



Skiagraphia, manifestazione proiettiva della transizione temporale del sole sull'architettura

Marco Fasolo
Fabio Lanfranchi
Flavia Camagni

Abstract

L'importanza che la luce assume nel complesso meccanismo della visione è nota, come è assodato il suo determinante contributo nella percezione dello spazio che ci circonda inclusa, perciò, l'architettura che lo abita.

È nell'imprescindibile legame tra luce e volumi che risiede il valore intrinseco di una forma architettonica. Ma così come è fondamentale la presenza della luce per la visione di un'architettura così lo è anche il suo opposto: l'ombra. Infatti, sono proprio le ombre, proprie, portate e autoportate che partecipano alla comprensione visiva dello spazio e degli oggetti tridimensionali rivelando le forme e le loro reciproche posizioni.

Il contributo proposto consiste in una anticipazione di una più ampia ricerca appena iniziata che mira a indagare il disegno che le ombre formano sui corpi che vengono colpiti dalla luce nei momenti di transizione del sole. In particolare, due sono i principali obiettivi della ricerca: il primo è rivolto all'osservazione di una immagine, disegno o fotografia di un solido, (dunque anche di un'architettura) per ricostruire la genesi proiettiva delle ombre presenti descrivendola e spiegandola mediante le attuali modalità comunicative e di comprensione, come il QR code e la Realtà Aumentata; il secondo, intende dotare i progettisti (architetti, ingegneri, designer) di uno strumento digitale, tramite modellazione parametrica, in grado di assisterli nel controllo degli effetti delle ombre durante l'elaborazione di un loro progetto.

Parole chiave

disegno delle ombre, teoria delle ombre, progettazione architettonica, comunicazione digitale, modellazione parametrica



La *skiagraphia* nella transizione del sole. Elaborazioni grafiche degli autori.

Introduzione

Il momento della rappresentazione di un'architettura è in stretta correlazione con l'atto della percezione; infatti, entrambe le operazioni hanno come base informativa il campo fenomenico così come si presenta all'osservazione. Questa osservazione è quella della percezione visiva che assume per l'architetto un ruolo fondamentale per la formazione della mappa conoscitiva del mondo delle forme nel quale dovrà intervenire con la sua attività. Nel complesso meccanismo della percezione visiva la luce occupa un determinante ruolo. La ricerca [1], della quale questo contributo intende presentare in anteprima i suoi obiettivi, intende rivolgersi all'illuminazione e soprattutto al suo contrario: l'ombra nonché alla contemporanea inscindibile partecipazione di entrambe nel favorire la comprensione del mondo, come efficacemente ci ricorda Pietro Toesca, "Spazio e volume, luce coi suoi effetti di chiaroscuro, di colore, di ombre ch'essa proietta dai corpi [...] si confondono e si temperano [...] nell'occhio e soprattutto nell'operare dell'artista quegli aspetti del visibile possono acquistare ciascuno un valore distinto, ora accentuato in rispetto agli altri, ora diminuito sino ad annullarsi, per l'interiore necessità dell'opera d'arte, che li adopera e li gradua al proprio scopo nella sua forma" [Toesca 1952, p. 1] (fig. 1).

L'osservazione degli effetti delle ombre e del chiaroscuro rivelano le forme degli oggetti e le loro posizioni reciproche ciò vale sia per la lettura di un'architettura già realizzata che per quella ideata ma non ancora costruita.

Appare perciò necessario anche per l'architetto progettista acquisire la capacità di comprendere e gestire la luce e le ombre sulle opere che intende realizzare. È doveroso ricordare come l'imprescindibile legame tra la luce e i volumi che compongono l'architettura sia stato eloquentemente definito da Le Corbusier nella sua celebre frase "L'architettura è il gioco sapiente, rigoroso e magnifico dei volumi assemblati nella luce" [Le Corbusier 1973, p. 16]. Queste attività: comprensione e gestione si possono attuare solo se il progettista assume dentro di sé la piena consapevolezza degli effetti della luce sui corpi e del risultato che questa produce con il suo negativo: l'ombra. In altre parole, la conoscenza della formazione geometrica delle ombre deve essere insita nel progettista in tutto il percorso progettuale della sua opera. Attraverso Il Disegno, strumento principe di dialogo, prima tra il progettista e sé stesso, poi tra il progettista e il destinatario, l'architetto dovrà considerare già nella fase ideativa l'effetto che le ombre produrranno sull'edificio da realizzare, successivamente,

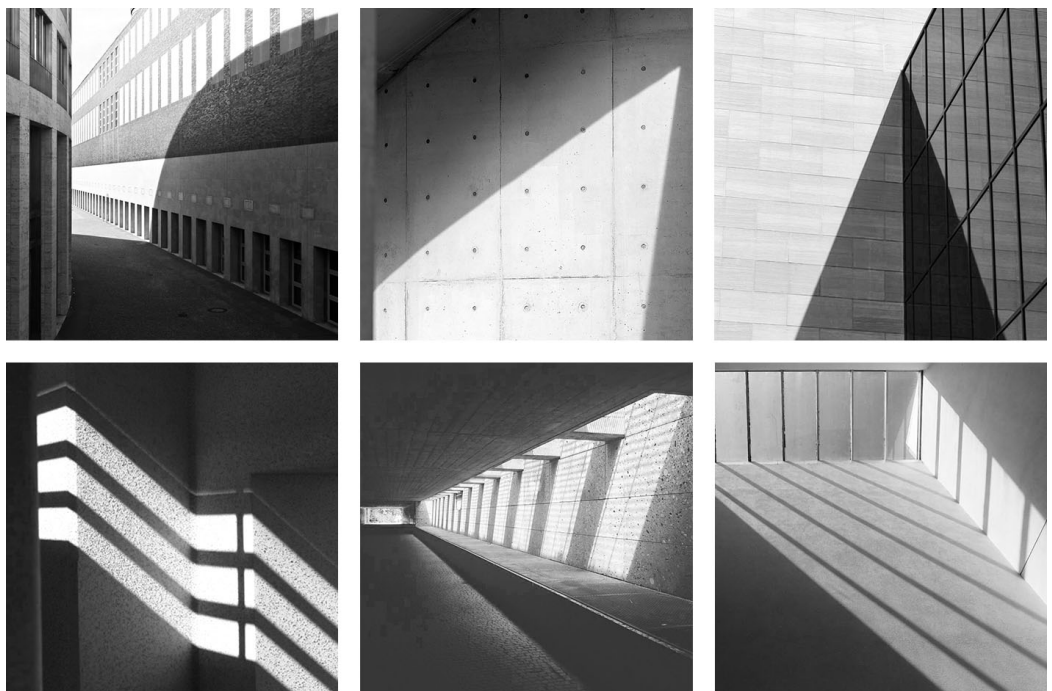


Fig. 1. Effetto delle ombre su architetture.

quando il progetto sarà giunto ad una fase compiuta, il controllo delle ombre sull'oggetto, calato geograficamente nel suo sito, permetterà al progettista stesso di verificare ed eventualmente modificare le sue scelte formali. La ricerca proposta intende riflettere su questo insieme di esigenze, fornendo, come primo scopo, gli spettatori (in fase conoscitiva) di uno strumento critico per comprendere la genesi proiettiva delle ombre leggibili su un'architettura già costruita, o meglio di una sua immagine fotografica, nonché, secondo scopo, dotare gli architetti (in fase progettuale) di un sistema digitale in grado di controllare geometricamente l'andamento delle ombre al variare dell'illuminazione naturale.

Stato dell'arte

Lo studio della visione, delle ombre e della sua rappresentazione sono stati oggetto di uno sviluppo che si protrae nel tempo. Per la teoria della visione non si possono non ricordare gli studi degli antichi quali Democrito, Euclide, Tolomeo, Alhazen, passando per i contributi del due-trecento di Witelo, Peckham, Pelecani, alle riflessioni quattrocentesche di Alberti, Leonardo, per giungere alle mature teorizzazioni di Kepler, Descartes, Newton, Huygens, Fresnel, Maxwell, fino ai più recenti studi. Parallelemente si assiste ad importanti sviluppi sulla teoria delle ombre grazie al già citato Alhazen, agli studi sulla prospettiva ad opera di Cennini, Alberti, Piero della Francesca, ancora Leonardo, Dürer, Barbaro, Jemnitzer, Vignola, Sirigatti, Guidobaldo del Monte, i trattatisti settecenteschi Troili, Pozzo, Taylor, Lambert, le mature opere di Peri, Tessari, Loria, Bonci. I contemporanei studi sulle ombre in ambiente digitale di Phong, Warn, Glassner, Reinhard.

Occorre però anche dire che mentre gli studi sulla percezione della visione hanno proseguito in diverse e sapienti direzioni, gli studi sulle ombre per l'architettura, finalizzati alla comprensione geometrica del fenomeno e alla progettazione architettonica, sembrano aver subito una preoccupante battuta d'arresto, questi studi sono stati infatti relegati troppo spesso a lavori inseriti in libri scientifici che trattano, tra gli altri argomenti, la teoria delle ombre e del chiaroscuro ancora con un approccio prettamente orientato sul problema rappresentativo sia se lo si affronta in modalità analogica, seguendo i dettami dei metodi grafici, sia in ambiente digitale. A proposito di quest'ultimo occorre anche mettere in evidenza come i modellatori digitali offrono varie possibilità che vanno dalla semplice applicazione della legge di J. H. Lambert (*shading*) alla costruzione delle isofote, fino a vari strumenti che, utilizzando una sorta di chiaroscuro a falsi colori, mostrano le variazioni di curvatura della superficie e le sue discontinuità. Inoltre è bene osservare come, ad esempio, gli algoritmi digitali del chiaroscuro applicano, perfezionandole, regole che appartengono alla storia della prospettiva, come la già citata legge di Lambert che è stata trascritta in software da Bui Tuong Phong nel 1975 e che oggi è implementata in qualsiasi scheda grafica.

L'obiettivo dello studio proposto non intende partire dal mero problema rappresentativo bensì avviare una riflessione iniziando dalla visione della realtà o da una fotografia di essa e andando ad osservare l'andamento, visibile ma intangibile, delle linee d'ombra propria e portata al variare del movimento della luce (fig. 2) ponendosi così la domanda sulla natura di queste linee e come sia possibile determinarne il loro andamento. La risposta, come sappiamo è fornita dallo studio e dall'applicazione della Teoria delle ombre. Questo argomento appartiene alla disciplina della Geometria descrittiva la quale insegna, nello specifico,



Fig. 2. Il disegno delle ombre durante la variazione della luce. Elaborazioni grafiche degli autori.

a costruire le ombre su un determinato oggetto. Ma queste applicazioni, che ritroviamo nei testi ad esse dedicate, vengono eseguite in gran parte su soggetti realizzati ad hoc, disegnati nei diversi metodi di rappresentazione e, una volta decisa la sorgente di luce, viene risolto il problema. Raramente è spiegata e resa evidente la natura spaziale, proiettiva, del fenomeno e meno ancora la stretta corrispondenza con l'evento naturale. Si è ancora troppo legati all'impostazione tradizionale del problema come già lo aveva illustrato, ad esempio, Matteo Zaccolini nel suo trattato sulle ombre (1618-1622) che partendo dal problema rappresentativo giunge al disegno col chiaroscuro, surrogato del risultato finale che simula la realtà. Noi proponiamo invece il percorso inverso: dalla realtà alla definizione geometrica del problema, credendo fermamente che per comprendere la geometria delle ombre e, di conseguenza, per poterla gestire in modo consapevole, la via maestra risieda nell'osservazione della realtà o di una sua istantanea, la fotografia, o di un suo disegno dal vero [2] (fig. 3).

Metodologia

La metodologia che la ricerca intende seguire per raggiungere il primo scopo, cioè quello di fornire a chi osserva una fotografia di un solido o di un'architettura uno strumento digitale in grado di svelare la formazione del disegno delle ombre si può riassumere nei seguenti 5 punti. I primi 3 sono dedicati alla genesi geometrica delle ombre che attinge dalla Teoria delle ombre:

- L'oggetto di partenza è una fotografia di un'architettura, di un suo dettaglio o di un modello fisico di oggetti astratti (parallelepipedo, cono, sfera, ecc.) concepiti come 'mattoni' di un edificio. D'altronde è lo stesso Le Corbusier che ci ricorda come: "I nostri occhi sono fatti per vedere le forme nella luce: le ombre e le luci rivelano le forme; i cubi, i coni, le sfere, i cilindri o le piramidi sono le grandi forme primarie che la luce esalta; l'immagine ci appare netta e tangibile, senza ambiguità. È per questo che sono belle forme, le più belle forme. Tutti sono d'accordo, il bambino, il selvaggio e il metafisico. Condizione stessa delle arti plastiche" [Le Corbusier 1973, p.16] (fig. 4a).
- Sulla fotografia si individua e si evidenzia il contorno delle ombre proprie e portate escludendo volutamente i vari effetti di riflessione, chiaroscuro e prospettiva aerea (fig. 4b). Da queste linee, che compongono il perimetro delle ombre, unitamente alle linee che costituiscono la separatrice d'ombra propria, si risale alla direzione della sorgente luminosa (fig. 4c), si costruiscono infine i piani e le superfici di luce passanti per la separatrice d'ombra (fig. 4d).

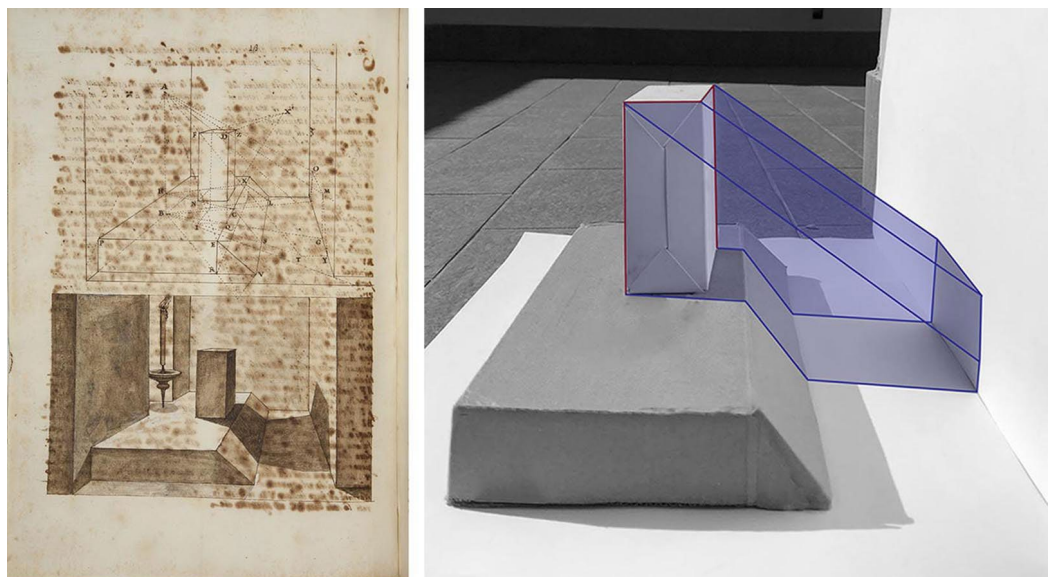


Fig. 3. Dal modello grafico delle ombre al suo modello fisico: a sinistra il modello grafico di Zaccolini (Zaccolini 1618-1622, f. 13v); a destra il modello fisico della sua realtà, elaborazione grafica degli autori.

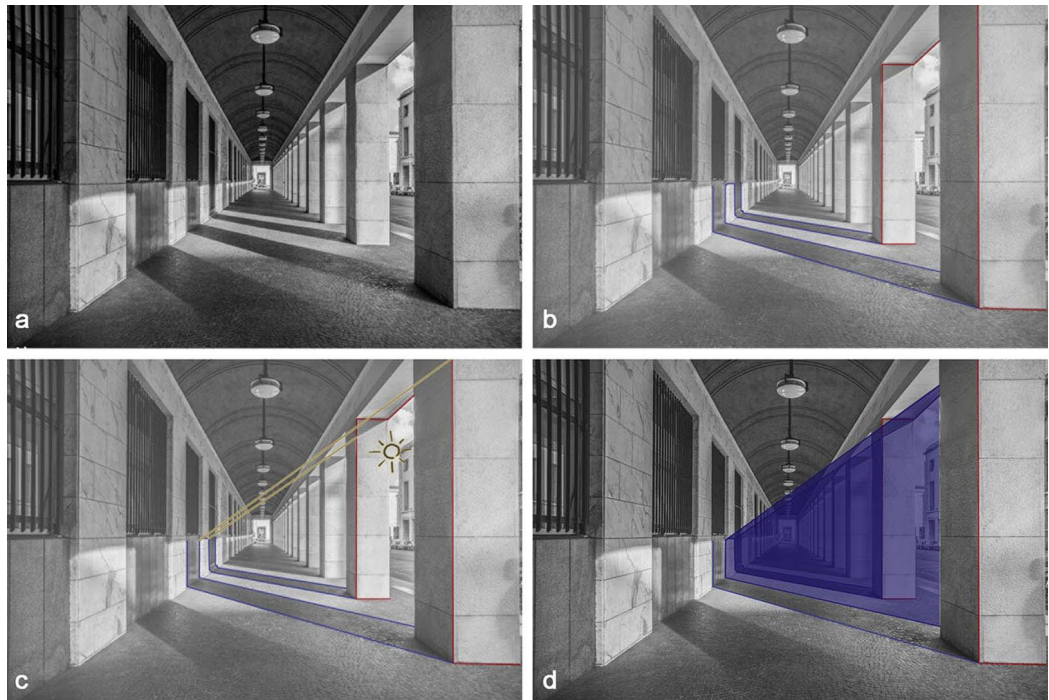


Fig. 4. Modello fotografico di un'architettura: a) immagine fotografica; b) individuazione del contorno delle ombre; c) individuazione della direzione del raggio di luce; d) costruzione dei piani di luce. Elaborazioni grafiche degli autori.

- Successivamente si realizzano i modelli tridimensionali sintetici che rappresentano l'architettura indagata, o parti di essa (fig. 5a). Su di essi è possibile costruire il modello geometrico delle ombre (o della luce) emerso nell'analisi grafica della fotografia. È possibile così mettere in evidenza la linea spezzata separatrice d'ombra (fig. 5b), ricavando la direzione della luce (fig. 5c). Infine, si costruiscono i piani di luce che passano per i segmenti della separatrice d'ombra e che hanno generato nella loro intersezione con i piani su cui cade l'ombra, il contorno dell'ombra portata (fig. 5d).

I successivi 2 punti riguardano la comunicazione del fenomeno proiettivo nel quale l'uso dei modelli tridimensionali non è solo quello di verificare quanto emerso nell'indagine della

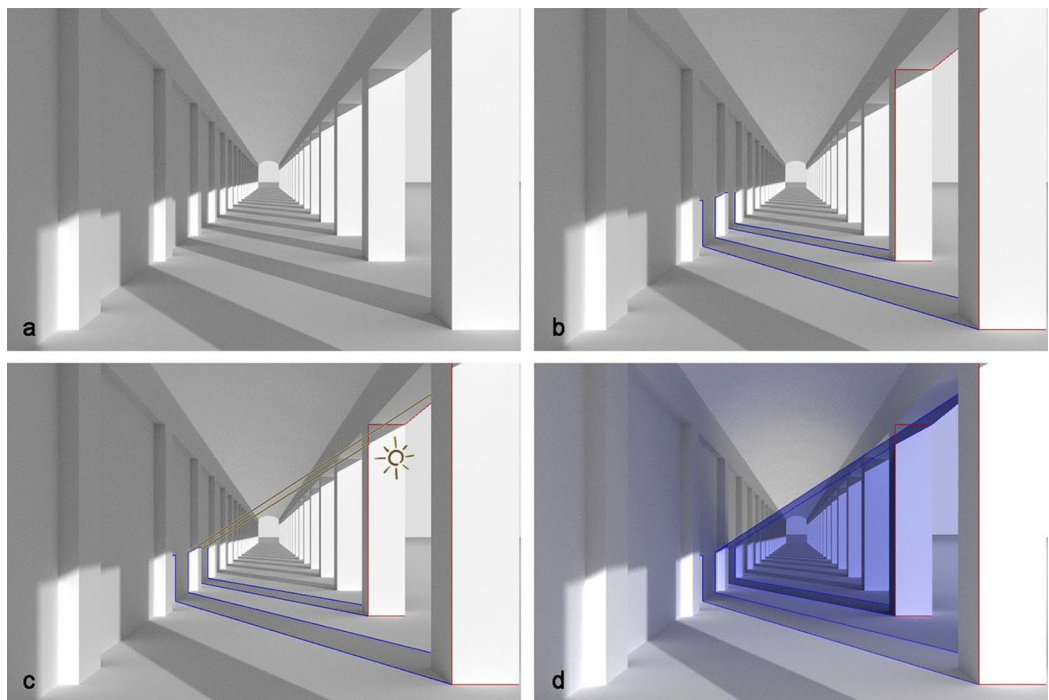


Fig. 5. Modello digitale della precedente architettura: a) immagine del modello; b) individuazione del contorno delle ombre; c) individuazione della direzione del raggio di luce; d) costruzione dei piani di luce. Elaborazioni grafiche degli autori.



Fig. 6. Viste del modello digitale con l'indicazione dei piani di luce conservando la stessa direzione della sorgente luminosa. Elaborazioni grafiche degli autori.

Fig. 7. Fruizione dei modelli fotografici e digitali tramite QR code su piattaforma online. Elaborazioni grafiche degli autori.

fotografia, ma soprattutto quello di restituire nello spazio il comportamento geometrico del formarsi delle ombre (fig. 6). I modelli costruiti con questo scopo costituiscono la base per le due fasi successive dedicate alla comunicazione.

- Il contenuto digitale esperito mediante QR Code è in grado di indirizzare, se inquadrato dalla telecamera di smartphone o tablet, ad una piattaforma digitale per visualizzare i modelli tridimensionali online (fig. 7). Questa tipologia di strumento presenta differenti vantaggi, tra cui quello di un'agevole diffusione verso fruitori e studiosi. Il codice grafico, infatti, può essere letto da una comune fotocamera presente negli smartphone tramite link conducendo l'utente alla piattaforma per la visualizzazione del modello, consentendo in questo modo l'osservazione del fenomeno nello spazio digitale, orbitando il modello direttamente tramite il touchscreen.
- In alternativa si può utilizzare la Realtà Aumentata per permettere di visualizzare direttamente i modelli proiettati nell'ambiente reale.

Questo sistema permette un simultaneo confronto tra fotografia e modello digitale. La modalità di fruizione, dunque, si adatta particolarmente bene ai contenuti della ricerca: la fotografia indagata diviene il *target* attivatore della tecnologia; il fruitore, inquadrando l'immagine, visualizza le analisi geometriche elaborate su di essa e simultaneamente il modello tridimensionale. In questo modo è possibile osservare i due contenuti contemporaneamente, permettendo un continuo e intuitivo rimando tra la fotografia e il modello spaziale (fig. 8).

Il secondo scopo della ricerca è rivolto al progettista con l'obiettivo di dotarlo di uno strumento digitale in grado di assisterlo durante il suo lavoro di ideatore di forme. La realizzazione di un sistema digitale parametrico è indirizzata a esplicitare la costruzione delle ombre, sempre sotto il punto di vista geometrico-proiettivo al variare, in modo dinamico, della direzione della luce nell'arco della transizione temporale (fig. 9).

Esistono già diversi sistemi che svolgono funzioni analoghe; generalmente questi sono concepiti per il controllo del soleggiamento e per l'efficientamento energetico. Tra i molti citiamo il *plug-in* LadyBug e ClimateStudio, questi sistemi però generalmente si concentrano sugli effetti dell'irraggiamento solare, celando al fruitore i meccanismi geometrici. Il sistema parametrico è composto di due parti, una di queste gestisce, attraverso infor-

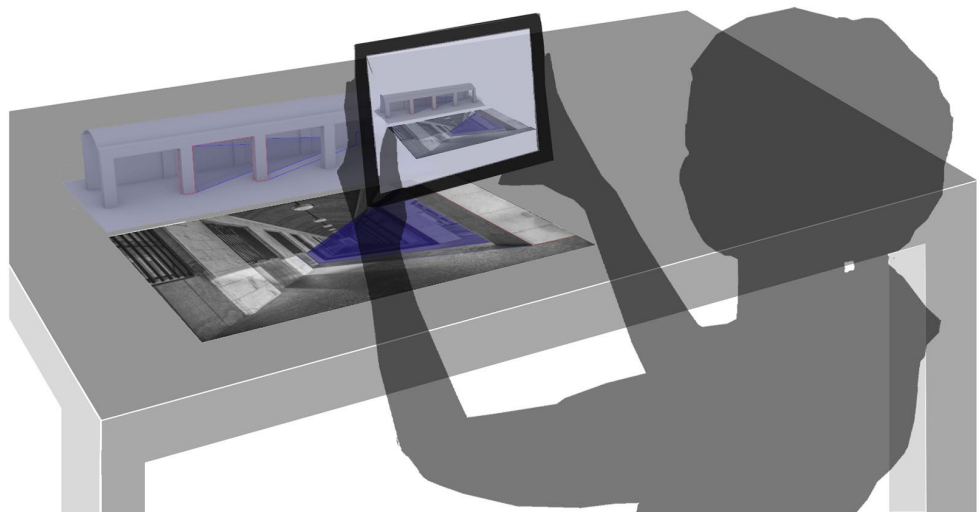


Fig. 8. Fruizione dei modelli fotografici e digitali mediante Realtà Aumentata. Elaborazioni grafiche degli autori.

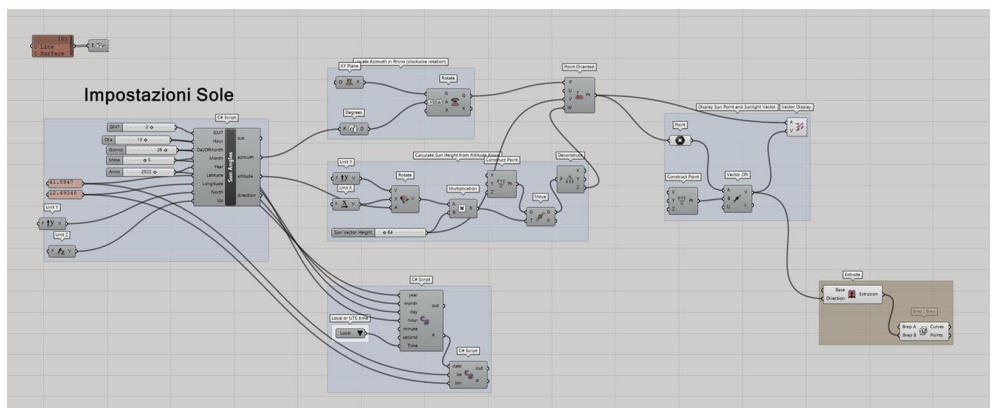
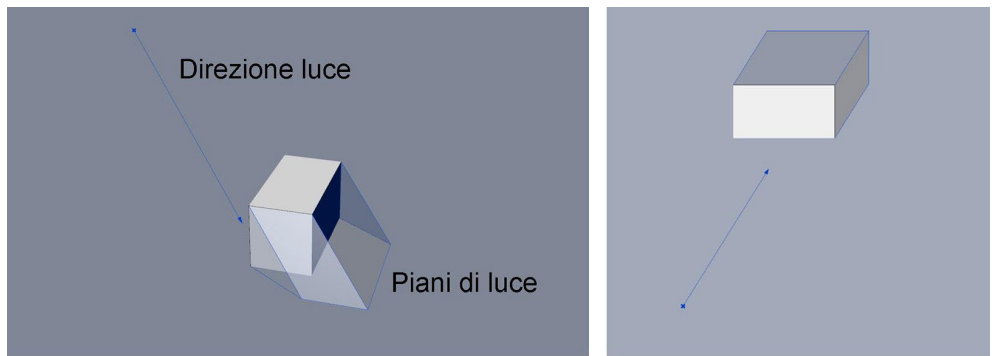


Fig. 9. Esempificazione del modello parametrico per la generazione dei piani di luce secondo la variazione della direzione luminosa. Elaborazioni grafiche degli autori.

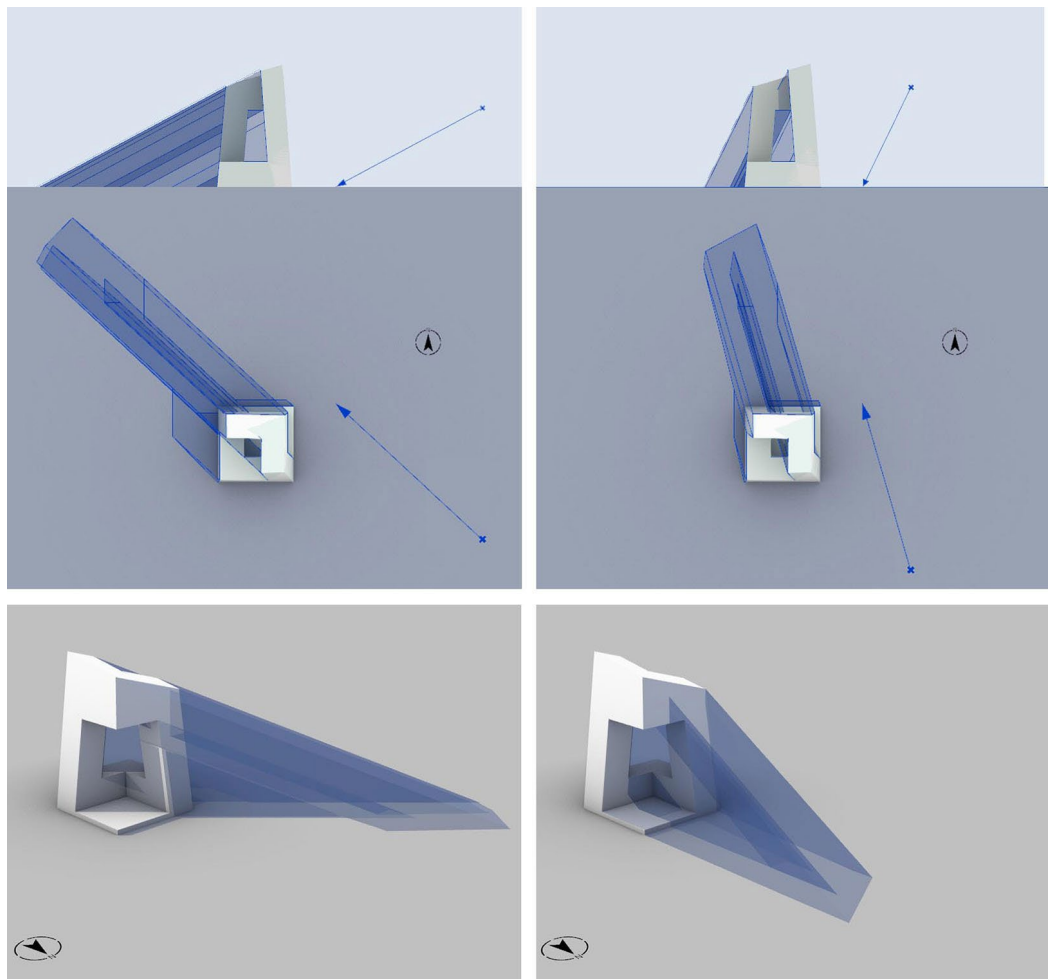


Fig. 10. Sperimentazione del sistema parametrico su forme complesse applicato alla transizione temporale della luce. Elaborazioni grafiche degli autori.

mazioni come la collocazione spaziale e temporale, la direzione della sorgente luminosa, e una seconda parte è responsabile della formazione dei piani di luce. In questo modo è possibile realizzare un modello che mostri il cambiamento delle ombre e il loro comportamento geometrico al variare del movimento del sole anche su modelli complessi (fig. 10).

Un'altra finalità del sistema parametrico è quello di fornire uno strumento al progettista per prevedere, attraverso l'ombra prodotta, il massimo ingombro del volume realizzabile;

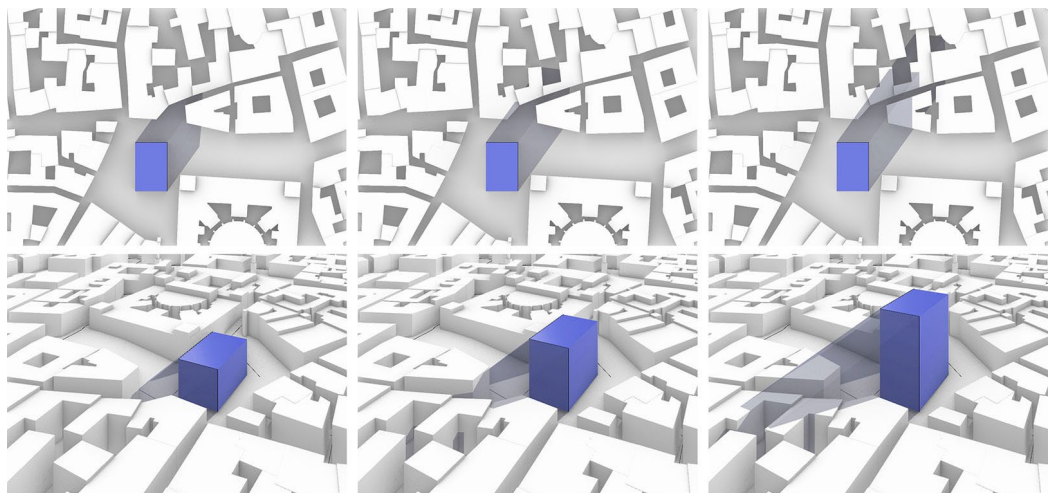


Fig. 11. Sistema parametrico con il raffronto del risultato delle ombre al variare dell'altezza dell'oggetto progettato. Elaborazioni grafiche degli autori.

questo avviene ad esempio per la progettazione in un contesto urbano consolidato (fig. 11). Lo scopo di queste applicazioni è raggiungere una piena consapevolezza del fenomeno, non limitandolo ad una sola configurazione, cristallizzata nel tempo ma di acquisire la capacità di prefigurare il comportamento geometrico delle ombre nell'arco della giornata, così da poterla implementare nel processo di ideazione e in fase di progetto.

Conclusioni

La ricerca proposta si configura come un contributo significativo alla comprensione del fenomeno geometrico delle ombre fornendo alla comunità scientifica un originale apporto innovativo al suo studio destinato ai progettisti (architetti, ingegneri, designer).

I punti essenziali di originalità e innovatività si possono pertanto rintracciare sinteticamente come segue:

- la raccolta di fotografie già realizzate o da eseguire che hanno come tema privilegiato la luce e le ombre potrà configurarsi come un repertorio di immagini riconducibili agli scopi della ricerca;
- la collezione di modelli digitali desunti dall'osservazione di architetture, da parti di esse, o da modelli fisici costituiranno anche qui un vasto repertorio di casi;
- l'esplorazione dei modelli digitali appositamente realizzati, esperiti secondo due differenti modalità, QR code e AR, rappresenteranno un avanzamento delle conoscenze rivolte alla divulgazione e alla disseminazione degli effetti delle ombre sui corpi;
- infine, la realizzazione di un sistema digitale parametrico si porrà come un importante strumento descrittivo di ausilio per i progettisti.

Ciascuno dei precedenti punti si presta ad essere implementato con la finalità di creare un database dedicato allo studio degli effetti geometrici della luce sui corpi.

Note

[1] La ricerca cui si fa riferimento ha risposto ad un recente bando dell'Ateneo Sapienza Università di Roma, Facoltà di Architettura ottenendo l'approvazione e il relativo finanziamento. Gli autori del presente contributo ne ricoprono i ruoli di responsabile scientifico e partecipanti.

[2] Seppure con la consapevolezza che sia l'immagine fotografica che quella del disegno sono filtrate dagli aspetti tecnici e dal sostegno critico di chi le realizza.

Riferimenti bibliografici

Calisi D. (2015). *Luce ed ombra nella rappresentazione. Rilettura storica e sperimentazioni idiomatiche*. Roma: Aracne.

Candito C. (2010). *Il Disegno e la Luce. Fondamenti e metodi, storia e nuove applicazioni delle ombre e dei riflessi nella rappresentazione*. Firenze: Alinea.

Casale A. (2018). *Forme della percezione dal pensiero all'immagine*. Milano: FrancoAngeli.

Casati R. (2008). *La scoperta dell'Ombra*. Bari: Laterza.

De Rosa A. (1997). *Geometrie dell'Ombra. Storia del simbolismo della teoria delle ombre*. Milano: CittàStudiEdizioni.

Fasolo O., Di Clemente A., Fasolo M. (1993). *Le ombre in proiezioni ortogonali. Dall'immagine alla teoria*. Roma: Edizioni Kappa.

Gay F. (2004). *Photofanie: esattezza della luce e approssimazioni dell'ombra in architettura*. In A. De Rosa (a cura di). *Tra Luce e Ombra*, pp. 209-221. Padova: Il Poligrafo.

Le Corbusier (1973). *Verso una Architettura*. Milano: Longanesi & C.

Lindberg D. C. (1996). *Theories of Vision – from Al-Kindi to Kepler*. Chicago: University of Chicago Press.

Stockel G. (1998). *Percezione, Rappresentazione, Comunicazione*. Roma: Edizioni Kappa.

Stoichita V. I. (2004). Al di là del complesso di Peter Pan. Le Ombre di Andy Warhol. In A. De Rosa (a cura di). *Tra Luce e Ombra*, pp. 65-73. Padova: Il Poligrafo.

Toesca P. (1952). Ombre proiettate. In *Spazio*, 3, n. 6, pp. 1-4.

Zaccolini M. (1618-1622). *Della Descrizione dell'Ombre prodotte da Corpi opachi rettilinei*.

Autori

Marco Fasolo, Sapienza Università di Roma, marco.fasolo@uniroma1.it

Fabio Lanfranchi, Sapienza Università di Roma, fabio.lanfranchi@uniroma1.it

Flavia Camagni, Sapienza Università di Roma, flavia.camagni@uniroma1.it

Per citare questo capitolo: Fasolo Marco, Lanfranchi Fabio, Camagni Flavia (2023). Skiagraphia, manifestazione proiettiva della transizione temporale del sole sull'architettura/Skiagraphia, Projective Manifestation of the Sun's Temporal Transition on Architecture. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (a cura di). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 1281-1300.



Skiagraphia, Projective Manifestation of the Sun's Temporal Transition on Architecture

Marco Fasolo
Fabio Lanfranchi
Flavia Camagni

Abstract

The importance that light assumes in the complex mechanism of vision is well known, as is its decisive contribution in the perception of the environment that surrounds us including, therefore, the architecture.

It is in the inescapable link between light and the volumes of an architectural form that its intrinsic value lies. But just as the presence of light is fundamental to the vision of an architecture, the same is for its opposite: the shadow. In fact, it is precisely shadows and drop shadows that participate in the visual understanding of space and three-dimensional objects by revealing forms and their reciprocal positions.

The proposed contribution is an anticipation of a broader research that has just begun, which aims to investigate the pattern that shadows form on bodies that are struck by light at moments of sun transition. In detail there are two main objectives of the research: the first is aimed at observing an image, drawing or photograph of a solid, (therefore also of an architecture) in order to reconstruct the projective genesis of the shadows in it. The goal is to describe and explain it through the current modes of communication and understanding, such as the QR code and Augmented Reality. The second, intends to provide designers (architects, engineers, designers) with a digital tool, through parametric modelling, capable of assisting them in controlling the effects of shadows during the elaboration of one of their projects.

Keywords

shadow drawing, shadow theory, architectural design, digital communication, parametric modelling



The *skiagraphia* in the sun transition. Graphic elaborations by the authors.

Introduction

The moment of representing an architecture is in close correlation with the act of perception; in fact, both operations have as their informative basis the phenomenal field as it presents itself to observation. This observation is that of visual perception that assumes for the architect a fundamental role in the formation of the cognitive map of the world of forms in which he will have to intervene with his activity. In the complex mechanism of visual perception, light occupies a decisive role. The research [1], of which this contribution proposes to present a preview of its objectives, intends to address illumination and above all its opposite: shadow, as well as the simultaneous inseparable participation of both in favouring the understanding of the world, as Pietro Toesca effectively reminds us, "Space and volume, light with its effects of chiaroscuro, colour and shadows that it projects from bodies [...] mingle and are tempered [...] in the eye and above all in the work of the artist, these aspects of the visible can each acquire a distinct value, at times accentuated with respect to the others, at times diminished to the point of being annulled, due to the inner necessity of the work of art, which uses and graduates them to its own purpose in its form" [Toesca 1952, p. 1] [2] (fig. 1).

Observation of the effects of shadows and chiaroscuro reveal the shapes of objects and their positions in relation to each other. This applies both to the reading of an architecture that has already been realised and to one that has been designed but not yet built.

It is therefore also necessary for the architect-designer to acquire the ability to understand and manage light and shadows on the works he intends to realise. It is worth remembering how the essential link between light and the volumes that make up architecture was eloquently defined by Le Corbusier in his famous phrase "Architecture is the masterly, rigorous and magnificent play of volumes assembled in light" [Le Corbusier 1973, p. 16] [3].

These activities: understanding and management can only be implemented if the designer assumes within himself full awareness of the effects of light on bodies and the result it produces with its negative: the shadow. In other words, knowledge of the geometric formation of shadows must be inherent in the designer throughout the project of his work. Through the Drawing, the main instrument of dialogue, first between the designer and himself, then between the designer and the recipient, the architect must consider the effect that shadows will produce on the building to be realised already in the ideational phase. Later on, when the project has reached a completed stage, the control of the shadows on the object, geo-

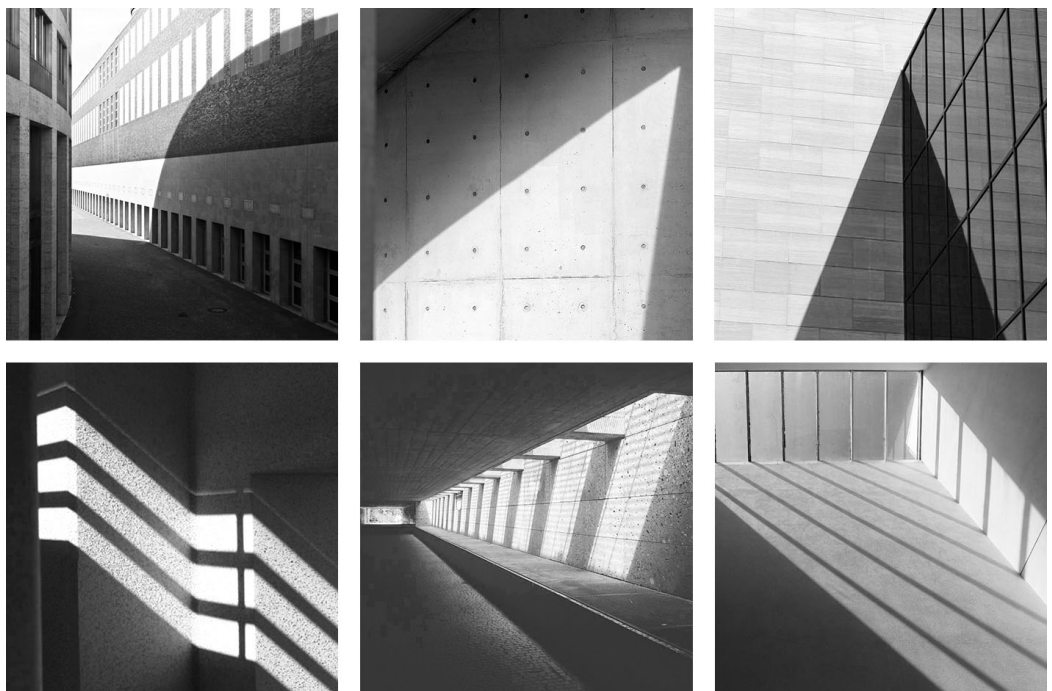


Fig. 1. Effect of shadows on architecture.

graphically placed in its site, will allow the designer to verify and possibly modify his formal choices. The proposed research intends to reflect on this set of needs, providing, as a first aim, the viewers (in the cognitive phase) with a critical tool to understand the projective genesis of the shadows that can be read on an already constructed architecture, or rather on a photographic image of it, and, as a second aim, to provide the architects (in the design phase) with a digital system capable of geometrically controlling the course of the shadows as the natural illumination changes.

State of the art

The study of vision, shadows and their representation have been the subject of a development that goes back in time. For the theory of vision, one cannot but recall the studies of the ancients such as Democritus, Euclid, Ptolemy, Alhazen, the contributions of the two-thirteenth century by Witelo, Peckham, Pelecani, the fifteenth-century reflections of Alberti, Leonardo, and the mature theorisations of Kepler, Descartes, Newton, Huygens, Fresnel, Maxwell, up to the most recent studies. At the same time, there are important developments in shadow theory thanks to the aforementioned Alhazen, studies on perspective by Cennini, Alberti, Piero della Francesca, Leonardo, Dürer, Barbaro, Jemnitzer, Vignola, Sirigatti, Guidobaldo del Monte, the 18th-century treatise writers Troili, Pozzo, Taylor, Lambert, and the mature works of Peri, Tessari, Loria, Bonci. Contemporary shadow studies in the digital environment by Phong, Warn, Glassner, Reinhard.

It must also be said, however, that while studies on the perception of vision have continued in different and wise directions, studies on shadows for architecture, aimed at the geometric understanding of the phenomenon and architectural design, seem to have suffered a worrying setback, these studies have in fact been relegated too often to works included in scientific books that deal, among other topics, with the theory of shadows and chiaroscuro, still with an approach purely oriented towards the representational problem whether it is dealt with in analogue mode, following the rules of graphic methods, or in a digital environment. With reference to the latter, it should also be emphasised how digital modellers offer various possibilities ranging from the simple application of J. H. Lambert's law (shading) to the construction of isophotes, up to various tools that, using a kind of false-colour chiaroscuro, show the variations in the curvature of the surface and its discontinuities. It is also worth noting how, for example, digital chiaroscuro algorithms apply, by refining them, rules that belong to the history of perspective, such as the aforementioned Lambert's law that was transcribed into software by Bui Tuong Phong in 1975 and that today is implemented in any graphics card.

The aim of the proposed study is not to start from the simple problem of representation but rather to initiate a reflection starting from the vision of reality or from a photograph of it and going on to observe the visible but intangible course of the shadow lines of its own and brought in as the movement of light changes (fig. 2), thus posing the question as to the nature of these lines and how it is possible to determine their course. The answer, as we know, is provided by the study and application of shadow theory. This subject belongs to the discipline of Descriptive Geometry which teaches, specifically, how to construct shadows on a given object. But these applications, which we find in the texts dedicated to them, are



Fig. 2. The drawing of shadows during the variation of light. Graphic elaborations by the authors.

largely performed on ad hoc subjects, drawn in the various methods of representation and, once the source of light is decided, the problem is solved. Rarely is the spatial, projective nature of the phenomenon explained and made evident, and even less so the close correspondence with the natural event. One is still too tied to the traditional approach to the problem as already illustrated, for example, by Matteo Zaccolini in his treatise on shadows (1618-1622) who, starting from the representational problem, arrives at drawing with chiaroscuro, a surrogate for the final result that simulates reality. Instead, we propose the opposite path: from reality to the geometric definition of the problem, firmly believing that in order to understand shadow geometry and, consequently, to be able to consciously manage it, the main way lies in observing reality or a snapshot of it, a photography, or a drawing from life [4] (fig. 3).

Methodology

The methodology that the research intends to follow in order to achieve the first aim, i.e., to provide the observer of a photograph of a solid or an architecture with a digital tool capable of revealing the formation of the shadow design, can be summarised in the following 5 points. The first 3 are dedicated to the geometric genesis of shadows that draws on the Theory of Shadows:

- The starting object is a photograph of an architecture, a detail of it or a physical model of abstract objects (parallelepiped, cone, sphere, etc.) conceived as the 'bricks' of a building. On the other hand, it is Le Corbusier himself who reminds us how: "Our eyes are made to see shapes in the light: shadows and light reveal shapes; cubes, cones, spheres, cylinders or pyramids are the great primary forms that light exalts; the image appears clear and tangible to us, without ambiguity. That is why they are beautiful forms, the most beautiful forms. Everyone agrees, the child, the wild and the metaphysical. The very condition of the plastic arts" [5] [Le Corbusier 1973, p. 16] (fig. 4a).
- On the photograph, the outline of the attached shadows and cast shadows is identified and highlighted by deliberately excluding the various effects of reflection, chiaroscuro and aerial perspective (fig. 4b). From these lines, which form the perimeter of the shadows, together with the lines constituting the boundary shadow line, the direction of the light source is traced (fig. 4c), and finally the planes and surfaces of light passing through the boundary shadow are constructed (fig. 4d).

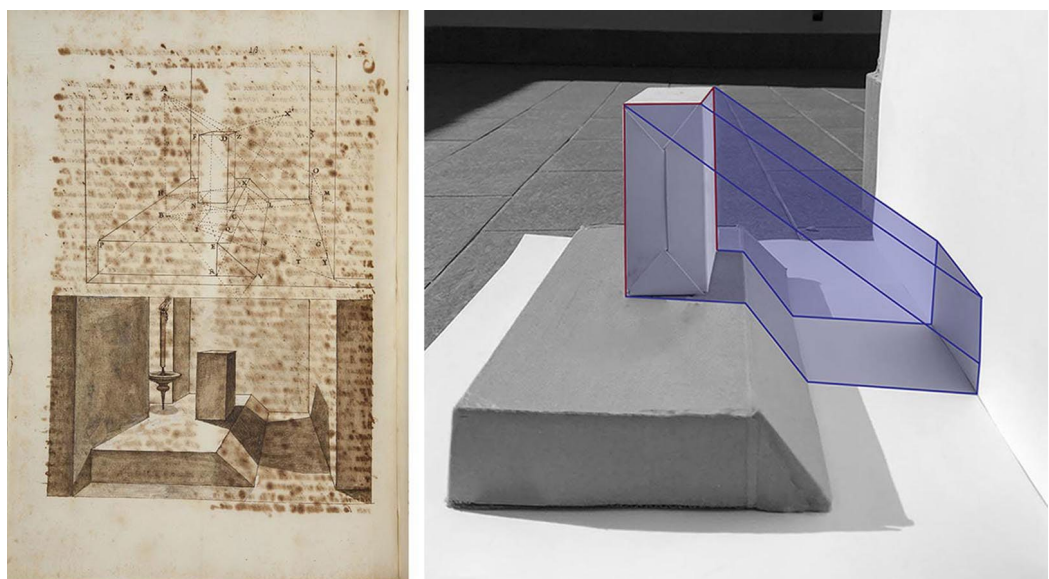


Fig. 3. From the graphic model of shadows to its physical model: Left Zaccolini's graphic model (Zaccolini 1618-1622, f. 13v); right the physical model of his reality, graphic elaboration by the authors.

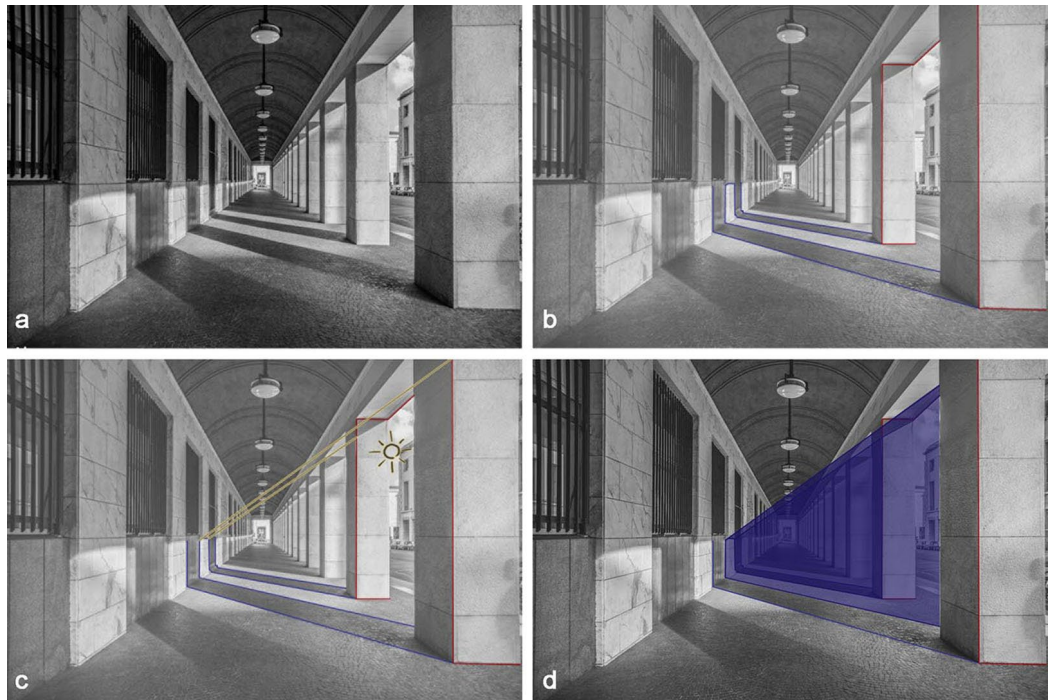


Fig. 4. Photographic model of an architecture: a) photographic image; b) identification of the outline of the shadows; c) identification of the direction of the light ray; d) construction of the light planes. Graphic elaborations by the authors.

- Next, synthetic three-dimensional models representing the investigated architecture, or parts of it, are produced (fig. 5a). On these, it is possible to construct the geometric shadow (or light) model that emerged in the graphic analysis of the photograph. It is thus possible to highlight the boundary shadow line (fig. 5b), by deriving the direction of the light (fig. 5c). Finally, the planes of light passing through the segments of the boundary shadow are constructed and have generated in their intersection with the planes on which the shadow falls, the outline of the cast shadow (fig. 5d).

The next two points concern the communication of the projective phenomenon in which the use of three-dimensional models is not only to verify what emerged in the

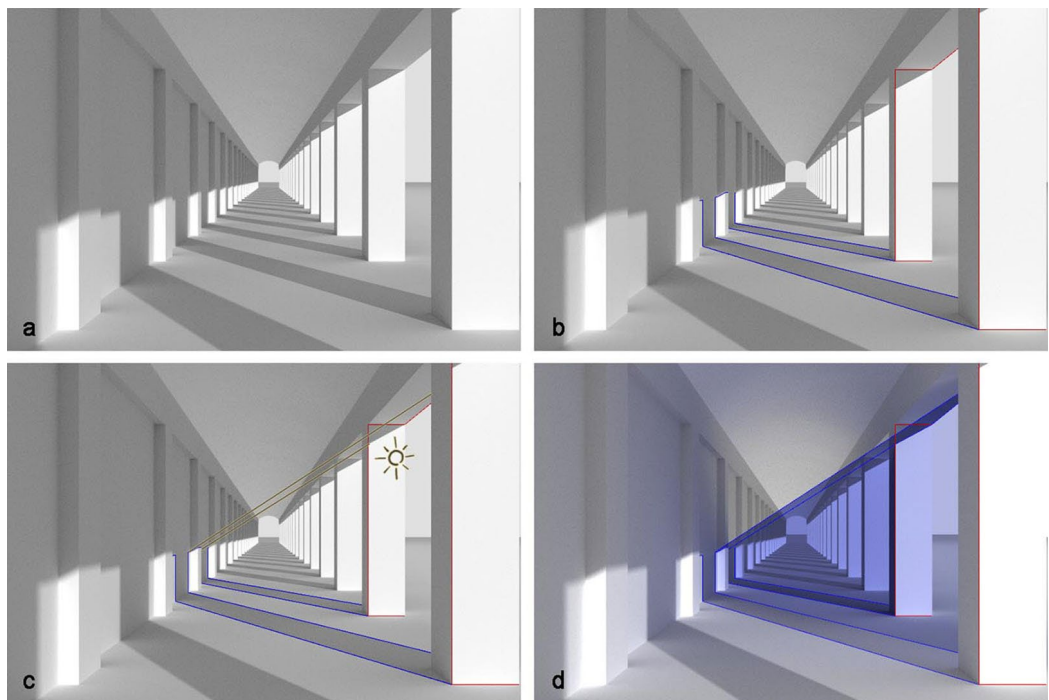


Fig. 5. Digital model of the previous architecture: a) image of the model; b) identification of the outline of the shadows; c) identification of the direction of the light ray; d) construction of the light planes. Graphic elaborations by the authors.



Fig. 6. Views of the digital model showing the light planes while keeping the direction of the light source the same. Graphic elaborations by the authors.

Fig. 7. Fruition of the photographic and digital models via QR code on an online platform. Graphic elaborations by the authors.

investigation of the photograph, but above all to render the geometric behaviour of shadow formation in space (fig. 6). The models constructed for this purpose form the basis for the next two phases dedicated to communication.

- The digital content experienced through QR codes is able to direct, when framed by the camera of a smartphone or tablet, to a digital platform to view three-dimensional models online (fig. 7). This type of tool has several advantages, including that of easy dissemination to users and scholars. The graphic code, in fact, can be read by a common camera present in smartphones via a link leading the user to the platform for viewing the model, thus enabling the observation of the phenomenon in digital space, orbiting the model directly via the touchscreen.
- Alternatively, Augmented Reality can be used to allow projected models to be directly visualised in the real environment. This system allows a simultaneous comparison between photograph and digital model. The modality of use, therefore, is particularly well suited to the contents of the research: the photograph investigated becomes the activating target of the technology; the user, framing the image, visualises the geometric analyses elaborated on it and simultaneously the three-dimensional model. In this way, the two contents can be observed simultaneously, allowing a continuous and intuitive cross-reference between the photograph and the spatial model (fig. 8).

The second aim of the research is addressed to the designer with the objective of equipping him with a digital tool that can assist him in his work as a form designer. The realisation of a parametric digital system is aimed at explicating the construction of shadows, always from a geometric-projective point of view, as the direction of light changes dynamically during the time transition (fig. 9).

There are already several systems that perform similar functions; these are generally designed for sunlight control and energy efficiency. Among the many are the LadyBug plug-in and Climate Studio, but these systems generally focus on the effects of solar radiation, concealing the geometric mechanisms from the user.

The parametric system consists of two parts, one of which manages, through information such as spatial and temporal location, the direction of the light source, and a

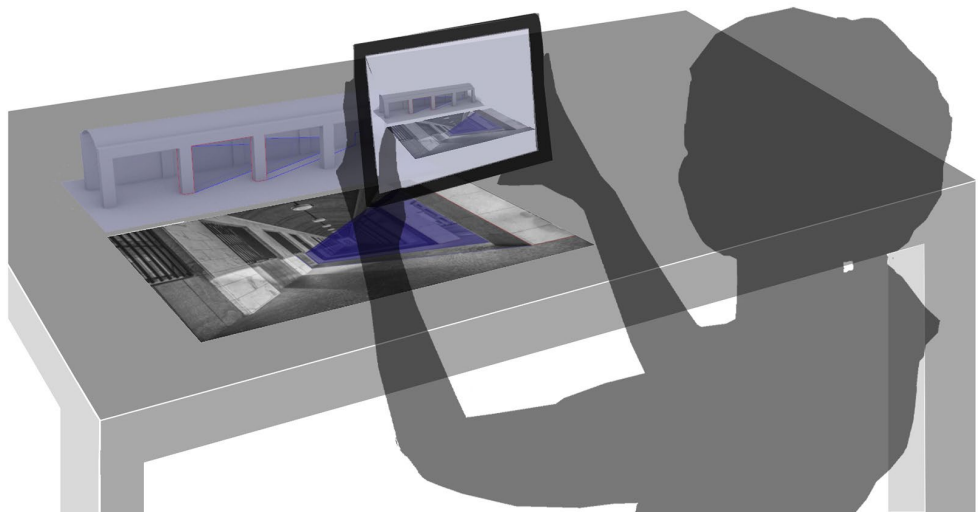


Fig. 8. Fruition of the photographic and digital models through Augmented Reality. Graphic elaborations by the authors.

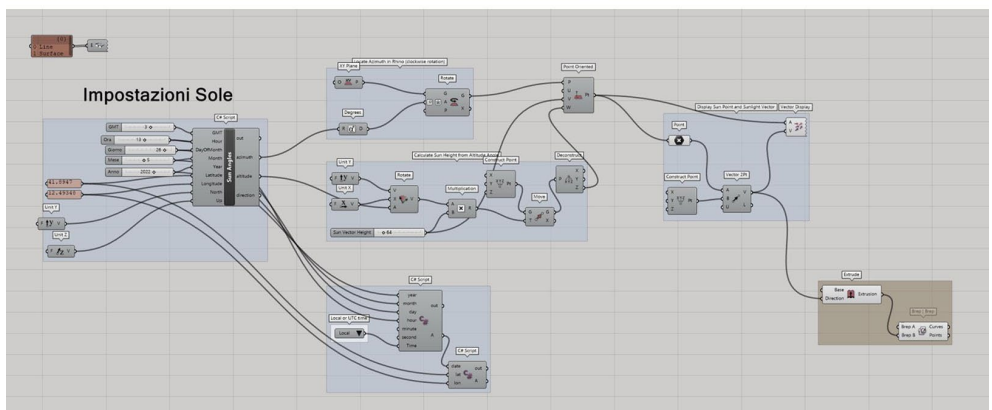
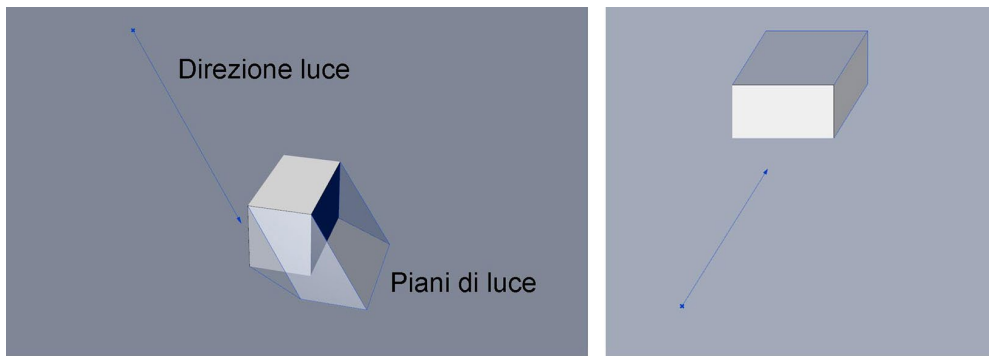


Fig. 9. Example of the parametric model for the generation of the light planes according to the variation of the light direction. Graphic elaborations by the authors.

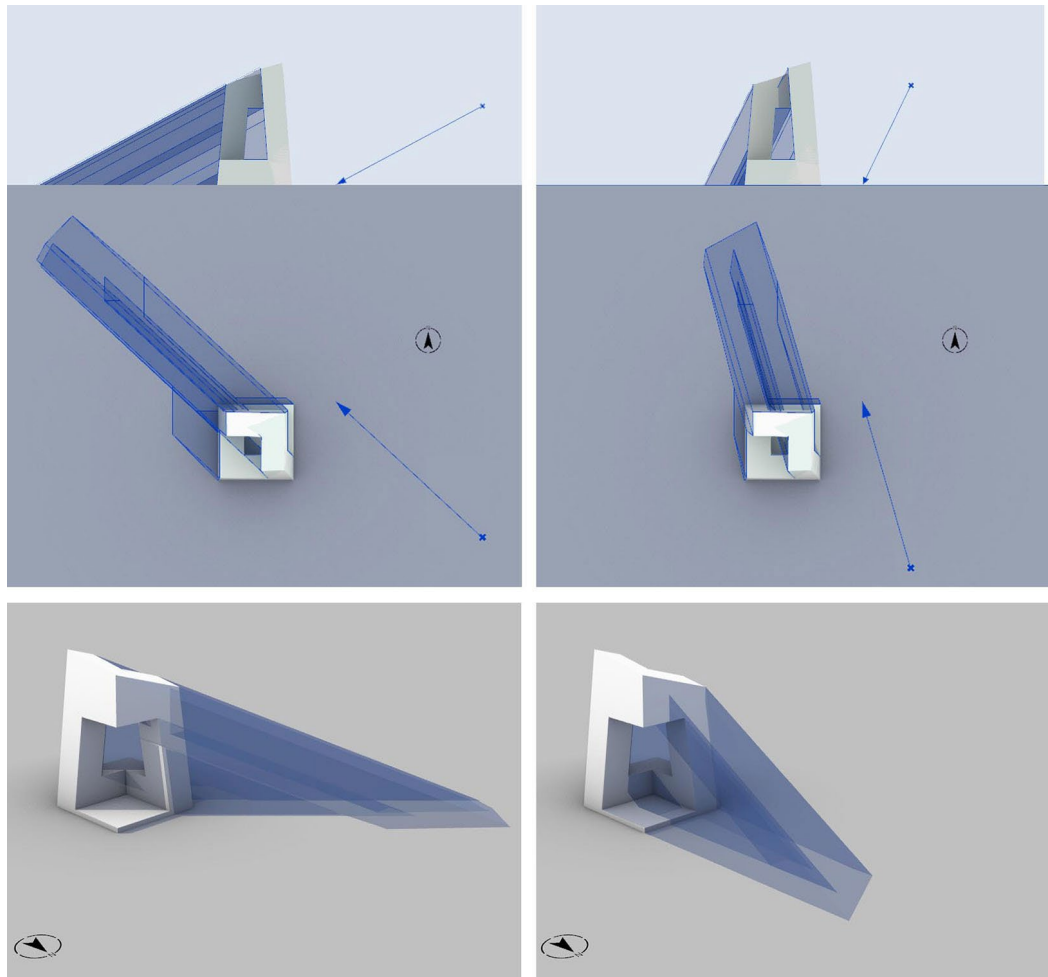


Fig. 10. Experimentation of the parametric system on complex shapes applied to the temporal transition of light. Graphic elaborations by the authors.

second part is responsible for the formation of the light planes. In this way, it is possible to realise a model showing the change of shadows and their geometric behaviour as the sun moves, even on complex models (fig. 10).

Another purpose of the parametric system is to provide a tool for the designer to predict, by means of the shadows produced, the maximum size of the volume that can be realised; this is the case, for example, when designing in a consolidated urban context (fig. 11). The purpose of these applications is to achieve a full awareness of the phenomenon,

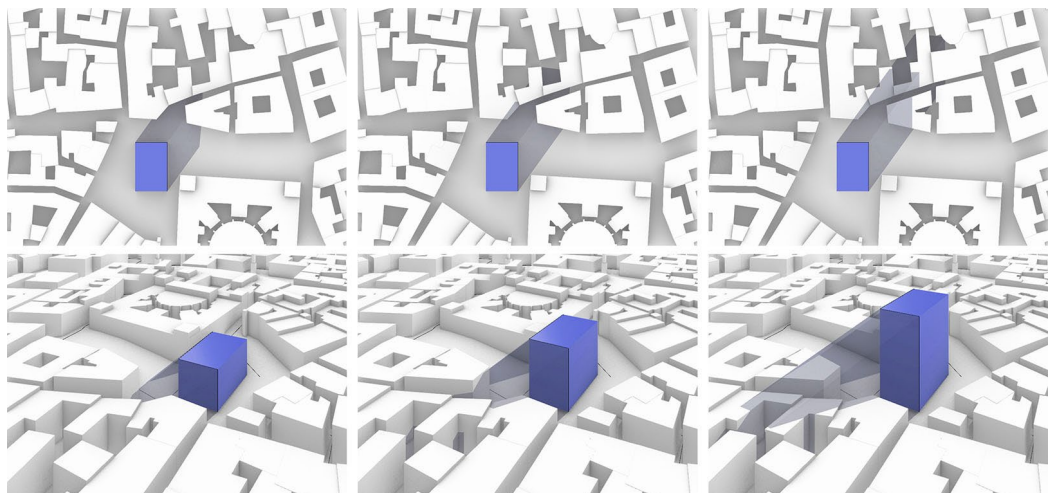


Fig. 11. Parametric system with the comparison of the result of the shadows as the height of the designed object changes. Graphic elaborations by the authors.

not limiting it to a single configuration, crystallised in time, but to acquire the ability to prefigure the geometric behaviour of shadows throughout the day, so as to be able to implement it in the design process and at the design stage.

Conclusion

The proposed research is configured as a significant contribution to the understanding of the geometric phenomenon of shadows, providing the scientific community with an original and innovative contribution to its study for planners (architects, engineers, designers).

The essential points of originality and innovativeness can therefore be briefly traced as follows:

- the collection of photographs already realised or to be executed that have light and shadows as their main theme can be configured as a repertoire of images related to the aims of the research;
- the collection of digital models taken from the observation of architectures, parts of them, or physical models will again constitute a vast repertoire of cases;
- the exploration of specially made digital models, experienced in two different ways, QR code and AR, will represent an advancement of knowledge aimed at the dissemination of the effects of shadows on bodies;
- finally, the realisation of a parametric digital system will act as an important descriptive tool to assist designers.

Each of the previous points lends itself to be implemented with the aim of creating a database dedicated to the study of the geometric effects of light on bodies.

Notes

[1] The research referred to herein responded to a recent call for proposals by the Sapienza University of Rome, Faculty of Architecture and was approved and funded. The authors of this contribution hold the roles of scientific responsible and participants.

[2] Translation by the authors.

[3] Translation by the authors.

[4] Albeit with the awareness that both the photographic image and the drawing are filtered by the technical aspects and critical support of the person making them.

[5] Translation by the authors.

References

- Calisi D. (2015). *Luce ed ombra nella rappresentazione. Rilettura storica e sperimentazioni idiomatiche*. Rome: Aracne.
- Càndito C. (2010). *Il Disegno e la Luce. Fondamenti e metodi, storia e nuove applicazioni delle ombre e dei riflessi nella rappresentazione*. Florence: Alinea.
- Casale A. (2018). *Forme della percezione dal pensiero all'immagine*. Milan: FrancoAngeli.
- Casati R. (2008). *La scoperta dell'Ombra*. Bari: Laterza.
- De Rosa A. (1997). *Geometrie dell'Ombra. Storia del simbolismo della teoria delle ombre*. Milan: CittàStudiEdizioni.
- Fasolo O., Di Clemente A., Fasolo M. (1993). *Le ombre in proiezioni ortogonali. Dall'immagine alla teoria*. Rome: Edizioni Kappa.
- Gay F. (2004). Photofanie: esattezza della luce e approssimazioni dell'ombra in architettura. In A. De Rosa (Ed). *Tra Luce e Ombra*, pp. 209-221. Padova: Il Poligrafo.

Le Corbusier (1973). *Verso una Architettura*. Milan: Longanesi & C.

Lindberg D. C. (1996). *Theories of Vision – from Al-Kindi to Kepler*. Chicago: University of Chicago Press.

Stockel G. (1998). *Percezione, Rappresentazione, Comunicazione*. Rome: Edizioni Kappa.

Stoichita V.I. (2004). Al di là del complesso di Peter Pan. Le Ombre di Andy Warhol. In A. De Rosa (Ed.). *Tra Luce e Ombra*, pp. 65-73. Padova: Il Poligrafo.

Toesca P. (1952). Ombre proiettate. In *Spazio*, 3, No. 6, pp. 1-4.

Zaccolini M. (1618-1622). *Della Descrizione dell'Ombre prodotte da Corpi opachi rettilinei*.

Authors

Marco Fasolo, Sapienza Università di Roma, marco.fasolo@uniroma1.it

Fabio Lanfranchi, Sapienza Università di Roma, fabio.lanfranchi@uniroma1.it

Flavia Camagni, Sapienza Università di Roma, flavia.camagni@uniroma1.it

To cite this chapter: Fasolo Marco, Lanfranchi Fabio, Camagni Flavia (2023). Skiagraphia, manifestazione proiettiva della transizione temporale del sole sull'architettura/Skiagraphia, Projective Manifestation of the Sun's Temporal Transition on Architecture. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (Eds.). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 1281-1300.