

Vecchie e nuove èkphrasis: il soffitto a *muqarnas* della Cappella Palatina di Palermo

Fabrizio Agnello
Mirco Cannella

Abstract

Il contributo è incentrato sulla sperimentazione di nuove forme di narrazione per la descrizione di uno dei manufatti più complessi e preziosi nella storia dell'arte medievale del Mediterraneo: il soffitto ligneo a *muqarnas* che copre la navata centrale della Cappella Palatina nel Palazzo Reale di Palermo, il cui intradosso è decorato in ogni sua parte da pitture.

La scelta del caso studio scaturisce anche dalla presenza di una descrizione del soffitto risalente all'epoca della sua costruzione: fra il 1140 e il 1150, durante una celebrazione religiosa, l'officiante dedica la parte iniziale dell'omelia a una èkphrasis della cappella, soffermandosi anche sulla descrizione del suo soffitto. La distanza fra il soffitto e il piano di calpestio della navata, e le dimensioni contenute dei pannelli dipinti impediscono ai visitatori la percezione dei soggetti raffigurati nelle pitture; allo stesso tempo, la complessa sfaccettatura delle superfici a *muqarnas* è di difficile comprensione per un pubblico non specializzato. La sperimentazione su nuove forme di narrazione digitale mira pertanto a restituire visibilità alle pitture e a rivelare la complessa struttura morfologica e costruttiva di questo manufatto. Le nuove forme di èkphrasis proposte dal contributo sono un video, per la divulgazione e la fruizione da remoto, e una applicazione di realtà aumentata, pensata per la fruizione *in situ*, per la quale sono stati utilizzati e messi a confronto i più recenti sistemi di *Visual Positioning*.

Parole chiave

Cappella Palatina, soffitto a *muqarnas*, realtà aumentata, fruizione digitale.



Vista di dettaglio delle
pitture che decorano
l'intradosso del soffitto
(elaborazione grafica
degli autori).

Il soffitto a *muqarnas* nella Cappella Palatina di Palermo

“Con te mi rallegro, o città, e con te sacro tempio della reggia, perché un pubblico di ogni età si è oggi su di te riversato, e tutti [...] adornano colla loro presenza la odierna festa. Di tutte queste cose è causa anzitutto Iddio [...], e in secondo luogo un re pio (che) questo amenissimo tempio dei Santi Apostoli [...] ha costruito nella sua reggia [...], molto grande e bello [...] splendente di mosaici e allietato da immagini, tanto che uno dopo averlo veduto molte volte, se lo vede di nuovo lo ammira e ne rimane stupito come se lo vedesse per la prima volta [...]” [Lavagnini 1990, pp. 233-234].

In un periodo che gli studi storici più aggiornati collocano fra il 1140 e il 1143, Filagato da Cerami, vescovo di Taormina, celebra il rito della Messa alla presenza del re normanno Ruggero II, della sua famiglia e della corte. La parte introduttiva della sua Omelia XXVII, sopra citata, rivela il luogo dove si svolge il rito religioso: la Cappella, costruita nel Palazzo Reale di Palermo per volontà dello stesso Ruggero II, alla quale il celebrante dedica la parte iniziale dell'omelia, descrivendone lo splendore.

La *èkphrasis* di Filagato si sofferma inizialmente sui mosaici, per continuare subito dopo con la descrizione del soffitto che copre la navata centrale: “Quanto poi al soffitto, è cosa che uno non si sazia di guardare, ed è meraviglia a vederlo e a sentirne parlare, perché è abbellito da intagli sottili variati in forma di canestri, e, brillando tutto intorno per l'oro, esso imita il cielo, quando per l'aria serena è illuminato tutto introno dalla folla degli astri” [Lavagnini 1990, pp. 234-235].

La presenza di rivestimenti musivi è una caratteristica che accomuna le chiese normanne di Palermo, Monreale e Cefalù; ciò che distingue la Cappella Palatina e ne fa un esempio unico nel contesto mediterraneo è la presenza di un soffitto ligneo a *muqarnas* – intagli in forma di canestri – in una chiesa cristiana. Le volte a *muqarnas* sono infatti uno dei tratti caratterizzanti dell'architettura islamica, presenti in Sicilia nei palazzi dei re normanni e all'interno dello stesso palazzo reale, mai in una chiesa cristiana.

Un'ulteriore peculiarità, anch'essa richiamata nella *èkphrasis*, è data dal materiale utilizzato: il legno, evocato dal termine ‘intagli’. I *muqarnas*, piccoli elementi dalla struttura a nicchia, accostati su filari orizzontali sovrapposti progressivamente aggettanti, sono infatti realizzati in gesso, attraverso la colatura in stampi, o in pietra, con la sottrazione di materia da blocchetti parallelepipedi. I *muqarnas* della Cappella Palatina, invece, non sono ricavati da blocchetti di legno (fig. 1) [Badalamenti, Carbone 2007] intagliati, ma sono generati da una



Fig. 1. Fotografia di dettaglio dell'estradosso del soffitto (fotografia degli autori).

complessa struttura in legno regolata da uno stringente schema geometrico [Agnello 2010, p. 324]. Ulteriore peculiarità del soffitto è la presenza di pitture che ne ricoprono l'intera superficie di intradosso; le pitture raffigurano soggetti prevalentemente ispirati alla cultura del vicino oriente (scene di caccia, musicanti, giocatori, scene di lotta ecc.) e, in parte minoritaria, simboli e figure riconducibili alla cultura cristiana. La distanza fra il soffitto e il piano di calpestio della navata, compresa tra 11.30 e 12.60 metri, e le dimensioni contenute

Fig. 2. Pianta della Cappella Palatina con proiezione del soffitto, dettaglio del soffitto e foto realizzata durante la campagna di rilievi del 2005 (fotografia ed elaborazioni grafiche degli autori).



dei pannelli dipinti i cui bordi non raggiungono mai il metro di lunghezza, impediscono ai visitatori la percezione dei soggetti raffigurati nelle pitture.

Il soffitto è costituito da due parti: una fascia di bordo, ad andamento verticale, costituita da filari aggettanti di *muqarnas*; una zona centrale, ad andamento prevalentemente orizzontale, caratterizzata dalla presenza di 12 ottagoni stellati disposti in due file longitudinali come mostra lo schema centrale della figura 2. Nella fascia di bordo si possono distinguere due forme di aggregazione degli elementi a *muqarnas*, denominate moduli A e B, che si ripetono alternandosi. Ai fini della sperimentazione è stato prodotto il *digital twin* della campata orientale del soffitto, soprastante l'arco di ingresso alla zona presbiteriale, combinando,

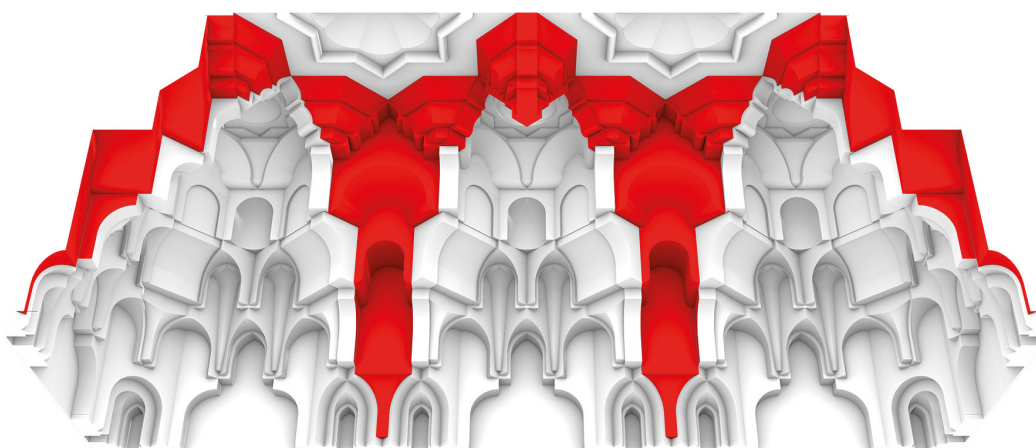


Fig. 3. Proiezione del modello digitale con la distinzione fra moduli A (in bianco) e moduli B (in rosso) (elaborazione grafica degli autori).

secondo procedure consolidate e ampiamente documentate in letteratura [Inglese et al. 2022], l'elaborazione fotogrammetrica di immagini acquisite dai ponteggi e una scansione laser eseguita dal piano di calpestio al termine dei lavori di restauro.

Gli strumenti digitali hanno permesso di generare il modello mesh texturizzato dell'area di studio [1], che rappresenta in modo puntuale la morfologia delle superfici e la decorazione pittorica che le riveste (fig. 3). Sono stati realizzati anche due modelli NURBS: il primo descrive la struttura geometrica dei due moduli, mentre il secondo illustra la struttura costruttiva del soffitto. Ulteriori modelli di dettaglio sono stati realizzati per mostrare la genesi geometrica dei singoli elementi a *muqarnas* generati dall'intersezione di volumi semplici, come dimostrato in precedenti studi [Agnello 2010] e nella ampia letteratura di riferimento [Palacios, Rana 2018; Tabbaa 1985]. I modelli sono stati utilizzati per lo sviluppo di due diverse soluzioni: un video e un *tool* di visualizzazione AR.

Nuove *èkphrasis*. Scenari virtuali per la fruizione da remoto

Per la realizzazione del video è stata utilizzata una delle tante potenzialità offerte dalle tecnologie digitali, ovvero la possibilità di posizionare liberamente una telecamera in una scena virtuale. Il riferimento imprescindibile per questo tipo di sperimentazioni è il video di Paul Debevec [Debevec et al. 2003] sulla ricontestualizzazione virtuale dei marmi del Partenone. Nella parte iniziale del video dedicato al soffitto, appare, su fondo nero, il testo della *èkphrasis* di Filagato da Cerami; segue una animazione nella quale la camera, partendo dall'estremità occidentale della navata, si muove, alzandosi, per portarsi davanti al modello 3D texturizzato della porzione orientale del soffitto, mostrando, in un'unica immagine, la ricchezza degli apparati pittorici (fig. 4).

L'immagine del modello texturizzato del soffitto scompare per lasciare posto al modello NURBS, dal carattere fortemente astratto, che interpreta il progetto del soffitto illustrando la genesi geometrica dei *muqarnas*, trascurando le deformazioni sopravvenute nel corso

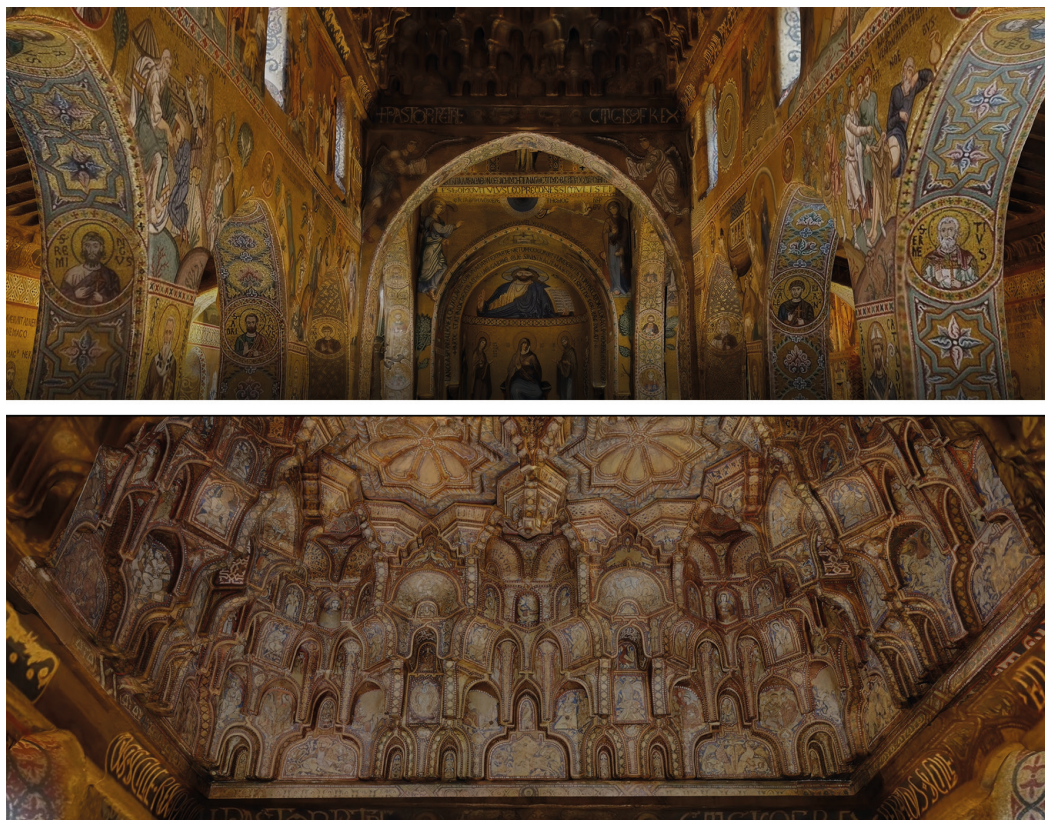
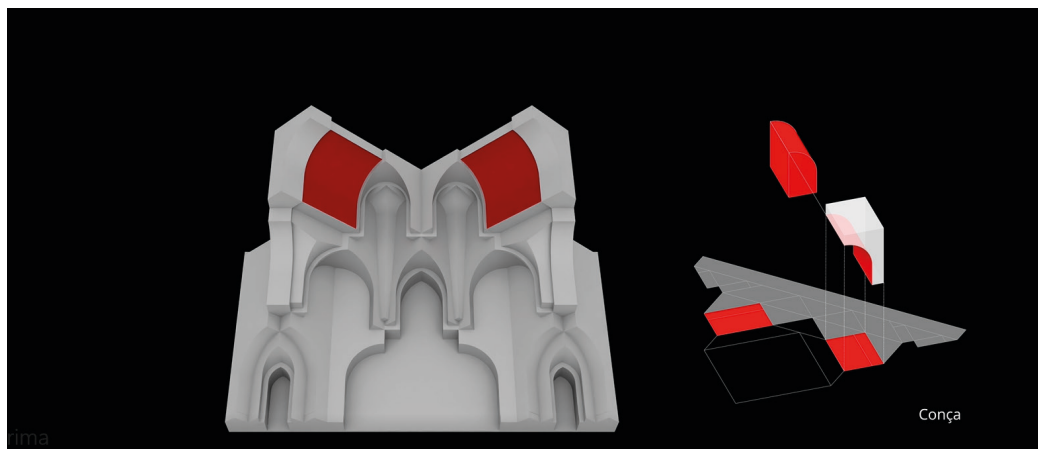


Fig. 4. Sequenze iniziali del video (elaborazione grafica degli autori).

Fig. 5. Sequenza del video con la illustrazione della genesi geometrica di un elemento dei *muqarnas* (elaborazione grafica degli autori).



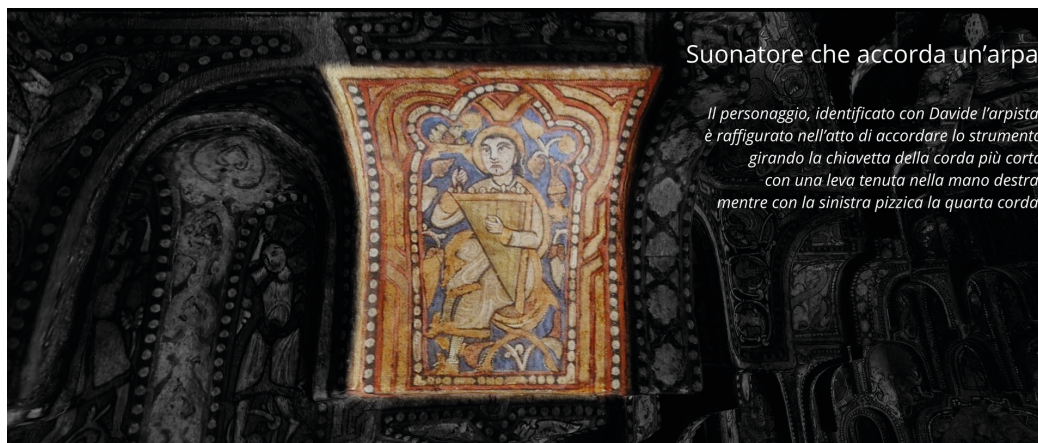
della sua plurisecolare esistenza [Migliari 1999]; le sequenze successive narrano, per addizioni, la logica compositiva del modulo A attraverso l'accostamento di una vista prospettica d'insieme e di una assonometria ortogonale dei singoli elementi, posti in relazione alla proiezione su piano orizzontale del modulo (fig. 5).

Nella sequenza successiva la telecamera orbita intorno al modulo A, per mostrare gli elementi lignei che ne compongono la struttura; pannelli portanti, in una tonalità scura, e superfici di chiusura, costituite da sottili listelli, in una tonalità più chiara. Il modulo A si duplica per completare la parete del lato est del soffitto; gli interstizi fra due moduli A consecutivi vengono colmati attraverso l'inserimento di due moduli B. La telecamera riprende quindi

Fig. 6. Sequenza del video con la vista dell'estradosso e degli elementi strutturali (elaborazione grafica degli autori).



Fig. 7. Immagine tratta dalla sequenza del video dedicata ai soggetti raffigurati nelle pitture (elaborazione grafica degli autori).



la rotazione scorrendo lungo l'estradosso per fermarsi nuovamente nella posizione che inquadra, in un'unica immagine, l'intradosso con le pitture (fig. 6). La sequenza conclusiva del video è dedicata alla descrizione di alcune scene dipinte; quando la telecamera si avvicina a una scena, questa viene evidenziata applicando, alla parte restante del modello, una maschera che ne riduce la saturazione e la luminosità; sul fondo scuro così creato, appare una nota descrittiva del contenuto dell'immagine (fig. 7).



Fig. 8. Proiezione ortogonale iposcopica della porzione est del soffitto con la suddivisione in parti del modello (elaborazione grafica degli autori).

Nuove *ékphrasis*. Soluzioni AR per la fruizione *in situ*

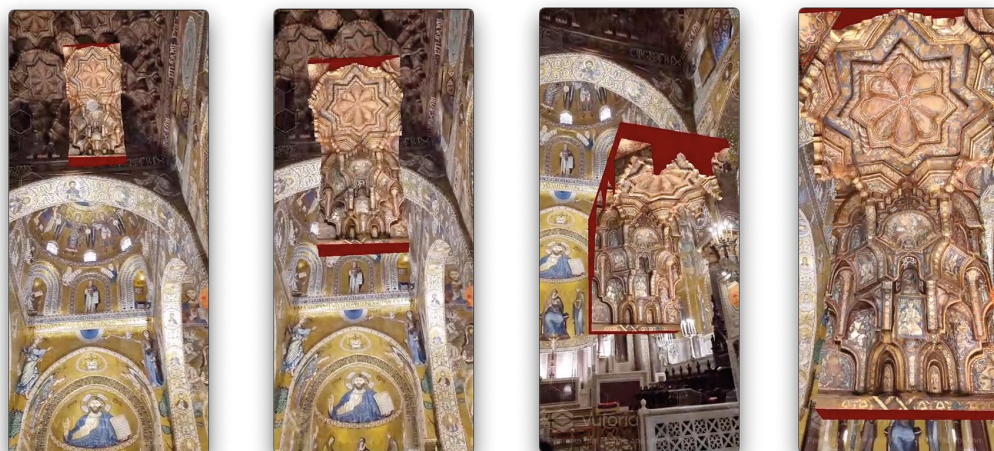
La seconda sperimentazione, in fase di sviluppo, utilizza le più recenti soluzioni di realtà aumentata per visualizzare, all'interno della cappella, il modello virtuale del soffitto.

Sin dalle prime fasi di lavoro è apparso evidente che la complessità morfologica e geometrica del soffitto richiedeva la suddivisione del modello in porzioni, non corrispondenti ai moduli A e B, ma capaci di descrivere l'intera struttura del soffitto, inclusa la parte centrale con le stelle ottagonali. Alla luce di queste considerazioni, il modello della campata orientale del soffitto è stato suddiviso in sette parti, parzialmente sovrapposte (fig. 8) [2]. L'applicazione AR è stata progettata per consentire agli utenti di osservare da vicino il soffitto, richiamando a sé, uno per volta, i modelli; per far ciò basterà che l'utente inquadri il soffitto con il proprio dispositivo e faccia un singolo tocco su un'area, per visualizzare il modello a essa corrispondente. Un ulteriore tocco attiverà un'animazione nella quale il modello 'scende' dalla sua posizione originaria fino all'altezza dell'utente, e si avvicina a esso spostandosi orizzontalmente, senza modificare il proprio orientamento (fig. 9).

Il modello rimane dunque immobile e sospeso in aria, per permettere all'utente di osservare le pitture da una distanza ravvicinata e di muoversi davanti a esso inquadrando le diverse parti e quei dettagli impossibili da vedere dal piano di calpestio della cappella. Le limitate possibilità di movimento concesse ai visitatori all'interno della navata rendono difficoltosa un'esplorazione a tutto tondo del modello, necessaria per la visualizzazione dell'estradosso.

Per ovviare a tale limite, è stata aggiunta un'ulteriore funzionalità che permette di ruotare il modello attorno al proprio asse verticale tramite *gesture* di *swipe*; compiuta la rotazione desiderata, il modello rimane fermo e l'utente può continuare a esplorarlo spostandosi con il proprio dispositivo (fig. 10). Lo sviluppo dell'applicazione ha dovuto preliminarmente affrontare e risolvere il problema della referenziazione dei modelli in ambiente AR

Fig. 9. Immagini tratte dal test di verifica *in situ* delle funzionalità dell'applicazione AR (elaborazione grafica degli autori).



all'interno di una scena reale complessa come quella della navata della Cappella Palatina [Torresani *et al.* 2021, p. 763]. A tale scopo, sono state testate due diverse soluzioni, entrambe basate su tecniche di *Visual Positioning System* (VPS) [3], che permettono di stimare la posizione e l'orientamento di un dispositivo mobile in un ambiente conosciuto [Manila *et al.* 2024, p. 3; Turner 2022, p. 6].

Il primo test è stato eseguito utilizzando la piattaforma di sviluppo AR *Vuforia* di PTC, che si basa sull'utilizzo delle informazioni spaziali di un ambiente tramite il tool *Area Target*: l'applicativo desktop *Area Target Generator* permette di generare un'area *target* a partire da una nuvola di punti nel formato .e57, elaborata con un software di fotogrammetria SfM. L'area *target* è un database che contiene le informazioni necessarie per georeferenziare

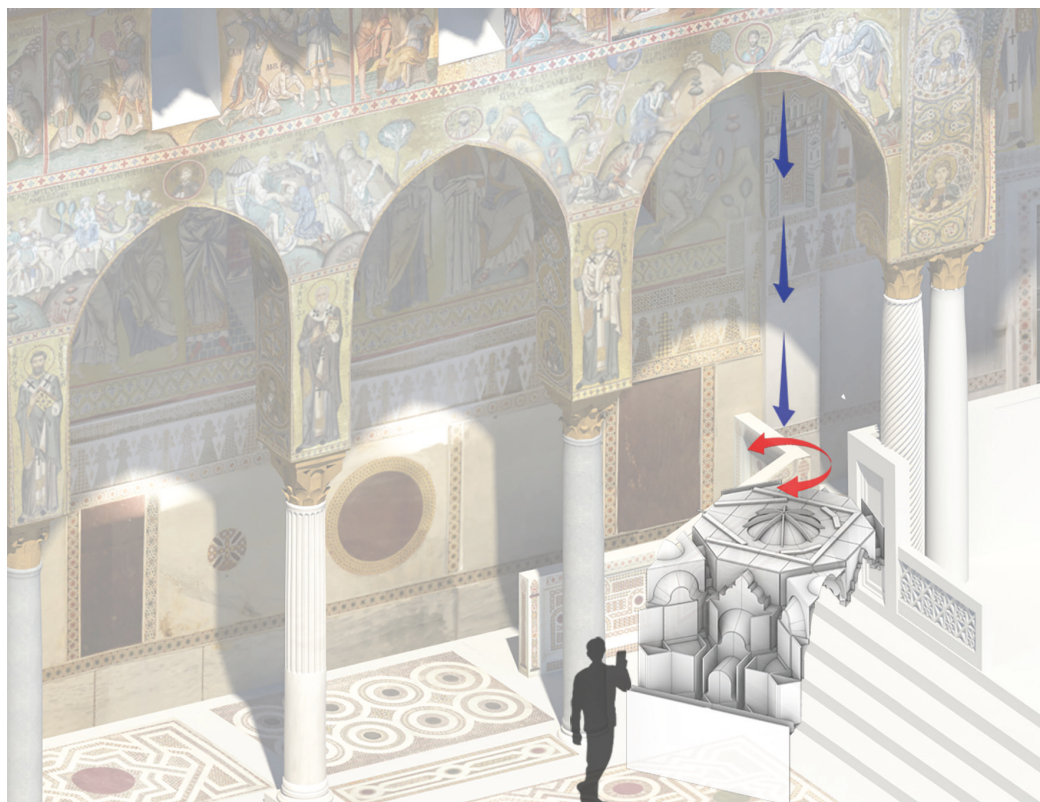


Fig. 10. Simulazione della funzionalità dell'applicazione AR che permette di ruotare il modello per osservarne l'estradosso (elaborazione grafica di M. Cannella).



Fig. 11. Ortofotopiani orizzontale e frontale della porzione orientale del soffitto (immagine realizzata da D. Carbone e M.A. Badalamenti).

la posizione dell'utente in un dato ambiente, e può essere importato come *package* all'interno dell'applicativo *Unity Engine* [Cannella 2022, p. 132]. All'interno della scena di *Unity*, l'area *target* viene visualizzata sotto forma di nuvola di punti, e permette di riferire a essa i modelli che si desidera visualizzare in AR.

Si procede infine ad associare ai modelli gli *script* appositamente progettati per la gestione delle animazioni e dell'interazione. L'applicazione sviluppata per il soffitto della Cappella Palatina è stata compilata per garantirne la compatibilità con i dispositivi *Android* e *iOS*. I test *in situ* hanno dimostrato che il *matching* tra le informazioni archiviate nel database dell'area *target* e la scena ripresa dal dispositivo avviene quasi istantaneamente, mostrando i modelli nella posizione prevista dal progetto. Il tracciamento continuo della posizione del dispositivo è gestito utilizzando gli strumenti di *tracking* forniti dai *framework* *ARCore* per dispositivi *Android* e *ARKit* per la piattaforma *Apple*.

Per il secondo test è stato invece utilizzato il sistema di VPS sviluppato da *Niantic*, una software house nota per aver creato l'applicazione *Pokémon GO*, uno dei primi giochi basato su tecniche di realtà aumentata. Il sistema VPS di *Niantic*, denominato *Lightship*, si basa sulla possibilità di utilizzare database pubblici o privati.

Grazie a un portale web dedicato (*Geospatial Browser*), ogni utente può creare una mappa 3D di un determinato luogo. Per questo scopo viene utilizzata l'App per dispositivi mobili *Scanniverse*, che adotta tecniche di *Structure from Motion* e *Gaussian Splatting* per la mappatura degli ambienti. Alla mappatura di uno stesso luogo possono concorrere diversi utenti, riprendendo il sito con il proprio dispositivo in tempi diversi e con diverse condizioni di illuminazione, che possono variare in base al momento dell'acquisizione, alle condizioni

meteorologiche o all'illuminazione artificiale. I *dataset* così generati garantiscono una determinazione robusta e stabile della posizione e dell'orientamento dell'utente, indipendentemente dalle specifiche condizioni di illuminazione. Entrambe le soluzioni testate hanno eseguito la georeferenziazione della posizione dell'utente nella Cappella Palatina con un'elevata precisione, garantendo un accurato posizionamento degli elementi virtuali all'interno di essa. Anche i test relativi alla velocità di *matching* e alla risoluzione del sistema hanno dato esiti favorevoli con entrambe le soluzioni.

Conclusioni

Il contributo prende spunto da una *ékphrasis* del XII secolo per proporre forme digitali di narrazione e descrizione di un manufatto complesso e pressoché invisibile per le sue collocazioni spaziali: il soffitto ligneo a *muqarnas*, decorato in ogni sua parte da pitture, che copre la navata centrale della Cappella Palatina nel Palazzo Reale di Palermo. Tale narrazione è stata sviluppata attraverso due distinti prodotti: un video e una applicazione AR pensata per la fruizione *in situ*. L'applicazione AR richiede una sperimentazione ulteriore che tenga conto della valutazione dei visitatori sulle modalità di interazione e che possa offrire contenuti informativi sui rimandi simbolici delle pitture. Ulteriori sperimentazioni potrebbero essere infine indirizzate alla costruzione di ipertesti digitali consultabili a distanza che permettano la comprensione della ricorrenza e della localizzazione di soggetti pittorici all'interno del soffitto.

Crediti

I contenuti e l'impostazione generale di questo contributo nonché il paragrafo *Il soffitto a muqarnas nella Cappella Palatina di Palermo* e il paragrafo *Conclusioni* sono stati curati congiuntamente dai due autori. Fabrizio Agnello ha curato il paragrafo *Nuove ékphrasis. Scenari virtuali per la fruizione da remoto*, mentre Mirco Cannella ha curato il paragrafo *Nuove ékphrasis. Soluzioni AR per la fruizione in situ*.

Note

[1] Il rilievo della porzione orientale del soffitto, utilizzato in questo contributo, è stato acquisito in diverse fasi, con metodi fotogrammetrici e laser scanning. Gli autori desiderano ringraziare Maria Antonietta Badalamenti e Domenico Carbone che hanno curato i primi rilievi del soffitto nell'ambito della redazione della tesi di laurea, per averne consentito l'utilizzo.

[2] La suddivisione del soffitto è organizzata in modo tale che ogni pezzo includa un modulo (A o B) e le due metà dei moduli adiacenti. La sovrapposizione fra le parti permette di comprendere pienamente le peculiarità dei due moduli che comprendono le fasce di bordo e le interazioni con i moduli adiacenti.

[3] In virtù della sua complessa struttura geometrica e dalla altrettanto difficile condizione ambientale caratterizzata dalla scarsa luminosità e dalla presenza costante di un consistente numero di visitatori, il soffitto della Palatina costituisce un'ottima occasione per un confronto comparativo tra due delle soluzioni AR più avanzate.

Riferimenti bibliografici

- Agnello, F. (2010). Rilievo e rappresentazione del soffitto della navata centrale della Cappella Palatina. In B. Brenk (a cura di). *La Cappella Palatina di Palermo*, pp. 295-352. Modena: Franco Cosimo Panini.
- Badalamenti, M. A., Carbone, D. G. (2007). *Metodi laser scanning per il rilievo dei beni culturali: il soffitto della Cappella Palatina di Palermo*, tesi di laurea in Architettura, relatore F. Agnello, Università di Palermo.
- Cannella, M. (2022). AR methods for the visualization of the lost marble 'tribuna' in the main apse of the cathedral of Palermo. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 46(2/W1-2022), pp. 129-134. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-2-W1-2022-129-2022>.
- Debevec, P., Emerson, B., Hawkins, T., Jones, A., Martinez, P., Stumpfel, J., Tchou, C., Yun, N. (2003). *Digital Reunification of the Parthenon and its Sculptures*. In D. Arnold, A. Chalmers, F. Niccolucci (Eds.). *4th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage*. Brighton, January 2003. <https://doi.org/10.2312/VAST/VAST03/041-050>.
- Inglese, C., Bami, R., Griffo, M., Gianandrea, M., Romano, G., Gosetti di Sturmeck, S., Villa, G. (2022). La basilica inferiore di San Crisogono: lettura morfometrica di un'architettura stratificata. In C. Battini, E. Bistagnino (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare*. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione, Genova, 15-17 settembre, pp. 720-735. Milano: FrancoAngeli.
- Lavagnini, B. (1990). Profilo di Filagato da Cerami con traduzione della omelia XXVII, pronunciata dal pulpito della Cappella Palatina in Palermo. In *Bollettino della Badia Greca di Grottaferrata*, n.s. 44, pp. 231-244.
- Manila, A., Negi, S., Nowakowski, C., Reilhac, P. (2024). Unlocking immersive driving experiences with automotive sensor-powered extended reality (XR). *IET Conference Proceedings*. 26th Irish Machine Vision and Image Processing Conference, vol. 2024, n. 10, pp. 15-22. <https://doi.org/10.1049/icp.2024.3271>.
- Migliari, R. (1999). *Principi teorici e prime acquisizioni nel rilievo del Colosseo*. In *Disegnare. Idee, immagini*, nn. 18-19, p. 33.
- Palacios Gonzalo, J. C., Rana, M. A. (2018). Muqarnas Domes and Cornices in the Maghreb and Andalusia. In *Nexus Network Journal, Architecture and Mathematics*, vol. 20, pp. 95-123. <https://doi.org/10.1007/s00004-017-0367-3>.
- Tabbaa, Y. (1985). The Muqarnas Dome: Its Origin and Meaning. In *Muqarnas*, vol. 3, pp. 61-74. <https://doi.org/10.2307/1523084>.
- Torresani, A., Rigon, S., Farella, E. M., Menna, F., Remondino, F. (2021). Unveiling large-scale historical contents with v-slam and markerless mobile ar solutions. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 46 (M-1-2021), pp. 761-768. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-M-1-2021-761-2021>.
- Turner, C. (2022). Augmented Reality, Augmented Epistemology, and the Real-World Web. In *Philosophy and Technology*, vol. 35, n. 19. <https://doi.org/10.1007/s13347-022-00496-5>.

Autori

Fabrizio Agnello, Università di Palermo, fabrizio.agnello@unipa.it
Mirco Cannella, Università di Palermo, mirco.cannella@unipa.it

Per citare questo capitolo: Fabrizio Agnello, Mirco Cannella (2025). Vecchie e nuove *ékphrasis*: il soffitto a *muqarnas* della Cappella Palatina di Palermo. In L. Carlevaris et al. (a cura di). *ékphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/ékphrasis. Descriptions in the space of representation*. Atti del 46° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Milano: FrancoAngeli, pp. 25-44. DOI: 10.3280/oa-1430-c759.

Old and New *Èkphrasis*: the *Muqarnas* Ceiling of the Palatine Chapel in Palermo

Fabrizio Agnello
Mirco Cannella

Abstract

The contribution focuses on the experimentation of new forms of narrative for the description of one of the most complex and precious artefacts in the history of medieval Mediterranean art: the wooden *muqarnas* ceiling that covers the nave of the Palatine Chapel in the Royal Palace of Palermo, whose intrados is decorated throughout with paintings.

The case study well matches the conference's theme, because a description of the ceiling dating back to the time of its construction has been preserved: between 1140 and 1150, during a religious celebration, the officiant dedicates the initial part of the homily to an *èkphrasis* of the chapel, with some remarks on the ceiling that covers the nave. The subjects depicted in the paintings of the intrados are not visible on-site, due to both the distance from the floor and to the small size of the painted panels; at the same time, the complex morphology of the *muqarnas* surfaces cannot be understood by non-specialist visitors. Experimentation with new forms of digital narration therefore aims to display the paintings and reveal the complex morphological and constructive structure of this artefact. The new proposed forms of *èkphrasis* are one video, for remote dissemination and fruition, and an augmented reality application, designed for on-site fruition, that uses the most up-to-date Visual Positioning techniques.

Keywords

Palatine Chapel Palermo, *Muqarnas* ceiling, Augmented Reality, digital access.



Detailed view of the paintings decorating the intrados of the ceiling (graphic elaboration by the authors).

The muqarnas ceiling in the Palatine Chapel of Palermo

“O city, I rejoice with you, and with you, sacred church of the palaces, that all ages have flocked to you today; that all [...] have honoured this festival with their presence. The first cause of all these events is God [...] but the second is a pious ruler [...] (who) has built (this delightful church of the Apostles) large, most lovely [...], glittering with mosaics, and bright with paintings. He who has seen it many times, marvels when he sees it again, and is as astonished as if he were seeing it for the first time [...]” [Johns 2005, p. 13].

In a period that the latest historical studies date between 1140 and 1143, Filagato da Cerami, bishop of Taormina, celebrated the rite of Mass in the presence of the Norman king Roger II, his family and court. The introductory part of the homily, which reveals the place where the religious rite takes place, is largely dedicated to a detailed description of the Chapel, built in the Royal Palace of Palermo, by the will of Roger II himself, who is repeatedly mentioned and praised.

Filagato's *èkphrasis* initially dwells on the mosaics, to continue immediately afterwards with a description of the ceiling that covers the nave: “As to the ceiling, one can never see enough of it; it is wonderful to look at and to hear about. It is decorated with delicate carvings, variously formed like little coffers; all flashing with gold, it imitates the heavens when, through the clear air, the host of stars shines everywhere” [Johns 2005, p. 13].

Mosaic coverings are a common feature in the Norman churches of Palermo, Monreale and Cefalù. What distinguishes the Palatine Chapel and makes it a unique example in the Mediterranean context is the presence of a wooden *muqarnas* ceiling –carvings in the form of baskets– in a Christian church. *Muqarnas* vaults are indeed one of the identifying characters of Islamic architecture, that the Norman kings used in Sicily in their palaces and inside the royal palace itself, but never in the churches that they commissioned.

A further peculiarity, echoed in the *èkphrasis*, is the construction material of the *muqarnas* ceiling: wood, evoked by the term ‘carvings’. The *muqarnas*, small elements with a niche-like structure, arranged in progressively projecting horizontal rows, are in fact usually made of plaster, casted in moulds, or of stone, with the subtraction of material from parallelepiped blocks. The *muqarnas* of the Palatine Chapel, on the other hand, are not made from carved wooden blocks (fig. 1) [Badalamenti, Carbone 2007], but are generated by a complex wooden structure ruled by a strict geometric pattern [Agnello 2010, p. 324]. A further peculiarity of the ceiling is the presence of paintings that cover thoroughly its intrados



Fig. 1. The extrados of the ceiling (photo taken by the authors).

surface. The paintings depict subjects mainly inspired by Near Eastern culture (hunting scenes, musicians, players, fight scenes, etc.) and, to a lesser extent, symbols and figures related to Christian culture.

The distance from the floor, ranging from 11.30 and 12.60 m, and the small size of the painted panels whose sides are always shorter than 1 m, both prevent visitors from perceiving the painted scenes and subjects. The ceiling consists of two parts: a border area,

Fig. 2. Plan of the Palatine Chapel and orthogonal view of the ceiling's model; detailed view of the ceiling's model; surveying sessions from the restoration platform (photo and drawings by the authors).



with a vertical orientation, consisting of projecting rows of *muqarnas*; a central area, with a predominantly horizontal orientation, characterised by the presence of 12 star-shaped octagons arranged in two longitudinal rows, as the middle image of figure 2 shows. In the border area two forms of aggregation of the *muqarnas* elements, that scholars usually name A and B modules, are alternately repeated. The ceiling consists of two parts: a vertical border band consisting of projecting rows of muqarnas; a central area, mainly horizontal, characterized by the presence of 12 star-shaped octagons arranged in two longitudinal rows, as shown in the central diagram in figure 2. In the border strip, two forms of muqarnas element aggregation can be distinguished, called modules A and B, which are

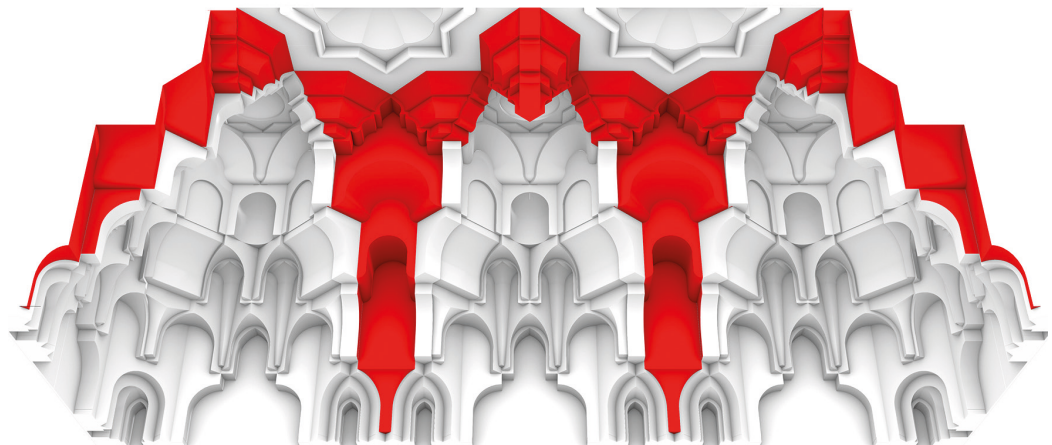


Fig. 3. View of the NURBS model of the ceiling; B modules are highlighted in red (3D model and image made by the authors).

repeated alternately. For the purposes of the experiment, a digital twin of the eastern span of the ceiling, above the entrance arch to the presbytery area, was produced by combining, according to established procedures widely documented in the literature [Inglese et al. 2022], the photogrammetric processing of images acquired from the scaffolding and a laser scan performed from the floor at the end of the restoration work.

Digital tools were used to generate a textured mesh model of the study area [1], which accurately represents the morphology of the surfaces and the pictorial decoration covering them (fig. 3). Two NURBS models were also created: the first describes the geometric structure of the two modules, while the second illustrates the structural construction of the ceiling. Additional detailed models were created to show the geometric genesis of the individual muqarnas elements generated by the intersection of simple volumes, as demonstrated in previous studies [Agnello 2010] and in the extensive reference literature [Palacios, Rana 2018; Tabbaa 1985]. The models were used to develop two different solutions: a video and an AR visualization tool.

New *èkphrasis*. Virtual scenarios for remote viewing

The making of the video has used one of the tools offered by digital technologies, namely the possibility of freely positioning a camera in a virtual scene. The pioneer experiment on the use of virtual scenarios for the communication of cultural heritage and, at the same time, the absolute reference for this kind of experiments, is Paul Debevec's video [Debevec et al. 2003] focused on the virtual recontextualization of the marbles of the Parthenon. In the initial part of the video dedicated to the ceiling of the Palatine Chapel, the text of Filagato da Cerami's *èkphrasis* appears on a black background; this scene is followed by an animation of a camera that moves from the western end of the nave, smoothly rises up and stops in front of the high-resolution textured 3D model of the eastern part of the ceiling, showing, in a single image, the richness of the pictorial ap-

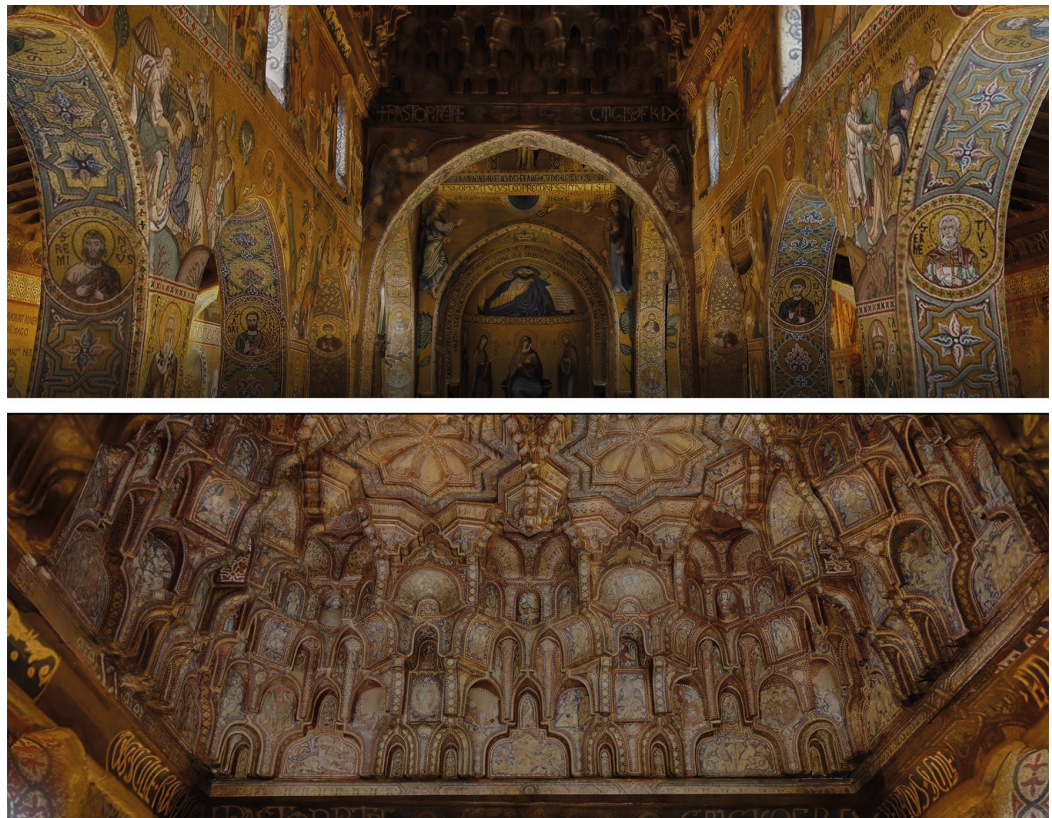
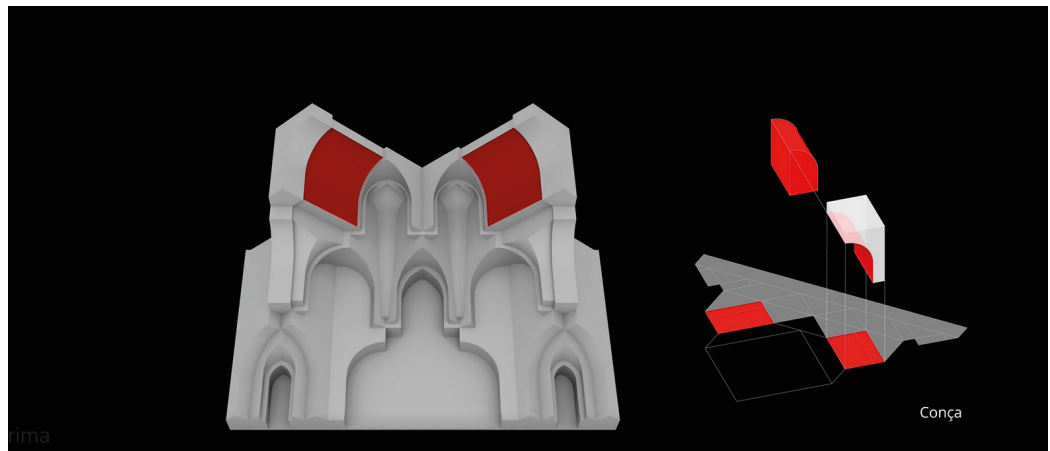


Fig. 4. Initial sequence of the video (video and images produced by the authors).

Fig. 5. Sequence of the video showing the geometric features of one *muqarnas* element (image by the authors).

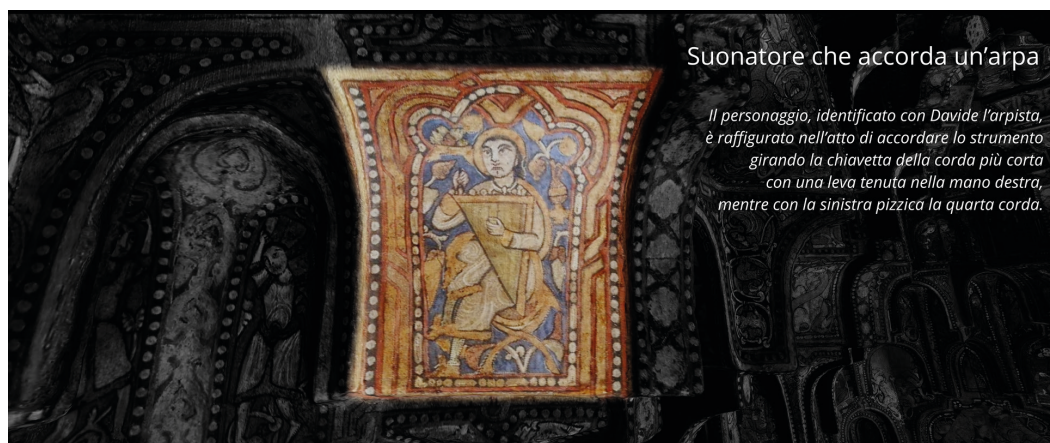


paratus (fig. 4). The image of the textured model of the ceiling then fades, and the NURBS model of the *muqarnas* elements appear, with its strongly abstract character, to illustrate the geometric pattern of *muqarnas*; this model does not take into account the deformations that, along the centuries, have slightly modified the morphology of the ceiling [Migliari 1999]; the following sequence displays, by addition, the *muqarnas* elements that make the module A through the combination of an overall perspective view and an orthogonal axonometry of the individual elements, linked to the projection of the module on the horizontal (fig. 5). In the following sequence, the camera orbits counterclockwise around the module A to show, on the extrados, the wooden elements that make up its

Fig. 6. Sequence of the video showing the extrados and the structural elements of the ceiling (image by the authors).



Fig. 7. Image from the sequence dedicated to the subjects displayed in some chosen paintings (image by the authors).



structure; load-bearing panels, three cm thick, rendered with a dark shade texture, and closing surfaces, made of thin laths, with a lighter shade. The A module duplicates itself to complete the *muqarnas* wall of the east side of the ceiling; the gaps between two consecutive A modules are filled through the insertion of two B modules. The camera then continues its counterclockwise rotation, sliding along the extrados to stop again in the position that frames, in a single image, the intrados with the paintings (fig. 6).



Fig. 8. Orthogonal bottom projection of the textured model of the eastern end of the ceiling showing the subdivision in 'sections' (image by the authors).

The final sequence of the video is dedicated to the description, in their spatial location, of six painted scenes in the north-east corner; when the camera approaches one painting, the figure is highlighted because a mask is applied to reduces the saturation and brightness shade of the remaining part of the scene; on the dark background thus created, a descriptive note appears in white (fig. 7).

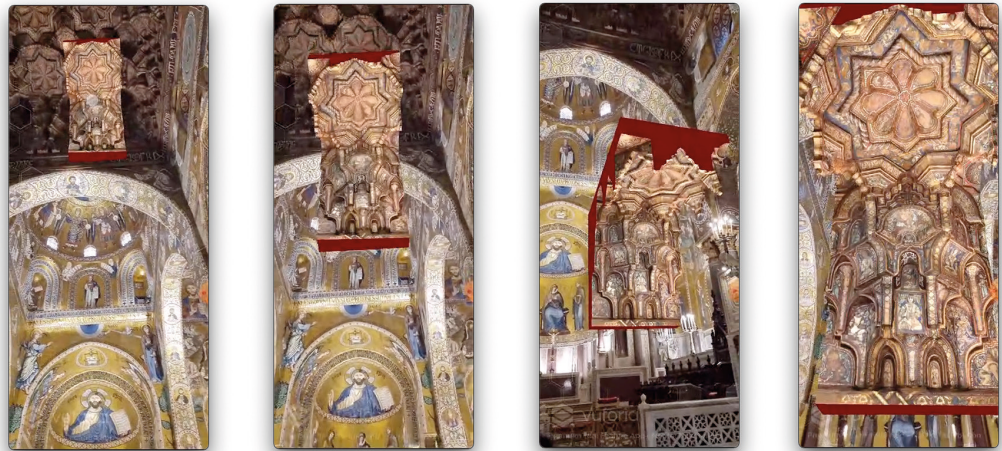
New *èkphrasis*.AR solutions for on-site visualization

The second experiment, currently under development, uses the latest augmented reality solutions to facilitate, inside the Chapel, the visualization of selected sections of the ceiling with the use of digital twins.

The development of this application started with a preliminary analysis of the interaction between the visitors and the digital twins. From the very beginning, it aroused that the morphological and geometric complexity of the ceiling required the division of the digital twin of the eastern end of the ceiling into 'sections', not corresponding to A or B modules, but capable of embracing the entire structure of the ceiling, including the central part with the octagonal stars. These considerations led to subdivide the model of the eastern part of the ceiling into six, partially overlapping, sections of the digital twin, designed to thoroughly represent the geometry of the ceiling (fig. 8) [2].

The AR application was designed to allow users to take a closer look at the ceiling by the movement of the sections, that come down from their location and get closer to the smartphone, one at a time. All the user has to do is frame the ceiling with the smartphone camera and tap on the screen, to make the corresponding section appear. A further touch will trigger an animation in which the model 'descends' from its original position to the height of the user, and approaches the smartphone by moving horizontally, without changing its orientation (fig. 9). The model thus remains motionless and suspended in the

Fig. 9. Images taken during the on-site test of the AR app (image by the authors).



air, allowing the user to observe the paintings from a close distance and to move in front of it, framing with the smartphone the different parts and those details that cannot be seen from the floor of the nave.

The limited area reserved to visitors inside the nave of the Chapel makes it impossible to get a full-round exploration of the model, thus excluding the fruition of the constructive features of the section. To overcome this limitation, an additional feature, which allows the rotation of the model around its vertical axis by means of swipe gestures, was added to the application. Once the rotation has been executed, the model remains stationary and the user can continue the exploration by moving around with the smartphone (fig. 10).

The development of the application had to preliminarily address and solve the problem of referencing models within a complex AR environment such as the nave of the Palatine

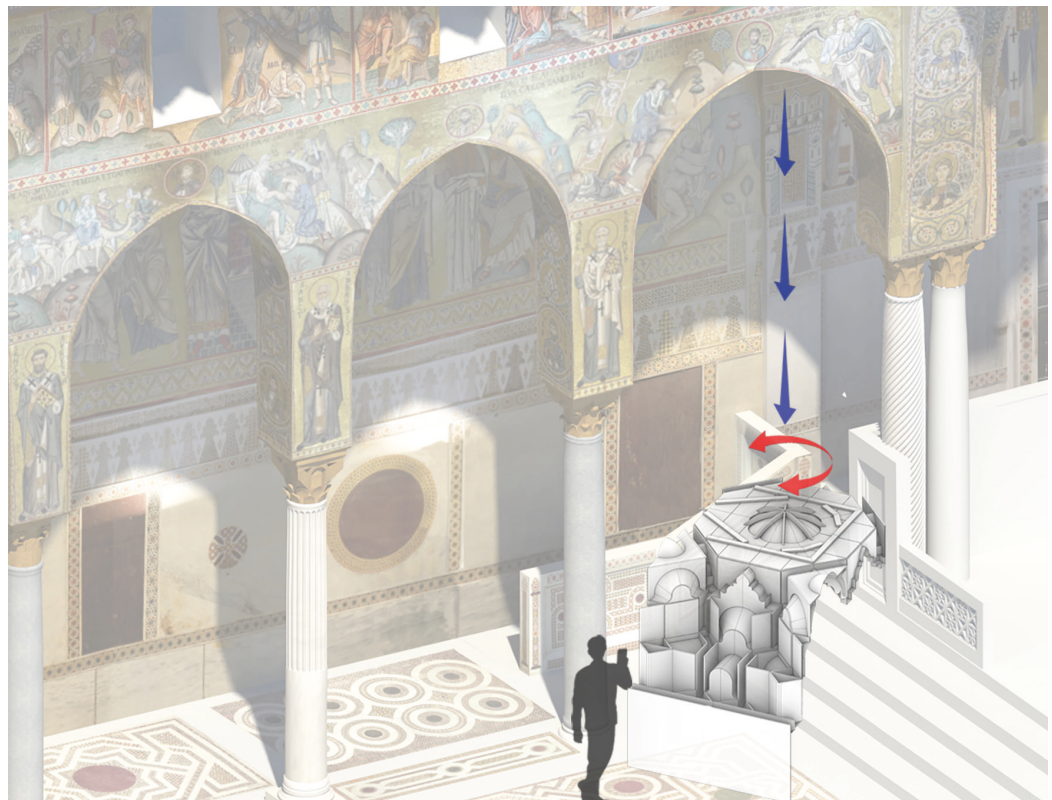


Fig. 10. Simulation of the tools of the AR app that manages the rotation of the model around a vertical axe to display the structure from the extrados (graphic elaboration by M. Cannella).



Fig. 11. Horizontal and frontal orthophotos of the eastern portion of the ceiling (image by D. Carbone and M. A. Badalamenti)

Chapel [Torresani et al. 2021, p. 763]. For this purpose, two different solutions were tested, both based on VPS (Visual Positioning System) techniques [3], which enable the estimation of the position and orientation of a mobile device in a known environment [Manila et al. 2024, p. 3; Turner 2022, p. 6].

The first test was carried out using PTC's Vuforia AR development platform, which is based on the use of spatial information of a real scene by means of the Area Target tool: the desktop application Area Target Generator allows the generation of a target area from a point cloud in .e57 format, processed with SfM photogrammetric tools. The target area is a database that contains the information that allow to reference the smartphone's in the real scene; the target area database can be imported as a package by the *Unity Engine* application [Cannella 2022, p. 132]. Within the Unity scene, the target area is visualised in the form of a point cloud, and allows to reference the models that will be displayed by the AR application.

Finally, the customized scripts designed for the management of animation and interaction behaviours have been linked to the models. The application developed for the ceiling of the Palatine Chapel was compiled to ensure compatibility with both *Android* and *iOS* devices. On-site tests have shown that the matching between the information stored in the target area database, and the scene captured by the device, is performed almost instantaneously, showing the digital twins exactly matching the correspondent sections of the ceiling. The continuous tracking of the device position is ensured by the tracking tools provided by ARCore framework for *Android* devices and ARKit for *iOS* devices. A further experiment has focused on the Visual Positioning System developed by

Niantic, a software house known for the *Pokémon GO* application, one of the first games based on augmented reality techniques. Niantic's VPS system, called *Lightship*, is based on the use of public or private databases. Thanks to a dedicated web portal (*Geospatial Browser*), each user can create a 3D map of a specific site; this map is generated with a dedicated mobile app named *Scanniverse*, which performs environments' mapping with Structure from Motion and Gaussian Splats techniques.

Several users can implement the map of the same site, filming the scene with their device at different times and under different lighting conditions, which may change depending on the hour of the day, on the weather and on the presence of artificial lighting. The datasets thus generated ensure a robust and stable determination of the user's position and orientation, regardless of the specific lighting conditions.

The data stored in the Geospatial Browser can be downloaded and used by developers within the Unity Engine application, thanks to a specific toolkit developed for this purpose. As it happened in the experiment discussed above, the 3D model of the real scene is then displayed within the application and it allows to reference the digital twins to be displayed in the AR application. Both tested solutions referenced the user's position in the Palatine Chapel with a high degree of accuracy, ensuring the accurate retrieval of the digital twins. Tests focusing on the comparison of matching speed and resolution of the tested systems have shown the robustness of both solutions.

Conclusions

The contribution takes inspiration from a 12th century *ékphrasis* to propose new forms of narration and description of a complex artefact that is almost invisible due to its spatial location: the wooden *muqarnas* ceiling that covers the central nave of the Palatine Chapel in the Royal Palace of Palermo. This narrative was developed through two distinct digital products: a video and an AR application designed for on-site use. The AR application requires further experimentation that takes into account the visitors' evaluation of the interaction methods and that can offer informative content on the symbolic references of the paintings. Further experimentation could finally be directed towards the construction of digital hypertexts that can be consulted remotely and facilitate the understanding of the recurrence and location of pictorial subjects within the ceiling.

Credits

The contents and general layout of this contribution as well as the paragraph *The muqarnas ceiling in the Palatine Chapel of Palermo* and the paragraph *Conclusions* were jointly edited by the two authors. Fabrizio Agnello edited the paragraph *New ékphrasis. Virtual scenarios for remote fruition*, while Mirco Cannella edited the paragraph *New ékphrasis. AR solutions for in situ fruition*.

Notes

[1] The survey of the eastern portion of the ceiling, used in this contribution, was performed in different steps, with both photogrammetric and laser scanning methods. The authors wish to express their gratitude to Maria Antonietta Badalamenti and Domenico Carbone, who cared the initial surveying session of the ceiling as part of the their degree project, for having allowed the use of the recorded data.

[2] The subdivision of the ceiling is organized in such a way that each section includes a module (A or B) and the two halves of the adjacent modules. The overlap between the sections allows a full understanding of the peculiarities of the two modules. It also allows a complete understanding of all the pictorial representations that in some sections are divided in two but appear undivided in the adjacent section.

[3] Due to its complex geometric structure and the equally difficult environmental conditions characterised by poor lighting and the constant presence of a significant number of visitors, the ceiling of the Palatina offered an excellent opportunity for a comparison between two of the most advanced AR solutions.

Reference List

- Agnello, F. (2010). Rilievo e rappresentazione del soffitto della navata centrale della Cappella Palatina. In B. Brenk (a cura di). *La Cappella Palatina di Palermo*, pp. 295-352. Modena: Franco Cosimo Panini.
- Badalamenti, M. A., Carbone, D. G. (2007). *Metodi laser scanning per il rilievo dei beni culturali: il soffitto della Cappella Palatina di Palermo*, tesi di laurea in Architettura, relatore F. Agnello, Università di Palermo.
- Cannella, M. (2022). AR methods for the visualization of the lost marble 'tribuna' in the main apse of the cathedral of Palermo. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 46(2/W1-2022), pp. 129-134. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-2-W1-2022-129-2022>.
- Debevec, P., Emerson, B., Hawkins, T., Jones, A., Martinez, P., Stumpfel, J., Tchou, C., Yun, N. (2003). *Digital Reunification of the Parthenon and its Sculptures*. In D. Arnold, A. Chalmers, F. Niccolucci (Eds.). *4th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage*. Brighton, January 2003. <https://doi.org/10.2312/VAST/VAST03/041-050>.
- Inglese, C., Bami, R., Griffo, M., Gianandrea, M., Romano Gosetti di Sturmegg, S., Villa, G. (2022). La basilica inferiore di San Crisogono: lettura morfometrica di un'architettura stratificata. In C. Battini, E. Bistagnino (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare*. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione, Genova, 15-17 settembre, pp. 720-735. Milano: FrancoAngeli.
- Lavagnini, B. (1990). Profilo di Filagato da Cerami con traduzione della omelia XXVII, pronunciata dal pulpito della Cappella Palatina in Palermo. In *Bollettino della Badia Greca di Grottaferrata*, n.s. 44, pp. 231-244.
- Manila, A., Negi, S., Nowakowski, C., Reilhac, P. (2024). Unlocking immersive driving experiences with automotive sensor-powered extended reality (XR). *IET Conference Proceedings*. 26th Irish Machine Vision and Image Processing Conference, vol. 2024, n. 10, pp. 15-22. <https://doi.org/10.1049/icp.2024.3271>.
- Migliari, R. (1999). *Principi teorici e prime acquisizioni nel rilievo del Colosseo*. In *Disegnare. Idee, immagini*, nn. 18-19, p. 33.
- Palacios Gonzalo, J. C., Rana, M. A. (2018). Muqarnas Domes and Cornices in the Maghreb and Andalusia. In *Nexus Network Journal, Architecture and Mathematics*, vol. 20, pp. 95-123. <https://doi.org/10.1007/s00004-017-0367-3>.
- Tabbaa, Y. (1985). The Muqarnas Dome: Its Origin and Meaning. In *Muqarnas*, vol. 3, pp. 61-74. <https://doi.org/10.2307/1523084>.
- Torresani, A., Rigon, S., Farella, E. M., Menna, F., Remondino, F. (2021). Unveiling large-scale historical contents with v-slam and markerless mobile ar solutions. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 46 (M-1-2021), pp. 761-768. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-M-1-2021-761-2021>.
- Turner, C. (2022). Augmented Reality, Augmented Epistemology, and the Real-World Web. In *Philosophy and Technology*, vol. 35, n. 19. <https://doi.org/10.1007/s13347-022-00496-5>.

Authors

Fabrizio Agnello, Università di Palermo, fabrizio.agnello@unipa.it
Mirco Cannella, Università di Palermo, mirco.cannella@unipa.it

To cite this chapter: Fabrizio Agnello, Mirco Cannella (2025). Old and New Èkphrasis: the Muqarnas Ceiling of the Palatine Chapel in Palermo. In L. Carlevaris et al. (Eds.). *Èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/Èkphrasis. Descriptions in the space of representation*. Proceedings of the 46th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 25-44. DOI: 10.3280/oa-1430-c759.