

Nuovi interni di luce

Un approccio parametrico al lighting design
di superfici architettoniche luminose

Daria Casciani Politecnico di Milano, Dipartimento di Design, Laboratorio Luce
daria.casciani@polimi.it

L'illuminazione architettonica sta attraversando un periodo di significativa trasformazione a livello tecnologico, progettuale e produttivo. La tecnologia LED, il design parametrico e la fabbricazione digitale permettono di progettare nuovi paesaggi luminosi integrati nelle superfici architettoniche bidimensionali e tridimensionali e sono in grado di generare pattern e dinamiche luminose utili al benessere psicofisiologico dell'individuo e alla personalizzazione dell'esperienza luminosa. L'approccio parametrico al lighting design inoltre definisce una libertà e flessibilità progettuale in termini di nuovi linguaggi espressivo-formali, nuove modalità di vendita on-demand su piccola scala che estendono l'autorialità del progetto anche al consumatore finale.

Lighting design, Fabbricazione digitale, Illuminazione integrata, LED lighting, Design parametrico

The architectural lighting is undergoing a period of meaningful transformation at the technological, design and productive level. LED technology, parametric design and digital manufacturing allow to design new luminous landscapes integrated into architectural surfaces and able to generate patterns and dynamics that are useful for the psycho-physiological well-being of the individuals and the personalization of the light experience. The parametric approach to lighting design defines a design freedom and flexibility in terms of new expressive-formal languages, new on-demand and small-scale sales modes extending the authorship of the project to the final user.

Lighting design, Digital fabrication, Embedded lighting, LED lighting, Parametric design

Il settore dell'illuminazione architettonica sta attraversando un periodo di significativa trasformazione grazie alla combinazione di approcci innovativi a livello tecnologico, progettuale e produttivo. Infatti la LEDificazione [1] e la digitalizzazione dell'illuminazione (Karlicek, 2012), la metodologia progettuale parametrica e la fabbricazione digitale permettono oggi di concepire sistemi di illuminazione completamente diversi rispetto ai tradizionali apparecchi per interni. Se la prima fase di applicazione tecnologica del LED si è concentrata sul retrofit (sostituzione) di tecnologie di illuminazione tradizionali (Moec et al., 2015), la nuova fase progettuale oggi tende ad abbandonare gli stereotipi e le tipologie classiche di apparecchi di illuminazione (definite, ad esempio, in funzione della modalità di installazione: a sospensione, a incasso, a soffitto, etc.) indirizzandosi verso paesaggi di luce differenti dal punto di vista formale, funzionale e illuminotecnico (Casciani et al. 2011). La riduzione dei costi, la miniaturizzazione delle componenti e l'inserimento di sistemi di monitoraggio con capacità computazionali sempre maggiori favoriscono la progettazione di sistemi di illuminazione sotto forma di membrane luminose ed elettroniche che si integrano nell'architettura (Koerner, 2017), si mimetizzano nello spazio abitato (Weiser, 1991) e sono digitalmente connesse tramite l'Internet delle cose (IoT) [2].

Agevolati dal cambiamento tecnologico, questi nuovi paesaggi di luce esprimono una modalità di illuminazione formalmente più coerente con le architetture contemporanee, in particolare quelle caratterizzate da geometrie complesse concepite mediante metodi di progettazione parametrici e digitali (Kolarevik, 2000; Dino, 2012). Se gli apparecchi di illuminazione tradizionali si rivelano inadeguati alla complessità della costruzione volumetrica di questi interni, l'approccio parametrico all'illuminazione si configura in sistemi di luce smaterializzati e incorporati in maniera discreta e personalizzata nei dettagli architettonici contemporanei.

Questo articolo esplora, mediante la selezione di una serie di esempi progettuali, le metodologie di design parametrico applicate al design di superfici architettoniche luminose, ovvero le caratteristiche e le variabili che influenzano parametricamente il progetto di questi nuovi sistemi di illuminazione per interni.

Nuovi approcci di integrazione della luce in superfici e architetture d'interni

Il progetto di superficie luminosa, sotto forma di scatola di luce, non è una novità nella storia dell'illuminazione d'interni [3]: i soffitti luminosi tradizionali, ad esempio,

sebbene utili a ottenere illuminamenti uniformi sui campi visivi orizzontali presentando basse luminanze, contribuiscono spesso a determinare un'atmosfera luministica statica che risulta monotona (Egan, 1983). Diversamente, avvalendosi di un approccio di design generativo, è possibile realizzare ampie pareti e soffitti luminosi complessi, integrati alle geometrie architettoniche, esprimendo non solo nuove possibilità estetico-formali ma soprattutto dinamiche prestazioni, modificabili in funzione di algoritmi generativi.

A livello formale, la leggerezza di segno viene spinta fino al limite dell'invisibilità del prodotto di illuminazione simbioticamente integrato all'architettura (Casciani, 2011) mediante le caratteristiche di modularità e differenziazione: la progettazione parametrica conduce al design di sistemi luminosi modulari differenti tra di loro in termini materici, formali e luminosi, la cui configurazione associativa permette soluzioni modificabili, adattabili e scalabili in funzione delle dimensioni e del contesto architettonico d'installazione. Infatti, mediante la definizione di una serie di funzioni matematiche e relazioni geometriche tra i parametri formali di tali sistemi di illuminazione (come ad esempio le dimensioni e l'orientamento nello spazio) è possibile costruire complessi assiemati luminosi costituiti da variazioni progettuali di moduli differenti tra di loro per forma e funzione (Saad, 2002).

L'algoritmo che consente di calcolare e definire le funzioni luminose di queste superfici, nella maggior parte dei casi, deriva da dati in input molto semplici (poco legati alla progettazione illuminotecnica classica) determinati da una sequenza finita e logica di istruzioni elementari; quanta luce viene diffusa nello spazio e quale sia l'effetto luminoso visibile deriva dalla manipolazione generativa dei diversi parametri formali del pattern geometrico da cui viene emessa la luce (forma, dimensione e composizione spaziale delle forature) nonché dagli algoritmi utilizzati per variare le caratteristiche di intensità, colore e dinamica della luce. L'assegnazione di diversi valori a tali parametri determina la creazione di diversi stili visivi, configurazioni e coreografie luminose nello spazio.

Al fine di approfondire l'approccio parametrico al lighting design di superfici architettoniche luminose, sono stati selezionati una serie di esempi progettuali realizzati in un periodo relativamente recente (2011-2016) assunti a casi studio rappresentativi delle seguenti caratteristiche:

- superfici luminose bidimensionali (applicate in verticale e/o in orizzontale);
- superfici luminose tridimensionali e/o non planari;



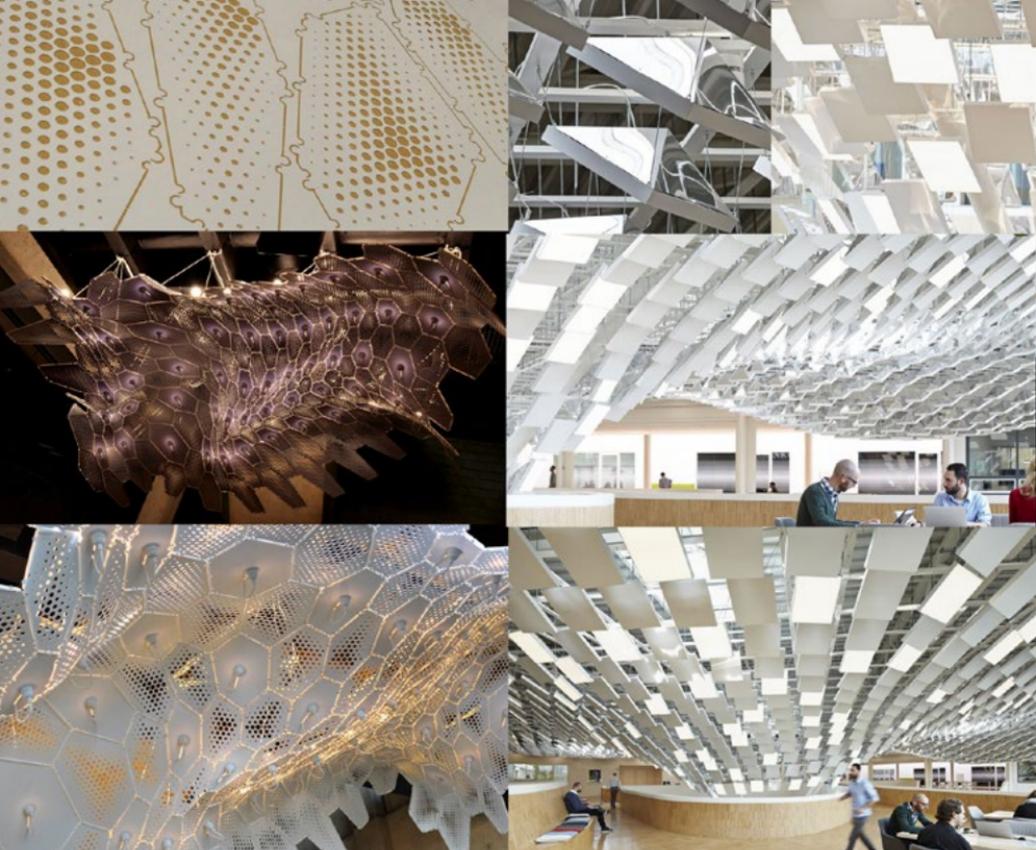
01

- architetture luminose discontinue caratterizzate da pattern parametricamente configurabili;
- architetture luminose continue senza interruzioni visibili tra moduli.

Le superfici luminose bidimensionali configurate parametricamente per adattare la modularità e l'effetto luminoso a seconda di contesto ed esigenze sono gli esempi progettuali più diffusi. Applicati a soffitto o a parete, i pannelli sono generalmente realizzati con tecniche di fabbricazione digitale come fresatura, taglio laser e piegatura a controllo numerico (CNC) di laminati plastici e metallici caratterizzati da finiture epidermiche personalizzate in termini cromatici mediante stampa e inserimento di pellicole adesive. La luce è solitamente emessa tramite la tecnica di "backlighting" attraverso plastiche opaline in corrispondenza di fori e aperture che possono variare da modulo a modulo seguendo un principio geometrico algoritmico che conduce alla creazione di morfologie complesse tramite astrazione [fig. 01]. Benché caratterizzati da un linguaggio classico, perché molto simili ad alcune applicazioni di backlighting tradizionale, questi sistemi di illuminazione risultano maggiormente flessibili in termini di variazione geometrica, dimensionale, luminosa effettivamente realizzabile su larga scala tramite progettazione e fabbricazione digitale.

Applicazioni più avanzate della progettazione parametrica si configurano in sistemi luminosi tridimensionali e non planari indirizzati a creare vere e proprie archi-

01
Superfici luminose a LED progettate parametricamente per la customizzazione del sistema modulare e dell'effetto luminoso: da sinistra a destra Isomi (2012) e Luminous Patterns (2016)



02

tettere di luce. Caratterizzati da una elevata quantità di moduli luminosi singoli (a LED o OLED) interconnessi tra di loro tridimensionalmente, questi sistemi di illuminazione evidenziano un processo costruttivo basato su strumenti di progettazione e fabbricazione digitale, che guidano non solo l'atto ideativo e l'effettiva producibilità, ma determinano anche il linguaggio espressivo con cui queste "sculture di luce" si manifestano. Gli esempi di questa tipologia esprimono un nuovo modo di pensare l'illuminazione integrata nell'architettura, spesso realizzati (su piccola e grande scala) in singole applicazioni che dimostrano in maniera esemplare la gestione della complessità del sistema mediante algoritmi di progettazione e fabbricazione digitale delle diverse componenti [fig. 02]. Un'ulteriore applicazione parametrica consiste nella definizione dell'illuminazione che, da strettamente funzionale alla visione, diventa elemento espressivo, comunicativo e informativo tramite l'utilizzo di moduli luminosi funzionanti come schermi a bassa, media e alta risoluzione in grado di generare luci e colori, immagini, scene in movimento, con un'elevata flessibilità di

02
 Architetture
 luminose
 parametriche
 caratterizzate
 da materiali
 e componenti
 luminose
 semplici integrate
 in moduli e
 configurazioni
 tridimensionali
 complesse: da
 sinistra a destra
 EXOtique (2011)
 e Let There Be
 (Intelligent)
 Light, LAVA
 (2016)

scenari luminosi e di contenuti multimediali. Gli effetti sono altresì programmati mediante algoritmi generativi manipolando diversi parametri di illuminazione come ad esempio intensità, colore, animazione e dinamica in funzione di diversi parametri quali il tempo (ora, mese, stagione), gli eventi locali (movimento, presenza e attività svolte dalle persone) o alcune variabili ambientali (temperatura, velocità del vento) [fig. 03].

Influenze psico-fisiologiche dei nuovi paesaggi luminosi

Oltre a garantire la quantità di luce necessaria per la corretta visione e l'orientamento nello spazio, i nuovi paesaggi di luce sono progettati e programmati in maniera da creare un'atmosfera luminosa dinamica, adattabile alle necessità psichiche (funzioni cognitive e inconscie) dell'uomo, al fine di determinare effetti positivi sull'attenzione e sulla rigenerazione mentale degli individui e avere un impatto positivo sullo stato d'animo, sul livello di concentrazione, sulla riduzione dello stress psicofisiologico grazie alla creazione di una varietà luminosa simile a quella naturale in un contesto artificiale di un interno (Veitch and Newsham, 1996).

Gli effetti ricercati, potenzialmente programmabili per questi scopi, si ispirano alla natura, basandosi sulle teorie dell'attenzione rigenerata (ART) e della Biofilia (Wilson, 1993; Kaplan, 1995; Ulrich, 1986); si generano stimoli visivi di luci, colori e ombre che variano in maniera non ritmica nel tempo (Browning, Ryan, Clancy, 2014) [fig. 04] e fanno riferimento a una qualità non misurabile della luce a cui Richard Kelly (1952) ha dato il nome di "play of brilliant" [4]. Tale ricchezza percettiva della luce deriva dalla programmazione di scenari non predittivi, ma algoritmicamente riprodotti in cui le variabili di luminosità, contrasto, colore e direzionalità della luce si trasformano secondo funzioni matematiche casuali o causali relative a eventi legati al contesto.

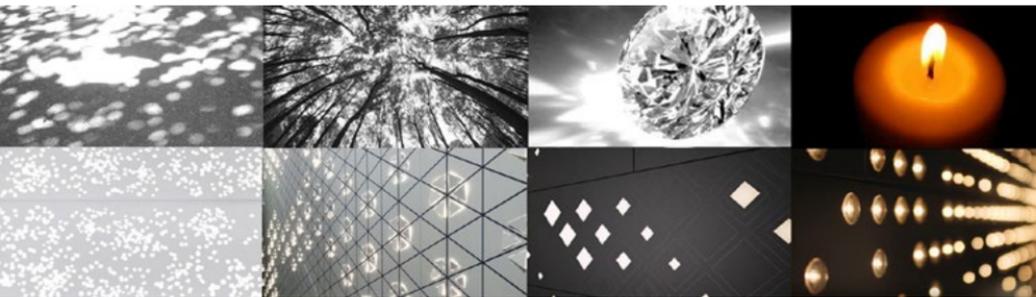
Conclusioni

La creazione di nuovi sistemi luminosi bidimensionali e tridimensionali integrati nell'architettura è una delle innovazioni progettuali recenti più importanti nel settore dell'illuminazione; tale approccio sintetizza la gestione della complessità del lighting design parametrico a livello tecnologico, progettuale e produttivo per ottenere un livello di dettaglio, di accuratezza e di coerenza architettonica con gli interni progettati in maniera generativa.

Se il design computazionale in quanto strumento (Madrado, 1998) contribuisce a definire e variare le caratteristiche formali degli artefatti di luce e, di conseguenza,

l'atmosfera luminosa degli ambienti, risulta tuttavia ancora limitato in termini di calcolo funzionale della luce. Ad oggi infatti non è possibile gestire, con lo stesso strumento, il progetto formale e il progetto illuminotecnico di questi sistemi di illuminazione in maniera parametrica, ovvero definendo i parametri desiderati come valori di illuminamento e uniformità degli illuminamenti, luminanza e abbagliamento a partire da informazioni di flusso e di distribuzione fotometrica della luce secondo una logica di propagazione delle modifiche. Diversamente è oggi possibile definire in maniera generativa gli effetti dinamici della luce utilizzando gli stessi strumenti che permettono la modellazione parametrica della geometria: ciò rende possibile la visualizzazione delle variazioni di intensità, colore, velocità e direzione della luce nei diversi moduli dell'assieme. Uno scenario di progettazione futuribile darà la possibilità di definire l'illuminazione insieme alle altre componenti (strutturale, elet-





04

trica, idraulica) tramite uno strumento gestionale unico (Aghemo et al., 2013) per definire previsionalmente le prestazioni luminose anche funzionali.

Gli esempi selezionati mostrano che il successo applicativo del design parametrico è direttamente correlato al successivo processo di fabbricazione digitale tramite tecniche di manifattura rapida, prevalentemente sottrattive, che determinano non solo la fattibilità del progetto con un eventuale risparmio economico, ma anche una produzione più sostenibile di piccole serie on-demand. Inoltre, la flessibilità espressiva e produttiva che consente infinite varianti formali, materiche e luminose presenta ricadute innovative anche nel sistema di vendita. Nuovi cataloghi dinamici su piattaforme digitali (Luminous Pattern Design, 2016) consentono di visualizzare e personalizzare il sistema di illuminazione, sperimentando diverse configurazioni. Tramite questi strumenti si estende il concetto di autorialità del progetto di illuminazione che, da esclusiva prerogativa del designer, include il suo utilizzatore finale al quale è conferito il controllo, seppure parziale, di alcune variabili per la realizzazione di prodotti individualizzati e quindi percepiti come esclusivi.

03

Architetture luminose multimediali con luci espressive, comunicative e informative tramite l'utilizzo di schermi a bassa, media e alta risoluzione: Dynamic Performance of Nature (Brownell, 2012), Aurora di Electroland (2013) e il tunnel di IFA 2016 LG OLED (2016)

04

Effetti di illuminazione bio-ispirata: materiali naturali, effetti di luce naturali, pattern biomorfi

NOTE

[1] Per LEDificazione s'intende il processo di sviluppo ed espansione dell'illuminazione LED che sta emergendo nel settore dell'illuminazione. Secondo alcune previsioni, entro il 2020, il 70% degli apparecchi sarà realizzato a LED. Fonte: McKinsey & Company, "Lighting the way: Perspectives on the global lighting market", 2012, https://www.mckinsey.de/files/Lighting_the_way_Perspectives_on_global_lighting_market_2012.pdf [Aprile 2017]

[2] Internet delle cose (IoT) indica l'infrastruttura digitale e fisica di connessione e trasmissione di tutte le informazioni monitorate, scambiate, archiviate – nello specifico – negli apparecchi di illuminazione.

[3] Le tecniche più comuni per creare pareti e soffitti luminosi prevedono l'utilizzo di "wallwashing", "cove lighting" e "backlighting". I soffitti luminosi sono storicamente apparsi intorno al 1930, insieme alle lampade fluorescenti lineari, installate all'interno di apparecchi a plafone e caratterizzati da materiali diffondenti. Fonte: Ganslandt Rüdiger and Hofmann Harald, *Handbook of Lighting Design ERCO Leuchten GmbH*, Lüdenscheid Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1992, pp. 101; 132; 136-141. Kohler Walter, *Lighting in Architecture*, New York, Reinhold Publishing Corporation, 1959, pp. 149.

[4] «Play of brilliants excites the optic nerves, and in turn stimulates the body and spirit, quickens the appetite, awakens curiosity, sharpens the wit...». Richard Kelly, "Lighting as an integral part of Architecture", *College Art Journal*, vol. 12, n. 1, 1942, pp. 24-30.

REFERENCES

Egan David M., *Concepts in Architectural Lighting*, USA, McGraw-Hill, **1983**, pp. 107

Ulrich Roger S., "Human Responses to vegetation and landscapes", *Landscape and Urban Planning* n. 13, **1986**, pp. 29-44.

Weiser Mark, "The Computer for the 21st Century", *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, vol. 3, n. 3, **1999**, pp. 3-11.

Wilson Edward O., "Biophilia and the conservation ethic", pp. 31-41, in Kellert Stephen R., Wilson Edward O., *The Biophilia Hypothesis*, Washington D.C., Island Press, **1993**, pp. 484.

Kaplan Stephan, "The restorative benefits of nature: toward an integrative framework", *Journal of Environmental Psychology* n. 15, **1995**, pp. 169-182.

Veitch Jennifer, Newsham Guy, "Determinants of Lighting Quality II: Research and Recommendations", pp. 1-38, in *Proceedings of the 104th Annual Convention of the American Psychological Association*, (Toronto, Ontario, Canada August 12, 1996), **1996**.

Madrazo Leandro, "Computers and Architectural Design: Going Beyond the Tool.", pp. 44-57, in *Digital Design Studios: Do Computers Make a Difference? ACADIA Conference Proceedings*, ACADIA. Cincinnati, Ohio, University of Cincinnati, **1998**.

Kolarevic Branko, "Digital Architectures", pp. 251-256, in Clayton Mark J., Vasquez de Velasco Guillermo P. (a cura di), *Acadia 2000. Eternity, Infinity and Virtuality in Architecture*, Association for Computer-Aided Design in Architecture, Virtualbookworm.com Publishing, **2002**, pp. 284.

Saad Rita, *Parametric tools and digital fabrication for the design of luminous ceilings*, Tesi di laurea, Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Architecture, Relatori Sass Lawrence, Lyman Porter William, **2004**, pp. 92.

Projectione, *EXOtique*, **2011**, <http://www.projectione.com/exotique/>, sito dello studio del progetto [Aprile 2017]

Casciani Daria, Paleari Danilo, Rossi Maurizio, "Il design del Solid State Lighting: una sperimentazione continua", *LUCE*, n. 295, **2011**, pp. 58-64.

Casciani Daria, "LEDscape: il design alla ricerca di una nuova grammatica della luce", *LEDin*, n. 5, **2011**, pp. 19-21.

Blaine Brownell, "Light in an Expanding Field: New Technologies Dissolve Disciplinary Boundaries", *New technologies dissolve disciplinary boundaries*, **2012**. http://www.archlighting.com/technology/light-in-an-expanding-field-new-technologies-dissolve-disciplinary-boundaries_o [Marzo 2017]

Gürsel Dino Ipek, "Creative design exploration by parametric generative systems in architecture", *METU JFA*, n.1, **2012**, pp. 207-224.

Isomi, **2012**, <http://isomi.com/products/light-wall>, sito di azienda produttrice di pannelli luminosi [Aprile 2017]

Karlicek Robert, "Smart Lighting. More than Illumination", in *ACP technical Digest 2012 Communications and Photonics Conference (ACP)*, **2012**, Asia OSA (7-10 November 2012).

Chiara Aghemo, Laura Blaso, Daniele Dalmasso, David Erba, Matteo Del Giudice, Anna Osello, Giovanni Fracastoro, Anna Pellegrino, Pablo Ruffino, "Interoperability between building information models and software for lighting analysis", pp. 69-78, in *Contributo in Atti di Convegno Bozen-Bolzano University Press, Building Simulation Applications BSA*, 1th IBSA Italy Conference, Bolzano, **2013**.

Electroland, *Aurora*, **2013**. <https://www.electroland.net/aurora/> [Aprile 2017]

Browning William, Ryan Catherine, Clancy Joseph, *14 Patterns of Biophilic Design*, New York, Terrapin Bright Green llc., **2014**, pp. 64.

Moec Martin, Weiss Herbert, Noll Thomas, Holts Friedhelm, "New Form Factor Luminaires and New Light Effects", *LED professional*, n. 48, Luger Research e.U, **2015**, pp. 16-21.

Luminous Patterns, **2016**. <http://www.lighting.philips.com/main/systems/packaged-offerings/retail-and-hospitality/luminous-patterns> [Aprile 2017]

Ifa 2016 LG OLED, **2016**. <http://www.lg.com/global/about-lg/ig-videos/ifa-2016-lg-the-lg-oled-tunnel> [Aprile 2017]

Luminous Pattern Design, **2016**, <http://luminouspatternsdesign.com/> [Aprile 2017]

Koerner Brad, "Embedded Lighting The future of integrating lighting into architectural materials", **2017**. https://energy.gov/sites/prod/files/2017/02/f34/koerner_embedded_longbeach2017_1.pdf [Aprile 2017]