



Materia sensibile

Colore, materiali e finiture nell'era dell'AI: dalla generazione visiva alla sensibilità progettuale

testo di/text by Gianpiero Alfarano

Sensitive matter. Colour, materials and finishes in the age of AI: from visual generation to design sensibility

Introduction

The introduction of generative Artificial Intelligence into design and architectural processes not only brings new tools for producing images, variations, and scenarios, but also progressively changes the very way in which a design is perceived, interpreted, and constructed. The issue, therefore, does not concern the acceleration of creative processes or the automation of certain operational stages alone, but rather the transformation of design sensibility: that ability, honed through experience, culture and practice, to recognise meaningful relationships between form, colour, material, surface and context. From this perspective, AI does not simply act as a representational tool, but as a new interlocutor capable of influencing the imaginative framework through which the designer formulates, verifies and selects their intentions. The proliferation of text-to-image systems has made it possible to generate, in a matter of seconds, a volume of visual alternatives that is scarcely comparable to the traditional timescales of design development. This quantitative expansion does not, however, automatically correspond to a qualitative expansion of creativity. Research shows that AI can increase productivity and exploratory capacity, whilst the quality of the results continues to depend substantially on human activities such as ideation, selection, and filtering (Zhou

Introduzione

L'ingresso dell'Intelligenza Artificiale generativa nei processi di design e di architettura non introduce soltanto nuovi strumenti per produrre immagini, varianti e scenari, ma modifica progressivamente il modo stesso in cui il progetto viene percepito, interpretato e costruito. La questione non riguarda quindi esclusivamente l'accelerazione dei processi creativi o l'automazione di alcune fasi operative, quanto piuttosto la trasformazione della sensibilità progettuale: quella capacità, maturata attraverso esperienza, cultura e pratica, di riconoscere relazioni significative tra forma, colore, materia, superficie e contesto. In questa prospettiva, l'AI non agisce semplicemente come dispositivo di rappresentazione, ma come nuovo interlocutore capace di incidere sull'immaginario attraverso cui il progettista formula, verifica e seleziona le proprie intenzioni. La diffusione dei sistemi text-to-image ha reso possibile generare in pochi secondi quantità di alternative visive difficilmente paragonabili ai tempi tradizionali dell'elaborazione progettuale. Questa espansione quantitativa non coincide, tuttavia, automaticamente con un'espansione qualitativa della creatività. Le ricerche mostrano come l'AI possa aumentare la produttività e la capacità esplorativa, mentre la qualità dei risultati continua a dipendere in misura sostanziale dalle attività umane di ideazione, selezione e filtraggio (Zhou & Lee, 2024). Il passaggio decisivo consiste, pertanto, nel distinguere la capacità di generare differenze da quella di attribuire loro valore. Nel progetto, infatti, non tutte le varianti costituiscono alternative significative: diventano tali soltanto quando sono ricondotte a un'intenzione, a un sistema di vincoli e a una precisa costruzione di senso. Questa distinzione appare particolarmente evidente quando l'AI interviene sulla dimensione sensibile del progetto. Colore, materiali e finiture non sono componenti terminali destinati a rivestire una forma già definita, ma dispositivi progettuali capaci di modificare la percezione, l'identità e il comportamento di un artefatto o di uno spazio. La scelta di una tonalità, il grado di riflessione di una superficie, la profondità di una texture, l'opacità di un rivestimento o la percezione termica e tattile di un materiale concorrono a configurare l'esperienza complessiva. Nei sistemi generativi tali qualità vengono però tradotte prevalentemente in informazioni visive: la materia viene simulata attraverso pattern, luce, colore e microvariazioni superficiali, producendo una rappresentazione spesso estremamente convincente, pur in assenza di una corrispondente esperienza fisica. Si determina così una condizione inedita: mai prima d'ora il progettista aveva avuto accesso con tale immediatezza a una quantità così vasta di materialità potenziali, ma allo stesso tempo mai era stato così necessario distinguere tra materialità rappresentata e materialità esperita. Una superficie generata può apparire morbida senza esserlo, suggerire una rugosità incompatibile con il processo produttivo, mostrare riflessioni che non corrispondono alle caratteristiche ottiche di un materiale o combinare cromie

10

11

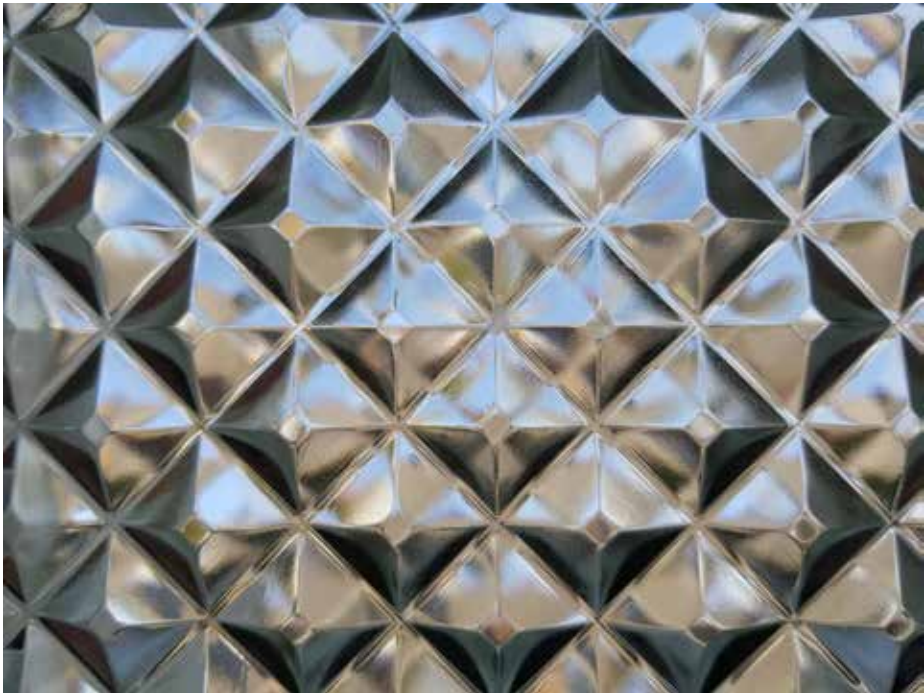
& Lee, 2024). The crucial distinction, therefore, lies in differentiating between the ability to generate variations and the ability to attribute value to them. In design, in fact, not all variations constitute meaningful alternatives: they become so only when linked to an intention, a system of constraints and a precise construction of meaning. This distinction is particularly evident when AI intervenes in the sensory dimension of the design. Colour, materials and finishes are not end-products intended to clad an already defined form, but design devices capable of altering the perception, identity and behaviour of an artefact or a space. The choice of a shade, the degree of a surface's reflectance, the depth of a texture, the opacity of a cladding, or the thermal and tactile perception of a material all contribute to shaping the overall experience. In generative systems, however, these qualities are predominantly rendered as visual information: the material is simulated through patterns, light, colour, and micro-variations in the surface, producing a representation that is often extremely convincing, even in the absence of a corresponding physical experience. This gives rise to an unprecedented situation: never before has the designer had such immediate access to such a vast array of potential material qualities, yet at the same time it has never been so necessary to distinguish between represented materiality and experienced materiality. A generated surface may appear soft without actually being so, suggest a roughness incompatible with the production process, display reflections that do not correspond to a material's optical characteristics, or combine colours and finishes that are difficult to reproduce in reality. The plausibility of the image thus tends to take the place of verifying the material itself, introducing a critical distance between what the design shows and what it might actually become. It is precisely within this distance that the designer's sensibility takes on a new centrality. Whilst the algorithm is extraordinarily effective at processing the correlations present in data and reconfiguring visual repertoires according to statistically plausible combinations, design decisions continue to require interpretation, context and judgement. The issue is not whether AI is creative in absolute terms, but rather understanding how it can alter the conditions under which creativity is exercised. Studies on human-AI co-creation are gradually shifting the focus away from the competitive comparison between humans and machines towards the analysis of hybrid processes, in which iterative interaction can expand designers' exploratory capacity without undermining their decision-making autonomy (Wang et al., 2025). In this context, the prompt itself serves a more complex design function than a simple instruction. Through language, the designer is

e finiture difficilmente riproducibili nella realtà. La verosimiglianza dell'immagine tende così a sostituirsi alla verifica della materia, introducendo una distanza critica tra ciò che il progetto mostra e ciò che potrebbe effettivamente diventare. È proprio in questa distanza che la sensibilità del progettista assume nuova centralità. Se l'algoritmo è straordinariamente efficace nell'elaborare le correlazioni presenti nei dati e nel riconfigurare repertori visivi secondo combinazioni statisticamente plausibili, la decisione progettuale continua a richiedere interpretazione, contesto e giudizio. Il problema non è stabilire se l'AI sia o meno creativa in termini assoluti, quanto comprendere come possa modificare le condizioni entro cui la creatività viene esercitata. Gli studi sulla co-creazione *Human-AI* stanno progressivamente spostando l'attenzione dal confronto competitivo tra uomo e macchina verso l'analisi di processi ibridi, nei quali l'interazione iterativa può ampliare la capacità esplorativa del designer senza annullarne l'autonomia decisionale (Wang et al., 2025). In questa relazione, il prompt stesso assume una funzione progettuale più complessa di quella attribuibile a una semplice istruzione. Attraverso il linguaggio, il progettista è costretto a esplicitare qualità che nella pratica tradizionale potevano rimanere intuitive o implicite: densità cromatica, traslucenza, granularità, patina, riflettanza, irregolarità, morbidezza percettiva, temperatura visiva. La verbalizzazione della materia diventa quindi parte integrante del processo creativo. Tuttavia, proprio l'interfaccia attraverso cui avviene questa mediazione può orientare la qualità dell'esplorazione: la ricerca sui sistemi generativi evidenzia infatti come modalità di interazione troppo semplificate o basate prevalentemente sulla produzione automatica di varianti possano ridurre l'esplorazione concettuale e il livello di dettaglio delle richieste degli utenti (Torricelli et al., 2024). La facilità di generazione, paradossalmente, può quindi favorire una minore profondità progettuale se non è accompagnata da una capacità critica altrettanto evoluta. A ciò si aggiunge un ulteriore rischio: l'omogeneizzazione estetica. La capacità dei modelli generativi di produrre immagini seducenti deriva dall'elaborazione di grandi quantità di contenuti preesistenti e dalla capacità di riconoscere regolarità, ricorrenze e associazioni. L'ampliamento della creatività individuale può pertanto convivere con una riduzione della diversità complessiva degli esiti, un fenomeno già osservato negli studi recenti sulla creatività assistita dall'AI (Doshi & Hauser, 2024). Nel campo del design, questo aspetto assume particolare rilevanza: se determinati repertori cromatici, texture, atmosfere e associazioni materiche vengono continuamente riproposti perché statisticamente efficaci, la generazione rischia di rafforzare codici estetici dominanti anziché produrre vere discontinuità. Diventa quindi necessario ridefinire la sensibilità progettuale non come qualità esclusivamente intuitiva o soggettiva, bensì come competenza critica capace di operare in un ambiente caratterizzato dall'abbondanza di possibilità. Nel progetto assistito dall'AI il valore non risiede più soltanto nella capacità di immaginare una soluzione, ma anche nel saper riconoscere, tra centinaia di configurazioni potenziali, quelle in grado di stabilire relazioni coerenti tra intenzione, percezione, materia, tecnologia e contesto. In questo senso, l'AI non elimina la sensibilità progettuale: ne rende più evidente la necessità. Si può parlare, allora, di una sensibilità progettuale aumentata, intesa come capacità di integrare l'esplorazione algoritmica con una conoscenza sensibile e culturale della materia. "Aumentata" non perché trasferita alla macchina, ma perché sottoposta a un campo di possibilità molto più ampio rispetto al passato. Il progettista non è più soltanto colui che genera forme, colori e combinazioni, ma colui che definisce criteri di selezione, stabilisce gerarchie, riconosce anomalie significative e trasforma l'indeterminatezza dell'*output* generativo in intenzione progettuale. In questa prospettiva, il rapporto tra Intelligenza Artificiale e creatività non si risolve nella sostituzione dell'una con l'altra, ma nella costruzione di una nuova ecologia del progetto in cui la capacità computazionale e la sensibilità umana operano su livelli differenti e complementari. Interrogare il colore, la materia e le finiture nell'era dell'AI significa quindi interrogare il futuro stesso della cultura del progetto. Non si tratta più soltanto di comprendere quali immagini sia possibile produrre, ma di stabilire quali qualità valga la pena trasformare in realtà. Tra la velocità generativa dell'algoritmo e la lentezza necessaria alla comprensione sensibile della materia si apre uno spazio critico nuovo: è proprio in questo spazio che il design può continuare a produrre conoscenza, differenza e significato.

Quadro teorico e stato dell'arte

Il rapporto tra Intelligenza Artificiale e progetto si colloca oggi all'interno di una trasformazione più ampia che coinvolge non soltanto gli strumenti della progettazione, ma anche i processi cognitivi attraverso cui vengono formulate, esplorate e valutate le alternative. La recente diffusione dei sistemi generativi ha progressivamente spostato il dibattito dal tema dell'automazione a quello della collaborazione, introducendo l'ipotesi di una creatività distribuita tra il soggetto umano e il sistema computazionale. In questo scenario, l'AI tende ad assumere il ruolo di agente capace di intervenire nelle fasi

compelled to articulate qualities that, in traditional practice, might have remained intuitive or implicit: chromatic density, translucency, granularity, patina, reflectance, irregularity, perceived softness, and visual temperature. The verbalisation of the material thus becomes an integral part of the creative process. However, the very interface through which this mediation takes place can influence the quality of the exploration: research into generative systems highlights, in fact, how overly simplified modes of interaction—or those based predominantly on the automatic production of variants—can limit conceptual exploration and the level of detail in users' requests (Torricelli et al., 2024). Paradoxically, the ease of generation can therefore lead to less depth in design if an equally developed critical capacity does not accompany it. Added to this is a further risk: aesthetic homogenisation. The ability of generative models to produce appealing images stems from the processing of large quantities of pre-existing content and their capacity to recognise patterns, recurrences and associations within it. The expansion of individual creativity may therefore co-exist with a reduction in overall outcome diversity, a phenomenon already observed in recent studies on AI-assisted creativity (Doshi & Hauser, 2024). In the field of design, this aspect takes on particular significance: if certain colour palettes, textures, atmospheres and material associations are continually reproduced because they are statistically effective, the generation process risks reinforcing dominant aesthetic codes rather than producing genuine breaks with the past. It therefore becomes necessary to redefine design sensibility not as an exclusively intuitive or subjective quality, but as a critical competence capable of operating in an environment characterised by an abundance of possibilities. In AI-assisted design, value no longer lies solely in the ability to imagine a solution, but also in knowing how to recognise, amongst hundreds of potential configurations, those capable of establishing coherent relationships between intention, perception, material, technology and context. In this sense, AI does not eliminate design sensibility: it makes its necessity more evident. We can therefore speak of an 'augmented' design sensibility, understood as the ability to integrate algorithmic exploration with a sensitive, culturally informed understanding of the subject matter. 'Augmented' not because it is transferred to the machine, but because it is subjected to a field of possibilities far broader than in the past. The designer is no longer merely the one who generates forms, colours and combinations. However, the one who defines selection criteria, establishes hierarchies, recognises significant anomalies and transforms the indeterminacy of generative output into design intent. From this perspective, the rela-



tionship between Artificial Intelligence and creativity does not boil down to the replacement of one by the other, but to the construction of a new design ecology in which computational capacity and human sensitivity operate on different and complementary levels. To interrogate colour, materials and finishes in the age of AI therefore means interrogating the very future of design culture. It is no longer merely a question of understanding which images can be produced, but of determining which qualities are worth bringing to life. Between the generative speed of the algorithm and the slowness required for a sensitive understanding of materials, a new critical space opens up: it is precisely within this space that design can continue to produce knowledge, difference and meaning.

Theoretical framework and state of the art

The relationship between Artificial Intelligence and design is now part of a broader transformation that involves not only design tools, but also the cognitive processes through which alternatives are formulated, explored and evaluated. The recent proliferation of generative systems has gradually shifted the debate from automation to collaboration, introducing the hypothesis that creativity is distributed between the human subject and the computational system. In this scenario, AI tends to assume the role of an agent capable of intervening in the initial and intermediate phases of the design process, contributing to the expansion of the solution space and the construction of design pathways that are not necessarily linear. The most recent research on co-creation shows, in fact, how conversational and generative systems can contribute to the production of more solutions and, under certain conditions, more original ones, particularly when integrated into structured processes of interaction with the designer (P. Wang et al., 2025). This transformation alters one of the traditional conditions of design creativity: the relationship between divergence and convergence.

The design process has historically alternated between moments of openness, in which diverse possibilities are explored, and moments of selection and progressive definition. Generative AI takes the first of these conditions to the extreme, making the production of variants potentially almost limitless. The result is a situation in which an overabundance replaces a scarcity of alternatives. The design challenge thus tends to shift from generation to selection, from the difficulty of imagining alternatives to the need to establish criteria that can distinguish their value. Research into artificial intelligence applied to ideation highlights precisely this ability of generative systems to act as cognitive stimuli, whilst suggesting the need to maintain human control over the processes of interpretation and convergence (Berni et al., 2024). Within this framework, colour, material and finish take on particular significance. The culture of CMF – Colour, Material, Finish – is, in fact, based on the construction of complex relationships among perceptual qualities, physical properties, production processes, product identity, and cultural dimensions. Colour cannot be reduced to a chromatic value, just as material does not coincide with its visible texture and finish does not merely represent a superficial condition. Every CMF decision simultaneously involves sensory, technological, symbolic, economic and temporal components. However, the progressive integration of GenAI into industrial design processes is bringing these variables into systems where colour, material and finish become parameters that can be directly explored through synthetic images and linguistic descriptions. Recent studies are already proposing frameworks in which CMF characteristics are integrated into the evaluation phases of generated proposals, alongside the product's formal configuration and interface characteristics (Chen et al., 2026). The most significant aspect, however, does not lie in the mere possibility of applying colour schemes or material simulations to a pre-existing form. Artificial

generation allows CMF to be integrated at an early stage of conception, transforming it from a specification system into an exploratory tool. Colour, material and finish can be varied simultaneously, producing families of alternatives in which the surface contributes directly to the construction of the artefact's identity. Experiments specifically dedicated to CMF are already demonstrating generative platforms capable of producing and selecting combinations of textures, colours and surface treatments, for example, in designing decorative papers with a wood-grain effect using generative systems (Su et al., 2025). In this sense, generation no longer acts exclusively on form but progressively penetrates the attributes that define the design's perceptible quality. This shift profoundly alters the very notion of repertoire. Traditional colour and material design operates through swatch books, mood boards, physical and digital archives, direct experience, cultural references and perceptual memories. Over time, the designer builds up a wealth of associations through which they interpret and reconfigure what they encounter. Generative systems, by contrast, introduce a latent repertoire—one that cannot be directly consulted—consisting of the relationships learnt during the model's training. When a surface described as 'translucent, mineral-like, irregular and slightly satin-finished' is requested, the system does not necessarily retrieve a specific material, but produces a visual configuration derived from the probabilistic combination of characteristics linguistically and iconographically associated with those properties. Design is thus confronted with an archive that not only contains precedents but also continuously generates new syntheses based on the statistical relationships between them. This characteristic significantly broadens the possibilities for cross-pollination. In theoretical terms, GenAI makes traditionally distinct categories more permeable: one material can take on the visual behaviour of another, a biological texture can transform into an industrial surface, a mineral quality can be combined with the transparencies typical of polymers, or a metallic finish can acquire the irregularities associated with artisanal processes. Generation thus operates through a continuous crossing of typological boundaries. Recent research on artificial creativity interprets this condition as an opportunity to act simultaneously on both the problem space and the solution space, bringing to light configurations not necessarily derivable from sequential design processes (Zhu et al., 2025). This capability must not, however, be confused with an equivalent understanding of the material qualities evoked. The generative model is based primarily on the probability of relationships between information and representations. It can therefore produce a highly credible image of a material without possess-

inziali e intermedie del progetto, contribuendo all'espansione dello spazio delle soluzioni e alla costruzione di percorsi ideativi non necessariamente lineari. Le ricerche più recenti sulla co-ideazione mostrano infatti come sistemi conversazionali e generativi possano contribuire alla produzione di soluzioni più numerose e, in determinate condizioni, più originali, soprattutto quando inseriti all'interno di processi strutturati di interazione con il progettista (P. Wang et al., 2025). Questa trasformazione modifica una delle condizioni tradizionali della creatività progettuale: la relazione tra divergenza e convergenza. Il processo progettuale ha storicamente alternato momenti di apertura, in cui vengono esplorate possibilità eterogenee, a momenti di selezione e di progressiva definizione. L'AI generativa estremizza la prima di queste condizioni, rendendo potenzialmente quasi illimitata la produzione di varianti. Ne deriva una situazione in cui la scarsità di alternative viene sostituita da una loro sovrabbondanza. Il problema progettuale tende così a spostarsi dalla generazione alla selezione, dalla difficoltà di immaginare alternative alla necessità di costruire criteri capaci di discriminare il valore. Le ricerche sull'intelligenza artificiale applicata all'ideazione evidenziano proprio questa capacità dei sistemi generativi di agire come stimoli cognitivi, suggerendo tuttavia la necessità di mantenere il controllo umano sulle operazioni di interpretazione e convergenza (Berni et al., 2024). All'interno di tale quadro, colore, materiale e finitura assumono una rilevanza particolare. La cultura del CMF – *Color, Material, Finish* – si fonda infatti sulla costruzione di relazioni complesse tra qualità percettive, proprietà fisiche, processi produttivi, identità del prodotto e dimensione culturale. Il colore non può essere ridotto a un valore cromatico, così come il materiale non coincide con la sua texture visibile e la finitura non rappresenta soltanto una condizione superficiale. Ogni decisione CMF implica simultaneamente componenti sensoriali, tecnologici, simbolici, economici e temporali. La progressiva integrazione della GenAI nei processi di industrial design sta tuttavia portando queste variabili all'interno di sistemi in cui colore, materia e finitura diventano parametri direttamente esplorabili attraverso immagini sintetiche e descrizioni linguistiche. Studi recenti propongono già framework in cui le caratteristiche CMF vengono integrate nelle fasi di valutazione delle proposte generate, insieme alla configurazione formale e alle caratteristiche dell'interfaccia del prodotto (Chen et al., 2026). L'aspetto più significativo non risiede, però, nella semplice possibilità di applicare cromie o simulazioni materiche a una forma preesistente. La generazione artificiale consente di integrare il CMF in una fase anticipata dell'ideazione, trasformandolo da sistema di specificazione a dispositivo esplorativo. Colore, materiale e finitura possono essere variati simultaneamente, producendo famiglie di alternative in cui la superficie contribuisce direttamente alla costruzione dell'identità dell'artefatto. Esperienze specificamente dedicate al CMF mostrano già piattaforme generative in grado di produrre e sottoporre a selezione combinazioni di texture, cromie e trattamenti superficiali, come nel caso della progettazione di carte decorative a venatura lignea mediante sistemi generativi (Su et al., 2025). In tal senso, la generazione non interviene più esclusivamente sulla forma, ma penetra progressivamente negli attributi che definiscono la qualità sensibile del progetto. Questo passaggio modifica profondamente la nozione stessa di repertorio. La progettazione tradizionale del colore e dei materiali opera attraverso campionari, moodboard, archivi fisici e digitali, esperienze dirette, riferimenti culturali e memorie percettive. Il progettista costruisce nel tempo un patrimonio di associazioni attraverso il quale interpreta e riconfigura ciò che incontra. I sistemi generativi introducono invece un repertorio latente, non direttamente consultabile, costituito dalle relazioni apprese durante l'addestramento del modello. Quando viene richiesta una superficie “traslucida, minerale, irregolare e leggermente satinata”, il sistema non recupera necessariamente un materiale definito, ma produce una configurazione visiva che deriva dalla combinazione probabilistica di caratteristiche linguisticamente e iconograficamente associate a tali proprietà. La progettazione si confronta quindi con un archivio che non contiene soltanto precedenti, ma genera continuamente nuove sintesi a partire dalle relazioni statistiche tra di essi. Questa caratteristica amplia notevolmente le possibilità di contaminazione. In termini teorici, la GenAI rende più permeabili le categorie tradizionalmente distinte: un materiale può assumere il comportamento visivo di un altro, una *texture* biologica può trasformarsi in una superficie industriale, una qualità minerale può essere combinata con trasparenze tipiche dei polimeri o una finitura metallica può acquisire irregolarità associate a processi artigianali. La generazione opera così attraverso un continuo attraversamento dei confini tipologici. La recente ricerca sulla creatività artificiale interpreta questa condizione come una possibilità di agire contemporaneamente sullo spazio del problema e su quello della soluzione, facendo emergere configurazioni non necessariamente ricavabili da percorsi progettuali sequenziali (Zhu et al., 2025). Tale capacità non deve tuttavia essere confusa con una comprensione equivalente delle qualità materiali evocate. Il modello generativo si basa principalmente sulla probabilità delle relazioni tra informazioni e rappresentazioni. Può quindi produrre un'immagine altamente credibile di

ing experiential knowledge of its mass, temperature, strength, deformability or tactile response. It is in this asymmetry that one of the main theoretical problems of AI applied to CMF emerges: the effectiveness of visual simulation can surpass physical knowledge of the object represented. The image thus acquires a persuasive power that risks preempting the design judgement, making what has not yet been verified in terms of material properties, production, or performance appear plausible. This phenomenon becomes particularly significant in design and architecture, disciplines in which perception is never exclusively visual. A surface is observed, but also touched, traversed by light, and subjected to wear and tear, temperature and the passage of time. The material exhibits behaviour that goes beyond what an image can convey. For this reason, the integration of AI into CMF processes cannot be limited to the visual quality of the outputs but must also foster continuity among generative representation, technical knowledge, and physical verification. The most recent applications are already moving towards this integration, using AI systems to simultaneously control material realism, structural consistency and generation speed within industrial workflows. The issue also takes on a perceptual and emotional dimension. CMF is one of the main tools through which a design communicates intangible qualities: lightness, solidity, precision, naturalness, luxury, familiarity, innovation or sustainability. These attributes do not inherently belong to any specific colour or material but derive from cultural and perceptual associations. The use of AI makes it possible to rapidly link these semantic attributes to visual configurations, paving the way for systems in which emotional descriptors can be translated into combinations of form, colour and material. Approaches that integrate generative systems and Kansei Engineering fall within this framework, correlating perceptual characteristics with colour, material and finish parameters, thereby strengthening the link between the emotional dimension and the design process (Li et al., 2025). Translating sensory qualities into language, however, represents one of the most delicate steps. The functioning of generative systems, in fact, requires a gradual articulation of intent: what, in an analogue design process, can be expressed through a sketch, a sample or a gesture must be transformed into descriptors that the model can interpret. This condition gives rise to a new form of design literacy in which linguistic ability and visual sensitivity tend to converge. Recent experiments focusing on the dialogue between designers and AI in the field of CMF demonstrate how conversational systems can be used to explore ideas relating to colour, finish and material, shaping the relationship with the AI as a

un materiale senza possedere una conoscenza esperienziale della sua massa, temperatura, resistenza, deformabilità o risposta tattile. È in questa asimmetria che emerge uno dei principali problemi teorici dell'AI applicata al CMF: l'efficacia della simulazione visiva può superare la conoscenza fisica dell'oggetto rappresentato. L'immagine acquisisce così una capacità persuasiva che rischia di anticipare il giudizio progettuale, facendo apparire plausibile ciò che non è ancora stato verificato sul piano materico, produttivo o prestazionale. Il fenomeno diventa particolarmente rilevante nel design e nell'architettura, discipline in cui la percezione non è mai esclusivamente ottica. Una superficie viene osservata, ma anche toccata, attraversata dalla luce, sottoposta all'usura, alla temperatura e al tempo. Il materiale possiede un comportamento che va oltre ciò che un'immagine può comunicare. Per questo motivo, l'integrazione dell'AI nei processi CMF non può limitarsi alla qualità visiva degli output, ma deve sviluppare forme di continuità tra la rappresentazione generativa, la conoscenza tecnica e la verifica fisica. Le applicazioni più recenti tendono già a orientarsi verso questa integrazione, utilizzando sistemi AI per controllare contemporaneamente il realismo materico, la coerenza strutturale e la rapidità di generazione all'interno dei *workflow* industriali. La questione assume inoltre una dimensione percettiva ed emotiva. Il CMF costituisce uno dei principali strumenti attraverso cui il progetto comunica qualità intangibili: leggerezza, solidità, precisione, naturalezza, lusso, familiarità, innovazione o sostenibilità. Tali attributi non appartengono intrinsecamente a un determinato colore o materiale, ma derivano da associazioni culturali e percettive. L'impiego dell'AI rende possibile mettere rapidamente in relazione questi attributi semantici con configurazioni visive, aprendo la strada a sistemi in cui descrittori emozionali possono essere tradotti in combinazioni di forma, cromia e materia. In questa direzione si collocano approcci che integrano sistemi generativi e *Kansei Engineering* per correlare le caratteristiche percettive ai parametri di *Color-Material-Finishing*, rafforzando il legame tra dimensione emozionale e generazione progettuale (Li et al., 2025). La traduzione di qualità sensibili in linguaggio rappresenta tuttavia uno dei passaggi più delicati. Il funzionamento dei sistemi generativi richiede infatti una progressiva esplicitazione dell'intenzione: ciò che, in un processo progettuale analogico, può essere espresso attraverso uno schizzo, un campione o un gesto deve essere trasformato in descrittori interpretabili dal modello. Questa condizione genera una nuova alfabetizzazione progettuale in cui la capacità linguistica e la sensibilità visiva tendono a convergere. Recenti sperimentazioni dedicate al dialogo tra designer e AI nel campo del CMF dimostrano come sistemi conversazionali possano essere impiegati per esplorare idee relative a colore, finitura e materiale, configurando il rapporto con l'AI come un vero e proprio dialogo capace di modificare progressivamente l'intenzione iniziale (Sattele, 2025a). Proprio questa reciprocità pone il problema della design fixation. Se il sistema genera rapidamente *output* visivamente completi e fortemente definiti, il progettista può essere indotto a convergere prematuramente sulle soluzioni suggerite. La qualità rappresentativa diventa, in questo caso, un elemento potenzialmente ambiguo: quanto più l'immagine appare risolta, tanto maggiore può essere la difficoltà di percepirla come mera ipotesi. Gli studi sperimentali sulle diverse modalità di generazione evidenziano che l'AI può migliorare alcune dimensioni della creatività, soprattutto durante la convergenza, ma può, allo stesso tempo, produrre effetti di fissazione e ridurre la flessibilità esplorativa qualora il designer perda l'iniziativa nel processo (Ge et al., 2025). Lo stato dell'arte mostra quindi un passaggio progressivo da un modello di AI intesa come produttrice di immagini a un paradigma più complesso di co-progettazione percettiva. Il sistema generativo diventa capace di suggerire, combinare e rendere visibili possibilità, mentre la responsabilità del progetto si concentra sempre più sulla costruzione delle relazioni tra tali possibilità e la realtà materiale. È proprio in questa intersezione che il concetto di sensibilità progettuale può assumere un significato rinnovato. Non si tratta soltanto della capacità di riconoscere ciò che appare bello o armonico, ma della competenza necessaria a distinguere tra suggestione e appropriatezza, tra plausibilità visiva e fattibilità, tra innovazione apparente e reale capacità di generare valore. La letteratura recente sembra dunque convergere su una condizione paradossale: quanto più l'Intelligenza Artificiale aumenta la capacità di produrre alternative, tanto più cresce l'importanza dei dispositivi critici necessari a valutarle. La sensibilità progettuale può essere intesa come uno di questi dispositivi. Nel campo del colore, dei materiali e delle finiture essa assume il ruolo di interfaccia tra informazione generata e conoscenza incorporata, tra repertorio algoritmico ed esperienza diretta, tra simulazione e materia. In questa prospettiva, l'evoluzione della progettazione assistita dall'AI non sembra condurre alla progressiva marginalizzazione dell'esperienza sensibile, bensì alla necessità di renderla più consapevole, esplicita e metodologicamente strutturata. È su questo terreno che la nozione di sensibilità progettuale aumentata può essere assunta non soltanto come categoria interpretativa, ma anche come possibile modello operativo attraverso cui osservare e valutare il rapporto emergente tra AI, creatività e cultura materiale.

genuine dialogue capable of progressively modifying the initial intention (Sattele, 2025a). It is precisely this reciprocity that raises the issue of design fixation. If the system rapidly generates visually complete and highly defined outputs, the designer may be led to settle prematurely on the suggested solutions. In this case, the representational quality becomes a potentially ambiguous element: the more resolved the image appears, the greater the difficulty in perceiving it as a mere hypothesis. Experimental studies on different generation methods highlight that AI can enhance certain aspects of creativity, particularly during convergence. However, they can, at the same time, produce fixation effects and reduce exploratory flexibility should the designer lose the initiative in the process (Ge et al., 2025). The state of the art thus reveals a gradual shift from a model of AI understood as an image generator towards a more complex paradigm of perceptual co-design. The generative system becomes capable of suggesting, combining and making possibilities visible, whilst responsibility for the design increasingly centres on constructing relationships between these possibilities and material reality. It is precisely at this intersection that the concept of design sensibility can take on a renewed significance. It is not merely a matter of the ability to recognise what appears beautiful or harmonious, but of the competence required to distinguish between suggestion and appropriateness, between visual plausibility and feasibility, and between apparent innovation and the genuine capacity to generate value. Recent literature therefore seems to converge on a paradoxical situation: the more Artificial Intelligence increases the capacity to generate alternatives, the greater the importance of the critical tools needed to evaluate them. Design sensibility can be understood as one such tool. In the field of colour, materials, and finishes, it serves as an interface between generated information and embodied knowledge, between algorithmic repertoire and direct experience, and between simulation and matter. From this perspective, the evolution of AI-assisted design does not seem to lead to the gradual marginalisation of sensory experience, but rather to the need to make it more conscious, explicit and methodologically structured. It is in this context that the notion of augmented design sensibility can be regarded not only as an interpretative category but also as a possible operational model for observing and evaluating the emerging relationship between AI, creativity and material culture.

Methodology

The research adopts a qualitative, exploratory approach to examine how generative Artificial Intelligence influences the development of design sensi-

Metodologia

La ricerca adotta un approccio qualitativo-esplorativo finalizzato a osservare in che modo l'Intelligenza Artificiale generativa intervenga nella costruzione della sensibilità progettuale, con particolare riferimento alle relazioni tra colore, materiale e finitura. L'obiettivo metodologico non consiste nel misurare l'efficienza di uno specifico sistema generativo, né nel confrontare le prestazioni tra piattaforme, ma nell'individuare le trasformazioni che emergono quando l'elaborazione algoritmica entra in una fase del progetto tradizionalmente affidata all'esperienza percettiva, alla cultura materiale e alla capacità interpretativa del designer. Tale impostazione considera quindi l'AI come parte di un processo di co-progettazione, piuttosto che come dispositivo autonomo di produzione dell'esito finale, in continuità con gli approcci recenti che interpretano le tecnologie generative come strumenti da integrare criticamente nelle strategie creative del progettista (Rizzi & Bertola, 2025). Il dispositivo d'indagine adotta il CMF – *Color, Material, Finish* – come campo privilegiato d'osservazione. La scelta deriva dalla natura intrinsecamente relazionale di queste variabili, in cui aspetti visivi, tattili, tecnici, culturali ed emozionali concorrono simultaneamente alla definizione dell'identità di un prodotto, di un interno o di una componente architettonica. L'analisi non considera pertanto il colore, il materiale e la finitura come attributi indipendenti, bensì come un sistema percettivo unitario in cui la variazione di un parametro modifica inevitabilmente la lettura degli altri. Tale impostazione consente inoltre di verificare il passaggio dalla semplice visualizzazione dell'idea alla costruzione di scenari in cui le qualità superficiali partecipano, fin dalle prime fasi, alla definizione progettuale. Il procedimento è articolato in una sequenza iterativa di generazione, selezione, interpretazione e rigenerazione. A partire da un'intenzione progettuale iniziale, le caratteristiche sensibili vengono progressivamente tradotte in descrittori linguistici pertinenti, ad esempio: tonalità, saturazione, trasparenza, opacità, riflettanza, rugosità apparente, stratificazione, irregolarità, densità, temperatura percettiva e comportamento della superficie alla luce. Il linguaggio diventa così uno strumento per formalizzare la conoscenza implicita del progettista. Moodboard, palette cromatiche, campioni materici, schizzi e riferimenti visivi possono contribuire alla costruzione degli input, stabilendo un dialogo tra la cultura progettuale preesistente e la capacità combinatoria del sistema generativo. La descrizione verbale non sostituisce quindi gli strumenti tradizionali del progetto, ma li integra in un ambiente multimodale in cui le informazioni linguistiche e visive contribuiscono congiuntamente all'esplorazione delle alternative. Gli output ottenuti non vengono assunti come risultati conclusivi, ma come artefatti intermedi di conoscenza. Ogni configurazione viene sottoposta a una lettura critica volta a distinguere quattro livelli: coerenza percettiva, originalità associativa, plausibilità materiale e pertinenza progettuale. La coerenza percettiva riguarda la capacità delle diverse qualità visive di costruire un insieme riconoscibile; l'originalità associativa riguarda la presenza di combinazioni non immediatamente riconducibili a repertori convenzionali; la plausibilità materiale considera la compatibilità tra quanto rappresentato e il possibile comportamento fisico della materia; la pertinenza progettuale verifica, infine, la relazione dell'output con l'intenzione originaria. Non si ricerca quindi l'immagine più spettacolare, ma quella capace di attivare una decisione progettuale motivata. Particolare importanza assume il confronto tra la plausibilità visiva e quella materiale. La prima viene valutata all'interno dell'immagine generata, osservando la coerenza tra luce, colore, texture e finitura; la seconda richiede invece di riportare l'output alla conoscenza disciplinare del materiale, interrogandone fattibilità, processo produttivo, comportamento superficiale e possibilità di realizzazione. Questa doppia verifica introduce intenzionalmente una discontinuità nel workflow generativo: l'immagine non viene accettata perché convincente, ma sottoposta a un processo di validazione progettuale. L'impostazione è coerente con una concezione dell'AI applicata al design, in cui l'innovazione dipende dalla capacità di integrare opportunità computazionali, competenze progettuali e un'interpretazione critica dei risultati (Di Dio et al., 2024). Il confronto avviene inoltre mediante successive variazioni controllate degli input. La modifica di singoli attributi permette di osservare come il sistema interpreti concetti sensibili e quali associazioni produca tra le qualità linguistiche e le configurazioni visive. Termini apparentemente prossimi – come satinato, opaco, vellutato, ceroso o poroso – possono infatti generare risposte molto diverse, evidenziando la presenza di un vocabolario algoritmico della materia che non coincide necessariamente con quello tecnico o esperienziale del designer. L'iterazione assume, in questo senso, una funzione conoscitiva: non serve soltanto a perfezionare il risultato, ma anche a comprendere progressivamente il comportamento del sistema e a costruire modalità di interrogazione più consapevoli. La metodologia considera inoltre l'errore generativo come una possibile risorsa progettuale. Incongruenze, ambiguità e associazioni materialmente improbabili non vengono eliminate automaticamente, ma valutate in relazione alla loro capacità di suggerire configurazioni inedite. Una superficie impossibile può infatti diventare l'origine di una ricerca su un nuovo

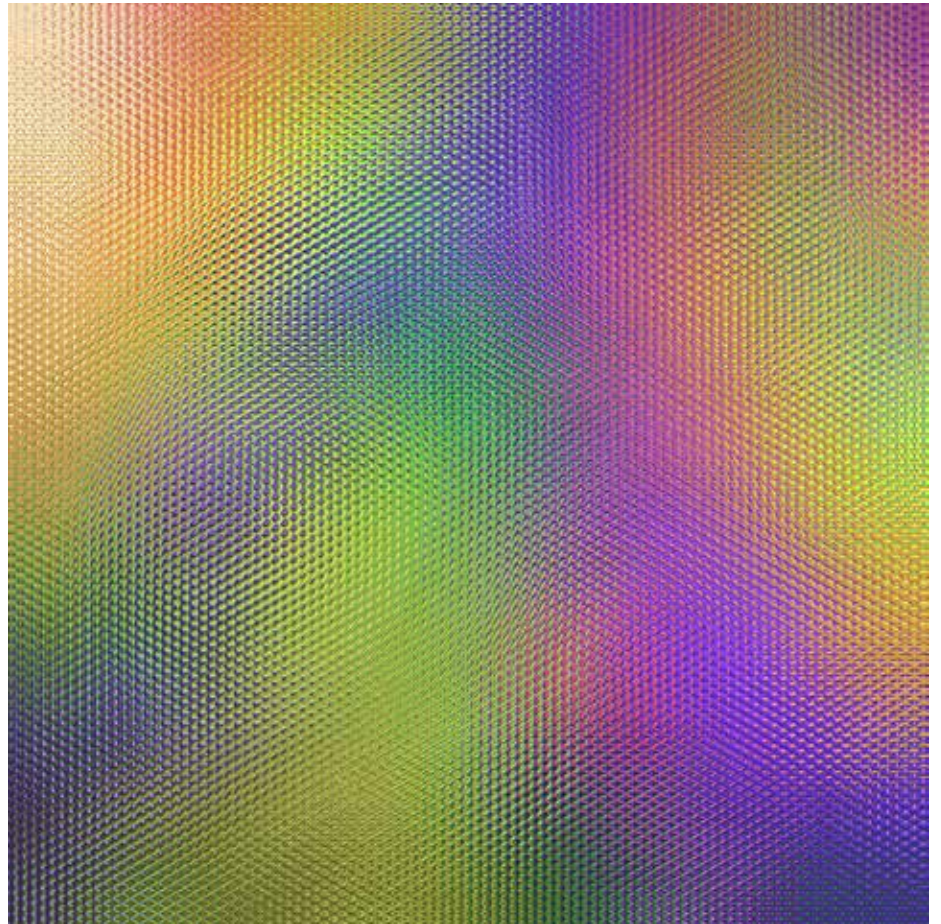
bility, with particular reference to the relationships among colour, material and finish. The methodological objective is not to measure the efficiency of a specific generative system, nor to compare the performance of different platforms, but to identify the transformations that emerge when algorithmic processing enters a phase of the design process traditionally entrusted to perceptual experience, material culture and the designer's interpretative capacity. This approach, therefore, regards AI as part of a co-design process rather than as an autonomous device for producing outcomes, in line with recent approaches that interpret generative technologies as tools to be critically integrated into designers' creative strategies (Rizzi & Bertola, 2025). The investigative framework adopts CMF – Colour, Material, Finish – as its primary field of observation. This choice stems from the intrinsically relational nature of these variables, in which visual, tactile, technical, cultural and emotional aspects simultaneously contribute to defining the identity of a product, an interior or an architectural component. The analysis, therefore, does not consider colour, material, and finish as independent attributes, but rather as a unified perceptual system in which a change in one parameter inevitably alters the interpretation of the others. This approach also makes it possible to trace the transition from the simple visualisation of an idea to the construction of scenarios in which surface qualities contribute, from the very earliest stages, to the design's definition. The process is structured as an iterative sequence of generation, selection, interpretation and regeneration. Starting from an initial design intention, the perceptible characteristics are progressively translated into relevant linguistic descriptors, such as: hue, saturation, transparency, opacity, reflectance, apparent roughness, layering, irregularity, density, perceived temperature and the surface's behaviour in light. Language thus becomes a tool for formalising the designer's implicit knowledge. Mood boards, colour palettes, material samples, sketches, and visual references can inform the construction of these inputs, establishing a dialogue between the pre-existing design culture and the generative system's capacity for combination. Verbal description, therefore, does not replace traditional design tools but integrates them into a multimodal environment in which linguistic and visual information jointly contribute to the exploration of alternatives. The outputs obtained are not regarded as conclusive results, but as intermediate artefacts of knowledge. Each configuration is subjected to a critical analysis aimed at distinguishing four levels: perceptual coherence, associative originality, material plausibility and design relevance. Perceptual coherence concerns the ability of different visual qualities to form a recognisable

trattamento, un processo additivo, un materiale composito o una diversa combinazione di tecnologie. Il ruolo del progettista consiste quindi nel trasformare l'anomalia algoritmica da errore rappresentativo in un'ipotesi esplorativa. È questo passaggio a distinguere la generazione automatica da un processo autenticamente progettuale: l'output acquista valore non per ciò che restituisce direttamente, ma per le trasformazioni che riesce ad attivare. In tale prospettiva, il processo metodologico non segue una progressione lineare input-output, bensì una struttura circolare in cui ogni risultato modifica la formulazione del problema successivo. La generazione visiva diventa uno spazio di interrogazione continua, coerentemente con interpretazioni recenti che collocano la GenAI non alla fine del processo creativo, ma all'interno delle sue dinamiche iterative di esplorazione e ridefinizione (Azzola, 2025). La qualità del processo dipende, pertanto, dalla capacità di interrompere, correggere e riconfigurare la traiettoria suggerita dal sistema. Da questo impianto deriva un criterio metodologico centrale: la sensibilità progettuale aumentata non viene misurata dalla quantità o dalla qualità estetica degli output prodotti dall'AI, bensì dalla capacità del progettista di trasformarli in conoscenza operativa. Il sistema generativo amplia lo spazio delle possibilità; il designer attribuisce differenze, gerarchie e significati. La metodologia assume quindi la selezione, l'interpretazione e la verifica come operazioni creative a pieno titolo, riconoscendo nella capacità di scegliere criticamente non una fase successiva alla generazione, ma uno dei nuovi luoghi fondamentali della creatività progettuale.

Risultati

L'applicazione dell'impianto metodologico evidenzia innanzitutto uno spostamento del valore progettuale dalla capacità di produrre alternative a quella di riconoscere differenze significative tra le alternative prodotte. Nei processi generativi la disponibilità di configurazioni cromatiche, materiche e superficiali aumenta rapidamente, fino a rendere marginale il problema quantitativo della produzione. Ciò che acquisisce rilevanza, invece, è la definizione di criteri per distinguere una semplice variazione visiva da una reale ipotesi progettuale. La generazione automatizzata non riduce quindi la necessità della competenza progettuale, ma ne modifica il campo operativo: alla produzione diretta dell'immagine si affiancano selezione, confronto, esclusione e ridefinizione come azioni creative determinanti. Tale risultato è coerente con le ricerche recenti che individuano nella collaborazione Human-AI un vantaggio, soprattutto quando la capacità generativa del sistema è integrata con il giudizio e la valutazione umani (Chen et al., 2025). Una seconda evidenza riguarda la progressiva trasformazione del CMF da sistema di definizione finale a strumento anticipatorio del progetto. Colore, materiale e finitura possono essere esplorati simultaneamente già nelle fasi iniziali, rendendo immediatamente percepibili conseguenze che, in un workflow tradizionale, emergerebbero attraverso una successione più lenta di rappresentazioni, campionature e verifiche. L'AI consente così di costruire rapidamente famiglie di scenari in cui l'identità dell'artefatto non deriva soltanto dalla morfologia, ma anche dalla relazione tra la configurazione formale e il comportamento percettivo della superficie. Il CMF assume quindi una funzione generativa: non interviene più esclusivamente per caratterizzare un oggetto già definito, ma può contribuire alla sua concezione. L'osservazione degli output rende tuttavia evidente uno scarto sistematico tra la precisione dell'immagine e quella della materia. Le rappresentazioni possono raggiungere livelli elevati di credibilità cromatica, luministica e superficiale anche quando le combinazioni proposte risultano poco plausibili dal punto di vista fisico o produttivo. Una trasparenza, una riflessione o una texture possono essere visivamente persuasive senza corrispondere al comportamento effettivo del materiale evocato. L'AI possiede quindi una particolare efficacia nella costruzione di una "verità percettiva" dell'immagine, che non coincide necessariamente con la verità tecnica del progetto. Questo risultato assume particolare rilevanza alla luce degli sviluppi contemporanei dell'AI applicata alla progettazione dei materiali, in cui la generazione computazionale tende invece a essere progressivamente collegata a proprietà misurabili e prestazioni predeterminate. Ne deriva una distinzione sostanziale tra AI che rappresenta materiali e AI che progetta materiali: due condizioni attualmente contigue nell'immaginario, ma profondamente differenti sul piano epistemologico e operativo. Un ulteriore risultato riguarda la capacità dei sistemi generativi di produrre ibridazioni materiche difficilmente riconducibili a categorie consolidate. La combinazione di descrittori consente di trasferire qualità percettive da una famiglia materiale a un'altra: rigidità visive associate alla pietra possono essere trasferite a superfici tessili; trasparenze polimeriche possono contaminare strutture apparentemente ceramiche; irregolarità naturali possono essere integrate in superfici tecnologiche ad alta precisione. Tale comportamento non garantisce, di per sé, innovazione, ma introduce una forma di instabilità tipologica che può rivelarsi fertile per il progetto. Il risultato più interessante non è pertanto la soluzione generata, bensì la capacità dell'immagine di suggerire relazioni finora non considerate e di trasformare un'incongruenza rappresentativa

whole; associative originality concerns the presence of combinations not immediately traceable to conventional repertoires; material plausibility considers the compatibility between what is represented and the possible physical behaviour of the material; design relevance, finally, verifies the relationship between the output and the original intention. The aim, therefore, is not to find the most spectacular image, but one capable of prompting a well-founded design decision. The comparison between visual and material plausibility is particularly important. The former is assessed within the generated image by observing the coherence among light, colour, texture, and finish; the latter, on the other hand, requires the output to be referenced against disciplinary knowledge of the material, examining its feasibility, production process, surface behaviour, and potential for realisation. This dual verification intentionally introduces a break in the generative workflow: the image is not accepted simply because it is convincing, but is subjected to a design validation process. This approach is consistent with a conception of AI applied to design, in which innovation depends on the ability to integrate computational opportunities, design expertise and a critical interpretation of the results (Di Dio et al., 2024). The comparison is also carried out through successive controlled variations of the inputs. Modifying individual attributes allows us to observe how the system interprets nuanced concepts and what associations it produces between linguistic qualities and visual configurations. Terms that appear similar – such as satin-finished, matt, velvety, waxy, or porous – can, in fact, generate very different responses, highlighting the presence of an algorithmic vocabulary of materials that does not necessarily coincide with the designer's technical or experiential vocabulary. In this sense, iteration takes on a cognitive function: it serves not only to refine the result but also to understand the system's behaviour progressively and to develop more informed ways of querying it. The methodology also regards generative error as a potential design resource. Inconsistencies, ambiguities and materially improbable associations are not automatically eliminated, but evaluated in relation to their capacity to suggest novel configurations. An impossible surface can, in fact, become the starting point for research into a new treatment, an additive process, a composite material or a different combination of technologies. The designer's role therefore consists in transforming the algorithmic anomaly from a representative error into an exploratory hypothesis. It is this transition that distinguishes automatic generation from an authentic design process: the output acquires value not for what it directly produces, but for the transformations it manages to trigger. From this perspective, the methodological process does not follow a



linear input-output progression, but rather a circular structure in which each result modifies the formulation of the subsequent problem. Visual generation becomes a space of continuous inquiry, consistent with recent interpretations that situate GenAI not at the end of the creative process, but within its iterative dynamics of exploration and redefinition (Azola, 2025). The quality of the process, therefore, depends on the ability to interrupt, correct, and reconfigure the trajectory suggested by the system. From this framework emerges a central methodological criterion: augmented design sensitivity is not measured by the quantity or aesthetic quality of AI-produced outputs, but by the designer's ability to transform them into operational knowledge. The generative system expands the space of possibilities; the designer attributes differences, hierarchies and meanings. The methodology thus treats selection, interpretation and verification as creative operations in their own right, recognising the ability to choose critically not as a phase following generation, but as one of the new fundamental aspects of design creativity.

Results

The application of this methodological framework highlights, first and foremost, a shift in design value from the ability to produce alternatives to the ability to recognise significant differences between the alternatives produced. In generative processes, the range of colour, material and surface configurations increases rapidly, to the point where the quantitative issue of production becomes marginal. What

becomes significant, however, is the definition of criteria for distinguishing a simple visual variation from a genuine design proposal. Automated generation, therefore, does not reduce the need for design expertise but alters its scope of application: the direct production of the image is complemented by selection, comparison, exclusion, and redefinition as key creative actions. This finding is consistent with recent research identifying an advantage in human-AI collaboration, particularly when the system's generative capacity is integrated with human judgement and evaluation (Chen et al., 2025). A second finding concerns the gradual transformation of the CMF from a system for final definition into a tool for anticipating the design. Colour, material and finish can be explored simultaneously right from the initial stages, making consequences immediately apparent, which, in a traditional workflow, would emerge through a slower succession of representations, sampling and verification. AI thus enables the rapid construction of families of scenarios in which the artefact's identity derives not only from its morphology, but also from the relationship between its formal configuration and the perceptual behaviour of its surface. CMF therefore takes on a generative function: it no longer intervenes solely to characterise an already-defined object, but can contribute to its conception. However, observation of the outputs reveals a systematic discrepancy between the image's accuracy and that of the material. Representations can achieve high levels of chromatic, luminous and surface credibility even when the proposed combinations are physically or

manufacturably implausible. Transparency, reflection, or texture can be visually persuasive without corresponding to the actual behaviour of the material it evokes. AI is therefore particularly effective in constructing a 'perceptual truth' of the image, which does not necessarily coincide with the technical truth of the design. This finding takes on particular significance in light of contemporary developments in AI applied to materials design, where computational generation tends instead to be progressively linked to measurable properties and predetermined performance characteristics. This gives rise to a substantial distinction between AI that represents materials and AI that designs materials: two concepts that are currently conflated in the public imagination but are profoundly different at the epistemological and operational levels. A further finding concerns the ability of generative systems to produce material hybridisations that are difficult to categorise within established frameworks. The combination of descriptors allows perceptual qualities to be transferred from one material family to another: visual rigidity associated with stone can be transferred to textile surfaces; polymeric translucency can infiltrate seemingly ceramic structures; natural irregularities can be integrated into high-precision technological surfaces. Such behaviour does not, in itself, guarantee innovation, but it introduces a form of typological instability that may prove fruitful for the design. The most interesting result is therefore not the solution generated, but rather the image's ability to suggest previously unconsidered relationships and to transform a representational incongruity into a design question. This ability is also evident in the emotional perception of the output. AI-generated images are not merely evaluated in terms of accuracy or realism but also elicit reactions linked to surprise, familiarity, ambiguity, and recognition. Research conducted by Rapp, Di Lodovico, Torrielli and Di Caro (2025) shows that our relationship with text-to-image images simultaneously involves cognitive and emotional evaluations, highlighting that the perception of generative outputs does not depend exclusively on their content, but also on an awareness of their artificial origin. In the field of design, this factor becomes particularly significant, as it introduces an additional layer to the evaluation of CMF: not only what a surface communicates, but also how its generation process influences the observer's interpretation. The analysis also highlights that an increase in the visual quality of the output does not necessarily entail a proportional increase in design quality. On the contrary, highly detailed images can confer a form of visual authority, leading one to interpret as definitive configurations that constitute merely one of many possible translations of the initial intention. The speed and quality of visu-

in una domanda progettuale. Questa capacità si manifesta anche nella percezione emotiva dell'output. Le immagini generate dall'AI non vengono valutate soltanto in termini di accuratezza o realismo, ma suscitano reazioni legate alla sorpresa, alla familiarità, all'ambiguità e al riconoscimento. La ricerca condotta da Rapp, Di Lodovico, Torrielli e Di Caro (2025) mostra che la relazione con le immagini *text-to-image* coinvolge simultaneamente valutazioni cognitive ed emotive, evidenziando che la percezione delle produzioni generative non dipende esclusivamente dal loro contenuto, ma anche dalla consapevolezza della loro origine artificiale. Nel campo del progetto questa condizione diventa particolarmente significativa, poiché introduce un ulteriore livello nella valutazione del CMF: non soltanto ciò che una superficie comunica, ma anche il modo in cui il suo processo di generazione influenza l'interpretazione dell'osservatore. L'analisi evidenzia inoltre che l'aumento della qualità visiva dell'output non comporta necessariamente un incremento proporzionale della qualità progettuale. Al contrario, immagini fortemente risolte possono produrre una forma di autorità visiva, inducendo a interpretare come definitive configurazioni che costituiscono soltanto una delle molte possibili traduzioni dell'intenzione iniziale. La rapidità e la qualità della visualizzazione modificano così il tempo del giudizio: ciò che tradizionalmente richiedeva costruzione, verifica e progressivo consolidamento può oggi apparire immediatamente compiuto. La riduzione della distanza tra idea e rappresentazione rende quindi necessario reintrodurre intenzionalmente momenti di rallentamento, confronto e verifica. In questo scenario emerge come particolarmente significativa la distinzione tra variazione e differenza progettuale. L'AI è estremamente efficace nel produrre variazioni: modifica tonalità, proporzioni, *texture*, luce, grado di opacità o caratteristiche superficiali, mantenendo una riconoscibile continuità visiva. La differenza progettuale richiede invece che tali trasformazioni comportino una modifica del significato, dell'esperienza, del comportamento o della relazione tra l'artefatto e il contesto. Non ogni variazione costituisce quindi un'innovazione. Il compito del progettista consiste nel riconoscere il momento in cui la variazione quantitativa supera una soglia critica e diventa una differenza qualitativa. I risultati portano pertanto a considerare la sensibilità progettuale aumentata come una competenza di soglia tra ciò che il sistema può generare e ciò che il progetto può ritenere significativo. Essa opera nel passaggio tra immagine e materia, tra combinazione e intenzione, tra possibilità e decisione. L'AI estende considerevolmente il territorio esplorabile, ma non stabilisce autonomamente quali traiettorie meritino di essere percorse. In questa prospettiva, l'aumento introdotto dall'intelligenza artificiale non riguarda soltanto la quantità delle possibilità disponibili: riguarda soprattutto l'intensificazione della responsabilità critica necessaria per selezionarle, verificarle e trasformarle in cultura materiale.

Discussione

I risultati delineano un cambiamento che va oltre l'introduzione di nuovi strumenti nel processo creativo e che investe direttamente la natura del giudizio progettuale. Se l'Intelligenza Artificiale generativa amplia la capacità di produrre alternative, la questione centrale diventa comprendere chi, come e secondo quali criteri attribuisca valore alle configurazioni emergenti. La recente letteratura sul conceptual design mostra che la *GenAI* offre il contributo più evidente nelle fasi di definizione del problema e generazione delle idee, mentre selezione e valutazione restano prevalentemente affidate all'intervento umano (Chen et al., 2025). In questa asimmetria si colloca il nucleo della sensibilità progettuale aumentata: non una qualità condivisa indistintamente tra uomo e macchina, ma una competenza critica che assume maggiore importanza proprio quando cresce la potenza generativa del sistema. Il rapporto tra AI e creatività progettuale non può quindi essere interpretato con una semplice logica sostitutiva. I sistemi generativi sono particolarmente efficaci nell'ampliare lo spazio delle possibilità, nel proporre associazioni inattese e nel rendere rapidamente visibili alternative ancora instabili. La ricerca sulla co-ideazione *Human-AI* conferma che il valore di questi strumenti emerge soprattutto quando vengono inseriti in un processo dialogico, in cui il progettista mantiene la capacità di orientare e ridefinire progressivamente il problema (Wang et al., 2025). La creatività non risiede allora nell'output in sé, ma nella relazione dinamica tra proposta algoritmica, interpretazione umana e riformulazione successiva. Nel campo del CMF questa dinamica diventa particolarmente evidente, perché colore, materia e finitura non possono essere completamente ricondotti alla sola rappresentazione visiva. L'AI è in grado di costruire superfici convincenti, simulare trasparenze, riflessioni, rugosità e comportamenti luminosi, ma la materia continua a eccedere la propria immagine. Peso, temperatura, tattilità, invecchiamento, processo produttivo e risposta ambientale rimangono qualità che richiedono un confronto con la realtà fisica. Si configura così una distanza epistemologica tra la conoscenza visiva della materia e quella attraverso la materia. La prima può essere estremamente accelerata e ampliata dall'AI; la seconda resta legata all'esperienza, alla sperimentazione e alla verifica. Proprio questa distanza permette di

alisation thus alter the timeframe for judgement: what traditionally required construction, verification and gradual consolidation may today appear immediately complete. The narrowing of the gap between idea and representation, therefore, makes it necessary to intentionally reintroduce moments of slowing down, comparison, and verification. In this context, the distinction between variation and design difference emerges as particularly significant. AI is extremely effective at producing variations: it modifies tones, proportions, textures, light, opacity levels or surface characteristics, whilst maintaining a recognisable visual continuity. Design difference, on the other hand, requires that such transformations entail a change in meaning, experience, behaviour or the relationship between the artefact and its context. Not every variation therefore constitutes an innovation. The designer's task is to recognise the moment when quantitative variation crosses a critical threshold and becomes a qualitative difference. The findings therefore lead us to consider enhanced design sensitivity as a threshold competence between what the system can generate and what the design can deem significant. It operates at the intersection of image and matter, combination and intention, possibility and decision. AI considerably expands the territory that is explorable, but does not autonomously determine which trajectories are worth pursuing. From this perspective, the expansion brought about by artificial intelligence does not merely concern the quantity of available possibilities. Above all, it concerns the intensification of the critical responsibility required to select, verify and transform them into material culture.

Discussion

The findings outline a shift that goes beyond the introduction of new tools into the creative process and directly affects the nature of design judgement. Whilst generative artificial intelligence expands the capacity to produce alternatives, the central question becomes understanding who, how and according to what criteria attributes value to the emerging configurations. Recent literature on conceptual design shows that GenAI makes its most evident contribution during the problem-definition and idea-generation phases, whilst selection and evaluation remain predominantly entrusted to human intervention (Chen et al., 2025). It is within this asymmetry that the core of augmented design sensibility lies: not a quality shared indiscriminately between humans and machines, but a critical competence that takes on greater importance precisely as the system's generative power increases. The relationship between AI and design creativity cannot therefore be interpreted simply in terms of substitution. Generative systems are particularly effective

riconsiderare criticamente il concetto di errore. Un'incongruenza generativa, se osservata esclusivamente dal punto di vista della fedeltà rappresentativa, costituisce un limite del modello. Se invece viene interpretata in chiave progettuale, può diventare un dispositivo di ricerca. Un materiale apparentemente impossibile, una texture incompatibile con il supporto o un comportamento luminoso inatteso possono suggerire nuovi processi, combinazioni ibride o modalità produttive ancora da verificare. In questo senso, la *GenAI* può contribuire anche al superamento della fissazione creativa, purché l'anomalia non venga accettata passivamente ma trasformata in una domanda progettuale. Studi recenti evidenziano infatti la capacità dei sistemi generativi di sostenere l'apertura esplorativa nelle fasi iniziali, pur sottolineando che tale beneficio dipende dalle modalità di integrazione nel lavoro del team (Sattele & Ortiz, 2025b). La sensibilità progettuale aumentata può allora essere interpretata come una capacità di negoziazione tra la possibilità algoritmica e la realtà materiale. Il progettista non si limita a scegliere tra alternative già definite, ma modifica continuamente i criteri con cui tali alternative vengono prodotte. Ogni iterazione costituisce al contempo una risposta e una nuova formulazione del problema. Tale condizione è coerente con una concezione della *GenAI* nel design non come punto terminale del processo creativo, bensì come componente di una sequenza ricorsiva di esplorazione, valutazione e trasformazione. Anche nel panorama italiano, le ricerche sul potenziale della GenAI nei processi creativi evidenziano che il valore non deriva soltanto dall'efficienza o dalla quantità di output, ma dalla capacità di ridefinire le pratiche di ideazione e di sviluppo progettuale (Rizzi & Bertola, 2025). Questa trasformazione comporta tuttavia un rischio rilevante: confondere la qualità della rappresentazione con quella del progetto. Più l'immagine generata appare sofisticata, coerente e compiuta, maggiore è la possibilità che essa acquisisca un'autorità impropria rispetto allo stadio effettivo dell'ideazione. La letteratura più recente mostra, infatti, che l'effetto dell'AI sulla creatività non è univocamente positivo: può ampliare alcune dimensioni dell'esplorazione ma anche limitarne altre, in funzione della tipologia di stimolo, del modello e del modo in cui il progettista interagisce con esso (Ge et al., 2025). Diventa quindi necessario stabilire una distanza critica dall'immagine, riportando sistematicamente l'output all'intenzione, al contesto e alla fattibilità. In questo quadro, il concetto di sensibilità assume un significato più ampio rispetto alla mera capacità estetica. Non riguarda soltanto l'abilità di riconoscere un equilibrio cromatico o una qualità superficiale, ma comprende anche la capacità di percepire le incoerenze, individuare potenzialità latenti, mettere in relazione una suggestione visiva con un processo produttivo e riconoscere quando una soluzione apparentemente innovativa riproduce invece repertori già consolidati. La sensibilità diventa così una forma di intelligenza critica applicata alla selezione. Essa consente di distinguere ciò che è soltanto nuovo da ciò che è significativamente diverso. Si può quindi sostenere che l'AI trasformi il progetto da un'economia della scarsità a un'economia dell'abbondanza generativa. In un contesto in cui le alternative sono limitate, la creatività viene spesso associata alla capacità di produrre possibilità; in un contesto in cui queste diventano virtualmente illimitate, la creatività si sposta verso la capacità di costruire criteri di rilevanza. Questa trasformazione riguarda direttamente la responsabilità del designer. Più aumenta la capacità computazionale di produrre immagini, più diventa necessario sviluppare competenze di selezione, interpretazione e validazione. La posta in gioco non è pertanto stabilire se l'AI possa sostituire la creatività umana, ma comprendere come la disponibilità di una creatività computazionale modifichi la struttura della creatività progettuale. La stessa ricerca comparativa tra soluzioni generate dall'AI, dal designer e attraverso la collaborazione Human-AI suggerisce che la relazione tra questi soggetti non può essere ridotta a un confronto lineare delle prestazioni, ma deve essere letta alla luce della complementarità delle rispettive capacità (Vo et al., 2025). È in questa complementarità che la sensibilità progettuale accresciuta trova la propria specificità teorica. L'aggettivo "aumentata" non descrive un trasferimento della sensibilità all'algoritmo, né una fusione indistinta tra capacità umane e computazionali. Indica piuttosto l'estensione del campo entro cui la sensibilità deve esercitarsi. Il progettista contemporaneo è chiamato a valutare non soltanto ciò che può immaginare direttamente, ma anche ciò che emerge da uno spazio latente molto più ampio e parzialmente imprevedibile. L'AI aumenta dunque le possibilità del progetto, ma, al contempo, accresce la responsabilità di chi deve attribuire loro senso. La questione conclusiva riguarda quindi il passaggio dall'abbondanza di immagini alla qualità delle decisioni. Se l'AI può produrre quasi istantaneamente infinite combinazioni di colore, materia e finitura, il valore del design non consiste più nella quantità di configurazioni ottenute, ma nella capacità di trasformarne alcune in esperienze coerenti, materialmente consapevoli e culturalmente significative. La sensibilità progettuale aumentata può essere interpretata, in questa prospettiva, come uno dei principali dispositivi critici della progettazione nell'era generativa: il luogo in cui la potenza combinatoria dell'algoritmo viene tradotta in intenzione, conoscenza e responsabilità progettuale.

at expanding the space of possibilities, proposing unexpected associations and rapidly bringing still-unstable alternatives to light. Research into human–AI co-creation confirms that the value of these tools emerges above all when they are integrated into a dialogic process, in which the designer retains the ability to guide and progressively redefine the problem (Wang et al., 2025). Creativity does not, therefore, lie in the output itself, but in the dynamic relationship between algorithmic proposal, human interpretation and subsequent reformulation. In the field of CMF, this dynamic becomes particularly evident, because colour, material and finish cannot be reduced entirely to visual representation alone. AI is capable of constructing convincing surfaces and simulating translucency, reflections, roughness and light behaviour, but the material continues to transcend its own image. Weight, temperature, tactility, ageing, the production process and environmental response remain qualities that require engagement with physical reality. This creates an epistemological gap between visual knowledge of material and knowledge gained through material. The former can be greatly accelerated and expanded by AI; the latter remains tied to experience, experimentation and verification. It is precisely this gap that allows us to reconsider the concept of error critically. A generative inconsistency, if viewed solely from the perspective of representational fidelity, constitutes a limitation of the model. If, on the other hand, it is interpreted from a design perspective, it can become a research tool. A seemingly impossible material, a texture incompatible with the substrate or an unexpected luminous behaviour can suggest new processes, hybrid combinations, or production methods yet to be tested. In this sense, GenAI can also help to overcome creative fixation, provided that the anomaly is not passively accepted but transformed into a design question. Recent studies highlight the ability of generative systems to foster exploratory openness in the initial phases, whilst emphasising that this benefit depends on how they are integrated into the team's work (Sattele & Ortiz, 2025b). This heightened design sensitivity can therefore be interpreted as an ability to negotiate between algorithmic possibility and material reality. The designer does not merely choose between predefined alternatives, but continually modifies the criteria by which these alternatives are generated. Each iteration constitutes both a response and a new formulation of the problem. This approach is consistent with a conception of GenAI in design not as the endpoint of the creative process, but as a component of a recursive sequence of exploration, evaluation and transformation. In the Italian context, research on the potential of GenAI in creative processes highlights that value derives not only from efficiency or

Conclusioni

L'Intelligenza Artificiale generativa introduce nel design e nell'architettura una trasformazione che non può essere ricondotta né alla sola accelerazione dei processi di rappresentazione né alla possibilità di produrre immagini sempre più sofisticate. Ciò che cambia in modo più profondo è il rapporto tra intenzione, esplorazione e scelta. La capacità di generare un numero potenzialmente illimitato di configurazioni cromatiche, materiche e superficiali modifica, infatti, il luogo in cui si concentra il valore progettuale: dalla produzione dell'alternativa alla capacità di riconoscerne la rilevanza, dalla costruzione dell'immagine alla costruzione del criterio con cui valutarla. In questo passaggio, il colore, i materiali e le finiture assumono un ruolo particolarmente significativo. Essi costituiscono infatti il punto di contatto tra la dimensione visiva, che l'AI è oggi in grado di simulare con crescente efficacia, e quella fisica, sensoriale e temporale che continua a richiedere esperienza diretta, sperimentazione e conoscenza disciplinare. L'immagine generativa può anticipare una possibile materialità, suggerirne atmosfere, comportamenti e combinazioni, ma non può sostituire integralmente la complessità dell'esperienza materiale. La superficie visualizzata resta una promessa, non ancora una verifica. Da questa condizione emerge il contributo teorico principale proposto: l'aumento della sensibilità progettuale. Essa non identifica una nuova facoltà dell'Intelligenza Artificiale, né una sensibilità artificiale equivalente a quella umana. Descrivi piuttosto l'evoluzione della competenza del progettista in un ambiente in cui le possibilità vengono amplificate in modo algoritmico. L'aumento riguarda il campo in cui il giudizio deve esercitarsi: più vasto, rapido, variabile e spesso più ambiguo rispetto ai processi precedenti. La sensibilità progettuale diventa così capacità di selezionare, interpretare, verificare, mettere in relazione e, quando necessario, rifiutare ciò che il sistema propone. Tale interpretazione consente di superare la contrapposizione tra creatività umana e creatività artificiale. L'aspetto più fertile non sembra risiedere nello stabilire quale delle due sia superiore, bensì nel comprendere quali nuove forme di conoscenza possano emergere dalla loro interazione. Le ricerche sulla co-creatività *Human–AI* sottolineano come il controllo dell'utente, la trasparenza del sistema e la possibilità di intervenire criticamente nel processo siano condizioni centrali per mantenere un senso di responsabilità e ownership sull'esito creativo (Singh et al., 2025). Il progetto può quindi beneficiare dell'AI nella misura in cui il sistema rimane interrogabile e modificabile, senza trasformare la generazione in una forma di delega decisionale. La questione diventa particolarmente rilevante per la cultura del progetto italiana, tradizionalmente fondata su una relazione molto stretta tra forma, materia, manifattura e qualità sensibile. In tale contesto, l'AI non dovrebbe essere intesa come alternativa alla cultura materiale, bensì come strumento capace di ampliarne la dimensione esplorativa. L'innovazione può emergere proprio dalla relazione tra repertori materiali consolidati e possibilità combinatorie non convenzionali: non nella sostituzione dell'esperienza artigianale o industriale, ma nella costruzione di un nuovo dialogo tra conoscenza incorporata, simulazione e sperimentazione. Ciò implica anche una trasformazione della formazione del designer. Se la produzione delle alternative viene progressivamente facilitata, diventa necessario rafforzare le competenze necessarie per giudicarle. La capacità di formulare prompt efficaci rappresenta soltanto una parte del problema. Molto più rilevanti diventano la conoscenza dei materiali, la cultura cromatica, la comprensione dei processi produttivi, la capacità di leggere criticamente un'immagine e di riconoscere le incoerenze tra rappresentazione e fattibilità. Le ricerche più recenti sull'interazione tra *GenAI* e processi cognitivi evidenziano, del resto, la necessità di progettare strumenti che non riducano l'impegno critico dell'utente, ma che sostengano l'agency, il pensiero divergente e convergente, l'adattabilità e il controllo (Ye et al., 2025). La formazione progettuale dovrebbe quindi evitare due estremi: da un lato il rifiuto dell'AI come elemento estraneo alla disciplina, dall'altro la sua assimilazione a dispositivo neutrale capace di risolvere automaticamente il processo creativo. La sfida consiste piuttosto nell'insegnare a costruire una distanza critica dalla generazione, utilizzandola come occasione di confronto e non come scorciatoia verso l'esito. In tale prospettiva, il campione fisico, la prototipazione, l'osservazione della luce, l'esperienza tattile e la verifica produttiva non perdono importanza; al contrario, diventano strumenti ancora più necessari per riportare l'abbondanza delle rappresentazioni alla consistenza del reale. Anche la pratica professionale è destinata a essere modificata. L'integrazione dell'AI nelle fasi di concept può ridurre significativamente i tempi necessari alla costruzione di scenari, varianti e atmosfere, ma richiede, parallelamente, nuovi protocolli di validazione. La rapidità generativa deve essere accompagnata da processi altrettanto evoluti di controllo delle caratteristiche materiali, ambientali e produttive. In questo senso, il futuro del CMF potrebbe svilupparsi attraverso workflow ibridi nei quali la generazione visiva, la simulazione prestazionale, il database dei materiali, la prototipazione digitale e la verifica fisica vengono progressivamente integrati. È proprio in questa continuità tra immagine e materia che si apre uno dei principali territori di ricerca futura. I sistemi generativi potranno evolvere da

the quantity of output but also from the ability to redefine ideation and design development practices (Rizzi & Bertola, 2025). This transformation, however, entails a significant risk: confusing the quality of the representation with that of the design itself. The more sophisticated, coherent and complete the generated image appears, the greater the likelihood that it will acquire undue authority relative to the actual stage of ideation. The most recent literature shows, in fact, that the effect of AI on creativity is not unequivocally positive: it can expand certain dimensions of exploration but also limit others, depending on the type of stimulus, the model and the way in which the designer interacts with it (Ge et al., 2025). It therefore becomes necessary to maintain a critical distance from the image, systematically relating the output to intention, context, and feasibility. In this context, the concept of sensitivity takes on a broader meaning than mere aesthetic ability. It does not merely concern the ability to recognise chromatic balance or surface quality, but also encompasses the capacity to perceive inconsistencies, identify latent potential, relate a visual suggestion to a production process, and recognise when an apparently innovative solution actually reproduces established repertoires. Sensitivity thus becomes a form of critical intelligence applied to selection. It enables us to distinguish between what is merely new and what is significantly different. It can therefore be argued that AI transforms design from an economy of scarcity to an economy of generative abundance. In a context where alternatives are limited, creativity is often associated with the ability to generate possibilities; in a context where these become virtually limitless, creativity shifts towards the ability to establish criteria of relevance. This transformation directly concerns the designer's responsibility. As computational capacity for producing images increases, the more necessary it becomes to develop skills in selection, interpretation, and validation. The issue at stake is therefore not whether AI can replace human creativity, but rather to understand how the availability of computational creativity alters the structure of design creativity. Comparative research into solutions generated by AI, by designers, and through human–AI collaboration suggests that the relationship among these actors cannot be reduced to a linear comparison of performance, but must be understood in light of the complementarity of their respective capabilities (Vo et al., 2025). It is in this complementarity that enhanced design sensibility finds its theoretical specificity. The adjective 'augmented' does not describe a transfer of sensitivity to the algorithm, nor an indistinct fusion between human and computational capabilities. Rather, it indicates the extension of the field within which sensitivity must be exercised. The contemporary de-

signer is called upon to evaluate not only what they can directly imagine but also what emerges from a much broader, partly unpredictable latent space. AI therefore expands the possibilities of design, but, at the same time, increases the responsibility of those who must give them meaning. The ultimate question, then, concerns the shift from an abundance of images to the quality of decisions. Whilst AI can produce, almost instantaneously, infinite combinations of colour, material and finish, the value of design no longer lies in the quantity of configurations obtained, but in the ability to transform some of them into coherent, materially conscious and culturally significant experiences. From this perspective, augmented design sensibility can be interpreted as one of the key critical mechanisms of design in the generative era: the point at which the algorithm's combinatorial power is translated into design intention, knowledge and responsibility.

Conclusions

Generative Artificial Intelligence introduces a transformation into design and architecture that cannot be reduced either to the mere acceleration of representation processes or to the possibility of producing ever more sophisticated images. What changes most profoundly is the relationship between intention, exploration and choice. The ability to generate a potentially unlimited number of colour, material and surface configurations alters, in fact, the focus of design value: from the production of alternatives to the ability to recognise their relevance, from the construction of the image to the construction of the criteria by which to evaluate it. In this transition, colour, materials and finishes take on a particularly significant role. They constitute, in fact, the point of contact between the visual dimension—which AI is now able to simulate with increasing effectiveness—and the physical, sensory and temporal dimensions, which continue to require direct experience, experimentation and disciplinary knowledge. The generative image can anticipate possible materialities, suggest atmospheres, behaviours, and combinations, but it cannot entirely replace the complexity of material experience. The visualised surface remains a promise, not yet a verification. From this condition emerges the main theoretical contribution proposed: the enhancement of design sensitivity. This does not identify a new faculty of Artificial Intelligence, nor an artificial sensitivity equivalent to that of humans. Rather, it describes the evolution of the designer's competence in an environment where possibilities are algorithmically amplified. This enhancement concerns the scope within which judgement must be exercised: broader, faster, more variable and often more ambiguous than in previous processes. Design sensitivity thus

becomes the ability to select, interpret, verify, contextualise and, where necessary, reject what the system proposes. This interpretation makes it possible to overcome the dichotomy between human creativity and artificial creativity. The most fruitful aspect does not seem to lie in determining which of the two is superior, but rather in understanding what new forms of knowledge may emerge from their interaction. Research into human–AI co-creativity emphasises that user control, system transparency, and the possibility of critical intervention in the process are key conditions for maintaining a sense of responsibility and ownership over the creative outcome (Singh et al., 2025). The design process can therefore benefit from AI to the extent that the system remains open to questioning and modification, without turning idea generation into a form of delegated decision-making. This issue is particularly relevant to Italian design culture, which is traditionally founded on a very close relationship between form, material, craftsmanship and perceptible quality. In this context, AI should not be seen as an alternative to material culture but rather as a tool that broadens the scope for exploration. Innovation can emerge precisely from the relationship between established material repertoires and unconventional combinatorial possibilities: not by replacing artisanal or industrial expertise, but by forging a new dialogue between embodied knowledge, simulation and experimentation. This also implies a transformation in the training of designers. As the generation of alternatives is progressively facilitated, it becomes necessary to strengthen the skills required to evaluate them. The ability to formulate effective prompts is only part of the problem. Far more important are knowledge of materials, colour theory, an understanding of production processes, the ability to critically analyse an image, and the capacity to recognise inconsistencies between representation and feasibility. The most recent research on the interaction between GenAI and cognitive processes, moreover, highlights the need to design tools that do not diminish the user's critical engagement but rather support agency, divergent and convergent thinking, adaptability, and control (Ye et al., 2025). Design education should therefore avoid two extremes: on the one hand, the rejection of AI as something alien to the discipline; on the other, its assimilation as a neutral tool capable of automatically resolving the creative process. The challenge lies rather in teaching students to maintain a critical distance from AI-generated outputs, using them as opportunities for discussion rather than shortcuts to the outcome. From this perspective, physical models, prototyping, the observation of light, tactile experience and production testing do not lose their importance; on the contrary, they become

even more essential tools for bringing the abundance of representations back to the substance of reality. Professional practice, too, is set to change. The integration of AI into the concept phases can significantly reduce the time required to develop scenarios, variations, and atmospheres, but it also requires new validation protocols. Generative speed must be accompanied by equally advanced processes for controlling material, environmental and production characteristics. In this sense, the future of CMF could unfold through hybrid workflows in which visual generation, performance simulation, material databases, digital prototyping and physical verification are progressively integrated. It is precisely in this continuity between image and matter that one of the main areas of future research opens up. Generative systems may evolve from tools capable of simulating the appearance of materials into environments capable of correlating visual qualities, physical properties, performance data, production processes and environmental impacts. Once this transition is more fully developed, designers will be able to consider not only how a material should look, but also how it might be produced, modified, used, recycled or allowed to evolve. Generation would thus cease to concern itself exclusively with the form of the imaginable and move closer to the construction of the possible. One fundamental question remains, however: even with more accurate, informed and multimodal systems, design will continue to require the ability to attribute meaning. An algorithm can expand the range of possibilities, recognise correlations, anticipate behaviours or propose unexpected combinations. However, the decision about what is relevant within a social, cultural, and human context entails a level of responsibility that lies with the practice of design. Augmented design sensibility can therefore be regarded not as a transitional phase linked to the current limitations of AI, but rather as a skill destined to grow in importance as generative systems evolve. The more capable these systems become of producing convincing solutions, the more necessary it will be to question their underlying assumptions, coherence and meaning. The future of design will depend not only on what Artificial Intelligence can generate, but also on the quality of the questions designers can pose to it and on the ability to transform its responses into informed choices. From this perspective, colour, material and finish become a prime vantage point for observing the relationship between Artificial Intelligence and creativity. It is precisely at the point where the image meets the material that the limits of generation emerge most clearly and, at the same time, its greatest potential. AI can multiply the possibilities of design; design sensibility continues to determine which of these deserve to become reality.

strumenti capaci di simulare l'apparenza dei materiali a ambienti in grado di mettere in relazione qualità visive, proprietà fisiche, dati prestazionali, processi produttivi e impatti ambientali. Quando questo passaggio sarà più sviluppato, il progettista potrà interrogarsi non soltanto su come un materiale dovrebbe apparire, ma anche su come potrebbe essere prodotto, modificato, utilizzato, riciclato o fatto evolvere nel tempo. La generazione smetterebbe così di riguardare esclusivamente la forma dell'immaginabile per avvicinarsi alla costruzione del possibile. Resta tuttavia una questione fondamentale: anche in presenza di sistemi più accurati, informati e multimodali, il progetto continuerà a richiedere capacità di attribuzione di senso. Un algoritmo può ampliare il numero di possibilità, riconoscere correlazioni, anticipare comportamenti o proporre combinazioni inattese, ma la decisione su ciò che sia pertinente in un contesto sociale, culturale e umano implica un livello di responsabilità che appartiene alla pratica progettuale. La sensibilità progettuale aumentata può pertanto essere considerata non come una fase transitoria legata agli attuali limiti dell'AI, bensì come una competenza destinata ad acquisire crescente importanza con l'evoluzione dei sistemi generativi. Quanto più questi diventeranno capaci di produrre soluzioni convincenti, tanto più sarà necessario saperne interrogare i presupposti, la coerenza e il significato. Il futuro del design non dipenderà soltanto da ciò che l'Intelligenza Artificiale sarà in grado di generare, ma anche dalla qualità delle domande che il progetto saprà porle e dalla capacità di trasformare le sue risposte in scelte consapevoli. In questa prospettiva, colore, materia e finitura diventano un osservatorio privilegiato sul rapporto tra Intelligenza Artificiale e creatività. È proprio nel punto in cui l'immagine incontra la materia che emerge con maggiore chiarezza il limite della generazione e, al contempo, la sua massima opportunità. L'AI può moltiplicare le possibilità del progetto; la sensibilità progettuale continua a determinare quali di queste meritino di diventare realtà.

References

- Azzola, A., Figoli, F. A., & Rampino, L. (2025). Generative AI in the design process: A journey through image generation for concept ideation. FrancoAngeli.

- Berni, A., Borgianni, Y., Rotini, F., Gonçalves, M., & Thoring, K. (2024). Stimulating design ideation with artificial intelligence: Present and (short-term) future. *Proceedings of the Design Society*, 4, 1939–1948. DOI: 10.1017/pds.2024.196.

- Chen, C., Cheng, F., Zhang, B., Jin, R., Dong, C., Sun, Z., & Zhou, Y. (2026). A generative AI-driven industrial design framework for human–GenAI co-creation. *Symmetry*, 18(2), 352. DOI: 10.3390/sym18020352.

- Chen, L., Song, Y., Guo, J., Sun, L., Childs, P., & Yin, Y. (2025). How generative AI supports human in conceptual design. *Design Science*, 11, e9.

- Di Dio, S., Inzerillo, B., Monterosso, F., Morvillo, S., & Russo, D. (2024). Artificial intelligence and design: Innovation, practical applications, and future creative horizons. *Human Factors in Design, Engineering, and Computing*, 159, 44–52. DOI: 10.54941/ahfe1005566.

- Doshi, A. R., & Hauser, O. P. (2024). Generative AI enhances individual creativity but reduces the collective diversity of novel content. *Science Advances*, 10(28), eadn5290. DOI: 10.1126/sciadv.adn5290.

- Ge, W., & Hou, G. (2025). The effects of generative AI model type and visual stimuli type on design creativity. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 39, e17. DOI: 10.1017/S0890060425100061.

- Li, B., Hu, Z., Liu, Y., & Wang, Z. (2025). Integrating Kansei engineering and AI-generated image for commercial vehicle body morphology design. *Symmetry*, 17(11), 1971. DOI: 10.3390/sym17111971.

- Rapp, A., Di Lodovico, C., Torrielli, F., & Di Caro, L. (2025). How do people experience the images created by generative artificial intelligence? An exploration of people's perceptions, appraisals, and emotions related to a Gen-AI text-to-image model and its creations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 193, 103375. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2024.103375.

- Rizzi, G., & Bertola, P. (2025). Exploring the generative AI potential in the fashion design process: An experimental experience on the collaboration between fashion design practitioners and generative AI tools. *European Journal of Cultural Management and Policy*, 15, 13875. DOI: 10.3389/ejcmp.2025.13875.

- Sattele, V. (2025a). Creative dialogue: Evolving intent in designer-AI workflows. In *Creativity and Cognition (C&C '25)* (pp. 39–44). Association for Computing Machinery. DOI: 10.1145/3698061.3734419.

- Sattele, V., & Ortiz, J. C. (2025b). AI as an element to overcome creative fixation in design teams. *Proceedings of the Design Society*, 5, 409–418. DOI: 10.1017/pds.2025.10055.

- Singh, S., Hindriks, K., Heylen, D., & Baraka, K. (2025). A systematic review of human-AI co-creativity. *arXiv*. DOI: 10.48550/arXiv.2506.21333.

- Su, J., Zhang, Y., & Zhu, J. (2025). Generative CMF design of wood grain decorative paper for custom furniture. In *Proceedings of the 2025 International Conference on Artificial Intelligence and Product Design (AIPD 2025)*. Association for Computing Machinery. DOI: 10.1145/3765416.3765443.

- Torricelli, M., Martino, M., Baronchelli, A., & Aiello, L. M. (2024). The role of interface design on prompt-mediated creativity in generative AI. In *Proceedings of the ACM Web Science Conference 2024*. Association for Computing Machinery. DOI: 10.1145/3614419.3644000.

- Vo, K. H. T. (2025). "Who" designs better? A competition among human, artificial intelligence and human–AI collaboration. *Design Science*, 11, e29. DOI: 10.1017/dsj.2025.10029.

- Wang, N., Kim, H., Peng, J., & Wang, J. (2025). Exploring creativity in human–AI co-creation: A comparative study across design experience. *Frontiers in Computer Science*, 7, 1672735. DOI: 10.3389/fcomp.2025.1672735.

- Wang, P., Khinvasara, Y., Creighton, G. J., Scholing, T., Wang, Y., Zhou, Z., Childs, P. R. N., & Yin, Y. (2025). Enhancing designer creativity through human–AI co-ideation: A co-creation framework for design ideation with custom GPT. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 39, e22. DOI: 10.1017/S0890060425100127.

- Ye, R., Varona, M., Huang, O., Lee, P. Y. K., Liut, M., & Nobre, C. (2025). The design space of recent AI-assisted research tools for ideation, sensemaking, and scientific creativity. *arXiv*. DOI: 10.48550/arXiv.2502.16291.

- Zhou, E., & Lee, D. (2024). Generative artificial intelligence, human creativity, and art. *PNAS Nexus*, 3(3), pgae052. DOI: 10.1093/pnasnexus/pgae052.

- Zhu, Q., & Luo, J. (2025). Artificial creativity in design: A theory-based framework for implementation. *Proceedings of the Design Society*, 5, 621–630. DOI: 10.1017/pds.2025.100765.