνει ευρύτερα κατανοητός, διότι αποτελεί ένα μέσο που σκοπό έχει να φέρει την επανάσταση στο τρόπο παρουσίασης των εκθεμάτων και να προάγει τον πολιτισμό και την τέχνη. Συχνά, περιεχόμενο που σχετίζεται με τρισδιάστατα γραφικά υιοθετείται συχνά από μουσεία για να διασκεδάσει και να εκπαιδεύσει το ευρύ κοινό με καινοτόμο και διαδραστικό τρόπο (Sylaiou S., 2013). Παράλληλα, η ενσωμάτωση των AR τεχνολογιών στα μουσεία προσδίδει μια αμεσότητα στη σχέση των επισκεπτών με τα εκθέματα, διότι ο επισκέπτης έχει τη δυνατότητα να δει, να ανακαλύψει και να μάθει πληροφορίες, που με μια απλή ματιά δεν θα μπορούσε να αντιληφθεί. Τέλος, πολλές φορές τα εικονικά μουσεία έχουν τη δυνατότητα να παρουσιάσουν εύκολα τεράστιες συλλογές ψηφιοποιημένων αντικειμένων και να ξεπεράσουν τους περιορισμούς της ευθραυστότητας των φυσικών αντικειμένων, της έλλειψης χώρου και κόστους (Sylaiou S., 2013).

⁷ <https://developers.google.com/ar>

⁸ <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

⁹ <http://cvlab.epfl.ch/software/bazar>

¹⁰ <https://www.qualcomm.com/products/vuforia>

Μία από τις υπάρχουσες εφαρμογές που χρησιμοποιεί τεχνολογία AR σε μουσεία είναι το CHES (Cultural Heritage Experiences through Socio-personal interactions and storytelling) (Katifori, 2014) που έχει χρησιμοποιηθεί στο Μουσείο Ακρόπολης στην Ελλάδα Εικόνα 3. καθώς και στο Cite de l'Espace στην Γαλλία. Η εφαρμογή αυτή σκοπεύει να εμπλουτίσει τις μουσειακές επισκέψεις και φιλοδοξεί να προσδώσει την αίσθηση της ανακάλυψης και της έκπληξης στην μουσειακή εμπειρία. Αυτό το επιτυγχάνει κάνοντας χρήση της AR τεχνολογίας, όπου μέσα από προσωποποιημένες διαδραστικές αφηγήσεις ιστοριών συσχετιζόμενες με τα εκθέματα, έχει σκοπό να προβάλει εξατομικευμένες ιστορίες που ξεναγούν τους επισκέπτες στο μουσείο.



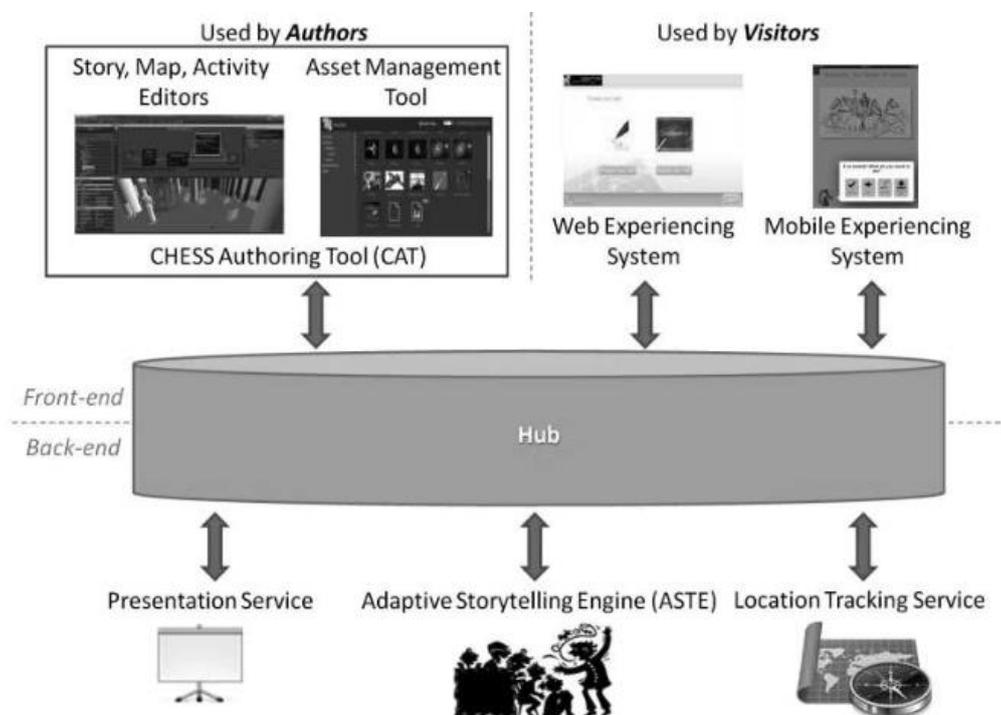
Εικόνα 3. Διαδραστικές αφηγήσεις ιστοριών, χρησιμοποιώντας AR τεχνολογία, στην Αρχαϊκή Πινακοθήκη του Μουσείου της Ακρόπολης (<http://www.chessexperience.eu>)

Η αρχιτεκτονική του συστήματος CHES απεικονίζεται στην Εικόνα 4. Η συγγραφή ιστοριών πραγματοποιείται με το CAT (CHES Authoring Tool), ένα ισχυρό εργαλείο συγγραφής που επιτρέπει το σχεδιασμό και την υλοποίηση διαδραστικών ιστοριών. Μεταξύ άλλων λειτουργικών χαρακτηριστικών το εργαλείο αυτό επιτρέπει την QR σάρωση μέσω ειδικών προτύπων. Επιπλέον, το CAT ενσωματώνει ένα εργαλείο (Asset Management Tool) που επιτρέπει στους συγγραφείς να ανεβάζουν νέα ψηφιακά στοιχεία (π.χ. εικόνες, βίντεο, αρχεία ήχου κ.λπ.) με συσχετισμένα μεταδεδομένα (π.χ. συγγραφέας, πνευματικά δικαιώματα, ετικέτες κ.λπ.) (Vaγανου, 2011).

Τα ψηφιακά στοιχεία που απαιτούνται για την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων της ιστορίας εξάγονται στον διανομέα Hub. Ο διανομέας Hub βρίσκεται ανάμεσα στα front-end και back-end components, υποστηρίζοντας την επικοινωνία μεταξύ τους. Όταν μια ιστορία δημοσιεύεται από το εργαλείο CAT, η υπηρεσία παρουσίασης (Presentation Service) επεξεργάζεται τα ψηφιακά στοιχεία (π.χ. εικόνες, αρχεία ήχου, κ.λπ.), δημιουργεί εναλλακτικές εκδόσεις προσαρμοσμένες σε διαφορετικές χωρητικότητες δικτύου και προδιαγραφές κινητής συσκευής και στη συνέχεια τις αποθηκεύει στον

διανομέα Hub. Κατά τη διάρκεια της επίσκεψης, οι ιστορίες παρουσιάζονται στους επισκέπτες μέσω του Mobile Experiencing System (MES), δηλαδή του framework που εκτελεί την εφαρμογή CHESSE σε μια πλατφόρμα για κινητά. Το MES λειτουργεί επίσης ως συσκευή ανίχνευσης, αφού συλλέγει, κρατά και μοιράζεται δεδομένα σχετικά με το χρήστη (θέση, προσανατολισμός, κατάσταση συσκευής, ενέργειες κ.λπ.) (Vayanou, 2011).

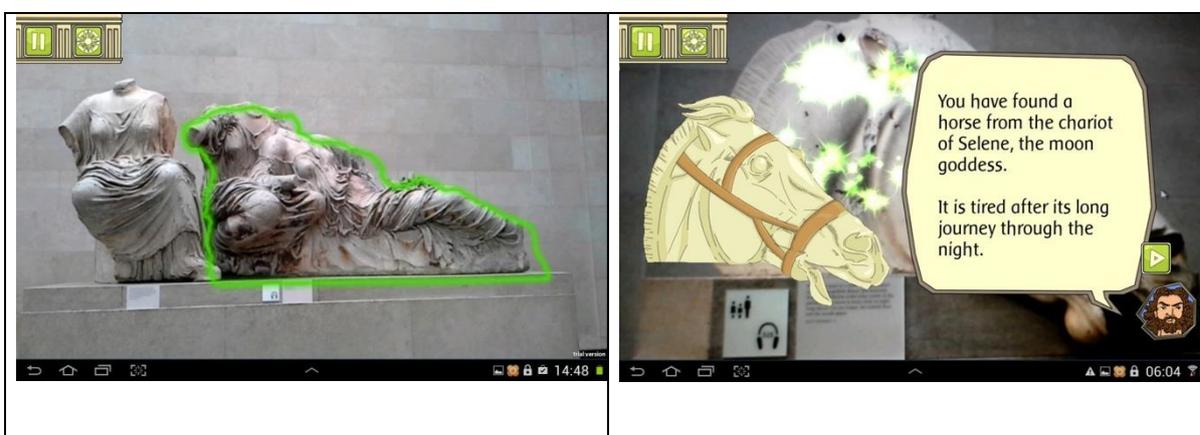
Τέλος, το CHESSE καλύπτει και το κομμάτι της εμπειρίας που προηγείται ή έπεται της επίσκεψης στο μουσείο, το οποίο διαχειρίζεται το Web Experiencing System (WES). Για παράδειγμα, πριν επισκεφθούν ένα μουσείο, οι επισκέπτες μπορούν να αναζητήσουν πληροφορίες σχετικά με αυτό, να παίξουν ψηφιακά παιχνίδια κ.λπ. Επιπλέον, ένα σημαντικό μέρος της εμπειρίας πριν από την επίσκεψη είναι η συμπλήρωση ενός σύντομου διαδραστικού ερωτηματολογίου, του CHESSE Visitor Survey (CVS) (Vayanou, 2011).



Εικόνα 4. Η αρχιτεκτονική του συστήματος CHESSE (Vayanou, 2011)

Πέρα από το σύστημα CHESSE, υπάρχει πλήθος μουσειακών εγκαταστάσεων παγκοσμίως που χρησιμοποιούν εφαρμογές με AR τεχνολογία. Συγκεκριμένα, στην Ιαπωνία, το Ψηφιακό Μουσείο του Πανεπιστημίου του Τόκιο, ανέπτυξε ένα σύστημα παροχής πληροφοριών για τα εκθεσιακά υλικά που χρησιμοποιεί AR τεχνολογία. Στο σύστημά τους, οι επισκέπτες του μουσείου φορούν γυαλιά που προσαρμόζονται στο κεφάλι (Head Mounted Display - HMD) και επιτρέπουν την προβολή ρεαλιστικών εικόνων μέσα από αυτά όπως αναφέρεται στο (Selvam, et al., 2016)

Σε ένα άλλο παράδειγμα υλοποίησης AR εφαρμογών για μουσεία, το «A Gift for Athena»¹¹ δημιουργήθηκε σε συνεργασία με τη Samsung και το Βρετανικό Μουσείο και αναπτύχθηκε από την εταιρεία Gamar¹². Αυτή η εφαρμογή δίνει στους επισκέπτες και ιδιαίτερα στα παιδιά την ευκαιρία να μάθουν περισσότερα για τον ελληνικό πολιτισμό μέσω παιχνιδιών. Ειδικότερα, οι δραστηριότητες και τα μίνι παιχνίδια στην εφαρμογή εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες του AR, για να βελτιώσουν την εμπειρία περιήγησης στα εκθέματα του μουσείου (γλυπτά του Παρθενώνα). Η εφαρμογή κάνει χρήση της κάμερας ενός tablet για την αναγνώριση αντικείμενων από τη συλλογή, δημιουργώντας ένα περίγραμμα του αντικειμένου, το οποίο με τη σειρά του αποκαλύπτει πρόσθετες πληροφορίες για το έκθεμα Εικόνα 5.



Εικόνα 5. Η εφαρμογή «A Gift for Athena» ενθαρρύνει τους χρήστες να ανακαλύψουν πτυχές των γλυπτών του Παρθενώνα

(<https://mw2015.museumsandtheweb.com/bow/a-gift-for-athena/>)

Τέλος, στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας στο Λονδίνο (Barry, 2012) οι επισκέπτες χρησιμοποιούν tables που παρέχονται δωρεάν από το μουσείο για να χειριστούν μεταξύ άλλων το περιεχόμενο που προβάλλεται σε μία από τις τρεις οθόνες που υπάρχουν στο χώρο, σε web κάμερες και σε σημεία με LED λαμπτήρες και να αλληλεπιδράσουν με τρισδιάστατα εκθέματα. Ακόμα έχουν τη δυνατότητα να συμμετάσχουν σε κουίζ γνώσεων.

3.2 Αναζήτηση και Ανάκτηση 3Δ Αντικειμένων

Σε όλες τις εφαρμογές, πόσο μάλλον στις εφαρμογές που αναπτύσσονται και προορίζονται για κινητές συσκευές έξυπνων κινητών τηλεφώνων και ταμπλετών,

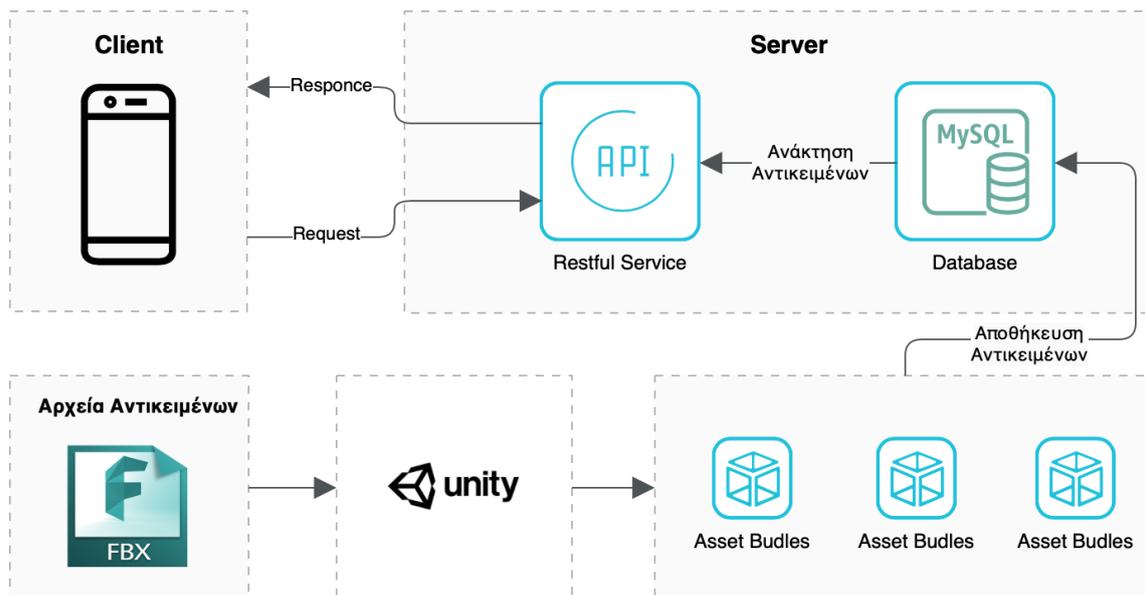
¹¹ <https://www.britishmuseum.org/learn/schools/ages-7-11/ancient-greece/digital-self-led-session-gift-athena>

¹² <https://www.gamar.com>

σημαντικό ρόλο κατέχει το μέγεθος της εφαρμογής. Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθός της, τόσο περισσότερους υπολογιστικούς και ενεργειακούς πόρους θα καταναλώνει η συσκευή κατά την εκτέλεση της. Έτσι είναι σημαντική η μέριμνα για την όσο το δυνατόν μείωση του όγκου της εφαρμογής. Μία από τις πιο συνήθεις πρακτικές για την επίτευξη της μείωσης του όγκου των εφαρμογών, είναι η αφαίρεση από την κύρια εφαρμογή αντικειμένων (όπως 3D μοντέλα, εικόνες, βίντεο, κλπ.), που δεν χρησιμοποιούνται απαραίτητα σε κάθε εκτέλεσή της και η αποθήκευσή τους σε κάποιον εξυπηρετητή (server). Έτσι σε περίπτωση που χρειαστεί, πραγματοποιείται αυτόματα η σύνδεση και η μεταφόρτωσή τους μέσω διαδικτύου, από τον εξυπηρετητή στην κινητή συσκευή.

Η δημιουργία και η ανάπτυξη των εφαρμογών γίνεται στο περιβάλλον της Unity η οποία Unity έχει έναν συγκεκριμένο τρόπο για να διαχειρίζεται την μεταφόρτωση αντικειμένων, κατά την διάρκεια εκτέλεσης των εφαρμογών. Πριν την μεταφόρτωση, προστίθεται η λειτουργικότητα του χτισίματος δέσμης στοιχείων (build Asset Bundles). Κάθε αντικείμενο (π.χ. εικόνα, 3D μοντέλο, κ.λ.π.) που εμπεριέχεται στα αρχεία του ενός έργου της Unity, κωδικοποιείται και συμπιέζεται στην μορφή μιας δέσμης στοιχείων. Κατ' αυτόν τον τρόπο μόλις επιλέξει ο προγραμματιστής να συμπιέσει τα επιθυμητά αντικείμενα και επιλέγει έναν φάκελο στον οποίο θέλει να αποθηκευτούν τα καινούργια συμπιεσμένα αρχεία. Έπειτα μεταφέρει τα παραχθέντα αρχεία στον εξυπηρετητή και υλοποιεί την επικοινωνία μέσω διαδικτύου, μεταξύ της κινητής συσκευής και του εξυπηρετητή. Τέλος θα χρειαστεί η προσθήκη από ακόμη ένα τμήμα κώδικα, για την αποκωδικοποίηση και αποσυμπίεση των αρχείων, ώστε να επανέλθουν στην κανονική πριν την συμπίεση μορφή τους (UnityLearn, 2020).

```
BEGIN
    STRING Url
    ASSETBUNDLE RequestAssetBundle
    INPUT Url
    RequestAssetBundle = CREATE.WEBREQUEST(Url)
    IF(RequestAssetBundle == NULL)
        OUTPUT "Failed to download the Asset Bundle"
        BREAK
    ENDIF
    INSTANTIATE(RequestAssetBundle)
End
```



Εικόνα 6. Διάγραμμα αρχιτεκτονικής αναφορικά με την δημιουργία, αποθήκευση και ανάκτηση Asset Bundle από τον server

Η αναζήτηση και ανάκτηση 3D αντικειμένων στο τρέχον έργο αναφέρεται στην αναγνώριση μέσω της κάμερας (του κινητού τηλεφώνου ή ταμπλέτας) ενός φυσικού αντικειμένου για το οποίο υπάρχει αντίστοιχο ψηφιακό προς προβολή στην οθόνη του χρήστη. Η λειτουργία της AR εφαρμογής του e-ΧΝΗΛΑΤΗ αναμένεται να εφαρμοστεί στην πράξη και σε εσωτερικούς χώρους (π.χ. μουσείο/γκαλερί, μακέτα) αλλά και σε εξωτερικούς (αρχαιολογικός χώρος, κτίριο, κτλ.).

Η αναγνώριση γίνεται είτε με βάση την εικόνα του ίδιου του αντικειμένου στον φυσικό του χώρο, είτε μέσω μιας εικόνας που χρησιμοποιείται για τον σκοπό της αναγνώρισης. Τεχνικές αναγνώρισης αντικειμένων σε εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας).

Ξεκινώντας από το δεύτερο, η οπτική αναγνώριση γίνεται με βάση τα χαρακτηριστικά (Feature-based 3D shape matching methods) όπως είναι ο όγκος, η συμμετρία, οι κατανομές επιφάνειας και άλλα. Οι σχετικοί αλγόριθμοι (tracking algorithms) βασίζονται στην αναγνώριση φυσικών χαρακτηριστικών των εικόνων που περιέχουν έντονες λεπτομέρειες, όπως είναι οι γωνίες υψηλής αντίθεσης.

Σύμφωνα με τις περιγραφές του λογισμικού Vuforia’s (2018), τα επιθυμητά χαρακτηριστικά για μια εικόνα ή φωτογραφία που θα χρησιμοποιηθεί ως marker σε μια εφαρμογή AR είναι αυτά που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

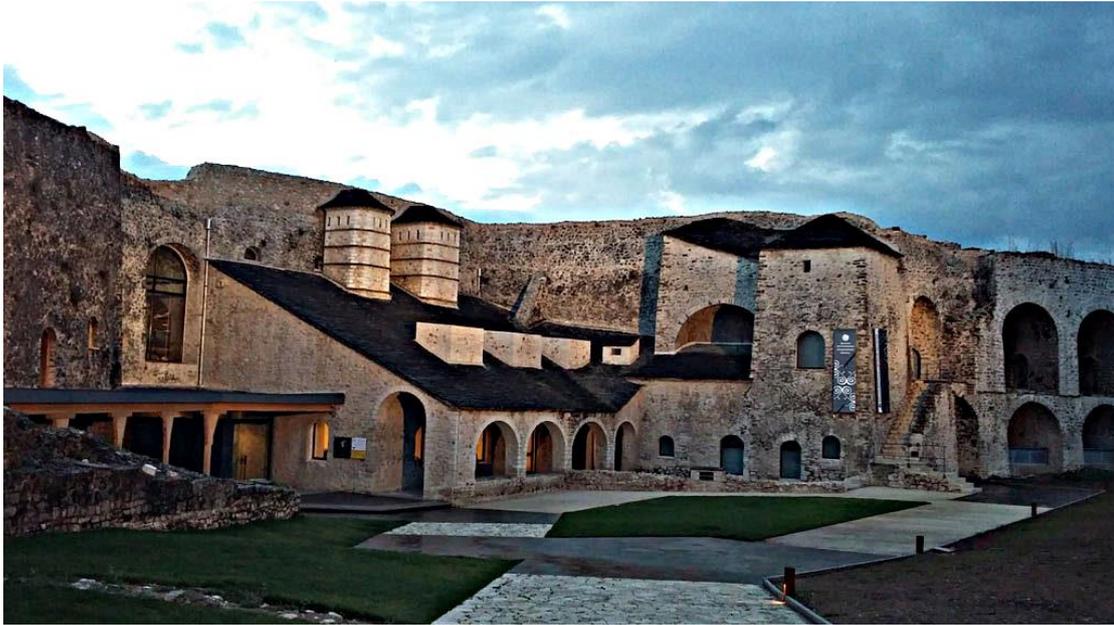
Ιδιότητα/Χαρακτηριστικό	Παράδειγμα
Πλούτος λεπτομερειών	Σκηνή αστικού δρόμου, πλήθος ανθρώπων, κολάζ και μίξη

	διαφόρων οπτικών στοιχείων, σκηνές από αθλήματα. Αποφυγή οργανικών μορφών, σφαιρικών αντικειμένων και παρόμοιες γειτονικές αποχρώσεις.
Υψηλό κοντράστ	Να είναι καλά φωτισμένη η σκηνή, να διαθέτει και φωτεινές αλλά και σκοτεινές περιοχές και να μην είναι θαμπή
Επαναληψιμότητα	Αποφυγή επαναληψιμότητας όπως σκηνές με χλωδείς περιοχές, επαναλαμβανόμενα αρχιτεκτονικά στοιχεία όπως παράθυρα, πλέξη από ύφασμα, κτλ.
Μέγεθος εικόνας	Το μέγεθος της εκτυπωμένης εικόνας είναι εξίσου σημαντικό. Ένα πλάτος τουλάχιστον 12 εκατοστών και ένα ύψος 9 εκατοστών θεωρούνται απαραίτητα χαρακτηριστικά για ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα.
Μορφότυπος	Αναμένεται τουλάχιστον 24-bit βάθος χρώματος (προτείνονται σε μορφή .png και .jpg)
Χρωματική κωδικοποίηση	Το μοντέλο χρώματος RGB (Red, Green, Blue) είναι προτιμότερο από το CMYK που αντιστοιχεί στο Cyan (κυανό), Magenta (ματζέντα), Yellow (κίτρινο), και Black (μαύρο).

Πίνακας 2. Επιθυμητά και μη επιθυμητά χαρακτηριστικά εικόνας/φωτογραφίας για χρήση ως marker

Εκτός από τα παραπάνω, να σημειωθεί ότι η απόσταση της εκτυπωμένης εικόνας από τον χρήστη όπως και οι συνθήκες φωτισμού κατά τη λήψη της φωτογραφίας είναι εξίσου σημαντικές για να παραχθεί μια ικανοποιητική εικόνα που θα χρησιμοποιηθεί ως marker. Η φωτογράφιση σε εσωτερικούς χώρους είναι συνήθως πιο αποτελεσματική καθώς οι συνθήκες φωτισμού είναι ελεγχόμενες και πιο σταθερές. Εξάιρεση μπορεί να αποτελεί ένα σχετικά σκοτεινό περιβάλλον όπως αυτό που διαπιστώθηκε κατά την πρώτη επίσκεψη της κοινοπραξίας του e-ΧΝΗΛΑΤΗ στις εγκαταστάσεις του Μουσείου Αργυροτεχνίας Ιωαννίνων στις 2 Ιουλίου, 2019.

Για όλους τους παραπάνω λόγους ορισμένες φορές είναι σκόπιμο να επεξεργαστούμε ψηφιακά μια εικόνα πριν τη χρησιμοποιήσουμε ως marker προκειμένου να την βελτιστοποιήσουμε. Αυτό φαίνεται ιδιαίτερα επιτακτικό σε περιπτώσεις που υπάρχει μερική παραβίαση των κανόνων που αναφέρθηκαν πιο πριν, όπως παραδείγματος χάρη στην παρακάτω εικόνα Εικόνα 7. Η βελτίωση αναφέρεται στην αύξηση των διαφορών τονικότητας των χρωμάτων και στο φίλτρο ενίσχυσης των ακμών όπως (είναι η Laplacian of Gaussian - LoG).



Εικόνα 7. Φωτογραφία του εξωτερικού μέρους του Μουσείου Αργυροτεχνίας στα Ιωάννινα που χρησιμοποιήθηκε ως marker αναγνώρισης ενός 3D αντικειμένου.

Η συνάρτηση LoG εκφράζεται μαθηματικώς από την παρακάτω σχέση:

$$L(x, y) = \nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$$

Στον διακριτό χώρο ένας τρόπος να προσεγγίσει κανείς τη συνέλιξη που προσεγγίζει την επίδραση της Λαπλασιανής είναι με τον πίνακα:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Στην περίπτωση **markerless** μεθόδου αναγνώρισης (χωρίς τη χρήση εικόνας marker) οι κανόνες λεπτομέρειας και χρωματικής αντίθεσης που περιγράφηκαν παραπάνω μπορούν να προσεγγιστούν αντίστοιχα με καλό φωτισμό του χώρου και του αντικειμένου (π.χ. επιπλέον προβολείς πάνω στο έκθεμα), ασφαλή απόσταση του ενός εκθέματος από τα διπλανά του, χρήση μιας επιφάνειας υποβάθρου με διαφορετικό χρώμα (π.χ. τραπέζι με χρώμα διαφορετικό από το έκθεμα).

Ανεξάρτητα από τη χρήση ή όχι εικόνας marker, στη συνέχεια η τεχνική αναγνώρισης 3D αντικειμένων βασίζεται στον κατακερματισμό της εικόνας (τυπωμένης ή του ίδιου του αντικειμένου) σε περιοχές και την μετακίνηση των περιοχών αυτών προς διάφορες κατευθύνσεις ενώ υπολογίζεται η διαφορά στην ένταση (Intensity) της εικόνας (τιμές RGB). Εάν η μετακίνηση μιας περιοχής προκαλεί έντονη διαφορά τότε αυτή λέμε ότι περιέχει ένα χαρακτηριστικό (feature) (Harris & Stephens, 1988).

Η βιβλιοθήκη Vuforia¹³ που χρησιμοποιείται στην ανάπτυξη της AR εφαρμογής λειτουργεί και με βάση γνωστά χαρακτηριστικά των αντικειμένων που προσπαθούμε να αναγνωρίσουμε. Αυτή η λειτουργία ονομάζεται Interest Point Detection (Grahm, 2017)) η οποία λειτουργεί έχοντας εκ των προτέρων μια σειρά από πρότυπες εικόνες από το κάθε αντικείμενο που είναι υπό μελέτη προκειμένου να είναι γνωστά τα χαρακτηριστικά του. Το αντικείμενο ανιχνεύεται καθώς τα χαρακτηριστικά του συγκρίνονται με τα χαρακτηριστικά των φωτογραφιών (Lepetit & Fua, 2005; Grahm, 2017).

3.3 Αντικείμενα εξωτερικού χώρου

3.3.1 Σύντομη περιγραφή για google warehouse

Για την βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη, κατά την χρήση της εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας για φυσικό περιβάλλον του έργου e-ΧΝΗΛΑΤΗΣ έχουν προστεθεί κάποια 3D μοντέλα. Τα μοντέλα αυτά αποτελούν πιστή αναπαράσταση από πραγματικά κτήρια, όπως το κτήριο του Βυζαντινού μουσείου Ιωαννίνων και το παλάτι του Αλή Πασά που βρίσκεται στο Νησάκι των Ιωαννίνων. Τα παραπάνω μοντέλα αντλήθηκαν από το αποθετήριο 3D μοντέλων της Google, το 3D Warehouse¹⁴. Το 3D Warehouse αποτελεί ένα αποθετήριο 3D αντικειμένων που συντηρείται από τις συνδρομές υλικού των ίδιων των χρηστών του (user generated content).

Τα αντικείμενα εξωτερικού χώρου δέχθηκαν επεξεργασία φινιρίσματος (γραφιστική βελτιστοποίηση, μείωση αριθμού πολυγώνων, αφαίρεση μη απαραίτητων αντικειμένων από τη 3 σκηνή, κτλ) στο λογισμικό SketchUp, το οποίο αποτελεί ένα CAD εργαλείο γενικής χρήσης, το οποίο παρέχει πληθώρα βοηθητικών εργαλείων για αρχιτεκτονικό και μηχανολογικό σχεδιασμό, αλλά και για σχεδιασμό 3D αντικειμένων για Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα, σχεδίου ταινιών και βίντεο παιχνιδιών. Μερικά επίσης από τα σημαντικά του πλεονεκτήματα είναι ότι δέχεται την σύνδεση με λογισμικά από τρίτους (όπως άλλες εταιρίες, οργανισμοί, κλπ.), αλλά δίνει και την δυνατότητα στον χρήστη, εάν επιθυμεί να εισάγει μοντέλα σε άλλα λογισμικά, όπως είναι το AutoCAD, το Revit και το ArchiCAD.

3.3.2 Πως γίνεται το spawn στον χάρτη από το parbox

Τα δύο προαναφερθέντα μοντέλα των μουσείων, χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας, η οποία δημιουργήθηκε για να λειτουργεί στο φυσικό περιβάλλον. Λειτουργεί με βάση την τοποθεσία και τον προσανατολισμό του χρήστη,

¹³ Ένας περιορισμός στη χρήση του πακέτου Vuforia είναι η χρήση του μόνο σε αντικείμενα εσωτερικού χώρου.

¹⁴ <https://3dwarehouse.sketchup.com>

λαμβάνοντας μετρήσεις από τους αισθητήρες του GPS και της πυξίδας που υπάρχουν ενσωματωμένες στην κινητή συσκευή του χρήστη. Ξεκινώντας την εφαρμογή ο χρήστης, καλείται να περπατήσει σε ευθεία πορεία για 5-10 μέτρα. Κατά την διάρκεια της πορείας του, πραγματοποιείται λήψη τιμών από τον αισθητήρα του GPS, ώστε να υπολογίσει η εφαρμογή την κατεύθυνση που προσανατολίζεται η συσκευή του χρήστη μέσα στον περιβάλλοντα χώρο. Μόλις συγκεντρώσει αρκετές τιμές, συγχρονίζει τον εικονικό χάρτη περιστρέφοντάς τον και μετακινώντας τον με βάση τον προσανατολισμό και τις συντεταγμένες του χρήστη.

3.3.3 Μετατροπή των συντεταγμένων του φυσικού κόσμου σε συντεταγμένες της σκηνής ΕΠ

Οι συντεταγμένες στον πραγματικό κόσμο των αντικειμένων όπως και τα 3D μοντέλα τους, έχουν οριστεί εξ' αρχής σε δύο πίνακες με ίδιο μήκος γραμμών. Ο πρώτος πίνακας ονομάζεται "locStr", είναι μονοδιάστατος, τύπου "STRING", ενώ ο δεύτερος πίνακας ονομάζεται "markerPr", είναι μονοδιάστατος, είναι τύπου "GAMEOBJECT" και σαν στοιχεία του έχει αντικείμενα. Με το που ξεκινάει η εφαρμογή, οι τιμές του πρώτου πίνακα μετατρέπονται από τύπου "STRING" σε τύπου "DOUBLE" και αποθηκεύονται στον διδιάστατο πίνακα τύπου "VECTOR2D" που ονομάζεται "loc". Έπειτα, για κάθε γραμμή του πίνακα "loc", το ζευγάρι τιμών της πρώτης και δεύτερης στήλης αντιστοιχούν στο ζευγάρι συντεταγμένων (x, y) του αντικειμένου που βρίσκεται στην ίδια γραμμή του πίνακα "markerPr". Μετά γίνεται μετατροπή των συντεταγμένων όλων των αντικειμένων, σε συντεταγμένες σκηνής και τέλος, δημιουργείται το κάθε αντικείμενο μέσα στην σκηνή και τοποθετείται στην θέση και τον προσανατολισμό που προέκυψε.

Η διαδικασία της μετατροπής των συντεταγμένων ξεκινάει παίρνοντας την καταγραφή από την εκάστοτε γραμμή του πίνακα "locStr" και την τροφοδοτεί, ως είσοδο στην συνάρτηση "StrToLatLon". Έπειτα δημιουργεί ένα αντικείμενο στην σκηνή και τέλος εφόσον υπολογιστεί η θέση του αντικειμένου, μετατρέποντας τις συντεταγμένες του από τον πραγματικό κόσμο σε συντεταγμένες σκηνής, το τοποθετεί στις συντεταγμένες αυτές.

Ψευδοκώδικας του προγράμματος δημιουργίας και τοποθέτησης αντικειμένων του Marbox:

```
BEGIN
    STRING locStr[]
    GAMEOBJECT markerPr []
    DOUBLE shift = 2 * PI * EarthRadius / 2
    VECTOR2D loc[]
    INT k, initZoom, absZoom
    FOR (k = 0, k < LENGTH(locStr[]), k++)
    {
```

```

        loc[k] = StrToLatLon(locStr[k])
        VAR instance = INSTANTIATE(markerPr[k])
        TRANSFORM(instance) = GeoToWorld1(loc[k])
    }
END

```

Κατά το ξεκίνημά της συνάρτησης, διαχωρίζετε η καταγραφή από ένα ενιαίο αλφαριθμητικό, αναζητώντας την θέση στην οποία βρίσκεται το κόμμα και αποθηκεύονται τα δύο μέρη του αλφαριθμητικού σε έναν πίνακα “latLonSplit”. Έπειτα πραγματοποιείται έλεγχος για το εάν το μήκος του πίνακα είναι 2, ώστε να εμφανίσει μήνυμα λάθους εισαγωγής συντεταγμένων και στην συνέχεια μετατρέπει τις ποσότητες από τύπο μεταβλητών “STRING” σε “DOUBLE”, τοποθετώντας τις σε έναν πίνακα δισδιάστατων διανυσμάτων “loc[]”.

```

FUNCTION StrToLatLon(STRING s)
{
    VAR latLonSplit = SPLIT(s, ",")
    IF (LENGTH(latLonSplit[]))
    {
        PRINT "Wrong number of arguments"
    }
    DOUBLE lat = 0
    DOUBLE lon = 0
    lat = latLonSplit[0]
    lon = latLonSplit[1]
    RETURN VECTOR2D(lat, lon)
}

```

Επιστρέφοντας το κάθε διάνυσμα, δίνεται ως είσοδος στην συνάρτηση “GeoToWorld1”, της οποίας σκοπός είναι να μετατρέψει τις πραγματικές συντεταγμένες σε συντεταγμένες σκηνής.

```

FUNCTION GeoToWorld1(VECTOR2D latLon)
{
    VECTOR3D worldPos = GeoToWorldXZ(latLon)
    FLOAT height
    RETURN worldPos
}

```

Έτσι καλείται η συνάρτηση “GeoToWorldXZ” με δεδομένα εισόδου το δισδιάστατο διάνυσμα συντεταγμένων, υπολογίζεται η τετραγωνική διαφορά μεγέθυνσης “scaleFactor = (initZoom – absZoom) ^ 2”, όπου το “initZoom” αναφέρεται στην

μεγέθυνση του χάρτη κατά την εκκίνηση της εφαρμογής, ενώ το “absZoom” στην μεγέθυνση των πλακιδίων-τμημάτων (tiles) που αποδίδονται την συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

```
FUNCTION GeoToWorldXZ(VECTOR2D latLon)
{
    VAR scaleFactor = (initZoom - absZoom) ^ 2
    VAR worldPos = GeoToWorld2(latLon, center, scale * scaleFactor)
    RETURN TRANSFORM(worldPos)
}
```

Έπειτα καλείται η συνάρτηση “GeoToWorld2”, δίνοντας ως εισόδους τα δεδομένα των συντεταγμένων (latLon), το κέντρο του χάρτη στην σκηνή (center) και η μεγέθυνση του χάρτη πολλαπλασιασμένη με τον δείκτη (scaleFactor) και καλείται η “GeoToWorld3”.

```
FUNCTION GeoToWorld2(VECTOR2D latLon, VECTOR2D refPoint, FLOAT scale)
{
    RETURN GeoToWorld3(latLon[0], latLon[1], refPoint, scale)
}
```

Η “GeoToWorld3” δέχεται ως εισόδους της, την τετμημένη (latLon[0]), την τεταγμένη (latLon[1]), το κέντρο του χάρτη το οποίο και χρησιμοποιεί ως σημείο αναφοράς (refPoint) και την μεγέθυνση του χάρτη. Με βάση τις παραπάνω μεταβλητές υπολογίζει το σημείο που βρίσκεται το αντικείμενο στην σκηνή, μετατρέποντας τις συντεταγμένες (GPS) latitude/longitude σε μέτρα x/y με βάση τον αλγόριθμο μετατροπής σφαιρικών συντεταγμένων Mercator. Έπειτα αφαιρεί από τις σφαιρικές συντεταγμένες, το κέντρο του χάρτη το οποίο υποδηλώνει την μετατόπισή του από την αρχική του θέση. Τέλος επειδή υπάρχει 1 προς 1 αναλογία μέτρου και μονάδας μέτρησης της απόστασης “unit” της Unity, πολλαπλασιάζει με τον δείκτη μεγέθυνσης “scale” και επιστρέφει το διδιάστατο διάνυσμα θέσης του αντικειμένου.

```
FUNCTION GeoToWorld3(DOUBLE lat, DOUBLE lon, VECTOR2D refPoint, FLOAT scale)
{
    VAR posx = lon * shift / 180
    VAR posy = LOG(TAN((90 + lat) * PI / 360)) / (PI / 180)
    posy = posy * Shift / 180
    RETURN VECTOR2D((posx - refPoint[0]) * scale, (posy - refPoint[1]) * scale)
}
```

3.4 Συμπληρωματικά στοιχεία

Κάθε σκηνή AR αποτελείται από ένα ή περισσότερα εικονικά αντικείμενα που προβάλλονται πάνω από μια εικόνα του πραγματικού κόσμου. Για κάθε ένα από αυτά τα αντικείμενα υπάρχει ένα 'σημείο αγκύρωσης' (anchor ή trackable) το οποίο παρακολουθεί συνεχώς η εφαρμογή. Ορισμένα είναι σταθερά ως προς ένα χαρακτηριστικό του φυσικού κόσμου (όπως ένα κτίριο), ενώ άλλα πρέπει να εμφανίζονται ως κινούμενα ως προς την εικόνα (όπως ένα αεροπλάνο). Σε κάποιες περιπτώσεις ενδέχεται να εμφανίζονται σταθερά πάνω σε ένα κινούμενο αντικείμενο του φυσικού κόσμου (π.χ. πάνω στο αεροπλάνο). Τα σημεία αυτά αποτελούν τη βάση πάνω στην οποία προβάλλονται τα εικονικά αντικείμενα, ενώ η συγκράτηση του συνολικού αριθμού τους μέσα σε μια σκηνή είναι αναγκαία για την εξοικονόμηση πόρων στο σύστημα (η παρακολούθηση σημείων αγκύρωσης είναι μια υπολογιστικά απαιτητική διαδικασία).

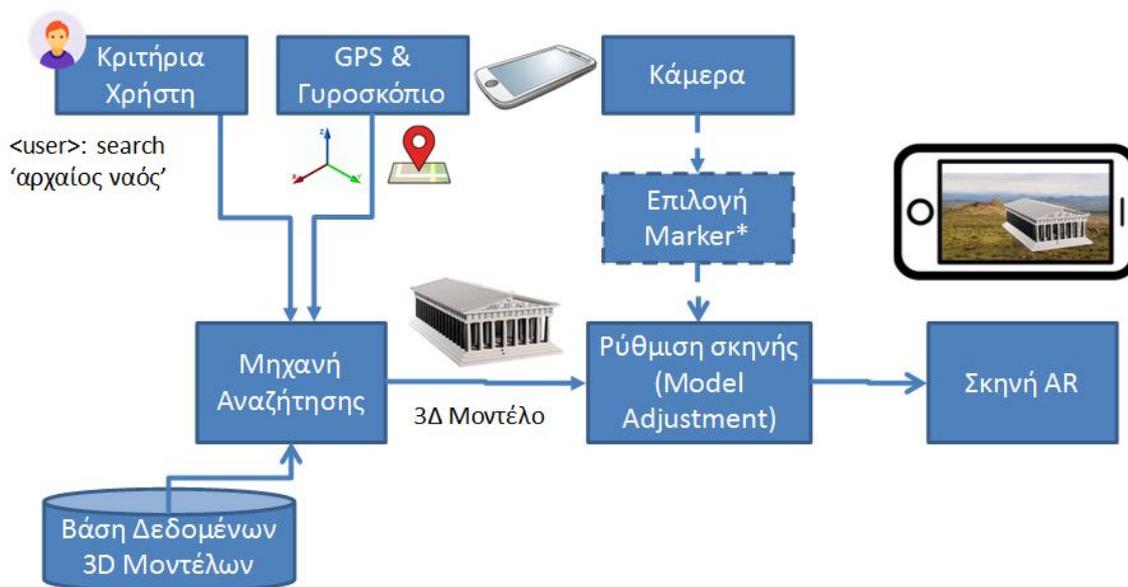
Ένα άλλο στοιχείο που λειτουργεί ενισχυτικά στην τελική εμπειρία του χρήστη είναι η εισαγωγή σχεδιοκίνησης στα εικονικά μοντέλα που προβάλλονται. Η σχεδιοκίνηση προσφέρει ζωντάνια στη σκηνή και λειτουργεί αφηγηματικά όπως έξαλλου και άλλες αφηγηματικές μορφές προβολής της μουσειολογικής τεκμηρίωσης (π.χ. audio-guide). Στον e-ΧΝΗΛΑΤΗ γίνεται χρήση αρχείων 3D αντικειμένων που μπορούν να υποστηρίξουν κίνηση, αλλά ταυτόχρονα γίνεται συγκράτηση της διάρκειας για λόγους εξοικονόμησης πόρων.

3.5 Η Γενική Δομή του Συστήματος Ανίχνευσης και Ανάκτησης 3D Αντικειμένων

Στην Εικόνα 8. αναπαρίσταται με γραφικό τρόπο ο τρόπος χρήσης και λειτουργίας του μηχανισμού αναζήτησης ενός αντικειμένου ή σκηνής 3D με βάση κάποια κριτήρια θέσης και προσανατολισμού. Συμπεριλαμβάνονται και τεχνικές βασισμένες σε markers που βρίσκονται πλησίον των μουσειακών εκθεμάτων.

Μετά την αρχική προβολή του αντικειμένου στην οθόνη της συσκευής, ενεργοποιείται ένας βρόγχος ανάδρασης και ανταπόκρισης (feedback and response) από την εφαρμογή για να μπορέσει να σταθεροποιήσει τη θέση προβολής του αντικειμένου στη σκηνή.

Η υπομονάδα Ρύθμιση Σκηνής παρέχει αυτήν την υπηρεσία ρυθμίζοντας δυναμικά τα φυσικά χαρακτηριστικά των μοντέλων καθώς ο χρήστης πλοηγείται μέσα στον φυσικό χώρο ενός μουσείου/γκαλερί. Περισσότερα για την αρχιτεκτονική αναλύονται στο παραδοτέο Π2.4.



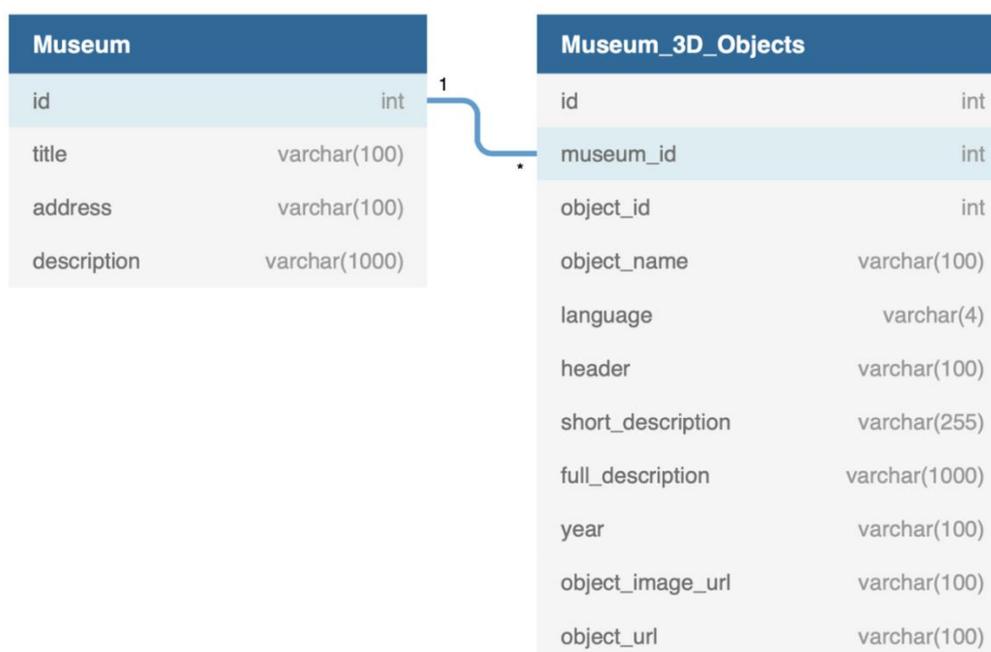
Εικόνα 8. Σχέδιο της γενικής αρχιτεκτονικής του συστήματος AR

3.5.1 Βάση Δεδομένων

Το διάγραμμα στην Εικόνα 9. μοντελοποιεί τη συσχέτιση των πινάκων δεδομένων (data tables) της βάσης δεδομένων, που χρησιμοποιεί η εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας, σε ένα UML διάγραμμα κλάσεων. Η κλάση με όνομα "Museum" περιλαμβάνει τα μοναδικά ids, τα ονόματα, τις διευθύνσεις καθώς και μία σύντομη περιγραφή των μουσείων που είναι καταχωρημένα στην πλατφόρμα του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Αντίστοιχα, η κλάση με το όνομα "Museum_3D_Objects" περιλαμβάνει πληροφορίες αναφορικά με τα 3D αντικείμενα που αντιστοιχούν σε κάθε μουσείο. Πιο συγκεκριμένα, στα χαρακτηριστικά (attributes) της κλάσης συμπεριλαμβάνεται:

- ένα μοναδικό id (primary key) που αντιπροσωπεύει κάθε γραμμή του πίνακα.
- το id του μουσείου (museum_id) στο οποίο αντιστοιχεί το συγκεκριμένο 3D αντικείμενο.
- ένα μοναδικό id (object_id) που αντιπροσωπεύει κάθε ξεχωριστό 3D αντικείμενο.
- ένα όνομα για το μουσείο (object_name) που χρησιμοποιείται ως αναγνωριστικό από τον κώδικα της εφαρμογής.
- η γλώσσα (language) στην οποία είναι γραμμένες οι πληροφορίες αναφορικά με το 3D αντικείμενο. Η εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας υποστηρίζει στην πρώτη έκδοση μόνο την ελληνική και την αγγλική γλώσσα.
- ένας τίτλος (header) για το 3D αντικείμενο, που πρόκειται ουσιαστικά για το όνομα του.

- μία σύντομη περιγραφή (short_description), μέχρι 255 χαρακτήρες, του 3Δ αντικειμένου.
- η πλήρης περιγραφή (full_description), μέχρι 1000 χαρακτήρες, του 3Δ αντικειμένου.
- η ημερομηνία (year) κατά την οποία χρονολογείται το 3Δ αντικείμενο.
- ο σύνδεσμος (object_image_url) που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάκτηση της φωτογραφίας του 3Δ αντικειμένου.
- ο σύνδεσμος (object_url) που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάκτηση του ίδιου του 3Δ αντικειμένου.

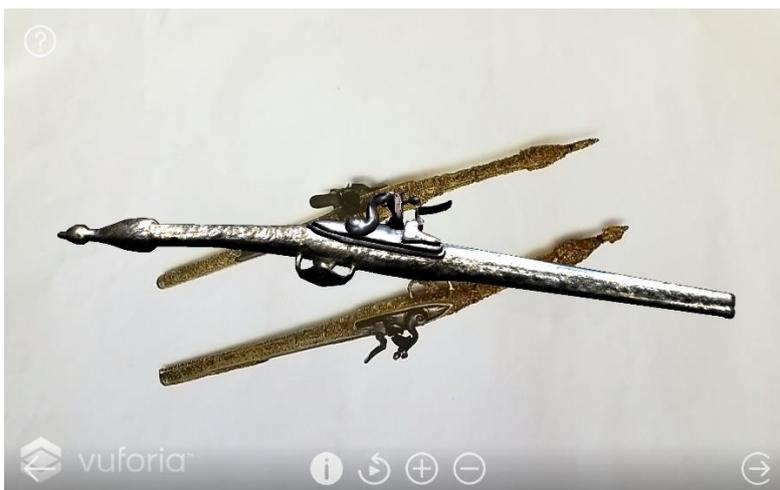


Εικόνα 9. Μοντελοποίηση της βάσης δεδομένων σε ένα UML διάγραμμα κλάσεων

3.5.2 Παραδείγματα Αναγνώρισης Αντικειμένων

Στα πλαίσια του έργου e-ΧΝΗΛΑΤΗΣ αναπτύχθηκαν δύο εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας, εκ των οποίων η μια προορίζεται για χρήση σε εσωτερικό χώρο και πιο συγκεκριμένα στο μουσείο Αργυροτεχνίας Ιωαννίνων και η δεύτερη για χρήση στο φυσικό περιβάλλον. Η λειτουργία της πρώτης εφαρμογής έγκειται στην αναγνώριση εικόνων σήμανσης που βρίσκονται τοποθετημένα κοντά στα εκθέματα του μουσείου, ενώ της δεύτερης στην θέση του χρήστη στον πραγματικό κόσμο.

Σε ότι αφορά την εφαρμογή του μουσείου, έχει ενσωματωθεί η βιβλιοθήκη Vuforia¹⁵, η οποία παρέχει την δυνατότητα της αναγνώρισης εικόνων σήμανσης. Έχουν μετατραπεί τα 3D μοντέλα των εκθεμάτων του μουσείου σε Asset Bundles με την διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω στην ενότητα 3.2, έχουν αποθηκευτεί στην βάση δεδομένων και έχει υλοποιηθεί επικοινωνία μεταξύ της βάσης δεδομένων και της εφαρμογής που εκτελείται σε κινητές συσκευές tablet. Κατά την εκκίνησή της η εφαρμογή επικοινωνεί μέσω διαδικτύου με την βάση και μεταφορτώνει τα 3D μοντέλα, τα οποία και δημιουργεί εντός της σκηνής, σε θέση όμως που δεν είναι ορατά προς τον χρήστη. Η συγκεκριμένη τεχνική χρησιμοποιείται για την αποφυγή τυχών καθυστερήσεων και επομένως για την βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη. Κατά την αναγνώριση της εκάστοτε εικόνας σήμανσης, εμφανίζεται το αντίστοιχο 3D μοντέλο του εκθέματος το οποίο μπορεί ο χρήστης να παρατηρήσει καλύτερα μεγεθύνοντάς το. Στην Εικόνα 10. **Error! Reference source not found.** φαίνεται η εικόνα σήμανσης με τις δύο επίχρυσες πιστόλες, καθώς και το 3D μοντέλο μιας επίχρυσης πιστόλας, η οποία εμφανίστηκε στην οθόνη του χρήστη με το που πραγματοποιήθηκε η αναγνώριση της εικόνας σήμανσης.



Εικόνα 10. Εμφάνιση επίχρυσης πιστόλας έπειτα από αναγνώριση της εικόνας σήμανσής της

Από την άλλη πλευρά, για την εφαρμογή φυσικού περιβάλλοντος έχει ενσωματωθεί η βιβλιοθήκη Mapbox¹⁶, η οποία παρέχει την λειτουργικότητα της τοποθέτησης 2D/3D αντικειμένων με βάση τις συντεταγμένες που έχουν στον πραγματικό κόσμο. Έπειτα συνυπολογίζοντας την θέση (GPS) και την κατεύθυνση (πυξίδα) της κινητής συσκευής του χρήστη, μετατοπίζει και περιστρέφει όλο τον κόσμο της εφαρμογής, ώστε να ταυτίζεται με τον πραγματικό. Στην Εικόνα 11. φαίνεται (σε δοκιμαστική έκδοση) το

¹⁵ <https://www.ptc.com/en/products/vuforia/vuforia-engine>

παλάτι του Αλή Πασά και αντίστοιχα στην Εικόνα 12. το βυζαντινό μουσείο που βρίσκονται στα Ιωάννινα.



Εικόνα 11. Εμφάνιση του παλατιού του Αλή Πασά Ιωαννίνων (στην δοκιμαστική έκδοση δεν χρησιμοποιείται η πραγματική τοποθεσία του μνημείου)

¹⁶ <https://www.mapbox.com/>



Εικόνα 12. Εμφάνιση Βυζαντινού μουσείου Ιωαννίνων (στην δοκιμαστική έκδοση δεν χρησιμοποιείται η πραγματική τοποθεσία του μνημείου)

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ

Στο παρόν παρουσιάστηκε η συνολική αντιμετώπιση του προβλήματος της αναζήτησης και ανάκτησης 3D αντικειμένων προκειμένου για τις εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας που συνοδεύουν την πλατφόρμα του e-ΧΝΗΛΑΤΗΣ.

Παρά τη μεγάλη γκάμα τεχνολογικών προσεγγίσεων που υπάρχουν διαθέσιμες στη βιβλιογραφία, ένα είδος τεχνοτροπίας που είναι δημοφιλής σε εφαρμογές εσωτερικών χώρων όπως είναι αυτές των μουσειακών οδηγών (guides) είναι η χρήση εικόνων σήμανσης (marks) πλησίον του εκθέματος. Αυτή προσφέρει ορισμένα πλεονεκτήματα όπως η εύκολη ανατύπωση της σήμανσης, η προηγούμενη γνώση και εμπειρία των τουριστών/επισκεπτών από προηγούμενες εμπειρίες τους και η εύκολη εγκατάσταση και μεταφορά (αν χρειαστεί). Από την άλλη, ορισμένα 'ρηγά' αντικείμενα όπως μια μεταξοτυπία, μια γκραβούρα στον τοίχο, ή ένα μεταλλικό κοπτικό εργαλείο μπορούν να αναγνωριστούν με ικανοποιητική ακρίβεια με την ίδια μέθοδο που εφαρμόζεται στα δισδιάστατα αντικείμενα.

Προκειμένου για μεγάλα αντικείμενα εξωτερικού χώρου, ακολουθήθηκε μια χαρτογραφική μέθοδος αναγνώρισης η οποία λαμβάνει υπόψη της καταρχάς την φυσική θέση του αντικειμένου σε σχέση με τα δεδομένα GPS που προέρχονται από τη φορητή συσκευή του χρήστη και αργότερα τον προσανατολισμό του αντικειμένου ως προς ένα σύστημα συντεταγμένων. Επιπλέον λαμβάνεται υπόψη και η σχετική θέση του τουρίστα/επισκέπτη προκειμένου να υπολογιστεί η κλίμακα (scale) με την οποία καλείται η εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας να προβάλει το 3D μοντέλο στην οθόνη της φορητής συσκευής.

Πάνω στα περιεχόμενα του Παραδοτέου 2.6 βασίστηκε η ανάπτυξη των εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας για χρήση σε εσωτερικό αλλά και εξωτερικό χώρο. Το συνοδευτικό λογισμικό ενσωματώθηκε λειτουργικά στην υπόλοιπη εφαρμογή του e-ΧΝΗΛΑΤΗ έτσι ώστε να προσφέρεται προς τον χρήστη/επισκέπτη ένα ενιαίο περιβάλλον αναζήτησης και προβολής πληροφοριών. Το λογισμικό αυτό θα δοκιμαστεί πιλοτικά κάτω από πραγματικές συνθήκες στα πλαίσια των δοκιμών που θα πραγματοποιηθούν στην ενότητα εργασίας 4, στην υποενότητα 'ΥΕ4.2 Αξιολόγηση και επικύρωση συστημάτων εφαρμογών' και θα γίνει υπό την επίβλεψη της (ΕΟΑΕ).

5 ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Adaji I., Vassileva J (2016). Evaluating Personalization and Persuasion in E-Commerce, Proceedings of the Personalization in Persuasive Technology Workshop, Persuasive Technology 2016, Salzburg, Austria, pp. 107-113.

Adolphs C., Winkelmann A. (2010). Personalization Research in E-Commerce. Journal of Electronic Commerce Research, 11(4), pp. 326-341.

al., V. M. (2014). Authoring Personalized Interactive Museum Stories. *Interactive Storytelling. ICIDS 2014* (pp. 37-48). Cham: Springer.

Alexsoft (2017). Customer Experience Personalization in Travel and Hospitality Using Behavioral Analytics and Machine Learning, <https://www.altexsoft.com/blog/datascience/customer-experience-personalization-in-travel-and-hospitality-using-behavioral-analytics-and-machine-learning/>

Arazy O., Nov O., Kumar N. (2015). Personalityzation: UI Personalization, Theoretical Grounding in HCI and Design Research. AIS Transactions on Human-Computer Interaction (AIS THCI), 7(2), pp. 43-69, doi: 10.17705/1thci.00065.

Barry, A. T. (2012). Augmented reality in a public space: The natural history museum, London. *Computer*, 42–47

Beel J., Gipp B., Langer S., Breitinger, C. (2015). Research Paper Recommender Systems: A Literature Survey. International Journal on Digital Libraries, 17(4), pp. 305–338. doi:10.1007/s00799-015-0156-0.

Breiman L.; Friedman J.H., Olshen R.A., Stone C.J. (1984). Classification and regression trees. Monterey, CA: Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software. ISBN 978-0-412-04841-8.

Bressan G.M., de Azevedo B.C.F., Lizz E. A. S. (2017). A Decision Tree Approach for the Musical Genres Classification. Applied Mathematics & Information Sciences, 11(6), pp. 1703-1713.

Bright L. F. (2014). Taming the Information Beast: Content Customization and Its Impact on Media Enjoyment for Online Consumers. *Online Journal of Communication and Media Technologies*, 4(3), pp. 143-169.

Dehghani M., Azarbondyad H., Kamps J., Marx M. (2016). Generalized Group Profiling for Content Customization. In CHIIR'16 proceedings, doi: 10.1145/2854946.2855003.

Demand Metric (2016). Content Marketing's Evolution: The Age of Hyper-Personalization and Automation, p. 26, https://cdn2.hubspot.net/hubfs/253739/DemandMetric_Content_Personalization_Benchmark_Study_Report_Final.pdf?t=1476185057935

- Doe, J., Other, A. N., Another, K. 2011. "A very important paper with wide implications for all e-ΧΝΗΛΑΤΗΣ activities", *Journal of Very Important Results*, vol 2 (35), p. 350-380.
- Gaikwad UK., & Sane SS. (2014). Effective Classifier for User's Behavioural Profile Classification. *International Journal of Computer Science and Information Technologies (IJCSIT)*, 5(3), pp. 4541-454.
- Harris C., Stephens M. (1988). A combined corner and edge detector, *Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference*, pp. 147-151.
- Huang, T. S. (1996). *Computer Vision : Evolution And Promise. 1996 CERN School of Computing*, 21-25.
- Katifori, A. K. (2014). CHES: personalized storytelling experiences in museums. 232–235.
- Keil, J. P. (2013). A digital look at physical museum exhibits: Designing personalized stories with handheld Augmented Reality in museums. 685–688.
- Kim M.C., Choi K.S. (1999). A comparison of collocation-based similarity measures inquiry expansion, *Information Processing and Management*, 35, pp. 19-30.
- Lampe C.A., Ellison N., Steinfield C. (2007). A familiar face (book): profile elements as signals in an online social network, *CHI 2007 proceedings*, pp. 435-444.
- Liarokapis F., Sylaiou S., Mountain D. (2008). Personalizing Virtual and Augmented Reality for Cultural Heritage Indoor and Outdoor Experiences. *The 9th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST)*, doi: 10.2312/VAST/VAST08/055-062.
- Livingston, M. Z. (2005). Objective measures for the effectiveness of augmented reality. *IEEE Proceedings of Virtual Reality*, (pp. 287-288).
- Malik Z.K., Fyfe C. (2012). Review of Web Personalization. *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence*, 4(3), pp. 285-296.
- Mobasher B., Cooley R., Srivastava J. (2000). Automatic personalization based on webusage mining. *Communications of the ACM*, 43(8), pp. 142–151.
- Museum Navigation System using Augmented Reality Technologies*. (n.d.). From http://umdb.um.u-tokyo.ac.jp/DKankoub/Publish_db/2000dm2k/english/01/01-16.html
- Mustafa, M. (2013). 3D Object Recognition using LocalShape Descriptors. *Semantic Scholar*.
- Netflix (2019). How Netflix's Recommendations System Works, <https://help.netflix.com/en/node/100639>
- Nguyen MH., Nguyen TH. (2015). A General Model for Similarity Measurement between Objects. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 6(2), pp. 235-239.

Nosko A., Wood E., Molema S. (2010). All about me: disclosure in online social networking profiles: the case of FACEBOOK. *Comput Hum Behav*, 26(3), pp. 406–418.

Oliva-Felipe L. , Barrue C., Cortes A. , Wolverson E. , Antomarini M., Votis K., Paliokas I., Cortes U. (2018). Health Recommender System design in the context of CAREGIVERSPRO-MMD Project. In *PErvasive Technologies Related to Assistive Environments (PETRA)*, Corfu, Greece, doi: 10.1145/3197768.3201558.

Paliokas I., Sylaiou S., Katertsidis N. et al. (2018). OneAppy: An Interactive Platform Providing Novel Marketing Channels and Promoting Product and Services to the Tourism Industry, In proceedings of the 7th ICSIMAT, Athenian Riviera, Athens, pp. 559-568. doi: 10.1007/978-3-030-12453-3_64.

Paul MILGRAM, F. K. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 1321-1329.

Pierrakos D., Paliouras G., Papatheodorou C., Spyropoulos C.D. (2003). Web Usage Mining as a Tool for Personalization: A Survey. *User Modelling and User-Adapted Interaction*, 13, pp. 311-372.

Pinz, A. (2006). Object Categorization. *Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision: Vol. 1: No. 4*, 255-353.

Postmus S. (2018). Recommender system techniques applied to Netflix movie data, Vrije Universiteit Amsterdam, p. 31.

Salonen V., Karjaluoto H. (2016). Web personalization: The state of the art and future avenues for research and practice. *Telematics and Informatics*, 33(4), pp. 1088-1104. doi: 10.1016/j.tele.2016.03.004.

Schein A.I., Popescul A., Lyle H. Ungar L.H., Pennock D.M. (2002). Methods and Metrics for Cold-Start Recommendations. In *Proceedings of the 25th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR' 02)*. New York, ACM, pp. 253–260.

Selvam, A., Tzen-Vun, T., Yap, T. T., Ng, H., Tong, H.-L., & Ho, C. C. (2016). Augmented Reality for Information Retrieval Aimed at Museum Exhibitions using Smartphones. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 635 - 639.

Seychell, D. (2020, May 21). *towards data science*. Retrieved from Getting started with Computer Vision Datasets: a 5-step primer: <https://towardsdatascience.com/getting-started-with-computer-vision-datasets-a-5-step-primer-5aaf6d63552b>

Shang S., Hui Y., Hui P., Cuff P., Kulkarni S. (2014). Beyond personalization and anonymity: Towards a group-based recommender system. In *Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing (SAC)*, pp. 266–273. doi: 10.1145/2554850.2554924.

- Souri A., Hosseinpour S., Rahmani A.M. (2018). Personality classification based on profiles of social networks' users and the five-factor model of personality. *Hum. Cent. Comput. Inf. Sci.* 8(24), pp. 1-15, doi: 10.1186/s13673-018-0147-4.
- Suh Y., Park Y., Yoon H., Chang Y., Woo. (2007). Context-Aware Mobile AR System for Personalization, Selective Sharing, and Interaction of Contents in Ubiquitous Computing Environments, *Human-Computer Interaction, Part II, HCII 2007, LNCS 4551*, pp. 966-974.
- Sylaiou S., M. K. (2013). Exploring the effect of diverse technologies incorporated in virtual museums on visitors' perceived sense of presence. *Workshop Proceedings of the 9th International Conference on Intelligent Environments*, (pp. 493-506).
- Technologies, U. (2020, 05 04). *unity*. Retrieved from [unity Learn: https://learn.unity.com/tutorial/introduction-to-asset-bundles#](https://learn.unity.com/tutorial/introduction-to-asset-bundles#)
- Treiber, M. A. (2010). *An Introduction to Object Recognition Selected Algorithms for a Wide Variety of Applications*. Springer-Verlag London.
- Vosecky J., Hong D., Shen VY. (2009). User Identification across Social Networks using the Web Profile and Friend Network. *International Journal of Web Applications*, 2(1), pp. 23-34.
- Vuforia (2018). Optimizing Target Detection and Tracking Stability, available at: <https://library.vuforia.com/articles/Solution/Optimizing-Target-Detection-and-Tracking-Stability#Natural-Features-and-Image-Ratings>.
- Yang, M.-H. (2016). *Object Recognition*. Springer, New York, NY.
- Ηλιοπούλου Π. (2017). Γεωγραφική Ανάλυση, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα, <http://hdl.handle.net/11419/2059>