

PROGETTO 3DLAB-SICILIA

Deliverable D3.2

D3.2

Stato dell'infrastruttura 3Dlab-Sicilia alla fine del periodo di sperimentazione in ambito di laboratorio

Ottobre 2021





DATI DEL PROGETTO

Acronimo	3DLab-Sicilia
Titolo	Creazione di una rete regionale per l'erogazione di servizi innovativi basati su tecnologie avanzate di visualizzazione
Numero	08CT4669990220
CUP	G69J18001100007
Durata	03.03.2020 – 02.09.2022 (30 mesi)

DATI DEL DOCUMENTO

Numero	D3.2
Titolo	Stato dell'infrastruttura 3DLab-Sicilia alla fine del periodo di sperimentazione in ambito di laboratorio
Work package	WP3 - Creazione e validazione della rete di centri di VR, AR e visualizzazione 3D
Partner responsabile/i	SWING.IT, UNICT
Autore/i	Marco Pappalardo (SWING:IT), Simona Arriva (SWING:IT), Claudio Faro (SWING:IT), Angelo Belfiore (SWING:IT), Roberto Barbera (UNICT), Francesco Rundo (OASI), Nicoletta Paparone (PSTS), Giuseppe Di Piazza (IEMEST), Giuseppe Di Gregorio (UNICT), Domenico Tegolo (UNIPA), Alessandro Dal Col (KLAIN), Salvo Fazio (ORANFRESH)
Revisore/i interno/i	Roberto Barbera (UNICT), Giuseppe Di Piazza (IEMEST), Antonino Lopes (PSTS-consulente), Nicoletta Paparone (PSTS)
Tipologia	Rapporto
Livello di riservatezza	Pubblico
Data attesa	31.10.2021
Data	31.10.2021
Stato	Finale

DISCONOSCIMENTO

Le affermazioni fatte in questo documento riflettono le opinioni degli autori e non quelle dei Soggetti ai quali essi appartengono né quelle della Regione Siciliana.

Questo documento è rilasciato sotto la licenza Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC-BY-NC-SA).

RICONOSCIMENTO

Questo documento è un risultato del progetto 3DLab-Sicilia finanziato dal Dipartimento delle Attività Produttive della Regione Siciliana con D.D.G. n. 3432/5.S del 12/11/2019.



Sommario

Tabella degli acronimi	5
1 – Sintesi del documento	6
2 – Introduzione e stato dell’arte	6
3 – Centro di Realtà Virtuale	7
3.1 – SWING:IT, nodo di Catania	7
3.1.1 Infrastruttura di Visualizzazione	7
3.1.2 Infrastruttura di Rete Locale.....	7
3.1.3 Elementi dell’Infrastruttura Software	8
3.2 – IEMEST, nodo di Palermo	8
3.2.1 Infrastruttura di Visualizzazione	8
3.2.2 Infrastruttura di Rete Locale.....	9
3.2.3 Elementi dell’Infrastruttura Software	9
3.3 – OASI, nodo di Troina	9
3.3.1 Infrastruttura di Visualizzazione	9
3.3.2 Infrastruttura di Rete Locale.....	9
3.3.3 Elementi dell’Infrastruttura Software	10
4 – Altri Elementi Chiave dell’Infrastruttura.....	10
4.1 – Sistemi per La Scansione Digitale 3D Terrestre e Aerea	10
4.1.1 Scansione terrestre.....	10
4.1.2 Scansione aerea.....	13
4.2 – Visori per la Realtà Virtuale	16
4.3 – Altri Dispositivi	18
4.4 – 3D/VR Model Acquisition and Rendering	22
4.5 – Ipotesi di Infrastruttura di Rete Condivisa	22
4.6 – Archivio Digitale.....	23
5 – Pipeline Software Supportate	24
5.1 – PipeLine Sviluppo VR 3D	24
5.1.1 Fase iniziale, percorso A: Creazione modelli e oggetti da zero	24
5.1.2 Fase iniziale, percorso B: Creazione modelli da scansione.....	25
5.1.3 Fase finale: Importazione in Unity del modello 3D e creazione dell’App	26
5.2 – PipeLine Sviluppo VR 3D Ridotta	27



6	– Pipelines Software per gli Use Case già Identificati	27
6.1	– Turismo 4.0	27
6.2	– UNESCO-VR	30
6.2.1	Modellazione fotogrammetrica	31
6.2.2	Scansioni con Laser Scanner	31
6.3	– MONRAD	33
6.4	– CoReV-Lab	34
6.4.1	Utilizzo software di editing, modellazione 3D e mappatura UV degli asset di scena	34
6.4.2	Immagini bitmap sprite, texture map e normal map	35
6.4.3	Shader, materiali, superfici ed effetti grafici	35
6.4.4	Effetti sonori e musica	35
6.4.5	Animazioni	35
6.4.6	Ambienti di sviluppo e scripting	35
6.4.7	Gestori e strutture database	36
6.4.8	Protocolli di comunicazione dati	36
6.4.9	Front-end operatori sanitari	36
6.5	– ADNet	37
6.6	– SIMAM	37
6.7	– VCC	43
6.7.1	Effetti sonori e musica	44
6.7.2	Animazioni	44
6.7.3	Ambiente di sviluppo	44
6.7.4	Applicazione VR Tecnici	45
6.7.5	Visori VR	45
7	– Conclusioni	47



TABELLA DEGLI ACRONIMI

Acronimo **Significato**

AGCWD	Adaptive Gamma Correction with Weighted Distribution
AR	Augmented Reality
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment
CLAHE	Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization
DBMS	Database Management System
HDR	High Dynamic Range
HMD	Head Mounted Display
HSV	Hue Saturation Value
IPD	Interpupillary Distance
IVR	Immersive Virtual Reality
LCD	Liquid Crystal Display
LOD	Level of Detail
MR	Mixed Reality
MVP	Minimum Viable Product
NAS	Network Attached Storage
OSVR	Open Source Virtual Reality
PDF	Probability Density Function
RPC	Remote Procedure Call
SDK	Software Development Kit
SfM	Structure from Motion
SoC	System on Chip
VR	Virtual Reality
VRPN	Virtual Reality Network Protocol



1 – SINTESI DEL DOCUMENTO

Questo rapporto presenta lo stato dell'infrastruttura 3DLab-Sicilia con particolare attenzione sullo stato di avanzamento della realizzazione dei tre laboratori nei nodi del progetto che compongono il Centro di Realtà Virtuale geograficamente distribuito e sulle sequenze (pipeline) di esecuzione di software implementate internamente per la creazione di modelli tridimensionali e scenari immersivi e offerte dal progetto a tutti i possibili utilizzatori esterni.

Il documento è organizzato come segue: la Sezione 2 introduce lo stato dell'arte relativamente alle soluzioni di Cross Reality (XR, che comprende anche la Realtà Virtuale); la Sezione 3 presenta le caratteristiche e le potenzialità del Centro di Realtà Virtuale di 3DLab-Sicilia; la Sezione 4 presenta gli ulteriori elementi chiave dell'infrastruttura che il progetto mette a disposizione dell'utenza; infine, nelle sezioni 5 e 6 vengono forniti i dettagli delle pipeline software supportate, rispettivamente, per servizi di utilità generale e per servizi specifici per gli use case del progetto.

2 – INTRODUZIONE E STATO DELL'ARTE

Le tecnologie della realtà aumentata (AR), della realtà virtuale (VR) e della realtà mista (MR) ci permettono di rappresentare, attraverso step logici, quella che è la riproduzione digitale di uno scenario reale al quale si vuole applicare una trasformazione che permetta all'utente di avere una esperienza totalmente sintetica (artificiale) e immersiva dello scenario rappresentato.

Tali tecnologie possono essere viste come degli strumenti che permettono di passare dalla Realtà Reale alla Realtà Virtuale senza soluzione di continuità in una sorta di "continuum" che spesso viene riferito come realtà estesa (XR). Ad una estremità di tale continuum c'è la Realtà Reale, all'altra estremità c'è la Realtà (totalmente) Virtuale. Nel mezzo ci sono diversi livelli di soluzioni "blended" che vanno dalla sola Realtà Aumentata, che permette di "aggiungere" in overlay informazioni digitali sovrapposte alla realtà reale, fino alla Realtà Virtuale, passando da infinite possibili combinazioni di Realtà Mista (Mixed Reality) dove il Reale, l'Aumentato e il Virtuale si combinano a più livelli.

Per stimare l'impatto economico delle tecnologie AR/VR/MR nel PIL mondiale e l'importanza di questo tipo di tecnologia nel mondo del commercio, è possibile monitorare l'andamento delle vendite di hardware e software necessario alle applicazioni che implicano soluzioni immersive. Nel 2020, l'impatto economico della realtà virtuale e della realtà aumentata ha raggiunto una cifra che si aggira intorno ai 29,5 miliardi di dollari (anche se le previsioni al 2017 erano ancora più alte). Per comprendere la linea di tendenza basta considerare che, alla fine del 2017, il valore economico delle unità vendute di software e hardware VR di Sony, Oculus, HTC e altri produttori è stato pari a 2,4 miliardi di dollari, mentre alla fine del 2016 si contavano 1,7 miliardi di dollari.

Secondo uno studio di ANIWAA, riportato in un articolo di Know Techie¹, sull'andamento del mercato VR negli ultimi anni emergono dati di crescita sbalorditivi e di assoluto interesse sia per chi lavora nel settore della tecnologia immersiva ma anche per tutti quei professionisti che operano in maniera più o meno diretta nel campo della comunicazione, nonché per ogni realtà aziendale e di Business.

Dal report emerge che, per il 2018, le vendite di dispositivi per la Realtà Virtuale sono state stimate in 8,9 milioni di dispositivi (un aumento del 7% rispetto al 2017) e, sulla stessa scia, IDC ha riportato dati simili².

Nel report del 2018 era previsto per il 2019 una maggiore attenzione anche verso il mercato della Realtà Aumentata, prevedendo un aumento delle vendite di dispositivi hardware e software per AR. E in effetti così è stato, sul mercato c'è stata una vendita di unità AR pari a 2 milioni di prodotti. Secondo lo stesso studio, entro il 2020, una persona su 3 avrà avuto accesso ad un'esperienza VR/AR.

Le proiezioni per il 2021 parlano di un effettivo riscontro numerico di questo rivoluzionario cambiamento di approccio alla tecnologia immersiva e della sua reale diffusione, con una spesa totale tra dispositivi AR e VR che si prevede raggiungerà i 215 miliardi di dollari. C'è chi, come Klecha & Co³, fa delle previsioni più

¹ <https://knowtechie.com/the-market-potential-for-vr-and-ar-in-the-future/>

² <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US47225121>

³ <https://www.klecha-co.com>



conservative e prevede che la spesa mondiale in AR e VR dovrebbe raggiungere circa 160 miliardi di dollari entro il 2023.

Un'ultima panoramica, sul medio periodo, prevede infine che entro il 2022 i dispositivi AR e VR acquisiranno una quota stabile del mercato hi-tech, con previsioni di vendita che raggiungeranno 39,2 milioni di unità per i dispositivi VR e 26,7 milioni di unità per i dispositivi AR.

PriceWaterhouseCooper⁴ prevede che questo settore che riguarda tecnologie immersive (AR, MR e VR) sarà in grado di apportare 1.500 miliardi di dollari e oltre 23 milioni di nuovi posti di lavoro nell'economia mondiale entro il 2030.

Una stima aggiornata sul valore del mercato riferito alla sola combinazione di dispositivi AR e VR è di 4,7 miliardi di dollari al 2025 con un totale di 3,2 milioni di utenti.

Per maggiori informazioni, si legga il rapporto⁵ prodotto dal progetto 3DLab-Sicilia.

3 – CENTRO DI REALTÀ VIRTUALE

Il centro diffuso di Realtà Virtuale del progetto si compone di tre diversi siti, distribuiti geograficamente sul territorio della regione a Catania, Troina (EN) e Palermo, con l'intento di soddisfare il fabbisogno dell'utenza regionale. Nelle seguenti sotto-sezioni vengono analizzate le infrastrutture acquisite in ciascuno dei tre laboratori. I tre siti saranno collegati in rete costituendo il network del laboratorio diffuso di 3DLab-Sicilia.

3.1 – SWING:IT, NODO DI CATANIA

3.1.1 Infrastruttura di Visualizzazione

Il Laboratorio Software Engineering Italia S.r.l. (in seguito denominato SWING:IT), sito a Catania, dispone di una Virtual Room di tipo angolare. Esso è costituito da due schermi di dimensioni 2600 x 2000 mm² montati su una struttura rigida avente due pannelli (uno per schermo) posti tra loro ad angolo retto. Sugli schermi vengono proiettate le scene di Realtà Virtuale 3D mediante l'utilizzo di due proiettori 3D ad alta definizione e ottica ultracorta. La Virtual Room in questione è in grado di riprodurre un'esperienza di Realtà Virtuale ad elevata immersività (IVR, Immersive Virtual Reality). Il sistema costituisce quindi un video-teatro all'interno del quale vengono proiettate immagini mediante l'utilizzo di proiettori 3D e schermi unitamente a opportuni software che garantiscono l'implementazione dei flussi video tridimensionali e degli effetti necessari (ad es., stereoscopia). Per fruire compiutamente della proiezione all'interno della Virtual Room, l'utente indossa un occhiale 3D. Nel caso della Virtual Room di SWING:IT, gli occhiali sono di tipo attivo, cioè sincronizzati con il sistema di proiezione e dotati di otturatore (che si occupa di chiudere alternativamente la luce per ogni occhio) con frequenza di almeno 60 Hz. Una delle caratteristiche più importanti del sistema installato è la presenza del sotto-sistema di tracking, che permette di tracciare la posizione dell'utente all'interno della Virtual Room e di utilizzare queste informazioni per il ricalcolo in tempo-reale della visione prospettica, dando così all'utente la sensazione di poter navigare e muoversi all'interno della scena 3D.

SWING:IT dispone anche di due visori per la Realtà Virtuale HTC OSVR e di un Oculus Quest da 512 GB. Inoltre, il Parco Scientifico e Tecnologico della Sicilia (PSTS) ha acquistato e messo a disposizione nel laboratorio ospitato da SWING:IT due Visori Oculus Quest 2 da 256 GB e due Cavi Oculus Link, al fine di integrare la gamma di visori già in dotazione.

3.1.2 Infrastruttura di Rete Locale

La Virtual Room di SWING:IT è controllata da due PC di elevata potenza:

- Il Nodo di rendering (Render PC), dedicato esclusivamente alla creazione delle scene. Tramite una potente scheda grafica, esso riesce a gestire la proiezione dell'ambiente 3D sui due proiettori.
- Il Nodo di elaborazione (Master PC), che si occupa dell'esecuzione del software; in esso vengono eseguiti gli applicativi 3D; esso comunica via Ethernet con il nodo di rendering.

⁴ <https://www.pwc.com/it/it.html>

⁵ M. Samarotto, L. Santo, A. Lopes, N. Papparone, "Indagine di mercato su Realtà Aumentata e Virtuale", <https://doi.org/10.15161/oar.it/73675>



La VR di tipo angolare a due pareti necessita dell'utilizzo di due video proiettori, uno per pannello. I video proiettori 3D con risoluzione 1280 x 720 a 3000 lumen utilizzati sono entrambi BENQ MW843UST Digital Projector.

Il sistema di tracking adottato è l'ARTTRACK5, un sistema stand-alone, che utilizza il tracciamento a raggi infrarossi (IR). Esso è equipaggiato da una unità centrale che implementa l'algoritmo di tracciamento a cui fanno capo delle telecamere a raggi infrarossi. Queste emettono, in modo continuo, fasci di luce infrarossi che vengono riflessi da elementi speciali (usualmente sfere rifrangenti alla luce infrarossa), detti marker, che sono posti sugli oggetti da tracciare (occhiali, guanti, mouse 3D flystick, etc). I fasci riflessi dai marker vengono acquisiti dalle telecamere. Le informazioni ad essi connesse vengono elaborate dall'unità centrale che crea una immagine a scala di grigi in modo tale da poter riuscire a determinare la posizione di ogni singolo marker. Infine, un sistema di "Pattern Recognition" riesce a determinare la posizione e orientare ogni singolo marker presente entro l'area di tracciamento.

La rete Internet consente anche il collegamento e la connessione con gli altri laboratori.

3.1.3 Elementi dell'Infrastruttura Software

Il centro di Catania dell'infrastruttura 3DLab-Sicilia integra software dedicati a numerose e diverse funzionalità.

Il sistema di tracking è gestito dal software "DTrack2" installato sul Master PC. DTrack2 fornisce, oltre alle informazioni sulla posizione dell'utente nella scena, la possibilità di controllare il funzionamento del sistema di tracciamento via Ethernet, calibrando l'input proveniente dalle camere.

Il software DSP Configurator, utilizzato per il mixing dell'audio, presenta una interfaccia utente che visualizza in modo chiaro tutti gli input e gli output, i blocchi di elaborazione dell'audio e i punti di mixaggio per gli output, i bus virtuali e di espansione, in una singola finestra.

Tra i software disponibili per le pipeline generiche di 3D modeling e rendering vi sono inoltre:

- per la generazione e modifica del modello, il posing, la reimportazione del modello completo o della base di rigging: Crazy Talk 8, Character Creator 3, iClone (support);
- per la modifica di modelli 3D, la modellazione di parti anatomiche, abbigliamento e accessori, decimazione poligonale, generazione delle mappe UV, esportazione ed eventuali rendering: Zbrush, MeshLab;
- a supporto (anche per la modellazione base del character o di model 3D aggiuntivi, nonché di render ad alto fotorealismo, rigging, ecc.): 3ds Max, Maya, Blender, un motore di rendering (Corona Renderer o Vray);
- per il texturing, generazione e modifica texture, postproduzione, compositing, ecc.: Photoshop.
- per la gestione del game, creazione dell'environment e animazione, AR e VR: Unity 3D.

L'applicazione generata mediante Unity 3D produce un output video che viene gestito dal software TechViz XL⁶ il quale opera da interfaccia tra il Master PC e la Virtual Room. TechViz XL è un software dedicato alla visualizzazione avanzata di modelli e ambienti 3D su particolari supporti (CAVE, HMD, ecc.). Il software riesce a visualizzare le scene 3D senza nessuna limitazione di risoluzione e di performance. Inoltre, offre la possibilità di lavorare direttamente con l'applicazione 3D e mostrare sui videoproiettori in tempo reale le operazioni che vengono eseguite. Tramite le proprie librerie dedicate, permette di acquisire lo stream video inviato alla scheda grafica e distribuirlo al Render PC.

3.2 – IEMEST, NODO DI PALERMO

3.2.1 Infrastruttura di Visualizzazione

Il laboratorio per la realtà virtuale dell'Istituto Euro-Mediterraneo di Scienza e Tecnologia (in seguito denominato IEMEST), sito a Palermo, è costituito da un CAVE e da visori indossabili. Il CAVE permette di visualizzare ed interagire con scenari virtuali, proiettati in 3D in un ambiente costituito da tre pareti. Tre videoproiettori 3D e software specifici consentono di ottenere una visualizzazione stereoscopica interattiva.

⁶ <https://www.techviz.net/en/techviz-xl/>



L'interazione è gestita da un sistema di tracking costituito da 4 sensori inseriti in occhiali speciali che mappano il movimento dell'utente, e da un joystick, anch'esso tracciato dai 4 sensori, che consente l'interazione con gli oggetti virtuali della camera.

I visori (v. sezione 4.2) in dotazione del laboratorio sono un Oculus Quest 2 ed un Valve Index. Il primo permette di usufruire delle applicazioni per la realtà virtuale in modalità standalone. Il secondo, collegato ad una workstation, utilizza due sensori traccianti (uno posizionato a terra e l'altro su un piano rialzato) per un tracciamento più preciso e un miglioramento qualitativo nella fruizione delle applicazioni.

3.2.2 Infrastruttura di Rete Locale

Il rendering per la visualizzazione delle applicazioni nel CAVE è gestito da due workstation collegate in rete locale in modalità master/slave, che permettono la sincronizzazione della visualizzazione in uno scenario 3D. Entrambe le workstation sono collegate alla rete Internet tramite la rete LAN dell'istituto, garantendo un agevole sviluppo delle applicazioni e gli aggiornamenti del sistema. La rete Internet consente anche il collegamento e la connessione con gli altri laboratori.

3.2.3 Elementi dell'Infrastruttura Software

Le applicazioni per la realtà virtuale sviluppate in IEMEST utilizzano il motore grafico Unity 3D. L'utilizzo di una soluzione open source, adattata e sviluppata per il CAVE e per i visori, consente di realizzare applicazioni fruibili nella infrastruttura senza impiegare software commerciale fornito da terzi.

3.3 – OASI, NODO DI TROINA

3.3.1 Infrastruttura di Visualizzazione

L'infrastruttura di visualizzazione dell'Istituto di Ricovero e Cura Oasi Maria SS. Onlus (in seguito denominato IRCCS-OASI), localizzato a Troina (EN), è costituita da un sistema di realtà virtuale immersiva di tipo CAVE e da alcuni dispositivi mobili sia per la realtà immersiva (visori VR, v. sezione 4.2) che per la visualizzazione 2D (tablet di piccole e grandi dimensioni).

La possibilità di fruire dei vari servizi offerti tramite diverse tipologie di dispositivi, collegati in rete ad un server centrale, rappresenta un enorme punto di forza del sistema. Nel caso, per esempio, di pazienti che dovranno sottoporsi a protocolli riabilitativi, sarà possibile fruire del servizio sia in Istituto (sede del laboratorio), sia in remoto a casa del paziente stesso; la possibilità di usufruire di una riabilitazione domiciliare in remoto, oltre a garantire una continuità assistenziale, minimizza i disagi del paziente e della propria famiglia dovuti agli spostamenti per raggiungere il laboratorio riabilitativo e nello stesso tempo permette un risparmio economico, sia per il paziente sia per il sistema sanitario.

Come ampiamente descritto nel deliverable D3.1⁷, il sistema CAVE è costituito da: due pareti e due proiettori, sistema di tracking, sistema audio 5.1, joystick, occhiali 3D attivi e stanza di controllo (v.sezione 3.2.2).

3.3.2 Infrastruttura di Rete Locale

Il CAVE dell'IRCCS Oasi viene gestito dalla control room tramite due PC ad elevate prestazioni (un Master ed uno Slave) che assicurano l'esecuzione di scenari 3D e applicativi in modalità stereoscopica. I due PC fanno parte di una rete locale dedicata costituita dagli stessi e da uno switch. Inoltre, entrambi i PC sono connessi sia alla rete locale dell'Istituto, così da garantire la comunicazione con il web service ed il database ospitati su un server interno all'Istituto, sia alla rete internet, così da garantire gli aggiornamenti di sicurezza e la raggiungibilità degli stessi dall'esterno.

⁷ <https://doi.org/10.15161/oar.it/73734>



3.3.3 Elementi dell'Infrastruttura Software

Da un punto di vista prettamente software, come già descritto nel deliverable D3.1⁸, il sistema CAVE di Troina si basa su tre software: l'applicativo sviluppato in Unity 3D, Dtrack (v. sezione 3.1.3) e MiddleVR⁹. Dtrack traccia l'utente all'interno della scena 3D, mentre MiddleVR gestisce l'immagine sulle pareti del CAVE, relaziona i dati provenienti da Dtrack con la scena Unity e riconosce gli input inviati dai dispositivi collegati. Affinché un applicativo 3D possa essere eseguito correttamente all'interno del sistema CAVE, lo sviluppo dell'applicativo stesso in Unity 3D deve avvenire adoperando il package di MiddleVR per Unity 3D.

4 – ALTRI ELEMENTI CHIAVE DELL'INFRASTRUTTURA

Seguirà una descrizione dettagliata dei sistemi aggiuntivi degli ulteriori dispositivi che sono messi globalmente a disposizione dall'infrastruttura. Alcuni di essi saranno disponibili nei tre nodi, quindi su scala regionale, altri lo saranno solo localmente.

4.1 – SISTEMI PER LA SCANSIONE DIGITALE 3D TERRESTRE E AEREA

4.1.1 Scansione terrestre

Per la scansione digitale 3D terrestre sono stati utilizzati sistemi a sensori attivi (es., il laser scanner 3D) e sistemi a sensori passivi, tra i quali la camera digitale CANON EOS full frame.

4.1.1.1 Laser Scanner

Il laser scanner che fa parte dell'infrastruttura 3DLab-Sicilia è un FARO Focus S Plus 350, attualmente fra i più veloci sul mercato. Lo scanner consente di eseguire scansioni rilevando milioni di punti, le cosiddette "nuvole di punti", e di riprendere simultaneamente fotografie in HDR aventi lo stesso sistema di riferimento. L'angolo operativo orizzontale è di 360°, quello verticale è di 150°. Le operazioni sono facilitate da un set di sfere riflettenti, opportunamente disposte dall'operatore, di cui è previsto il riconoscimento automatico in fase di unione delle nuvole di punti. Lo strumento è dotato di una serie di profili di default per operare sia in interni che in esterni con settaggi di luce, risoluzione e qualità prefissate, su cui l'operatore può intervenire per migliorare la qualità e il raffittimento dei punti della nuvola e delle immagini fotografiche con o senza HDR. La registrazione avviene su una scheda SD e vi è la possibilità di scaricare e unire le nuvole in situ su PC tramite il software Scene¹⁰ in modalità wifi. Il sistema prevede anche di registrare la posizione GPS con precisione centimetrica. Completano le funzioni interne un sensore di inclinazione, una bussola geografica e altre funzioni minori.

⁸ A. Adamo et al., "D3.1 - Architettura dell'infrastruttura 3DLab-Sicilia e del "liquid lab"", <https://doi.org/10.15161/oar.it/73734>

⁹ <https://www.middlevr.com>

¹⁰ <https://www.faro.com/it-IT/Products/Software/SCENE-Software>



FIGURA 1 - LASER SCANNER FARO FOCUS S PLUS 350

Caratteristiche principali:

- Fino a 2 milioni di punti al secondo per scansioni a lungo raggio
- Range: 350 m
- Precisione: 1 mm
- Colorazione: 165 MPX HDR 5x
- IP 54.

Per una maggiore precisione, a scala millimetrica, l'infrastruttura è dotata altresì di un'antenna GPS rover GEOMAX Zenith 16, al fine di rilevare con precisione la posizione di siti di Beni Culturali, a supporto dell'unione delle nuvole di punti.



FIGURA 2 - SISTEMA GPS CON ANTENNA ROVER GEOMAX ZENITH 16

4.1.1.2 Sistemi per la Fotogrammetria

Le riprese fotografiche per la ricostruzione fotogrammetrica sono effettuate con una camera full frame Canon EOS-1Ds Mark III, al fine di avere un sensore di notevoli dimensioni e quindi una maggiore definizione delle immagini, cioè un maggior numero di punti. A corredo della camera è stato utilizzato un cavo elettrico flessibile e un treppiedi nelle situazioni di minore illuminazione, dovendo utilizzare tempi di esposizione del sensore lunghi, evitando così l'esecuzione di foto mosse.

Inoltre, l'attrezzatura è dotata di sei diverse ottiche, fra cui un obiettivo 24-105 mm, 17-40 mm, 14 mm, 28-70 mm, 50 mm, 200 mm.



FIGURA 3 - STAZIONI FOTOGRAFICHE: CARCERE BORBONICO DI VIZZINI (SINISTRA) E ABITAZIONE RUPESTRE DI PANTALICA (DESTRA)

4.1.1.3 Braccio Robotico

Al fine di rendere facile, ripetibile e intuitivo il rilievo fotogrammetrico per la virtualizzazione di oggetti 3D di piccole dimensioni si sta realizzando una cella robotica che utilizza un robot industriale per eseguire questo compito. Il funzionamento prevede che il robot sia equipaggiato con una fotocamera reflex installata sull'area terminale del braccio e in grado di scattare delle foto attorno all'oggetto. La progettazione della cella si sta direzionando verso obiettivi di trasportabilità e facilità di messa in servizio. Si sta sviluppando una soluzione che sia trasportabile con un mezzo furgonato e che possa all'occorrenza essere smontata e riasssemblata all'interno del museo o degli altri siti oggetti di interesse.

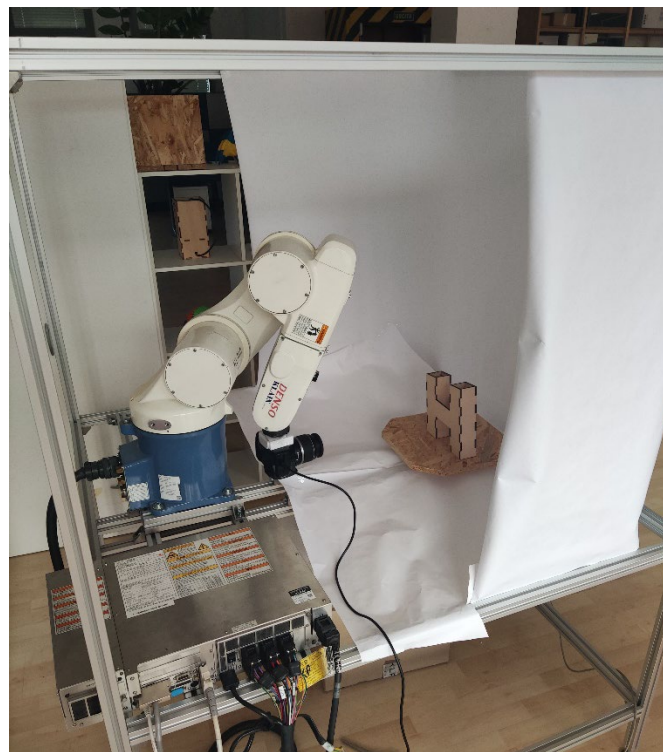


FIGURA 4: PROTOTIPO DELLA CELLA ROBOTICA

In tal modo sarà possibile trasportare l'attrezzatura in tutti i luoghi contenenti oggetti di interesse ed all'occorrenza minimizzare la movimentazione di oggetti preziosi e/o delicati. I modelli virtuali creati potranno essere fruiti in diverse modalità e potranno essere condivisi con gli altri partner del progetto per il loro inserimento in esperienze di realtà virtuale e/o aumentata.

4.1.2 Scansione aerea

Per la virtualizzazione di ambienti di rilievo storico e/o culturale come, ad esempio, edifici o elementi naturalistici si esegue il rilievo fotogrammetrico per mezzo di un drone, un aeromobile radiocomandato dotato di un dispositivo fotografico. La procedura si presta particolarmente nel caso di siti culturali posizionati

in zone isolate e prive di ostacoli di altezza notevole nelle vicinanze. Nel caso di ostacoli di altezza comparabile a ridosso del soggetto da rilevare, si integra con un rilievo a terra, tramite macchina fotografica. Un esempio di scenario che presenta tali difficoltà è quello cittadino, specialmente quando sono presenti palazzi alti e vicoli stretti. In casi estremi la ricostruzione 3D può risultare difficoltosa nonostante l'integrazione del rilievo da terra. La fase successiva prevede l'elaborazione tramite un software di fotogrammetria, capace di riconoscere la posizione e l'orientamento delle fotografie e di ricavare quindi un'informazione spaziale, consentendo la creazione del modello 3D. I passi tipicamente prevedono l'allineamento delle immagini, la creazione di una nuvola di punti densa, la creazione di una mesh e il calcolo della texture.



FIGURA 5: STATO INTERMEDIO DI ELABORAZIONE DELLA BIBLIOTECA COMUNALE DI SORTINO (ALTO) E DEL CARCERE BORBONICO DI VIZZINI (BASSO)

Il rilievo aereo presenta molti vantaggi, primo fra tutti la facilità di esecuzione negli ambienti più disparati, in cui può essere difficoltoso coprire la totalità del soggetto da virtualizzare. Inoltre, risulta semplice eseguire rilievi di aree di dimensioni medio grandi, come può essere un'antica fortificazione o una valle naturale. Alcuni esempi di acquisizioni eseguite nell'ambito del progetto e attualmente in elaborazione sono riportate nelle figure soprastanti.

4.1.2.1 Droni

I droni sono dispositivi volanti radiocomandati con funzioni di guida autonoma programmata. Permettono il pilotaggio manuale o l'impostazione di una missione costituita da un percorso GPS e una serie di azioni, come la ripresa video, o lo scatto di fotografie in punti predefiniti. Il dispositivo utilizzato nel progetto da KLAIN ROBOTICS è un Autel Evo Pro 2 con fotocamera a risoluzione 6K, mostrato nella figura di seguito.



FIGURA 6: DRONE AUTEL EVO PRO 2 6K

Il drone è corredato di un'applicazione per dispositivi mobili, fornita dal produttore, tramite la quale è possibile impostare i piani di volo fotogrammetrici che consentano una opportuna sovrapposizione delle immagini e che al salvataggio vengano contrassegnate con marcatura GPS.



FIGURA 7: ESEMPIO DI MISSIONE FOTOGRAMMETRICA NELL'APP AUTEL EXPLORER

I piani di volo sono molteplici e permettono l'esecuzione di differenti azioni, come griglie, orbit o waypoint utilizzabili in concomitanza. È possibile quindi tracciare griglie o percorsi che consentano una disposizione ottimale delle fotografie e che facilitino la successiva ricostruzione tridimensionale.

Il drone ha una dimensione pari circa a 400 mm per lato e peso pari a 1200 g. Esso è corredato di una comoda valigetta di dimensioni confrontabili con una ventiquattrore che ne consente il trasporto agevole. Grazie alla dotazione di batterie, è possibile spostarsi anche in luoghi privi di punti di ricarica ed effettuare riprese per oltre tre ore. Il dispositivo denota quindi una grande facilità di spostamento, che consente l'esecuzione di rilievi in tutti i luoghi raggiungibili con mezzi di trasporto.



FIGURA 8: VALIGIA DI TRASPORTO DEL DRONE AUTEL EVO PRO 2

Il drone è stato ampiamente testato attraverso una campagna di rilievi che ne hanno confermato le capacità e le funzionalità. Un esempio di situazione estrema, in un contesto isolato e privo di punti di ricarica, è il vulcano Etna che è stato oggetto di una campagna di rilievi dedicata.



FIGURA 9: IL DRONE SULL'ETNA, IN PROSSIMITÀ DELLA VALLE DEL BOVE

4.2 – VISORI PER LA REALTÀ VIRTUALE

I dispositivi indossabili e gli accessori, per simulare la virtualità dei movimenti, permettono di sperimentare una più ampia interfaccia uomo-macchina. L'infrastruttura è dotata dei seguenti visori:

1. Oculus Rift S. Visore VR dotato di 5 fotocamere che gli permettono di localizzare automaticamente la propria posizione nello spazio. Due controller permettono l'interazione con la scena. Tale visore va usato necessariamente assieme ad un PC ad esso collegato tramite un cavo che connette alla DisplayPort della scheda video e a una porta USB 3.0.
2. Visore Oculus Quest 2 da 256 GB. Considerato il visore stand-alone mobile più potente, rappresenta uno strumento per la fruizione di contenuti VR personalizzati ad elevata prestazione e per numerose applicazioni in vari settori, un dispositivo wireless e autonomo a livello computazionale che non

richiede necessariamente collegamenti ad un PC, hardware aggiuntivo né altre periferiche. È dotato di pannelli con display LCD, 4 fotocamere frontali e due avanzati controller che permettono il tracking in tempo reale nell'ambiente prossimale con una completa libertà di movimento. Il dispositivo è configurato attraverso l'app ufficiale per smartphone. Una volta collegato al visore ed associato l'account Facebook, sullo smartphone è possibile navigare l'Oculus Store e la sua libreria sia dalla home in VR che dall'app Oculus. Il visore può anche essere collegato attraverso il cavo USB Oculus Link (5 m) a un computer da gioco, diventando a tutti gli effetti un Oculus Rift. In tale modalità, il computer si farà carico dell'elaborazione grafica e dello streaming al visore, tramite USB Type C. È possibile anche attivare una modalità di integrazione con il PC senza la necessità del cavo Oculus Link (funzionalità attualmente in fase beta), chiamata "Air Link" che prevede lo streaming del flusso video creato dal PC attraverso connettività Wi-Fi tra PC e visore.

L'adozione di questa funzionalità rappresenta un ulteriore vantaggio del visore Oculus Quest 2 che ne rende più agevole e funzionale l'impiego, sia nelle fasi di prototipazione e testing delle attività pensate espressamente per la VR immersiva, sia (e soprattutto) durante le attività riabilitative che si svolgeranno presso il laboratorio dell'IRCCS-OASI.

Specifiche tecniche dell'Oculus Quest 2:

- Dimensioni del prodotto: 191,5 mm x 102 mm x 142,5 mm (cinghia ripiegata), 191,5 mm x 102 mm x 295,5 mm (cinghia completamente estesa);
- Peso: 503g;
- Tracking: supporta 6 gradi di libertà di tracciamento della testa e della mano attraverso la tecnologia integrata Oculus Insight;
- Memoria: 256GB
- Pannello del display: Fast-switch LCD;
- Risoluzione del display: 1832x1920 per occhio;
- Display Refresh: 72Hz al lancio; 90Hz in arrivo
- SoC: Qualcomm Snapdragon XR2 Platform
- Audio: speaker e microfono integrati; compatibile anche con cuffie da 3,5 mm;
- RAM: 6GB
- Durata della batteria: tra le 2-3 ore in base al tipo di contenuto utilizzato su Quest 2; più vicino alle 2 ore se si gioca e più vicino alle 3 ore se si guardano video. In qualsiasi momento, è possibile controllare lo stato della batteria del visore nelle impostazioni dell'app di Oculus o in VR tramite Oculus Home;
- Tempo di ricarica: con l'alimentatore USB-C in dotazione, la batteria di Quest 2 si ricarica completamente in circa 2,5ore;
- IPD(distanza interpupillare): regolabile con tre impostazioni: 58, 63 e 68mm;
- Spazio di gioco: Standing o Roomscale. Il requisito minimo per il Roomscale è di circa 2x2 metri di spazio libero da ostacoli.

Controller:

- Dimensioni: 9 x 12cm (per controller, incluso l'anello di tracciamento);
- Peso: 126g (per controller, escluso il peso della batteria);
- Richieste 2 batterie AA (1 per controller)



FIGURA 10: DUE VISTE DELL'OCULUS QUEST 2



3. Oculus Quest 512 Gbyte, con chip Qualcomm Snapdragon 835 e 4 GB di RAM. Tre tra i quattro core CPU da 2,3 GHz del chip sono riservati al software, mentre il core rimanente e i quattro core a basso consumo sono riservati al motion tracking e ad altre funzioni in background. Per ciascun occhio viene utilizzato un display OLED Pentile diamantato, con una risoluzione individuale di 1440 × 1600 e una frequenza di aggiornamento di 72 Hz.
4. Visore Valve Index, per il quale è necessario il collegamento a un PC, dispone di un sistema di tracking più preciso, che sfrutta una coppia di sensori posti su un asse verticale, in alto e in basso rispetto alla posizione dell'utente. A questi si aggiungono joystick maggiormente sensibili ai movimenti, un display con angolo di visione più ampio e un migliore refresh rate.
5. Visori HTC OSVR (Open Source Virtual Reality) HDK 2 Virtual Reality Headset con tecnologia dual display 2160 x 1200 pixel (1080 X 1200 per occhio) alla velocità di 90fps, capaci di garantire la massima immersione nel mondo virtuale.
6. VR REDSTORM. Visore VR compatibile con i sistemi operativi **Android, Apple iOS e Windows Phone** e può essere abbinato a tutti gli smartphone che hanno un display con diagonale che va dai 4,7 pollici ai 6 pollici.

Di seguito la dotazione dei visori VR presenti nei laboratori di 3DLab Sicilia:

- Catania (SWING:IT)
 - 2 HTC OSVR;
 - 1 Oculus Quest 512 GB;
 - 2 Oculus Quest 2 256 GB con 2 cavi Oculus Link (PSTS);
 - VR REDSTORM (UNICT DICAR).
- Troina (IRCCS-OASI)
 - 1 Oculus Rift S;
 - 1 Oculus Quest 2 256 GB.
- Palermo (IEMEST)
 - 1 Oculus Quest 2 256 GB;
 - 1 Valve Index.

4.3 – ALTRI DISPOSITIVI

Il Parco Scientifico e Tecnologico della Sicilia mette a disposizione nel laboratorio di SWING:IT alcuni dispositivi di input ed accessori ad integrazione di quelli già in dotazione al fine di ampliare e sperimentare una migliore fruizione di ambienti ad alta immersività nella Virtual Room.

Di seguito l'elenco di 10 dispositivi indossabili e accessori per simulare la virtualità dei movimenti che permettono di sperimentare una più ampia interfaccia uomo-macchina:

- n. 2 Leap Motion Controller: è una tecnologia di rilevazione del movimento nell'interazione tra il computer e l'uomo. Leap Motion Controller è un piccolo dispositivo che si posiziona sulla scrivania che si connette al computer tramite USB, capace di riconoscere e tracciare con elevata precisione le gesture delle mani e delle dita. Grazie all'impiego di due telecamere, tre LED infrarossi e due sensori ottici, riesce a creare uno spazio tridimensionale di raggio 60 cm. La tecnologia per lo sviluppo può avvalersi di linguaggi Javascript, HTML5 e le API del Leap Motion. Il controller utilizza luce infrarossa e sensori ottici, diretti lungo l'asse y (ossia verso l'alto quando il controller è nella sua posizione di funzionamento standard), per avere un campo visivo di circa 150 gradi. Il campo effettivo del Leap Motion si estende da 25 a 600 mm circa. Può riconoscere e seguire i movimenti di entrambe le mani e di tutte le dieci dita, oltre a un oggetto puntatore (ad esempio una matita), analizzando i frame campionati dai sensori IR con una frequenza di almeno 50fps (frame per secondo).



FIGURA 11: FIGURA LEAP MOTION CONTROLLER

- n. 1 MICROSOFT KINECT SENSOR BAR: è un dispositivo di input per il rilevamento del movimento del corpo umano. È una periferica che si trova sopra il display dell'utente in modo simile a una webcam. Il sensore Kinect è in grado di registrare i movimenti del corpo nelle 3 differenti dimensioni ed elaborarli in tempo reale; il dispositivo è dotato di un sistema di riconoscimento vocale con il quale è possibile impartire comandi.



FIGURA 12: MICROSOFT KINECT SENSOR BAR

- n. 1 NEXTMIND DEV KIT: è un dispositivo indossabile brain-sensing in tempo reale. Il wearable device permette agli utenti di prendere il controllo del loro mondo digitale con la mente, semplicemente usando i pensieri. Questa tecnologia innovativa apre nuove possibilità per l'interazione uomo-macchina in vari settori, traducendo istantaneamente i segnali cerebrali dalla corteccia visiva dell'utente in comandi digitali per qualsiasi dispositivo. Dal punto di vista hardware NextMind è un dispositivo indossabile compatto e leggero in grado di catturare i segnali elettrici cerebrali dalla corteccia visiva delle persone; è posizionato all'interno di un cappello o sul retro di una fascia che viene calzata sulla testa dell'utente. NextMind è progettato per creare un'esperienza più profonda e immersiva tra l'uomo e il computer. Utilizzando algoritmi di machine learning, il dispositivo traduce l'output in comandi digitali diretti per i dispositivi, il tutto in tempo reale e a mani libere. Il NextMind DevKit include il sensore cerebrale indossabile con fascia regolabile; il NextMind Engine, composto da algoritmi di machine learning in tempo reale che trasformano i segnali neurali in comandi digitali, e il NextMind SDK, con risorse Unity pronte all'uso come tutorial, applicazioni e giochi demo, blocchi di code building.m. Il DevKit di NextMind include una varietà di elementi per lo sviluppo software Unity ed è compatibile con una vasta gamma di piattaforme digitali, tra cui Microsoft Windows 10, Apple macOS, Oculus, HTC Vive e HoloLens.



FIGURA 13: NEXTMIND DEV KIT

- n. 2 Cybershoes: è un dispositivo, un accessorio da applicare alle scarpe che simula nella virtualità i movimenti dei piedi dell'utente. Questi rimane seduto sulla sua sedia girevole e muove i piedi come se stesse effettivamente camminando con il corrispondente movimento che viene riprodotto nella realtà virtuale. Ciò è possibile perché l'accessorio avvolge completamente la scarpa e nella superficie a contatto con il terreno prevede una ruota che scorre man mano che l'utente sposta i piedi. La direzione verso la quale l'utente guarda è indipendente rispetto alla direzione della camminata: ciò vuol dire che in qualsiasi momento si è liberi di guardare dove si vuole e al tempo stesso di camminare, accovacciarsi o piegarsi. Il tutto è possibile grazie agli accurati tracciatori di movimento che sono stati inseriti in Cybershoes, che tracciano la direzione verso la quale sono orientati i piedi in maniera indipendente rispetto agli altri sistemi di tracciamento del visore. Cybershoes è compatibile con SteamVR, HTC Vive, Oculus Rift, Pimax e Windows Mixed Reality. Cybershoes può essere utilizzato nei settori del gaming, come l'allenamento e la riabilitazione, ma anche per le anteprime di opere di architettura o la visita virtuale di strutture industriali.



FIGURA 14: CYBERSHOES

- n. 1 ULTRALEAP STEREO IR 170 CAMERA MODULE EVALUATION KIT: è un modulo di tracciamento ottico della mano di nuova generazione che consente un'interazione naturale con i contenuti digitali. Questo kit include il modulo telecamera Ultraleap Stereo IR 170 in un alloggiamento di plastica con un connettore USB, che consente una facile connessione plug-and-play. Lo Stereo IR 170 utilizza lo stesso software di base del Leap Motion Controller. Questo software è in grado di distinguere 27 distinti elementi della mano, comprese ossa e articolazioni, e di seguirli anche quando sono oscurati da altre parti della mano. Lo Stereo IR 170 offre un campo visivo più ampio, un raggio di tracciamento più lungo, un consumo energetico inferiore e un fattore di forma più piccolo. Il kit è in grado di tracciare le mani all'interno di una zona interattiva 3D che si estende da 10 cm (4") a 75 cm (29,5") o più, estendendosi dal dispositivo in un campo visivo tipico di 170x170° (160x160° minimo). Questo kit è progettato per una solida integrazione in soluzioni hardware di livello consumer e aziendale, display, installazioni e visori per realtà virtuale/aumentata per prototipazione, ricerca e sviluppo AR/VR/XR. Le applicazioni tipiche includono interfacce pubbliche touchless (chioschi interattivi, out-of-home digitali), esperienze VR/AR basate sulla posizione, collaborazione remota, assistenza sanitaria (riabilitazione da ictus, formazione, imaging medico) e robotica (telepresenza, controlli robotici e insegnamento assistito dall'intelligenza artificiale).



FIGURA 15: ULTRALEAP STEREO IR 170 CAMERA MODULE EVALUATION KIT

- n. 1 VIVE BASE STATION: Potenzia la presenza e l'immersione della realtà virtuale in room scale, aiutando il visore e i controller a tracciare le loro posizioni esatte. Dispone di sincronizzazione wireless. È alla base del funzionamento del sistema di tracciamento di HTC Vive.



FIGURA 16: VIVE BASE STATION

- n. 1 VIVE Tracker: è un accessorio ideato per essere ancorato ad un oggetto fisico reale in modo da poterne tracciare il movimento nel mondo virtuale. Il principio di funzionamento è lo stesso del visore e dei controller: integrando sensori inerziali e led infrarossi, può essere tracciato all'interno dell'area delle stazioni base.



FIGURA 17: VIVE TRACKER

- n. 1 VR TrackBelt: è un nuovo accessorio, che se utilizzato con VIVE Tracker, offre la soluzione migliore per il monitoraggio di tutto il corpo nella realtà virtuale, particolarmente per sessioni di acquisizione di movimenti lunghi e periodi prolungati nel mondo virtuale.



FIGURA 18: VR TRACKBELT

Infine, un altro dispositivo mobile, utilizzato e messo a disposizione nel laboratorio SWING:IT da UNICT è:

- n. 1 Matterport Pro 2: è una telecamera 3D capace di ricreare in pochi istanti scansioni tridimensionali di interni, ma anche capace di scansioni di ambienti esterni o di spazi di ampie dimensioni in 2k. La fotocamera monta l'innovativo chip "Primesense", fornito dalla Apple, ciò permette di ricreare dei gemelli digitali realistici, che possono essere visualizzati dall'utente tramite un visore 3D, o direttamente sul visualizzatore web di Matterport. Il sistema utilizza 2 telecamere di profondità 3D con un'angolazione di 60 gradi, montate su un piedistallo autorotante. La scansione viene controllata da un iPad connesso alla videocamera tramite un'app proprietaria, col quale si possono controllare tutte le fasi della scansione. Finita la scansione le immagini vengono trasmesse sul server Matterport in formato RAW. Grazie ai tour virtuali in 3D e le foto di qualità 4K, dà la possibilità di visitare l'ambiente in modo da fornire un'esperienza coinvolgente e immersiva che non è possibile ottenere con le foto o i tour a 360 gradi, permettendo di poter incorporare l'ambiente 3D sul proprio spazio web.



FIGURA 19: MATTERPORT PRO

4.4 – 3D/VR MODEL ACQUISITION AND RENDERING

Il workflow per l'acquisizione e la successiva creazione di modelli 3D si compone delle seguenti fasi:

1. Rilievo dell'ambiente target con sopralluoghi per programmare al meglio le scannerizzazioni.
2. Scannerizzazione dell'area definita in fase di sopralluogo.
3. Importazione e lavorazione della nuvola dei punti generata in fase di scannerizzazione, come unione di più nuvole, pulizia dei punti superflui, ecc.
4. Elaborazione della nuvola per la creazione della mesh, da poter importare nei software dove avviene una texturizzazione e successiva renderizzazione.

Maggiori dettagli sul workflow sono descritti nella Sezione 5.

4.5 – IPOTESI DI INFRASTRUTTURA DI RETE CONDIVISA

Al fine di implementare l'infrastruttura di rete 3DLab-Sicilia con altri use case e ulteriori tecnologie immersive, **nell'ambito della valorizzazione del turismo**, sono possibili le sinergie con il progetto VALUE (Visual Analysis for Location and Understanding of Environments¹¹), anch'esso finanziato dal PO FESR 2014/2020 – Azione 1.1.5, che unisce centri di eccellenza sulla ricerca per le tecnologie innovative (CNR-ICAR, Istituto di Calcolo

¹¹ <https://www.progettovalue.it>



e Reti ad Alte Prestazioni e CUTGANA, centro di ricerca multidisciplinare dell'Università degli Studi di Catania) e aziende con forti competenze nello sviluppo digitale e valorizzazione dei beni culturali (Xenia Gestione Documentale - capofila -, Capitale Cultura Group e IMC Service). Il progetto in corso è innovativo e rivoluziona l'esperienza di visita all'interno di spazi museali utilizzando particolari tecnologie e strumenti digitali. Per far ciò, VALUE si avvale sia di innovativi dispositivi indossabili, quali i Microsoft HoloLens 2, che di Smartphone e Tablet. Su tali strumenti vengono presentati contenuti informativi tramite Mixed Reality in cui oggetti virtuali sono sovrapposti alla realtà circostante, in modo che l'utente possa interagirvi, creando un'esperienza unica e coinvolgente. Il sistema raccoglie dati in forma anonima, per fornire analisi statistiche all'ente gestore e migliorare l'esperienza offerta al visitatore. Il sito in cui si sperimenta la nuova dimensione della cultura con la Realtà Mista è la galleria regionale di Palazzo Bellomo di Siracusa.

Altre sinergie si potranno avviare con il progetto "iHeritage: ICT Mediterranean platform for UNESCO cultural heritage", in corso e finanziato dal Programma ENI CBC MEDITERRANEAN SEA BASIN PROGRAMME 2014-2020, che coinvolge sei Paesi: Italia, Spagna, Portogallo, Egitto, Giordania, Libano. Il partenariato siciliano è composto dal Dipartimento del Turismo, dello Sport e dello Spettacolo della Regione siciliana (capofila del progetto), dall'associazione Circuito Castelli e Borghi Medioevali (ideatrice di iHeritage e partner di progetto) e dal Dipartimento di Architettura dell'Università di Palermo (partner di progetto e coordinatore dei Living Lab). L'obiettivo del progetto è valorizzare i siti del patrimonio culturale dell'UNESCO nel Mediterraneo attraverso contributi multimediali, con ricostruzioni archeologiche virtuali, audioguide in realtà aumentata, mostre olografiche e altro. I prodotti innovativi verranno sviluppati nei Living Lab aperti agli studenti, ricercatori, giovani creativi, start up, piccole e medie imprese, pubbliche amministrazioni.

Inoltre, l'Università degli Studi di Catania (Dipartimento di Fisica e Astronomia "E. Majorana" e il Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura) e il Parco Scientifico e Tecnologico della Sicilia hanno aderito alla manifestazione d'interesse a partecipare all'attività del gruppo di lavoro del GAL Terre di Aci che dovrà realizzare un LIVING LAB quale laboratorio multimediale per lo sviluppo di applicazioni in AR/VR (PO FESR 2014/2020 – Azione 1.3.2 – Living Labs). Con le competenze del partenariato del Progetto 3DLab-Sicilia si è proposto di esplorare la possibilità di utilizzare l'infrastruttura e la strumentazione del progetto per implementare "use case" del progetto stesso che si riferiscano al patrimonio culturale, naturale e architettonico, delle Terre di Aci e che possano essere integrate e rese fruibili all'interno del "living lab".

4.6 – ARCHIVIO DIGITALE

Le motivazioni e l'architettura dell'archivio digitale del progetto 3DLab-Sicilia sono state ampiamente descritte nel rapporto di attività D3.1. In questa sede, si sottolinea che l'archivio è stato creato e popolato ed è raggiungibile al seguente link:

- <https://www.openaccessrepository.it/communities/3dlab-sicilia>

5 – PIPELINE SOFTWARE SUPPORTATE

Verranno di seguito presentate le pipeline generiche rivolte allo sviluppo di applicazioni basate su scenari di Realtà Virtuale. In particolare si riferirà ad applicazioni di tipo tridimensionale, sottolineando che le medesime metodologie consentono lo sviluppo di qualunque applicazione di Cross Reality (XR, che comprende Realtà Virtuale, Aumentata e Mista). Le pipeline illustrate sono generalmente disponibili sui tre nodi della infrastruttura distribuita. E' da precisare tuttavia che l'infrastruttura del progetto offre due approcci complementari tra loro nello sviluppo delle applicazioni VR che si basano su soluzioni di Rendering differenti:

- Nel nodo di Catania è disponibile una soluzione basata su TechViz, un editor di software per la Realtà Virtuale verticalizzato per le soluzioni di visualizzazione 3D, virtual prototyping, Multi-Display, che introduce automaticamente funzionalità avanzate come la stereoscopia automatica e la gestione del problema del parallasse.
- Nei nodi di Palermo e Troina una soluzione basata su MiddleVR come soluzione Multi-Display e di rendering.

L'eterogeneità della infrastruttura non deve essere visto come una debolezza ma come valore aggiunto, in quanto consente a priori l'operatività di due diverse famiglie di Realtà Virtuale.

Tuttavia l'interoperabilità delle applicazioni tra le due tipologie di nodi non è garantita e il "porting" richiede l'integrazione dei plugin opportuni in funzione dell'utilizzo di TechViz o di MiddleVR nel nodo di deployment dell'applicazione (v. sezione 5.1.3.2 e sezione 5.2).

5.1 – PIPELINE SVILUPPO VR 3D

La pipeline completa per lo sviluppo di applicazioni per la Realtà Virtuale per ogni genere di applicazioni da visualizzare su visori o all'interno della Camera Virtuale (Virtual Room o CAVE) è articolata in quattro grandi macro aree, descritte nei successivi paragrafi. La figura seguente mostra una rappresentazione astratta della pipeline, chiarendo che, a prescindere dalle attività di modellazione poste in essere, l'Engine VR 3D scelto per la realizzazione degli scenari automatizzati risulta essere Unity 3D.

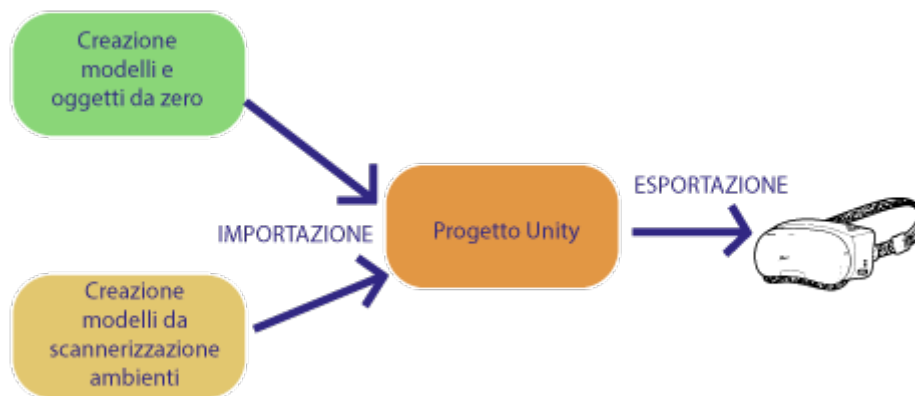


FIGURA 20: ASTRAZIONE DELLA PIPELINE STANDARD

5.1.1 Fase iniziale, percorso A: Creazione modelli e oggetti da zero

Nel caso la scelta di implementazione richiedesse la creazione di nuovi modelli 3D per gli elementi inclusi nello scenario progettato, occorrerà eseguire i seguenti quattro passi:

1. Design dell'oggetto/modello da realizzare.

Tramite realizzazione creativa o ricerca di immagini da usare come riferimento per la realizzazione del modello 3D si determina il design dell'oggetto da modellare.

2. Realizzazione del modello 3D.

Attraverso software di modellazione come Maya, Blender o 3DSMAX si procede alla realizzazione della mesh che in fase di design è stata progettata. In caso di creazione di personaggi e avatar possono risultare utili i software di creazione di modelli di personaggi 3D come Crazy Talk, Character Creator, iClone, Zbrush, ecc.



3. Generazione Texture e UV Mapping.

L'UV Mapping è il processo mediante il quale un'immagine bidimensionale viene avvolta su un oggetto tridimensionale. Le coordinate UV (o UV in breve) devono essere assegnate a un modello prima che l'immagine possa essere visualizzata correttamente. Per far ciò è possibile utilizzare Zbrush, una volta generata la mappa. Il risultato sarà una immagine ottimizzata comprensibile all'occhio umano che consentirà di lavorare sulla texture corrispondente in un software per l'alterazione delle immagini come Photoshop o GIMP. Oltre alla mappa UV della texture, Zbrush può generare le *Displacement Map* (le "Mappe di Spostamento" possono essere intese come mappe di rilievo estese, quindi immagini in scala di grigi, dove l'intensità di ogni pixel indica l'altezza sulla superficie del poligono) e le *Normal Map* ("Mappe Normali") che modificano la superficie normale, utilizzando valori di colore RGB per indicare al motore di rendering le specifiche per definire il modo in cui la luce reagisce a contatto con la superficie; queste ultime creano l'illusione di dettagli completamente 3D all'interno della sagoma del modello, ma non possono effettivamente deformare la forma della superficie. È possibile generare anche le *Cavity e Ambient Occlusion Maps* ("Mappe di Cavità e di Occlusione Ambientale") che rappresentano texture speciali, essenzialmente il canale blu di una mappa normale e rappresentano le ombre scure nelle fessure del modello.

4. Eventuale rigging per le animazioni.

A partire dalla mesh, è possibile creare con Blender e altri software un cosiddetto "scheletro" attorno al quale impennare i movimenti del modello 3D secondo il set di gradi di libertà previsti in design. Perché tale movimento risulti naturale occorre che la forma costituita dalle varie ossa combaci il più possibile alla forma della mesh originale. Affinché infatti una pelle possa essere modificata da una ossatura, questa deve risultare dapprima agganciata allo scheletro risultante. Successivamente, occorrerà stabilire quanto ogni vertice della pelle risulti influenzato dai giunti della ossatura.

5.1.2 Fase iniziale, percorso B: Creazione modelli da scansione

Nel caso di acquisizione dei modelli 3D tramite scansione degli ambienti esistenti, occorrerà riferirsi ai seguenti tre passi:

1. Produrre il rilievo dell'ambiente da scannerizzare

- Stabilire a mezzo sopralluogo gli ambienti (luoghi o locali per il rilievo), le stazioni da implementare per l'acquisizione, le zone in cui è necessaria una maggiore intensità.
- Realizzare il rilievo mediante laser scanner.
- Elaborazione con Leica Cyclone 3D Point Cloud Processing Software o altro programma equivalente per ottenere la corrispondente nuvola di punti.
- Esportazione della nuvola di punti nei formati ptx, rcp o e57.

2. Realizzare una lavorazione della nuvola di punti per generare modello 3D.

Tale modello dovrà essere importato su altri software di sviluppo attraverso, ad esempio, Cloud Compare, secondo le fasi di seguito elencate:

- Importazione della nuvola di punti.
- Pulizia dei punti in eccesso per ogni stazione.
- Unione delle nuvole ripulite dai punti in eccesso.
- Verifica dell'orientamento delle normali (processo realizzabile anche in uno step successivo con MeshLab); concluso questo passo sarà possibile avviare il processamento.
- Esportazione in .ply della nuvola completamente unita.

3. Elaborare la nuvola Meshlab per creazione della mesh.

Da realizzare attraverso le seguenti fasi:

- Importazione della nuvola intera.
- Se non fatto, ricalcolo delle normali della nuvola di punti e semplificazione.
- Ricostruzione della mesh.
- Ripulitura ulteriore della mesh.
- Generazione della texture.
- Esportazione della mesh completa di texture (mesh in formato .obj).



5.1.3 Fase finale: Importazione in Unity del modello 3D e creazione dell'App

In tale fase avviene l'importazione dei modelli 3D realizzati nelle fasi precedenti all'interno del motore grafico Unity 3D. Sono previste le seguenti sotto-fasi:

1. Importare nella cartella di lavoro di un progetto Unity il modello 3D (.obj) e la texture (.png).
2. Includere la mesh nella scena e fissarne posizione, rotazione e scala.
3. Applicare la texture sulla mesh nella scena.
4. Produrre l'applicazione per il dispositivo di visualizzazione prescelto.

A seconda dell'ambito di utilizzo delle App (Tablet PC, Visore Head Mounted Display, CAVE o Virtual Room), si procede con le fasi descritte di seguito.

5.1.3.1 Fase Finale, applicazione per Tablet PC

Nel caso in cui l'App da realizzare debba essere fruita su tablet, si procede con le seguenti fasi:

4. Avere a disposizione il software previsto (Android Studio e SDK Tools);
5. Creare l'applicazione e le funzioni previste.

5.1.3.2 Fase Finale, applicazione per CAVE o Virtual Room

Nel caso in cui l'App da realizzare debba essere fruita all'interno della CAVE o della Virtual Room, si procede con le seguenti fasi:

4. Produzione e Attivazione degli eventuali driver VRNP necessari a TechViz.
5. Abilitazione dei plugin di TechViz, con identificazione dei dispositivi di input e di tracking scelti per l'applicazione.
6. Sviluppo e Build della App Unity 3D.

5.1.3.3 Fase Finale, applicazione per Visore Head Mounted

Nel caso in cui l'App da realizzare debba essere fruita con il Visore Head Mounted, si procede con le seguenti fasi:

4. Abilitare la Modalità sviluppatore, avere a disposizione il software previsto (Android Studio e SDK Tools), collegare il Visore al PC.
5. Selezionare i plugins previsti nel "Package Manager" assicurandosi che siano opportunamente installati e impostare correttamente il nome del Package.
6. Sviluppo e Build della App Unity 3D.

Tutti i servizi della pipeline e delle quattro macro-aree sono disponibili nel nodo di Catania dell'infrastruttura (laboratorio di SWING:IT).



5.2 – PIPELINE SVILUPPO VR 3D RIDOTTA

La pipeline ridotta consente di sviluppare applicazioni per la realtà virtuale per l'esplorazione delle ambientazioni reali nei visori/cave nel caso particolare in cui i modelli 3D vengano prodotti a partire da scansione con laser scanner e fotogrammetria. Similmente, lo sviluppo della App Unity avviene utilizzando come sistema di visualizzazione una CAVE con MiddleVR come soluzione multi-display e di rendering. Essa è articolata in quattro passaggi:

1. Realizzazione della Scansione dell'oggetto e/o dell'ambientazione

L'oggetto o l'ambientazione reali vengono scansionati una o più volte attraverso l'uso di laser scanner o fotogrammetria.

2. Elaborazione della nuvola di punti

Le scansioni vengono quindi elaborate e riunite attraverso software dedicato (ad es., Meshlab, Blender, ecc.) che permettono di costruire la nuvola di punti. Essa rappresenta l'intero oggetto scansionato attraverso un insieme di punti in uno spazio tridimensionale.

3. Elaborazione del modello 3D

A partire dalla nuvola di punti è poi necessario ottenere un modello tridimensionale. Tale operazione prevede:

- a. la segmentazione e semplificazione della nuvola di punti;
- b. la trasformazione della nuvola di punti in una Mesh 3D, cioè un modello 3D costituito da un certo numero di poligoni;
- c. la creazione della UV MAP attraverso la Mappatura UV dove la mesh viene "appiattita" su un piano, sul quale giace un'immagine; in tali circostanze, ogni vertice dell'oggetto tridimensionale disporrà di un set di coordinate bidimensionali condiviso con l'immagine, che potrà essere quindi associata alle sue facce, risultando visibile nello spazio 3D;
- d. l'applicazione del processo di Texturing per fare corrispondere i colori della nuvola di punti originale alla mesh 3D.

Anche per questo passaggio i software utilizzabili sono Meshlab, Blender o qualsiasi altro strumento software di modellazione 3D.

4. Sviluppo Applicazione VR in UNITY

In quest'ultimo passaggio viene costruita l'applicazione che verrà utilizzata dagli utenti finali. Il modello 3D ottenuto è inserito in un'applicazione Unity 3D, che consente di sviluppare il necessario software eseguibile su visori/CAVE e di esplorare i modelli.

Vengono quindi aggiunte tutte le funzionalità che permettono di esplorare e interagire con l'ambiente: l'interfaccia grafica, l'ambientazione contestuale di contorno, il post-processing per migliorare la qualità generale dell'esperienza, le informazioni contestuali, l'interazione con eventuali avatar virtuali o oggetti dell'ambiente.

I servizi della pipeline descritta sono disponibili nel nodo di Palermo (laboratorio di IEMEST) e sul nodo di Troina (laboratorio IRCCS OASI) dell'infrastruttura 3D Lab-Sicilia.

6 – PIPELINES SOFTWARE PER GLI USE CASE GIÀ IDENTIFICATI

6.1 – TURISMO 4.0

Lo use case Turismo 4.0 ha l'obiettivo di utilizzare diverse tecnologie e lo sviluppo di differenti applicazioni per la ricreazione di modelli virtuali fruibili.

La pipeline software si suddivide principalmente in due fasi:

- la creazione dei modelli 3D di oggetti o ambienti a partire da set fotografici tramite tecnica fotogrammetrica e laser scanner;
- la loro importazione in un motore grafico che permette la fruizione tridimensionale tramite dispositivi di realtà virtuale.

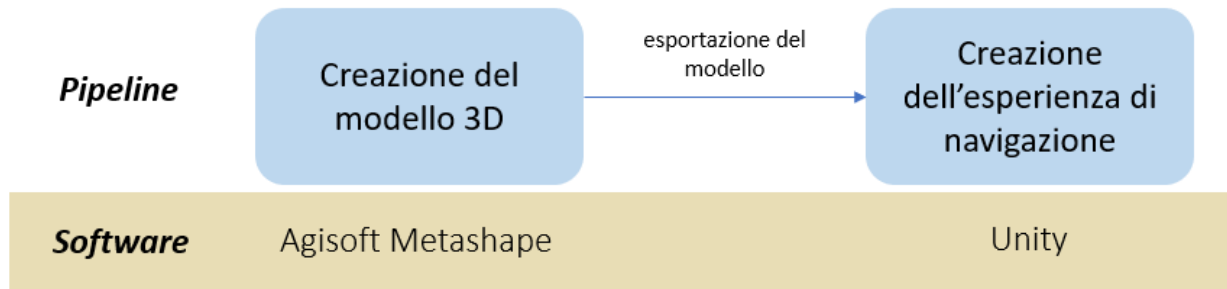


FIGURA 21: PIPELINE SOFTWARE

Per la prima fase si utilizza il programma Agisoft Metashape, un software di fotogrammetria che mette a disposizione dell'utente una serie di utili funzionalità per la ricostruzione 3D a partire da set fotogrammetrici. Le principali fasi che vanno eseguite nel software sono:

- **Importazione dei set fotografici**
Vengono importati i prodotti delle campagne fotogrammetriche.
- **Allineamento e creazione della nuvola di punti sparsa**
In questa fase viene ricostruita la posizione di scatto delle fotografie e viene quindi calcolato un set spaziale ristretto di punti del soggetto riconosciuti nelle fotografie.
- **Eventuale ottimizzazione dell'allineamento**
In caso di fallito allineamento, ovvero impossibilità di ricostruire la posizione di scatto delle fotografie, può essere necessario aiutare il software definendo manualmente dei punti detti *markers* in diverse fotografie, affinché l'algoritmo di allineamento sia indirizzato verso la soluzione corretta. Viene quindi ripetuta la fase di allineamento.
- **Creazione della nuvola di punti densa**
Una volta che l'allineamento risulta soddisfacente si passa alla costruzione della nuvola di punti densa. Il software procede al calcolo di un set maggiore del precedente di punti dell'oggetto riconosciuti all'interno delle fotografie.
- **Eventuale pulizia della nuvola di punti densa**
La nuvola di punti densa può essere caratterizzata da rumore di ricostruzione, ovvero dei punti fittizi che sono stati riconosciuti erroneamente in diverse fotografie. È possibile ovviare a questo problema cancellando manualmente i punti evidentemente errati.
- **Creazione della mesh**
Una volta costruita la nuvola di punti densa è possibile passare alla costruzione della mesh, ovvero della superficie che costituirà la "pelle" del modello 3D.
- **Eventuale pulizia della mesh**
Anche la mesh può presentare del rumore di ricostruzione ed è opportuno in caso di evidenti errori da parte del software cancellare manualmente le zone errate.
- **Creazione della texture**
Infine, si procede con la creazione della texture, passaggio che consiste nel calcolo a partire dalle foto della "pellicola" che andrà stesa sul modello 3D e ne descriverà i colori.
- **Esportazione del file 3D** in formato *obj* e della mesh in formato *jpg*.

Alcuni esempi tratti dalla procedura sono riportati nelle immagini che seguono.

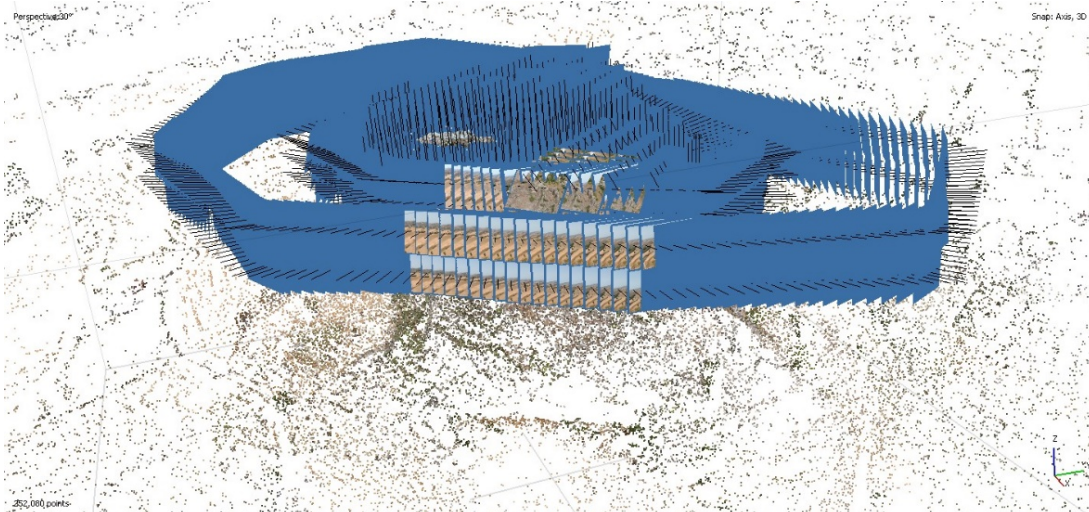


FIGURA 22: ESEMPIO DI FOTO DEL CASTELLO DI MUSSOMELI ALLINEATE IN AGISOFT METASHAPE CON NUVOLA DI PUNTI SPARSA



FIGURA 23: ESEMPIO DI MODELLO 3D DEL MUSEO VERGHIANO A VIZZINI CON EVIDENZIATI I MARKERS RICONOSCIUTI DAL SOFTWARE ED IN PRECEDENZA MANUALMENTE INDIVIDUATI SULLE FOTOGRAFIE

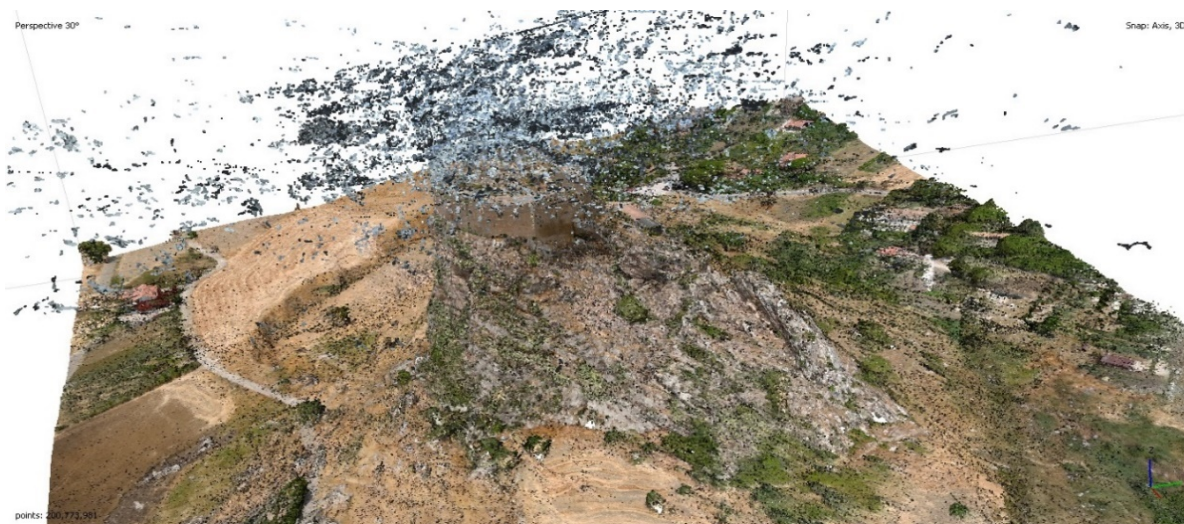


FIGURA 24: NUVOLA DI PUNTI Densa DEL CASTELLO DI MUSSOMELI CARATTERIZZATA DA RUMORE DA RIMUOVERE



FIGURA 25: ESEMPIO DI MESH CON TEXTURE DEL CASTELLO DI MUSSOMELI

Per quanto riguarda la seconda fase, che prevede la fruizione dei modelli 3D tramite visori di realtà virtuale, è stato scelto il software Unity e sono state eseguite alcuni test di creazione dell'esperienza di navigazione dei modelli 3D. Di seguito è riportato un esempio di navigazione tridimensionale del modello 3D del castello di Mussomeli. Il passo successivo sarà quello di collegare il software ad un dispositivo di realtà virtuale indossabile e testare l'esperienza di navigazione del modello.

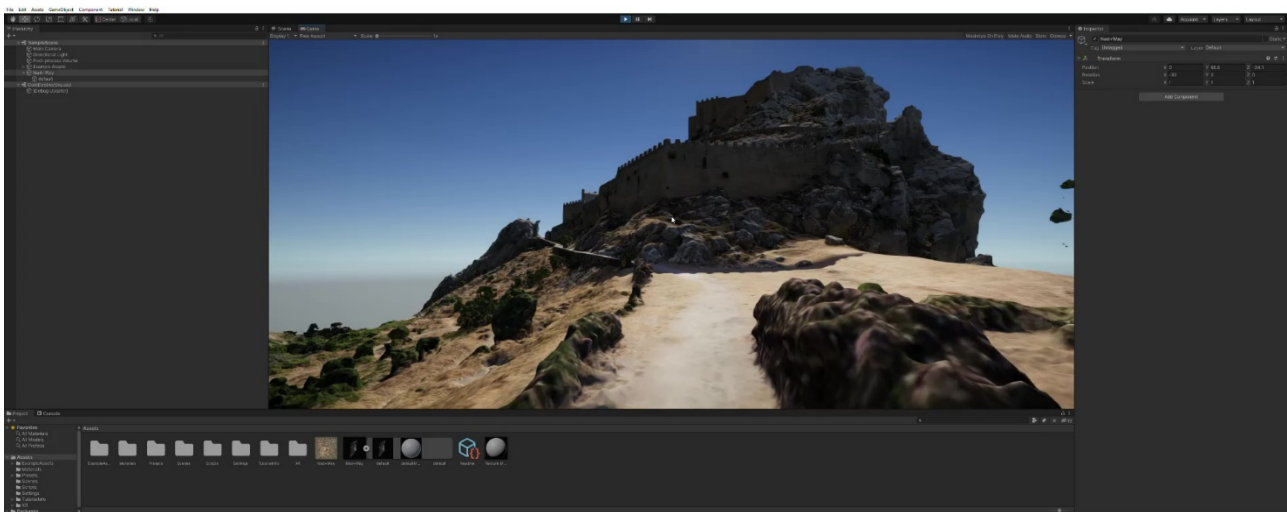


FIGURA 26: ESEMPIO DI NAVIGAZIONE VIRTUALE IN UNITY DEL CASTELLO DI MUSSOMELI.

I contenuti tridimensionali sono stati e verranno condivisi con gli altri partner del progetto per allargare la loro fruizione e consentire la creazione di esperienze estremamente complete ed immersive tramite l'integrazione di contributi di diversi partner.

6.2 – UNESCO-VR

La realtà virtuale, la realtà aumentata e la visualizzazione 3D sono le tecnologie “core” del caso d'uso “UNESCO-VR”, con l'obiettivo di essere utilizzate per realizzare applicazioni che permettano una interazione estremamente dinamica, fruibile e multisensoriale con il patrimonio culturale siciliano.

Il caso d'uso per quanto riguarda la parte di fotogrammetria aerea tramite drone, ha una pipeline software sovrapponibile al caso d'uso precedente, “Turismo 4.0”.

La pipeline software per applicazioni di modellazione terrestri si suddivide in due modalità differenti a seconda del tipo di acquisizione:

- la creazione dei modelli 3D di oggetti o ambienti a partire da set fotografici tramite tecnica di **modellazione fotogrammetrica** e la loro importazione in un motore di grafica per permettere la fruizione tridimensionale tramite dispositivi di realtà virtuale.
- la creazione di modelli 3D di oggetti o ambienti a partire da **scansioni laser** e procedure di post processamento e la loro fruizione tramite dispositivi di realtà virtuale.

Si rimanda alla sezione 5.1 per la definizione generale di queste modalità di creazione dei modelli 3D.

6.2.1 Modellazione fotogrammetrica

La fase di acquisizione delle immagini fotografiche richiede particolare attenzione al fine di creare una sovrapposizione minima tra due immagini consecutive di circa il 30% nelle due direzioni. Si è utilizzata una camera full frame Canon EOS-1Ds Mark III con diverse ottiche, al fine di avere un sensore di notevoli dimensioni e quindi una maggiore definizione delle immagini.



FIGURA 27: STAZIONI FOTOGRAFICHE NEL CARCERE BORBONICO DI VIZZINI E IN UN'ABITAZIONE RUPESTRE DI PANTALICA (SORTINO)

La fase di elaborazione del modello tridimensionale prevede i seguenti passi:

- Creazione del Modello 3D
- Esportazione del Modello
- Creazione del Software di VR e AI

Vengono adottati i software Zephyr 3DFlow e Agisoft Metashape. I due software presentano delle similitudini nell'elaborazione del modello fotogrammetrico per produrre una nuvola di punti. Entrambi definiti come software di fotogrammetria Structure From Motion (SFM) e dense matching con diverse utili funzionalità per la ricostruzione 3D a partire da set fotografici. La sequenza di processamento che va eseguita nel software è identica a quella riportata nel paragrafo precedente.

6.2.2 Scansioni con Laser Scanner

Per la creazione di modelli 3D con sensori attivi si è utilizzato un laser scanner FARO Focus Cam2 - 350 Plus, lo strumento consente di acquisire punti e immagini in HDR.

La pipeline delle fasi durante l'acquisizione prevede:

- un progetto di ripresa delle stazioni utili per la definizione del modello 3D;
- la collocazione di sfere riflettenti per facilitare la successiva fase di unione;
- l'acquisizione delle nuvole di punti tramite lo strumento.



FIGURA 28: ACQUISIZIONI CON LASER SCANNER PRESSO I SITI DEL PROGETTO

Le successive fasi possono essere così riassunte:

- elaborazione delle singole nuvole;
- unione delle singole nuvole in un'unica nuvola globale;
- verifica dell'errore residuo medio nella fase di unione;
- creazione di mesh;
- esportazione delle nuvole nel formato E57 o in altro formato;
- creazione del modello VR.

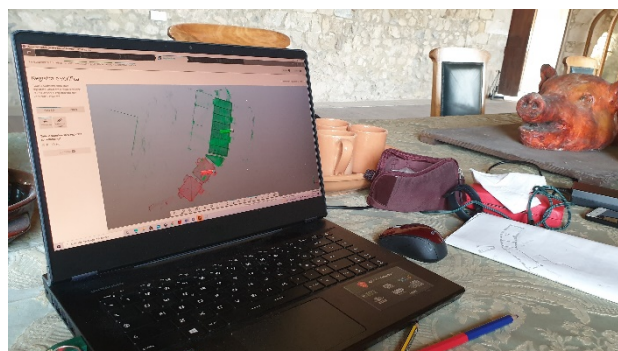


FIGURA 29: ALLINEAMENTO E CREAZIONE DELLA NUVOLA DI PUNTI SPARSA

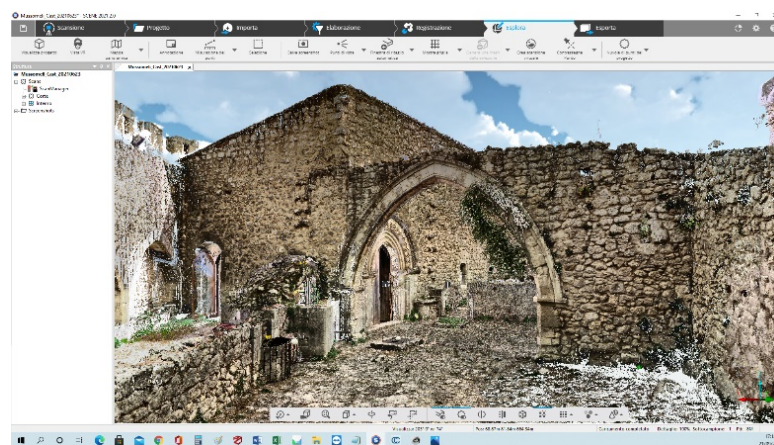
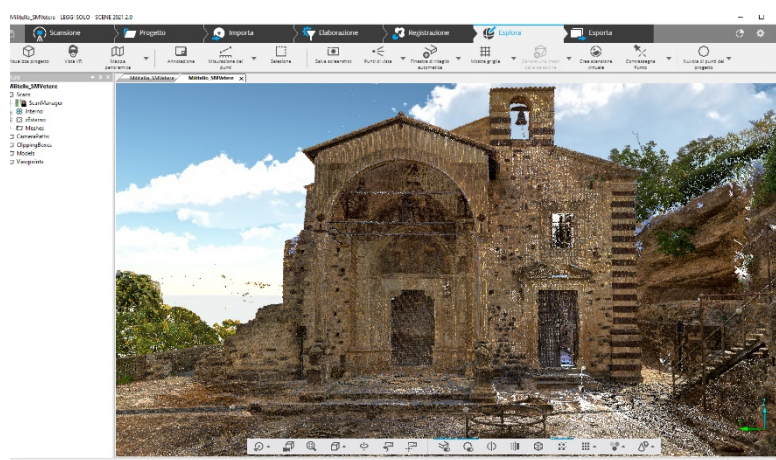
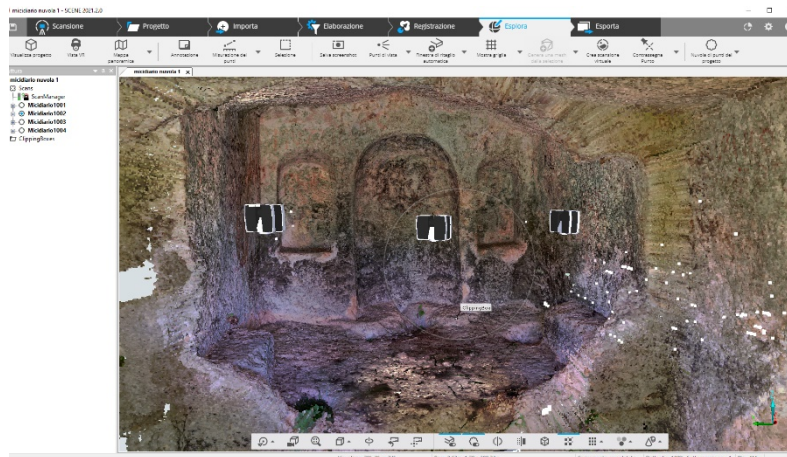


FIGURA 30: APPLICAZIONI DELLA PIPELINE NELLO USE CASE UNESCO-VR

6.3 – MONRAD

La finalità dello use case MONRAD è il tracciamento di muoni cosmici per monitorare la stabilità statica delle strutture di interesse mediante il tracciamento di muoni cosmici con rilevatori opportunamente disposti.

La pipeline utilizzata per lo sviluppo dello use case MonRad è composta dai seguenti passi:

- Definizione dei punti di interesse per il collocamento delle sonde.
- Definizione di un sistema che permetta la comunicazione con le sonde e la Data Acquisition (miniPC).
- Progettazione e realizzazione del database SQL che conterrà il risultato dell'elaborazione dei dati raccolti.
- Progettazione e sviluppo di uno script in MatLab per l'elaborazione dei dati raccolti dalle sonde.
- Progettazione e sviluppo di un'Applicazione finalizzata a:
 - gestire l'elaborazione dei dati;
 - inserire i dati ottenuti nel database;



- memorizzare i dati grezzi nel NAS;
- Sviluppo delle applicazioni MonRad da fruire su Desktop e Tablet:
 - Design della User Experience attraverso l'utilizzo di un programma di grafica
 - Sviluppo delle interfacce UI e UX, comprensive di schermate di Login, Registrazione e Gestione sensori.
 - Sviluppo delle applicazioni da utilizzare sui dispositivi dell'infrastruttura attraverso il motore grafico multiplatforma di sviluppo Unity.
- Fase di Testing delle applicazioni sviluppate e collaudo.
- Dopo la raccolta dei dati della fase di collaudo si procederà ad un eventuale processo di bug-fixing per la risoluzione delle problematiche emerse dopo la fase di sviluppo.
- Finito lo sviluppo si passa alla raccolta dei dati sul campo per la validazione del software.

6.4 – CoREV-LAB

Lo scopo dello use case CoReV-Lab è di realizzare un complesso sistema di riabilitazione cognitiva basato sull'utilizzo di dispositivi tecnologici che utilizzano la VR immersiva e non immersiva per il trattamento dei disturbi cognitivi acquisiti.

La Pipeline dei software per la creazione dei contenuti in VR si basa principalmente sull'impiego di soluzioni che, in prima istanza, permettono la creazione, modifica e preparazione degli elementi che comporranno la scena 3D finale in cui si svolgeranno le attività abilitative/riabilitative. Una volta realizzati tali componenti questi saranno integrati nell'ambiente Unity 3D che permetterà di gestire e realizzare la specifica App secondo le richieste progettuali. Gli elementi che costituiscono e innescano l'uso dello scenario 3D interattivo si basano principalmente su queste categorie:

- Modelli 3D (componenti di scenario attivi o passivi).
- Immagini bitmap (sprite, texture map, normal map, ecc.).
- Shader per materiali, superfici ed effetti grafici.
- Effetti sonori e musica.
- Animazioni.
- Ambienti di sviluppo e scripting.
- Gestori e strutture database.
- Protocolli di comunicazione per lo scambio di dati dell'applicazione e telemetria.
- Front-end operatori.

Ognuno di questi elementi viene preparato, importato o agganciato all'interno dell'ambiente di sviluppo dove si assemblerà la scena 3D interattiva e che nel caso d'uso in questione è stato identificato nella piattaforma Unity. Ogni elemento viene identificato secondo le esigenze di progetto, quindi viene stabilita la sua collocazione e funzionalità.

6.4.1 Utilizzo software di editing, modellazione 3D e mappatura UV degli asset di scena

Nell'applicazione VR dedicata alla riabilitazione delle autonomie personali, vengono stabilite delle interazioni specifiche per simulare le azioni da eseguire. Ad esempio, quando si apparecchia la tavola da pranzo, si stabiliscono quali modelli 3D importare nella scena, se questi modelli sono disponibili attraverso delle librerie di asset 3D, oppure se è necessario procedere alla modellazione e al texture mapping dell'oggetto stesso. In questa prima fase si utilizzano software di modellazione ed editing di oggetti 3D come Blender che permettono l'importazione, modifica, creazione e preparazione del modello, prima di essere integrato in Unity attraverso formato di interscambio .FBX.

Le specifiche principali che il modello deve avere prima di essere integrato nella scena 3D interattiva (a prescindere che sia rivolta alla VR o meno) è che questo disponga di una risoluzione poligonale sufficiente ad una resa visiva convincente e che non infici negativamente sulla capacità della GPU del sistema di destinazione dove sarà applicato il rendering in tempo reale. In tal senso si opererà un eventuale riduzione poligonale del modello o una suddivisione del modello in più versioni a risoluzione differente per permettere al motore di rendering (Unity) di gestire la visualizzazione del modello secondo criteri di distanza (LOD – Level



Of Distance). Un altro aspetto importante è la definizione della superficie che l'oggetto deve avere, se è presente una texture mapping con le corrette coordinate UV che identificano come la bitmap deve essere applicata all'oggetto. Entrambi questi aspetti saranno definiti in Blender e in pacchetti software similari.

6.4.2 Immagini bitmap sprite, texture map e normal map

Il modello 3D, che sarà rappresentato nella scena finale interattiva, disporrà di una rappresentazione estetica riconducibile ad uno o più materiali e alle relative proprietà fisiche. Mentre le proprietà fisiche nello spazio saranno simulate dall'ambiente Unity, quelle estetiche dovranno essere descritte in primo luogo da una mappatura texture che potrà essere creata/modificata attraverso software di manipolazione di immagini 2D, come Photoshop o GiMP. Una volta definite, queste caratteristiche estetiche, comprensive di coordinate UV potranno essere importate in Blender e applicate all'oggetto rappresentato.

6.4.3 Shader, materiali, superfici ed effetti grafici

La fase di importazione del modello 3D da Blender a Unity non comprende o comprende parzialmente aspetti legati alla resa dei materiali come riflessi, rifrazioni o altri aspetti estetici evoluti di simulazione dei materiali. L'oggetto importato all'interno di Unity, definito spesso come "asset", deve essere adattato alle specifiche di rappresentazione dei materiali che il motore di rendering in tempo reale offre. La procedura di integrazione dell'asset, tra le altre, prevede infatti che questo sia arricchito di tali attributi che l'ambiente Unity offre, ad esempio se viene importato un oggetto con proprietà estetiche di trasparenza o rifrazione, questi attributi saranno aggiunti all'oggetto successivamente alla sua fase di importazione direttamente dall'ambiente Unity, identificando ed impostando tali caratteristiche dall'editor apposito.

6.4.4 Effetti sonori e musica

In una simulazione VR o in generale in qualunque applicazione interattiva è fondamentale il supporto di un comparto sonoro in termini di suoni ambientali 3D che definisca la descrizione sonora del comportamento di un determinato oggetto nello scenario. Identico principio va considerato nei termini di accompagnamento musicale, se è richiesto ed utile alla definizione della scena interattiva. Ogni elemento che agevoli l'aspetto di immersività va considerato nella creazione di un'esperienza coinvolgente e appagante. La pipeline software del caso d'uso CoReV-Lab prevede l'impiego di software per l'editing di campioni audio sonori e registrazioni ad hoc di campioni audio che saranno anch'essi importati in Unity per essere poi associati a determinati eventi e azioni eseguite dal fruitore dell'esperienza in VR. Il software utilizzato per la manipolazione editing e creazione degli elementi sonori è Audacity.

6.4.5 Animazioni

In una simulazione VR interattiva possono coesistere molti elementi animati sia 2D che 3D; questi possono essere attuati attraverso le funzionalità di animazione interne a Unity o importati dalle proprietà dell'oggetto, se presenti. Ad esempio, se importiamo un personaggio creato in Blender con proprietà di animazione specifiche (camminata, corsa, salto, ecc.), queste potranno essere utilizzate e richiamate da Unity durante specifici eventi. Se invece, in Unity, vogliamo muovere un oggetto nello spazio in funzione di un evento ben determinato, si potrà applicare una trasformazione attraverso codice oppure tramite l'editor integrato in Unity, in questo caso sarà applicata al modello una logica di fotogrammi chiave (keyframing). Nel caso d'uso si utilizzano entrambe le tecniche di animazione su oggetti ed elementi di scena.

6.4.6 Ambienti di sviluppo e scripting

Nella definizione di uno scenario VR interattivo l'elemento fondamentale che mette tutto in relazione permettendo l'esecuzione dell'applicazione e realizzandone di fatto la finalità ultima, è quella del codice e dello scripting. Questo copre tutti gli aspetti fondamentali dell'applicazione, come la gestione degli eventi, delle collisioni e delle interazioni tra ambiente ed utente e l'acquisizione dei dati telemetrici di utilizzo. Nel caso d'uso l'ambiente di programmazione e scripting è Visual Studio di Microsoft ed il linguaggio di scripting utilizzato è C#, sempre di Microsoft. Attraverso C# definiamo come si deve comportare un determinato oggetto quando viene sollecitato da un evento, oppure come questo cambia in funzione del tempo o di un determinata condizione.



Tuttavia, C# non è utilizzato solo ed esclusivamente nella gestione degli eventi e dei comportamenti di un determinato asset, ma è impiegato anche nella gestione delle comunicazioni input/output tra l'applicazione VR e il back-end dove vengono memorizzati i dati telemetrici e i profili dei pazienti a cui viene somministrata l'attività riabilitativa.

6.4.7 Gestori e strutture database

Gli scenari presenti nel caso d'uso CoReV-Lab sono rivolti principalmente a pazienti a cui somministrare attività riabilitative o abilitative, il front-end applicativo verso l'utente è realizzato attraverso applicazioni che permettono la profilazione del paziente, la somministrazione dell'intervento e la relativa acquisizione dei dati e della telemetria. Mentre gli aspetti puramente interattivi del front-end sono affidati all'applicazione che sarà eseguita nei vari dispositivi di interazione come i visori 3D, tablet e Smart TV, la parte di gestione dei dati di profilazione, delle telemetrie e dei risultati dei test condotti dal paziente saranno memorizzati in un'architettura di back-end, gestita da un DBMS (Database Management System) che detiene delle strutture dati specificate, accessibili attraverso linguaggio SQL.

Nel caso d'uso sono utilizzati MySQL per le applicazioni in VR e PostgreSQL per quelle app realizzate per Cave, Smart TV e tablet; inoltre, tutte le applicazioni accedono al database di back-end attraverso protocolli di comunicazione di tipo REST.

6.4.8 Protocolli di comunicazione dati

Come indicato precedentemente, lo scenario interattivo 3D prevede tutta una serie di attività che il paziente avrà il compito di eseguire e completare. L'applicazione front-end, quindi, avrà la necessità di eseguire accessi in lettura e scrittura verso il back-end dove recepire informazioni che serviranno all'esecuzione del task e alla presa dati rispetto alle interazioni dell'utente. Il back-end fornisce delle API che sono state sviluppate ad-hoc per far fronte alle richieste dell'applicazione, quindi espone nei confronti del front-end delle chiamate RPC (remote procedure call) specifiche per l'autenticazione del profilo medico, la selezione del paziente, l'inserimento dati delle telemetrie di utilizzo e delle azioni eseguite. Il protocollo di comunicazione tra front-end e back-end avviene tramite API che eseguono chiamate RESTful e che ricevono strutture dati in formato JSON, configurazione altresì definita come JSON-RPC. Il back-end dispone infatti di un server RESTful che riceve le chiamate API dal front-end e le processa restituendo un output specifico, nel caso specifico le chiamate eseguono dei metodi specifici che si traducono in query SQL, convertite successivamente in strutture JSON e trasferite al front-end. Il front-end riceve tali strutture dati, e quindi opera i cambiamenti di scenario (in funzione del profilo utente e del task riabilitativo scelto) oppure invia strutture dati JSON, come parametri associati ad un API specifica per la scrittura, che poi saranno tradotte in query SQL di inserimento dal server RESTful e poi inviate al DBMS per la memorizzazione sul database.

6.4.9 Front-end operatori sanitari

Il caso d'uso CoReV-Lab offre come servizio principale la riabilitazione di pazienti con declino cognitivo. Il personale sanitario, in base alla tipologia del paziente, decide quale protocollo riabilitativo somministrare, e quindi sceglie, tramite una web-application, quali task riabilitativi (app) il paziente dovrà svolgere, la frequenza di somministrazione, la durata del protocollo, il dispositivo ed il luogo in cui verrà eseguito (nel laboratorio dell'Istituto o a casa del paziente in remoto).

Ogni applicativo, in esecuzione in uno qualunque dei dispositivi messi a disposizione dal laboratorio, raccoglierà ed invierà istantaneamente al server centralizzato tutte le telemetrie relative all'esecuzione dei vari task riabilitativi, permettendo così un monitoraggio continuo delle prestazioni del paziente, anche da remoto. La figura seguente illustra la pipeline software CoReV-LAB appena descritta:

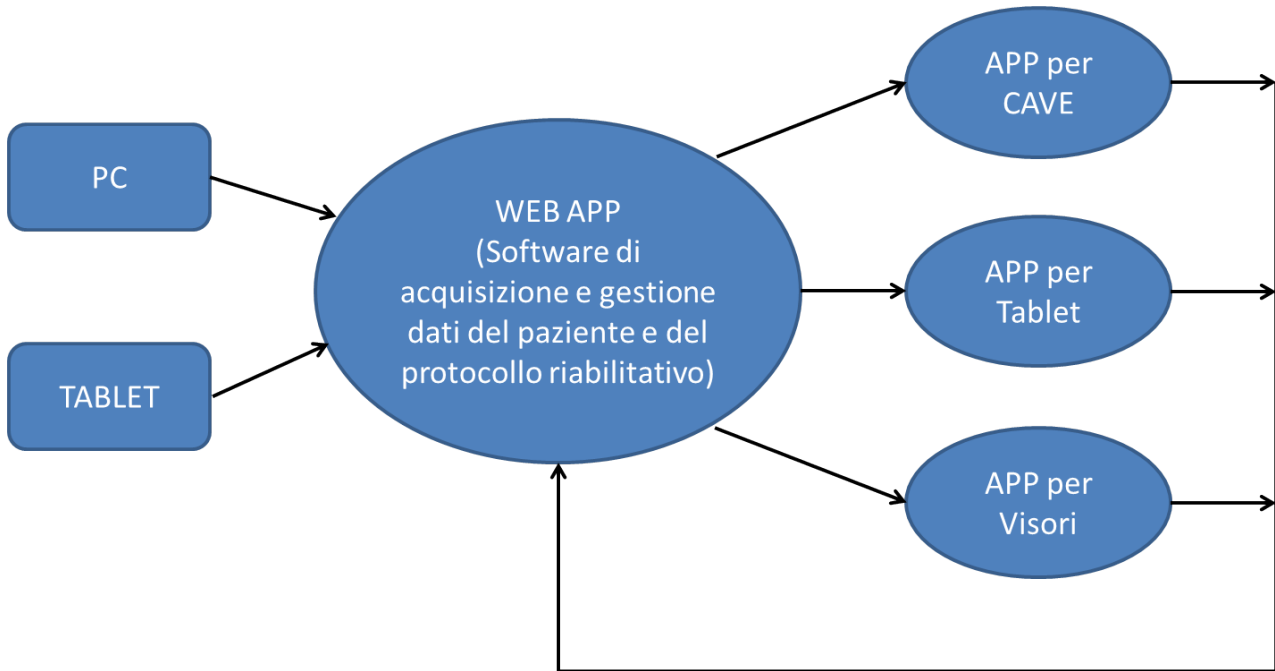


FIGURA 31: STRUTTURA DEGLI ELEMENTI DELLO USE CASE COREV-LAB

6.5 – ADNET

ADNet è sviluppato allo scopo di creare e validare una soluzione per la diagnosi della Malattia d’Alzheimer nell’essere umano. Per lo sviluppo dello use case è stata utilizzata la seguente pipeline:

- Definizione dei test da somministrare ai pazienti.
- Progettazione e realizzazione del database MYSQL che conterrà sia i dati degli utenti e degli operatori.
- Sviluppo delle applicazioni ADnet da fruire su Tablet:
 - Design della User Experience attraverso l’utilizzo di un programma di grafica.
 - Sviluppo delle interfacce UI e UX, comprensive di schermate di Login, Registrazione operatore e Gestione paziente.
 - Sviluppo delle applicazioni da utilizzare sui dispositivi dell’infrastruttura attraverso il motore grafico multiplatforma di sviluppo Unity.
- Sviluppo della applicazione ADnet per la Realtà virtuale:
 - Design della User Experience attraverso l’utilizzo di un programma di grafica.
 - Design degli ambienti immersivi che l’utente finale vedrà in game.
 - Modellazione Texturing e animazioni degli oggetti e degli “Avatar” che dovranno essere inseriti in scena su software di Grafica come Blender 3D.
 - Sviluppo dell’ambiente di realtà virtuale attraverso il motore grafico multiplatforma di sviluppo Unity.
- Fase di Testing delle applicazioni sviluppate e collaudo.
- Dopo la raccolta dei dati della fase di collaudo si procederà ad un processo di bug-fixing per la risoluzione di eventuali problematiche emerse dopo la fase di sviluppo.
- Concluso lo sviluppo si passa alla raccolta dei dati clinici per la validazione del software.

6.6 – SIMAM

Scopo dello use case SIMAM è la ricostruzione della morfologia dei capillari, la misurazione delle principali caratteristiche e del flusso sanguigno, a partire da acquisizioni videocapillaroscopiche della mucosa orale. Tale problema è stato suddiviso secondo un approccio top-down nelle seguenti fasi principali:

- segmentazione delle componenti sparse dei capillari e ricostruzione dei capillari;
- misurazione del vettore (modulo, direzione, verso) del flusso ematico all’interno dei capillari;
- estrazione delle caratteristiche di rilievo;
- creazione MVP utilizzabile dal medico specialista.

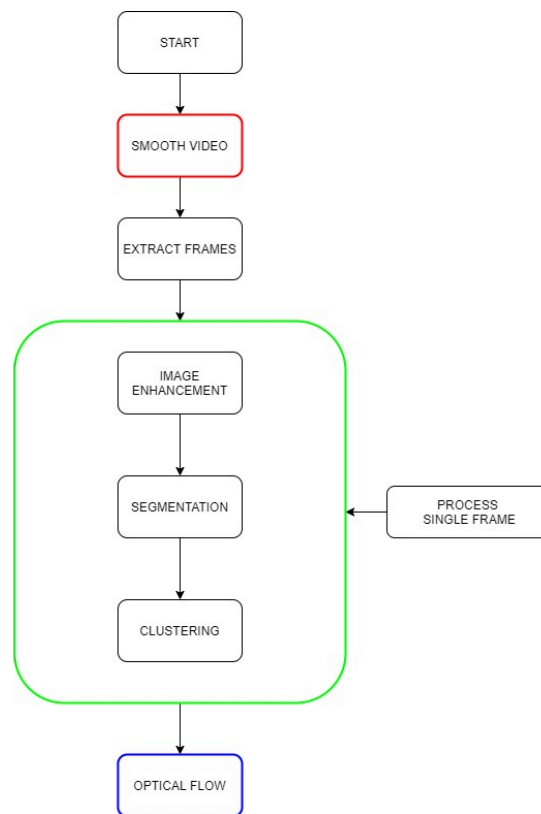


FIGURA 32: DIAGRAMMA DI FLUSSO DELL'ELABORAZIONE VIDEO: SFOCATURA, ANALISI DEL FOTOGRAMMA, FLUSSO OTTICO

Dato una acquisizione video da capillaroscopia, è stata definita una pipeline di elaborazione di ciascun fotogramma con lo scopo di separare (segmentare) i singoli capillari visibili nella scena. Poiché lo strumento di acquisizione evidenzia soltanto l'emoglobina, è applicata una semplice sfocatura, intesa come opportuna media tra fotogrammi per connettere le parti eventualmente separate di ogni capillare. Sono state prese in considerazione le seguenti tre funzioni di media:

- media aritmetica;
- media esponenziale;
- media ponderata.

La prima soluzione analizzata non ha restituito evidenti risultati soddisfacenti.

La media esponenziale è calcolata utilizzando il frame di riferimento e il risultato dello smooth per il frame precedente. I pesi usati per l'effettiva media sono dati da:

- $\alpha = \frac{e^{\log(\text{impact})}}{fps}$ per il frame precedente;
- $\beta = 1 - \alpha$ per il frame di riferimento.

La media ponderata è invece ottenuta utilizzando i frame in un intorno del frame di riferimento e attribuendo un peso diverso basandosi sulla "prossimità" rispetto a quest'ultimo. I pesi sono ottenuti come:

$$\alpha x = \frac{1}{x^2 + 1}$$

dove x rappresenta la distanza, intesa come numero di frame, tra il frame di riferimento e quello correntemente elaborato. Il risultato viene infine diviso per la somma dei pesi così ottenuti.

A seguito di quest'operazione viene applicata il resto della pipeline di processing del frame:

- image enhancement;
- segmentazione: separazione foreground/background;
- clustering dei capillari.



Lo scopo dell'enhancement consiste principalmente nel migliorare il contrasto dell'immagine in modo che le successive tecniche di segmentazione risultino più efficaci. Per questo task sono state valutate varie metodologie; alcune realizzate ad hoc, altre già consolidate in letteratura:

1. CLAHE;
2. AGCWD;
3. probability enhancement;
4. unsharp mask: iterazione di unsharp mask con media ponderata.

CLAHE è l'acronimo di "contrast limited adaptive histogram equalization"; una tecnica che equalizza in modo adattivo l'istogramma di luminosità di un'immagine digitale. Invece che agire sull'intera immagine agisce su piccole porzioni di essa e modera l'azione di equalizzazione dell'istogramma attraverso l'utilizzo del clipLimit (limite locale per il contrasto).

AGCWD è l'acronimo di "adaptive gamma correction with weighted distribution"; una tecnica che agisce sulla PDF (funzione di densità della probabilità) della componente V per un'immagine nello spazio colori HSV o sull'intera immagine nel caso di immagini in scala di grigio. Dopo aver estratto la PDF, i valori di luminosità sono ricalcolati in funzione dei valori minimi e massimi di densità di probabilità. Quest'approccio ha il vantaggio di aumentare le basse intensità senza attenuare quelle alte troppo rapidamente.

Unsharp mask genera delle versioni progressive di immagini contrastate tramite kernel gaussiano di dimensioni e sigma crescenti, per esaltare i dettagli nell'immagine. Tutte le versioni sharpened dell'immagine generate sono sommate utilizzando un peso con valore

$$\frac{1}{2^{len(\sigma)-i}}$$

dove σ è l'array dei valori di deviazione standard usati per ottenere il kernel. La versione smussata dell'immagine ottenuta è sottratta dal doppio dell'immagine stessa e queste vengono sommate con pesi via via crescenti in modo da dare maggiore peso alla versione più smussata che contiene le strutture principali e meno dettagli.

Tra le tecniche analizzate, quest'ultima sembra mostrare buoni risultati poiché in grado di migliorare sensibilmente il contrasto, senza introdurre artefatti. L'immagine ottenuta in questo modo è successivamente utilizzata per la segmentazione, separando il foreground dal background. In questo caso, sono state valutate le seguenti tecniche:

- random walk;
- MorphACWE;
- watershed;
- thresholding sulla mappa di probabilità.

Con mappa di probabilità qui si intende un'immagine corrispondente ad un frame video, i cui valori corrispondono alla probabilità che un determinato pixel appartenga ad un capillare. Sostanzialmente è un'immagine composta a partire dalle più alte frequenze dell'immagine originale, con valori normalizzati tra 0 ed 1. I capillari di interesse coincidono con un certo intervallo di frequenze spaziali. Scomponendo le immagini in vari piani di dettaglio con frequenze via via crescenti, sono azzerati tutti valori inferiori a una soglia ricavata tramite algoritmo standard di Otsu, per poi sommare questi piani di immagine. I valori al di sotto del valore di soglia sono conservati perché i capillari appaiono come strutture scure rispetto allo sfondo. Per scomporre le immagini sono state adoperate la trasformata wavelet à trous e sottrazione dall'immagine di partenza di convoluzioni con kernel gaussiani di taglia e deviazione standard crescente. Una prima segmentazione può essere fatta applicando una soglia alla mappa di probabilità: i valori al di sopra della soglia sono interpretati come capillari, quelli inferiori come sfondo.

Random walk è una tecnica semi-automatica che prevede una etichettatura iniziale dell'immagine: identifica il foreground e il background come certi e opera sui pixel ancora etichettati come incerti. È stata eseguita l'etichettatura usando la mappa stessa di probabilità: l'etichetta "foreground" è stata attribuita ai punti con valore superiore di 0.75, mentre l'etichetta "background" ai punti con valore minore di 0.25, considerando incerti i restanti punti. L'algoritmo parte dai punti noti e procede alla binarizzazione dell'immagine partendo da quelli certi, esplorando quelli incerti e attribuendo loro l'etichetta "foreground" o "background".

La seconda tecnica utilizzata sfrutta un approccio completamente automatico. Partendo dall'immagine migliorata, sono creati dei contorni che pian piano sono estesi e "riempiti". L'algoritmo inizialmente indica una curva che deve sottostare ad alcuni vincoli. L'approccio prevede che l'energia della curva venga minimizzata, che è equivalente a trovare i punti di massimo del gradiente, corrispondenti al contorno degli oggetti. Anche questa tecnica produce un'immagine binarizzata.

L'algoritmo watershed produce un'etichettatura dei pixel, facendo corrispondere ad un'etichetta una regione contigua dell'immagine. Dall'applicazione dell'algoritmo si ottiene una regione corrispondente allo sfondo e molte regioni corrispondenti a frazioni dei capillari. A tal fine sono necessari marker e una mappa topologica. Per le finalità dello use case si è partiti dalla sogliatura della mappa di probabilità, calcolando la trasformata euclidea dei contorni dei capillari ricavati tramite Canny. Come marcatori sono stati assegnati i punti di massimo dell'immagine trasformata, mentre per la mappa topologica è stata usata la trasformata euclidea negata.

Sinteticamente, tra le tecniche fin qui testate, random walk e watershed producono i risultati migliori. Invece, ACWE tende saltuariamente a espandere le regioni oltre il previsto.

L'output generato da questa prima segmentazione viene infine passato ad un algoritmo di clustering per separare i capillari. Utilizzando una versione segmentata dell'immagine piuttosto che la versione originale, l'algoritmo di clustering riesce a "concentrarsi" solo sugli elementi di interesse, scartando i dettagli ininfluenti. Si è optato per un algoritmo AgglomerativeClustering, di tipo gerarchico. Questo metodo sfrutta un approccio bottom-up in cui inizialmente ogni punto è considerato come un cluster a sé stante, e successivamente fonde i clusters più vicini tra loro. Questo processo viene ripetuto finché tutti i punti sono assegnati al cluster principale.

Il risultato dell'applicazione della pipeline fin qui descritta è mostrato nelle immagini seguenti.

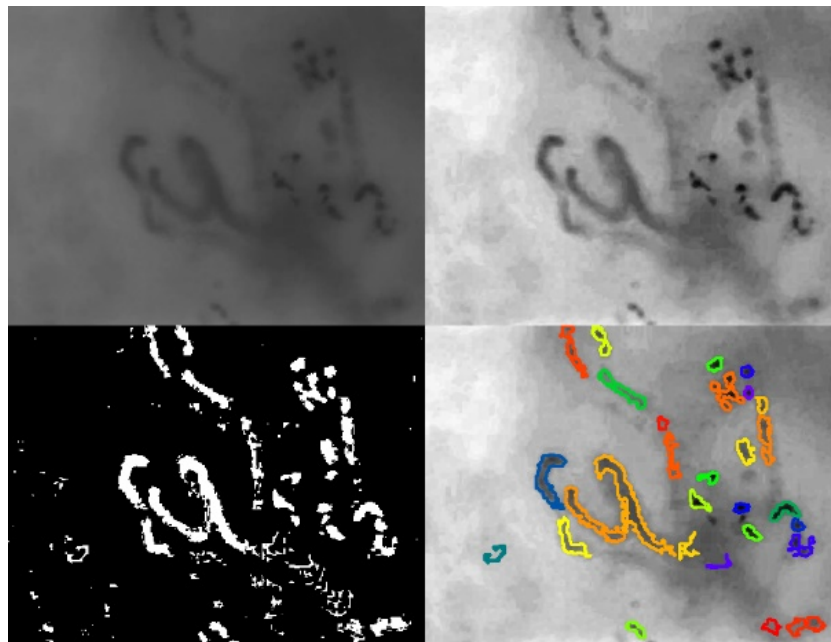


FIGURA 33: DA SINISTRA VERSO DESTRA: FRAME SMUSSATO CON MEDIA PONDERATA; IMMAGINE MIGLIORATA TRAMITE UNSHARP MASK. SULLA SECONDA RIGA: BINARIZZAZIONE CON RANDOM WALK; AGGLOMERATIVE CLUSTERING

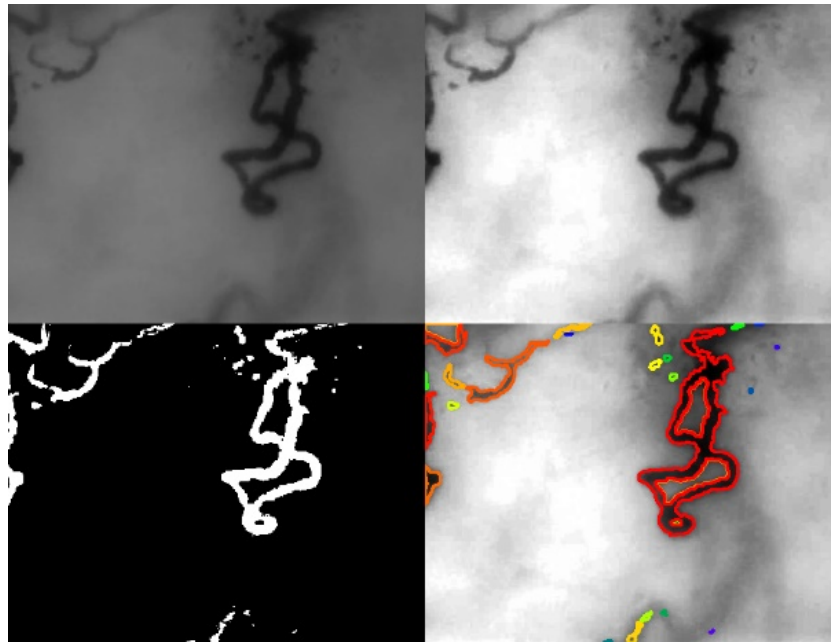


FIGURA 34: DA SINISTRA VERSO DESTRA: FRAME SMUSSATO CON MEDIA PONDERATA; IMMAGINE MIGLIORATA TRAMITE AGCWD. SULLA SECONDA RIGA: BINARIZZAZIONE CON RANDOM WALK; AGGLOMERATIVE CLUSTERING

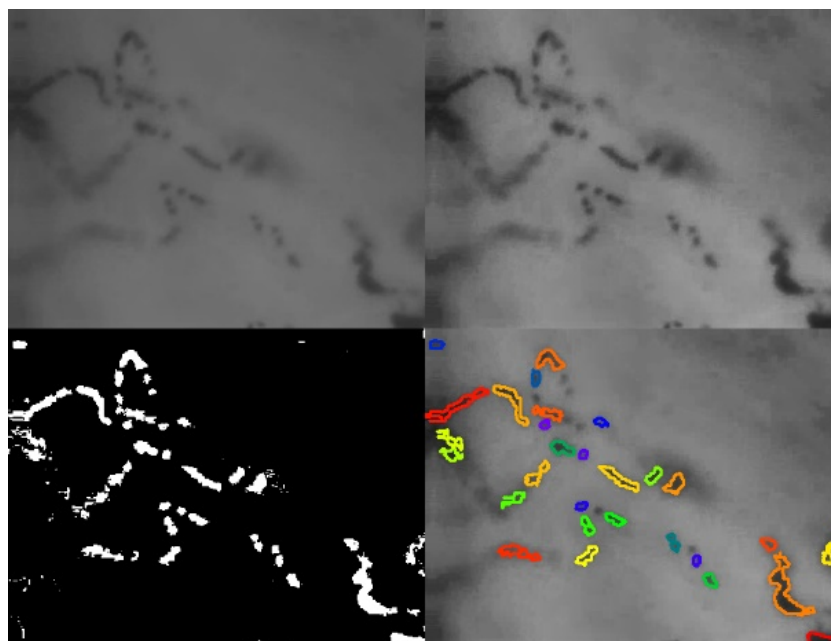


FIGURA 35: DA SINISTRA VERSO DESTRA: FRAME SMUSSATO CON MEDIA PONDERATA; IMMAGINE MIGLIORATA TRAMITE CLAHE. SULLA SECONDA RIGA: BINARIZZAZIONE CON RANDOM WALK; AGGLOMERATIVE CLUSTERING

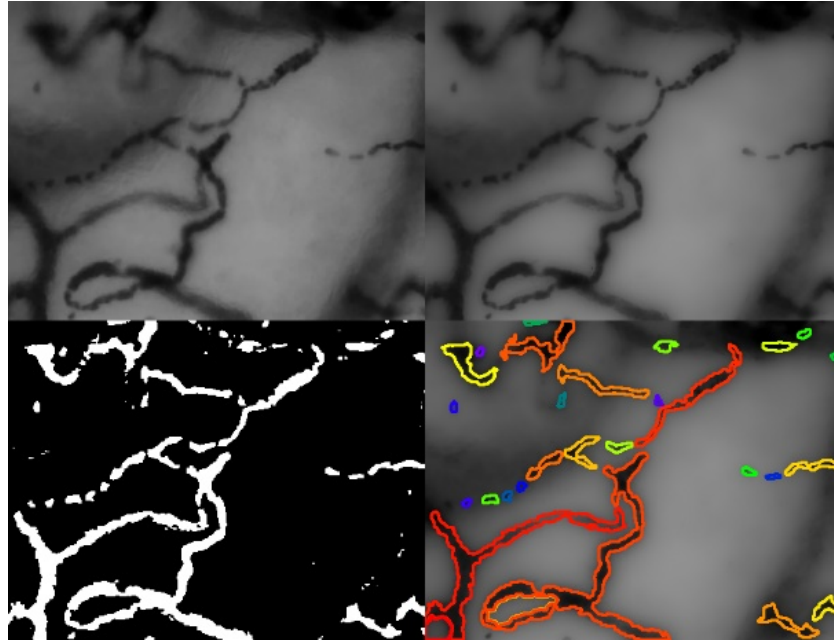


FIGURA 36: DA SINISTRA VERSO DESTRA: FRAME SMUSSATO CON MEDIA PONDERATA; IMMAGINE MIGLIORATA TRAMITE PROBABILITY ENHANCEMENT. SULLA SECONDA RIGA: BINARIZZAZIONE CON RANDOM WALK; AGGLOMERATIVE CLUSTERING

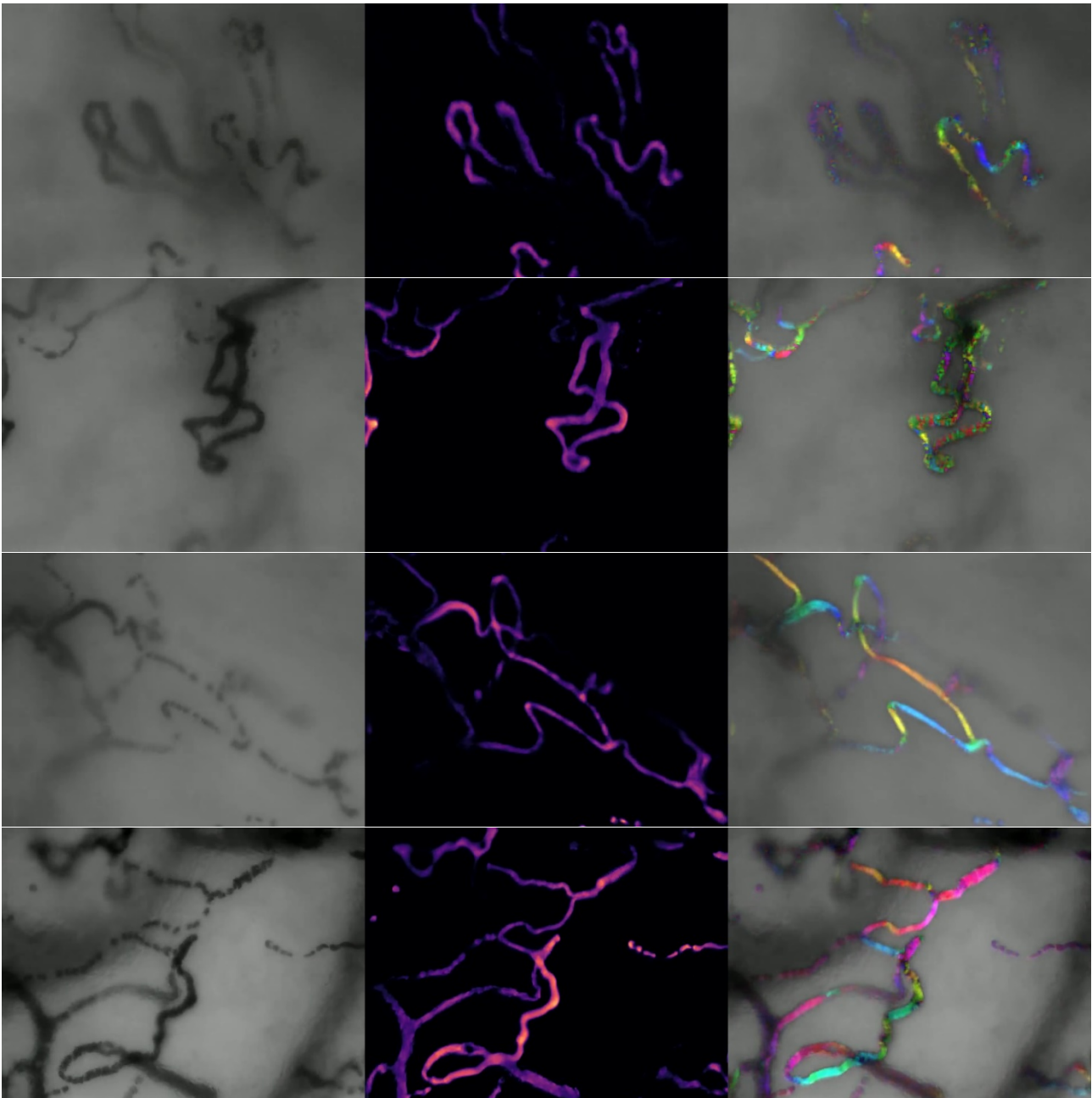


FIGURA 37: DA SINISTRA VERSO DESTRA: FRAME ORIGINALE OTTENUTO DOPO STABILIZZAZIONE VIDEO; MAPPA DI PROBABILITÀ SUCCESSIVA A SMOOTH CON MEDIA ESPONENZIALE; FLUSSO OTTICO

VCC

L'obiettivo del presente use case è di fornire all'esperto manutentore, che si trova in remoto, la visuale in prima persona degli operatori sul campo attraverso la Realtà Aumentata. Inoltre, gli esperti possono posizionare widget olografici in 3D nello spazio, in relazione agli oggetti dell'ambiente, per fornire istruzioni e annotazioni su procedure di riparazione utilizzando diversi formati come testo, immagini e disegno in tempo reale. La pipeline software si basa su un processo lineare di raccolta delle informazioni necessarie per lo sviluppo del software che permetterà l'esperienza della realtà virtuale, che vanno dalla creazione dell'ambiente 3D necessario per simulare l'ambiente, ai vari processi della macchina così da poter garantire l'utente una esperienza immersiva.

La fase di creazione dei modelli 3D si basa sull'estrapolazione dai disegni creati mediante l'utilizzo di Solidworks, il quale permette di sviluppare e modificare i modelli 3D così da poterli adattare all'ambiente applicativo.



La fase di elaborazione del modello tridimensionale prevede la seguente pipeline:

CREAZIONE/MODIFICA DEL MODELLO 3D, ESPORTAZIONE DEL MODELLO, CREAZIONE DI MODELLO VR.

Per la Pipeline sono stati utilizzati i software Solidworks e Blender, entrambi utilizzati per permettere lo sviluppo 3D e l'importazione nell'ambiente di sviluppo in Unity 3D. In questa prima fase si utilizzano software di modellazione e editing di oggetti 3D come Blender che permette l'importazione, modifica, creazione e preparazione del modello, prima di essere integrato in Unity attraverso formato di interscambio FBX.

Le specifiche principali che il modello deve avere prima di essere integrato nella scena 3D interattiva (a prescindere che sia rivolta alla VR o meno) è che questo disponga di una risoluzione poligonale sufficiente ad una resa visiva convincente e che non infici negativamente sulla capacità della GPU del sistema di destinazione dove sarà applicato il rendering in tempo reale, in tal senso si opererà un eventuale riduzione poligonale del modello o una suddivisione del modello in più versioni a risoluzione differente per permettere al motore di rendering (Unity) di gestire la visualizzazione del modello secondo criteri di distanza.

Le principali funzioni utilizzate in Blender per permettere l'import in UNITY 3D sono state:

- **Creazione della texture**
Dopo l'importazione del progetto di Solidworks procediamo alla creazione della texture che viene adattata al modello 3D, in modo tale da descrivere i colori.
- **Esportazione del file 3D** in formato *obj* e della texture in formato *jpg*, o in altri formati.

La Pipeline dei software per la creazione dei contenuti in VR si basa principalmente sull'impiego di una soluzione che permetta la creazione e preparazione della macchina che comporrà la scena 3D finale in cui si svolgeranno le attività di training.

Gli elementi che costituiscono e innescano l'uso dello scenario 3D interattivo si basano principalmente su queste categorie:

- Modello 3D (composto da componenti attivi e passivi).
- Animazioni
- Ambienti di sviluppo e scripting
- Applicazione VR tecnici
- Visori VR

Ognuno di questi elementi viene preparato, importato o agganciato all'interno dell'ambiente di sviluppo dove si assemblerà la scena 3D, identificato con la piattaforma Unity.

6.7.1 Effetti sonori e musica

Nella simulazione VR sono stati integrati suoni ambientali che vanno considerati nei termini di accompagnamento musicale, che sono utili alla scena interattiva. La pipeline software del caso d'uso VCC prevede l'impiego di un software per utilizzo di musica di accompagnamento per effettuare importazione in Unity per accompagnare l'utente nell'esperienza nelle varie scene dell'esperienza in VR. Il software utilizzato per effettuare l'importazione di musica di accompagnamento è Audacity.

6.7.2 Animazioni

In una simulazione VR interattiva possono coesistere molti elementi animati sia 2D che 3D; questi possono essere attuati attraverso le funzionalità di animazione interne. In Unity, vogliamo muovere un oggetto nello spazio in funzione di un evento ben determinato, si potrà applicare una trasformazione attraverso codice oppure tramite l'editor integrato in Unity, in questo caso sarà applicata al modello una logica di fotogrammi chiave (keyframing). Il caso d'uso utilizza entrambe le tecniche di animazione su oggetti ed elementi di scena.

6.7.3 Ambiente di sviluppo

In un applicativo VR interattivo uno degli aspetti fondamentali che permette di collegare i vari aspetti dell'esecuzione dell'applicazione è quella del codice. L'ambiente di programmazione impiegato è Visual Studio ed il linguaggio di programmazione utilizzato è C#. Attraverso C# definiamo il comportamento di un determinato oggetto quando viene un trigger con un evento, oppure come questo cambia in funzione del tempo o di un determinata condizione.



Tuttavia, C# non è utilizzato solo ed esclusivamente nella gestione degli eventi e dei comportamenti di un determinato asset, ma è impiegato anche nella gestione delle comunicazioni input/output tra l'applicazione VR e Applicazione esterna di telemetria.

6.7.4 Applicazione VR Tecnici

Il caso d'uso VCC offre come servizio principale un training virtuale. Il Tecnico della macchina vending, in base al livello della conoscenza della macchina decide quale sezione andare a rivedere, e quindi sceglie, tramite l'applicazione VR, quali training specializzato dovrà seguire il tecnico.

Ogni sezione raccoglierà ed invierà istantaneamente al server centralizzato tutte i dati riguardanti le sezioni relative all'esecuzione dei vari compiti, permettendo così un monitoraggio continuo delle prestazioni, così da poter permettere al tecnico Oranfresh di aiutarlo su una sezione in particolare.

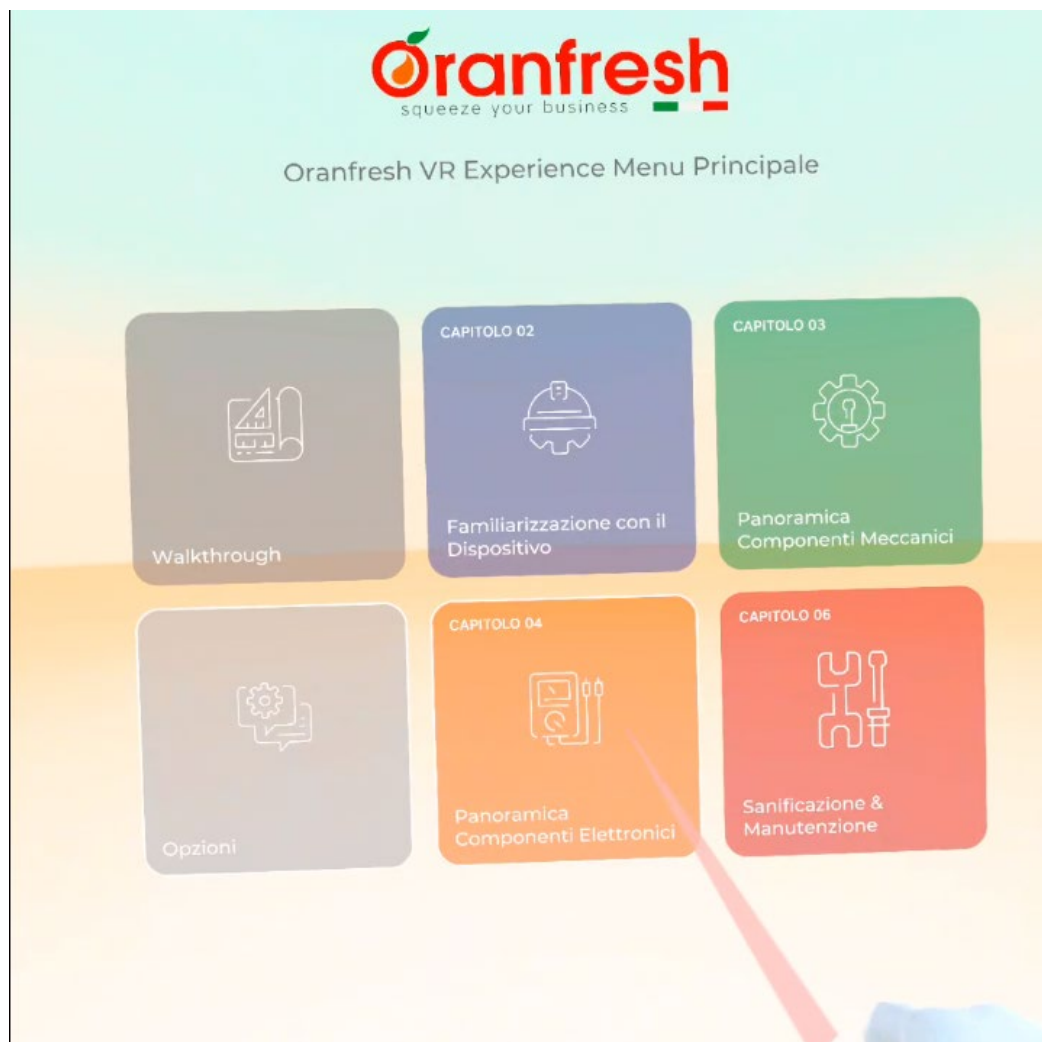


FIGURA 38: SCHERMATA MENU INIZIALE APPLICAZIONE VR

6.7.5 Visori VR

Nel caso d'uso VCC i dispositivi utilizzati per permettere l'utilizzo dell'applicazione ed effettuare i test per l'applicativo software sono stati il seguente visore e diversi computer con diversi gradi computazionali in modo da verificare l'effettivo carico dell'applicativo.

Il visore Oculus Quest 2 è considerato il visore standalone più potente e rappresenta uno strumento per l'utilizzo di contenuti VR a elevate prestazioni e utilizzato in applicazioni in vari settori.

Oculus Quest 2 è un visore **VR stand-alone**, un dispositivo wireless e autonomo a livello computazionale che non richiede fili o hardware o altre periferiche. È dotato di pannelli con display LCD e 4 fotocamere frontali e due avanzati controller che permettono il tracking in tempo reale dell'ambiente con una completa libertà di movimento. Il visore è stato collegato tramite il cavo USB Oculus Link ad un computer, diventando a tutti gli

effetti un Oculus Rift. In questa modalità ci penserà il computer ad elaborare la parte grafica, e il visore sarà alimentato tramite USB Type C. È possibile anche attivare una modalità di integrazione con il PC senza la necessità del cavo Oculus Link (funzionalità attualmente in fase beta), chiamata “Air Link” che prevede lo streaming del flusso video creato dal PC attraverso connettività Wi-Fi tra PC e visore. E’ stato utilizzato USB Oculus Link per poter fare diagnosi sui dati provenienti dal visore così da poter verificare se vi era un sovraccarico computazionale, se l’applicazione fosse correttamente ottimizzata e poter procedere con il corretto dell’applicativo sull’Oculus Quest 2.



FIGURA 39: MENU ANALISI COMPONENTI MECCANICI APPLICAZIONE VR



7 – CONCLUSIONI

Da questo rapporto emergono le importanti potenzialità che il Centro di Realtà Virtuale e il Progetto tutto mettono a disposizione del sistema produttivo e della ricerca in Sicilia. Nelle prossime fasi del progetto, nuovi use case verranno acquisiti da 3DLab-Sicilia tramite delle selezioni con valutazioni comparative. Essi apporteranno requisiti e capacità che inevitabilmente genereranno nuove competenze e definiranno ulteriori pipeline. Le pipeline presentate nelle sezioni precedenti saranno ulteriormente affinate ed estese così come saranno potenziati i servizi generalmente disponibili per l'utenza dell'infrastruttura. L'obiettivo è di fornire un orizzonte completamente nuovo per l'industria e la ricerca scientifica in Sicilia, sfruttando l'enorme valore aggiunto delle tecnologie presentate nel documento. L'offerta prodotta da 3DLab-Sicilia punta a fare da elemento catalizzatore per il settore produttivo siciliano negli anni a venire.