

Design e Intelligenza Artificiale

Una nuova frontiera per l'interior design

testo di/text by Alessandro Spennato

Design and Artificial Intelligence. A new frontier for interior design

Introduction

Historically, design has always been influenced by technological innovation. Over the centuries, the introduction of new materials, tools and techniques has radically changed the way designers approach the creation of interior spaces. With the advent of digital, design has accelerated, becoming increasingly multidimensional and fluid (Oxman, 2016). The digitisation of design processes has brought about a momentous change, transforming the designer's tools from pencil and paper to 3D modelling software such as AutoCAD and Rhino. However, the evolution did not stop there. Artificial Intelligence is defined as the ability of a computer system to perform tasks that usually require human intelligence, such as image recognition, natural language processing and machine learning (Russell & Norvig, 2020). AI in design is not just a means to automate processes but also a new lens through which to understand and rethink the act of design. Applications of AI in design range from automatic layout generation to simulating human behaviour in spaces to optimising the energy performance of buildings (Bardzell & Bardzell, 2015). These capabilities offer the designer powerful tools to improve efficiency and accuracy and explore new aesthetics and functionality. Artificial Intelligence, therefore, represents the next frontier,

Introduzione

Storicamente, il design è sempre stato influenzato dall'innovazione tecnologica. Nel corso dei secoli, l'introduzione di nuovi materiali, strumenti e tecniche ha modificato radicalmente il modo in cui i progettisti approcciano la creazione degli spazi interni. Con l'avvento del digitale, il design ha subito una trasformazione accelerata, diventando sempre più multidimensionale e fluido (Oxman, 2016). La digitalizzazione dei processi di progettazione ha portato a un cambiamento epocale, che ha trasformato gli strumenti del progettista, dalla carta e matita ai software di modellazione 3D come AutoCAD e Rhino. Tuttavia, l'evoluzione non si è fermata qui. L'Intelligenza Artificiale è definita come la capacità di un sistema informatico di eseguire compiti che normalmente richiedono intelligenza umana, come il riconoscimento di immagini, l'elaborazione del linguaggio naturale e l'apprendimento automatico (Russell & Norvig, 2020). L'IA nel design non è solo un mezzo per automatizzare processi, ma rappresenta una nuova lente attraverso cui comprendere e ripensare l'atto progettuale. Le applicazioni dell'IA nel design spaziano dalla generazione automatica di *layout*, alla simulazione del comportamento umano negli spazi, fino all'ottimizzazione delle performance energetiche degli edifici (Bardzell & Bardzell, 2015). Queste capacità offrono al progettista strumenti potenti per migliorare l'efficienza e l'accuratezza, ma anche per esplorare nuove estetiche e funzionalità. L'Intelligenza Artificiale rappresenta quindi la prossima frontiera, capace di portare un'ulteriore rivoluzione nell'interior design. Secondo Oxman (2016), l'IA è destinata a diventare uno strumento essenziale per i progettisti, offrendo non solo soluzioni pratiche ma anche nuove opportunità di espressione creativa.

Il ruolo dell'IA nell'interior design

L'IA sta già giocando un ruolo fondamentale nel semplificare e automatizzare compiti che una volta richiedevano un elevato sforzo manuale e intellettuale. Attraverso *software* basati sull'apprendimento automatico, i designer possono ora automatizzare alcune fasi del processo creativo, come la generazione di *layout*, la selezione di materiali o la personalizzazione di spazi in base alle preferenze degli utenti (Nagy et al., 2021). Ad esempio, strumenti come *Planner 5D* e *Homestyler* utilizzano algoritmi per suggerire configurazioni spaziali basate su vincoli definiti dall'utente. Questa automazione non è intesa a sostituire il progettista, ma piuttosto a supportarlo nel prendere decisioni più informate e a liberare tempo per attività di progettazione ad alto valore aggiunto, come la definizione dei concetti estetici e funzionali di un progetto. Un esempio rilevante è il software *SpaceMaker*, che utilizza l'IA per analizzare migliaia di soluzioni possibili per un dato spazio, ottimizzando la distri-



capable of bringing about a further revolution in interior design. According to Oxman (2016), AI is set to become an essential tool for designers, offering practical solutions and new opportunities for creative expression.

The role of AI in interior design

AI is already pivotal in simplifying and automating tasks that once required much manual and intellectual effort. Through machine learning-based software, designers can automate specific creative process steps, such as generating layouts, selecting materials or customising spaces according to user preferences (Nagy et al., 2021). For example, tools such as Planner 5D and Homestyler use algorithms to suggest spatial configurations based on user-defined constraints. This automation is not intended to replace the designer but rather to support him or her in making more informed decisions and to free up time for high-value design activities, such as defining a project's aesthetic and functional concepts. A relevant example is the SpaceMaker software, which uses AI to analyse thousands of possible solutions for a given space, optimising the distribution of living areas, light exposure and other crucial parameters (Nagy et al., 2021). Another essential contribution of AI to interior design is the ability to create highly customised solutions for users. By analysing large amounts of data on individuals' behaviour, preferences and habits, AI can generate spaces that precisely meet the specific needs of each user (Lambourne et al., 2020). A typical application is smart home systems, where artificial intelligence optimises environmental conditions (such as lighting, temperature and sound) according to the preferences and schedules of the occupants. This massive customisation, made possible by AI, represents a fundamental evolution in design, moving from homogeneity-oriented mass production to customised mass production, where each space can be unique and ide-

buzione delle aree abitative, l'esposizione alla luce e altri parametri cruciali (Nagy et al., 2021). Un altro contributo chiave dell'IA all'*interior design* è la capacità di creare soluzioni altamente personalizzate per gli utenti. Grazie all'analisi di grandi quantità di dati sui comportamenti, le preferenze e le abitudini degli individui, l'IA può generare spazi che rispondono in modo preciso alle esigenze specifiche di ciascun utente (Lambourne et al., 2020). Un'applicazione tipica è quella dei sistemi di smart home, dove l'intelligenza artificiale ottimizza le condizioni ambientali (come illuminazione, temperatura e suono) in base alle preferenze e agli orari degli occupanti. Questa personalizzazione massiva, resa possibile dall'IA, rappresenta un'evoluzione fondamentale nel design, che si sposta da una produzione di massa orientata verso l'omogeneità a una produzione di massa personalizzata, in cui ogni spazio può essere unico e perfettamente adatto alle esigenze dell'utente finale. L'IA viene anche utilizzata per simulare e prevedere il comportamento umano negli spazi progettati. Attraverso la modellazione di algoritmi basati su dati comportamentali, i designer possono comprendere meglio come le persone interagiranno con lo spazio e come questo influenzerà le loro emozioni e il loro benessere (Steinfeld & Maisel, 2012). Ad esempio, la simulazione di flussi di persone in un'area pubblica o l'analisi di come diverse configurazioni spaziali possono influenzare la produttività in un ufficio sono applicazioni pratiche già implementate.

Sostenibilità e IA per l'interior design

L'integrazione tra intelligenza artificiale (IA) e sostenibilità nell'*interior design* rappresenta un campo emergente che promette di ridefinire i paradigmi tradizionali di progettazione. L'IA offre strumenti avanzati per ottimizzare l'uso delle risorse, ridurre gli sprechi e migliorare l'efficienza energetica all'interno degli spazi abitativi e lavorativi, contribuendo a un design più ecologico e responsabile. Attraverso l'elaborazione di grandi quantità di dati, l'IA può analizzare complessi fattori ambientali e suggerire soluzioni sostenibili che minimizzano l'impatto ambientale degli edifici e degli interni, pur mantenendo elevati standard di comfort e funzionalità. L'adozione di algoritmi di apprendimento automatico consente ai progettisti di modellare e simulare scenari diversi, valutando l'efficacia delle soluzioni proposte in termini di efficienza energetica, uso dei materiali e impatto sul ciclo di vita degli edifici (Calvo et al., 2020). La sostenibilità, tradizionalmente fondata su principi di riduzione dei consumi e ottimizzazione delle risorse, viene così potenziata dall'uso dell'IA, che può suggerire strategie innovative per l'illuminazione, il riscaldamento, la ventilazione e la gestione dell'acqua. L'intelligenza artificiale contribuisce, inoltre, alla selezione dei materiali, considerando non solo la durabilità e il costo, ma anche il loro impatto ambientale complessivo, incluse le emissioni di carbonio e la riciclabilità (Kensek & Noble, 2014). Le tecnologie basate sull'IA possono essere impiegate per monitorare costantemente le prestazioni energetiche di un ambiente, identificando potenziali inefficienze e proponendo soluzioni di ottimizzazione in tempo reale. Questo approccio permette di rendere gli edifici più "intelligenti", capaci di adattarsi dinamicamente alle condizioni ambientali e di ridurre al minimo l'impronta ecologica nel tempo. L'IA supporta anche l'analisi predittiva dei comportamenti degli utenti all'interno degli spazi, aiutando i progettisti a creare ambienti che rispondano meglio alle esigenze energetiche degli occupanti, migliorando il comfort e riducendo i consumi. Tale capacità analitica può prevenire sprechi energetici e garantire che gli spazi siano utilizzati in maniera ottimale, massimizzando al contempo la sostenibilità. L'intelligenza artificiale sta inoltre facilitando un passaggio verso una progettazione "data-driven", in cui le decisioni vengono guidate da dati empirici piuttosto che da intuizioni soggettive, garantendo una maggiore trasparenza e preci-

ally suited to the end user's needs. AI is also used to simulate and predict human behaviour in designed spaces. By modelling algorithms based on behavioural data, designers can better understand how people will interact with the space and how this will affect their emotions and well-being (Steinfeld & Maisel, 2012). For example, simulating the flow of people in a public area or analysing how different spatial configurations can influence productivity in an office are practical applications that have already been implemented.

Sustainability and AI for interior design

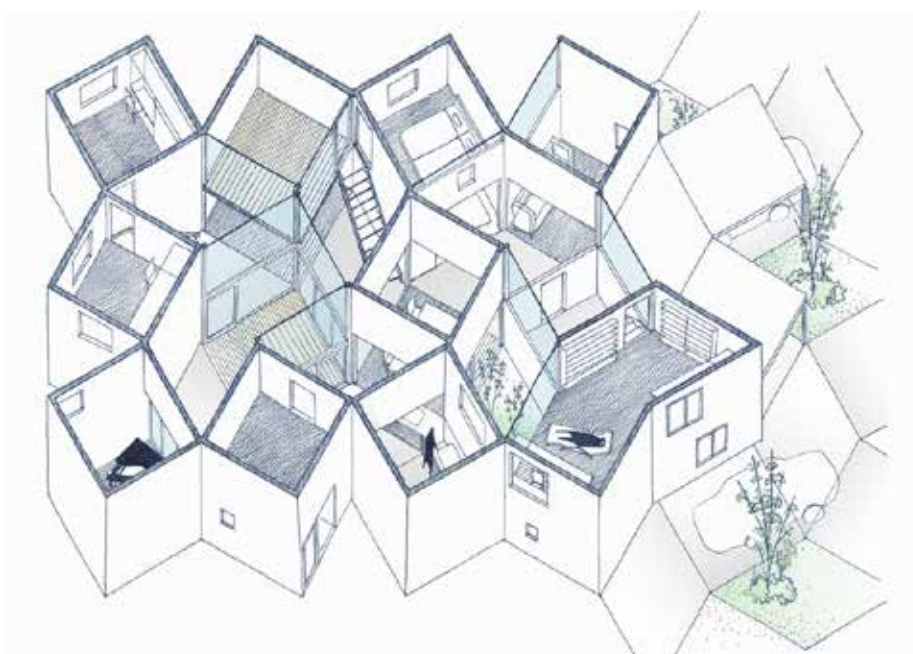
Integrating artificial intelligence (AI) and sustainability in interior design represents an emerging field that promises to redefine traditional design paradigms. AI offers advanced tools to optimise resource use, reduce waste and improve energy efficiency within living and working spaces, contributing to greener and more responsible design. By processing large amounts of data, AI can analyse complex environmental factors and suggest sustainable solutions that minimise the environmental impact of buildings and interiors while maintaining high standards of comfort and functionality. Adopting machine learning algorithms allows designers to model and simulate different scenarios, evaluating the effectiveness of proposed solutions in terms of energy efficiency, use of materials and impact on the life cycle of buildings (Calvo et al., 2020). Sustainability, traditionally based on principles of consumption reduction and resource optimisation, is thus enhanced by the use of AI, which can suggest innovative strategies for lighting, heating, ventilation and water management. Artificial intelligence also contributes to the selection of materials, considering not only durability and cost but also their overall environmental impact, including carbon emissions and recyclability (Kensek & Noble, 2014). AI-based technologies can continuously monitor an environment's energy performance, identifying potential inefficiencies and proposing real-time optimisation solutions. This approach makes buildings more 'intelligent', capable of dynamically adapting to environmental conditions and minimising their carbon footprint over time. AI also supports predictive analysis of user behaviour within spaces, helping designers to create environments that better meet occupants' energy needs, improving comfort and reducing consumption. This analytical capability can prevent energy waste and ensure that spaces are optimally utilised while maximising sustainability. Artificial intelligence also facilitates a shift towards 'data-driven' design, where



sione nelle scelte progettuali (Oxman, 2016). Questo processo trasforma radicalmente il modo in cui vengono concepiti gli interni sostenibili, offrendo un approccio scientifico alla riduzione dell'impatto ambientale. Un ulteriore aspetto cruciale dell'uso dell'IA nel design sostenibile è la sua capacità di incorporare complessi modelli climatici e ambientali nel processo di progettazione, garantendo che gli interni siano ottimizzati per le condizioni ambientali locali. Questo approccio permette ai progettisti di integrare fattori climatici, come la luce solare, la ventilazione naturale e le temperature stagionali, direttamente nelle fasi iniziali della progettazione, riducendo così la necessità di risorse energetiche artificiali per la gestione ambientale (Menges, 2017). Di conseguenza, l'uso dell'IA nel design di interni sostenibili contribuisce a creare spazi che sono non solo ecologicamente responsabili, ma anche capaci di migliorare la qualità della vita e il benessere degli occupanti.

Creatività computazionale: l'IA come co-progettista

La creatività computazionale rappresenta un'evoluzione decisiva nell'integrazione tra intelligenza artificiale e design, aprendo nuove frontiere nella collaborazione tra uomo e macchina. Questi sistemi di intelligenza artificiale generativa, come quelli basati su reti neurali convolutive o modelli come





a sinistra/on the left: Padiglione Hy-Fi, progettato da The Living a New York per il MoMA PS1 (Foto di Kris Graves) / Hy-Fi Pavilion, designed by The Living in New York for MoMA PS1 (Photo by Kris Graves)

decisions are guided by empirical data rather than subjective intuition, ensuring greater transparency and accuracy in design choices (Oxman, 2016). This process radically transforms how sustainable interiors are designed, offering a scientific approach to reducing environmental impact. A crucial aspect of using AI in sustainable design is its ability to incorporate complex climate and environmental models into the design process, ensuring that interiors are optimised for local environmental conditions. This approach allows designers to integrate climatic factors, such as sunlight, natural ventilation and seasonal temperatures, directly into the early stages of design, thus reducing the need for artificial energy resources for environmental management (Menges, 2017). Consequently, the use of AI in sustainable interior design contributes to creating spaces that are ecologically responsible and capable of improving the quality of life and well-being of the occupants.

Computational creativity: AI as co-designer

Computational creativity represents a decisive evolution in integrating artificial intelligence and design, opening up new frontiers in human-machine collaboration. Generative AI systems, such as those based on convolutional neural networks or models like GPT, can generate creative solutions in response to specific inputs or constraints (Morris et al., 2021). With its ability to analyse vast amounts of data, identify patterns, and generate innovative solutions, AI is not just a tool for automation but a true co-designer.

GPT, stanno già dimostrando la capacità di generare soluzioni creative in risposta a determinati input o vincoli (Morris et al., 2021). L'IA, grazie alla sua capacità di analizzare enormi quantità di dati, identificare pattern, e generare soluzioni innovative, non è più soltanto uno strumento per l'automazione, ma un vero e proprio co-progettista. Questi sistemi possono essere addestrati su grandi *dataset* di design preesistenti per creare nuove combinazioni stilistiche o per generare soluzioni innovative che potrebbero non essere immediatamente evidenti al progettista umano. Essa è inoltre in grado di assistere il processo creativo, proponendo idee che sfidano i paradigmi tradizionali del design e facilitando la creazione di forme e concetti nuovi. Attraverso l'analisi di questi casi studio, viene chiarito il ruolo dell'IA come co-progettista:

- Il progetto "DeepDream" di Google

Uno dei primi esempi di creatività computazionale nel design è il progetto "DeepDream" di Google. Sviluppato nel 2015 dai ricercatori di Google, questo progetto utilizza reti neurali convolutive (CNN) per generare immagini inedite. L'algoritmo prende immagini esistenti e le trasforma attraverso vari livelli di elaborazione, evidenziando e amplificando dettagli che altrimenti non sarebbero percepibili dagli esseri umani. Questo processo ha portato alla creazione di immagini surreali e astratte, offrendo una nuova fonte di ispirazione per i designer (Mordvintsev et al., 2015). Un esempio specifico di come *DeepDream* sia stato utilizzato nel design riguarda la creazione di pattern vivivi per installazioni artistiche e spazi interni. In questo contesto, l'algoritmo ha permesso di esplorare combinazioni estetiche fuori dagli schemi tradizionali, generando texture complesse che sono state poi utilizzate come ispirazione per la decorazione di pareti, pavimenti e superfici (Mordvintsev et al., 2015). Il progetto ha dimostrato come l'IA possa generare nuove forme artistiche, stimolando la creatività del progettista e aprendo nuove prospettive per l'arte e il design d'interni.

- Il *software* di progettazione generativa di Autodesk

Autodesk ha sviluppato uno dei *software* di progettazione generativa più avanzati sul mercato, utilizzato per creare progetti architettonici e di *product design*. Basato su algoritmi di apprendimento automatico, il *software* consente ai progettisti di impostare vincoli e obiettivi specifici – come la resistenza strutturale, il peso, il costo e l'impatto ambientale – per poi esplorare un'infinita varietà di soluzioni generate automaticamente dall'algoritmo. Uno degli esempi più significativi è l'uso di questo *software* nella progettazione della sede della società Airbus. Gli ingegneri di Airbus hanno utilizzato l'IA per creare una parete divisoria all'interno della cabina degli aerei. Impostando vincoli relativi a peso e resistenza, il *software* ha generato una struttura che, ispirata alla morfologia ossea, ha ridotto significativamente il peso della parete mantenendo le proprietà strutturali necessarie. Il design risultante non sarebbe stato possibile senza l'assistenza creativa dell'intelligenza artificiale (Burry, 2019). Questo esempio dimostra come l'IA non si limiti a suggerire soluzioni ovvie, ma possa esplorare nuove forme e approcci inimmaginabili per un essere umano, fungendo da co-progettista capace di migliorare sia l'estetica che la funzionalità.

- Il progetto "The Living" e il padiglione Hy-Fi

Un altro esempio di creatività computazionale è il Padiglione Hy-Fi, progettato da "The Living" per il MoMA PS1 nel 2014. Questo progetto è stato il risultato di una stretta collaborazione tra architetti, biologi e intelligenza artificiale. Utilizzando tecniche di progettazione generativa, il *team* ha esplorato vari modelli di crescita di organismi viventi per creare un'architettura sostenibile fatta di mattoni biocompositi. L'IA ha svolto un ruolo chiave nella generazione di forme architettoniche ispirate alla biologia e nel processo decisionale riguardante l'assemblaggio dei materiali. Il padiglione è stato costruito utilizzando mattoni biodegradabili a base di micelio (la parte vegetativa dei funghi), ottimizzati tramite algoritmi di apprendimento automatico che hanno analizzato la loro distribuzione spaziale e il loro comportamento strutturale (Oxman et al., 2016). Questo progetto dimostra come l'IA possa diventare un partner creativo, in grado di elaborare soluzioni innovative e sostenibili non immediatamente accessibili attraverso approcci convenzionali.

- "Fashion Creativity": L'IA di IBM Watson nel *fashion design*

Anche nel mondo della moda, l'intelligenza artificiale si è affermata come co-progettista. *IBM Watson*, un sistema avanzato di IA, è stato utilizzato per creare nuove collezioni di abbigliamento in collaborazione con il marchio di moda Marchesa. *Watson* è stato addestrato su un ampio *dataset* di immagini, tendenze e materiali di moda per generare proposte creative, incluse combinazioni inusuali di colori, stili e tessuti. In un caso studio specifico, *IBM Watson* ha aiutato Marchesa a progettare un abito per il Met Gala del 2016. L'IA ha analizzato migliaia di immagini di abiti storici e contemporanei, nonché dati sulle emozioni suscitate dai colori, per suggerire una combinazione unica di materiali e tonalità in grado di evocare determinate emozioni. L'abito risultante è stato elogiato non

These systems can be trained on large datasets of pre-existing designs to create new style combinations or to generate innovative solutions that may not be immediately apparent to the human designer. It is also able to assist the creative process, proposing ideas that challenge traditional design paradigms and facilitating the creation of new forms and concepts. Through the analysis of these case studies, the role of AI as a co-designer is clarified:

- Google's 'DeepDream' project

One of the earliest examples of computational creativity in design is Google's 'DeepDream' project. Developed in 2015 by Google researchers, this project uses convolutional neural networks (CNNs) to generate novel images. The algorithm takes existing images and transforms them through various levels of processing, highlighting and amplifying details that would otherwise not be perceptible to humans. This process has led to creating surreal and abstract images, providing designers with a new source of inspiration (Mordvintsev et al., 2015). A specific example of how DeepDream has been used in design concerns the creation of visual patterns for art installations and interior spaces. In this context, the algorithm allowed for exploring aesthetic combinations outside the traditional schemes, generating complex textures that were then inspired for wall, floor, and surface decoration (Mordvintsev et al., 2015). The project demonstrated how AI can generate new artistic forms, stimulating the designer's creativity and opening new perspectives for art and interior design.

- Autodesk's generative design software

Autodesk has developed one of the most advanced generative design software to create architectural and product design projects. Based on machine-learning algorithms, the software allows designers to set specific constraints and objectives - such as structural strength, weight, cost and environmental impact - and then explore an infinite variety of solutions generated automatically by the algorithm. One of the most significant examples is the use of this software in the design of the Airbus company headquarters. Airbus engineers used AI to create a partition within the aircraft cabin. By setting weight and strength constraints, the software generated a structure that, inspired by bone morphology, significantly reduced the weight of the wall while maintaining the necessary structural properties. The resulting design would not have been possible without the creative assistance of artificial intelligence (Burry, 2019). This example demonstrates how AI does not just suggest apparent solutions but can explore new forms and

approaches unimaginable for a human, acting as a co-designer capable of improving aesthetics and functionality.

- The living project and the Hy-Fi pavilion

Another example of computational creativity is the Hy-Fi Pavilion, designed by The Living for MoMA PS1 in 2014. This project resulted from a close collaboration between architects, biologists and artificial intelligence. Using generative design techniques, the team explored various growth patterns of living organisms to create a sustainable architecture made of biocomposite bricks. AI played a vital role in the generation of biologically inspired architectural forms and the decision-making process regarding the assembly of materials. The pavilion was built using biodegradable bricks made from mycelium (the vegetative part of fungi). It was optimised through machine learning algorithms that analysed their spatial distribution and structural behaviour (Oxman et al., 2016). This project demonstrates how AI can become a creative partner that can develop innovative and sustainable solutions that are not immediately accessible through conventional approaches.

- 'Fashion Creativity': IBM Watson's AI in fashion design

Also, artificial intelligence has established itself as a co-designer in the fashion world. IBM Watson, an advanced AI system, was used to create new clothing collections in collaboration with the fashion brand Marchesa. Watson was trained on a large dataset of fashion images, trends and materials to generate creative proposals, including unusual combinations of colours, styles and fabrics. In a specific case study, IBM Watson helped Marchesa design a dress for the 2016 Met Gala. The AI analysed thousands of images of historical and contemporary gowns and data on the emotions aroused by colours to suggest a unique combination of materials and shades that could evoke certain emotions. The resulting dress was praised for its aesthetic beauty and its innovative approach that integrated AI and human creativity (Bhardwaj et al., 2018).

- Michael Hansmeyer's 'Digital Grotesque II' project

Michael Hansmeyer's 'Digital Grotesque II' project represents a pioneering example of how computational creativity can push the limits of architecture. Hansmeyer used generative algorithms to create an extraordinarily detailed and complex architectural structure with thousands of interconnected surfaces and decorations that would have been impossible to design manually. The project used a form of AI to generate architectural forms inspired by Baroque art, pushing

visual complexity to its limits. The algorithm processed millions of iterations to generate a three-dimensional structure of virtually infinite details, exploiting 3D printing techniques to bring the design to physical reality (Hansmeyer, 2018). This project demonstrates the ability of artificial intelligence to overcome human limitations, creating works of art and design that challenge traditional conventions.

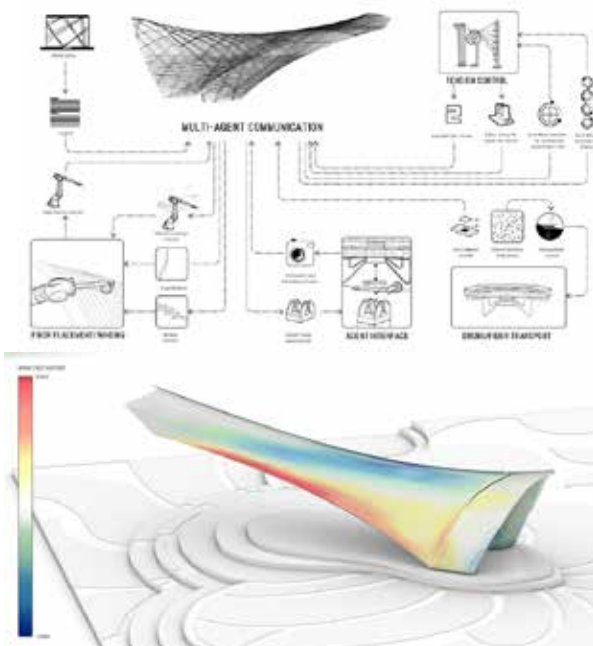
Perspectives on the integration of design and AI

The perspectives outline a context in which AI becomes a primary co-collaborator for designers. As technology advances, it is assumed that AI will not only automate repetitive and operational tasks but will also be able to contribute to the design of spaces creatively, facilitating large-scale customisation and optimisation of resources. AI will assist interior designers in the in-depth analysis of user preferences, devising solutions that meet aesthetic needs and improve comfort and well-being intelligently and adaptively (Burry, 2019). Furthermore, AI will be crucial for integrating sustainability into interior design projects, exploiting climate and environmental data analysis to optimise the use of energy resources and improve building performance (Oxman, 2016). The machine-learning capability of these systems will allow them to anticipate users' needs and adapt interior spaces to conditions in real-time, leading to increasingly dynamic and "data-driven" design (Menges, 2017). Artificial intelligence could also foster greater accessibility in design, offering innovative solutions for creating inclusive spaces that cater to different physical and cognitive abilities (Steinfeld & Maisel, 2012). Overall, the evolution of AI technologies could lead to a future in which the collaboration between interior designers and artificial intelligence becomes symbiotic, allowing designers to transcend the traditional limits of their practice and embrace a new level of innovation. Integrating design and AI requires interdisciplinary collaboration between designers, computer engineers, psychologists and other experts (Bardzell & Bardzell, 2015). Only through close collaboration between these disciplines will it be possible to fully exploit the potential of AI, creating spaces that are functional, aesthetically pleasing, intelligent, and sustainable. This collaboration will enable the development of new design methodologies and approaches, which will overcome the current limitations of conventional design. Integrating design and artificial intelligence (AI) is a concrete reality, and several case studies have demonstrated the tangible im-

sotto/below: Padiglione ICD-ITKE Research 2016-17 e schemi di fabbricazione computazionale, Università di Stuttgart, Germania (Foto di Laurian Ghinitoiu - Fonte: <https://www.archdaily.com/869450/icd-itke-research-pavilion-2016-17-icd-itke-university-of-stuttgart>) / ICD-ITKE Research Pavilion

2016-17 and computational manufacturing schemes, University of Stuttgart, Germany (Photo by Laurian Ghinitoiu - Source: <https://www.archdaily.com/869450/icd-itke-research-pavilion-2016-17-icd-itke-university-of-stuttgart>)

a destra/on the right: La giacca tecnologica a quadri di Grace McCarty per Tommy Hilfiger in mostra alla NRF 2018: Retail's Big Show / Grace McCarty's plaid tech jacket for Tommy Hilfiger on display at NRF 2018: Retail's Big Show.



impact of technology on interior design, architecture, and space planning. In this context, AI does not merely optimise existing processes but acts as a catalyst for innovation, allowing new forms, functional solutions and sustainable approaches to be explored, such as:

1. AUTODESK'S PROJECT DREAMCATCHER

Autodesk's Project Dreamcatcher is one of the best-known examples of artificial intelligence in generative design. This generative design system allows architects and designers to enter a series of constraints (such as materials, structural loads, costs and production limitations) and obtain hundreds of design options automatically optimised by the algorithm. Dreamcatcher does not just perform repetitive tasks or simplify human work; it offers a wide range of innovative solutions that push the boundaries of creativity. A specific example of Dreamcatcher is the 'Elbo' chair design, created in collaboration with the design company The Living. The chair was developed using artificial intelligence to optimise comfort and structural strength while reducing weight and material usage. The algorithm generated hundreds of variations, allowing the designers to choose the most suitable one based on the criteria. The result was an aesthetically unique and functional product that redefined traditional design processes (Menges et al., 2017).

2. ICD-ITKE RESEARCH PAVILION (2016-2017)

Another emblematic case study of the integration of AI and design is the ICD-ITKE Research Pavilion 2016-2017, a project developed by the Institute for Computational Design (ICD) and the

solo per la sua bellezza estetica, ma anche per l'approccio innovativo che ha integrato IA e creatività umana (Bhardwaj et al., 2018).

- Progetto "Digital Grottesque II" di Michael Hansmeyer

Il progetto "Digital Grottesque II" di Michael Hansmeyer rappresenta un esempio pionieristico di come la creatività computazionale possa spingersi verso i limiti dell'architettura. Hansmeyer ha utilizzato algoritmi generativi per creare una struttura architettonica estremamente dettagliata e complessa, con migliaia di superfici e decorazioni interconnesse che sarebbero state impossibili da progettare manualmente. Il progetto ha utilizzato una forma di IA per generare forme architettoniche ispirate all'arte barocca, spingendo la complessità visiva al limite. L'algoritmo ha elaborato milioni di iterazioni per generare una struttura tridimensionale composta da un numero praticamente infinito di dettagli, sfruttando tecniche di stampa 3D per portare il progetto alla realtà fisica (Hansmeyer, 2018). Questo progetto dimostra la capacità dell'intelligenza artificiale di superare i limiti umani, creando opere d'arte e di design che sfidano le convenzioni tradizionali.

Prospettive di integrazione tra design e IA

Le prospettive delineano un contesto in cui l'IA diventa un co-collaboratore primario per i designer. Con il progredire della tecnologia, si presume che l'IA oltre ad automatizzare compiti ripetitivi e operativi, sarà in grado di contribuire in modo creativo alla progettazione degli spazi, facilitando la personalizzazione su larga scala e l'ottimizzazione delle risorse. L'IA potrà assistere gli *interior designer* nell'analisi approfondita delle preferenze degli utenti, elaborando soluzioni che non solo rispondono alle esigenze estetiche, ma che migliorano il comfort e il benessere in modo intelligente e adattivo (Burry, 2019). Inoltre, l'IA sarà fondamentale per l'integrazione della sostenibilità nei progetti di *interior design*, sfruttando l'analisi dei dati climatici e ambientali per ottimizzare l'uso delle risorse energetiche e migliorare le prestazioni degli edifici (Oxman, 2016). La capacità di apprendimento automatico di questi sistemi consentirà di anticipare i bisogni degli utenti e di adattare gli spazi interni alle condizioni in tempo reale, portando a una progettazione sempre più dinamica e "data-driven" (Menges, 2017). L'intelligenza artificiale potrebbe anche favorire una maggiore accessibilità nel design, offrendo soluzioni innovative per la creazione di spazi inclusivi che rispondano a diverse abilità fisiche e cognitive (Steinfeld & Maisel, 2012). Nel complesso, l'evoluzione delle tecnologie IA potrebbe portare a un futuro in cui la collaborazione tra interior designer e intelligenza artificiale diventa simbiotica, permettendo ai progettisti di superare i limiti tradizionali della loro pratica e di abbracciare un nuovo livello di innovazione. L'integrazione tra design e IA richiede una collaborazione interdisciplinare tra designer, ingegneri informatici, psicologi e altri esperti (Bardzell & Bardzell, 2015). Solo attraverso una stretta collaborazione tra queste diverse discipline sarà pos-



Institute of Building Structures and Structural Design (ITKE) at the University of Stuttgart. This experimental pavilion was inspired by the biological morphology of the beetle and used artificial intelligence algorithms to mimic the building processes found in nature. AI played a crucial role in designing and constructing this pavilion, optimising material distribution according to structural forces. The team could test thousands of structural configurations using machine learning algorithms and simulations, minimising overall weight without compromising strength. The result was a lightweight yet extremely strong structure, realised through robotic fabrication and artificial intelligence (Knippers et al., 2016).

3. THE EDGE, AMSTERDAM

The EDGE building in Amsterdam is a pioneering example of integrating AI and sustainable architecture. Designed by PLP Architecture and developed by OVG Real Estate, the EDGE is considered one of the 'smartest' buildings in the world, and it uses an AI-based infrastructure to monitor and optimise its internal operations constantly. The building's AI system collects data from thousands of sensors scattered throughout the offices, automatically adjusting temperature, lighting and other environmental factors to optimise user comfort and reduce energy consumption. AI learns from occupants' habits and adapts workspace conditions to improve productivity and well-being (Tobias & Veldhoen, 2019). Furthermore, The EDGE uses AI for solar energy management, storing and distributing energy based on peak supply and demand. This

sibile sfruttare appieno il potenziale dell'IA, creando spazi che siano non solo funzionali e esteticamente piacevoli, ma anche intelligenti e sostenibili. Questa collaborazione consentirà lo sviluppo di nuove metodologie e approcci progettuali, che supereranno i limiti attuali del design convenzionale. L'integrazione tra design e intelligenza artificiale (IA) è una realtà concreta con diversi casi studio che dimostrano l'impatto tangibile della tecnologia sull'interior design, l'architettura e la progettazione degli spazi. In questo contesto, l'IA non si limita a ottimizzare i processi esistenti, ma funge da catalizzatore per l'innovazione, permettendo di esplorare nuove forme, soluzioni funzionali e approcci sostenibili, come:

1. PROJECT DREAMCATCHER DI AUTODESK

Il progetto *Dreamcatcher* di Autodesk è uno dei casi più noti di utilizzo dell'intelligenza artificiale nella progettazione generativa. Questo sistema di design generativo consente agli architetti e ai designer di inserire una serie di vincoli (come i materiali, i carichi strutturali, i costi e le limitazioni di produzione) e ottenere centinaia di opzioni di design ottimizzate automaticamente dall'algorithm. *Dreamcatcher* non si limita a eseguire compiti ripetitivi o a semplificare il lavoro umano; offre invece un'ampia gamma di soluzioni innovative che spingono i confini della creatività. Un esempio specifico dell'utilizzo di *Dreamcatcher* è il progetto per la sedia "Elbo", creato in collaborazione con la società di design *The Living*. La sedia è stata sviluppata utilizzando l'intelligenza artificiale per ottimizzare il comfort e la resistenza strutturale, riducendo al contempo il peso e l'uso dei materiali. L'algorithm ha generato centinaia di varianti, permettendo ai designer di scegliere quella più adatta in base ai criteri definiti. Il risultato è stato un prodotto esteticamente unico e funzionale, che ha ridefinito i processi di progettazione tradizionali (Menges et al., 2017).

2. PADIGLIONE ICD-ITKE RESEARCH PAVILION (2016-2017)

Un altro caso studio emblematico dell'integrazione tra IA e design è l'*ICD-ITKE Research Pavilion* 2016-2017, un progetto sviluppato dall'*Institute for Computational Design* (ICD) e dall'*Institute of Building Structures and Structural Design* (ITKE) dell'Università di Stoccarda. Questo padiglione sperimentale è stato ispirato dalla morfologia biologica del coleottero e ha utilizzato algoritmi di intelligenza artificiale per imitare i processi di costruzione presenti in natura. L'IA ha giocato un ruolo cruciale nella progettazione e nella costruzione di questo padiglione, ottimizzando la distribuzione del materiale in base alle forze strutturali. Utilizzando algoritmi di apprendimento automatico e simulazioni, il team ha potuto testare migliaia di configurazioni strutturali, riducendo al minimo il peso complessivo senza compromettere la resistenza. Il risultato è stato una struttura leggera, ma estremamente resistente, realizzata attraverso una combinazione di fabbricazione robotica e intelligenza artificiale (Knippers et al., 2016).

3. THE EDGE, AMSTERDAM

L'edificio "The EDGE" ad Amsterdam è un esempio pionieristico di integrazione tra IA e architettura sostenibile. Progettato da *PLP Architecture* e sviluppato da *OVG Real Estate*, *The EDGE* è considerato uno degli edifici più "smart" al mondo, utilizzando un'infrastruttura basata su IA per monitorare e ottimizzare costantemente le sue operazioni interne. Il sistema di IA nell'edificio raccoglie dati da migliaia di sensori sparsi per gli uffici, regolando automaticamente la temperatura, l'illuminazione e altri fattori ambientali per ottimizzare il comfort degli utenti e ridurre il consumo energetico. L'intelligenza artificiale apprende dalle abitudini degli occupanti e adatta le condizioni degli spazi di lavoro per migliorare la produttività e il benessere (Tobias & Veldhoen, 2019). Inoltre, *The EDGE* utilizza IA per la gestione dell'energia solare, immagazzinando e distribuendo l'energia in base ai picchi di domanda e offerta. Questo approccio non solo rende l'edificio altamente efficiente dal punto di vista energetico, ma stabilisce anche un nuovo standard per l'architettura sostenibile e intelligente.

4. AI & RETAIL DESIGN: TOMMY HILFIGER E IBM WATSON

Nel settore del *retail*, il brand Tommy Hilfiger ha collaborato con IBM e la *Fashion Institute of Technology* (FIT) per integrare l'intelligenza artificiale nel processo di design. Utilizzando *IBM Watson*, il team di Tommy Hilfiger ha analizzato enormi quantità di dati, incluse immagini di passerelle, tendenze sui social media e dati di vendita, per prevedere le tendenze future e ispirare nuove collezioni. In uno specifico caso studio, *IBM Watson* è stato utilizzato per analizzare centinaia di migliaia di immagini di capi di abbigliamento, identificando *pattern* di successo e suggerendo nuove combinazioni di colori, materiali e stili. L'intelligenza artificiale ha quindi generato nuove idee di design che sono state implementate nel processo creativo, consentendo al brand di lanciare collezioni più in linea con le preferenze emergenti dei consumatori (Bhardwaj et al., 2018). Questo caso dimostra come l'IA possa fungere da partner creativo, assistendo i designer nel creare prodotti più vicini alle aspettative del mercato, migliorando la rapidità e la precisione delle decisioni stilistiche.

approach makes the building highly energy efficient and sets a new standard for sustainable and intelligent architecture.

4. AUTODESK'S 'AI-SPACEMAKER' CASE STUDY
SpaceMaker, a start-up acquired by Autodesk in 2020, uses artificial intelligence to create optimised urban and architectural designs. SpaceMaker is designed to be an AI assistant for architects and urban planners, enabling them to quickly generate multiple design scenarios based on specific constraints such as terrain topography, building codes, sunlight, wind and noise levels. In one of the critical projects, SpaceMaker redesigned a densely populated urban area in Oslo, Norway. Artificial intelligence was used to create simulations that optimised daylight exposure for homes and minimised noise from busy streets. Designers were able to quickly explore thousands of design options, evaluating which solutions offered the best quality of life for residents while reducing environmental impact and improving the energy efficiency of buildings (Autodesk, 2020).

5. AI & RETAIL DESIGN: TOMMY HILFIGER AND IBM WATSON

In the retail sector, the Tommy Hilfiger brand collaborated with IBM and the Fashion Institute of Technology (FIT) to integrate artificial intelligence into the design process. Using IBM Watson, the Tommy Hilfiger team analysed vast amounts of data, including catwalk images, social media trends and sales data, to predict future trends and inspire new collections. In one specific case study, IBM Watson was used to analyse hundreds of thousands of garment images, identifying successful patterns and suggesting new combinations of colours, materials and styles. Artificial intelligence then generated new design ideas implemented into the creative process, allowing the brand to launch collections more aligned with emerging consumer preferences (Bhardwaj et al., 2018). This case demonstrates how AI can act as a creative partner, assisting designers in creating products closer to market expectations and improving the speed and accuracy of style decisions.

Conclusions

The synergy between interior design and artificial intelligence (AI) represents one of the most promising developments in space design. AI research and application are already revolutionising various aspects of design, from computational creativity to sustainability, and future developments indicate that integration will become deeper and more meaningful. In particular, AI is proving to be a tool for optimising processes



5. CASO STUDIO SU "AI-SPACEMAKER" DI AUTODESK

SpaceMaker, una *startup* acquisita da Autodesk nel 2020, utilizza l'intelligenza artificiale per creare design urbanistici e architettonici ottimizzati. *SpaceMaker* è progettato per essere un assistente IA per architetti e urbanisti, che consente loro di generare rapidamente più scenari di design basati su vincoli specifici come la topografia del terreno, la normativa edilizia, la luce solare, il vento e i livelli di rumore. In uno dei progetti chiave, *SpaceMaker* è stato utilizzato per riprogettare un'area urbana densamente popolata a Oslo, in Norvegia. L'intelligenza artificiale ha permesso di creare varie simulazioni che ottimizzavano l'esposizione alla luce naturale per le abitazioni e minimizzavano il rumore proveniente dalle strade trafficate. I progettisti sono stati in grado di esplorare rapidamente migliaia di opzioni di design, valutando quali soluzioni offrirono la migliore qualità della vita per i residenti, riducendo contemporaneamente l'impatto ambientale e migliorando l'efficienza energetica degli edifici (Autodesk, 2020).

Conclusioni

La sinergia tra *interior design* e intelligenza artificiale (IA) rappresenta una delle più promettenti evoluzioni nel campo della progettazione degli spazi. La ricerca e l'applicazione dell'IA stanno già rivoluzionando vari aspetti del design, dalla creatività computazionale alla sostenibilità, e i futuri

and resources and a creative and collaborative partner capable of generating new ideas and innovative solutions (Oxman, 2016). The possibility of using AI to tailor spaces to users' needs and to improve environmental sustainability represents a significant advancement in interior design, leading to greater energy efficiency and reduced ecological impact (Calvo et al., 2020). The integration of advanced machine learning and simulation algorithms makes it possible to anticipate occupants' needs and optimise the use of resources, making spaces more intelligent and adaptable. This ability to model and simulate complex scenarios based on environmental and behavioural data allows designers to create interiors that better meet current needs and evolve over time (Burry, 2019). Although there are ethical and technical challenges to be addressed, such as the transparency of algorithms and the fairness of proposed solutions, the prospects of ever-closer collaboration between designers and AI are exciting and loaded with potential. In the future, AI will not only facilitate the work of designers but could also redefine the limits of human creativity, opening up new avenues for aesthetic and functional exploration (Menges, 2017). The continuous evolution of technology will offer opportunities for increasingly dynamic and personalised approaches in interior design, improving both the quality of spaces and the well-being of occupants. In conclusion, artificial intelligence is a crucial ally in redefining the future of design, fostering an evolution that combines creativity, efficiency and sustainability in hitherto unimaginable ways.

sviluppi indicano che l'integrazione diventerà sempre più profonda e significativa. In particolare, l'IA si sta dimostrando non solo uno strumento per ottimizzare processi e risorse, ma un partner creativo e collaborativo capace di generare nuove idee e soluzioni innovative (Oxman, 2016). La possibilità di utilizzare l'IA per personalizzare gli spazi su misura per le esigenze degli utenti e per migliorare la sostenibilità ambientale rappresenta un progresso significativo nel campo dell'*interior design*, portando a una maggiore efficienza energetica e a una riduzione dell'impatto ecologico (Calvo et al., 2020). L'integrazione di algoritmi avanzati di apprendimento automatico e simulazione permette di anticipare le esigenze degli occupanti e di ottimizzare l'uso delle risorse, rendendo gli spazi più intelligenti e adattabili. Questa capacità di modellare e simulare scenari complessi sulla base di dati ambientali e comportamentali permette ai progettisti di creare interni che non solo rispondono meglio alle esigenze attuali, ma che sono anche in grado di evolversi nel tempo (Burry, 2019). Sebbene esistano sfide etiche e tecniche da affrontare, come la trasparenza degli algoritmi e l'equità delle soluzioni proposte, le prospettive di una collaborazione sempre più stretta tra designer e IA sono entusiasmanti e cariche di potenziale. In futuro, l'IA non solo faciliterà il lavoro dei progettisti, ma potrebbe anche ridefinire i limiti della creatività umana, aprendo nuove strade per l'esplorazione estetica e funzionale (Menges, 2017). La continua evoluzione della tecnologia offrirà opportunità per approcci sempre più dinamici e personalizzati nel design degli interni, migliorando sia la qualità degli spazi che il benessere degli occupanti. In conclusione, l'intelligenza artificiale deve essere vista come un alleato cruciale nel ridefinire il futuro del design, favorendo un'evoluzione che combina creatività, efficienza e sostenibilità in modi finora inimmaginabili.

References

- Autodesk. (2020). I-assisted design and urban planning: How SpaceMaker helps architects optimize buildings and cities. Retrieved from [https://www.autodesk.com].
- Bardzell, S., & Bardzell, J. (2015). *Humanistic HCI*. Morgan & Claypool Publishers.
- Bhardwaj, P., Bell, S., & McPherson, M. (2018). AI-enhanced fashion design. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 11(3), 349-359.
- Burry, J. (2019). Progettazione generativa: come l'intelligenza artificiale sta trasformando il design. *Architectural Design*, 89(2), 44-51.
- Calvo, R. A., Peters, D., & Potter, P. (2020). *Designing for Wellbeing: A Framework for Conscious Design*. MIT Press.
- Hansmeyer, M. (2018). Digital Grotesque II: Computation and Complexity in Architecture. *Journal of Architectural Computing*, 16(1), 78-95.
- Kensek, K. M., & Noble, D. (2014). *Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice*. Wiley.
- Lambourne, R., Feetham, N., & Pawson, S. (2020). *Design Thinking and Innovation in the Modern Workplace*. Sage Publications.
- Knippers, J., Cremers, J., Gabler, M., & Lienhard, J. (2016). ICD/ITKE Research Pavilion 2016–2017: A novel approach to architectural design through biomimicry and computational fabrication. University of Stuttgart.
- Menges, A. (2017). Computational design thinking and the future of sustainable architecture. *Architectural Design*, 87(2), 12-19.
- Menges, A., Schwinn, T., & Krieg, O. D. (2017). Computational design thinking and machine learning in architecture: The case of project Dreamcatcher. *Architectural Design*, 87(3), 48-55.
- Mordvintsev, A., Olah, C., & Tyka, M. (2015). Inceptionism: Going deeper into neural networks. *Google Research Blog*.
- Morris, R., Vines, J., & Whitaker, S. (2021). *AI and Creativity in Design*. Oxford University Press.
- Nagy, D., Sundararajan, V., & Suri, A. (2021). The Role of AI in Contemporary Architecture and Design. *Journal of Computational Design*, 5(3), 45-62.
- Oxman, N. (2016). Material Ecology and Computational Design for Sustainability. *Architectural Design*, 86(1), 34-41.
- Oxman, N. (2016). *The Age of Entanglement: When Creativity Meets AI*. Princeton Architectural Press.
- Oxman, N., Keating, S. J., & Tsai, E. (2016). Material Ecology: Creative Collaboration between Biology and Architecture. *Architectural Design*, 86(1), 26-33.
- Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.
- Steinfeld, E., & Maisel, J. L. (2012). *Universal Design: Creating Inclusive Environments*. Wiley.
- Tobias, S., & Veldhoen, E. (2019). The EDGE: Redefining sustainability through AI and smart building technology. *Journal of Sustainable Architecture*, 14(2), 55-67.