

ARTICLE INFO

Received	10 September 2024
Revised	09 October 2024
Accepted	10 October 2024
Published	30 December 2024

VERBAL DESIGN MODELLING Complessità, IA e innovazione di prodotto

VERBAL DESIGN MODELLING Complexity, AI and product innovation

Jacopo Mascitti, Davide Paciotti

ABSTRACT

Il costante aumento di strumenti per la generazione di contenuti tramite l'Intelligenza Artificiale (IA) sta influenzando e influenzerà sempre più l'ambito del design. Il contributo analizza l'applicazione della tecnologia IA di conversione del testo in immagini nello specifico campo del design di prodotto e in particolare nella fase di sviluppo dei concept iniziali, intravedendo implicazioni significative per l'innovazione dei prodotti industriali: per la prima volta il designer può essere affiancato dalla tecnologia nella fase di concezione del prodotto, anziché in una fase successiva. Viene presentato e discusso un approccio sperimentale, chiamato Verbal Design Modelling (VDM), per lo sviluppo di concept di prodotti innovativi tramite l'impiego di software IA dal-testo-alla-immagine, il cui obiettivo è rendere gestibile la complessità dell'interazione IA-designer in questo specifico contesto.

The constant increase in tools for content generation through Artificial Intelligence (AI) is influencing and will increasingly impact the design field. This paper analyses the application of AI technology for text-to-image conversion in the specific area of product design, particularly during the development of initial concepts, identifying significant implications for innovation in industrial products. For the first time, technology can assist designers in the product conception phase, rather than in a later stage. An experimental approach, called Verbal Design Modelling (VDM), is presented and discussed. It aims to develop innovative product concepts through AI text-to-image software, to manage the complexity of AI-designer interaction in this specific context.

KEYWORDS

disegno industriale, intelligenza artificiale, innovazione di prodotto, modellazione verbale, midjourney

industrial design, artificial intelligence, product innovation, verbal modelling, midjourney

Jacopo Mascitti, Designer, Architect, and PhD, is a Researcher at the School of Architecture and Design, University of Camerino (Italy). His research primarily focuses on Industrial Design, particularly in innovation processes related to environmental sustainability, bio-inspiration, safety, and artificial intelligence. Mob. +39 328/48.36.758 | E-mail: jacopo.mascitti@unicam.it

Davide Paciotti, Designer and PhD, is a Researcher at the School of Architecture and Design, University of Camerino (Italy). His research primarily focuses on Industrial Design, with a particular interest in the evolutionary processes resulting from the interaction between rapid production technologies, generative parametric modelling, and artificial intelligence. Mob. +39 333/93.05.441 | E-mail: davide.paciotti@unicam.it



Secondo ChatGPT4 i sistemi basati sull'Intelligenza Artificiale sono capaci di eseguire compiti che, se svolti da esseri umani, richiederebbero appunto intelligenza. Questi includono il riconoscimento di immagini, la comprensione del linguaggio naturale, il processo decisionale e la risoluzione di problemi complessi. L'AI si basa su tecniche come l'apprendimento automatico (machine learning), in cui i sistemi apprendono dai dati per migliorare le proprie prestazioni nel tempo, e l'elaborazione del linguaggio naturale (NLP) che consente la comunicazione tra macchine e umani in modo più naturale.¹

Recentemente l'IA è emersa quale potente strumento per la progettazione industriale. I modelli e gli strumenti basati sull'IA possono essere utilizzati per automatizzare attività, generare nuove idee e migliorare l'efficienza e l'efficacia del processo di progettazione. La maggioranza dei sistemi di IA disponibili commercialmente sfruttano tre modelli di apprendimento automatico: 'supervisionato', 'non supervisionato' e 'apprendimento di rinforzo' (Verganti, Vendraminelli and Iansiti, 2020): il primo è in grado di analizzare un'immagine ed etichettarla, differenziando, ad esempio, la foto di un cane da quella di un gatto; il secondo è in grado di trovare raggruppamenti 'naturali' e definire associazioni spontanee tra le diverse immagini, ovvero relazionare i contenuti per caratteri condivisi, creando degli insiemi tematici; il terzo, partendo da un singolo dato (l'immagine di un gatto) e una funzione di prestazione, è in grado di sondare lo spazio intorno al punto di partenza, usando come feedback, per comprendere se ha migliorato o peggiorato le prestazioni del risultato, le successive interazioni. Quest'ultimo modello è assimilabile a un vero e proprio processo di progettazione tradizionale, in cui è noto il punto di partenza ma sconosciuto il punto di arrivo.

Dopo essere stata debitamente addestrata, l'IA può gestire in autonomia compiti ripetitivi e altamente complessi (Tsang and Lee, 2022), consentendo ai progettisti di efficientare attività specifiche sia nella fase di sviluppo del progetto, come ad esempio la selezione dei materiali (Merayo, Rodríguez-Prieto and Camacho, 2019) e l'ottimizzazione di risorse e processi (Liu, Tian and Kan, 2022), che di progettazione esecutiva, attraverso la creazione automatizzata di rendering o disegni. In questo modo il designer può concentrarsi sugli aspetti più complessi del lavoro e su attività maggiormente creative e strategiche per la buona riuscita del progetto, quali lo sviluppo del concept e il sensemaking (Madsbjerg, 2019). È proprio in queste fasi cruciali che ancora oggi il ruolo dell'IA è in corso di definizione: utilizzando modelli generativi (Generative Artificial Intelligence – GAI), l'IA può fornire al designer soluzioni progettuali 'visive', sulla base di un prompt² elaborato dall'uomo.

Si va materializzando la figura di un 'virtual design assistant', avanzata da Sang-Gook Kim (et alii, 2019) e dal suo gruppo di ricerca del Massachusetts Institute of Technology, che sia in grado di aiutare il designer nelle fasi iniziali della progettazione: una soluzione d'intelligenza ibrida (Kamar, 2016) finalizzata a superare la progettazione di routine e a generare idee, in cui l'intelligenza umana collabora con quella artificiale.

Tuttavia persistono alcune limitazioni e sfide associate all'IA generativa impiegata in questa specifica fase progettuale nell'ambito del design indu-

striale, poiché può essere difficile controllare le caratteristiche e la qualità dei risultati prodotti o, per meglio specificare, l'aderenza ai requisiti e ai vincoli del progetto e, dunque, all'idea e alle aspettative del progettista. Allo stesso tempo l'ennesima rivoluzione tecnologica introdotta dall'IA impone un riesame dei tradizionali approcci e un aggiornamento della pratica progettuale, per consentire al designer di mantenere la propria efficacia nello strutturare esperienze d'uso piacevoli, utili e positive (Casiddu et alii, 2022).

Le sperimentazioni fin qui condotte evidenziano come l'impiego di sistemi neurali nell'ambito della pratica e della didattica del Design consentano di aumentare l'efficienza e ottenere risultati originali e innovativi: tuttavia la maggior parte di queste hanno fino ad ora preso in considerazione processi di progettazione che eludono lo specifico campo del design di prodotto (Jaruga-Rozdolska, 2022; Derevyanko and Zalevska, 2023; Yin, Zhang and Liu, 2023). Questo perché forma, funzione e contenuto simbolico di un prodotto sono costruiti attraverso un processo di progettazione complessa e multifattoriale, difficilmente standardizzabile e trasferibile in modo diretto all'IA.

Tanto la formulazione del problema progettuale quanto la definizione della relativa soluzione, che deve necessariamente tenere in considerazione parametri in parte oggettivi (ad esempio la producibilità tecnica, la commerciabilità oppure la sostenibilità ambientale del prodotto) non possono essere dissociati dall'identità culturale e tecnica del progettista, dagli obiettivi economici e d'immagine dell'azienda e dalle aspettative, esplicite e implicite, dell'utilizzatore finale; tutti fattori fortemente influenzanti l'iter progettuale e non riconducibili a banche dati o casi studio a cui l'IA possa attingere per determinare la migliore soluzione progettuale per lo specifico caso. I presupposti operativi dei modelli GAI, al contrario, permettono di generare immagini basate su modelli prevedibili e ben identificabili tramite le categorizzazioni offerte dagli archivi digitali e dai modelli culturali del web (Ko et alii, 2023).

Emerge dunque l'esigenza di comprendere come poter integrare gli strumenti GAI all'interno dell'iter di ideazione di nuovi prodotti industriali e identificare delle possibili strade per superarne le limitazioni. Ciò che i progettisti sono chiamati a fare nel contesto dell'IA, infatti, non deve essere votato all'elaborazione di soluzioni dirette (generate dal motore di Intelligenza Artificiale), ma a strutturare 'cicli di risoluzione dei problemi' (Verganti, Vendraminelli and Iansiti, 2020).

In quest'ottica il contributo presenta e discute le potenzialità e i limiti di un modello sperimentale, sviluppato e testato all'interno della Scuola di Architettura e Design dell'Università di Camerino, chiamato Verbal Design Modelling (VDM), che guida il progettista nella gestione e integrazione della complessità dell'IA per la generazione di nuovi concept di prodotti industriali.

Pensato per efficientare e raccordare i differenti processi d'innovazione progettuale (Cautela and Rampino, 2019), il modello prevede un percorso di co-evoluzione in cui il designer, da un lato apprende le modalità d'informazione dell'IA tramite prompt testuali e dall'altro lato informa progressivamente il modello neurale sulle proprie intenzioni e preferenze progettuali che vengono memorizzate dalla piattaforma attraverso i cookie. Lo strumento utilizzato è Midjourney³, che sfrutta un modello d'In-

telligenza Artificiale chiamato Generative Pre-trained Transformer (GPT), un modello di rete neurale addestrato su un enorme set di dati di immagini e testo in grado di generare immagini realistiche e creative perché capace di apprendere le relazioni tra le immagini e il testo. In tal modo strumenti avanzati di IA sono in grado di supportare il designer nella cruciale fase d'ideazione di un nuovo prodotto, attraverso la costruzione di un modello d'interazione, oggetto della sperimentazione di seguito descritta, e il conseguente addestramento di un assistente virtuale basato su un modello pre-addestrato, capace di analizzare, elaborare, sintetizzare e far evolvere i dati forniti dall'interfaccia umana.

Verbal Design Modeling: metodologia e fasi | La metodologia d'integrazione del modello GPT nel processo di progettazione si articola in quattro fasi a cascata: 1) costruzione verbale di un oggetto reale; 2) sperimentazione verbale; 3) definizione del concept; 4) co-creazione di un prodotto (Fig. 1). Ognuna delle fasi è a sua volta suddivisa in un flusso di lavoro in quattro passaggi: a) generazione di un prompt testuale; b) elaborazione da parte della piattaforma di quattro immagini; c) modifica della stringa per rimuovere, aggiornare o integrare il risultato ottenuto; d) generazione di una nuova serie di quattro immagini; e) l'upscaling⁴ ad alta risoluzione dell'immagine selezionata.

Nella prima fase, incentrata sulla trasposizione verbale di un oggetto reale, il flusso di lavoro del modello GPT viene utilizzato per delineare il campo d'azione e orientare l'esplorazione dell'algoritmo. Si procede alla costruzione di un prompt in grado di descrivere un oggetto reale, di particolare interesse per il processo progettuale. La descrizione dovrà cercare, senza considerare se la corrispondenza tra le parole e le immagini generate sia coerente o meno, di riprodurre quanto più fedelmente il prodotto selezionato. L'obiettivo è mettere in relazione l'oggetto fisico, la sua descrizione verbale e l'immagine generata dall'IA. Questa attività consente di valutare le capacità interpretative dell'IA del particolare tema dato e di identificare eventuali incongruenze tra il prodotto reale e la sua rappresentazione digitale generata dalla descrizione verbale.

Nella seconda fase il prodotto selezionato viene sottoposto a un processo di sperimentazione volto a elaborare variazioni formali, materiali, funzionali e di significato, ovvero esplorare potenziali scenari evolutivi. Lo scopo è valutare i limiti e le potenzialità dell'IA nel combinare caratteristiche differenti, anche contrastanti con la natura del prodotto, sfruttando le sue capacità interpretative e creative. Questa fase risulta particolarmente utile per testare parametri e parole chiave in grado di migliorare la formulazione dei prompt e determinarne la capacità di variare il risultato. Il processo è eseguito per un minimo di cinque cicli ognuno dei quali comprende cinque prompt di partenza, cinque serie di immagini generate, cinque variazioni dei prompt, ulteriori cinque serie di immagini e, infine, l'upscaling di uno dei risultati.

La terza fase è incentrata sullo sviluppo del concept a partire dalle interazioni svolte nelle precedenti sessioni: l'idea viene descritta dapprima in modo dettagliato, attraverso una stringa che integra le caratteristiche progettuali e prefigura le relazioni tra queste, producendo un primo set d'immagini. A partire dal risultato ottenuto si avvia quindi un processo, eseguito almeno cinque volte, di rifi-

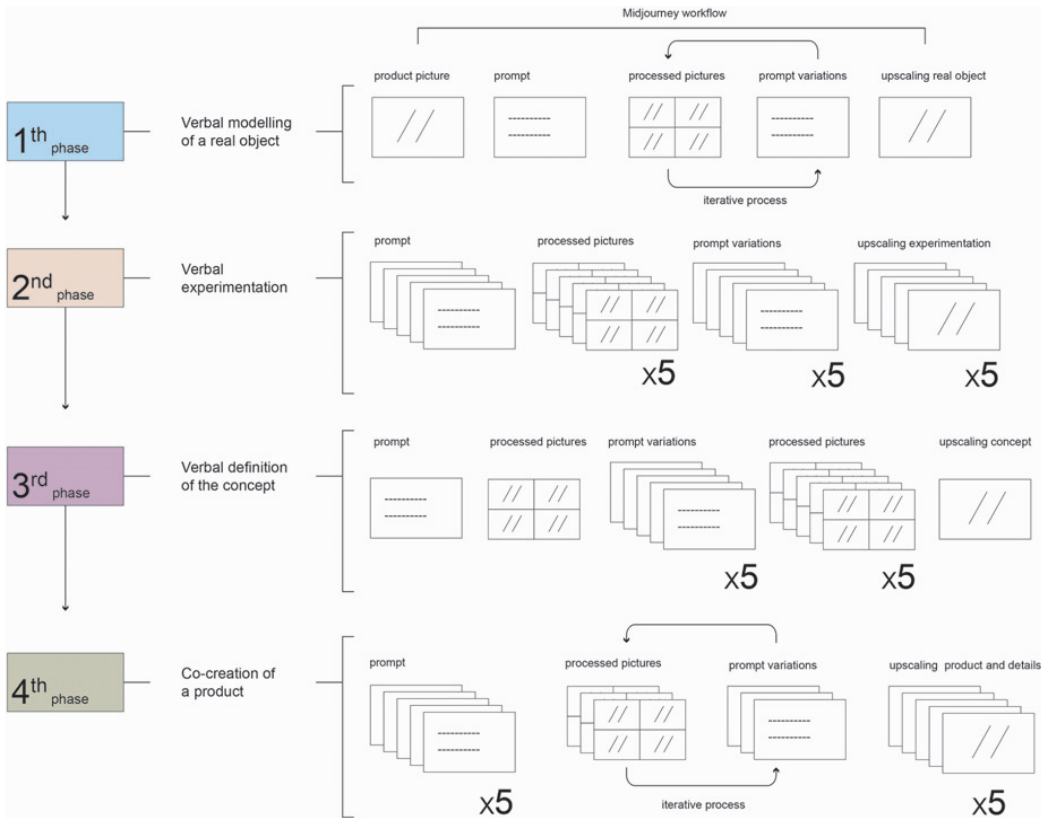


Fig. 1 | Verbal Design Modelling (VDM): experimental approach scheme (credit: the Authors, 2024).

nitura e progressiva semplificazione del prompt e relative quartine di immagini; al termine si procede all'upsampling per congelare il risultato ottenuto. L'obiettivo è ottimizzare il prompt attraverso variazioni successive, con l'intento di generare un concept innovativo che sia quanto più possibile allineato all'idea di partenza del progettista.

Nel quarto e ultimo step si lavora al perfezionamento del concept: partendo dal risultato della fase precedente vengono generate ulteriori immagini di dettaglio e viene affinata l'idea; quest'ultimo passaggio adotta un approccio iterativo che prevede la generazione di nuove quartine di immagini e successive variazioni dei prompt.

Con le differenti interazioni svolte durante le quattro fasi del metodo, l'algoritmo d'Intelligenza Artificiale esegue due funzioni distinte: la prima, evidente e ampiamente nota, consiste nell'interpretazione delle informazioni fornite al fine di generare l'immagine desiderata; la seconda, celata, provvede all'addestramento della piattaforma attraverso l'archiviazione dei prompt e delle preferenze espresse sulle quartine di immagini.

Questo processo fornisce una base solida per la co-evoluzione della visione progettuale del designer e per l'apprendimento incrementale dell'IA. L'approccio adottato si basa su un meccanismo di apprendimento bidirezionale: da un lato il progettista perfeziona la capacità di strutturare in modo efficiente le stringhe di testo utilizzate nei prompt, dall'altro l'IA acquisisce, elabora e implementa le caratteristiche progettuali proposte, orientando la generazione delle immagini verso risultati sempre più aderenti alle specifiche richieste. Ciò è possibile grazie agli aggiornamenti più recenti della piattaforma Midjourney, le cui funzionalità avanzate, come la rigenerazione parziale delle immagini, la ponderazione dei termini nel prompt e l'aggiornamen-

to dinamico delle preferenze dell'utente, possono essere replicate anche in altre piattaforme di generazione e manipolazione delle immagini. L'approccio incrementale adottato permette inoltre di ottenere una comprensione più approfondita delle dinamiche che governano la comunicazione delle idee attraverso l'uso combinato di descrizioni verbali e visive.

L'algoritmo di generazione delle immagini opera con un miglioramento dinamico, alternando automaticamente fasi di esplorazione e di sfruttamento (Verganti, Vendraminelli and Iansiti, 2020), approccio che consente di apprendere progressivamente le preferenze del progettista, ottimizzando le iterazioni per il raggiungimento del risultato prefissato. È rilevante osservare che l'equilibrio tra esplorazione e sfruttamento nell'apprendimento per 'rinforzo' presenta significative analogie con il processo di progettazione umana, in particolare con il principio delle iterazioni precedentemente illustrato. Analogamente agli approcci tradizionali di progettazione un'ampia fase di esplorazione iniziale può condurre a scelte più innovative e interessanti; tuttavia essa deve essere attentamente bilanciata con la necessità di garantire che la fase di sfruttamento concluda il processo con una soluzione concretamente utilizzabile.

Esemplificazione del metodo | Il percorso sperimentale proposto può essere ulteriormente chiarito attraverso la presentazione di un caso studio specifico, un monopattino elettrico, dimostrandone la replicabilità del metodo tramite altri due concept.

Definite le principali caratteristiche del monopattino è stato elaborato il seguente prompt: «electric scooter consisting of a black metal frame with yellow wheel rims, a handlebar with the rear brake lever on the right handlebar and a braking element

through the foot above the rear wheel». I risultati hanno mostrato una discrepanza significativa rispetto alle aspettative, poiché le immagini generate non corrispondevano alla descrizione fornita. L'analisi congiunta di prompt e immagini evidenziava come all'aumentare delle informazioni crescesse la probabilità di errore da parte dell'IA, principalmente a causa della 'cultura digitale' dello strumento, soggetta in alcuni casi a distorsioni. Ad esempio, il semplice uso della parola 'platform' induceva nello strumento una fortissima devianza, dovuta al mondo dei videogame (Fig. 2).

Riducendo la complessità della descrizione e, soprattutto, individuando i riferimenti a cui l'IA correlava alcune parole chiave, si è ottenuto un significativo miglioramento dei risultati con il prompt «kickscooter, yellow details on the wheels» (Fig. 3). L'utilizzo della parola chiave 'kickscooter' al posto di 'electric scooter' è stato il termine che ha maggiormente incrementato la corrispondenza.

Raggiunto l'obiettivo della prima fase, nella seconda sono state introdotte le variazioni sul prodotto (Fig. 4). Per la prima è stato preso come riferimento lo stile scultoreo della designer olandese Iris van Herpen: «iris van herpen kickscooter —v5», che ha generato un risultato ricco di dettagli grazie all'ampia disponibilità di materiale fotografico online. La seconda ha esplorato l'uso del marmo attraverso il prompt «advertising photo of a kickscooter sculpted from marble, realistic, f2.8, professional photography —v5». La terza ha ipotizzato una struttura gelatinosa del veicolo: «advertising photo of kickscooter made of jelly, realistic, f2.8, professional photography —v5». La quarta ed ultima, focalizzata sulla funzionalità, ha immaginato un sistema di pulizia integrato al monopattino, mediante il prompt «advertising photo of a swiffer kickscooter, realistic, f2.8, professional photography —v5».

Risulta utile evidenziare come l'associazione di un noto marchio di prodotti per la pulizia abbia permesso di ottenere un oggetto che combina alcune delle caratteristiche funzionali, materiche e cromatiche del brand con quelle del monopattino. La veridicità del risultato è stata agevolata dalla vasta disponibilità online di immagini relative al prodotto per la pulizia domestica.

Proprio la sperimentazione ha permesso di individuare il punto di partenza per la generazione del concept, ipotizzando lo sviluppo di un monopattino per la pulizia di ampi spazi interni (Fig. 5). Attraverso successive iterazioni delle descrizioni, sono state introdotte caratteristiche aggiuntive, quali spazzole, panni in microfibra, un dispenser di detersivi, un diffusore di fragranze e un laser per il rilevamento della polvere, sintetizzati dal prompt «advertising photo of a swiffer kickscooter, underglow neon lights::3, has laser lights on the sides, set in a living room::2, rideable cleaning aid, damp mop, realistic, f2.8, professional photography —v5». Questi dettagli hanno progressivamente arricchito il prodotto, definendone l'identità funzionale e formale (Fig. 6). Il processo ha portato alla generazione di risultati sempre più coerenti, grazie alla memoria cronologica acquisita attraverso le iterazioni (Fig. 7), consentendo di ridurre all'essenziale il prompt.

La sperimentazione è stata applicata anche ad altre due tipologie di prodotto: un casco e un tripode. Nel primo sono state esplorate diverse varianti, tra cui l'utilizzo di materiali lignei e l'integrazione di un pannello fotovoltaico sulla parte superiore. Un'ulteriore variante, di particolare interesse, ha ri-

guardato l'ipotesi di un casco dotato di elementi gonfiabili (Figg. 8, 9). Per quanto riguarda il tripode, la sperimentazione ha evidenziato due aspetti significativi: l'integrazione di un sistema robotico per la gestione automatizzata della macchina fotografica e l'aggiunta di una nuova funzionalità, ossia l'utilizzo del treppiede come tenda da osservazione (Figg. 10, 11).

Anche in questi casi, solo dopo la fase di addestramento, prompt sintetici e focalizzati, come «mtb helmet made of pine, professional photo — v5», hanno dimostrato di essere efficaci nel generare l'output desiderato. Analogamente, prompt con riferimenti a un marchio noto e diffuso online, come «photographic tripod with extendible and curved legs, able to become a quechua camouflage camping tent», ha permesso all'AI di produrre una serie di immagini che visualizzano un prodotto concretamente utilizzabile, combinando con successo le caratteristiche morfologiche richieste.

Conclusioni, limitazioni e sviluppi | Sistematizzata all'interno di una metodologia replicabile come quella proposta, l'IA generativa, e gli strumenti che ne derivano, sono in grado di accelerare la visualizzazione dei concetti di design, consentendo una rapida ideazione ed esplorazione di potenziali soluzioni. Tale metodologia non può direttamente essere rivolta, però, alla risoluzione del problema progettuale ma richiede una fase preliminare di allinea-

mento finalizzata alla perimetrazione del campo d'azione progettuale e a una predisposizione dello strumento alla sperimentazione in determinate direzioni concettuali.

Semplificando la fase concettuale del processo di progettazione, l'Intelligenza Artificiale consente di dedicare maggiore attenzione al sensemaking del prodotto e di assumere una visione olistica e sistemica del progetto (Germak, 2019; Bisson et alii, 2022), favorendo in ultima analisi lo sviluppo di soluzioni innovative e dirompenti in grado di generare nuove relazioni tra oggetti e soggetti. Grazie alla 'interfaccia verbale' i modelli GAI si propongono come valido e promettente strumento di supporto per approcci progettuali sistemici caratterizzati da 'innovazione aperta' (Barbero and Ferulli, 2023; Zannoni et alii, 2024), che necessitano di una traduzione del pensiero progettuale, spesso elaborato in modo non lineare e con modalità informali di trasferimento e condivisione.

La sperimentazione permette di affermare che l'introduzione di strumenti di IA generativa, esemplificati da piattaforme come Midjourney, sono in grado di promuovere la creatività e facilitare i processi complessi e iterativi di hard- e soft-design, coinvolgendo i gruppi di esperti e utenti in dinamiche di co-design che ampliano il ruolo del progettista a quello di facilitatore e visualizzatore di scenari (Fagnoni and Olivastri, 2019). Al contempo appare evidente che il modello elaborato, seppur ge-

neralizzabile, soffre della limitatezza dell'unica piattaforma utilizzata; pertanto, studi futuri potrebbero riguardare la validazione dello stesso attraverso l'applicazione a differenti strumenti IA dal-testo-alle-immagini.

L'emergere e il rapido sviluppo di strumenti generativi dal-testo-al-3D apre, infine, il campo alla possibilità di avere a disposizione strumenti capaci di elaborare modelli tridimensionali che possano restituire in modo spazializzato e altamente dettagliato i nuovi concept di prodotto. Ciò significa poter effettuare una vera e propria 'modellazione verbale' dell'oggetto fin dalle primissime fasi del suo processo d'ideazione e avere poi a disposizione un modello di riferimento avanzato su cui impostare lo sviluppo progettuale.

Lo scenario che induce a prefigurare il presente paper è dunque quello in cui il designer potrà fare affidamento su un set di strumenti capaci di supportare il progettista nella cruciale fase d'impostazione del concept di un nuovo prodotto, ovvero la possibilità di avere un 'virtual assistant' in grado di co-generare idee di prodotto, grazie alla sua capacità di ampliare e completare l'intuizione progettuale, che rimane prerogativa dell'umano, così come la sua insostituibile e preziosa 'sensibilità' nell'intravedere in immagini più o meno realistiche, percorsi progettuali caratterizzati da un potenziale d'innovazione. È il designer infatti che deve guidare con le sue scelte lo strumento, e non viceversa, an-



Fig. 2 | VDM: an example of a mistake made by misusing a keyword (credit: the Authors, 2024).

dando oltre il mero dato oggettivo (l'immagine) e aprendosi alle opportunità che possono emergere davanti ai suoi occhi, in modo più o meno fortuito.

According to ChatGPT4, AI-based systems can perform tasks that would require intelligence if performed by humans. These include image recognition, natural language understanding, decision-making, and solving complex problems. AI relies on techniques such as machine learning, where systems learn from data to improve their performance over time, and natural language processing (NLP), which enables more natural communication between machines and humans.¹

Recently, AI has emerged as a powerful tool for industrial design. AI-based models and tools can be used to automate tasks, generate new ideas, and enhance the efficiency and effectiveness of a design process. Most commercially available AI systems leverage three machine learning models: supervised, unsupervised, and reinforcement learning (Verganti, Vendraminelli and Iansiti, 2020). The first can analyse and label images, for example, differentiating between a dog and a cat. The second can identify 'natural' groupings and spontaneously associate different images, relating content through shared characteristics to create thematic sets. The third, starting from a single piece of data (such as an image of a cat) and a performance function, can explore the space around the starting point, using feedback from subsequent interactions to understand whether the performance has improved or worsened. This model closely resembles a traditional design process, where the starting point is known, but the endpoint is not.

Once properly trained, AI can autonomously handle repetitive and highly complex tasks (Tsang and Lee, 2022), allowing designers to optimise specific activities both in the project development phase, such as material selection (Merayo, Rodríguez-Prieto and Camacho, 2019) and resource and process optimisation (Liu, Tian and Kan, 2022), and in the executive design phase, through the automated creation of renderings or drawings. This al-

lows the designer to focus on the more complex aspects of the work and more creative and strategic activities crucial for the project's success, such as concept development and sensemaking (Madsbjerg, 2019). It is precisely in these crucial phases that the role of AI is still being defined. Using generative models (Generative Artificial Intelligence – GAI), AI can provide designers with 'visual' design solutions based on a human-generated prompt.²

The figure of a 'virtual design assistant', proposed by Sang-Gook Kim (et alii, 2019) and his research group at the Massachusetts Institute of Technology, is beginning to take shape. This assistant would be capable of helping designers during the early stages of the design process, representing a hybrid intelligence solution (Kamar, 2016) aimed at surpassing routine design and generating ideas, where human intelligence collaborates with artificial intelligence.

However, some limitations and challenges remain associated with generative AI in this specific industrial design phase. It can be difficult to control the characteristics and quality of the results, or more specifically, the adherence to the project's requirements and constraints and, therefore, to the designer's idea and expectations. At the same time, the technological revolution introduced by AI necessitates a reassessment of traditional approaches and an update to design practices, enabling designers to maintain their effectiveness in creating pleasant, useful, and positive user experiences (Casiddu et alii, 2022).

The experiments conducted so far show that using neural systems in design practice and education can increase efficiency and achieve original and innovative results. However, most of these experiments have focused on design processes outside the specific field of product design (Jaruga-Rozdolska, 2022; Derevyanko and Zalevska, 2023; Yin, Zhang and Liu, 2023). This is because the form, function, and symbolic content of a product are constructed through a complex, multifactorial design process, which is difficult to standardise and directly transfer to AI.

Both the formulation of the design problem and the definition of the solution, which must consider

parameters that can be partially objectified (such as technical producibility, marketability, or environmental sustainability), cannot be separated from the designer's cultural and technical identity, of the company's economic and image objectives, and the explicit and implicit expectations of the end user. These factors strongly influence the design process and cannot be easily sourced from databases or case studies for AI to determine the best design solution for a specific case. Instead, the operational foundations of GAI models allow for the generation of images based on predictable patterns, which are easily identifiable through digital archives and cultural models found online (Ko et alii, 2023).

Thus, there is a need to understand how GAI tools can be integrated into the ideation process of new industrial products and to identify possible ways to overcome their limitations. What designers are required to do in the context of AI is not to produce direct solutions (generated by the AI engine) but to structure 'problem-solving cycles' (Verganti, Vendraminelli and Iansiti, 2020).

In this context, the paper presents and discusses the potential and limitations of an experimental model, developed and tested within the School of Architecture and Design at the University of Camerino, called Verbal Design Modelling (VDM). This model guides designers in managing and integrating the complexity of AI in generating new industrial product concepts.

Designed to streamline and connect different design innovation processes (Cautela and Rampino, 2019), the model outlines a co-evolutionary process in which the designer, on the one hand, learns how to inform the AI through text prompts, and on the other, progressively informs the neural model about their design intentions and preferences, which are saved by the platform through cookies. The tool used is Midjourney³, which employs an AI model called Generative Pre-trained Transformer (GPT), a neural network trained on a massive dataset of images and text. It can generate realistic and creative images by learning the relationships between images and text. This way, advanced AI tools can support the designer in the crucial phase of ideating a new product. This is possible through creating an



Fig. 3 | VDM: 1st phase, verbal modelling of a real object, electric scooter example (credit: the Authors, 2024).

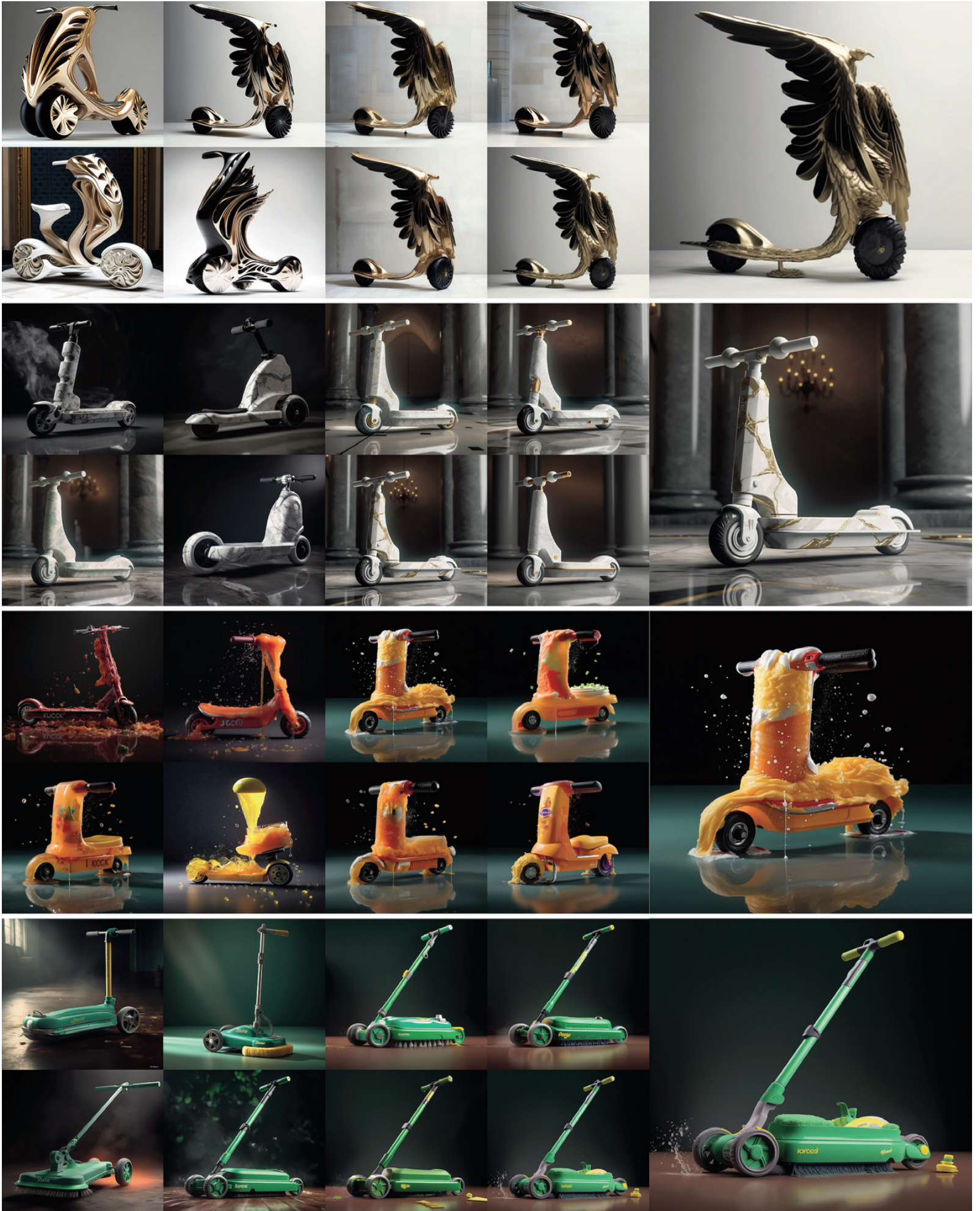


Fig. 4 | VDM: 2nd phase, verbal experimentation, electric scooter example (credit: the Authors, 2024).

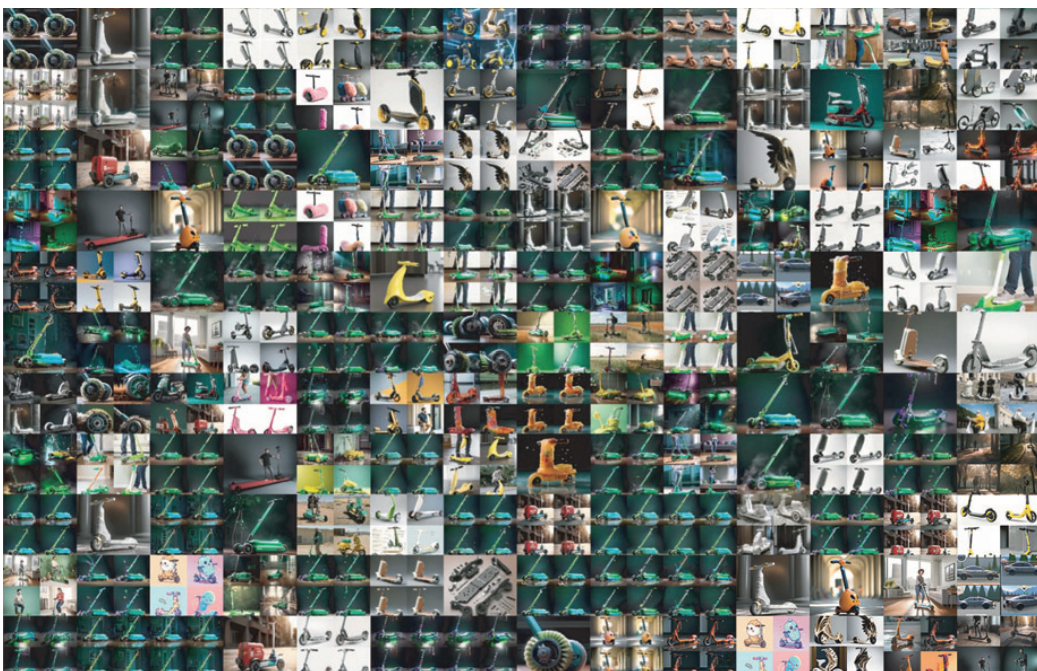


Fig. 5 | VDM: 3rd phase, verbal definition of the concept, electric scooter example (credit: the Authors, 2024).

Fig. 6 | VDM: 4th phase, co-creation of a product, electric scooter example (credit: the Authors, 2024).

Fig. 7 | VDM: an overview of the iteration process (credit: the Authors, 2024).

interaction model, the subject of the following experiment, and the subsequent training of a virtual assistant based on a pre-trained model capable of analysing, processing, synthesising, and evolving data provided by the human interface.

Verbal Design Modeling: Methodology and Phases | The methodology for integrating the GPT model into the design process is divided into four cascading phases: 1) verbal construction of a real object; 2) verbal experimentation; 3) concept definition; 4) co-creation of a product (Fig. 1). Each phase is further broken down into a four-step workflow: a) generating a text prompt; b) the platform generating four images; c) modifying the string to remove, update, or integrate the results obtained; d) generating a new set of four images; e) upscaling⁴ the selected image to high resolution.

In the first phase, focused on the verbal transposition of a real object, the GPT model's workflow is used to define the scope of action and guide the algorithm's exploration. A prompt is constructed that describes a real object of particular interest to the design process. The description should aim to faithfully reproduce the selected product, regardless of whether the correspondence between the words and the generated images is consistent. The goal is to relate the physical object, its verbal description, and the AI-generated image. This activity allows for evaluating AI's interpretive abilities concerning the specific theme and identifying any inconsistencies between the real product and its digital representation generated from the verbal description.

In the second phase, the selected product undergoes experimentation to develop variations in form, material, function, and meaning, exploring potential evolutionary scenarios. The purpose is to assess AI's limits and capabilities in combining different, even contrasting, characteristics with the nature of the product, exploiting its interpretive and creative abilities. This phase is particularly useful for testing parameters and keywords to improve prompt formulation and determine its ability to vary results. The process is carried out over a minimum of five cycles, each consisting of five initial prompts, five sets of generated images, five prompt variations, an additional five sets of images, and finally, the upscaling of one of the results.

The third phase focuses on concept development based on the interactions from previous sessions. The idea is first described in detail through a string that integrates the design characteristics and anticipates their relationships, producing a first set of images. From the obtained result, a process of refinement and progressive simplification of the prompt and corresponding image sets begins, repeated at least five times. Finally, the upscaling is performed to solidify the result. The goal is to optimise the prompt through successive variations, aiming to generate an innovative concept that aligns as closely as possible with the designer's initial idea.

In the fourth and final step, the concept is further refined: starting from the result of the previous phase, additional detailed images are generated, and the idea is fine-tuned. This final step adopts an iterative approach, generating new sets of images and varying the prompts accordingly.

Throughout the four phases of the method, the AI algorithm performs two distinct functions: the first, obvious and well-known, is interpreting the provided information to generate the desired image; the sec-

ond, hidden function, trains the platform by storing the prompts and preferences expressed regarding the image sets.

This process provides a solid foundation for the co-evolution of the designer's vision and the incremental learning of the AI. The approach is based on a bidirectional learning mechanism: on the one hand, the designer improves their ability to structure the text strings used in the prompts efficiently; on the other, the AI acquires, processes, and implements the proposed design characteristics, directing image generation towards results that increasingly meet specific requests. This is made possible by recent updates to the Midjourney platform, whose advanced features, such as partial image regeneration, prompt term weighting, and dynamic updating of user preferences, can also be replicated on other image generation and manipulation platforms. The incremental approach also enables a deeper understanding of the dynamics that govern the communication of ideas through the combined use of verbal and visual descriptions.

The image generation algorithm operates with dynamic improvement, automatically alternating between exploration and exploitation phases (Verganti, Vendraminelli and Iansiti, 2020). This approach allows the AI to learn the designer's preferences progressively, optimising interactions to achieve the desired result. It is worth noting that the balance between exploration and exploitation in reinforcement learning has significant parallels with the human design process, particularly with the iterative principle discussed earlier. Like traditional design approaches, an extensive initial exploration phase can lead to more innovative and interesting choices; however, it must be carefully balanced to ensure that the exploitation phase concludes with a practically usable solution.

Method example | The proposed experimental process can be further clarified through the presentation of a specific case study, an electric scooter, demonstrating the replicability of the method with two other concepts.

After defining the main characteristics of the scooter, the following prompt was developed: «electric scooter consisting of a black metal frame with yellow wheel rims, a handlebar with the rear brake lever on the right handlebar and a braking element through the foot above the rear wheel». The results showed a significant discrepancy with expectations, as the generated images did not match the provided description. A joint analysis of the prompt and images revealed that increasing the amount of information increased the likelihood of AI errors, primarily due to the tool's 'digital culture', which in some cases is prone to distortions. For example, the simple use of the word 'platform' led the tool to deviate significantly due to associations with the world of video games (Fig. 2).

By reducing the complexity of the description and, most importantly, identifying the references the AI associated with certain keywords, a significant improvement was achieved with the prompt «kick scooter, yellow details on the wheels» (Fig. 3). The use of the keyword 'kick scooter' instead of 'electric scooter' was the term that most increased the correspondence.

Once the first phase goal was achieved, variations on the product were introduced in the second phase (Fig. 4). For the first variation, the sculptural

style of Dutch designer Iris van Herpen was referenced: «iris van herpen kick scooter —v5», which generated a highly detailed result due to the wide availability of photographic material online. The second explored the use of marble through the prompt «advertising photo of a kick scooter sculpted from marble, realistic, f2.8, professional photography —v5». The third imagined a gelatinous structure for the vehicle: «advertising photo of kick scooter made of jelly, realistic, f2.8, professional photography —v5». The fourth and final variation, focused on functionality, imagined an integrated cleaning system for the scooter, using the prompt «advertising photo of a Swiffer kick scooter, realistic, f2.8, professional photography —v5».

It is worth highlighting that associating a well-known cleaning product brand made it possible to create an object that combines some of the functional, material, and colour characteristics of the brand with those of the scooter. The accuracy of the result was facilitated by the wide availability of images of the household cleaning product online.

Experimentation has allowed for the identification of the starting point for concept generation, imagining the development of a scooter designed for cleaning large indoor spaces (Fig. 5). Through successive iterations of the descriptions, additional features were introduced, such as brushes, microfiber cloths, a detergent dispenser, a fragrance diffuser, and a dust detection laser, synthesised in the prompt: «advertising photo of a Swiffer kick scooter, underflow neon lights:3, has laser lights on the sides, set in a living room:2, rideable cleaning aid, damp mop, realistic, f2.8, professional photography —v5». These details progressively enriched the product, defining its functional and formal identity (Fig. 6). The process led to increasingly consistent results thanks to the chronological memory acquired through the iterations (Fig. 7), enabling the prompt to be reduced to its essentials.

The experimentation was also applied to two other product types: a helmet and a tripod. In the first, various variants were explored, including the use of wooden materials and the integration of a photovoltaic panel on the top. Another particularly interesting variant involved the concept of a helmet equipped with inflatable elements (Fig. 8, 9). Regarding the tripod, the experimentation highlighted two significant aspects: integrating a robotic system for automated camera management and adding a new feature, using the tripod as an observation tent (Fig. 10, 11).

Even in these cases, only after the training phase did synthetic and focused prompts, such as «MTB helmet made of pine, professional photo —v5 prove effective in generating the desired output. Similarly, prompts with references to a well-known and widely available brand, such as «photographic tripod with extendible and curved legs, able to become a Quechua camouflage camping tent», enabled the AI to produce a series of images visualizing a concretely usable product, successfully combining the required morphological features.

Conclusions, limitations, and developments | Systematized within a replicable methodology like the one proposed, generative AI and its derived tools can accelerate the visualisation of design concepts, enabling rapid creativity and exploration of potential solutions. However, this methodology cannot directly address the design problem but requires a



Fig. 8, 9 | VDM: 2nd and 3rd phase, helmet example (credits: the Authors, 2024).



Fig. 10, 11 | VDM: 2nd and 3rd phase, tripod example (credits: the Authors, 2024).

preliminary alignment phase to define the scope of the design field and prepare the tool for experimentation in specific conceptual directions.

By simplifying the conceptual phase of the design process, AI allows for greater attention to be given to the product's sensemaking and for adopting a holistic and systemic view of the project (Ger-

mak, 2019; Bisson et alii, 2022), ultimately fostering the development of innovative and disruptive solutions capable of generating new relationships between objects and subjects. Thanks to the 'verbal interface', GAI models present themselves as a promising support tool for systemic design approaches characterised by 'open innovation' (Bar-

bero and Ferulli, 2023; Zannoni et alii, 2024), which require the translation of design thinking, often developed non-linearly and with informal methods of transfer and sharing.

The experimentation shows that the introduction of generative AI tools, exemplified by platforms like Midjourney, can promote creativity and facilitate

complex and iterative processes in hard and soft design. These tools involve expert groups and users in co-design dynamics, expanding the role of the designer to that of a facilitator and visualiser of scenarios (Fagnoni and Olivastrì, 2019). At the same time, it is clear that the developed model, although generalisable, suffers from the limitation of being tested on a single platform. Therefore, future studies could focus on validating it by applying different text-to-image AI tools.

The emergence and rapid development of text-to-3D generative tools finally opens up the possibility of having tools capable of creating highly detailed 3D models, spatially representing new prod-

uct concepts. This means enabling true 'verbal modelling' of the object from the earliest stages of its ideation process and then having an advanced reference model for project development.

The scenario envisioned by this paper is one in which the designer can rely on a set of tools capable of supporting them in the crucial phase of concept creation for a new product. The designer could potentially have a 'virtual assistant' able to co-generate product ideas by expanding and completing the design intuition, something that remains a human prerogative, along with the irreplaceable and invaluable 'sensitivity' to glimpse, in more or less realistic images, design paths characterised by in-

novation potential. It is the designer who must guide the tool with their choices, rather than the other way around, going beyond the mere objective data (the image) and opening up to the opportunities that may emerge before their eyes, whether by chance or not.

Notes

1) The text generated through the web page: chatgpt.com [Accessed 30 September 2024] is as follows: «AI, or Artificial Intelligence, refers to the simulation of human intelligence processes by machines, especially computer systems. It involves creating algorithms and systems to perform tasks that require human intelligence. These tasks include problem-solving, learning, understanding natural language, recognising patterns, and making decisions».

2) In computer science, a 'prompt' is a visual cue, consisting of textual or graphical elements, sometimes mixed, that appears on the computer screen to inform the user that the system is awaiting a command. In the context of generative AI, the prompt takes on a reversed meaning, referring to a string of natural language text created by the user, which instructs the model to perform a specific task. Visual elements that provide context or further clarify the request can also be associated with the textual string.

3) For more information, see the website: midjourney.com [Accessed 30 September 2024].

4) In the context of the Midjourney platform, upscaling is the process of increasing the resolution and quality of a generated image.

References

Barbero, S. and Ferrulli, E. (2023), "Transizione ecologica e digitale – Il Design Sistemico nei processi di innovazione aperta delle PMI | Ecological and digital transition – Systemic Design in SMEs open innovation processes", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 269-280. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13232023 [Accessed 30 September 2024].

Bisson, M., Palmieri, S., Ianniello, A. and Botta, L. (2022), "Transition product design – Una proposta di framework per un approccio olistico alla progettazione sistemica | Transition product design – A framework proposal for a holistic approach to systemic design", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 12, pp. 202-211. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/12182022 [Accessed 30 September 2024].

Casiddu, N., Burlando, F., Nevoso, I., Porfirione, C. and Vacanti, A. (2022), "Beyond personas – Il Machine Learning per personalizzare il progetto | Beyond personas – Machine Learning to personalise the project", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 12, pp. 226-233. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/12202022 [Accessed 30 September 2024].

Cautela, C. and Rampino, L. (2019), "Le Tipologie d'Innovazione nel Design – Analisi Critica di una Relazione Complessa | Design Innovation Typologies – A critical Analysis of a Complex Relationship", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 5, pp. 127-136. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/5142019 [Accessed 30 September 2024].

Derevyanko, N. V. and Zalevska, O. (2023), "Comparative analysis of neural networks Midjourney, Stable Diffusion, and DALL-E and ways of their implementation in the educational process of students of design specialities", in *Scientific Bulletin of Mukachevo State University | Series Pedagogy and Psychology*, vol. 9, issue 3, pp. 36-44. [Online] Available at: doi.org/10.52534/msu-pp3.2023.36 [Accessed 30 September 2024].

Fagnoni, R. and Olivastrì, C. (2019), "Hardesign vs Softdesign | Hardesign vs Softdesign", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 5, pp. 145-152. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/5162019 [Accessed 30 September 2024].

Germak, C. (2019), "Design resiliente – Un quadro sinottico | Resilient Design – A synoptic framework", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 6, pp. 26-35. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/632019 [Accessed 30 September 2024].

Jaruga-Rozdolska, A. (2022), "Artificial intelligence as part of future practices in the architect's work – MidJourney generative tool as part of a process of creating an architectural form", in *Architectus*, vol. 3, issue 71, pp. 95-104. [Online] Available at: dx.doi.org/10.37190/arc220310 [Accessed 30 September 2024].

Kamar, E. (2016), "Directions in Hybrid Intelligence – Complementing AI Systems with Human Intelligence", in Kambhampati, S. (ed.), *IJCAI '16 – Proceedings of the Twenty-Fifth International Joint Conference on Artificial Intelligence, New York, USA, July 9-15, 2016*, AAAI Press, Washington, pp. 4070-4073. [Online] Available at: ijcai.org/Proceedings/16/Papers/603.pdf [Accessed 30 September 2024].

Kim, S.-G., Yoon, S. M., Yang, M., Choi, J., Akay, H. and Burnell, E. (2019), "AI for design – Virtual design assistant", in *CIRP Annals*, vol. 68, issue 1, pp. 141-144. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.cirp.2019.03.024 [Accessed 30 September 2024].

Ko, H.-K., Park, G., Jeon, H., Jo, J., Kim, J. and Seo, J. (2023), "Large-scale Text-to-Image Generation Models for Visual Artists' Creative Works", in Chen, F., Billinghurst, M., Zhou, M. and Berkovsky, S. (eds), *IUI '23 – Proceedings of the 28th International Conference on Intelligent User Interfaces – Sydney, Australia, March 27-31, 2023*, Association for Computing Machinery, New York, pp. 919-933. [Online] Available at: doi.org/10.1145/3581641.3584078 [Accessed 30 September 2024].

Liu, C., Tian, W. and Kan C. (2022), "When AI meets additive manufacturing – Challenges and emerging opportunities for human-centered products development", in *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 64, pp. 648-656. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.04.010 [Accessed 30 September 2024].

Madsbjerg, C. (2019), *Sensemaking – What Makes Human Intelligence Essential in the Age of the Algorithm*, Little-Brown Book Group, Boston.

Merayo, D., Rodríguez-Prieto, A. and Camacho, A. M. (2019), "Comparative analysis of artificial intelligence tech-

niques for material selection applied to manufacturing in Industry 4.0", in *Procedia Manufacturing*, vol. 41, pp. 42-49. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.promfg.2019.07.027 [Accessed 30 September 2024].

Tsang, Y. P., and Lee, C. K. M. (2022), "Artificial intelligence in industrial design – A semi-automated literature survey", in *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 112, article 104884, pp. 1-21. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.engappai.2022.104884 [Accessed 30 September 2024].

Verganti, R., Vendraminelli, L. and Iansiti, M. (2020), "Innovation and design in the age of artificial intelligence", in *Journal of Product Innovation Management*, vol. 37, issue 3, pp. 212-227. [Online] Available at: doi.org/10.1111/jpim.12523 [Accessed 30 September 2024].

Yin, H., Zhang, Z. and Liu, Y. (2023), "The Exploration of Integrating the Midjourney Artificial Intelligence Generated Content Tool into Design Systems to Direct Designers towards Future-Oriented Innovation", in *Systems*, vol. 11, issue 12, article 566, p. 1-14. [Online] Available at: doi.org/10.3390/systems11120566 [Accessed 30 September 2024].

Zannoni, M., Succini, L., Rosato, L. and Pasini, V. (2024), "Transitional industrial designer – La responsabilità di progettisti e imprese per una transizione sostenibile | Transitional industrial designer – The responsibility of designers and companies for a sustainable transition", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 332-343. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/15282024 [Accessed 30 September 2024].

