

## ARTICLE INFO

Received	17 September 2024
Revised	13 October 2024
Accepted	15 October 2024
Published	30 December 2024

## COMPLESSITÀ E SIGNIFICATI DEL MASHRABIYA NELLE ARTI ISLAMICHE TRA TRADIZIONE E INNOVAZIONE DIGITALE

## COMPLEXITY AND MEANINGS OF THE MASHRABIYA IN THE ISLAMIC ARTS BETWEEN TRADITION AND DIGITAL INNOVATION

Federica Dal Falco, Omaymah Al Azhari

### ABSTRACT

In relazione al tema della complessità e al suo significato etimologico in termini di intreccio di elementi costituenti un'unità caratterizzata da variabilità, il contributo propone un focus sul Patrimonio culturale dell'arte islamica considerando le connessioni, le interazioni ambientali e socio-culturali e le intersezioni tra artigianato e design del Mashrabiya. Costituito da un volume aggettante sul fronte stradale, rivestito di raffinati pattern modulari generalmente in legno, il diaframma funziona come un dispositivo climatico e per la privacy, rispondendo ad alcuni principi tradizionali del mondo arabo, soprattutto legati alla condizione femminile. Lo studio indaga sul ruolo simbolico e culturale del Mashrabiya, analizzando calcoli e geometrie che sottendono il disegno dei pattern e proponendo la loro sistematizzazione in archivi open-source. In equilibrio tra tradizione e innovazione, al fine di preservare e trasmettere il valore del Mashrabiya per evoluzioni future, il contributo s'interroga sull'integrazione tra tecniche artigianali e design parametrico attraverso la collaborazione di diverse competenze.

In relation to the theme of complexity and its etymological meaning in terms of an intertwining of elements that constitute a unit characterised by variability, the contribution focuses on the cultural heritage of Islamic art by considering the connections, environmental and socio-cultural interactions, and the intersections between craftsmanship and design of the Mashrabiya. Consisting of a projecting volume on the street front, covered with refined modular patterns typically in wood, the screen functions as a climatic and privacy device, adhering to some traditional principles of the Arab world, especially those related to the condition of women. The study investigates the symbolic and cultural role of the Mashrabiya, analysing the calculations and geometries underlying the design of the patterns and proposing their systematisation in open-source archives. Striking a balance between tradition and innovation, to preserve and transmit the value of the Mashrabiya for future developments, the contribution explores the integration between artisanal techniques and parametric design through the collaboration of different expertise.

### KEYWORDS

patrimonio culturale, mashrabiya, complessità, artigianato, design parametrico

cultural heritage, mashrabiya, complexity, craftsmanship, parametric design

**Federica Dal Falco**, Architect and PhD, is an Associate Professor of Design at the Department of Planning, Design, and Architecture Technology, 'Sapienza' University of Rome (Italy) and the Director of the Master in Exhibit Design 'Cecilia Cecchini'. Her research focuses on the History of 20th Century Design and Architecture, the Communication of Cultural Heritage, and Design for Public Spaces. She is a Guest Investigator at CIEBA (Portugal). She has received awards for Excellence in Design in Lazio Adi for two monographs and a documentary, with eligibility for the Compasso d'Oro prize. Mob. +39 331/31.08.700 | E-mail: federica.dalfalco@uniroma1.it

**Omaymah Al Azhari**, PhD Candidate at the 'Sapienza' University of Rome (Italy), researches on the conservation and enhancement of cultural heritage in the MENA region, focusing on craftsmanship and artisanal techniques between architecture and design. Mob. +39 338/17.44.444 | E-mail: omaymah.alazhari@uniroma1.it



Il contributo affronta il tema della complessità in relazione al suo significato etimologico in termini di caratteristica qualitativa di un sistema strutturato da parti interagenti, più precisamente da un intreccio di elementi costituenti un'unità caratterizzata da variabilità e casualità, con riferimento ad alcune definizioni e riflessioni teoriche (Bateson, 1984; Kalton and Mobus, 2014; Morin, 2018).

Le questioni interrelate di ordine generale sono indagate a partire dallo studio del design del Mashrabiya, radicato nell'architettura del MENA (Middle East and North Africa; Ashour, 2018) e generalmente costituito da un volume aggettante, con una struttura a mensola e un diaframma di elementi in legno. Questo dispositivo climatico, modello di un linguaggio figurativo e costruttivo con forme ornamentali che comprendono elementi calligrafici, floreali e geometrici, è ben identificabile nell'ambito delle arti islamiche (Wichmann and Wade, 2021). L'approccio metodologico che sottende la ricerca propone, coerentemente alle definizioni di riferimento, l'analisi di un tema complesso a partire da un oggetto concreto stratificato nel tempo, con un'inversione dal micro al macro, individuando come tale manufatto incorpori contenuti interrelati e partecipi di una più ampia visione sistemica.

Questo tessuto materiale e immateriale di straordinaria complicazione implica innumerevoli questioni che possono essere indagate da diverse angolazioni. Tra i temi emersi dagli studi effettuati, sono considerati: il contesto antropocentrico e la necessità di recuperare soluzioni costruttive tradizionali sostenibili tra design e architettura per la transizione energetica e la tutela e la valorizzazione del patrimonio culturale; l'importanza degli aspetti storico-identitari, socio-culturali e antropologici legati a luoghi e territori che costituiscono narrazioni connesse agli artefatti materiali secondo un approccio post-colonialista aperto a un dialogo multiculturale; il ruolo delle immagini nella trasmissione della cultura materiale e dell'arte tra Oriente e Occidente; la conoscenza e valorizzazione dei saperi artigianali operata attraverso la digitalizzazione archivistica e il design parametrico.

Nell'era dell'Antropocene, caratterizzata dagli attuali cambiamenti climatici con eventi meteorologici estremi (Crutzen and Stoermer, 2000; Crutzen, 2002; Latour, 2018), i fattori ambientali e le relative soluzioni sostenibili, dovrebbero essere studiati a scala bio-regionale, considerando contesti specifici, culture e identità, relazioni sociali e questioni antropologiche. Tale approccio è correlato a fatti concreti e problemi reali e costruisce relazioni tra la natura e l'artificiale a partire dalle dinamiche complesse dell'ordine esterno: il clima, la posizione geografica, le risorse naturali disponibili e le pratiche culturali e rituali.

La sostenibilità non può quindi essere definita in modo univoco, ma in quanto dispositivo multipolare e sfaccettato che opera considerando valori storico-estetici, tradizioni locali e stratificazioni che hanno definito il carattere dei siti (Saleh and Saied, 2017), assimilando quella sapienza costruttiva che nel passato operava avvalendosi delle risorse più prossime e rispondendo alla complessità delle esigenze ambientali locali (Casanovas, Campanero and Campisi, 2024). La conoscenza e la comprensione di specifiche tradizioni aprono all'innovazione e alla sperimentazione progettuale alle diverse scale, attraverso il coinvolgimento delle comunità (Harris and Moore, 2015; Balducci and Camilli, 2022).

Per comprendere alcuni tra gli aspetti che caratterizzano la natura complessa del Mashrabiya rispetto ai temi evidenziati è opportuno tratteggiare un quadro di riferimento nel quale si colloca lo sviluppo di tale manufatto nell'ambito delle arti islamiche, la cui conoscenza in Europa è legata al colonialismo, ai viaggi, all'arte e al collezionismo.

Con l'espansione dell'Occidente nel mondo islamico, che si svilupperà dal XVIII secolo, le culture cosiddette orientali assumono maggior valore e interesse, superando il fenomeno dell'esotismo, legato alla percezione della distanza e al riconoscimento dell'originalità di testimonianze riportate dai viaggi in un altrove (Affergan, 1991). Gli oggetti esotici, non più conservati nelle Wunderkammer, sono utilizzati ed esibiti, a volte trasformati in una dimensione di contaminazione culturale. L'adeguamento al nuovo gusto ha determinato una trasposizione dai classici riferimenti greci e latini a un'arte diversa e misteriosa estesa su un'area sterminata, dalla Spagna all'India, che nel termine 'islamico' incorpora molteplici significati culturali, storici, politici, sociali, religiosi.

È solo in seguito a studi e pubblicazioni sull'architettura e su sistemi di oggetti (Saladin, 1907) e all'Exposition des Arts Musulman del 1893 tenuta al Palais de l'Industrie aux Champs Élysées di Parigi e curata da Georges Mayre (Commissario generale e membro della Mission en Afrique du Nord) che le manifestazioni artistiche fino allora classificate come arabe o orientali, assumono la definizione di arti islamiche, comprendendo tutti i monumenti dei Paesi sottomessi alla legge dell'Islam in Oriente o Occidente ed entrando a far parte del linguaggio scientifico (Peltre, 2006). La Mostra fu realizzata con i prestiti di più di ottanta collezionisti, rari pezzi acquistati durante viaggi e spedizioni, per un totale di circa 2.883 oggetti di diverse tipologie (pietre e marmi, maioliche, porcellane, vetri, strumenti musicali, armi, gioielli, stoffe, tappeti e costumi).

Lo scopo dell'evento andava oltre l'esposizione e la classificazione di opere sparse tra Musei e collezioni private: far conoscere l'arte islamica nel suo complesso significava indirizzare le industrie delle città francesi e dei Paesi musulmani assoggettati a realizzare nuovi prodotti per rafforzare l'economia e la cultura colonialista francese<sup>1</sup> (Mayre, 1893). Il collezionismo esercitò quindi una forte influenza sullo sviluppo del dialogo visuale tra Occidente e Oriente, diventando un fondamentale strumento d'indagine sociale e delle comunità in grado di registrare nei secoli i cambiamenti del gusto, delle relazioni, della circolazione e degli scambi culturali (Pomian, 1989).

Fermo restando il comune pensiero di una civiltà, per le innumerevoli varianti delle arti musulmane nei diversi territori, è stato recentemente sostenuto che sia più adeguato definire tali oggetti con un approccio antropologico, in cui gli aspetti storici e culturali sono strettamente connessi a specifiche estetiche, dal momento che oggetto e contesto si informano reciprocamente. I manufatti islamici sono quindi portatori di molteplici indizi inerenti alle relazioni sociali succedutesi nelle diverse epoche e alla rete di connessioni costituita dai passaggi di proprietà (Weber, 2013); le modalità del loro utilizzo, gli aspetti antropologici e di costume di cui sono parte integrante, ne costituiscono le biografie, anche considerando cambiamenti funzionali e di significati con attribuzione di nuove e diverse identità (Mattozzi et alii, 2009; McGregor, 2015).

Gli artefatti islamici, di cui il Mashrabiya fa parte a pieno titolo, sono quindi testimonianze di una civiltà variegata ed estremamente estesa, le cui generali caratteristiche decorative includono innumerevoli fenomeni singoli, che rispecchiano quotidianità passate e presenti in numerosi ambiti, con innesti di principi condivisi in contesti peculiari e distanti (Grabar, 1973). Il loro valore estetico basato sull'intreccio risulta legato a una più ampia e complessa narrazione costituita da tradizioni, miti, riti, gesti quotidiani, simboli e metafore difficilmente decrittabili da culture altre, anche per le iscrizioni calligrafiche che contraddistinguono rivestimenti parietali e oggetti, i cui testi sono spie dei periodi e luoghi della loro fattura.

In particolare, nel design dei pattern costituenti le unità modulari dei Mashrabiya presenti in Arabia Saudita e oggetto di questo studio, le influenze reciproche tra le diverse aree geografiche sono dovute soprattutto ai pellegrinaggi dall'Egitto a La Mecca durante il periodo Mamelucco e, più in generale, ai viaggi legati alle rotte commerciali (Behrens-Abouseif, 2011). Tra i pellegrini e i commercianti erano presenti artigiani che univano i doveri religiosi alla trasmissione delle competenze, incontrandosi con altri esperti nelle regioni visitate. Questi viaggi hanno costituito una vera e propria piattaforma di scambio di idee, conoscenze tecniche, abilità e innovazioni per un ampio spettro di mestieri.<sup>2</sup>

Il tema del viaggio si intreccia all'analisi della trasmissione dei saperi artigianali in ambito decorativo che, fin dal XIX secolo, è stata collegata al significato del design in termini di evoluzione, con studi che hanno indagato i cambiamenti morfologici di manufatti di utilità pratica attraverso analogie biologiche, come quella darwiniana. Tale approccio stabilisce che le mutazioni si verificano con processi molto gradualmente, i cui stadi sono legati a copie successive (Steadman, 1988), come l'analisi prospettata nella catena di esempi riunita da Henry Balfour (1893) che individua le origini di alcune forme decorative attraverso la ricerca delle copie.

Tra l'inizio e la fine della serie possono rilevarsi differenze tra gli esemplari talmente notevoli, da non riuscire a individuare una connessione 'genetica' se non conoscendo gli anelli intermedi (Steadman, 1988). Ciò che accade nella riproduzione di un motivo è che casuali dettagli di design possono essere scelti e ampliati, mentre altri non essere considerati. Lo stesso Balfour (1893) deduce che l'artigiano interprete, ovvero compie variazioni volontarie dei motivi, prospettando così una divergenza dall'analogia con le teorie di Charles Darwin (1859), dal momento che nell'evoluzione organica le mutazioni sono casuali e solo quelle che risultano fortuitamente vantaggiose nel processo selettivo possono essere trasmesse ed ereditate (Steadman, 1988).

Questo tema è centrale nello studio del Mashrabiya, del quale si considerano da un lato la trasmissione di generazione in generazione di antiche conoscenze artigianali e l'evoluzione dei tipi (Partarakis and Zabolis, 2023), dall'altro l'innovazione dei motivi e la loro realizzazione tramite processi produttivi digitali, con un mix di industrializzazione e artigianalità.

In tal senso le immagini pervenute che ritraggono i Mashrabiya, tra quadri e riproduzioni fotografiche, sono considerate fonti di ricerca, in quanto costituiscono testimonianze oculari del passato (Burke, 2017). Sull'onda dell'orientalismo, le esplorazioni degli artisti europei nel mondo islamico, soprattutto francesi, furono effettuate a seguito di missioni





Fig. 1 | 'Arnaute fumant devant un Moucharabieh' (1865), painted by Jean-Léon Gérôme (source: mediene.over-blog.com, 2014).

diplomatiche. Gli orientalisti documentarono nelle loro opere forme e colori, ambienti esterni e interni, oggetti e costumi della tradizione islamica, in particolare dell'Egitto e della cultura maghrebina, aprendo la strada all'approccio etnografico e descrittivo che si affermerà nella seconda metà dell'Ottocento con l'influenza del realismo e della fotografia e la conseguente evoluzione della percezione dell'arte islamica in Occidente (Peltre, 2006).

Dai cametti di viaggio di Eugène Delacroix<sup>3</sup> alle opere di Jean-Léon Gérôme<sup>4</sup> (Fig. 1), ai quadri di John Varley II (Fig. 2), alle riproduzioni fotografiche di Henri Bécharde<sup>5</sup> o di fotografi anonimi, alle impressioni di giornalisti come Gabriel Charmes che soggiornò in Egitto tra il 1879 e il 1880 (Peltre, 2006), il Mashrabiya filtra e frammenta la luce negli ambienti interni e caratterizza con le facciate il rapporto con

la scena urbana. Nelle immagini selezionate è possibile individuare la presenza di alcuni archetipi tramandati nel tempo dalla sapienza artigiana, che sono oggetto di studio delle ricerche desk e sul campo effettuate, come il modello in legno 'Maymouni', riprodotto nell'immagine di Bécharde quale tipico diaframma di facciata (Fig. 3) e nella parte superiore della fotografia di un Mashrabiya a Il Cairo, dove si comprende il suo utilizzo quale affaccio sulla strada (Fig. 4). L'archivio digitale che l'indagine propone di sistematizzare include anche tali immagini, nella convinzione che costituiscano un riferimento per comprendere il design dei pattern, i materiali e le tecniche utilizzati nei Mashrabiya esistenti in determinati periodi e luoghi.

Considerando le tematiche esposte, il contributo s'incentra in particolare sull'analisi morfologica,

geometrica e costruttiva dei Mashrabiya, in quanto diaframma composto da una ripetizione di unità modulari modificabili e del suo significato nella cultura islamica, tra tradizione e innovazione.

Come è noto, uno dei caratteri peculiari delle arti islamiche è la struttura continua e seriale, basata sulla reiterazione di pattern, le cui varianti potenzialmente infinite presentano motivi ornamentali, calligrafici e vegetali, espressione di principi religiosi, filosofici e teoretici. Questo linguaggio aniconico è costruito secondo una logica grafica con strutture rigorose controllate da leggi geometriche. Il disegno del Mashrabiya è sotteso da calcoli matematici (Paccard, 1980a) che regolano la sua funzione climatica e, come ogni pattern, presenta analogie con il tessuto, tra ripetizioni e variazioni realizzate con materiali diversi, dal gesso, al legno, alla ceramica, rendendo complessa l'analisi dei singoli elementi (linee, segni, forme) a favore della percezione dell'insieme.

Il Mashrabiya è espressione di una visione morfologica, di un utilizzo di concetti astratti alternativi alla figuratività, con riferimento alle tesi di Alois Riegl (2008), dove la storia dell'ornamento è legata alla percezione, in particolare alla tattilità che opera a livello mentale integrando la tridimensionalità nelle superfici, esperite visivamente soprattutto in quanto piani. D'altro canto il rapporto tra ornamento-rivestimento e struttura dell'organismo architettonico è il fondamento della teoria di Gottfried Semper (1992), in cui gli aspetti etnologici e storico-culturali integrano quelli materici, tecnologici e antropologici e l'origine dell'architettura è liminare a quella della tessitura, identificata nell'alternanza della trama e dell'ordito ad essa peculiare.

Questa variabilità intrinseca, originata dall'analogia tra ornamento e tessuto, è il fondamento delle leggi geometriche e matematiche che regolano la concezione e realizzazione del Mashrabiya, che può mutare a seconda di specifiche esigenze ambientali e sociali, con un'ampia gamma di disegni, trame più o meno fitte a seconda dell'esposizione solare, della destinazione degli interni a donne o uomini, dell'importanza degli edifici. La legittimazione artistica del pattern, oltre il suo significato di ripetizione meccanica di un motivo ornamentale, è stata avanzata da Amy Goldin (1975), individuando nelle possibilità di variazione di un modulo il centro di un sistema generativo dalle infinite potenzialità inespresse. Nello stesso anno Ernst Gombrich (1979) pubblica *The Sense of Order*, in cui sistematizza una psicologia dell'arte decorativa con ricadute sulla rivalutazione di tale cultura, da sempre legata a esigenze di ordine proprie della percezione visiva.

Nei paragrafi seguenti sono approfonditi gli aspetti morfologici e costruttivi di tali manufatti, considerando le questioni legate alla trasmissione delle culture artigianali decorative in una prospettiva in equilibrio tra tradizione e innovazione, che da un lato contempla la creazione di archivi digitali dedicati, dall'altro le opportunità innovative di riproporre e variare i pattern utilizzando il design parametrico. L'analisi individua i caratteri fondamentali del Mashrabiya nella regione del MENA, in particolare in Arabia Saudita, con studi sulle principali formule matematiche di costruzione del classico pattern 'Maymouni', argomentando l'importanza della creazione di archivi digitali per la valorizzazione dei pattern. Vengono presi in esame quattro casi studio contemporanei tra architettura e design nei quali i motivi tradizionali sono interpretati con nuovi registri figurativi, mentre nelle conclusioni si considera la





Fig. 2 | 'Street in Boulaq near Cairo' (1881), painted by John Varley II (source: wikiart).

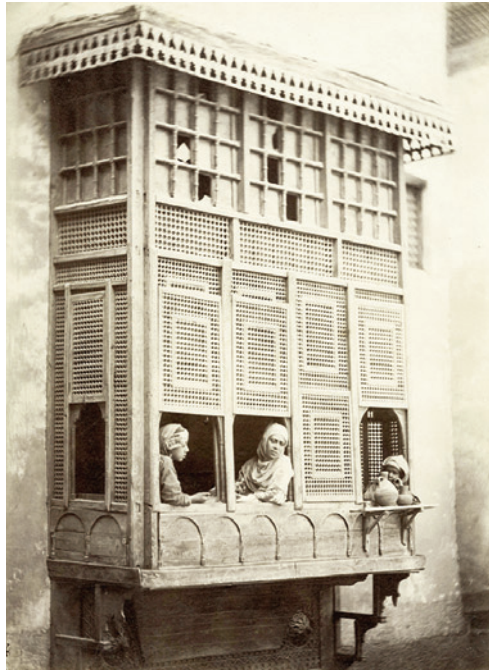


Fig. 3 | 'Mashrabiya in Cairo' (4th quarter of the 19th Century), attributed to Henri Bechard (credit: musée Nicéphore Niépce, Ville de Chalon-sur-Saône).

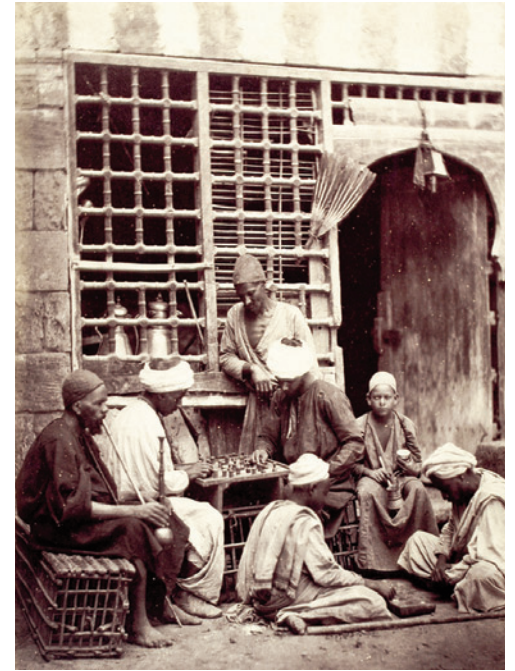


Fig. 4 | 'Egyptian café in Cairo' (1868), anonymous Author (credit: musée Nicéphore Niépce, Ville de Chalon-sur-Saône).

complessità e le potenzialità del rapporto tra artigianato e design parametrico, anche tratteggiando possibili linee di ricerca e approfondimenti.

### Mashrabiya: pattern di un dispositivo climatico tra geometria e matematica

Nel mondo arabo l'attenzione alle arti tradizionali è sensibilmente aumentata, analogamente all'interesse per la conservazione e valorizzazione degli artefatti artigianali considerati storici. Il Mashrabiya, singolare manufatto tra design e architettura, appartiene a tale categoria per i suoi pattern modulari, per i caratteri costruttivi che consentono di regolare l'isolamento termico, l'ombreggiamento e la ventilazione e per la garanzia della privacy femminile (Casanovas, Campanero and Campisi, 2024). L'elemento architettonico, assimilabile a un bow-window e scomponibile in elementi portanti e di compagno, è costituito dall'assemblaggio di moduli singoli che con le loro varianti compongono una struttura aggettante leggera, sorretta da un'impalcatura a mensola.

Generalmente in legno, la trama del rivestimento è una singolare sintesi di funzionalità, ricerca artistica e artigianale, controllo geometrico e matematico, che va oltre il mero valore decorativo (Ashour, 2018). L'analisi che segue si concentra sulla concezione e realizzazione del design dei moduli del Mashrabiya, basati su principi geometrici e calcoli matematici; la loro funzione ambientale e l'estetica, tra arabeschi e segni calligrafici, sono controllate con grande sapienza tecnica tramandata dagli artigiani, prima dell'utilizzo dei contemporanei strumenti del design (Paccard, 1980a).

Il volume del Mashrabiya, le cui dimensioni sono variabili<sup>6</sup> (Al-Murahhem, 2010), è generalmente costituito da tre parti principali (Fig. 5): la parte superiore denominata Taj (crown, top) leggermente aggettante, quella centrale Al Nafethah (window) con i diaframmi apribili e la parte inferiore, detta Al Qa'ida (base). Mashrabiya deriva etimologicamente dalla parola araba 'shourb', il cui significato è tra-

ducibile con il termine 'bere'. La funzione principale di questo manufatto, tradizionalmente costituito da elementi in legno tornito, è di facilitare la circolazione dell'aria e della luce, nonché di raffreddare l'acqua conservata in contenitori tramite la ventilazione (Paccard, 1980b).

In Arabia Saudita è denominato Roshan, locuzione probabilmente derivata dal persiano, assimilabile a ciò che è luminoso o chiaro (Al-Murahhem, 2010). Un'altra interpretazione del Mashrabiya deriva da Mashrafiya, la cui radice Alshurafa significa un luogo che consente di osservare da un livello più alto senza essere visti dalla quota stradale o dagli edifici posti sullo stesso fronte (Bagasi, Calautit and Karban, 2021). In tal senso la trama volumetrica che aggetta sul mondo esterno, nel celare l'intimità degli interni, rimarca il suo valore sociale rispetto alla privacy.

Come accennato, i moduli che compongono il Mashrabiya sono costituiti da modelli geometrici simmetrici e complessi, basati sull'equilibrio tra cultura visuale, frammentazione della luce ed efficienza di requisiti bioclimatici (Rian, Al Sebai and Abdalla, 2019), secondo una singolare sintesi tra valori estetici, funzionali, storici, culturali e antropologici, rappresentativa dell'architettura e delle arti decorative islamiche<sup>7</sup> (Fathy, 1986). Oltre alla tradizionale manifattura in elementi lignei, che consente la realizzazione di motivi intricati nel dettaglio più accurato garantendo la durata nel tempo, con analoghi risultati possono essere impiegati pietre e metalli (Fig. 6).

A partire dalla Bilia (Cube) il calcolo prevede che quest'ultima sia moltiplicata per la quantità prevista e poi sottratta dalla lunghezza totale Mukharraz (Block). Il valore risultante è poi diviso nei Farkh (Baluster) che vengono determinati sottraendo '1' dal numero totale di Bilia (Cubes; Fig. 7). Tale processo, denominato Taqseet (divisione), è stato descritto dall'artigiano egiziano Affi Ali nell'ambito di una recente intervista e prevede i seguenti passaggi: a) definizione delle dimensioni complessive degli schermi Mashrabiya; b) dimensionamento di una singola Bi-

lia in base alla profondità dello schermo; c) individuazione del numero di Bilia; d) calcolo dell'equazione per ottenere la lunghezza dei Farkh.

$$\frac{[\text{Lungh. totale} - \text{Dimen. Bilia (Quantità Bilia)}]}{(\text{Quantità Bilia} - 1)} = \text{Lungh. dei Farkh}$$

La stima matematica dei motivi Mashrabiya si basa su una griglia geometrica che consente di stabilire le proporzioni degli elementi in relazione al pattern complessivo, utilizzando poligoni e anche avvalendosi della sezione aurea; le griglie prevedono forme geometriche come quadrati, cerchi ed esagoni che vengono ripetuti, connessi e ulteriormente suddivisi sempre attraverso calcoli precisi (Fig. 8). In particolare in Arabia Saudita le principali tecniche di produzione sono costituite dalla tornitura del legno (Khiratah) o dal taglio degli elementi lignei (Manjour) e comportano diverse fasi. Durante il processo vengono impiegati specifici strumenti di disegno e misurazione come matite e compassi, di taglio e intaglio quali seghe, torni e scalpelli, di levigatura e di finitura come pennelli, rulli o pistole a spruzzo per applicare vernici, pitture o sigillanti protettivi (Fig. 9).

Come accennato, i motivi geometrici del Mashrabiya sono costituiti da poligoni interconnessi (quadrati, esagoni, ottagonali) che vengono ripetuti e ruotati per formare un disegno continuo; l'ulteriore suddivisione in triangoli o rombi crea pattern più complessi e intricati, con un effetto visivo complessivo ritmico e dinamico, dove ogni elemento è controllato in modo estremamente accurato e concorre in ogni suo più minuto dettaglio alla composizione dell'insieme (Al-Kodmany, 2016).

Recentemente nel mondo arabo è cresciuto l'interesse per la conservazione e lo studio dei pattern dei Mashrabiya. In tal senso, questo studio propone di realizzare un archivio digitale open source<sup>8</sup> che documenta alcune tipologie di Mashrabiya, con riferimento ai calcoli e alle geometrie che li sottendo-



no, con raccolte di pattern inseriti in architetture storiche, esposti nei Musei o appartenenti a collezioni private, con analisi dei principi geometrici digitalizzati tramite software di progettazione CAD. Si tratta di una preziosa risorsa per conoscere e comprendere la natura del Mashrabiya e per preservare e trasmettere questo singolare aspetto del Patrimonio culturale islamico alle generazioni future.

Inoltre gli archivi digitali offrono nuove possibilità di studio e interpretazione dei motivi decorativi storici, attraverso il confronto dei diversi disegni e l'identificazione delle varianti regionali e locali, con ricerche mirate a tracciare l'evoluzione dei pattern nel tempo in relazione alle aree geografiche. Tali informazioni, che sono fondamentali nell'ambito del restauro di edifici storici, al contempo possono costituire riferimenti per la realizzazione di nuovi progetti che integrano la geometria tradizionale con i registri figurativi contemporanei.

Sono da considerare i nuovi strumenti digitali e in particolare i software parametrici che, per le loro specificità, consentono di sperimentare un'ampia gamma di configurazioni geometriche, generando

nuovi modelli. L'integrazione dell'artigianato tradizionale con tali strumenti rappresenta un significativo campo di sviluppo nell'interpretazione contemporanea dei Mashrabiya, con soluzioni che possono combinare tecniche storiche e attuali, per rispondere con nuovi artefatti più efficienti a esigenze di illuminazione e di controllo della ventilazione naturale, preservando il significato culturale degli antichi manufatti (Ashour, 2018; Yang et alii, 2018). La ripetitività dei modelli consente di operare scomponendo gli elementi principali del diaframma in singoli pezzi, a loro volta costituiti da unità, e di digitalizzarli in script in modo da facilitare il design di varianti (Fig. 10).

La cultura del Mashrabiya, oltre a costituire un riferimento nelle pratiche di progettazione sostenibili attente alle condizioni climatiche locali e sensibili alla storia dei saperi costruttivi, si prospetta come trait d'union tra artigianato tradizionale e le più avanzate sperimentazioni digitali (Duan et alii, 2023), testimoniando come l'influenza del passato possa agire sul futuro del design e dell'architettura in una dimensione dinamica ed evolutiva (Rian, Al Sebai and

Abdalla, 2020). Questo antico esempio di sistema bioclimatico passivo, radicato nei territori e nel tessuto urbano di grandi e piccole città di un'estesissima area geografica, continua quindi a proiettare i suoi significati simbolici, estetici e funzionali sulla contemporaneità, offrendo lezioni di progettazione resiliente, preziose e ineludibili nell'attuale contesto di emergenza climatica (Saeli and Campisi, 2020; Casanovas, Campanero and Campisi, 2024).

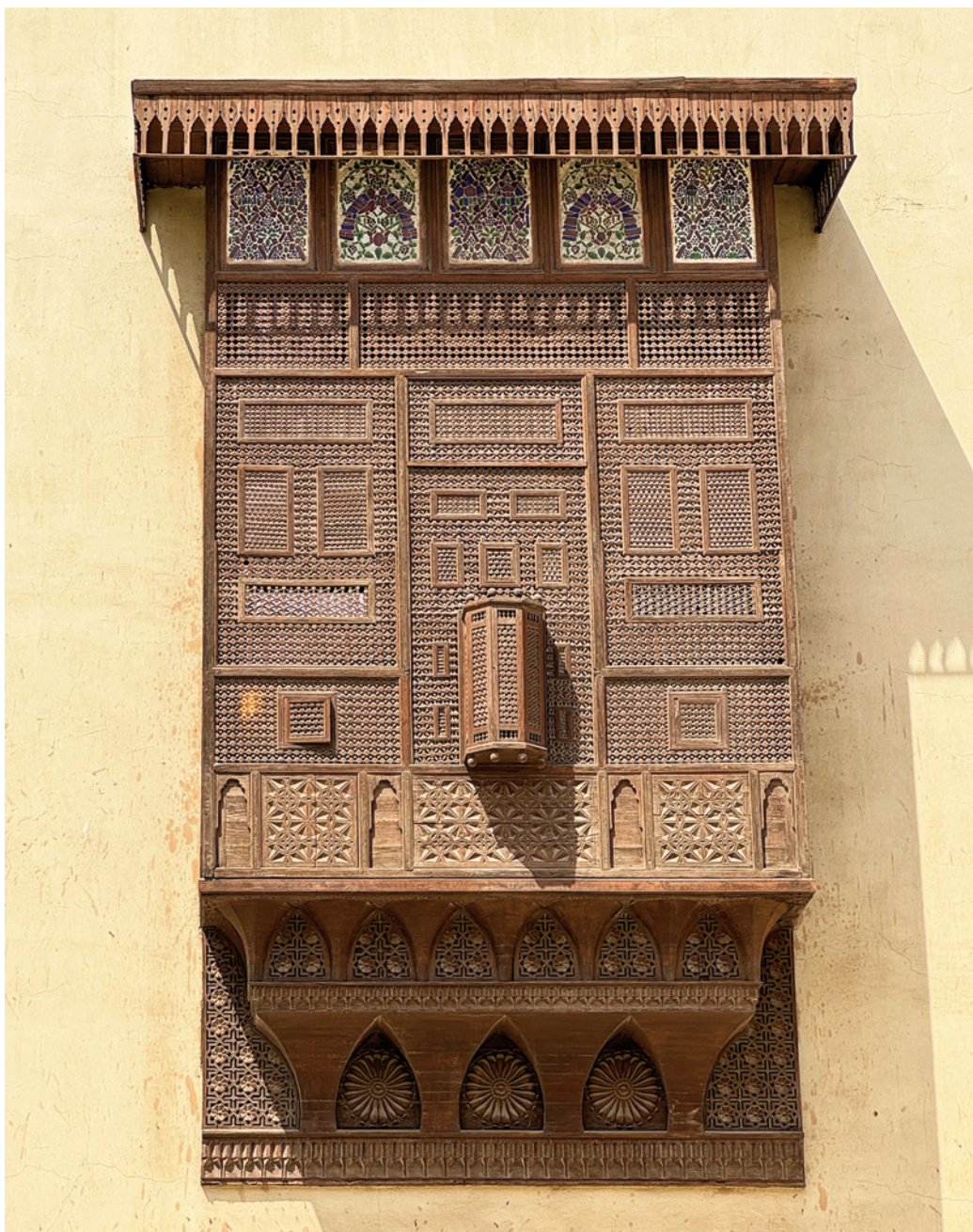
### Interpretazioni contemporanee del Mashrabiya tra architettura e design

Nella contemporaneità le arti islamiche continuano ad evolversi adattandosi a multiformi e mutevoli contesti culturali, sociali, politici e i motivi della tradizione araba vengono realizzati con tecniche e materiali moderni: il Mashrabiya è stato reinterpretato in architetture contemporanee quale oggetto culturale emblematico di luoghi e Istituzioni dedicati al mondo arabo.

In tal senso è esemplare l'Institut du Monde Arabe (IMA) di Parigi, concepito da Jean Nouvel e Architecture-studio quale prototipo di trasparenza, gioco di luci, riferimenti geometrici, trattamento degli spazi in equilibrio tra culture tradizionali e innovazione; inaugurato il 30 novembre del 1987, collocato dal punto di vista urbanistico in un punto d'incontro tra la vecchia Parigi e la Parigi haussmaniana, è divenuto il luogo di un rinnovato dialogo tra mondo arabo e cultura occidentale.

Il complesso presenta una facciata sulla Senna che contrasta rispetto a quella orientata a sud aperta sugli edifici dell'Université Pierre et Marie Curie, costituita da 240 pannelli in acciaio e vetro ispirati ai Mashrabiya. Grazie a una cellula fotoelettrica la metà dei moduli può effettuare fino a 18 movimenti al giorno, modificando il disegno della facciata in relazione alle variazioni della luce, ricorrendo a una meccanica sottile che ricorda la tradizione orologiaia araba (Mollard, 2017). Nel tempo, per un inadeguato utilizzo, i Mashrabiya non hanno funzionato, mettendo in evidenza le difficoltà legate all'integrazione di soluzioni high-tech nei progetti architettonici, in particolare per quanto riguarda la manutenzione a lungo termine.<sup>9</sup>

Nel 2017 l'accurato restauro effettuato da la Société Baudin Chateaufort ha consentito di rimettere in movimento l'emblematica facciata, simbolo della trasposizione e rielaborazione di quell'antico concetto radicato nel mondo arabo che vede la collaborazione tra natura, cultura e artificiale (Figg. 11, 12). Nello stesso anno Nouvel ha realizzato il Louvre di Abu Dhabi, ribaltando il concetto di involucro in Mashrabiya dell'IMA nella costruzione di una cupola di grandi dimensioni<sup>10</sup>, che frammenta la luce con un complesso sistema strutturale costituito da otto strati di acciaio e alluminio, la cui trama diffonde la luce naturale con effetti di grande suggestione (Mantash and Youssef, 2021; Fig. 13). Il tema della stratificazione dei motivi geometrici costruiti su



**Fig. 5** | A Mashrabiya structure in the Coptic Museum of Cairo (1908), founded by Marcus Simaika (credit: O. Al Azhari, 2024).

Next page

**Fig. 6** | Common materials used to build the Mashrabiya structure: Wood structure at Gayer Anderson Museum (1908) in Cairo, Egypt; Stone structure at Al Fateh Grand Mosque (1987) in Manama, Bahrain; Metal structure at Zaouia of Moulay Idriss II (801-830 CE) in Fes, Morocco (credits: O. Al Azhari, 2023, 2024).



una griglia poligonale rimanda al motivo delle stelle islamiche, proiettando in una dimensione contemporanea un antico e simbolico motivo identitario.

Il disegno degli elementi geometrici è stato realizzato avvalendosi di metodi tradizionali di grande precisione, prevedendo poi l'assemblaggio dei componenti prefabbricati in acciaio. Dal punto di vista strutturale la cupola è sostenuta da quattro pilastri nascosti, dando l'impressione di una sorta di tappeto volante che fluttua sopra gli interni del complesso museale; questo effetto aereo e leggero, che in qualche misura contraddice il peso della struttura stratificata metallica della cupola, è stato oggetto di un'oculata e innovativa sperimentazione sviluppata da Buro Happold Engineering. La visione interdisciplinare, inclusiva e sostenibile dell'azienda ha interpretato con coerenza, dal punto di vista strutturale, il concetto di cupola galleggiante<sup>11</sup> progettato dall'architetto francese e il suo significato metaforico legato alla mission del museo, volto a creare uno spazio d'incontro e dialogo interculturale (Grancho, 2023).

La costruzione del Louvre di Abu Dhabi è stata lunga e complessa e ha dovuto affrontare e risolvere questioni significative, principalmente legate al design della grande cupola. Il progetto della struttura è stato più volte ridisegnato; analogamente i calcoli meticolosi che sottendono gli otto strati di pattern hanno contribuito a ritardare la realizzazione del complesso, la cui conclusione prevista per il 2009 è stata posticipata al 2017.<sup>12</sup>

Nel furniture design il Mashrabiya è stato reinterpretato da numerosi designer contemporanei, tra i quali Ahmad Angawi. I suoi arredi sono spesso caratterizzati dai tradizionali motivi a reticolo, con attenzione a principi inclusivi e di sostenibilità ambientale. Tra le altre realizzazioni, è di particolare interesse un sistema di oggetti in multi-plywood, prodotti con tecniche di laser cut. Questi mobili multifunzionali (Sha)<sup>13</sup>, modulari e versatili, le cui diverse configurazioni si adattano a spazi esterni e interni, sono sviluppati ispirandosi alla famiglia di mo-

tivi geometrici a stella e complesse tassellature comuni in Iran, denominati Garih (Fig. 14). In questo caso tra le maggiori criticità riscontrabili sono da evidenziare, da un lato la necessità di avvalersi di artigiani altamente specializzati nelle tecniche e nei metodi di assemblaggio previsti, con conseguenti limitazioni all'accessibilità e inclusività alla ricerca progettuale e costruttiva di Angawi, dall'altro il fatto che i sistemi di oggetti sono utilizzabili solo per spazi interni, dal momento che i fattori ambientali esterni possono influire negativamente sulla durabilità dei materiali impiegati.

Un esempio originale di redesign del Mashrabiya, con riferimento a tipologie Jali della tradizione del Sud asiatico, è il sistema modulare a matrice tetraedrica, realizzato da Maulik Oza<sup>14</sup>, che funziona sia come diaframma di separazione che come dispositivo di ventilazione. I moduli sono realizzati in argilla refrattaria, tramite un processo produttivo che prevede la costruzione di un pezzo in legno e di uno stampo in gesso su cui viene colata l'argilla liquida (Slip): il gesso assorbe l'umidità dell'argilla, mentre uno strato della materia inizia ad aderire allo stampo; dopo alcuni minuti, a seconda dello spessore previsto, si provvede a eliminare l'argilla liquida rimanente. La materia restante forma il modulo che, una volta asciutto, viene staccato dal negativo e cotto prima a 900 poi a 1.200 °C, per poter ricevere la smaltatura che lo rifinisce attribuendo qualità estetica, durata e resistenza al prodotto (Figg. 15, 16).

Il modulo Jali è stato studiato con un'attenzione particolare all'adattabilità a diversi tipi di telai, in legno o metallo, consentendo di ruotare e specificare i moduli; tale approccio ha migliorato le caratteristiche di sicurezza del singolo pezzo, in quanto lo spessore di tre pollici e la forma perfettamente chiusa garantiscono il contenimento in caso di rottura riducendo il rischio di caduta degli elementi. Questo metodo di produzione suddiviso in più stadi comporta un processo lento e complesso con possibili conseguenze sulla riuscita dei pezzi e sull'economicità del prodotto: la cottura in due fasi del-

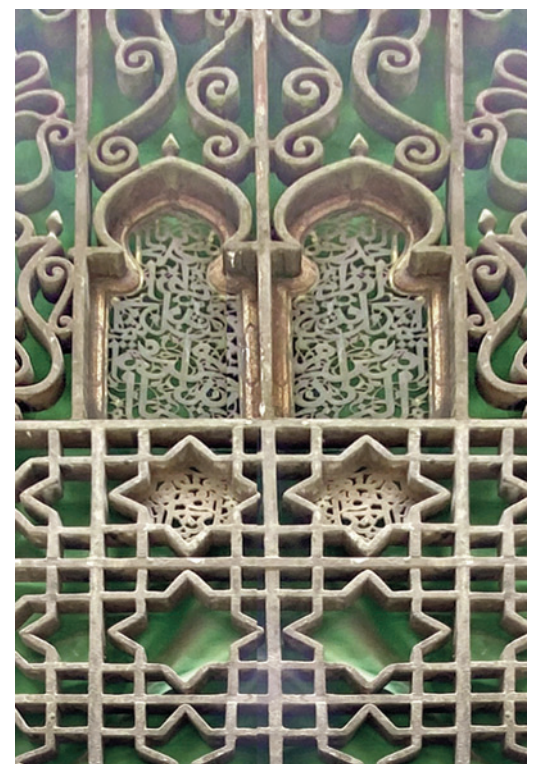
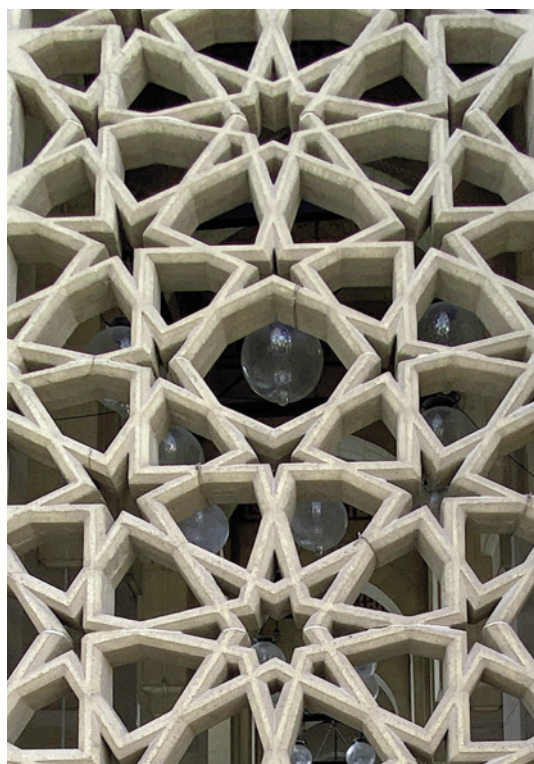
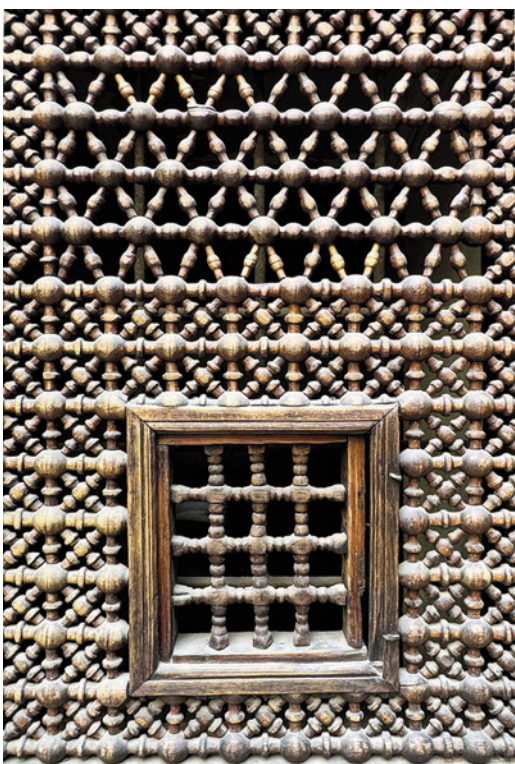
l'argilla prevede tempi lunghi e di conseguenza maggiori costi di produzione. Inoltre lo spessore richiesto per i moduli, necessario per prevenire rotture e migliorare la sicurezza, ne aumenta il peso limitando la flessibilità del sistema. Sebbene l'argilla sia resistente ai fattori climatici esterni, il prodotto richiede una manipolazione attenta e una cura scrupolosa nelle fasi d'installazione a causa della natura di questa sostanza minerale.

Gli esempi di reinterpretazione tra architettura e design del Mashrabiya dimostrano l'innovazione nella continuità della tradizione di questo oggetto culturale in contesti contemporanei, valorizzando un elemento complesso del Patrimonio culturale arabo in risposta alle attuali esigenze di sostenibilità e adattabilità al clima di specifici contesti.

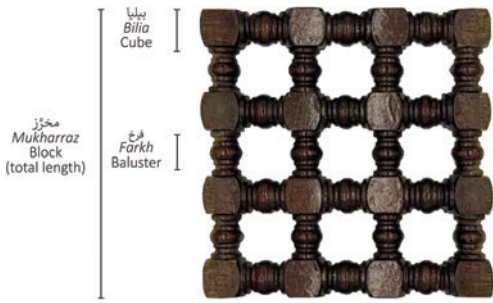
**Conclusioni** | Gli strumenti di progettazione parametrica consentono di creare modelli complessi che conservano le caratteristiche morfologiche e il significato culturale del Mashrabiya, ottimizzando al contempo le prestazioni ambientali: ciò riflette una tendenza più ampia che si riscontra nell'architettura adattiva, in particolare nella progettazione modulare mirata all'efficiamento energetico (Manni and Valzano, 2023).

Le relazioni tra gli elementi dei diaframmi vengono definite secondo un approccio aperto a molteplici varianti, consentendo l'adattabilità del singolo rispetto all'insieme e viceversa; in tal senso le modifiche di un'unità inducono mutazioni corrispondenti negli altri elementi, con modelli che si prefigurano altamente interattivi. Dal momento che le geometrie dei Mashrabiya sono progettate per essere interconnesse, la variazione dei parametri comporta risposte adattive all'interno del modello, generando sistemi dinamici controllati da algoritmi. Inoltre il design parametrico consente di modificare proprietà non solo dimensionali, ma anche legate a materiali e aspetti cromatici.

Il connubio tra artigianato tradizionale e design parametrico sviluppa riflessioni teoriche e pratiche

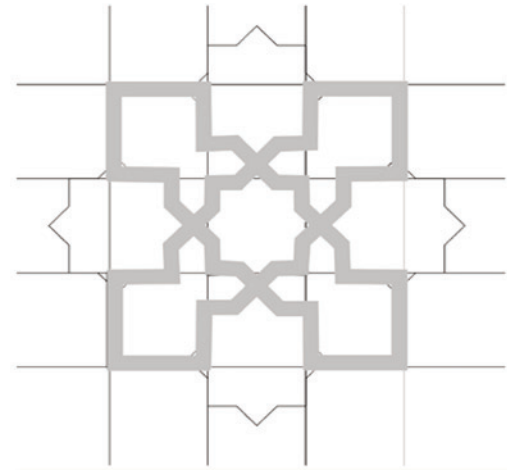
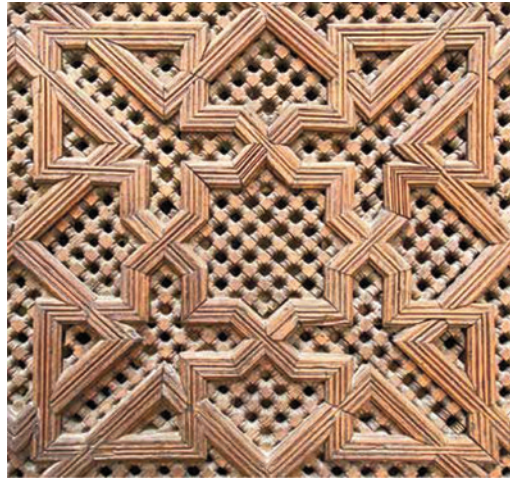






**Fig. 7** | The components of a Mashrabiya screen using local terms in Egypt (credit: O. Al Azhari, 2023).

**Fig. 8** | An extracted 8-pointed star (Khatim Sulemani) pattern from a Mashrabiya screen at Attarine Medrasa (1310-1331), built by the Marinid sultan Uthman II Abu Said in Fes, Morocco (credit: O. Al Azhari, 2023).



sull'evoluzione del design e sulla progettazione architettonica, in particolare nello studio del Mashrabiya. Come evidenziato nei paragrafi precedenti, questo componente in grado di regolare e filtrare la luce e l'aria, è profondamente radicato nelle città arabe e non solo, caratterizzando l'aspetto urbano, tra spazio pubblico e privato e riflettendo una particolare visione della privacy: la sua modularità e adattabilità sono coerenti con i più avanzati sistemi costruttivi, preposti a rispondere in tempo reale a particolari condizioni ambientali (Negroponte, 1976).

Come ha osservato McCullough (1996), il mondo artigianale non è separato da quello digitale. Al contrario le nuove tecnologie possono offrire grandi opportunità di sviluppo a tali pratiche, migliorando e incentivando mestieri a rischio di estinzione, fermo restando che per la conservazione e valorizzazione del Patrimonio culturale, nel caso del Mashrabiya e non solo, è necessario trovare un punto di equilibrio tra tradizione e innovazione, combinando tecniche artigianali con strumenti di design parametrico, metodologie stratificate nel tempo e fabbricazione digitale, e soprattutto riaprendo con maggiore forza, e non cancellando, il dibattito sul significato dell'artificiale quale prodotto culturale in relazione alla natura (Maldonado, 1992).

Questa integrazione è fondamentale per affrontare le sfide dell'efficienza energetica, preservando al contempo i valori culturali e materiali del Patrimonio storico architettonico (Salkini, Greco and Lucente, 2017; Kesseiba and El-Husseiny, 2019; Saleh and Saied, 2017; Casanovas, Campanero and Campisi, 2024). Lo studio del Mashrabiya è quindi un esempio significativo delle modalità con cui il rapporto tra artigianato e digitale possa fornire nuovi metodi e soluzioni tanto nell'ambito della conservazione del Patrimonio storico e delle sue ricadute sul restauro e la manutenzione di opere architettoniche, quanto nell'affrontare le sfide ambientali contemporanee. È infatti fondamentale la preservazione dei saperi costruttivi, anche nel corso della transizione energetica, poiché i sistemi bioclimatici passivi tradizionali restano comunque un'alternativa sostenibile (Salkini, Greco and Lucente, 2017; El-Hitami, Mahall and Serbest, 2023).

Il design dei Mashrabiya può essere realizzato con diverse tecniche digitali, a seconda delle specificità morfologiche dei dettagli. Finora la maggior parte degli esperimenti realizzati è stata concentrata su metodi di fabbricazione sottrattivi, quali la fresatura CNC e il laser cutting. I metodi additivi, come la stampa 3D, sono ancora oggetto di stu-

dio e ricerca, mentre la più recente stampa 4D, con l'introduzione di materiali intelligenti, prefigura innovative capacità di adattamento agli stimoli ambientali anche considerando la dimensione temporale, rispetto alla quale sono possibili variazioni morfologiche (Correa et alii, 2023). Si tratta di sperimentazioni all'avanguardia che necessitano di ulteriori ricerche al fine di valutarne l'applicabilità su larga scala (Momeni et alii, 2017; Morbiducci, Polverino and Battaglia, 2023).

L'integrazione tra artigianato e tecnologie digitali accessibili può contribuire a creare nuove relazioni tra capitale sociale e Patrimonio storico (Manzini, 2015), consentendo di conoscere, comprendere e trasmettere alle generazioni presenti e future l'estetica, la cultura geometrica e matematica e i significati simbolici e antropologici dei diversi modelli Mashrabiya. Il nuovo processo richiede grande attenzione e considerazione delle competenze degli artigiani tradizionali e al contempo delle pratiche di formazione sul digitale, promuovendo un ambiente collaborativo e di scambio di idee ed esperienze.

Lo studio proposto apre a diverse linee di ricerca e approfondimenti dei numerosi aspetti, tra i quali: la sistematizzazione di pattern esemplificativi in aree del Nord Africa, quali Egitto e Marocco, fortemente segnate dalla presenza dei Mashrabiya al fine di classificare in un archivio digitale open-source più famiglie comparabili; l'estensione delle indagini in contesti geografici diversi, tra cui l'India e la Spagna, che presentano analoghe tradizioni artigianali e architettoniche con l'obiettivo di implementare la raccolta; lo studio e la verifica delle potenzialità e dei limiti degli strumenti digitali in 3D e 4D, considerando possibili integrazioni fornite dal lavoro manuale degli artigiani; la necessità di comprendere le modalità di effettiva collaborazione tra artigiani e designer, testata attraverso indagini sul campo, anche di tipo etnografico.

Il Mashrabiya può quindi essere considerato da un lato per il suo valore in quanto oggetto concreto i cui significati sono stratificati nel tempo, dall'altro come strumento volto ad attivare la condivisione tra passato e innovazione, nell'ottica di creare nuove competenze per un design sostenibile e sensibile alle specificità di luoghi e territori, aperto al dialogo interculturale tra il mondo occidentale e il mondo arabo.

qualitative characteristic of a system structured by interacting parts, more precisely by an intertwining of elements that constitute a unit characterised by variability and randomness, concerning some definitions and theoretical reflections (Bateson, 1984; Kalton and Mobus, 2014; Morin, 2018).

The interrelated general issues are investigated starting from the study of the design of the Mashrabiya, rooted in the architecture of the MENA (Middle East and North Africa; Ashour, 2018) and generally consisting of a projecting volume with a bracket structure and a wooden element diaphragm. This climatic device, a model of a figurative and constructive language with ornamental forms including calligraphic, floral, and geometric elements, is well identifiable within the scope of Islamic arts (Wichmann and Wade, 2021). The methodological approach underlying the research proposes, in line with the reference definitions, the analysis of a complex theme starting from a tangible object layered over time, with a shift from the micro to the macro, identifying how this artefact incorporates multiple interrelated elements and participates in a broader systemic vision.

This intricate material and immaterial fabric raises countless issues that can be explored from various perspectives. Among the themes that have emerged from the studies conducted are: the Anthropocene context and the need to recover traditional sustainable building solutions, bridging design and architecture for energy transition and the preservation and promotion of cultural heritage; the significance of historical, identity-related, socio-cultural, and anthropological aspects tied to places and territories, which form narratives connected to material artefacts through a post-colonial approach that fosters multicultural dialogue; the role of images in the transmission of material culture and art between the East and West; and the preservation and promotion of artisanal knowledge through archival digitisation and parametric design.

In the era of the Anthropocene, characterised by current climate changes with extreme weather events (Crutzen and Stoermer, 2000; Crutzen, 2002; Latour, 2018), environmental factors and related sustainable solutions should be studied on a bio-regional scale, taking into account specific contexts, cultures and identities, social relationships, and anthropological issues. This approach relates to concrete facts and real problems and builds connections between nature and the artificial based on the complex dynamics of the external order: climate, geographical location, available natural resources, and cultural and rit-

The paper addresses the theme of complexity in relation to its etymological meaning, understood as the

ual practices. Sustainability, therefore, cannot be defined univocally but rather as a multipolar and multifaceted mechanism that operates by considering historical-aesthetic values, local traditions, and layers that have defined the character of sites (Saleh and Saied, 2017), incorporating that constructive wisdom that in the past operated by using the nearest resources and responding to the complexity of local environmental needs (Casanovas, Campanero and Campisi, 2024). Knowledge and understanding of specific traditions open up innovation and design experimentation at various scales, involving communities (Harris and Moore, 2015; Balducci and Camilli, 2022).

To understand some of the aspects that characterise the Mashrabiya's complex nature regarding the highlighted themes, it is essential to outline a reference framework in which the development of this artefact takes place within Islamic arts, whose knowledge in Europe is linked to colonialism, travel, art, and collecting.

With the West's expansion into the Islamic world, which began in the 18th Century, so-called Oriental cultures gained more value and interest, surpassing the phenomenon of exoticism, which was linked to the perception of distance and the recognition of the originality of testimonies brought back from journeys (Affergan, 1991). Exotic objects, no longer kept in Wunderkammer, were displayed and sometimes transformed into a dimension of cultural contamination. The adaptation to new tastes led to a transposition from the classical Greek and Roman references to a different and mysterious art extended over a vast area, from Spain to India, which the term 'Islamic' incorporates with multiple cultural, historical, political, social, and religious meanings. It was only following studies and publications on architecture and systems of objects (Saladin, 1907) and the Exposition des Arts Musulman of 1893, held

at the Palais de l'Industrie on the Champs Élysées in Paris and curated by Georges Mayre (General Commissioner and member of the Mission en Afrique du Nord), that artistic manifestations previously classified as Arabic or Oriental came to be defined as Islamic arts, including all monuments of countries subject to Islamic law in the East or West, thus entering the scientific language (Peltre, 2006). The exhibition was realised with loans from more than eighty collectors, rare pieces acquired during travels and expeditions, totalling about 2,883 objects of various types (stones and marbles, majolica, porcelain, glass, musical instruments, weapons, jewellery, fabrics, carpets, and costumes).

The purpose of the event went beyond merely exhibiting and classifying works scattered between museums and private collections: to introduce Islamic art as a whole meant directing the industries of French cities and the subjugated Muslim countries to create new products to strengthen the economy and French colonial culture<sup>1</sup> (Mayre, 1893). Collecting thus strongly influenced the development of the visual dialogue between the West and East, becoming a fundamental tool for social and community investigation capable of recording changes in taste, relationships, and cultural exchanges over centuries (Pomian, 1989).

Although there is a common perception of civilisation, due to the numerous variants of Islamic arts across different territories, it has recently been argued that it is more appropriate to define such objects with an anthropological approach, where historical and cultural aspects are closely connected to specific aesthetics, as object and context inform each other. Islamic artefacts, including the Mashrabiya, bear multiple clues to the social relationships that have unfolded over the ages and the network of connections formed by the passage of ownership (Weber, 2013). The way they are used and the an-

thropological and customary aspects they integrate constitute their biographies, even considering functional and meaning changes with the attribution of new and different identities (Mattozzi et alii, 2009; McGregor, 2015).

Islamic artefacts, of which the Mashrabiya is an integral part, are testimonies of a varied and extremely extensive civilisation, whose general decorative characteristics include countless individual phenomena, reflecting past and present everyday life in numerous contexts, with insertions of shared principles in peculiar and distant settings (Grabar, 1973). In this sense, their aesthetic value based on interweaving is linked to a broader and more complex narrative constituted by traditions, myths, rituals, daily gestures, symbols, and metaphors that are difficult to decipher by other cultures, also due to the calligraphic inscriptions that distinguish wall coverings and objects, whose texts are clues to the periods and places of their creation.

Specifically, in the design of the patterns making up the modular units of the Mashrabiya present in Saudi Arabia and the subject of this study, the mutual influences between different geographical areas are mainly due to the pilgrimages from Egypt to Mecca during the Mamluk period and, more generally, to the journeys related to trade routes (Behrens-Abouseif, 2011). Among the pilgrims and merchants were artisans who combined religious duties with the transmission of skills, meeting with other experts in the regions they visited. These journeys formed a true platform for the exchange of ideas, technical knowledge, skills, and innovations across a broad spectrum of crafts.<sup>2</sup>

The theme of travel intertwines with the analysis of the transmission of artisanal knowledge in the decorative field, which, since the 19th Century, has been linked to the meaning of design in terms of evolution, with studies investigating the morphological

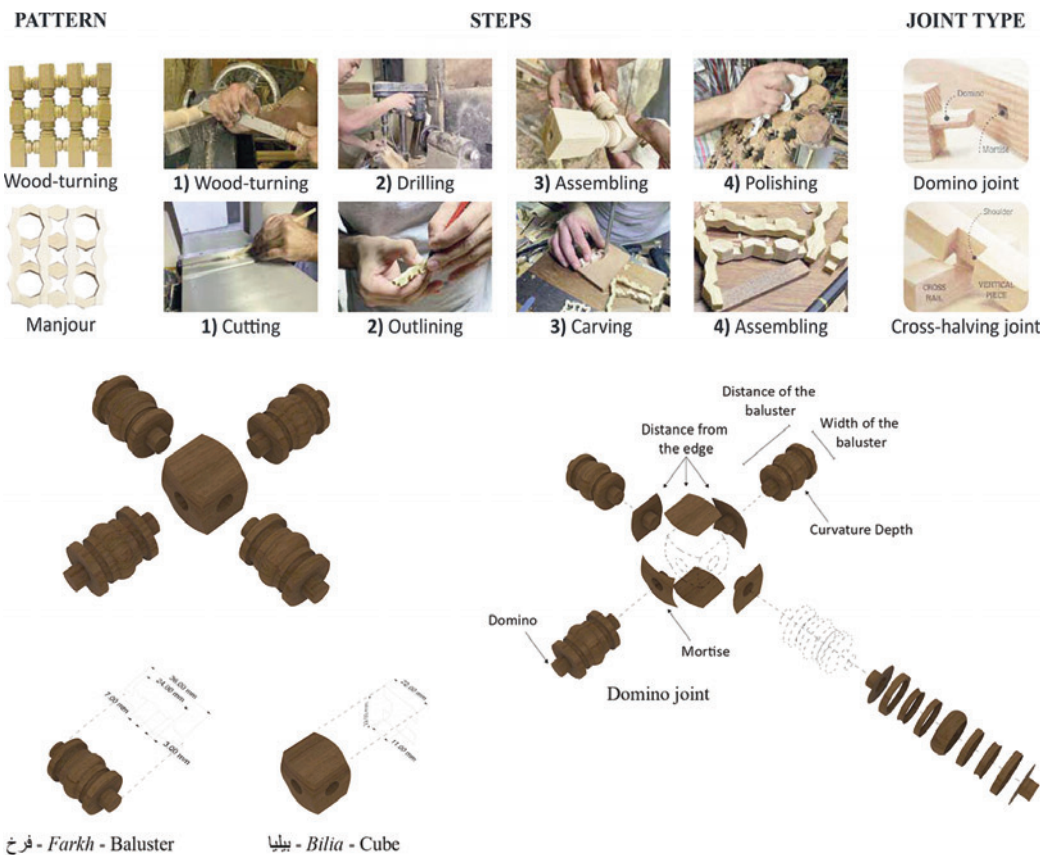


Fig. 9 | The techniques of wood-turning and Manjour used in the Mashrabiya screens (credit: O. Al Azhari, 2022, 2023; source: D. K. Publishing, 2021).

Fig. 10 | An exploded view of the 'Maymouni' pattern elaborating its main building components for further digitisation and purposes (O. Al Azhari, 2024).



changes of practical artefacts through biological analogies, such as the Darwinian one. This approach establishes that mutations occur with very gradual processes, whose stages are tied to successive imitation (Steadman, 1988), as in the analysis proposed by Henry Balfour (1893), who identifies the origins of certain decorative forms through searching for these imitations.

From the beginning to the end of the series, differences between the specimens can be so significant that it is impossible to identify a 'genetic' connection without knowing the intermediate links (Steadman, 1988). In reproducing a motif, random design details may be chosen and expanded, while others may not be considered. Balfour (1893) himself deduces that the artisan interprets and makes voluntary variations of the motifs, thus proposing a divergence from the analogy with theories of Charles Darwin (1859), as in organic evolution, mutations are random, and only those that happen to be advantageous in the selection process can be transmitted and inherited (Steadman, 1988).

This theme is central to the study of Mashrabiya, which considers two aspects: on the one hand, the transmission of ancient artisanal knowledge from generation to generation and the evolution of types (Partarakis and Zabulis, 2023); on the other hand, the innovation of motifs and their production through digital processes, blending industrialisation with craftsmanship.

In this context, images of Mashrabiya, both in paintings and photographic reproductions, are seen as research sources, serving as eyewitness testimonies of the past (Burke, 2017). Influenced by orientalism, European artists, primarily French, explored the Islamic world following diplomatic missions. These orientalist documented forms, colours, exteriors and interiors, objects, and traditions of Islamic culture, particularly in Egypt and the Maghreb, paving the way for an ethnographic and descriptive approach that would become prevalent in the late 19th Century with the influence of realism and photography. This shift also contributed to the evolving perception of Islamic art in the West (Peltre, 2006).

Through travel diaries of Eugène Delacroix<sup>3</sup>, works by Jean-Léon Gérôme<sup>4</sup> (Fig. 1), paintings by John Varley II (Fig. 2), photographic reproductions by Henri Béchard<sup>5</sup> or anonymous photographers, and the impressions of journalists like Gabriel Charmes who stayed in Egypt between 1879 and 1880 (Peltre, 2006), the Mashrabiya is shown filtering and fragmenting light inside while shaping facades and their relationship to the urban scene outside.

In selected images, certain archetypes passed down through artisanal knowledge can be identified, such as the wooden 'Maymouni' model, depicted in Béchard's image as a typical facade screen (Fig. 3) and in the upper part of a photograph of a Mashrabiya in Cairo, showing its use as a street-facing structure (Fig. 4). The digital archive proposed

by this study includes these images, believing they provide insight into the design patterns, materials, and techniques used in Mashrabiya during specific periods and places.

Given these themes, the contribution focuses on the morphological, geometric, and constructive analysis of the Mashrabiya as a diaphragm made up of repeatable and modifiable modular units, and its significance in Islamic culture, balancing tradition and innovation.

One well-known characteristic of Islamic art is its continuous and serial structure, based on the repetition of patterns, whose potentially infinite variations include ornamental, calligraphic, and vegetal motifs, and expressions of religious, philosophical, and theoretical principles. This aniconic language is built on graphic logic with strict structures governed by geometric laws. The design of the Mashrabiya is underpinned by mathematical calculations (Paccard, 1980a) that regulate its climatic function. Like every pattern, it shares similarities with fabric, involving repetitions and variations made from different materials such as plaster, wood, and ceramics. It complicates the analysis of individual elements (lines, signs, shapes) in favour of perceiving the whole.

The Mashrabiya embodies a morphological vision and the use of abstract concepts alternative to figurative representation, referencing the theories of Alois Riegl (2008), where the history of ornament is tied to perception, particularly tactility, which men-

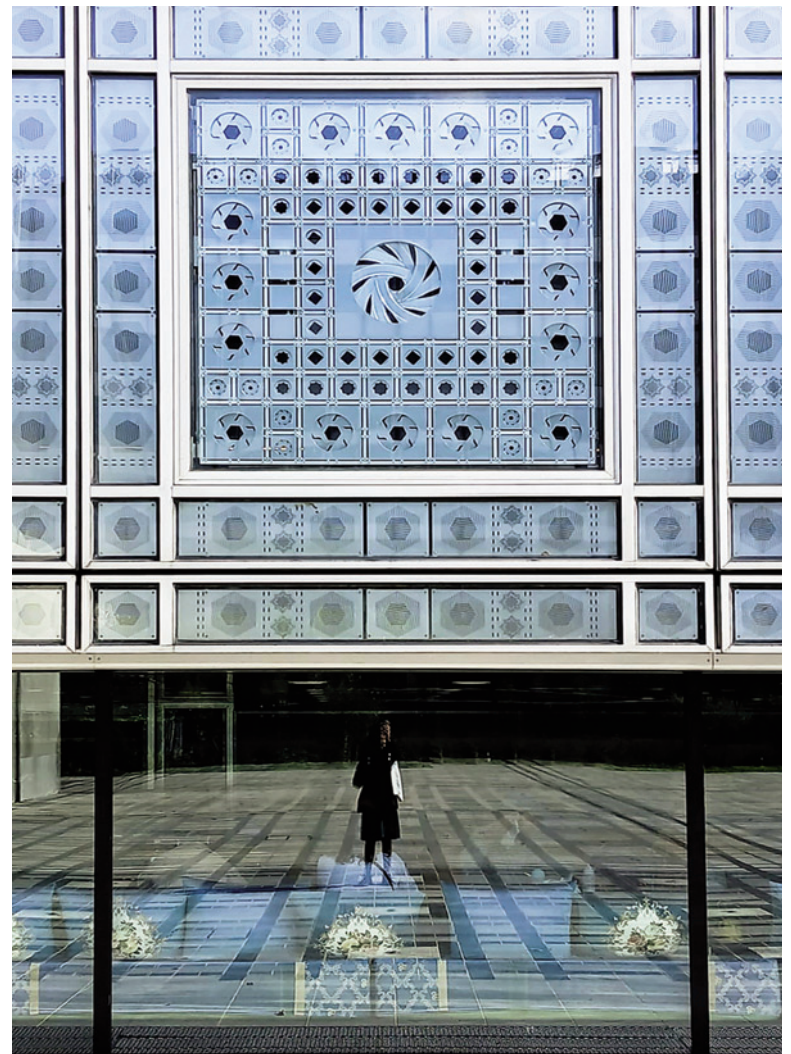


Fig. 11, 12 | A view from the Arab World Institute (1987) in Paris, designed by Jean Nouvel (credits: F. Dal Falco, 2024).



tally integrates three-dimensionality into surfaces, experienced visually mostly as planes. Furthermore, the relationship between ornament-cladding and the structure of the architectural body is fundamental to the theory of Gottfried Semper (1992), where ethnological and historical-cultural aspects integrate material, technological, and anthropological ones, and the origins of architecture are closely linked to weaving, identified in the alternating warp and weft unique to it.

This intrinsic variability, stemming from the analogy between ornament and fabric, underpins the geometric and mathematical laws that regulate the conception and construction of the Mashrabiya, which can vary based on specific environmental and social needs, with a wide range of designs and patterns more or less dense depending on sun exposure, whether interiors are for men or women, and the importance of buildings. The artistic legitimisation of the pattern, beyond its meaning as a mechanical repetition of an ornamental motif, was advocated by Amy Goldin (1975), who identified the possibilities of variation within a module as the centre of a generative system with infinite untapped potential. In the same year, Ernst Gombrich (1979) published *The Sense of Order*, in which he systematised a psychology of decorative art, impacting the re-evaluation of this culture, long associated with the need for order inherent in visual perception.

In the following sections, these artefacts' morphological and constructive aspects are explored, considering the issues related to the transmission of decorative craft cultures balancing tradition and innovation. This balance encompasses the creation of dedicated digital archives, highlighting innovative opportunities to reproduce and vary patterns using parametric design. The analysis identifies the fundamental characteristics of the Mashrabiya in the MENA region, particularly in Saudi Arabia, with studies on the main mathematical formulas used to construct the classic 'Maymouni' pattern, arguing for the importance of creating digital archives to valorise these patterns. Four contemporary case studies between architecture and design, where traditional motifs are reinterpreted with new figurative registers, are examined. The conclusion reflects on the complexity and potential of the relationship between craftsmanship and parametric design, outlining possible research directions.

### Mashrabiya: the pattern of a climatic device between geometry and mathematics

In the Arab world, attention to traditional arts has significantly increased, along with interest in the conservation and valorisation of artisanal artefacts considered historic. The Mashrabiya, a unique object between design and architecture, belongs to this category due to its modular patterns and its constructive characteristics, which regulate thermal insulation, shading, ventilation, and guarantee female privacy (Casanova, Campanero and Campisi, 2024). This architectural element, comparable to a bow window and composed of load-bearing and infill elements, is made up of the assembly of individual modules, whose variations form a lightweight projecting structure supported by a cantilevered framework.

Generally made of wood, the lattice structure is a unique synthesis of functionality, artistic and artisanal research, and geometric and mathematical control, transcending mere decorative value (Ashour, 2018). The following analysis focuses on the design

and realisation of Mashrabiya modules, based on geometric principles and mathematical calculations. Their environmental function and aesthetics, between arabesques and calligraphic signs, are controlled with great technical expertise passed down by artisans, before the use of contemporary design tools (Paccard, 1980a).

The Mashrabiya, whose size can vary (Al-Murahhem, 2010)<sup>6</sup>, generally consists of three main parts (Fig. 5): the upper part, called Taj (crown, top), slightly projecting; the central part, Al Nafethah (window), with openable diaphragms; and the lower part, called Al Qa'ida (base). The term Mashrabiya derives etymologically from the Arabic word 'shourb', which can be translated as 'to drink'. Traditionally made from turned wood, its primary function was to facilitate air circulation and light, as well as cool water stored in containers through ventilation (Paccard, 1980b).

In Saudi Arabia, it is called Roshan, a term likely derived from Persian, referring to something bright or clear (Al-Murahhem, 2010). Another interpretation of Mashrabiya comes from Mashrafiya, whose root, Alshurafa, means a place that allows observation from a higher level without being seen from the street or buildings on the same side (Bagasi, Calautit and Karban, 2021). In this sense, while concealing interior privacy, the projecting volumetric lattice emphasises its social value regarding privacy.

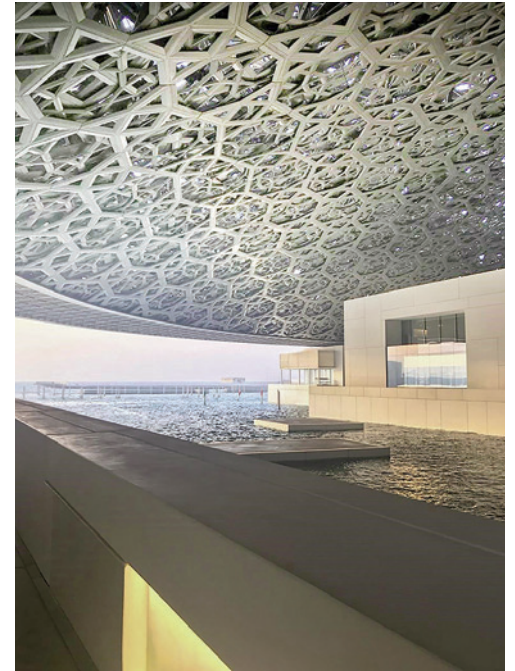
As mentioned, the modules that compose the Mashrabiya consist of symmetrical and complex geometric patterns, balanced between visual culture, light fragmentation, and bioclimatic efficiency (Rian, Al Sebai and Abdalla, 2019), representing a unique synthesis of aesthetic, functional, historical, cultural, and anthropological values, emblematic of Islamic architecture and decorative arts<sup>7</sup> (Fathy, 1986). Besides traditional wood craftsmanship, which allows for intricate motifs to be created with meticulous detail and longevity, stone and metal can also be used with similar results (Fig. 6).

Starting with the Bilia (Cube), the calculation involves multiplying it by the required amount and then subtracting it from the total length of the Mukharraz (Block). The resulting value is divided among the Farkh (Baluster), which are determined by subtracting '1' from the total number of Bilia (Cubes; Fig. 7). This process, called Taqseet (division), was described by the Egyptian craftsman Affi Ali in a recent interview, following these steps: a) determining the overall size of the Mashrabiya screens; b) sizing a single Bilia based on the depth of the screen; c) identifying the number of Bilia; d) calculating the equation to obtain the length of the Farkh.

$$\frac{[(\text{Total Length} - \text{Bilia Dimension} (\text{Bilia Quantity})) / (\text{Bilia Quantity} - 1)]}{=}$$

Length of the Farkh

The mathematical estimation of Mashrabiya patterns is based on a geometric grid that establishes the proportions of the elements concerning the overall design, using polygons and even applying the golden ratio. The grids involve geometric shapes such as squares, circles, and hexagons that are repeated, connected, and further divided through precise calculations (Fig. 8). In Saudi Arabia, the main production techniques include woodturning (Khiratah) and cutting wooden elements (Manjour). These processes involve several phases, during which specific drawing and measuring tools like pencils and compasses are used, as well as cutting and carving tools such as saws, lathes, and chisels, and finishing tools



**Fig. 13** | Part of the Louvre Abu Dhabi Museum building structure (2007) in the United Arab Emirates, designed by Jean Nouvel (credit: S. Al Ibrahim, 2019).

like brushes, rollers, or spray guns for applying varnishes, paints, or protective sealants (Fig. 9).

As previously mentioned, the geometric patterns of the Mashrabiya are made up of interconnected polygons (squares, hexagons, octagons) that are repeated and rotated to form a continuous design. Further subdivision into triangles or rhombuses creates more complex and intricate patterns, with a rhythmic and dynamic overall visual effect, where each element is precisely controlled and contributes in every detail to the composition of the whole (Al-Kodmany, 2016).

Recently, there has been a growing interest in the Arab world in preserving and studying Mashrabiya patterns. In this regard, this study proposes realising an open-source digital archive<sup>8</sup> that documents various types of Mashrabiya, focusing on their calculations and geometries. The archive will include collections of patterns featured in historical architecture, displayed in museums, or belonging to private collections, along with analyses of geometric principles digitised using CAD design software. These archives serve as a valuable resource for understanding the nature of Mashrabiya, especially for preserving and transmitting this unique aspect of Islamic cultural heritage to future generations. Furthermore, digital archives offer new possibilities for studying and interpreting historical decorative patterns by comparing different designs and identifying regional and local variations, with research aimed at tracing the evolution of the patterns over time concerning geographic areas. This information is crucial for the restoration of historic buildings and can also serve as a reference for new projects that integrate traditional geometry with contemporary figurative registers.

New digital tools, especially parametric software, enable experimentation with a wide range of geometric configurations, generating new models that balance tradition and innovation. The integration of traditional craftsmanship with these tools represents a significant area of development in the contemporary interpretation of Mashrabiya, offering solutions





that combine historical and current techniques to create more efficient artefacts while preserving the cultural significance of the ancient designs (Ashour, 2018; Yang et alii, 2018). The repetitive nature of the models allows for the main elements of the screen to be broken down into individual pieces, which are digitised into scripts to facilitate the design of variations (Fig. 10).

The Mashrabiya culture, while serving as a reference in sustainable design practices sensitive to local climatic conditions and respectful of construction knowledge, is also seen as a bridge between traditional craftsmanship and the most advanced digital experiments (Duan et alii, 2023). It demonstrates how the influence of the past can shape the future of design and architecture in a dynamic and evolving dimension (Rian, Al Sebai and Abdalla, 2020). This ancient example of a passive bioclimatic system, rooted in the territories and urban fabric of large and small cities across a vast geographic area, continues to project its symbolic, aesthetic, and functional meanings onto the contemporary world, offering invaluable lessons in resilient design, particularly relevant in today's context of climate emergency (Saeli and Campisi, 2020; Casanovas, Campanero and Campisi, 2024).

**Contemporary interpretations of Mashrabiya between architecture and design** | In modern times, Islamic arts continue to evolve, adapting to various cultural, social, and political contexts, while traditional Arab motifs are being created using modern techniques and materials. The Mashrabiya has been reinterpreted in contemporary architecture as an iconic cultural object representative of places and institutions dedicated to the Arab world.

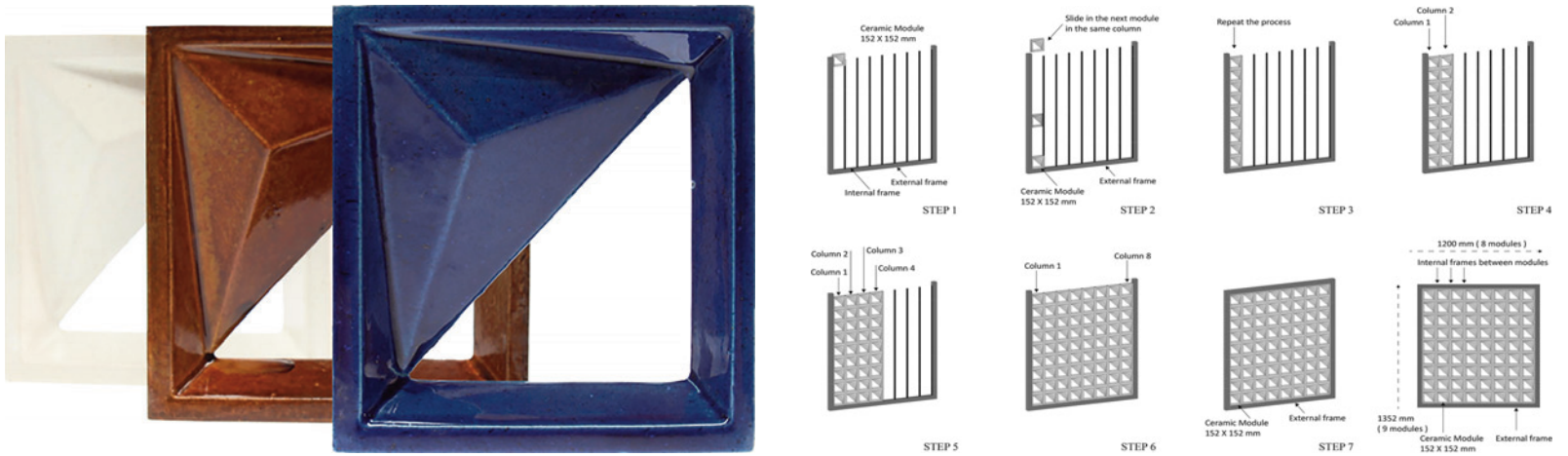
A prime example is the Institut du Monde Arabe (IMA) in Paris, designed by Jean Nouvel and Architecture-Studio as a prototype of transparency, light play, geometric references, and a balanced treatment of spaces between traditional cultures and innovation. Inaugurated on November 30, 1987, and located at an urban intersection between old and Haussmannian Paris, it has become a renewed dialogue point between the Arab world and Western culture.

The complex features a façade on the Seine, which contrasts with the southern-facing one that opens onto the Université Pierre et Marie Curie buildings, consisting of 240 steel and glass panels inspired by the Mashrabiya. With a photoelectric cell, half of the modules can make up to 18 movements a day, altering the design of the façade based on light variations, using a delicate mechanism reminiscent of the Arab watchmaking tradition (Mollard, 2017). Over time, due to inadequate use, the Mashrabiya stopped functioning, highlighting the challenges of integrating high-tech solutions in architectural projects, particularly concerning long-term maintenance.<sup>9</sup>

In 2017, a meticulous restoration carried out by Société Baudin Chateaufneuf enabled the iconic façade to move again, symbolising the reinterpretation and reimagining of the ancient concept from the Arab world that combines nature, culture, and the artificial (Fig. 11, 12). In the same year, Nouvel designed the Louvre Abu Dhabi, reversing the Mashrabiya concept of the IMA by creating a large dome<sup>10</sup>,

**Fig. 14** | The modular furniture reinterprets the geometry of the Mashrabiya screens and serves different functions, designed by Ahmad Angawi (credit: Zawiya 97 archive, 2024).





**Fig. 15, 16** | Jali Screens Products made from stoneware clay as a main component in building screens and partitions, designed by Maulik Oza at Clay Club Innovations Pvt. Ltd. (source: clayclub.in, 2017).

that filters light through a complex structural system made of eight layers of steel and aluminium, casting impressive natural light effects (Mantash and Youssef, 2021; Fig. 13). The layering of geometric motifs built on a polygonal grid evokes Islamic star patterns, bringing an ancient and symbolic identity motif into a contemporary dimension.

The geometric elements were designed using traditional, highly precise methods, with the prefabricated steel components assembled later. Structurally, the dome is supported by four hidden pillars, giving the impression of a 'floating' carpet above the museum's interiors. This airy and lightweight effect, which somewhat contradicts the weight of the dome's metal layers, resulted from careful and innovative experimentation developed by Buro Happold Engineering. The company's interdisciplinary, inclusive, and sustainable approach structurally interpreted the French architect's floating dome concept<sup>11</sup> and its metaphorical significance, aligned with the museum's mission to create a space for intercultural dialogue (Grancho, 2023).

The construction of the Louvre Abu Dhabi was lengthy and complex, facing and solving significant challenges, primarily related to the design of the large dome. The structure was redesigned several times, and the meticulous calculations underlying the eight layers of patterns contributed to delays, pushing the completion from 2009 to 2017.<sup>12</sup>

Mashrabiya has been reinterpreted in furniture design by many contemporary designers, including Ahmad Angawi. His furniture is often characterised by traditional Mashrabiya lattice motifs, with a focus on inclusivity and environmental sustainability. Particularly interesting is a system of multi-plywood objects produced with laser-cut techniques. These multifunctional, modular, and versatile furniture pieces (Shai)<sup>13</sup>, adaptable to both outdoor and indoor spaces, are inspired by the family of star motifs and complex tessellations common in Iran, known as Garih (Fig. 14). However, some notable challenges include the need for highly specialised artisans skilled in assembly techniques, which limits the accessibility and inclusiveness of Angawi's design and construction research. Additionally, the object systems are suitable mainly for indoor use as external environmental factors could negatively affect the durability of the materials.

An original example of the Mashrabiya redesign, referencing the Jali types from South Asian tradi-

tions, is the modular tetrahedral matrix system by Maulik Oza<sup>14</sup>, which functions both as a partition and as a ventilation device. The modules are made of refractory clay through a production process involving the creation of a wooden piece and a plaster mould onto which liquid clay (Slip) is poured. The plaster absorbs the moisture from the clay, while a layer of the material begins to adhere to the mould; after a few minutes, the remaining liquid clay is removed depending on the thickness. The remaining material forms the module that is released once dry from the negative and fired first at 900 °C and then at 1,200 °C for the glazing, which enhances its aesthetic quality, durability, and resistance (Fig. 15, 16).

The Jali module was designed with particular attention to adaptability to different types of frames, whether wooden or metal, allowing the modules to be rotated and mirrored. This approach also improved the safety characteristics of each piece, as the three-inch thickness and perfectly enclosed shape ensure containment in case of breakage, reducing the risk of falling parts. This multi-stage production method leads to a slow and complex process, with possible consequences for the pieces' success and the product's cost-effectiveness. The two-stage clay firing process results in long production times and, therefore, higher costs. Additionally, the thickness required for the modules, necessary to prevent breakage and enhance safety, increases their weight, limiting the system's flexibility: although the clay is resistant to external climatic factors, the product requires careful handling and meticulous care during installation due to the nature of this material.

Examples of reinterpretations between the architecture and the Mashrabiya design demonstrate innovation in the continuity of the tradition of this cultural object in contemporary contexts, enhancing a complex element of Arab cultural heritage in response to current needs for sustainability and climate adaptability in specific environments.

**Conclusions** | Parametric design tools allow for the creation of complex models that preserve the Mashrabiya's morphological characteristics and cultural significance while optimising environmental performance. This reflects a broader trend in adaptive architecture, particularly in modular design aimed at energy efficiency (Manni and Valzano, 2023). The relationships between the elements of the screens

are defined through an approach open to multiple variations, allowing the adaptability of the individual element concerning the whole and vice versa. In this sense, the modification of one unit induces corresponding changes in other elements, resulting in highly interactive models. Since the geometries of the Mashrabiya are designed to be interconnected, parameter variations lead to adaptive responses within the model, generating dynamic systems controlled by algorithms. Moreover, the parametric design allows for modifying properties related to dimensions, materials, and colour aspects.

The combination of traditional craftsmanship and parametric design fosters theoretical and practical reflections on the evolution of design and architectural planning, especially in the study of the Mashrabiya. As highlighted in the preceding paragraphs, this component, capable of regulating and filtering light and air, is deeply rooted in Arab cities and beyond, shaping the urban landscape between public and private spaces and reflecting a particular vision of privacy. Its modularity and adaptability are consistent with the most advanced construction systems, designed to respond in real-time to specific environmental conditions (Negroponte, 1976).

As McCullough (1996) observed, the world of craftsmanship is not separate from the digital world. On the contrary, new technologies can offer great development opportunities to these practices, improving and promoting trades at risk of extinction. However, for the preservation and valorising of cultural heritage, whether in the case of Mashrabiya or otherwise, it is necessary to find a balance between tradition and innovation, combining artisanal techniques with parametric design tools, time-layered methodologies, and digital fabrication; above all, reopening, rather than erasing, the debate on the meaning of the artificial as a cultural product concerning nature (Maldonado, 1992).

This integration is fundamental to addressing the challenges of energy efficiency while preserving the cultural and material values of historical architectural heritage (Salkini, Greco and Lucente, 2017; Kesseiba and El-Husseiny, 2019; Saleh and Saied, 2017; Casanovas, Campanero and Campisi, 2024). The study of the Mashrabiya is, therefore, a significant example of how the relationship between craftsmanship and digitalisation can provide new methods and solutions in both the conservation of historical heritage and its implications for the restoration



and maintenance of architectural works, as well as in tackling contemporary environmental challenges. It is indeed crucial to preserve constructive knowledge, even during the energy transition, as traditional passive bioclimatic systems remain a sustainable alternative (Salkini, Greco and Lucente, 2017; El-Hitami, Mahall and Serbest, 2023).

The design of the Mashrabiya can be realised with various digital techniques, depending on the morphological specificities of the details. So far, most experiments have focused on subtractive manufacturing methods, such as CNC milling and laser cutting. Additive methods, such as 3D printing, are still the subject of study and research, while the most recent 4D printing, with the introduction of smart materials, foreshadows innovative adaptation capabilities to environmental stimuli, even considering the temporal dimension, with possible morphological variations (Correa et alii, 2023). These cutting-edge experiments require further research to evaluate their scalability (Momeni et alii, 2017; Morbiducci, Polverino and Battaglia, 2023).

#### Acknowledgements

Special thanks go to the Mashrabiya Turquoise Mountain organisation (J. Oliver, N. Osman, and S. Bandar), the Zawiya 97 organisation (A. Angawi and H. Al Mashhour), the Chamber of Crafts of the Rabat-Salé-Kénitra Region (E. Esma and A. Morchidi), Clay Club Innovations Pvt. Ltd. (M. Oza), M. Al Emarah, and A. Al Khulaif.

The contribution is the result of shared reflection by the Authors. However, the introductory paragraph is attributed to F. Dal Falco, the paragraphs ‘Mashrabiya: the pattern of a climatic device between geometry and mathematics’ and ‘Contemporary interpretations of Mashrabiya between architecture and design’ are attributed to O. Al Azhari. The ‘Conclusions’ are attributed to both Authors.

#### Notes

1) It was a common tradition for wealthy and powerful Muslims from various geographic areas to send precious gifts to the two Holy Mosques, further contributing to cultural and economic exchanges and the knowledge of Muslim arts from other regions.

2) The exhibition also included the first retrospective of French Orientalist painting, organised by Léonce Bénédite, who later founded the Société des Peintres Orientalistes Français with Étienne Dinet, and was responsible for recognising this genre as a specific artistic movement (Benjamin, 2003). One of Bénédite’s objectives was to place Orientalist art within the context of French colonial history, showing how objects and customs were depicted, serving as a reference for comparisons between displayed products and paintings.

3) In 1832, Delacroix travelled from Andalusia to the Maghreb for seven months following the diplomatic mission of Charles Henri Edgard, Count of Mornay-Montchevreuil. The artist recorded places, atmospheres, and cultures in his famous sketchbooks, drawing objects, costumes, decorations, and architectures, with explanatory notes and comments. At the height of the colonial crisis, his travel journal testified to the damages caused by the so-called civilisation on North African cultures and societies (Hannoosh, 2023). The historical character of his painting, immersed in the poetics of romantic commitment, is considered the starting point of modern art (Argan, 1964).

4) In the famous painting ‘Arnault fumant’ (1865), Gérôme depicts a Mashrabiya, a testament to the creation of

The integration between craftsmanship and accessible digital technologies can help create new relationships between social capital and historical heritage (Manzini, 2015), enabling the present and future generations to know, understand, and transmit the aesthetic, geometric, and mathematical culture, as well as the symbolic and anthropological meanings of the different Mashrabiya models. The new process requires great attention and consideration of the traditional artisans’ skills while, at the same time, focusing on digital training practices and promoting a collaborative environment for the exchange of ideas and experiences.

The proposed study opens up various research lines and further investigations, including the systematisation of exemplary patterns in areas of North Africa, such as Egypt and Morocco, which are strongly marked by the presence of the Mashrabiya, to classify comparable families in an open-source digital archive; extending investigations into different geographic contexts, such as India and Spain, which have similar craft and architectural traditions,

finely carved typical motifs in larch wood (Thornton, 1983). In the stories and daguerreotypes of Goupil Fesquet, who travelled with historian Horace Vernet to the Maghreb during the Algerian campaign, the innovation of Arab craftsmanship is considered true art. Examples include small polygonal stools, used to hold plates or serve coffee, characterised by an infinite variety of geometric motifs (Mousa, 2011).

5) Henri Béchar opened his studio in the Ezbekia garden in Cairo. His work focused on landscape photography, accurate portraits of people, the spectacular nature of the images in which he interpreted archaeological sites, and urban scenes captured from unusual angles, including confined and restricted spaces (Perez, 1988).

6) The system of fixed or openable elements is based on a proportional structure roughly comparable to the following volumetric reference measurements: 230 cm in width, 300 cm in height, and between 110 and 190 cm in depth (Salloum, 1983).

7) Historian M. S. Briggs hypothesised that the Mashrabiya’s origins could date back to the oldest Egyptian Coptic churches (Briggs, 1974).

8) Among the most interesting digital archives, through which architectural and design details can be analysed and studied, are the digital archive curated by Joinery JP, the digital archive of Bibliocad, and the digital archive of Pinshape. For more information, consult the web pages: thejoinery.jp, bibliocad.com/en/library/furniture-and-equipments, and pinshape.com [Accessed 11 October 2024].

9) For more information, consult the webpage: detail.de/de\_en/from-our-archives-high-tech-for-cultural-exchange-institut-du-monde-arabe-in-paris-1987 [Accessed 9 October 2024].

10) The dome has a diameter of 180 meters and consists of 10,968 elements assembled into 85 sections. The 7,850 stars are arranged according to a complex geometric pattern designed to diffuse and fragment the light, providing shade and reducing heat, similar to a traditional Mashrabiya.

11) For more information, consult the webpage: archdaily.com/883157/louvre-abu-dhabi-atelier-jean-nouvel [Accessed 11 October 2024].

12) For more information on Louvre Abu Dhabi, consult the webpage: artsy.net/article/artsy-editorial-years-controversy-louvre-abu-dhabis-grand-ambitions-fall-short [Accessed 11 October 2024].

13) For more information, consult the webpage: saudigazette.com.sa/article/519293 [Accessed 11 October 2024].

to expand the collection; studying and testing the potential and limits of 3D and 4D digital tools, considering possible integrations provided by the artisans’ manual work; and understanding how effective collaboration between artisans and designers can be achieved, tested through field surveys, including ethnographic ones.

The Mashrabiya can thus be considered for both its value as a tangible object, whose meanings have been layered over time and as a tool aimed at activating the sharing between past and innovation, with the goal of creating new skills for sustainable design, sensitive to the specificities of places and territories, open to intercultural dialogue between the Western and Arab worlds.

14) For more information, consult the webpage: clayclub.in/triangle/ [Accessed 11 October 2024].

#### References

- Affergan, F. (1991), *Esotismo e alterità – Saggio sui fondamenti di una critica dell’antropologia*, Ugo Mursia Editore, Milano.
- Al-Kodmany, K. (2016), “Sustainable tall buildings – Cases from the Global South”, in *Archnet-IJAR | International Journal of Architectural Research*, vol. 10, issue 2, pp. 52-66. [Online] Available at: archnet.org/publications/10694 [Accessed 29 September 2024].
- Al-Murahhem, F. (2010), “The mechanism of the Rawāshīn – The Case Study of Makkah”, in *WIT Transactions on | Ecology and the Environment*, vol. 128, pp. 561-573. [Online] Available at: doi.org/10.2495/ARC100481 [Accessed 29 September 2024].
- Argan, G. C. (1964), *Salvezza e caduta nell’arte moderna*, Il Saggiatore, Milano.
- Ashour, A. F. (2018), “Islamic architectural heritage – Mashrabiya”, in *WIT Transactions on | The Built Environment*, vol. 177, pp. 245-253. [Online] Available at: doi.org/10.2495/IHA180211 [Accessed 29 September 2024].
- Bagasi, A. A., Calautit, J. K. and Karban, A. S. (2021), “Evaluation of the integration of the traditional architectural element Mashrabiya into the ventilation strategy for buildings in hot climates”, in *Energies*, vol. 14, issue 3, article 530, pp. 1-31. [Online] Available at: doi.org/10.3390/en14030530 [Accessed 29 September 2024].
- Balducci, B. and Camilli, F. (2022), “Progettare l’ecologia – Il vegetale come paradigma possibile di un’architettura sostenibile e resiliente | Designing ecology – The organic as a possible paradigm of a sustainable and resilient architecture”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 84-93. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1172022 [Accessed 29 September 2024].
- Balfour, H. (1893), *The evolution of decorative art – An essay upon its origin and development as illustrated by the art of modern races of mankind*, Mc Millan and Co., New York. [Online] Available at: archive.org/details/evolutionofdecor00balfuoft/page/ii/mode/2up [Accessed 29 September 2024].
- Bateson, G. (1984), *Mente e natura – Un’unità necessaria* [or. ed. *Mind and nature – A necessary unity*, 1979], Adelphi, Milano.



- Behrens-Abouseif, D. (2011), "Craftsmen, upstarts and Sufis in the late Mamluk period", in *Bulletin of the School of Oriental and African Studies*, vol. 74, issue 3, pp. 375-395. [Online] Available at: doi.org/10.1017/S0041977X11000796 [Accessed 29 September 2024].
- Benjamin, R. (2003), *Orientalist Aesthetics – Art, Colonialism, and French North Africa, 1880-1930*, University of California Press, Berkeley.
- Briggs, S. (1974), *Muhammadan Architecture in Egypt and Palestine*, Da Capo Press, New York.
- Burke, P. (2017), *Testimoni oculari – Il significato storico delle immagini* [or. ed. *Eyewitnessing – The Uses of Images as Historical Evidence*, 2001], Carocci, Roma.
- Casanovas, X., Campanero, J. A. A. and Campisi, T. (2024), "Patrimonio culturale e transizione energetica – Una lezione dal passato | Past Cultural heritage and energy transition – A Lesson from the Past", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 58-69. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1542024 [Accessed 29 September 2024].
- Correa, D., Bianconi, F., Filippucci, M. and Pelliccia, G. (2023), "Pattern modulari nel design igroscopico con stampa 4D – Forma e programmazione del materiale | Modular patterns in hygroscopic 4D printing design – Form and programming of the material", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 14, pp. 264-273. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/14222023 [Accessed 29 September 2024].
- Crutzen, P. J. (2002), "Geology of mankind", in *Nature*, vol. 415, issue 23, p. 23. [Online] Available at: doi.org/10.1038/415023a [Accessed 29 September 2024].
- Crutzen, P. J. and Stoermer, E. F. (2000), "The 'Anthropocene'", in *Global Change Newsletter*, vol. 41, pp. 17-18. [Online] Available at: igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf#page=17 [Accessed 29 September 2024].
- D. K. Publishing (2021), *Woodwork step by step – Carpentry techniques made easy*, D. K. Publishing, New York.
- Darwin, C. (1859), *On the origin of species*, John Murray, London.
- Duan, Z. Y., Tan, S.-K., Choon, S.-W. and Zhang, M. Y. (2023), "Crafting a place-based souvenir for sustaining cultural heritage", in *Heliyon*, vol. 9, issue 5, article e15761, pp. 1-16. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15761 [Accessed 29 September 2024].
- El-Hitami, H., Mahall, M. and Serbest, A. (2023), "Ecologia dello spazio – Progetto architettonico e relazioni transfrontaliere | An ecology of space – Architectural design for transboundary relationships", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 153-164. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13132023 [Accessed 29 September 2024].
- Fathy, H. (1986), *Natural energies and Vernacular Architecture – Principles and examples with reference to hot arid climates*, University of Chicago Press, Chicago.
- Goldin, A. (1975), "Patterns Grids and Paintings", in *Artforum*, vol. 14, issue 1, pp. 50-54. [Online] Available at: artforum.com/features/patterns-grids-and-painting-209677/ [Accessed 9 October 2024].
- Gombrich, E. H. (1979), *The sense of order – A study in the psychology of decorative art*, Phaidon Press, London.
- Grabar, O. (1973), *The formation of Islamic art*, Yale University Press, New Haven.
- Grancho, N. (2023), "Hybridity as an Appellation of Twentieth-Century Islamic Built Environment", in Drayson, E. (ed.), *Europe's Islamic Legacy – 1900 to the Present – Proceedings of the Online Conference Hosted by the University of Cambridge on 20 October 2020*, Cambridge, England, Brill, Leiden, pp. 69-97. [Online] Available at: doi.org/10.1163/9789004510722\_006 [Accessed 29 September 2024].
- Hannoosh, M. (2023), *Eugène Delacroix – Carnets de Voyage au Maghreb et en Andalousie*, Citadelles & Mazenod, Paris.
- Harris, A. and Moore, S. (2015), "Convergence and divergence in conceptualising and planning the sustainable city – An Introduction", in *Area*, vol. 47, issue 2, pp. 106-109. [Online] Available at: doi.org/10.1111/area.12176 [Accessed 29 September 2024].
- Kalton, M. C. and Mobus, G. E. (2014), *Principles of systems science*, Springer, New York. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-1-4939-1920-8 [Accessed 29 September 2024].
- Kesseiba, K. and El-Husseiny, M.-A. (2019), "Indicazioni per una sostenibilità low-cost dell'edilizia residenziale egiziana | Indications for low-cost sustainability in Egyptian residential construction", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 6, pp. 182-191. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/6172019 [Accessed 29 September 2024].
- Latour, B. (2018), *Down to earth – Politics in the new climate regime*, Polity Press, Cambridge.
- Maldonado, T. (1992), *Reale e virtuale*, Feltrinelli, Milano.
- Manni, V. and Valzano, L. S. (2023), "Modularità e architettura adattiva – Una strategia per la gestione di sistemi d'involucro complessi | Modularity and adaptive architecture – A strategy for managing complex envelope systems", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 14, pp. 134-151. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/14112023 [Accessed 29 September 2024].
- Mantash, L. and Youssef, M. (2021), "Exploring Utopian Representations in the Architecture of Art Museums in the Middle East", in Gambardella, C., Cennamo, C., Germanà, M. L., Shahidan, M. F. and Bougdah, H. (eds), *Advances in Utopian Studies and Sacred Architecture*, Springer, Cham, pp. 105-125. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-50765-7\_10 [Accessed 29 September 2024].
- Manzini, E. (2015), *Design, when everybody designs – An introduction to design for social innovation*, The MIT Press, Cambridge.
- Mattozzi, A., Volonté, P., Burtscher, A. and Lupo, D. (2009), *Biografie di oggetti – Storie di cose*, Mondadori, Milano.
- Mayre, G. (1893), "Première Exposition d'Art Musulman", in *Exposition d'art musulman – Palais de l'industrie – Catalogue officiel*, A. Bellier et C., Paris, pp. 9-15.
- McCullough, M. (1996), *Abstracting craft – The practiced digital hand*, The MIT Press, Cambridge. [Online] Available at: dl.acm.org/doi/10.5555/524384 [Accessed 8 September 2024].
- McGregor, N. (2015), *La storia del mondo in 100 oggetti*, Adelphi, Milano.
- Mollard, C. (2017), "Entretien avec Jean Nouvel, architecte – L'esprit de l'IMA, c'est la lumière et les reflets", in Beaux Arts (ed.), *L'Institut di Monde Arabe – Une Renaissance*, Beaux arts and Cie, pp. 16-19. [Online] Available at: beauxarts.com/produit/institut-du-monde-arabe/ [Accessed 29 September 2024].
- Momeni, F., Medhi Hassani, S. M. N., Liu, X. and Ni, J. (2017), "A review of 4D Printing", in *Materials & Design*, vol. 122, pp. 42-79. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.matdes.2017.02.068 [Accessed 29 September 2024].
- Morbiducci, R., Polverino, S. and Battaglia, C. (2023), "Stampa 4D per componenti costruttivi modulari – Applicazioni e principali sviluppi | 4D printing for modular construction components – Applications and Main Developments", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 14, pp. 182-193. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/14152023 [Accessed 29 September 2024].
- Morin, E. (2018), *Conoscenza Ignoranza Mistero*, Raffaello Cortina Editore, Milano.
- Moussa, S. (2011), "Le regard d'un artiste français sur l'Égypte ottoman – Le Voyage en Orient de Frédéric Goupil-Fesquet (1839-1840)", in *HAL Open Science*, pp. 1-56. [Online] Available at: shs.hal.science/halshs-00979405/document [Accessed 29 September 2024].
- Negroponce, N. (1976), *Soft Architecture Machines*, The MIT Press, Cambridge. [Online] Available at: doi.org/10.7551/mitpress/6317.001.0001 [Accessed 29 September 2024].
- Paccard, A. (1980a), *Traditional Islamic craft in Moroccan architecture – Vol. 1*, Éditions Atelier 74, Saint-Jorioz.
- Paccard, A. (1980b), *Traditional Islamic craft in Moroccan architecture – Vol. 2*, Éditions Atelier 74, Saint-Jorioz.
- Partarakis, N. and Zabulis, X. (2023), "Safeguarding traditional crafts in Europe", in *Encyclopedia*, vol. 3, issue 4, pp. 1244-1261. [Online] Available at: doi.org/10.3390/encyclopedia3040090 [Accessed 29 September 2024].
- Peltre, C. (2006), *Les Arts de l'Islam – Itinéraire d'une redécouverte*, Gallimard, Paris.
- Perez, N. (1988), *Focus East – Early photography in the Near East (1839-1885)*, Abrams, New York.
- Pomian, K. (1989), *Collezionisti, amatori e curiosi – Parigi-Venezia XVI-XVIII secolo*, Il Saggiatore, Milano.
- Rian, I. M., Al Sebai, H. and Abdalla, S. B. (2020), "Weaving the Mashrabiya Pavilion – A Mashrabiya – Inspired Pavilion Design based on Barycentric Subdivision", in Lázaro, C., Bletzinger, K.-U. and Oñate, E. (eds), *Structural Membranes 2019 – Form and Force – Proceedings of the IASS Annual Symposium 2019, Barcelona, Spain, October 7-10, 2019*, International Association for Shell and Spatial Structures (IASS), Madrid, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.6084/m9.figshare.12514226.v2 [Accessed 29 September 2024].
- Riegl, A. (2008), *Grammatica storica delle Arti figurative*, Quodlibet, Macerata.
- Saeli, M. and Campisi, T. (2020), "Architectural Technologies for Life Environment – Passive Cooling Strategies in the Architectures of the Mediterranean Area", in *ArchTheo '20 – Conference Proceedings, Istanbul, November 6, 2020*, Öztürk Dakam Yayınları, Istanbul, pp. 7-23.
- Saladin, H. (1907), *Manuel d'Art Musulman – Vol. I – L'Architecture*, Henri Picard et Fils, Paris.
- Saleh, H. S. and Saied, S. Z. (2017), "Green architecture as a concept of historic Cairo", in *Procedia Environmental Sciences*, vol. 37, pp. 342-355. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.proenv.2017.03.064 [Accessed 29 September 2024].
- Salkini, H., Greco, L. and Lucente, R. (2017), "Towards adaptive residential buildings traditional and contemporary scenarios in bioclimatic design (the case of Aleppo)", in *Procedia Engineering*, vol. 180, pp. 1083-1092. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.268 [Accessed 29 September 2024].
- Salloum, A. (1983), "El Rawashin of Jeddah Saudi Arabi", in Yannas, S. (ed.), *Passive and Low Energy Architecture – Proceedings of the Second International PLEA Conference, Crete, Greece, June 28-July 1, 1983*, Pergamon Press, Oxford, pp. 245-252. [Online] Available at: doi.org/10.1016/b978-0-08-030581-3.50036-0 [Accessed 29 September 2024].
- Semper, G. (1992), *Lo stile nelle Arti tecniche e tettoniche, o estetica pratica – Manuale per tecnici, artisti e amatori*, Editori Laterza, Roma and Bari.
- Steadman, P. (1988), *L'evoluzione del design – L'analisi biologica in architettura e nelle arti applicate* [or. ed. *The evolution of Design – Biological analogy in architecture and the applied arts*, 1979], Liguori Editore, Napoli.
- Thornton, L. (1983), *Les Orientalistes – Peintres Voyageurs 1828-1908*, ACR, Paris.
- Weber, S. (2013), "A Concert of things – Thoughts on objects of Islamic art in the museum context", in Junod, B., Khalil, G., Weber, S. and Wolf, G. (eds), *Islamic arts and the museum – Approaches to Art and Archeology of the Muslim world in the Twenty-First Century*, SAQI, London, pp. 28-53. [Online] Available at: fmik.de/index.php?aid=322-6 [Accessed 29 September 2024].
- Wichmann, B. and Wade, D. (2021), "Islamic design and its relation to mathematics", in Sriraman, B. (ed.), *Handbook of the Mathematics of the Arts and Sciences*, Springer, Cham, pp. 2561-2586. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-319-57072-3\_91 [Accessed 29 September 2024].
- Yang, Y., Shafi, M., Song, X. and Yang, R. (2018), "Preservation of cultural heritage embodied in traditional crafts in the developing countries – A Case Study of Pakistani Handicraft Industry", in *Sustainability*, vol. 10, issue 5, article 1336, pp. 1-18. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su10051336 [Accessed 29 September 2024].