IL RUOLO DELLE TECNOLOGIE GEOMATICHE NELL'AMBITO DELL'EDUCAZIONE AL PATRIMONIO CULTURALE DEI GIOVANI

F. Di Stefano [a], E. Savina Malinverni [a], R. Pierdicca [a]

[a] Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura, Università Politecnica delle Marche, Via Brecce Bianche, 12, 60131, Ancona, Italy – {f.distefano, e.s.malinverni, r.pierdicca}@staff.univpm.it

Parole chiave: Geomatica, Patrimonio Culturale, UNESCO, Educazione, Giovani

Key words: Geomatics, Cultural Heritage, UNESCO, Education, Youth

Abstract

Questo articolo illustra il ruolo delle tecnologie geomatiche applicate al patrimonio culturale attraverso attività educative rivolte ai giovani. In particolare, il Laboratorio EDU, un'iniziativa dell'Associazione Italiana Giovani per l'UNESCO (AIGU), mira a promuovere un approccio collaborativo tra studenti ed esperti, aderendo ai valori e ai principi dell'UNESCO. Il coinvolgimento di volontari, spesso ricercatori o accademici, tra gli altri, promuove strategicamente la collaborazione con le università e crea un ponte tra i livelli educativi, incoraggiando intersezioni e sinergie significative. La tecnologia è essa stessa uno strumento per coinvolgere gli studenti nella realizzazione pratica dei progetti. Infatti, educare i giovani nel campo dei beni culturali attraverso questo approccio permette alla creatività di assumere un ruolo di primo piano nel raggiungimento di obiettivi sostenibili, sia dal punto di vista economico che sociale. Con l'obiettivo di indagare come il supporto delle tecnologie geomatiche abbia un impatto sull'educazione dei giovani al patrimonio culturale, vengono presentati casi di studio analizzando buone pratiche di progetti educativi svolti in alcune scuole nella regione Marche.

This article explores the role of geomatics technologies in promoting cultural heritage through education activities for young people. In particular, the EDU Lab, an initiative from the Italian Youth Association for UNESCO (AIGU), aims to foster a collaborative approach among students and experts, adhering to UNESCO's values and principles. The involvement of volunteers, often researchers or academics, among others, strategically promotes collaboration with universities and bridges educational levels, encouraging meaningful intersections and synergies. Technology is itself a tool to engage students in the practical realization of the projects. As a matter of fact, educating young people in the cultural heritage field through this approach enables creativity to assume a leading role in achieving sustainable goals, both economically and socially. With the aim of investigating how the support of geomatic technologies has an impact on young people's education on cultural heritage, case studies are presented analyzing good practices of educational projects carried out in some schools in the Marche Region.

1. Introduzione

Negli ultimi anni, la tecnologia riveste un ruolo sempre più significativo nell'ambito delle attività educative per i giovani. Grazie alla sua presenza, l'apprendimento diventa interattivo e accessibile, offrendo opportunità uniche per esplorare e creare in un mondo digitale in continua evoluzione. La tecnologia rappresenta quindi un potente strumento per avvicinare i giovani al patrimonio culturale. Attraverso le tecnologie a disposizione, i giovani possono esplorare in modo coinvolgente e dinamico monumenti, opere d'arte e tradizioni storiche, preservando e arricchendo così la conoscenza delle proprie radici e dell'eredità culturale. La nascita del patrimonio culturale digitale segna un'epoca di trasformazione nell'accesso e nella conservazione dei beni culturali. Grazie alla digitalizzazione il nostro passato diventa fruibile globalmente, consentendo a nuove generazioni di esplorare e comprendere le caratteristiche e i valori del patrimonio culturale. Dal 2003 si è verificato un cambiamento sul nostro ambiente digitale, quando l'UNESCO ha adottato la Carta sulla conservazione del patrimonio digitale[1], e i suoi 193 stati membri hanno concordato di vigilare contro la perdita di risorse digitali uniche per proteggere il patrimonio comune dell'umanità. Con la Convenzione di Faro[2], trattato siglato il 27 ottobre nel 2005 e ratificato dall'Italia il 23 settembre 2020, poter fruire del patrimonio culturale diviene un diritto umano. I cittadini hanno responsabilità nella conservazione e nella fruizione del patrimonio che diventa quindi elemento di coinvolgimento delle comunità divenendo anche una risorsa per lo sviluppo sostenibile. Con l'Agenda 2030[3] delle Nazioni Unite vengono delineati gli obiettivi per lo sviluppo sostenibile (OSS) con la strategia "per poter ottenere un futuro migliore e più sostenibile per tutti". Rimanendo in tema dell'educazione al patrimonio culturale dei giovani attraverso strumenti tecnologici ci si rifà agli OSS 4 e 9. Il primo ha come obiettivo quello di garantire un'istruzione di qualità inclusiva e paritaria e di promuovere opportunità di apprendimento permanente per tutti. Il secondo promuove lo sviluppo della tecnologia, la costruzione di infrastrutture sostenibili, la ricerca e l'innovazione per garantire crescita economica, e l'accesso alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione.
Un altro documento programmatico su cui fare riferimento è quello del New European Bauhaus[4] (NEB) dell'Unione Europea. Il NEB è un'iniziativa ambientale, sociale e culturale che integra il Green Deal europeo e combina esperienza

[1] https://www.patrimoniomondiale.it/?p=8
[2] https://www.coe.int/it/web/venice/faro-convention
[3] https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/sustainable-development-goals/eu-and-united-nations-common-goals-sustainable-future_it
[4] https://new-european-bauhaus.europa.eu/index_en

estetica, sostenibilità e inclusività. Pone come obiettivi quelli di esplorare idee, identificare bisogni urgenti e coinvolgere le comunità, sulla base di tre principali approcci: multilivello, dal globale al locale, partecipativo attraverso coinvolgimento della comunità e transdisciplinare tra arte, cultura, scienza, etc. Tra i quattro assi programmatici si annovera quello di ritrovare e potenziare il senso di appartenenza. Una delle strategie a supporto di questo asse programmatico è quello di favorire uso corretto della tecnologia e garantire piena accessibilità attraverso una maggiore inclusione fisica e cognitiva, il miglioramento della componente esperienziale della fruizione culturale e ottenendo maggiori risultati in termini di educazione e divulgazione.
Tutti questi temi vengono affrontati e divulgati dall'Associazione Italiana Giovani per l'UNESCO (AIGU), un'associazione giovanile che nasce per supportare le attività della Commissione Nazionale Italiana per l'UNESCO nel campo dell'educazione, della scienza, della cultura e della comunicazione, promuovendo progetti, valori e priorità nelle comunità locali, attraverso la partecipazione attiva di giovani in iniziative ed eventi di rilevanza nazionale e internazionale. Fondata nel 2015, rappresenta tuttora la più grande organizzazione giovanile in ambito UNESCO a livello mondiale e conta di circa 300 soci sparsi in tutto il territorio nazionale, costituita da giovani tra i 18 e i 35 anni. Ogni anno AIGU promuove, attraverso i vari comitati regionali, laboratori didattici per gli Istituti di Istruzione Superiore che vengono chiamati comunemente Laboratori EDU. Tali laboratori vengono gestiti dai soci regionali AIGU che fungono da tramite tra le scuole partecipanti e le realtà del territorio che vengono coinvolte come enti esterni o partner del progetto EDU, in particolare amministrazioni locali, associazioni culturali, aziende private e università.

Il giovane autore, F. Di Stefano, che presenta il contributo in qualità di ricercatore post-doc in geomatica del laboratorio di ricerca GAP (Geomatics Applications and Processing) presso il dipartimento DICEA dell'UNIVPM coordinato dalla Prof.ssa E.S. Malinverni, è socio AIGU per la regione Marche dal 2016 rivestendo per due mandati consecutivi la carica di Rappresentante Regionale e attualmente occupa un posto nel direttivo nazionale come Coordinatore Area Centro (regioni del centro Italia).
L'intento di questo contributo è quello di raccontare e condividere le esperienze, vissute in prima persona dal giovane autore, dei vari Laboratori EDU svolti con gli Istituti di Istruzione Superiore della regione Marche dove le tecnologie geomatiche sono servite a supporto dell'educazione al patrimonio culturale dei giovani studenti partecipanti. Questi sono stati invitati a creare nuove forme di patrimonio digitale attraverso la produzione di modelli 3d virtuali o fisici come nuovi strumenti per la conoscenza, valorizzazione e divulgazione del patrimonio culturale tangibile unito a volte anche da elementi intangibili.

2. Stato dell'arte

La geomatica riveste un ruolo fondamentale per il patrimonio culturale. L'utilizzo delle tecniche più comuni come la fotogrammetria e il laser scanner consente di acquisire una grande quantità di dati e di creare modelli tridimensionali dettagliati. Questi strumenti avanzati consentono la documentazione accurata di siti storici, monumenti e manufatti, preservandone la memoria per le generazioni future. Grazie alla geomatica, è possibile analizzare, conservare e condividere in modo efficace le informazioni sul patrimonio culturale, consentendo agli studiosi di approfondire la comprensione della storia e alla società di godere e imparare dalla bellezza del passato.
I prodotti derivanti da rilievi geomatici consentono la creazione di modelli tridimensionali a diversi livelli di dettaglio. Questi modelli rappresentano la base per esperienze digitali come tour virtuali (VR), realtà aumentata (AR) o mista (MR), che permettono agli utenti di immergersi virtualmente in luoghi storici e culturali (Baena Pérez et al., 2021; Preetham et al., 2022). Inoltre, tali modelli offrono la possibilità di creare repliche fisiche attraverso la stampa 3D (Di Tore et al., 2022), permettendo così una nuova modalità di interazione tangibile con il patrimonio.
Attualmente, si nota una scarsa presenza di articoli nella letteratura riguardante il ruolo delle tecnologie geomatiche nell'ambito dell'educazione al patrimonio culturale rivolta ai giovani. Questo ambito, sebbene di vitale importanza per la promozione della consapevolezza storica e culturale nelle nuove generazioni, sembra essere meno trattato rispetto ad altre applicazioni della geomatica. L'integrazione di strumenti e metodi come la fotogrammetria, i laser scanner e la modellazione 3D potrebbe offrire opportunità uniche per coinvolgere i giovani nella scoperta e nella comprensione del patrimonio, stimolando l'interesse e la partecipazione attiva. La scarsità di attività in questo specifico settore sottolinea la necessità di esplorare ulteriormente come le tecnologie geomatiche possano essere impiegate in programmi educativi mirati a promuovere un maggiore coinvolgimento e accrescere la responsabilità verso il patrimonio culturale.
I prodotti ottenuti tramite le tecnologie e le tecniche della geomatica svolgono un ruolo di fondamentale supporto nelle attività educative. Dalla letteratura emergono discussioni riguardo ai modelli digitali che, grazie alla realtà virtuale o aumentata, offrono un approccio più completo e accessibile all'analisi e allo studio degli elementi del patrimonio culturale tangibile. Pierdicca et al. (2020) hanno dimostrato come AR e VR hanno un grande potenziale per aiutare gli studenti a migliorare le loro conoscenze e competenze. Infatti, la connessione tra AR/VR e istruzione rende l'esperienza di insegnamento e apprendimento più efficiente e accattivante (Bekele et al., 2018). Queste tecnologie rendono il patrimonio culturale accessibile digitalmente, soprattutto quando l'accesso fisico è limitato, come si è visto durante il periodo pandemico di COVID-19.
Tuttavia, in alcuni casi si tralascia come poter coinvolgere direttamente gli studenti nell'apprendimento della creazione di tali modelli digitali al fine di favorire un'interpretazione più creativa e personalizzata del patrimonio culturale dal punto di vista dei giovani. I prodotti digitali derivanti dalle tecniche geomatiche possono rivelarsi estremamente utili, ma è altrettanto importante fornire ai giovani strumenti e competenze per creare tali modelli in modo semi-autonomo. Introdurre i giovani studenti al processo di acquisizione dei dati geospaziali, all'utilizzo di software di modellazione e alla realizzazione pratica di modelli 3D può non solo rendere il processo di apprendimento più coinvolgente, ma anche prepararli per un futuro impegno attivo nella valorizzazione e nella preservazione del patrimonio culturale.
L'importanza della collaborazione tra istituti scolastici e universitari nell'ambito dei laboratori educativi è di rilevanza cruciale. Le università possono fornire strumenti e risorse di valore, anche dal punto di vista economico, che arricchiscono l'esperienza formativa degli studenti delle scuole superiori. In particolare, i ricercatori nel campo della geomatica possono svolgere un ruolo essenziale nel settore del patrimonio culturale, lavorando a stretto contatto con gli studenti per condividere conoscenze di questa disciplina scientifica. Questa collaborazione non solo permette di esplorare le potenzialità

della geomatica per la valorizzazione del patrimonio culturale, ma offre anche l'opportunità di mostrare come le competenze acquisite possano contribuire in modo concreto e innovativo al settore. La sinergia tra istituti scolastici e universitari apre la strada a un apprendimento arricchito e all'evoluzione delle competenze, promuovendo allo stesso tempo una maggiore valorizzazione e preservazione del nostro ricco patrimonio culturale.

3. Metodologia

In questa sezione vengono illustrati alcune esperienze di Laboratori EDU, promossi dai soci del comitato Marche di AIGU, a cui hanno partecipato giovani studenti di Istituti d'Istruzione Superiore marchigiani. A questi è stata offerta la possibilità e l'opportunità di sfruttare le tecnologie della geomatica per la documentazione del patrimonio culturale e creare nuove forme di patrimonio digitale o riproduzione di modelli fisici. Strumenti e metodi che hanno permesso di favorire la conoscenza del patrimonio culturale, migliorare le modalità di apprendimento didattico che diviene più stimolante e accattivante attraverso queste nuove tecnologie da parte degli studenti. Ha inoltre permesso agli studenti stessi di sperimentare nuovi sistemi di divulgazione del patrimonio stesso per e verso la comunità.

Nell'a.s. 2017/2018 il Laboratorio EDU è stato svolto da studenti dei corsi Geometri e Linguistico dell'ITET "Carducci-Galilei" di Fermo. La scelta della tipologia di patrimonio su cui approfondire dal punto di vista culturale, artistico e sociale è ricaduta nella Piazza del Popolo di Fermo per la creazione di un modello 3D fisico. Grazie ad una rapida campagna di rilievi con il supporto dei ricercatori del laboratorio GAP (UNIVPM) con fotocamere digitali e laser scanner mobile sono stati rilevati gli spazi, le superfici e le facciate degli edifici antistanti la piazza. Gli studenti sono stati divisi in diversi gruppi che dotati di treppiedi e fotocamere reflex hanno rilevato gli edifici che si affacciano sulla piazza. Hanno quindi imparato prime nozioni di fotogrammetria nella sua fase di presa: sovrapposizione dei fotogrammi, scala di rappresentazione, posizionamento di diversi punti di presa.
Raccolti i dati dei rilievi, gli studenti del corso Geometri hanno prodotto un modello 3D digitale della piazza servendosi anche della cartografia comunale per ottenere le dimensioni in pianta degli edifici ed elaborando nuvole di punti da fotogrammetria integrate a quelle del laser scanner per ottenere ulteriori misure. Il risultato è stato quello di creare un modello 3D digitale semplificato della piazza in scala 1:100 da poter essere riprodotto fisicamente con la stampante 3D (Fig 1).
L'intento non è solo quello di creare una riproduzione fisica in piccola scala ma di quello di poter far conoscere questo spazio urbano anche tenendo conto dell'accessibilità sensoriale. Il modellino 3D infatti risulta tattile, quindi accessibile per ipovedenti (Rossetti et al., 2018). Inoltre, grazie al lavoro svolto dagli studenti del corso Linguistico, su alcune superfici verticali del modello 3D sono state applicate delle superfici riconoscibili al tatto per diverso materiale rispetto al materiale polimerico del modello 3D, visibili in Fig.1 di colore nero, che al semplice tocco trasmettono brevi audio registrati in diverse lingue che raccontano la storia, la descrizione, il valore e le caratteristiche della Piazza del Popolo di Fermo.

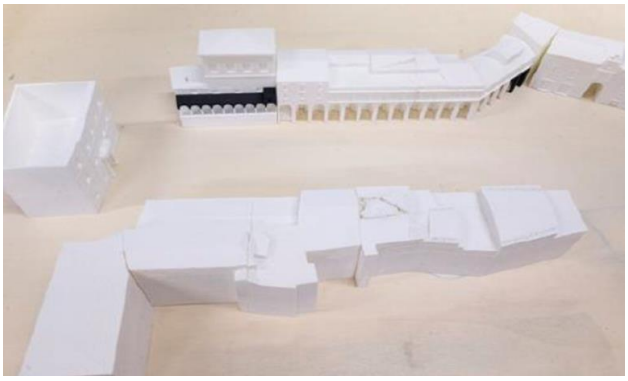

Figura 1. Modello 3D della Piazza del Popolo di Fermo realizzato dagli studenti. ©Di Stefano 2017

Nell'a.s. 2018/2019 il Laboratorio EDU ha visto impegnati gli studenti del Liceo Scientifico "V. Volterra" di Fabriano. Qua in occasione del XIII Annual Meeting of the UNESCO Creative City Network, svoltasi a Fabriano nel giugno 2019, gli studenti hanno deciso di valorizzare varie tipologie di patrimonio presenti nella città creando una mappa, chiamata "Fabriano in tasca" che mostri particolarità e curiosità al di fuori degli schemi dei classici tour turistici. Sono stati creati tre percorsi basati sui tre pilastri tematici dell'UNESCO: cultura, educazione e scienza (Fig. 2). Questi percorsi sono stati definiti da una successione concatenata di QR code che scannerizzati mostravano contenuti di vario tipo: testuali, descrittivi e storici, multimediali, sotto forma di immagini e video, sonori sotto forma di racconti popolari ed estratti musicali.

Figura 2. Mappa dei tre percorsi di "Fabriano in tasca" realizzato dagli studenti.

Visti i numerosi elementi selezionati dagli studenti per riscoprire le bellezze della città, l'apporto delle tecnologie geomatiche è stato in forma minore ma comunque sempre utile. Agli studenti sono state impartite piccole lezioni di geolocalizzazione per spiegare loro come poter attribuire coordinate geografiche ad ogni QR code per individuare il posizionamento dei vari punti di sosta. Inoltre, ad un piccolo gruppo di studenti è stato chiesto di creare un modello 3D virtuale di una piccola formella fissa su una facciata di un palazzo storico in Piazza della Cattedrale di Fabriano. Poiché la formella era posta ad una certa altezza, la fotocamera digitale è stata sostituita dall'uso di un dispositivo UAV dotato di camera. Gli studenti hanno appreso i concetti base della fotogrammetria digitale. Nella fase di presa è stata usata la tecnica multi-immagine (multi-video stereo) e le foto sono state scattate sulla base di un valore costante di GSD (Ground Sampling Distance) da poter garantire un'apprezzabile risoluzione dell'oggetto

fotografato. Il processamento delle immagini ottenute ha permesso la creazione di un modello 3D sotto forma di mesh, a partire dalla nuvola di punti elaborata grazie al supporto software dei ricercatori GAP intervenuti come esperti. Il modello 3D è stato caricato su una piattaforma di condivisione online per la sua visualizzazione in modalità virtuale (Fig. 3).

Figura 3. Modello 3D virtuale della formella

Un ultimo esempio, di grande rilevanza e significatività è quello realizzato durante l'a.s. 2022/2023 dagli studenti del Liceo Scientifico "G. Galilei" di Macerata. Come output del Laboratorio EDU hanno scelto di creare un tour virtuale del piccolo borgo Villa Ficana costituito da edifici costruiti in terra cruda sito nelle prossimità del centro di Macerata, attualmente un ecomuseo. Dopo la difficile esperienza pandemica ci si è resi conto, come hanno affermato i giovani protagonisti del progetto, che la cultura ha sofferto molto la distanza e l'interazione dalla società a causa dell'impossibilità di poter visitare ed esplorare i vari siti culturali. L'intento degli studenti nel creare il tour virtuale di questo piccolo borgo sconosciuto è non solo quello di creare una nuova forma di documentazione sotto forma di patrimonio digitale ma quello di poter creare un nuovo strumento di conoscenza ed esplorazione del sito attraverso canali di comunicazione e divulgazione online.
L'attività è iniziata con una ricca ricerca storico-bibliografica del sito e un primo sopralluogo per individuare punti strategici da mettere in risalto nella creazione del tour virtuale. Dopodiché con il supporto tecnico dei ricercatori di geomatica è stato eseguito un rilievo con una fotocamera sferica lungo i vicoletti del borgo e in prossimità di punti di particolare interesse cercando di creare un percorso continuo e chiuso che mostrasse ogni angolo del piccolo spazio urbano. È stata quindi adoperata una camera 360 (Nikon KeyMission 360) montata su treppiede per creare una serie panorami sferici scattati tramite APP SnapBridge 360. Come nei laboratori precedentemente descritti, anche in questo caso gli studenti si sono avvicinati alla conoscenza di tecnologie geomatiche di cui ignoravano loro esistenza e uso. Ciò oltre ad offrire un'opportunità di formazione sulle tecniche di rilievo geomatico, in particolare la fotogrammetria, ha permesso loro di capire come poter sfruttare al meglio la tecnologia per scopi didattici e informativi.

Figura 4. Mappa delle varie foto 360 scattate all'interno dell'area urbana di borgo Villa Ficana (MC).

La seconda fase del progetto si è tenuta presso il laboratorio informatico della scuola dove gli studenti si sono cimentati nella creazione del tour virtuale a partire dai panorami sferici ottenuti durante l'attività sul campo, attraverso la sperimentazione di alcuni software. Il principale software utilizzato è stato quello implementato dai colleghi ricercatori del dipartimento DII (UNIVPM) chiamato ScoolAR (Puggioni et al., 2020). Una piattaforma comodamente gestibile e con un'interfaccia grafica facilmente intuibile e userfriendly. Oltre alla creazione del tour virtuale grazie alla selezione e unione dei vari panorami sferici che vengono caricati, offre inoltre funzionalità di inserimento di simboli e testi che arricchiscono l'esperienza virtuale (Fig. 5). La stessa applicazione consente di esplorare virtualmente il sito culturale anche attraverso la realtà aumentata (AR) con l'ausilio di uno smartphone inserito in un cardboard (Fig, 6) creando quindi un'esperienza immersiva. Per consentire ciò le singole foto sferiche vengono salvate in modalità stereoscopica come mostrato in Fig. 7. La visualizzazione AR è stata realizzata in modalità 3DoF (Degree of Freedom – Gradi di libertà) in quanto l'utente può ruotare la testa stando seduto o in piedi sul posto.

Figura 5. Estratto del tour virtuale che mostra il punto iniziale riportando una nota informativa testuale del borgo da esplorare.

a.

b.

Figura 6. a. Cardboard per la visualizzazione AR. b. Studente che testa e verifica l'esperienza AR da loro creata.
©Di Stefano 2023

Figura 7. Vista stereoscopica di un ambiente interno creata per la visualizzazione AR 3DoF attraverso cardboard.

In alternativa all'uso dell'applicazione, gli studenti hanno testato la creazione del tour virtuale anche con software online. Questo permetterà una più facile condivisione e divulgazione dello stesso attraverso un semplice link anche integrando lo stesso al già presente sito internet dedicato all'Ecomuseo Villa Ficana. Sono stati provati come programmi di creazione di tour virtuali come Marzipano e ThingLink.

4. Conclusioni

Il presente contributo ha voluto dimostrare il ruolo fondamentale delle tecnologie geomatiche nel contesto dell'educazione al patrimonio culturale rivolta ai giovani. La documentazione e la valorizzazione del patrimonio culturale, in conformità alle convenzioni dell'UNESCO e di Faro. Attraverso le strategie promosse dagli OSS 4 e 9 dell'Agenda 2030 e dagli assi programmatici del NEB da parte delle Nazioni Unite, ci si rende conto quanto sia determinante il sopporto tecnologico per la formazione didattica per le giovani generazioni rendendo maggiormente inclusivo e stimolante l'accesso alla cultura e l'interazione con il patrimonio culturale. Gli studenti degli Istituti di Istruzione Superiore che hanno aderito ai Laboratori EDU promossi dall'Associazione Italiana Giovani per l'UNESCO, grazie al supporto esterno dei ricercatori universitari, hanno acquisito competenze di base nelle tecniche e tecnologie della geomatica, consentendo la creazione di modelli 3D, virtuali o materializzati attraverso la stampa 3D. Sono state mostrate diverse esperienze che hanno riguardato il coinvolgimento di esperti di geomatica, tra cui l'autore stesso, come figure di supporto alla realizzazione di campagne di rilievo e creazione dei prodotti finali. Questi risultati non solo favoriscono la diffusione della conoscenza e la divulgazione del patrimonio culturale, ma contribuiscono altresì a migliorare l'apprendimento didattico del patrimonio culturale stesso e migliorare l'accessibilità da parte di tutta la comunità. L'intersezione tra tecnologia e cultura rappresenta un passo significativo verso l'educazione al nostro patrimonio culturale tangibile, nonché uno strumento per ispirare le giovani menti a nutrire maggiore interesse per il patrimonio circostante, forgiando così un futuro sempre più consapevole, responsabile e sostenibile.

Contributi dei singoli autori
Idea e concezione, metodologia, validazione, analisi, revisione: F.D.S. L'autore conferma quanto scritto nella versione dell'articolo pubblicata.

Conflitti di interessi: L'autore dichiara di non avere conflitti di interesse da riportare.

Bibliografia

Baena Pérez, R., Villar Navarro, E., Dodero Beardo, J. M., Perales Vargas-Machuca, J. A., & Ruiz Rube, I. (2021). Virtually guided visits as an educational tool. http://hdl.handle.net/10498/26443 (Accessed 31 August 2023)

Bekele, M. K., Pierdicca, R., Frontoni, E., Malinverni, E. S., & Gain, J. (2018). A survey of augmented, virtual, and mixed reality for cultural heritage. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, *11*(2), 1-36. https://doi.org/10.1145/3145534

Di Tore, S., Todino, M.D., Campitiello, L. (2022). Lab-H: A Laboratory to Develop 3D Printable Inclusive Open Educational Resources. In: *Higher Education Learning Methodologies and Technologies Online*. HELMeTO 2021. Communications in Computer and Information Science, vol 1542. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96060-5_17

Preetham, N., Rai, P., Sharma, P., Singh, U., & Sharma, R. (2022, October). Enhancing Education Experience using Augmented Reality. In *2022 IEEE 2nd Mysore Sub Section International Conference (MysuruCon)* (pp. 1-6). IEEE. DOI: 10.1109/MysuruCon55714.2022.9972546

Puggioni, M., Frontoni, E., Paolanti, M., & Pierdicca, R. (2021). ScoolAR: An educational platform to improve students' learning through virtual reality. *IEEE Access*, *9*, 21059-21070. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3051275

Rossetti, V., Furfari, F., Leporini, B., Pelagatti, S., & Quarta, A. (2018). Enabling Access to Cultural Heritage for the visually impaired: an Interactive 3D model of a Cultural Site. *Procedia computer science*, *130*, 383-391. https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.057