

# Un serious game per la ricostruzione del Tempio G di Selinunte

Fabrizio Avella  
 Giulio Cellura  
 Fabrizio Valpreda

## Abstract

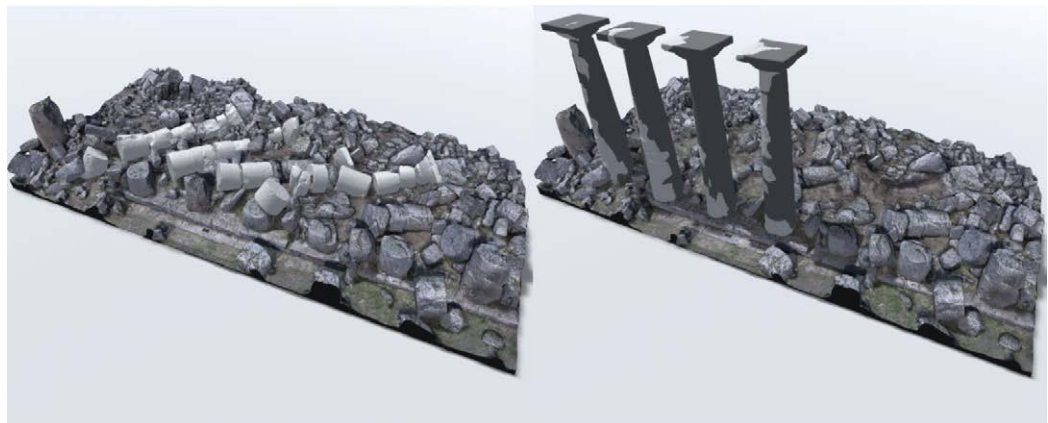
Il presente contributo si pone come obiettivo la descrizione di un lavoro di sviluppo di un *serious game* finalizzato alla diffusione della conoscenza in ambito archeologico. Negli ultimi decenni i videogiochi educativi, o *serious games*, sono diventati un'importante forma di coinvolgimento degli studenti in diversi ambiti didattici: in particolare alcuni di questi hanno dimostrato, nell'ambito dell'insegnamento di materie storiche, un grande potenziale nel comunicare le forme tangibili e intangibili del patrimonio culturale.

Il caso in esame propone una prima fase del gioco che ha come oggetto la ricostruzione del Tempio G di Selinunte, partendo dallo stato attuale dei ruderi, oggetto di rilievo topografico e laser, fino alla riconfigurazione di una prima parte del colonnato.

Dopo un test da effettuare con studenti delle scuole superiori, si passerà all'elaborazione delle fasi successive, avendo come obiettivo la ricostruzione del tempio nella sua configurazione definitiva.

## Parole chiave

serious games, edutainment, patrimonio culturale, tempio G di Selinunte



Il tempio G a Selinunte prima e dopo la ricostruzione in gioco. Elaborazione degli autori.

## Tra reale e virtuale. Interazione umana in/con ambienti 3D virtuali

L'intersezione tra archeologia, tecnologia ed educazione ha dato vita a strumenti innovativi per la diffusione della conoscenza storica e culturale. In questo contesto, i modelli 3D, sia fisici che virtuali, rivestono un ruolo cruciale nell'ambito dell'archeologia e nei *serious games*. I modelli fisici, tipici del mondo analogico, rappresentano una forma tangibile di comunicazione e possono essere un potente veicolo pedagogico per la diffusione della conoscenza del patrimonio culturale. Ad essi si affiancano, ormai da decenni, i modelli virtuali che consentono di sviluppare sistemi di rappresentazione, visualizzazione e navigazione immersivi ed interattivi. Utilizzati per simulare e visualizzare l'architettura antica in modo coinvolgente, nei contesti dei *serious games* offrono un'efficace esperienza agli studenti che permette loro di esplorare il patrimonio culturale e interagirvi in modo flessibile ed accessibile.

L'interazione uomo-macchina e l'esperienza utente (*User Experience*) rivestono in questo ambito un ruolo fondamentale: l'archeologo, il docente o lo studente possono esplorare il manufatto, navigando l'ambiente ed interagendo con oggetti della scena, da cui ottengono informazioni dettagliate vivendo un'esperienza educativa.

L'interfaccia utente (*User Interface*) deve, quindi, essere intuitiva e facilitare la navigazione nel mondo virtuale. La *User Experience* dev'essere coinvolgente e stimolante, al fine di trasmettere efficacemente la conoscenza storica, principio semplice basato sull'idea di attingere dall'esperienza ancestrale evolutasi in millenni di interazione con l'ambiente circostante [Raskin 2000]. In questo contesto, l'*UE* si arricchisce considerando il rapporto tra il sito archeologico reale e il modello virtuale, che deve rappresentare con precisione la realtà, consentendo all'utente di percepire le dimensioni, le proporzioni e i dettagli dei manufatti e instaurare un legame profondo tra lui e il contesto storico e migliorare la comprensione e l'apprezzamento del patrimonio culturale.

A tale proposito la scelta di scala e risoluzione del modello diventano cruciali per garantire un'esperienza di alta qualità: un modello troppo dettagliato, infatti, potrebbe inficiare la prestazione del gioco in termini di fluidità di navigazione, mentre uno troppo semplificato potrebbe perdere di significato cognitivo. Risulta importante, dunque, bilanciare la fedeltà alla realtà con le esigenze di performance e accessibilità, trasmettendo informazioni strutturate in modo efficiente ed efficace [Bagliani 1987].

Gli studi di Vecchietti [Vecchietti 2007] e quelli di Gianolio [Gianolio 2012] forniscono ulteriori approfondimenti su come integrare efficacemente i modelli 3D in ambito archeologico ed educativo. In particolare emerge con rilevanza la stretta connessione tra efficacia del modello e funzionalità dell'interazione, con l'utente chiamato a fruire contenuti complessi, apprendendo all'interno di uno spazio fisico/ambiente virtuale dove l'innata capacità propriocettiva umana viene sottoposta a stress sensoriale intenso a causa del dualismo reale-virtuale: ciò che la mente si aspetta dallo spazio virtuale deve in massima misura possibile attingere dalla pregressa esperienza spaziale fisica [Skarbez et al. 2007; Abad 2023].

Ovviamente la sperimentazione non avrebbe senso se non fosse giustificata dalla pervasività degli strumenti. Come ben definito da Floridi [Floridi 2012], si tratta di evidenziare la possibilità oggettiva di agire sull'esperienza cognitiva in virtù della loro concreta capacità di trasporre l'utente in un altro ambiente "vivibile".

Di Salvo [Di Salvo 2020] sottolinea tale aspetto parlando di "trasformazioni radicali che comportano cambiamenti nel modo di pensare, di agire e quindi nei comportamenti", definendo così un nuovo paradigma nel lavoro e nella vita personale.

In sintesi, l'integrazione di modelli fisici e virtuali 3D nei *serious games* applicati al tema dell'architettura archeologica rappresenta un avanzamento significativo nella diffusione della cultura e dell'educazione, non solo per i vantaggi pedagogici e tecnologici ma, soprattutto, per meglio comprendere i fenomeni legati alla connessione tra Reale e Virtuale [Bistagnino, Giordani 1995] che, con lo sviluppo della A.I. (*Artificial Intelligence*) porteranno ad un nuovo livello di integrazione con nuovi mondi digitali.

## Stato dell'arte - i serious games nell'ambito del patrimonio culturale

Una delle definizioni più pertinenti di "serious game" è quella di Clark C. Abt: "Serious games are games that have an explicit and carefully thought-out educational purpose and are not intended to be played primarily for amusement. This does not mean that serious games are not, or should not be, entertaining" [Abt 1970, p. 9].

Negli ultimi decenni i videogiochi hanno assunto un ruolo significativo nel coinvolgere gli studenti in vari ambiti di apprendimento ed alcuni hanno dimostrato un notevole potenziale nell'insegnamento delle materie storiche, fornendo uno strumento efficace per comunicare le forme tangibili ed intangibili del patrimonio culturale [McCall 2016].

In questo ambito si riportano gli esempi ritenuti rilevanti.

Il caso del "Discovery Tour di Assassin's Creed: Ancient Egypt": rilasciato nel 2017, è caratterizzato da una modalità educativa finalizzata ad esplorare l'Egitto del periodo Tolemaico in un contesto museale comprensivo di 75 tour interattivi progettati in collaborazione con storici ed egittologi. Nello stesso anno un progetto di ricerca, condotto dall'Università di Montreal, relativo al suo utilizzo come strumento didattico in un'aula scolastica ha dimostrato che il videogioco ha stimolato un forte interesse negli studenti verso il periodo storico trattato [Ethier et al. 2022]. Il caso di "A Night in the Forum": sviluppato nel 2019 in VR dal CNR in collaborazione con il Museo dei Fori imperiali, presenta un'accurata ricostruzione digitale del Foro Romano ed eventi relativi al periodo del I sec. d.C. con finalità didattico-educative. Nel 2020 un progetto di ricerca relativo al suo utilizzo da parte di un gruppo di studenti universitari, ha confrontato le sessioni di apprendimento con tre modalità comunicative (lettura, ascolto e gioco) per misurare i risultati prodotti dalla sperimentazione in aula [Pescarin, Martinez Pandiani 2022]: si è osservato che i partecipanti impegnati in compiti lineari (leggere, ascoltare) hanno memorizzato meglio i fatti, mentre i giocatori hanno memorizzato meglio le informazioni spaziali e si sono immedesimati di più nel periodo storico in oggetto, sviluppando un approccio critico rispetto al tema.

I videogiochi educativi sembrano avere, dunque, un potenziale quantomeno complementare alle modalità tradizionali di conoscenza e divulgazione del Patrimonio Culturale.

## Il tempio G di Selinunte: cenni storici e rilievo

Il tempio G situato nel Parco Archeologico di Selinunte è un periptero ottastilo, con cella tripartita ed adito, pronaos prostyle e opisthodomos in antis.

La costruzione è ipotizzata tra il 530 e il 409 a.C., un ambito temporale molto ampio a causa delle grandi dimensioni (lo stilobate misura 109,34 m. x 49,87 m.) [1], tale da determinare variazioni dello stile dorico, arcaico sul fronte est e classico sul fronte ovest. Pur in assenza di fonti certe la distruzione del tempio è attribuita ad un evento sismico, ipotesi confermata dalla giacitura dei frammenti residui, avvenuto quando il tempio era ancora incompleto. Il tempio è stato oggetto di studi, rappresentazioni ed ipotesi ricostruttive tra la seconda metà del XVIII secolo e la prima metà del XX. Alle figurazioni pittoriche come quella di Jacques Philippe D'Orville, il primo disegno delle rovine del tempio [D'Orville 1764, p.70], o quella di Houel [2] [Houel 1782, p. 28] si affiancano disegni più tecnici che, oltre a documentare lo stato di fatto, propongono ipotesi ricostruttive: tra questi si ricordano quelli commissionati dal Duca di Serradifalco [Serradifalco et al. 1834], quelli di Hittorff e Zanth [Hittorff, Zanth 1835], che elaborano disegni d'insieme e di dettaglio in proiezione ortogonale ed in sezione [3] e viste prospettive tra cui la ricostruzione della cella [4] e i disegni di Hulot e Fougères [Hulot, Fougères 1910], anch'essi d'insieme [5] e di dettaglio [6]. Nel 1985 Giorgio Gullini e Furio Fasolo realizzano un rilievo metrico ed un'ipotesi di configurazione planimetrica complessiva, mentre nel 2011 Mario Luni e Oscar Mei realizzano una pianta disegnata a mano a conclusione di una campagna di studi condotta dall'Università di Urbino.

La prima campagna di rilievo eseguita con tecniche interamente digitali risale al 2005, anno in cui si è realizzato un rilievo digitale durante il Workshop "Tecniche Innovative per il rilevamento dei beni archeologici", tenutosi a Selinunte, coordinato da Fabrizio Agnello e Nunzio

Marsiglia dell'Università di Palermo e da Ernesto Redondo, Joaquim Regot e Joan Font del Politecnico di Catalogna [Agnello et al. 2006]. Nel 2009, sotto il coordinamento di Fabrizio Agnello, è stato effettuato il rilievo del colonnato sud e del naiskos all'estremità occidentale del naos [7], integrato nel 2021 con quello fotogrammetrico eseguito con drone [8] che ha consentito l'elaborazione di meshes 3D texturizzate ed ortofoto [Agnello, Cannella 2022] (figg. 1, 2). I dati desunti dai rilievi hanno consentito di formulare ipotesi di riconfigurazione di elementi architettonici a partire dai frammenti [Agnello, Lo Meo 2007; Agnello, Cannella 2022] (fig. 3) e di elaborare un modello di configurazione complessiva [Agnello et al. 2013]. In merito alla porzione oggetto di questo studio, la metodologia utilizzata ha consentito di risalire alla configurazione ed al posizionamento di alcune colonne del peristilio [Agnello, Lo Meo 2007; Agnello, Cannella 2022] [9].

L'obiettivo è la realizzazione di un *serious game* finalizzato all'anastilosi del tempio nella sua riconfigurazione complessiva, tramite varie fasi: la prima, attualmente presentata, è relativa alla ricostruzione di quattro colonne del peristilio del fronte sud; la seconda prevede la riconfigurazione del peristilio; la terza la ricostruzione della cella e il completamento del modello. Per le fasi successive si farà riferimento ai criteri di ricostruzione congetturale già delineati [Agnello et al. 2013].

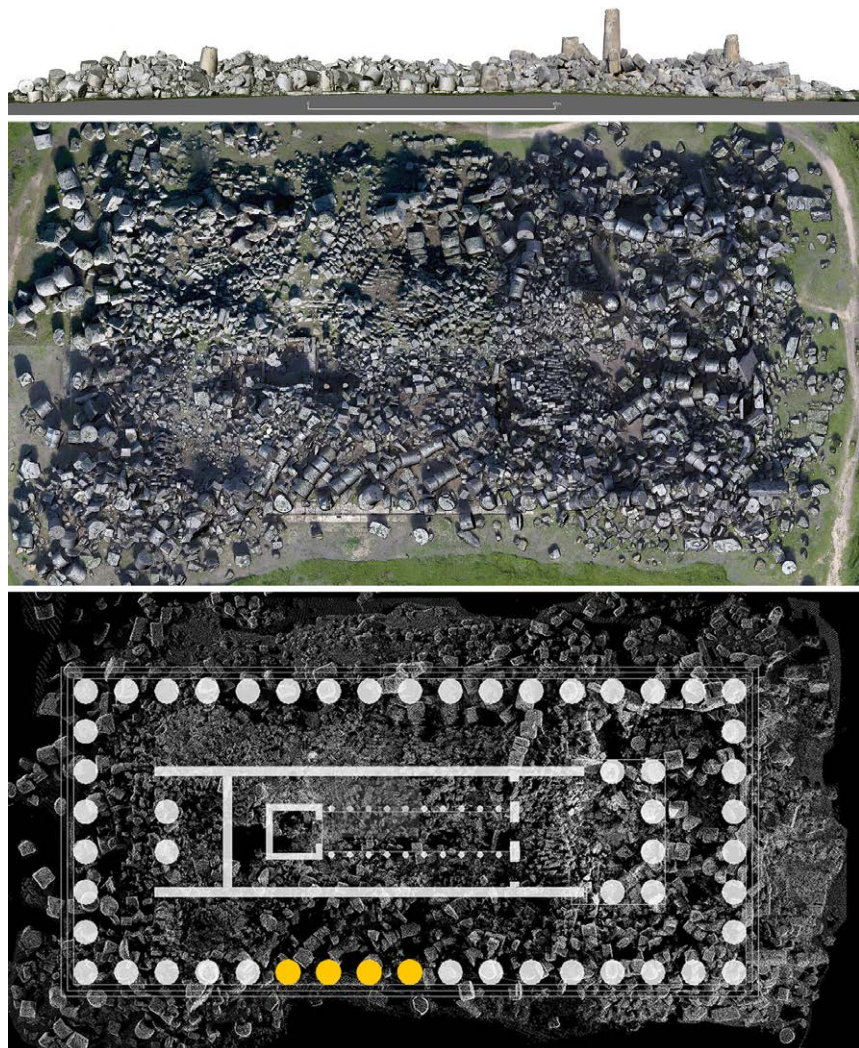


Fig. 1. Ortofoto: pianta e fronte sud (gentile concessione di Fabrizio Agnello e Mirco Cannella).

Fig. 2. Mesh poligonale del tempio (gentile concessione di Fabrizio Agnello).

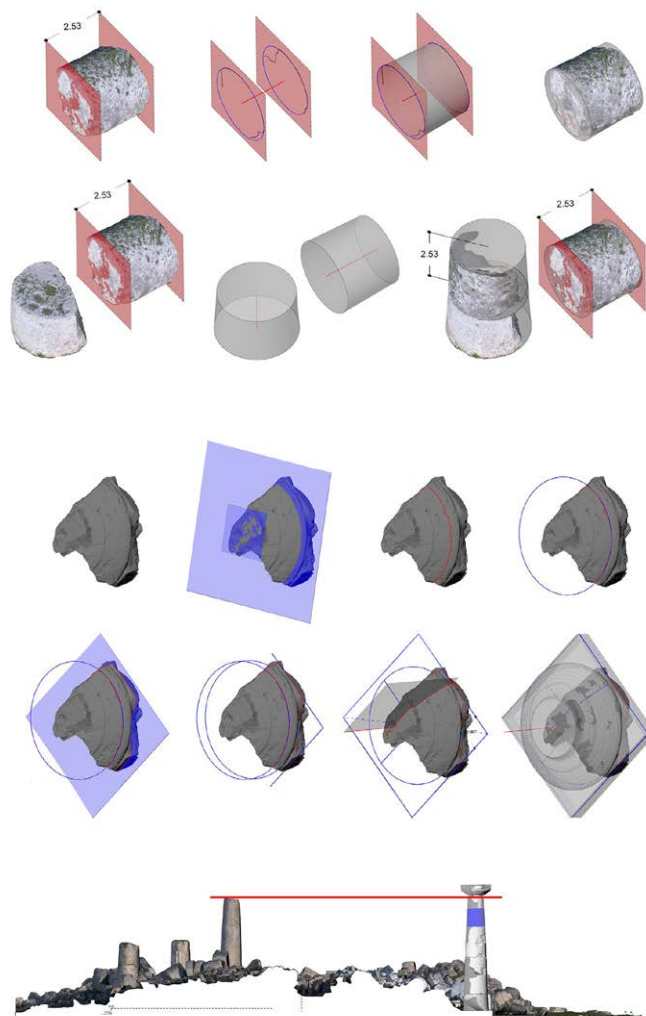
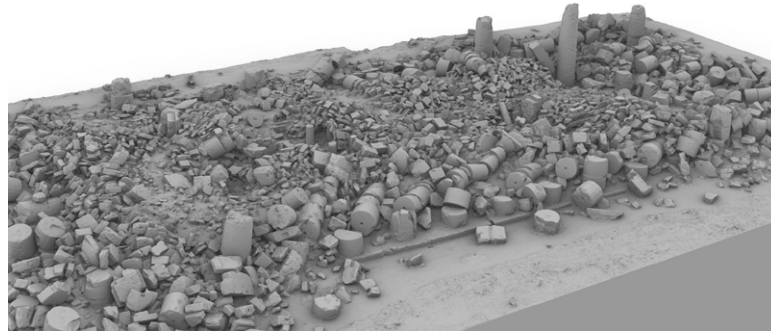


Fig. 3. Modellazione dei rocchi e del capitello di una colonna sul fronte sud (gentile concessione di Fabrizio Agnello e Mirco Cannella).

### Sviluppo di un serious game - Un 3D puzzle game per la ricostruzione architettonica

L'obiettivo del gioco è quello di ricostruire una porzione del peristilio a partire dai frammenti rimasti in situ. Si è scelto di partire dalla configurazione attuale e non simulare le fasi del crollo, in quanto non si è in possesso, attualmente, di dati certi sulle dinamiche sismiche che lo hanno generato. Il *workflow* che ha portato alla realizzazione del prototipo si può sintetizzare in 2 fasi.

1° Fase. Ottimizzazione dei modelli.

L'ottimizzazione degli asset serve a ridurre l'utilizzo delle risorse di sistema per evitare i fenomeni di *stuttering* [10]. Si è proceduto, pertanto, alla riduzione del numero di poligoni del modello tramite la funzione *ReduceMesh* di Rhinoceros, riducendolo da 907 Mb ad 82 Mb, e ad un'ulteriore ottimizzazione su *Blender*, che, grazie alla trasformazione della *triangle mesh* in una *quad mesh* tramite *Jremesher*, ha ridotto il peso finale a 22,4 Mb (fig. 4). Le caratteristiche topologiche delle *quad mesh* consentono di approssimare con buona precisione le superfici con un numero contenuto di poligoni senza perdite significative del livello di dettaglio, presentano vantaggi nelle fasi di *UV unwrapping* e di *UV mapping*, (fig. 5) e garantiscono l'utilizzo del software anche su dispositivi con caratteristiche hardware di ampia diffusione. Successivamente il modello delle 4 colonne scomposte in elementi (fig. 6) e riposizionate nella loro collocazione originaria (fig. 7) è stato importato su *Unity* in formato *fbx*.

2° Fase. Programmazione degli script.

Gli script tengono in considerazione il coinvolgimento attivo e il processo del *feedback loop*, illustrato da Kapp [Kapp 2013], che si sviluppa in 4 fasi: il sistema dà ai giocatori delle informazioni (feedback) sulle interazioni (fase 1), un output conferma il comportamento appena attuato (fase 2) che viene ricalibrato (fase 3) e si passa alla fase correttiva/rafforzativa (fase 4) a cui segue un nuovo feedback (fase 1) che riattiva il ciclo. Il linguaggio di programmazione utilizzato è il C# con cui si sono scritti script e logiche all'interno del framework di *Unity*, programmando inizialmente la logica delle azioni (input) del giocatore, da cui prende nome la classe [11] *player*, che contiene delle funzioni, tra cui:

- l'interazione e la rototraslazione dei pezzi, gestite dai metodi [12] "*CastMouseRay()*" e "*CheckPiece()*" che ne rilevano la selezione, "*MoveHeldPiece()*" che ne controlla lo spostamento e da "*smoothRotation*" che controlla la rotazione; successivamente è stata programmata la logica della classe "*Piece*", che elabora gli input ricevuti:

- la realizzazione dello spostamento dell'oggetto, effettuata tramite "*StartMoveCoroutine*" e "*StartRotateCoroutine*" [13], permette la rototraslazione del *game object* di classe "*Piece*" verso una posizione target; Infine, la verifica della posizione e rotazione dei Pezzi è gestita dalla classe "*CorrectPiece*":

- le variabili *facesX*, *facesY* e *facesZ*, di tipo *integer* [14], descrivono la posizione in tempo reale del *game object*. Quando coincidono con le proprietà di sola lettura *FacesX*, *FacesY*, e *FacesZ* forniscono un valore che, quando verificato da "*CorrectPiece*" genera un output relativo al corretto posizionamento. Quanto descritto è strutturato in uno schema tassonomico, sviluppato per organizzare, comprendere e comunicare le informazioni, e, parallelamente, ordinare e classificare i processi (figg. 8-11).

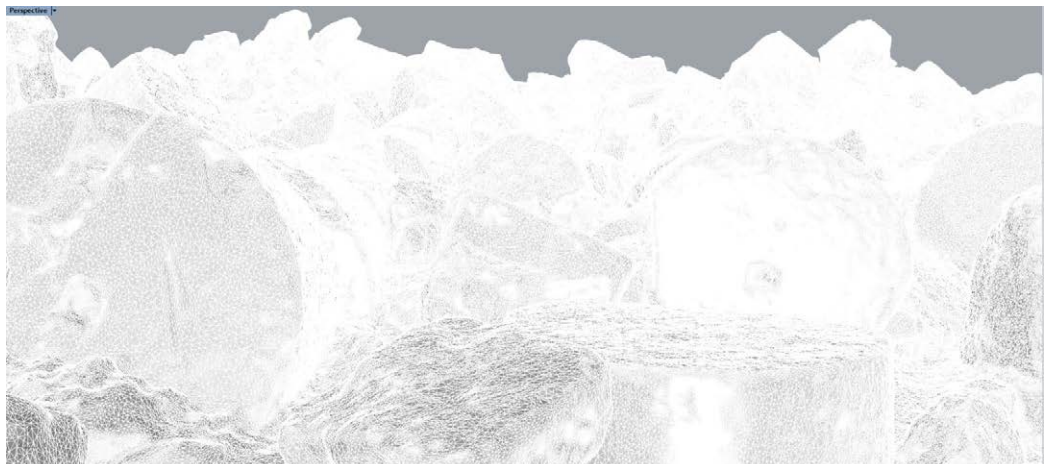


Fig. 4. Il modello mesh risultante dall'elaborazione della nuvola di punti.

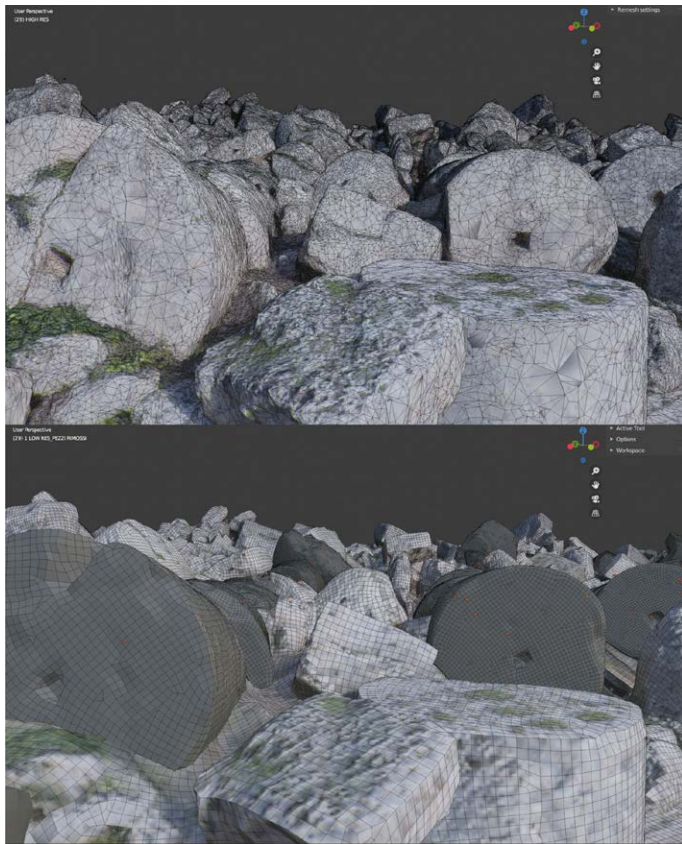


Fig. 5. Il modello prima e dopo l'ottimizzazione della struttura delle mesh.

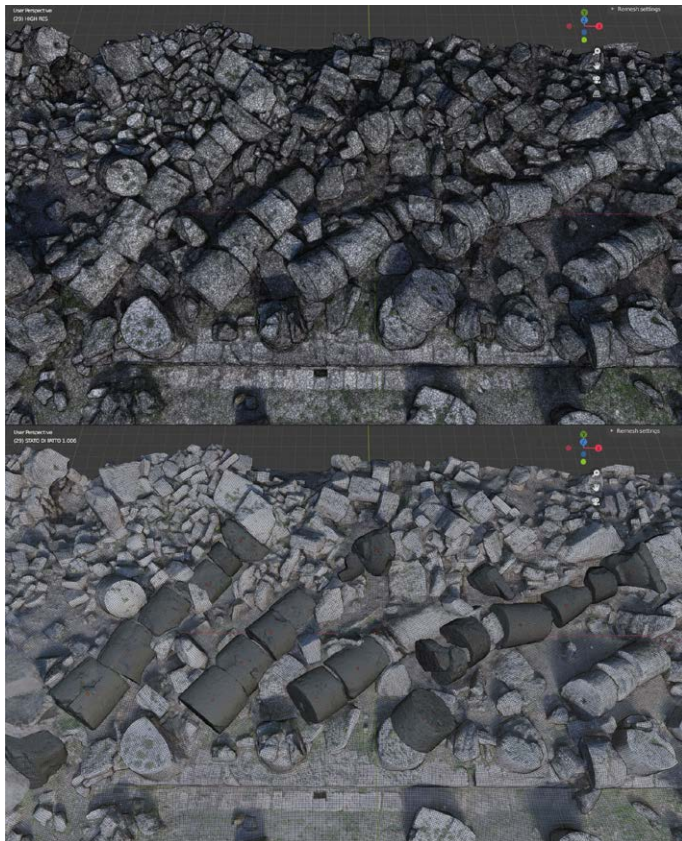


Fig. 6. Il modello prima e dopo le operazioni di taglio e separazione degli elementi che diventeranno oggetti interagibili in gioco.

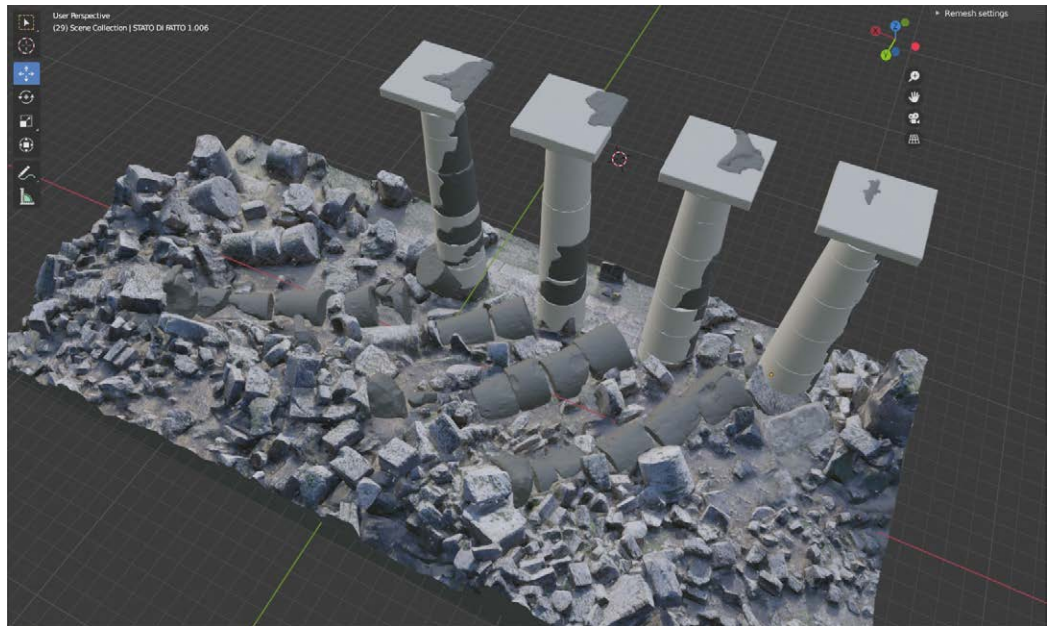


Fig. 7. Modello completo di tutti gli elementi utili, nella fase successiva, alla programmazione delle interazioni.

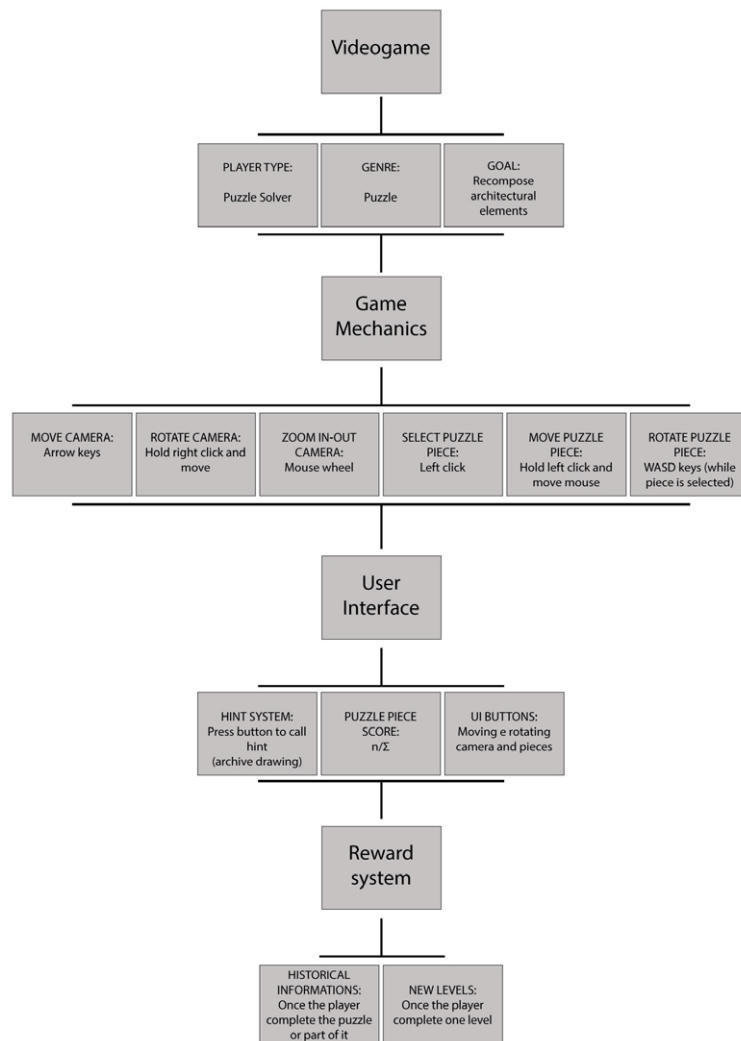


Fig. 8. Schema tassonomico della struttura del videogioco.



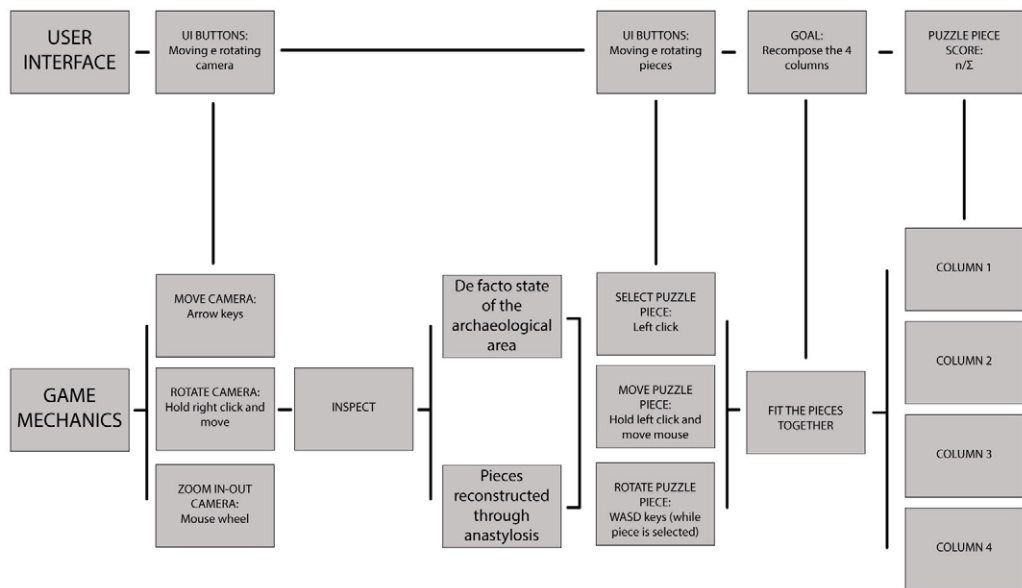
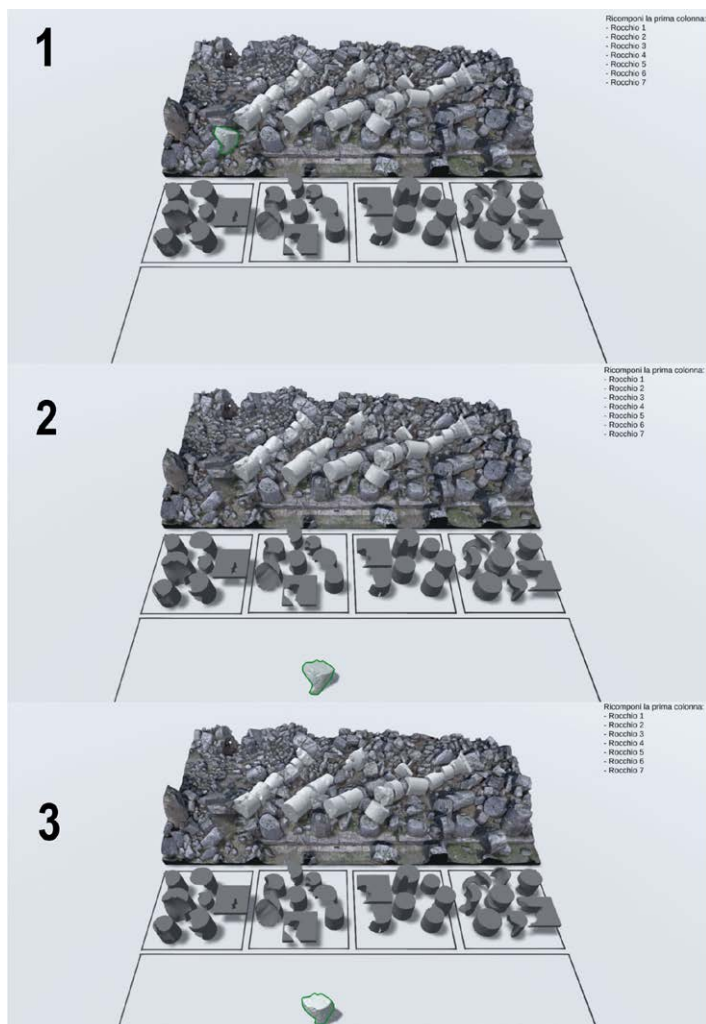
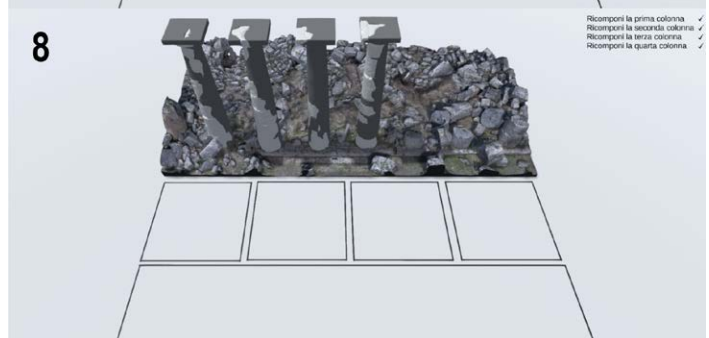
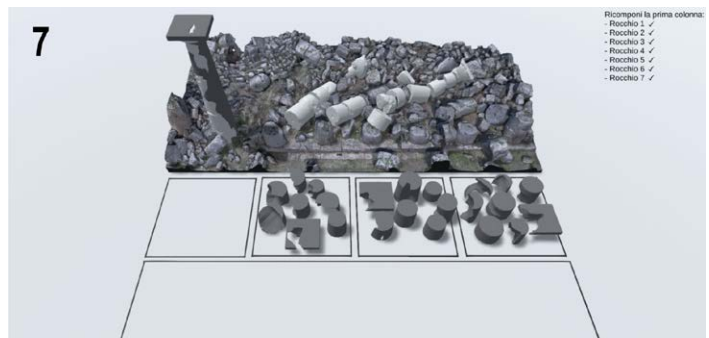
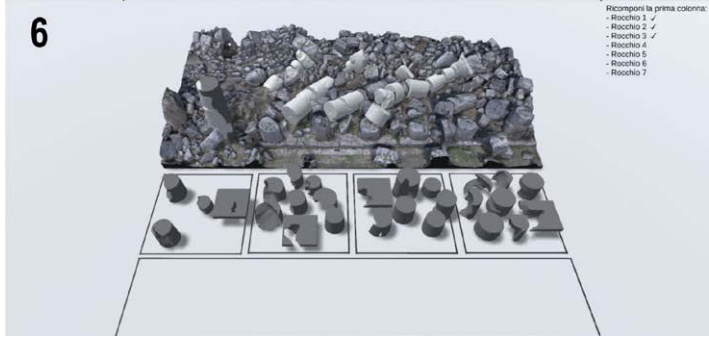
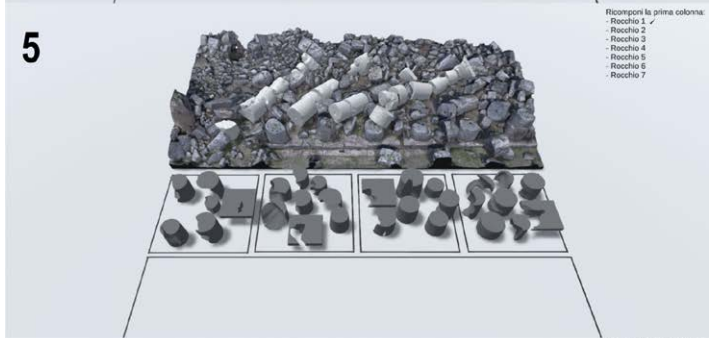
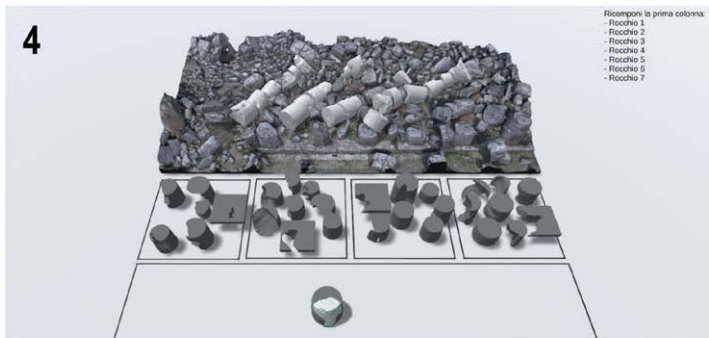


Fig. 9. Schema tassonomico della User Experience relativa al livello del Tempio G.



Figg. 10, 11, 12. Sequenza di immagini di gioco relative allo sviluppo delle azioni attuabili dall'utente.



## Conclusioni

Il progetto prevede sviluppi futuri che dovrebbero portare alla realizzazione di un *serious game* finalizzato alla ricomposizione del tempio G di Selinunte.

Si intende sottoporre il prototipo, almeno della fase 2, a studenti del II grado di istruzione superiore e allievi universitari di I anno, per valutare l'efficacia della *User Experience* e introdurre eventuali correttivi, coinvolgendo anche i docenti che valuteranno i feedback relativi agli obiettivi didattici. La valutazione dei risultati di apprendimento (*Learning Outcome*), analizzerà alcuni attributi specifici:

- acquisizione di conoscenze storico architettoniche (attraverso un'analisi quantitativa, ad esempio tramite test sulle nozioni storico architettoniche);
- abilità di rappresentazione (attraverso un'analisi qualitativa, ovvero disegni degli elementi architettonici);
- valutazione delle motivazioni suscitate e di un eventuale incremento di interesse verso il patrimonio archeologico.

La validazione dei dati acquisiti grazie agli attributi sopra menzionati indagherà i *pattern* che identificano le associazioni tra gli ipotetici vantaggi dell'uso del *serious game* e gli obiettivi stabiliti.

## Note

[1] Si fa riferimento all'ortofoto generata dal rilievo fotogrammetrico eseguito tramite drone. Elaborazione di Agnello, Cannella, 2022.

[2] *Vue générale des débris du plus grande des temples de Selinunte* [Houel 1782, vol. I, tav. 20 p. 28].

[3] *Détails des ordres de l'intérieur du temple T* [Hittorff, Zanth 1835, tav. 78].

[4] *Vue de la cella restituée du temple T* [Hittorff, Zanth 1835, tav. 74].

[5] *Temple G – Plan restauré* [Hulot, Fougères 1910, p. 251].

[6] *Détail de l'Ordre* [Hulot, Fougères 1910, p. 254].

[7] Gli scanner utilizzati sono il Riegl LMS-Z620 nel 2005 e Leica ScanStation 2 nel 2009.

[8] 5605 foto scattate con un drone Autel Evo II Pro (quota di volo compresa tra 15 e 20 m).

[9] Si ringrazia Fabrizio Agnello per aver fornito il modello.

[10] Lo *stuttering* è un fenomeno che comporta interruzioni e/o ritardi nel flusso audiovisivo.

[11] Una *classe* è un'unità di codice che definisce le azioni di gioco e le loro interazioni.

[12] Un *metodo* è una funzione associata ad un oggetto eseguibile per attivare un'azione.

[13] Una *coroutine* è una funzione che permette di controllare operazioni asincrone.

[14] Una *integer* è un tipo di dato che rappresenta numeri interi, positivi o negativi.

## Crediti

Il paragrafo *Tra reale e virtuale. Interazione umana in/con ambienti 3D virtuali*, è stato scritto da F.Valpreda; *Stato dell'arte - i serious games nell'ambito del patrimonio culturale* è stato scritto da G. Cellura; *Il tempio G di Selinunte: cenni storici e rilievo* è stato scritto da F.Avella; *Sviluppo di un serious game - Un 3D puzzle game per la ricostruzione architettonica* è stato scritto da G. Cellura.

## Riferimenti bibliografici

Abad A.M.C. (2023). *Archeologia a tutto 3D*.  
[https://www.academia.edu/98177263/Archeologia\\_a\\_tutto\\_3D](https://www.academia.edu/98177263/Archeologia_a_tutto_3D)

Abt C.C. (1970). *Serious games*. New York: Viking Press.

Agnello F., Cannella M. (2022). From aerial survey to representation and visualization: the Temple G of Selinunte. In *Disegnare Con*, vol. 15, n. 29, Bologna: Department of Architecture, Alma Mater Studiorum University of Bologna.

Agnello F., Carell M., Giammusso F.M. (2013). Studi e ricostruzioni del Tempio G di Selinunte. In *La ricostruzione congetturale dell'architettura*, pp. 9-30. Palermo: Grafill.

- Agnello F., Lo Meo G. (2007). Il rilievo con scanner laser del Tempio "G" di Selinunte. Elaborazione delle scansioni e metodo per l'anastilosi virtuale di una colonna. In P. Clini, R. Quattrini, N. Lancioni (a cura di). *Sistemi informativi per l'architettura*. Atti del Convegno eArcom 07. Ancona, 17-19 maggio 2007, pp.27-32. Firenze: Alinea.
- Bagliani D. (1987). *Architettura, disegno, scala grafica*. Torino: CELID.
- Bistagnino L., Giordani M. (1995). *Percorsi tra reale e virtuale*. Torino: CELID.
- Di Salvo A (2020). *La costruzione dell'interazione: Il ruolo della narrazione nel processo dell'interaction design*. Milano: FrancoAngeli.
- D'Orville J.P. (1764). *Sicula Quibus Siciliae veteris rudera, additis antiquitatum tabulis, illustrantur*. Amsterdam:Tielenburg.
- Ethier M.A., Lefrançois D., Déry C. (2022). Utilisation d'assassin's creed origins en classe d'histoire, rétention de connaissances déclaratives et intérêt des élèves pour l'égypte antique. In *Érudit, Revue de recherches en littérature médiatique multimodale*, vol. 15. <<https://www.erudit.org/fr/revues/rechercheslmm/2022-v15-rechercheslmm07193/1091402ar>>
- Floridi L. (2012). *La rivoluzione dell'informazione*. Torino: Codice.
- Gianolio S. (2012). Modellazione tridimensionale e modelli digitali 3D in Archeologia. In *La Metodologia Prima Del Software. Atti Del 2° Seminario Di Archeologia Virtuale*, Roma, 6 aprile 2011, Monte Compatri: Espera.
- Hittorff J.L., Zanth K.L. (1870). *Architecture antique de la Sicile, ou Recueil des monuments de Ségeste et de Sélinonte*. Paris: Imprimé chez P. Renouard.
- Hoüel J. P.L. (1782). *Voyage pittoresque des isles de Sicile, de Malte et de Lipari, où l'on traite des antiquités qui s'y trouvent encore: des principaux phénomènes que la nature y offre; des costume des habitans, & de quelques usages*. Paris : De l'Imprimerie de Monsieur.
- Hulot J., Fougères G. (1910). *Sélinonte: la ville, l'acropole et les temples*. Paris: Librairie générale de l'architecture et des arts décoratifs.
- Kapp K.M. (2013). *The Gamification of Learning and Instruction Fieldbook, Ideas into Practice*. Hoboken:Wiley.
- Laurent J.P. (1782). *Voyage pittoresque des isles de Sicile, de Malte et de Lipari, où l'on traite des antiquités qui s'y trouvent encore: des principaux phénomènes que la nature y offre; des costume des habitans, & de quelques usages*. De l'Imprimerie de Monsieur, vol. I. Paris: De l'Imprimerie de Monsieur.
- Lo Faso Pietrasanta D. (1834). *Le antichità della Sicilia*, vol. 2, Palermo:Tipografia del Giornale Letterario.
- Marsiglia N., Agnello F., Redondo Dominguez E. (2006). Levantamiento del templo G. parque arqueologico de Selinunte, Trapani. Sicilia. Informe general. In *Funciones del dibujo en la producción actual de arquitectura = Uses of drawing in architectural production today. XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Sevilla, 2006, pp. 427-466. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- McCall J. (2016). Teaching History With Digital Historical Games: An Introduction to the Field and Best Practices. In *Simulation & Gaming*, vol. 47, issue 4, pp. 517-542. New York: SAGE Publications. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1046878116646693>
- Pescarin S., Martinez Pandiani D.S. (2022). " The Impact of Story Structure Meaningfulness and Concentration in Serious Games". In *Information*, vol. 13, n. 12.
- Raskin J. (2000). *The Humane Interface: New Directions for Designing Interactive Systems*. Addison: ACM Press, Wesley Publishing Co.
- Skarbez R., Smith M., Whitton M.C. (2021). *Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum*. *Frontiers in Virtual Reality*, vol. 2. Lausanne: Frontiers. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2021.647997>
- Vecchiotti E. (2007). *L'archeologia attraverso un 3D Virtual Model*. Imola: University Press Bologna.

#### **Autori**

Fabrizio Avella, Università degli Studi di Palermo, [fabrizio.avella@unipa.it](mailto:fabrizio.avella@unipa.it)  
 Giulio Cellura, Università degli Studi di Palermo, [giulio.cellura01@unipa.it](mailto:giulio.cellura01@unipa.it)  
 Fabrizio Valpreda, Politecnico di Torino, [fabrizio.valpreda@polito.it](mailto:fabrizio.valpreda@polito.it)

*Per citare questo capitolo:* Fabrizio Avella, Giulio Cellura, Fabrizio Valpreda (2024). Un serious game per la ricostruzione del Tempio G di Selinunte/A serious game for the reconstruction of Temple G of Selinunte. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 791-814.

# A serious game for the reconstruction of Temple G of Selinunte

Fabrizio Avella  
Giulio Cellura  
Fabrizio Valpreda

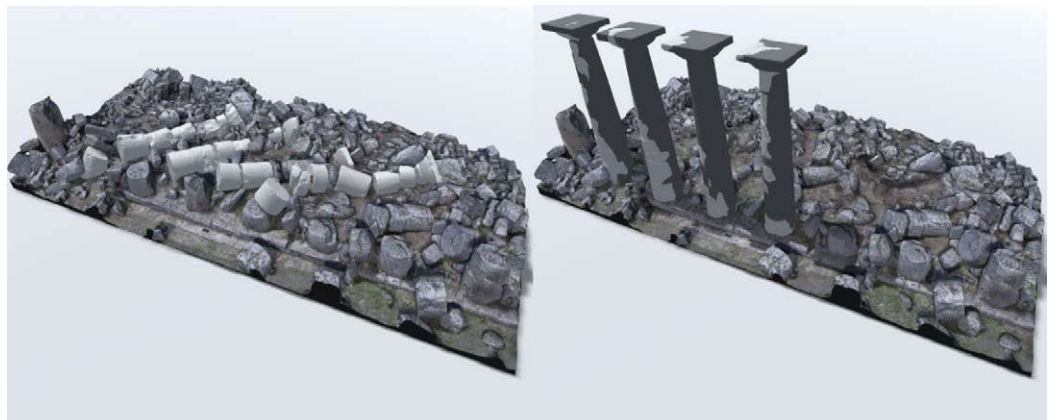
## *Abstract*

The aim of this contribution is to describe the development of a serious game aimed at disseminating knowledge in the field of archaeology. In recent decades, educational video games, or serious games, have become an important means of engaging students in various educational fields. In particular, some of these games have demonstrated great potential in communicating the tangible and intangible forms of cultural heritage within the teaching of historical subjects.

The case under consideration proposes an initial phase of the game focused on the reconstruction of Temple G in Selinunte, starting from the current state of the ruins, which have been subject to topographic and laser surveying, and proceeding to the reconfiguration of a first portion of the colonnade. Following a test to be conducted with high school students, subsequent phases will be developed with the aim of reconstructing the temple in its final configuration.

## *Keywords*

serious games, edutainment, cultural heritage, G temple in Selinunte



The G temple at Selinunte before and after the in-game reconstruction of four peristyle columns. Image by Giulio Cellura.

## Human interaction in/with 3D virtual environments

The intersection of archaeology, technology, and education has given rise to innovative tools for the dissemination of historical and cultural knowledge. In this context, 3D models, both physical and virtual, play a crucial role in archaeology and in serious games.

Physical models, typical of the analog world, represent a tangible form of communication and can be a powerful pedagogical tool for disseminating knowledge of cultural heritage. Alongside them, virtual models have been developed for decades, allowing for the creation of immersive and interactive representation, visualization, and navigation systems.

Used to simulate and visualize ancient architecture in an engaging manner; in the context of serious games, they offer an effective experience to students, enabling them to explore cultural heritage and interact with it in a flexible and accessible way.

Human-machine interaction and User Experience (UX) play a fundamental role in this context: archaeologists, teachers, or students can explore the artifact by navigating the environment and interacting with objects in the scene, from which they obtain detailed information, thus experiencing an educational journey.

Therefore, the User Interface (UI) must be intuitive and facilitate navigation in the virtual world. The User Experience must be engaging and stimulating, in order to effectively transmit historical knowledge, a simple principle based on the idea of drawing from the ancestral experience evolved over millennia of interaction with the surrounding environment [Raskin 2000].

In this context, the UX is enriched by considering the relationship between the real archaeological site and the virtual model, which must accurately represent reality, allowing the user to perceive the dimensions, proportions, and details of the artifacts and establish a deep connection between them and the historical context, improving the understanding and appreciation of cultural heritage.

In this regard, the choice of scale and resolution of the model becomes crucial to ensure a high-quality experience: a model that is too detailed could affect the game's performance in terms of navigation fluidity, while one that is too simplified could lose cognitive meaning. Therefore, it is important to balance fidelity to reality with performance and accessibility needs, transmitting information in a structured and efficient manner [Bagliani 1987].

Studies by Vecchiotti [Vecchiotti 2007] and those by Gianolio [Gianolio 2012] provide further insights into how to effectively integrate 3D models in archaeology and education.

In particular, the close connection between model effectiveness and interaction functionality is relevant, with the user required to consume complex content, learning within a physical space/virtual environment where the innate human proprioceptive ability is subjected to intense sensory stress due to the real-virtual dualism: what the mind expects from the virtual space must, as much as possible, draw from past physical spatial experience [Skarbez et al. 2007; Abad 2023]. Obviously, experimentation would be meaningless if not justified by the pervasiveness of the tools. As well-defined by Floridi [Floridi 2012], it is about highlighting the objective possibility of acting on cognitive experience by virtue of their concrete ability to transpose the user into another "livable" environment.

Di Salvo [Di Salvo 2020] emphasizes this aspect by speaking of "radical transformations that entail changes in the way of thinking, acting, and therefore in behaviors", thus defining a new paradigm in work and personal life.

In summary, the integration of physical and virtual 3D models in serious games applied to the theme of archaeological architecture represents a significant advancement in the dissemination of culture and education, not only for pedagogical and technological advantages but, above all, for a better understanding of phenomena related to the connection between the Real and the Virtual [Bistagnino, Giordani 1995] which, with the development of Artificial Intelligence (AI), will lead to a new level of integration with new digital worlds.

## State of the art- Serious games in the field of Cultural Heritage

One of the most pertinent definitions of “*serious game*” is that of Clark C. Abt: “Serious games are games that have an explicit and carefully thought-out educational purpose and are not intended to be played primarily for amusement. This does not mean that serious games are not, or should not be, entertaining” [Abt 1970, p. 9].

In recent decades, video games have taken on a significant role in engaging students in various areas of learning, and some have shown considerable potential in teaching history subjects, providing an effective tool for communicating the tangible and intangible forms of cultural heritage [McCall 2016]. Relevant examples are given here.

The case of the ‘*Discovery Tour of Assassin’s Creed: Ancient Egypt*’: released in 2017, it is characterized by an educational mode aimed at exploring Egypt of the Ptolemaic period in a museum context including 75 interactive tours designed in collaboration with historians and Egyptologists. In the same year, a research project, conducted by the University of Montreal, concerning its use as a teaching tool in a school classroom showed that the video game stimulated a strong interest in students towards the historical period treated [Ethier et al. 2022]. The case of ‘*A Night in the Forum*’: developed in 2019 in VR by the CNR in collaboration with the Imperial Forum Museum, it presents an accurate digital reconstruction of the Roman Forum and events relating to the period of the 1st century AD for didactic-educational purposes. In 2020, a research project on its use by a group of university students compared learning sessions with three communicative modalities (reading, listening and playing) to measure the results produced by classroom experimentation [Pescarin, Martinez Pandiani 2022]: it was observed that participants engaged in linear tasks (reading, listening) memorized facts better, while players memorized spatial information better and identified more with the historical period in question, developing a critical approach to the subject. Educational video games thus seem to have at least complementary potential to traditional ways of knowing and disseminating Cultural Heritage.

## The Temple G of Selinunte: historical background and survey

Temple G located in the Archaeological Park of Selinunte is an octastyle peripteral, with a tripartite cella and adytum, prostyle pronaos and opisthodomos in antis. The construction is hypothesized to have taken place between 530 and 409 B.C., a very wide time span due to its large dimensions (the stylobate measures 109.34 m. x 49.87 m.) [1], such as to determine variations in the doric style, archaic on the east front and classical on the west front.

Although there are no certain sources, the destruction of the temple is attributed to a seismic event, a hypothesis confirmed by the location of the remaining fragments, which occurred when the temple was still incomplete.

The temple was the subject of studies, representations and reconstructive hypotheses between the second half of the 18th century and the first half of the 20th century. Pictorial representations such as that of Jacques Philippe D’Orville, the first drawing of the temple ruins [D’Orville 1764, pp.70], or the ones made by Houel [2] [Houel 1782, pp. 28] are flanked by more technical drawings that, in addition to documenting the state of affairs, propose reconstructive hypotheses: these include those commissioned by the Duke of Serradifalco [Serradifalco et al. 1834], those by Hittorff and Zanth [Hittorff, Zanth 1835], who elaborate overall and detailed drawings in orthogonal projection and in section [3] and perspective views including the reconstruction of the cell [4] and the drawings by Hulot and Fougères [Hulot, Fougères 1910], also overall [5] and detailed [6].

In 1985 Giorgio Gullini and Furio Fasolo produced a metric survey and a hypothesis of the overall planimetric configuration, while in 2011 Mario Luni and Oscar Mei produced a hand-drawn plan at the conclusion of a study campaign conducted by the University of Urbino. The first survey campaign carried out using entirely digital techniques dates back to 2005, when a digital survey was carried out during the Workshop ‘Innovative Techniques for the

Survey of Archaeological Heritage', held in Selinunte, coordinated by Fabrizio Agnello and Nunzio Marsiglia of the University of Palermo and Ernesto Redondo, Joaquim Regot and Joan Font of the Polytechnic University of Catalonia [Agnello et al. 2006]. In 2009, under the coordination of Fabrizio Agnello, a survey of the south colonnade and the naiskos at the western end of the naos was carried out [7], supplemented in 2021 with a photogrammetric survey carried out with a drone [8] that allowed the elaboration of textured 3D meshes and orthophotos [Agnello, Cannella 2022] (figs. 1,2). The data deduced from the surveys have made it possible to formulate hypotheses for the reconfiguration of architectural elements from the fragments [Agnello, Lo Meo 2007; Agnello, Cannella 2022] (fig. 3) and to elaborate an overall configuration model [Agnello et al. 2013]. With regard to the portion that was the subject of this study, the methodology used made it possible to trace the configuration and positioning of some of the columns of the peristyle [Agnello, Lo Meo 2007; Agnello, Cannella 2022] [9]. The objective is the realization of a *serious game* aimed at the anastylosis of the temple in its overall reconfiguration, through various phases: the first, currently presented, relates to the reconstruction of four columns of the peristyle of the south front; the second involves the reconfiguration of the peristyle; the third the reconstruction of the cella and the completion of the model. For the subsequent phases, reference will be made to the conjectural reconstruction criteria already outlined [Agnello et al. 2013].

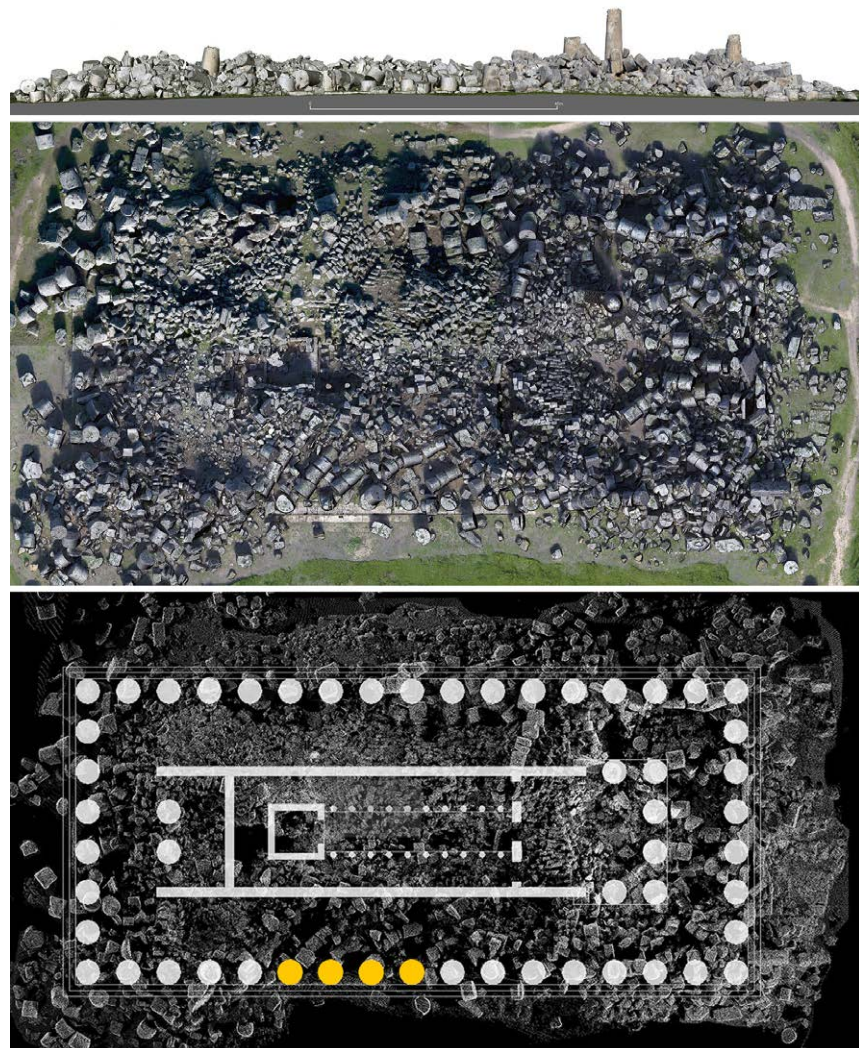


Fig. 1. Orthophoto, plan, and south front (courtesy of Fabrizio Agnello and Mirco Cannella).



Fig. 2. Polygonal mesh of the temple (courtesy of Fabrizio Agnello).

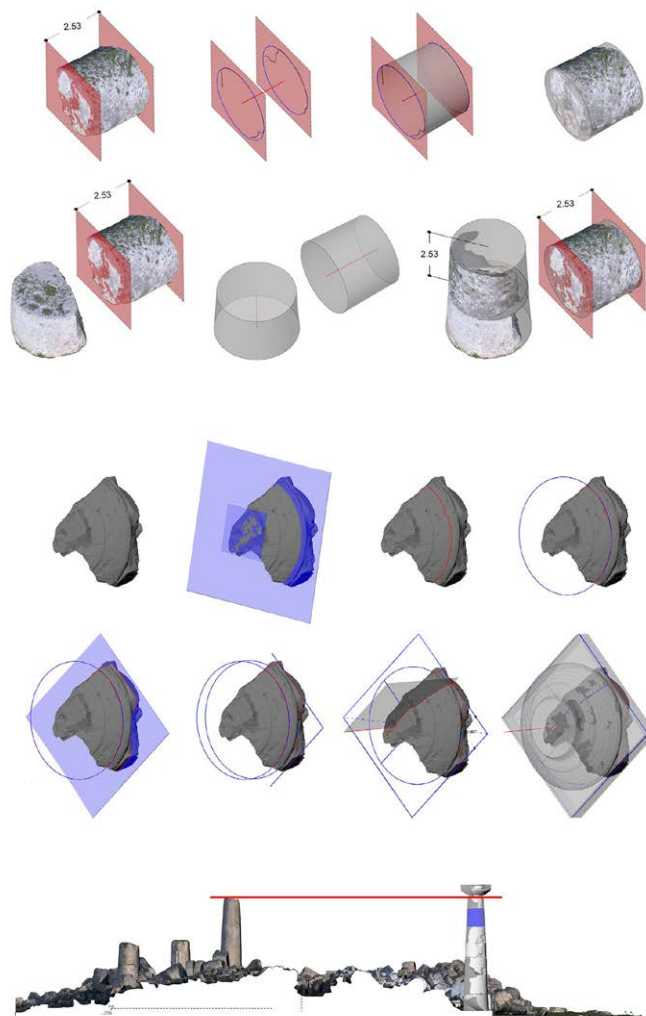
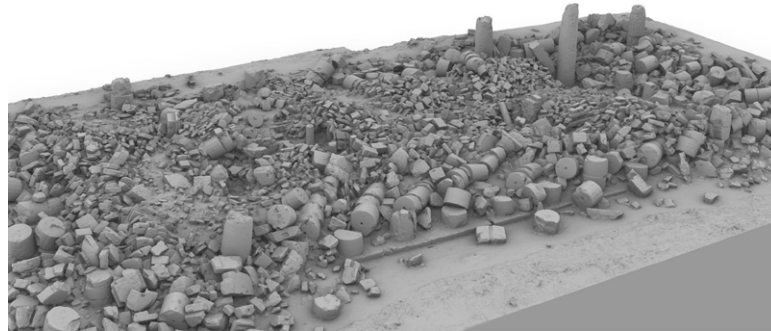


Fig. 3. Modeling of the drums and the capital of a column on the south front (courtesy of Fabrizio Agnello and Mirco Cannella).

### Development of a serious game - A 3D puzzle game for architectural reconstruction

The aim of the game is to reconstruct a portion of the peristyle from the fragments left in situ. It was decided to start from the current configuration and not to simulate the phases of the collapse, as there is currently no certain data on the seismic dynamics that generated it. The workflow that led to the realization of the prototype can be summarized in 2 phases.

### Phase 1. Optimization of models.

Asset optimization serves to reduce the use of system resources in order to avoid *stuttering* [10]. We therefore proceeded to reduce the number of polygons in the model by means of Rhinoceros' *ReduceMesh* function, reducing it from 907Mb to 82Mb, and to a further optimisation on Blender; which, thanks to the transformation of the triangle mesh into a quad mesh by means of *Jremesher*, reduced the final weight to 22.4Mb (fig. 4). The topological characteristics of the quad mesh allow surfaces with a low number of polygons to be approximated with good precision without significant loss of detail, have advantages in the UV *unwrapping* and UV *mapping* phases, (fig. 5) and ensure that the software can also be used on devices with widely differing hardware characteristics.

Subsequently, the model of the four columns decomposed into elements (fig. 6) and repositioned in their original location (fig. 7) was imported into Unity in fbx format.

### 2nd Phase. Script programming.

The scripts take into account the active involvement and *feedback loop* process, illustrated by Kapp [Kapp 2013], which develops in 4 phases: the system gives the players information (feedback) on the interactions (phase 1), an output confirms the behavior just implemented (phase 2) which is recalibrated (phase 3) and we move on to the corrective/enhancement phase (phase 4) which is followed by a new feedback (phase 1) that reactivates the loop. The programming language used is C#, with which scripts and logics were written within the *Unity* framework, initially programming the logic of the player's actions (input), from which the class [11] named *player*, which contains functions, including:

- the interaction and rotation of the pieces, handled by the *methods* [12] "*CastMouseRay()*" and "*CheckPiece()*" which detect their selection, "*MoveHeldPiece()*" which controls their movement, and by "*smoothRotation*" which controls their rotation;

Next, the logic of the '*Piece*' class was programmed, which processes the input received:

- The realization of the movement of the object, carried out by means of '*StartMoveCoroutine*' and "*StartRotateCoroutine*" [13], enables the roto translation of the *game object* of class "*Piece*" to a target position;

Finally, verification of the position and rotation of the Pieces is handled by the '*CorrectPiece*' class:

- the *facesX*, *facesY* and *facesZ* variables, integer type [14], describe the position in real time of the game object. When they coincide with the read-only properties *FacesX*, *FacesY*, and *FacesZ* they provide a value which, when checked by "*CorrectPiece*", generates an output relating to correct positioning.

What is described is structured in a taxonomic scheme, developed to organize, understand and communicate information, and, in parallel, order and classify processes (figs. 8-11).

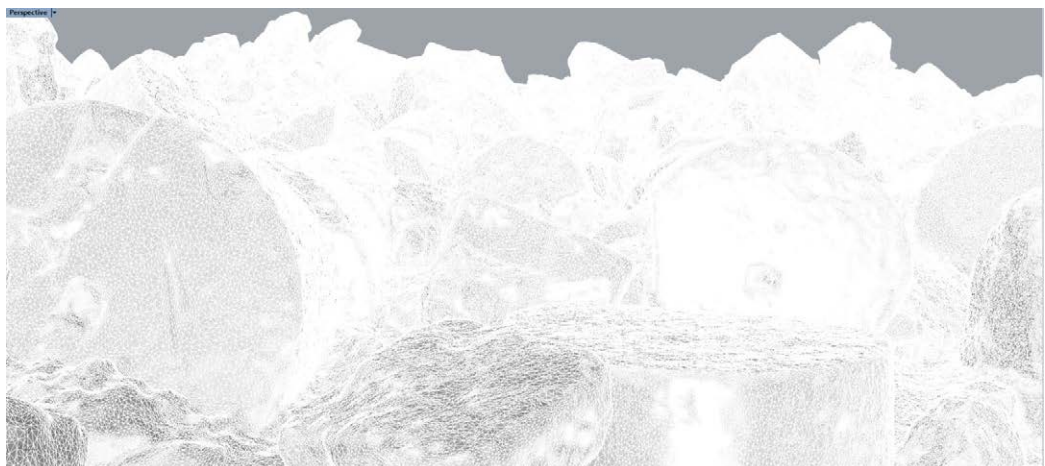


Fig. 4. The mesh model resulting from the point cloud processing.

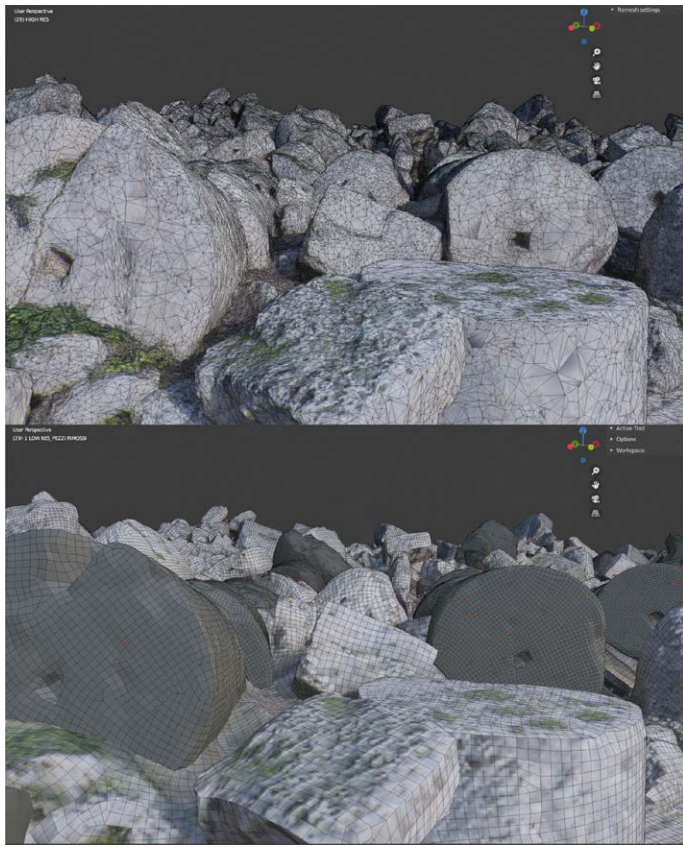


Fig. 5. The model before and after the optimization of the mesh structure.



Fig. 6. The model before and after the cutting and separation operations of the elements that will become interactable objects in the game.

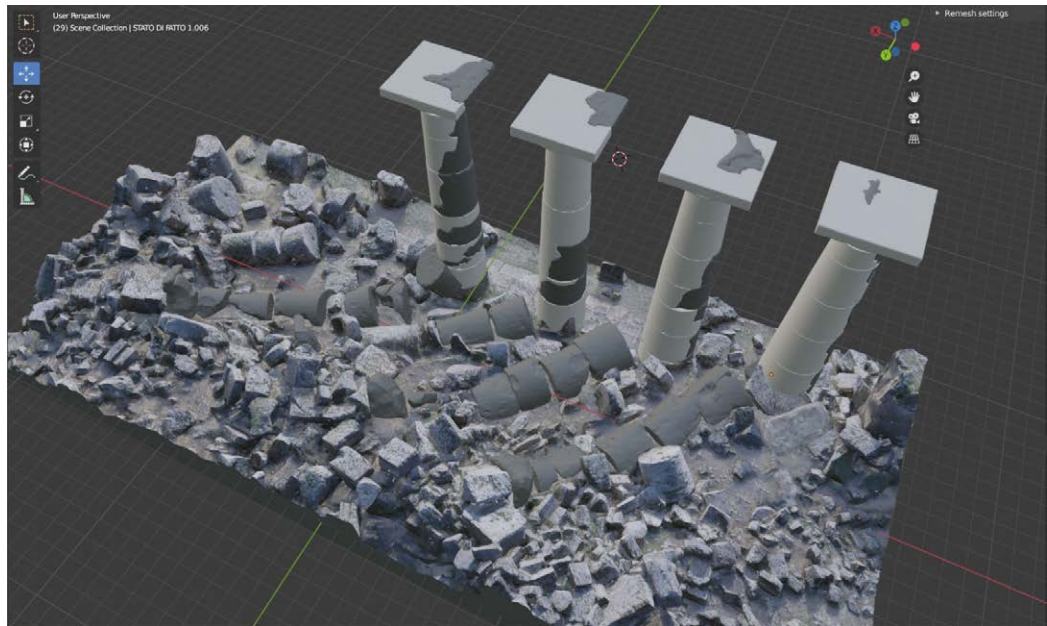


Fig. 7. Complete model of all the elements useful in the next phase for programming the interactions.

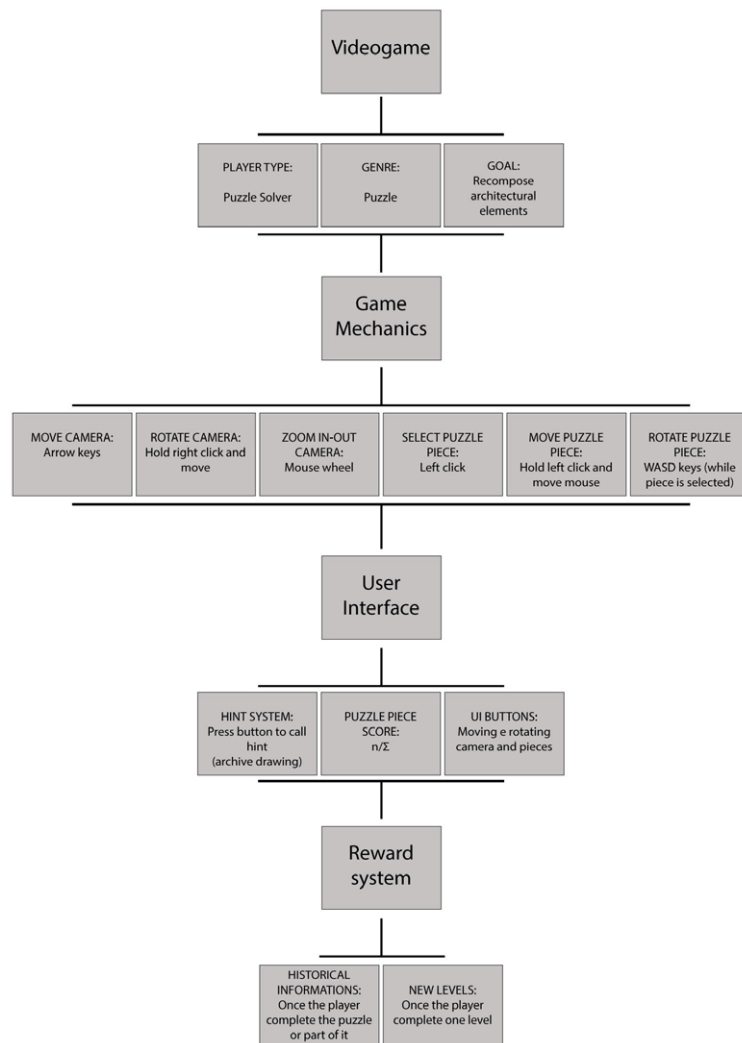


Fig. 8. Taxonomic scheme of the video game structure.

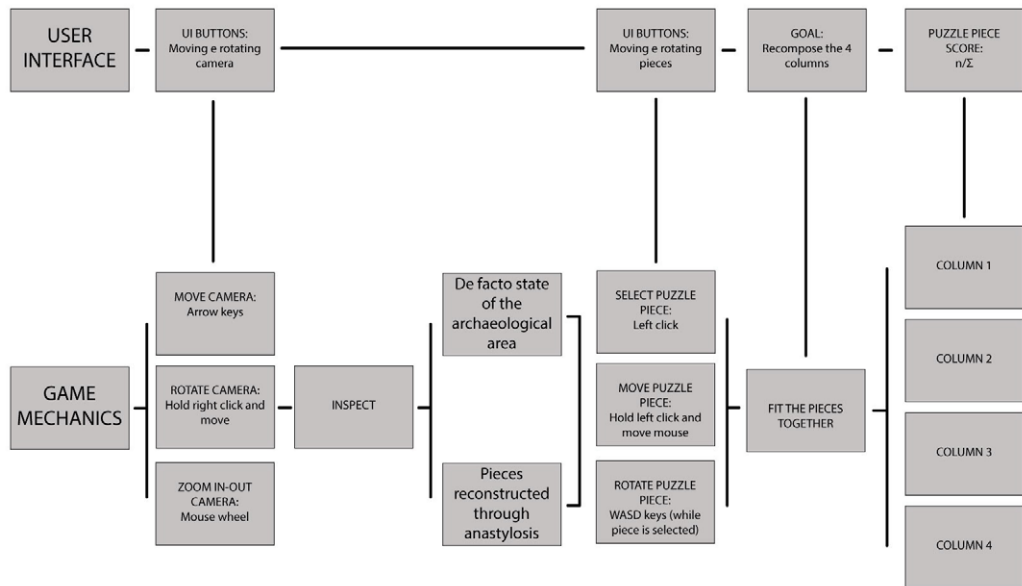
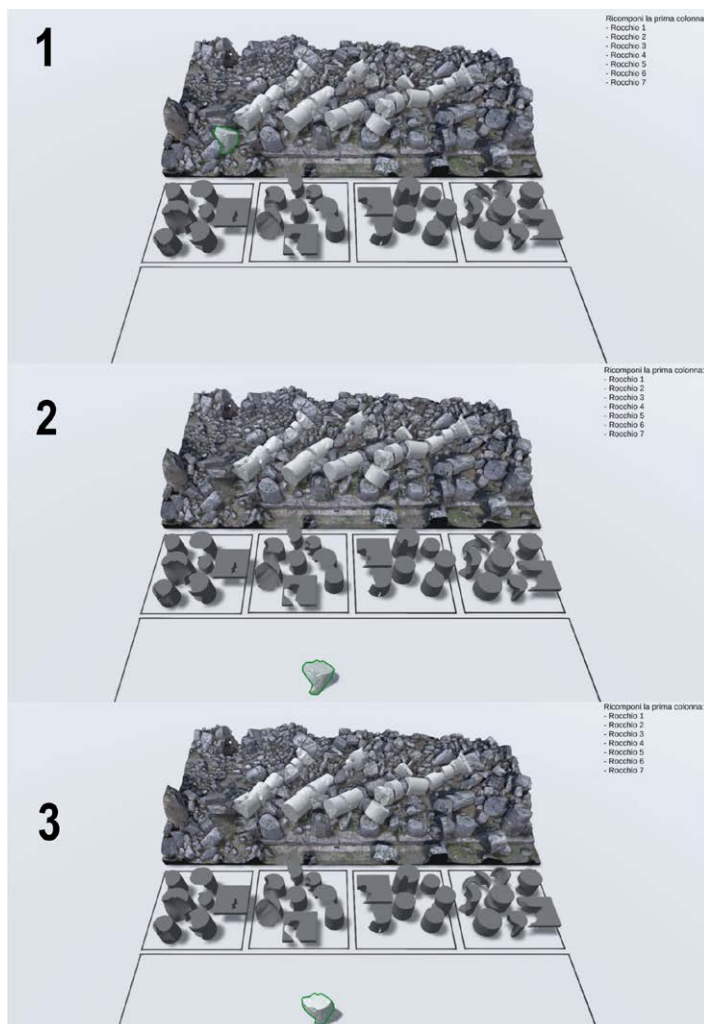
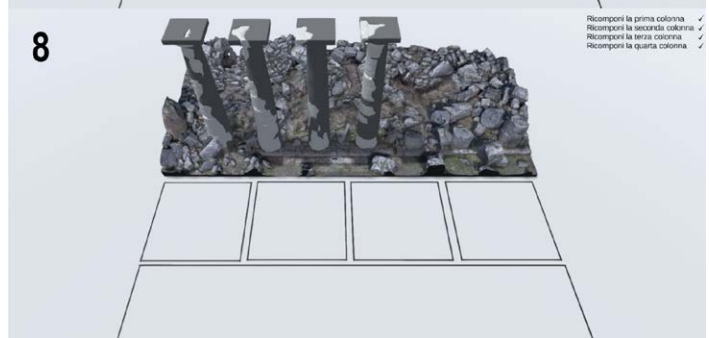
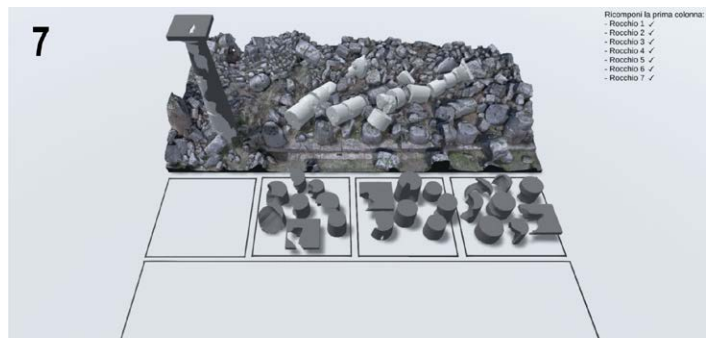
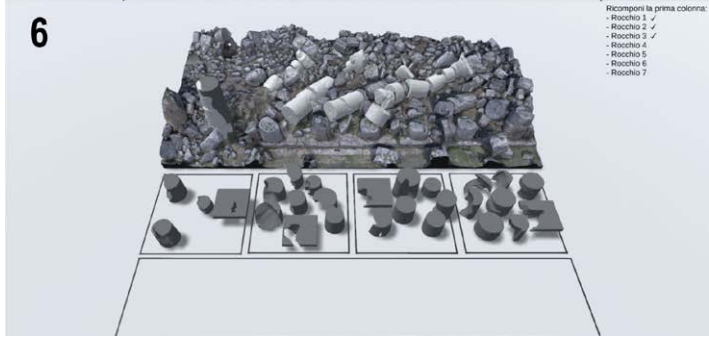
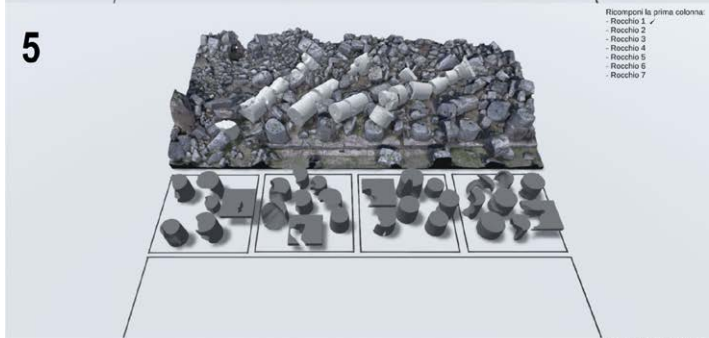
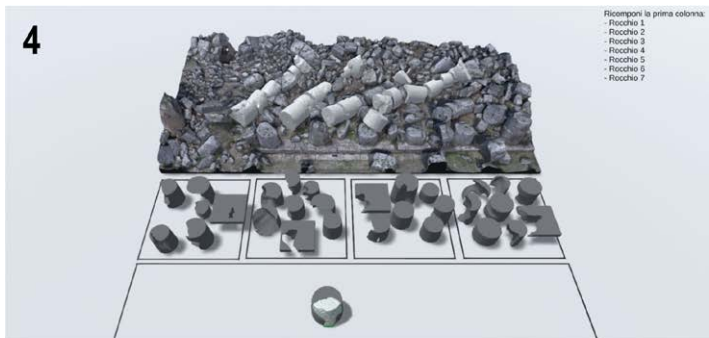


Fig. 9. Taxonomic scheme of the User Experience for the Temple G level.



Figs. 10, 11, 12. Sequence of gameplay images related to the development of actions that can be performed by the user.



## Conclusions

The project envisages future developments that should lead to the realization of a serious game aimed at the reconstruction of Temple G of Selinunte. It is intended to submit the prototype, at least of phase 2, to secondary school students and first-year university students, in order to assess the effectiveness of the user experience and to introduce possible corrective measures, also involving teachers who will evaluate the feedback on the educational objectives. The evaluation of learning outcomes (Learning Outcome), will analyze some specific attributes:

- acquisition of historical architectural knowledge (through quantitative analysis, e.g. by testing historical architectural notions);
- representation skills (through qualitative analysis, i.e. drawings of architectural elements);
- evaluation of the motivations aroused and a possible increase in interest in archaeological heritage.

The validation of the data acquired through the above-mentioned attributes will identify the patterns that identify the associations between the hypothetical benefits of using the serious game and the established goals.

## Notes

[1] Reference is made to the orthophoto generated by the drone photogrammetric survey. Elaboration by Agnello, Cannella 2022.

[2] *Vue générale des débris du plus grande des temples de Selinunte* [Houel 1782, Vol. I, drawing. 20 pp. 28].

[3] *Détails des ordres de l'intérieur du temple T* [Hittorff, Zanth 1835, drawing. 78].

[4] *Vue de la cella restituée du temple T* [Hittorff, Zanth 1835, drawing. 74].

[5] *Temple G – Plan restauré* [Hulot, Fougères 1910, p. 251].

[6] *Détail de l'Ordre* [Hulot, Fougères 1910, p. 254].

[7] The used scanners are the Riegl LMS-Z620 in 2005 and the Leica ScanStation 2 in 2009.

[8] 5605 photos taken with an Autel Evo II Pro drone (flight altitude between 15 and 20 m).

[9] Thanks to Fabrizio Agnello for providing the model.

[10] Stuttering is a phenomenon that results in interruptions and/or delays in the audiovisual stream.

[11] A class is a unit of code that defines game actions and their interactions.

[12] A method is a function associated with an executable object to trigger an action

[13] A coroutine is a function that allows asynchronous operations to be controlled.

[14] An integer is a data type representing integer numbers, positive or negative.

## Credits

The paragraph *Tra reale e virtuale. Interazione umana in/con ambienti 3D virtuali* was written by F.Valpreda; *Stato dell'arte - i serious games nell'ambito del patrimonio culturale* was written by G. Cellura; *Il tempio G di Selinunte: cenni storici e rilievo* was written by F.Avella; *Sviluppo di un serious game - Un 3D puzzle game per la ricostruzione architettonica* was written by G. Cellura.

## References

Abad A.M.C. (2023). *Archeologia a tutto 3D*.

[https://www.academia.edu/98177263/Archeologia\\_a\\_tutto\\_3D](https://www.academia.edu/98177263/Archeologia_a_tutto_3D)

Abt C.C. (1970). *Serious games*. New York: Viking Press.

Agnello F., Cannella M. (2022). From aerial survey to representation and visualization: the Temple G of Selinunte. In *Disegnare Con*, vol. 15, n. 29, Bologna: Department of Architecture, Alma Mater Studiorum University of Bologna.

Agnello F., Carell M., Giammusso F.M. (2013). Studi e ricostruzioni del Tempio G di Selinunte. In *La ricostruzione congetturale dell'architettura*, pp. 9-30. Palermo: Grafill.

Agnello F., Lo Meo G. (2007). Il rilievo con scanner laser del Tempio "G" di Selinunte. Elaborazione delle scansioni e metodo per l'anastilosi virtuale di una colonna. In P. Clini, R. Quattrini, N. Lancioni (a cura di). *Sistemi informativi per l'architettura*. Atti del Convegno eArcom 07. Ancona, 17-19 maggio 2007, pp.27-32. Firenze: Alinea.

Bagliani D. (1987). *Architettura, disegno, scala grafica*. Torino: CELID.

Bistagnino L., Giordani M. (1995). *Percorsi tra reale e virtuale*. Torino: CELID.

Di Salvo A. (2020). *La costruzione dell'interazione: Il ruolo della narrazione nel processo dell'interaction design*. Milano: FrancoAngeli.

D'Orville J.P. (1764). *Sicula Quibus Siciliae veteris rudera, additis antiquitatum tabulis, illustrantur*. Amsterdam: Tielenburg.

Ethier M.A., Lefrançois D., Déry C. (2022). Utilisation d'assassin's creed origins en classe d'histoire, rétention de connaissances déclaratives et intérêt des élèves pour l'égypte antique. In *Érudit. Revue de recherches en littérature médiatique multimodale*, vol. 15. <<https://www.erudit.org/fr/revues/rechercheslmm/2022-v15-rechercheslmm07193/1091402ar>>

Floridi L. (2012). *La rivoluzione dell'informazione*. Torino: Codice.

Gianolio S. (2012). Modellazione tridimensionale e modelli digitali 3D in Archeologia. In *La Metodologia Prima Del Software. Atti Del 2° Seminario Di Archeologia Virtuale*, Roma, 6 aprile 2011, Monte Compatri: Espera.

Hittorff J.I., Zanth K.L. (1870). *Architecture antique de la Sicile, ou Recueil des monuments de Ségeste et de Sélinonte*. Paris: Imprimé chez P. Renouard.

Hoüel J.P.L. (1782). *Voyage pittoresque des isles de Sicile, de Malte et de Lipari, où l'on traite des antiquités qui s'y trouvent encore: des principaux phénomènes que la nature y offre; des costume des habitans, & de quelques usages*. Paris: De l'Imprimerie de Monsieur.

Hulot J., Fougères G. (1910). *Sélinonte: la ville, l'acropole et les temples*. Paris: Librairie générale de l'architecture et des arts décoratifs.

Kapp K.M. (2013). *The Gamification of Learning and Instruction Fieldbook, Ideas into Practice*. Hoboken: Wiley.

Laurent J.P. (1782). *Voyage pittoresque des isles de Sicile, de Malte et de Lipari, où l'on traite des antiquités qui s'y trouvent encore: des principaux phénomènes que la nature y offre; des costume des habitans, & de quelques usages*. De l'Imprimerie de Monsieur, vol. I. Paris: De l'Imprimerie de Monsieur.

Lo Faso Pietrasanta D. (1834). *Le antichità della Sicilia*, vol. 2, Palermo: Tipografia del Giornale Letterario.

Marsiglia N., Agnello F., Redondo Dominguez E. (2006). Levantamiento del templo G. parque arqueológico de Selinunte, Trapani, Sicilia. Informe general. In *Funciones del dibujo en la producción actual de arquitectura = Uses of drawing in architectural production today. XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Sevilla, 2006, pp. 427-466. Sevilla: Universidad de Sevilla.

McCall J. (2016). Teaching History With Digital Historical Games: An Introduction to the Field and Best Practices. In *Simulation & Gaming*, vol. 47, issue 4, pp. 517-542. New York: SAGE Publications. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1046878116646693>

Pescarin S., Martinez Pandiani D.S. (2022). "The Impact of Story Structure Meaningfulness and Concentration in Serious Games". In *Information*, vol. 13, n. 12.

Raskin J. (2000). *The Humane Interface: New Directions for Designing Interactive Systems*. Addison: ACM Press, Wesley Publishing Co.

Skarbez R., Smith M., Whitton M.C. (2021). Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. *Frontiers in Virtual Reality*, vol. 2. Lausanne: Frontiers. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2021.647997>

Vecchiotti E. (2007). *L'archeologia attraverso un 3D Virtual Model*. Imola: University Press Bologna.

## Authors

Fabrizio Avella, Università degli Studi di Palermo, [fabrizio.avella@unipa.it](mailto:fabrizio.avella@unipa.it)  
Giulio Cellura, Università degli Studi di Palermo, [giulio.cellura01@unipa.it](mailto:giulio.cellura01@unipa.it)  
Fabrizio Valpreda, Politecnico di Torino, [fabrizio.valpreda@polito.it](mailto:fabrizio.valpreda@polito.it)

To cite this chapter: Fabrizio Avella, Giulio Cellura, Fabrizio Valpreda (2024). Un serious game per la ricostruzione del Tempio G di Selinunte/A serious game for the reconstruction of Temple G of Selinunte. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (Eds.). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 791-814.