



UNIVERSITÀ
DI TRENTO

www.xydigitale.it

Year XI, January - June 2026
Anno XI, Gennaio - Giugno 2026

*Critical review of studies
on the representation
of architecture
and use of the image
in science and art*

*Rassegna critica di studi
sulla rappresentazione
dell'architettura
e sull'uso dell'immagine
nella scienza e nell'arte*

17

**ARTIFICIAL
EXAPTATION**

**EXATTAMENTO
ARTIFICIALE**

Cover. *Exaptation as a logic of resignification*, image synthetically generated by

Le Chat (Mistral AI), 2026. © Fabrizio Gay.

Charles Darwin in a natural history museum of artefacts, surrounded by genealogies of technical artefacts in evolutionary order, under Steampunk chandeliers; the image offers a visual interpretation of the concept of artificial exaptation, where objects and tools are reused and given new meaning in new functional contexts.

In copertina. *L'exattamento come logica di risignificazione*, immagine generata sinteticamente da

Le Chat (Mistral AI), 2026. © Fabrizio Gay.

Charles Darwin in un museo di storia naturale degli artefatti, circondato da genealogie di artefatti tecnici in ordine evolutivo, sotto lampadari Steampunk; l'immagine offre un'interpretazione visiva del concetto di exattamento artificiale, dove oggetti e strumenti vengono riutilizzati e risignificati in nuovi contesti funzionali.

XY: rassegna critica di studi sulla rappresentazione dell'architettura e sull'uso dell'immagine nella scienza e nell'arte = *Critical review of studies on the representation of architecture and use of the image in science and art* – A. 11, n. 17 (gen.-giu. 2026) = Y. 11, no. 17 (Jan.-Jun. 2026)

Trento: Università degli Studi di Trento; 2016 - . - v. : ill.; 30 cm. – Semestrale

ISSN (online): 2499-8346

ISBN (online): 978-88-5541-176-9

DOI: <http://dx.doi.org/10.15168/xy.v11i17>

Università degli Studi di Trento

via Calepina, 14 - 38122 Trento

tel. +39 0461 283016 - 281722

casaeditrice@unitn.it

© 2026 the Authors / le Autrici e gli Autori



Except where otherwise noted, contents on this journal are licensed with a
Creative Commons Attribution – Share Alike 4.0 International License

Eccetto ove diversamente specificato, i contenuti della rivista sono rilasciati con
Licenza Creative Commons Attribuzione – Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale

Cover. Exaptation as a logic of resignification, image synthetically generated by Le Chat (Mistral AI), 2026. © Fabrizio Gay.

Charles Darwin in a natural history museum of artefacts, surrounded by genealogies of technical artefacts in evolutionary order, under Steampunk chandeliers; the image offers a visual interpretation of the concept of artificial exaptation, where objects and tools are reused and given new meaning in new functional contexts.

In copertina. L'exattamento come logica di risignificazione, immagine generata sinteticamente da Le Chat (Mistral AI), 2026. © Fabrizio Gay.

Charles Darwin in un museo di storia naturale degli artefatti, circondato da genealogie di artefatti tecnici in ordine evolutivo, sotto lampadari Steampunk; l'immagine offre un'interpretazione visiva del concetto di exattamento artificiale, dove oggetti e strumenti vengono riutilizzati e risignificati in nuovi contesti funzionali.

XY: rassegna critica di studi sulla rappresentazione dell'architettura e sull'uso dell'immagine nella scienza e nell'arte = Critical review of studies on the representation of architecture and use of the image in science and art – A. 11, n. 17 (gen.-giu. 2026) = Y. 11, no. 17 (Jan.-Jun. 2026)

Trento: Università degli Studi di Trento; 2016 - . - v. : ill.; 30 cm. – Semestrale

ISSN (online): 2499-8346

ISBN (online): 978-88-5541-176-9

DOI: <http://dx.doi.org/10.15168/xy.v11i17>

Università degli Studi di Trento
via Calepina, 14 - 38122 Trento
tel. +39 0461 283016 - 281722
casaeditrice@unitn.it

CC

BY

SA

Except where otherwise noted, contents on this journal are licensed with a Creative Commons Attribution – Share Alike 4.0 International License

Eccetto ove diversamente specificato, i contenuti della rivista sono rilasciati con Licenza Creative Commons Attribuzione – Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale

Contents / Indice

4	Edoardo Dotto Francesco Maggio	Editorial. An Other Intelligence Editoriale. Un'altra intelligenza
8	Fabrizio Gay	Techno-Aesthetic Exaptation: A Letter on Drawing from 2051 Exaptation tecno-estetica: una lettera sul disegno dal 2051
40	Irene Cazzaro	Exaptation as a Criterion for Modelling Complex Ecosystems. The Case of the Venice Lagoon / Exaptation come criterio per la modellazione di ecosistemi complessi. Il caso della laguna di Venezia
60	Michela Rossi Sara Conte Cecilia Santacroce Giorgio Buratti	Italo Calvino's Algorithms in Representing the DNA of Urban Complexity Gli algoritmi di Italo Calvino e la rappresentazione del DNA della complessità urbana
78	Cesare Battelli	From Traces to the Mythopoietic Co-Optation of AI Dalle tracce alla co-optazione mitopoietica dell'IA
98	Angela Cicala	Text-to-Form: Artificial Exaptation in Algorithmic Design Text-to-form: exaptation artificiale nella progettazione algoritmica
116	Paola Raffa	Ordered Fragments. From Forms to Form: A Conversation with Demetrio Di Grado / Frammenti ordinati. Dalle forme alla forma: colloquio con Demetrio Di Grado
130	Roberto de Rubertis	Notes on a Similarity Note su una somiglianza

3

This paper investigates the text-to-form process as a form of artificial exaptation applied to computational design. The research approaches natural language not merely as a descriptive medium, but as an operational device capable of activating generative processes by establishing relationships among words, perceptual qualities, geometric parameters, and configurations that can be manufactured through additive manufacturing. Starting from the same generative framework, the paper compares two approaches to translating text into form. The first is based on a semantic-parametric dictionary, in which keywords and numerical ranges make the language-parameter-form chain explicit and verifiable. The second integrates a language model into the algorithm, expanding the interpretative space while introducing new challenges related to transparency, replicability, and the validation of the generated geometries. The comparison between the two systems does not seek to establish the technical superiority of either approach, but rather to clarify two distinct modes of intersemiotic mediation: one more controlled and traceable, the other more open and inferential. Within this tension, additive manufacturing becomes a criterion for verifying the translation, making it possible to distinguish between a form that is merely semantically coherent and a configuration that is effectively manufacturable. The proposed innovation therefore lies not in the automation of form, but in the repurposing of language, parameters, and computational models within new design relationships.

Keywords: additive manufacturing, computational morphogenesis, intersemiotic translation.

1. Introduction

Within the framework of exaptation, innovation does not coincide with creating a structure anew, but with its repurposing within a new regime of use. Although the concept of exaptation originated in biology (Gould, Vrba 1982), its transfer to the domain of design makes it possible to interpret many contemporary processes as forms of co-option and recombination. From this perspective, contemporary design aided by algorithms and language models provides a particularly significant field of investigation: natural language, originally developed to describe, argue, and communicate, is now co-opted as an operational device capable of activating generative procedures, transformation rules, and manufacturable geometric configurations. What is at stake is not merely technical. If a semiotic structure is transferred from a communicative domain to a design domain, the issue no longer concerns formal generation alone, but also the redefinition of the criteria through which control, intention, and validation are understood in computational design. Building on this premise, the paper develops a text-to-form system for customisation

in additive manufacturing, investigating how natural language can be translated into geometric parameters without compromising traceability, formal coherence, and manufacturability. The research compares two operational approaches developed within the same generative framework. The first, referred to as System I, is based on a semantic-parametric dictionary that associates keywords with controlled numerical ranges. The second, referred to as System II, integrates a language model into the algorithm, delegating to the model the interpretation of the text and the generation of geometric and parametric configurations without a numerical mapping defined *a priori*. The comparison between these two devices is not framed as an opposition between a ‘creative’ system and an ‘imitative’ one, but as a comparison between two regimes of mediation. In the first, the language-parameter-form chain remains explicit and verifiable; in the second, it tends to become internalised within the model, expanding the solution space while making the translation process less transparent. The value of this comparison therefore lies in the opportunity to observe how control, linguistic

Il contributo indaga il processo *text-to-form* come forma di *exaptation* artificiale applicata al design computazionale. La ricerca assume il linguaggio naturale non come semplice mezzo descrittivo, ma come dispositivo operativo capace di attivare processi generativi, mettendo in relazione parole, qualità percettive, parametri geometrici e configurazioni producibili in *additive manufacturing*. A partire da un medesimo impianto generativo, il saggio confronta due modalità di traduzione dal testo alla forma. La prima si fonda su un dizionario semantico-parametrico, in cui parole chiave e intervalli numerici rendono esplicita e verificabile la catena linguaggio-parametro-forma. La seconda integra un modello linguistico nell’algoritmo, ampliando lo spazio interpretativo ma introducendo nuove criticità legate alla trasparenza, alla replicabilità e alla validazione delle geometrie generate. Il confronto tra i due sistemi non mira a stabilire una superiorità tecnica, ma a chiarire due diversi regimi di mediazione intersemiotica: uno più controllato e tracciabile, l’altro più aperto e inferenziale. In questa tensione, la fabbricazione additiva diventa criterio di verifica della traduzione, permettendo di distinguere una forma soltanto semanticamente coerente da una configurazione effettivamente producibile. L’innovazione proposta non risiede quindi nell’automazione della forma, ma nella rifunzionalizzazione di linguaggio, parametri e modelli computazionali entro nuove relazioni progettuali.

Parole chiave: *additive manufacturing*, morfogenesi computazionale, traduzione intersemiotica.

1. Introduzione

L’innovazione, nel quadro dell’*exaptation*, non coincide con la creazione *ex novo* di una struttura, ma con la sua rifunzionalizzazione entro un nuovo regime d’uso. Sebbene il concetto di *exaptation* nasca in ambito biologico (Gould, Vrba 1982), il suo trasferimento nel dominio del progetto consente la lettura di molti processi contemporanei come forme di cooptazione e ricombinazione. In questa prospettiva, il progetto contemporaneo assistito da algoritmi e modelli linguistici offre un campo di osservazione particolarmente significativo: il linguaggio naturale, nato per descrivere, argomentare e comunicare, viene oggi cooptato come dispositivo operativo capace di attivare procedure generative, regole di trasformazione e configurazioni geometriche producibili. La posta in gioco non è soltanto tecnica, se una struttura semiotica viene trasferita da un dominio comunicativo a un dominio progettuale, allora il problema non riguarda più soltanto la generazione formale, ma la ridefinizione dei criteri con cui interpretiamo controllo, intenzione e validazione nel design computazionale. A partire da questa premessa, il contributo

costruisce un sistema di *text-to-form* per la customizzazione in *additive manufacturing*, interrogandosi su come il linguaggio naturale possa essere tradotto in parametri geometrici senza perdere tracciabilità, coerenza formale e producibilità. La ricerca mette a confronto due modalità operative sviluppate sul medesimo impianto generativo. La prima, definita Sistema I, si fonda su un dizionario semantico-parametrico che associa parole chiave a intervalli numerici controllati; la seconda, definita Sistema II, integra un modello linguistico nell’algoritmo, delegando al modello l’interpretazione del testo e la restituzione di configurazioni geometriche e parametriche senza una mappatura numerica dichiarata a priori. Il confronto tra questi due dispositivi non viene assunto come opposizione tra un sistema “creativo” e uno “imitativo”, ma come confronto tra due regimi di mediazione: nel primo caso la catena linguaggio-parametro-forma resta esplicita e verificabile; nel secondo, tende a interiorizzarsi nel modello, ampliando lo spazio delle soluzioni, ma rendendo meno trasparente il processo traduttivo. Il valore del confronto risiede dunque nella possibilità di osservare come

ambiguity, and manufacturing validation are redistributed across the two systems. The concept of intersemiotic translation is useful in describing this transition. The issue does not simply concern the ‘use of words’ within software, but rather the conversion of verbal signs into a non-verbal system composed of parameters, geometric operators, physical simulations, and material outputs. In digital contexts, the translation of text into code and computational instructions constitutes a specific manifestation of this broader translational dynamic. Consequently, language in algorithmic design is not limited to naming a pre-existing formal quality: it can become the trigger for a procedure, the gateway to a set of constraints, or the command that directs a morphogenetic process. To speak of text-to-form, therefore, is to speak of a technically situated form of intersemiotic translation, in which perceptual and aesthetic categories are converted into editable and, in some cases, printable geometric structures.

2. Theoretical Framework

The research is situated within the field of intersemiotic translation applied to computational design and considers the text-to-form process as a specific instance of transformation among natural language, geometric parameters, and materialisable form. Its theoretical framework is structured around two axes: a translation-semiotic axis and a perceptual-operational one. These converge on the same research question: how can linguistic inputs be translated into manufacturable geometries, and what changes when an explicit mapping is used instead of interpretation by a language model? The first theoretical axis draws on the concept of *exaptation*, which makes it possible to interpret the repurposing of natural language and geometric parameters within a domain different from their original one, and on intersemiotic translation, which describes the transition from verbal signs to formal configurations. The second axis concerns the transformation of perceptual, aesthetic, and emotional qualities into structured data and design variables, culminating in their validation through computational and additive manufacturing processes.

The text-to-form process falls within what Jakobson, in *On Linguistic Aspects of Translation*, defines as ‘transmutation’: the interpretation of verbal signs by means of signs belonging to non-verbal systems (Jakobson 1959). In the specific context of this research, this involves a transition from one semiotic system to another, a design transmutation in which text is translated into geometric configurations. These configurations do not constitute an exact equivalent of the text, but rather one possible interpretation mediated by the system that produces it. It is therefore necessary to consider the degree to which equivalence is lost through the translation system when text becomes the operational input. What becomes relevant is not only the output, that is, which form is produced, but also the translation of the input and, consequently, the process understood as an act comprising a chain of steps through which translation is performed: loss of equivalence, language encoding, and parametric form generation. This process-based approach falls within what Holmes defines as process-oriented studies (Holmes 1988: 67-80), which ask not only what is produced, but also how the transformation occurs. In this research, the transformation involves the transition among the verbal, computational-geometric, and material domains through the definition of an algorithm capable of interpreting and reorganising a set of information. A second theoretical axis, concerning the established tradition of research into the relationships among words and images, user perceptions, and formal attributes, intersects with this initial translational framework. On the one hand, the semantic differential, developed by Osgood, Suci, and Tannenbaum, provides a method for measuring connotative meaning through bipolar scales, thereby making it possible to compare impressions, judgements, and attitudes associated with objects or concepts (Osgood, Suci, Tannenbaum 1957). In the field of design, this approach has enabled perceptual words to be correlated with formal characteristics. On the other hand, Kansei Engineering further develops this direction by proposing a methodology for translating users’ emotions, impressions, and desires into concrete design elements. Nagamachi defines

controllo, ambiguità linguistica e validazione produttiva si redistribuiscono nei due sistemi. Per descrivere questo passaggio è utile il concetto di traduzione intersemiotica. Il problema non consiste infatti nel semplice “uso di parole” all’interno di un software, ma nella conversione di segni verbali in un sistema non verbale fatto di parametri, operatori geometrici, simulazioni fisiche e *output* materiali. Nei contesti digitali, la traduzione del testo in codice e istruzioni computazionali costituisce una forma specifica di questa più ampia dinamica traduttiva. Ne deriva che il linguaggio nel progetto algoritmico non si limita a nominare una qualità formale già data: esso può diventare l’innescio di una procedura, la soglia di accesso a un *set* di vincoli, oppure il comando che orienta un processo morfogenetico. Parlare di *text-to-form* significa allora parlare di una traduzione intersemiotica tecnicamente situata, nella quale categorie percettive ed estetiche vengono convertite in strutture geometriche editabili e, in alcuni casi, stampabili.

2. Quadro teorico

La ricerca si colloca nel campo della traduzione intersemiotica applicata al design computazionale e assume il processo *text-to-form* come caso specifico di trasformazione tra linguaggio naturale, parametri geometrici e forma materializzabile. Il quadro teorico a sostegno viene costruito su due assi, uno traduttivo-semiotico e l’altro percettivo-operativo, i quali convergono nella stessa domanda di ricerca: come *input* linguistici possono tradursi in geometrie producibili e cosa varia utilizzando una mappatura esplicita piuttosto che una interpretazione di un modello linguistico. Il primo asse teorico si rifà al concetto di *exaptation* che consente di interpretare il riuso del linguaggio naturale e dei parametri geometrici in un dominio diverso da quello originario e alla traduzione intersemiotica che permette di descrivere il passaggio dal segno verbale alla configurazione formale. Il secondo asse riguarda invece la trasformazione di qualità percettive, estetiche ed emozionali in dati organizzabili e in variabili progettuali, fino alla loro verifica entro processi computazionali e di *additive manufacturing*. Il processo *text-to-form* rientra in ciò che Ja-

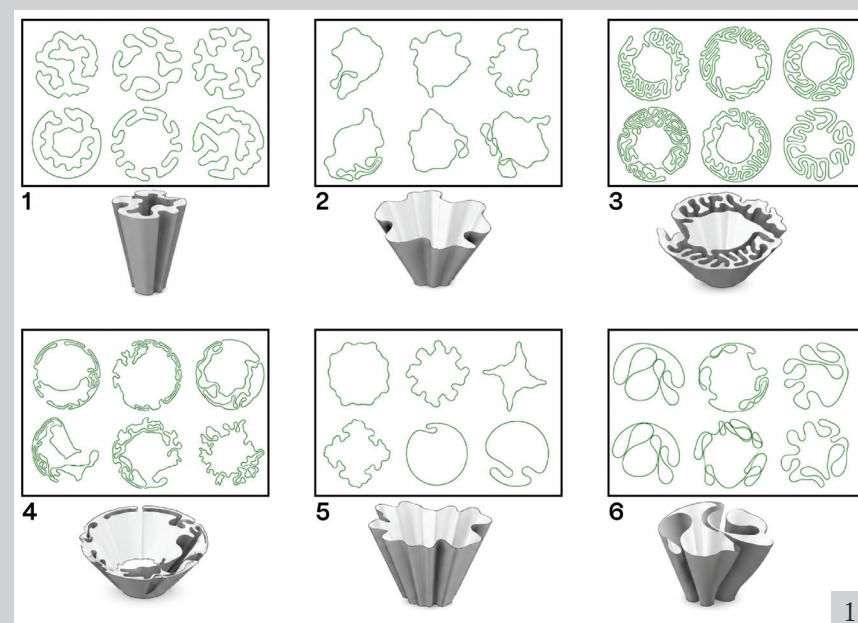
kobson, nel testo *On Linguistic Aspects of Translation*, definisce *transmutation*, ovvero l’interpretazione di segni verbali mediante segni appartenenti a sistemi non verbali (Jakobson 1959). Nel caso specifico della ricerca, si tratta di un passaggio da un sistema semiotico a un altro, una trasmutazione progettuale in cui il testo viene tradotto in configurazioni geometriche. Esse non costituiscono l’equivalente esatto del testo, ma una possibile interpretazione, mediata dal sistema che la produce, in cui occorre considerare la percentuale di perdita di equivalenza generata dal sistema traduttivo, nel momento in cui il testo è il dato operativo. Ciò che diventa rilevante non è soltanto l’output, quale forma viene prodotta, ma la traduzione dell’*input*, quindi, il processo come atto che comprende una catena di passaggi per attuare la traduzione, cioè perdita di equivalenza, codifica del linguaggio e generazione parametrica formale. Questa modalità processuale rientra nei *process-oriented* (Holmes 1988: 67-80), nei quali non ci si chiede solo cosa venga prodotto, bensì come avvenga la trasformazione. In questa ricerca, tale trasformazione riguarda il passaggio tra dominio verbale, dominio computazionale-geometrico e dominio materiale, attraverso la definizione di un algoritmo capace di interpretare e riorganizzare una serie di informazioni. Su questa prima linea traduttiva si innesta un secondo asse teorico riguardante una tradizione consolidata sulla relazione parole-immagine, percezioni degli utenti e attributi di forma. Da un lato, il *semantic differential*, sviluppato da Osgood, Suci e Tannenbaum, che propone un metodo per misurare il significato connotativo attraverso scale bipolari, rendendo comparabili impressioni, giudizi e atteggiamenti associati a oggetti o concetti (Osgood, Suci, Tannenbaum 1957); in ambito progettuale, questa impostazione ha permesso di correlare parole percettive e caratteristiche formali. D’altro lato, la *Kansei Engineering* che sviluppa ulteriormente questa direzione, proponendosi come metodologia per tradurre emozioni, impressioni e desideri degli utenti in elementi concreti di progetto. Nagamachi la definisce come una tecnologia orientata al consumatore, capace di convertire sentimenti e immagini

it as a consumer-oriented technology capable of converting feelings and mental images into design requirements (Nagamachi 1995). This approach is particularly close to the operational method adopted in the present research, as it assumes that perceptual and aesthetic qualities expressed through language can be collected and linked to formal variables. Furthermore, significant research into product form design has shown that qualitative data can be organised into databases, semantic spaces, and transformation rules capable of leading, through processes of querying and adjustment, from a verbal input to a geometric configuration (Hsiao, Chen 1997).

This historical genealogy is essential to understanding the methodological foundations of the research. The present study, however, relocates this tradition within the computational domain, with the aim of defining generative and simulation-based processes oriented towards the subsequent materialisation of form. This phase cannot be separated from formal generation, as it both conditions and is conditioned by it (Menges 2007). In the context of additive manufacturing, the generated form must address concrete conditions of manufacturability. A geometry may be semantically coherent but unprintable; formally compelling but structurally unstable; or responsive to a prompt yet unable to satisfy physical constraints. The experimentation seeks to determine the extent to which it is possible to construct a system capable of translating subjective aesthetic and perceptual inputs, such as words, impressions, memories, or visual preferences, together with numerical inputs, into defined and manufacturable geometries, thereby establishing a relationship among algorithmic design, intersemiotic translation, and additive manufacturing.

3. Methodology

Against this theoretical background, the research considers language as a device for activating the design process. To investigate how this translation can occur within an additive manufacturing context, a shared methodological and generative framework was established. Both systems, and therefore the two different



regimes of translation, were developed within this framework.

The methodological framework consists of three essential stages:

1. production and selection of geometric configurations capable of displaying recognisable variations;
2. collection and interpretation of evaluative data, from which keywords were extracted to construct a semantic dictionary;
3. translation of the linguistic material through the definition of two mediation systems.

The development of the initial configurations and the subsequent survey for data collection do not constitute the primary outcome of the research. Instead, they provide the infrastructure that makes the two systems comparable. The preliminary parametric exploration, during which an algorithm capable of producing geometries that vary in a controlled manner was developed, made it possible to define the behaviour of the generative model within a dynamic environment (Grasshopper), where mathematical parameters and, subsequently, aesthetic and perceptual elements could converge. The collection of user evaluations provided the semantic and perceptual material required to create an information repository forming the basis of the two intelligent systems. These stages are therefore described here in concise terms, focusing exclusively on

Figure 1
Six categories of algorithmically generated geometries, each composed of six variants in two-dimensional and three-dimensional views. The configurations were organised according to affinities in parametric behaviour, forming the visual basis of the questionnaire addressed to users.

Figura 1
Sei categorie di geometrie generate algorithmicamente, ciascuna composta da sei varianti in vista bidimensionale e tridimensionale. Le configurazioni sono state organizzate per affinità di comportamento parametrico, costituendo la base visiva del questionario rivolto agli utenti.

mentali in requisiti progettuali (Nagamachi 1995). Tale approccio è particolarmente vicino alla modalità operativa della presente ricerca, poiché assume che le qualità percettive ed estetiche espresse linguisticamente possano essere raccolte e collegate a variabili formali. La raccolta dei dati qualitativi, inoltre, secondo ricerche significative sul *product form design*, può essere organizzata in database, spazi semantici e regole di trasformazione capaci di condurre, attraverso processi di *query* e regolazione, da un *input* verbale a una configurazione geometrica (Hsiao, Chen 1997). Tale genealogia storica è essenziale per comprendere le radici metodologiche della ricerca, che tuttavia sposta tale tradizione in ambito computazionale, con l'obiettivo di definire processi generativi e simulativi orientati alla successiva materializzazione della forma, fase che non può essere separata dalla generazione formale, poiché la condiziona e ne viene a sua volta condizionata (Menges 2007). Nel caso dell'*additive manufacturing*, la forma generata deve confrontarsi con condizioni concrete di producibilità. Una geometria può essere semanticamente coerente, ma non stampabile; può essere formalmente interessante, ma strutturalmente instabile; può rispondere bene a un *prompt*, ma fallire rispetto a vincoli fisici. La sperimentazione intende verificare fino a che punto sia possibile costruire un sistema capace di tradurre *input* estetici e percettivi soggettivi quali, parole, impressioni, ricordi o preferenze visive, insieme ad *input* numerici, in geometrie definite e producibili, mettendo in relazione progettazione algoritmica, traduzione intersemiotica e *additive manufacturing*.

3. Metodologia

Su questo sfondo teorico, la ricerca assume il linguaggio come dispositivo di attivazione del progetto. Per verificare in che modo tale traslazione possa avvenire in un contesto di *additive manufacturing*, è stato predisposto un medesimo impianto metodologico-generativo sul quale sono stati sviluppati i due sistemi, nonché i due differenti regimi di traduzione. L'impianto metodologico si articola in tre passaggi essenziali:

1. produzione e selezione di configurazioni

geometriche capaci di mostrare variazioni riconoscibili;

2. raccolta ed interpretazione dei dati valutativi, da cui far emergere parole chiave per la costruzione di un dizionario semantico;

3. traduzione del materiale linguistico attraverso la definizione di due sistemi di mediazione. La messa a punto delle configurazioni iniziali e il successivo sondaggio per la raccolta dei dati non costituiscono qui il risultato principale della ricerca, ma l'infrastruttura che rende confrontabili i due sistemi. L'esplorazione parametrica preliminare, in cui è stato definito un algoritmo capace di produrre geometrie variabili in modo controllato, ha consentito di definire il comportamento del modello generativo in un ambiente dinamico (Grasshopper) in cui far convergere parametri matematici e successivamente elementi estetici-percettivi; la raccolta delle valutazioni utenti ha fornito il materiale semantico e percettivo per creare un archivio di informazioni, base dei due sistemi intelligenti. In questa sede tali passaggi vengono quindi descritti in forma sintetica, limitatamente agli elementi necessari per comprendere la genesi del dispositivo comparativo.

Per rendere l'archivio di informazioni più strutturato, a partire dall'algoritmo generativo sono state create sei categorie di geometrie, ciascuna composta da sei varianti. Le forme all'interno di ogni categoria sono state riunite per affinità di comportamento parametrico, così da esplorare le reazioni estetiche rispetto a configurazioni simili, ma non identiche (fig. 1). Ogni categoria è stata presentata nel sondaggio in doppia modalità: prima come immagine bidimensionale (2D), poi come modello tridimensionale (3D), per indagare eventuali differenze percettive legate alla rappresentazione grafica e alla profondità spaziale. Tutti i dati raccolti sono poi stati analizzati mediante analisi incrociate tra dati estetici-percettivi e dati matematici-geometrici, secondo *step* successivi:

- mappatura delle preferenze degli utenti, con l'obiettivo di isolare non solo le forme più apprezzate in assoluto, ma anche quelle in grado di evocare ricordi, emozioni, associazioni simboliche (fig. 2);
- analisi della relazione tra i parametri geometrici e il punteggio medio di gradimento estetico per ogni categoria, da cui è stato possibile confrontare valori numerici di *input* provenienti dall'algo-

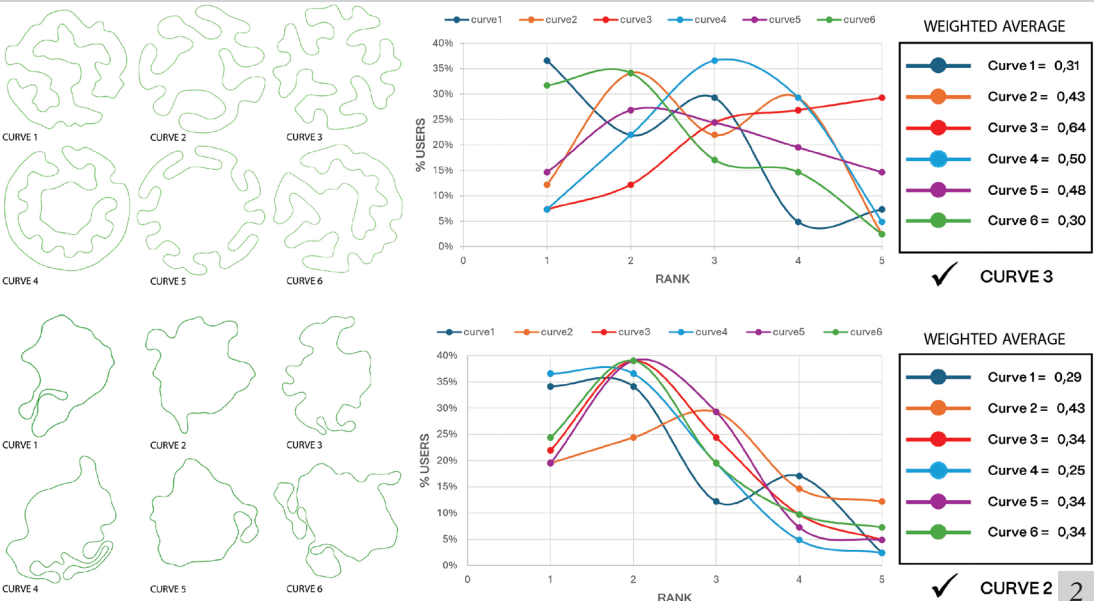


Figure 2
Example of analysis of the questionnaire results for the first two categories of curves. The graphs show the distribution of user preferences and the calculation of the weighted average, used to identify the most appreciated configurations.

Figure 3
Process of defining the optimised ranges through the comparison of aesthetic evaluation, geometric behaviour, functional values, and qualitative interpolation. The table summarises the transition from survey data to parameters usable in the generative algorithm.

1. Aesthetic graphics analysis							
2. Testing geometry functionality							
3. Evaluation of parameter interaction							
4. Qualitative interpolation							
Parameters	Aesthetic Max	Range	Max Value	Min Value	Range	Functional Values	Range
Radius First Circle	60	35 - 55	120	10	37 - 92	35, 90	30 - 40, 80 - 100
Points First Circle	1000	90 - 750	1000	80	310 - 770	500, 800	425 - 575 750 - 900
Radius Inner Circle	234	210 - 230	259	40	95 - 204	80, 220	68 - 92 210 - 230
Radius Outer Circle	100	75 - 95	486	60	166 - 379	80, 480	260 - 300 408 - 552
Length Spring	24	15 - 20	24	8	12 - 20	10, 20	8 - 11 17 - 20
Strength Spring	6000	4000 - 5500	6000	55	1541 - 4514	1500, 4000	1275 - 1725 4000 - 4600
Radii Collider	50	30 - 45	50	2	14 - 38	15, 30	12 - 17 30 - 34
Strength Collider	1500	1200 - 1400	1500	500	750 - 1250	1000	900 - 1200
Generation Time	9 min	7 - 8	20	0	5 - 15	5, 10	4 - 5 8 - 8,5

the elements necessary to understand the development of the comparative framework. To organise the information repository more systematically, six categories of geometries were created using the generative algorithm, each comprising six variants. The forms within each category were grouped according to similarities in their parametric behaviour, making it possible to investigate aesthetic responses to configurations that were similar but not identical (fig. 1). Each category was presented in the survey in two formats: first as a two-dimensional image (2D), and subsequently as a three-dimensional model (3D), to investigate possible perceptual differences related to graphic representation and spatial depth. All the collected data were then examined through cross-analysis of aesthetic-perceptual

and mathematical-geometric data, according to the following stages:
mapping user preferences, with the aim of identifying not only the most highly rated forms overall, but also those capable of evoking memories, emotions, and symbolic associations (fig. 2);
• analysing the relationship between geometric parameters and the average aesthetic rating for each category. This made it possible to compare the numerical input values derived from the algorithm (radius, number of points, elastic strength, and collider strength) with the average aesthetic value obtained from the expressed preferences;
• analysing the results independently of their division into categories to identify value intervals within which a greater convergence occurs

Figure 4
Definition of the new optimised numerical ranges and verification through three geometric tests. The image shows the transition from the initial values to the new parametric intervals, highlighting the role of simulation in stabilising the generated configurations.

Figura 2
Esempio di analisi dei risultati del questionario per le prime due categorie di curve. I grafici mostrano la distribuzione delle preferenze degli utenti e il calcolo della media ponderata, utilizzati per individuare le configurazioni maggiormente apprezzate.

Figura 3
Processo di definizione dei range ottimizzati a partire dal confronto tra valutazione estetica, comportamento geometrico, valori funzionali e interpolazione qualitativa. La tabella sintetizza il passaggio dai dati del sondaggio ai parametri utilizzabili nell'algoritmo generativo.

Figura 4
Definizione dei nuovi range numerici ottimizzati e verifica mediante tre test geometrici. L'immagine mostra il passaggio dai valori iniziali ai nuovi intervalli parametrici, evidenziando il ruolo della simulazione nella stabilizzazione delle configurazioni generate.

Parameters	Optimised Range	Range Comparison	New Range
Radius First Circle	35 - 40	35 - 40 80 - 100	50 - 100
Points First Circle	750 - 900	425 - 575 750 - 900	80 - 200
Radius Inner Circle	210 - 230	68 - 92 210 - 230	90 - 230
Radius Outer Circle	260 - 300	260 - 300 408 - 552	270 - 500
Length Spring	17 - 20	8 - 11 17 - 20	15 - 20
Strength Spring	4000 - 4600	1275 - 1725 4000 - 4600	1500 - 3000
Radii Collider	30 - 34	12 - 17 30 - 34	30 - 34
Strength Collider	900 - 1200	900 - 1200	900 - 1200
Generation Time	8 - 8,5	4 - 5 8 - 8,5	8 - 8,5

- Radius first circle > 50
- High points first circle = noisy curve hard to stabilize
- Unit difference between radius inner and outer circle ≥ 60
- Controlled strength spring

Parameters	Optimised Range	I test	II test	III test
Radius First Circle	50 - 100	60	80	80
Points First Circle	80 - 200	200	200	100
Radius Inner Circle	90 - 230	180	180	200
Radius Outer Circle	270 - 500	350	400	400
Length Spring	15 - 20	18	18	18
Strength Spring	1500 - 3000	1500	2000	2500
Radii Collider	30 - 34	30	30	30
Strength Collider	900 - 1200	900	1000	1000
Generation Time	8 - 8,5	3	1	1

New optimised range definition

ritmo (il raggio, il numero di punti, la forza elastica, la potenza del collider) con il valore estetico medio derivante dalle preferenze espresse;
• analisi dei risultati svincolando i dati dalla suddivisione per categoria per ottenere intervalli di valori entro cui si verifica una maggiore convergenza tra performance formale e gradimento estetico-percettivo, individuando range ottimali di progettazione e aree critiche;
• sistematizzazione secondo un approccio *dynamic fine-tuning* che si contrappone ad un approccio “massimizzante” per cercare un equilibrio calibrato tra tutti i valori e non tra valori isolati;
• ottimizzazione dei range mediante il confronto tra range estetici massimi, ovvero i valori associati al picco di preferenza; range funzionali, cioè le soglie di valore al di sotto delle quali la simulazione non genera forme affidabili; range di interazione tra parametri, ovvero combinazioni che influenzano direttamente la coerenza della forma risultante; infine, valori interpolati, emersi da analisi qualitative e sperimentazioni iterative (fig. 3);
• definizione finale dei range ottimizzati mediante l'identificazione di valori critici geometrici valutati nell'ambito computazionale. La successione di queste fasi ha consentito la

generazione di range numerici funzionali, tali da ottenere configurazioni geometriche con maggiore stabilità, coerenza formale e fattibilità di stampa; la generazione parametrica efficace richiede l'allineamento tra limiti percettivi, funzionali e computazionali: non è la potenza assoluta dei valori a definire una buona forma, bensì il loro bilanciamento dinamico (fig. 4). Con lo sviluppo dei range numerici ottimizzati, ottenuti attraverso lo studio e l'interpretazione dei dati semantici rilevati dal sondaggio, è possibile proseguire all'ultima fase della ricerca, nonché nodo centrale del processo sperimentale, la concretizzazione del sistema *text-to-form* tramite due modalità.

3.1 Costruzione del dizionario semantico-parametrico
Un passaggio cruciale che definisce la sperimentazione è dato dalla costruzione di un dizionario terminologico grazie al quale i dati qualitativi vengono associati ai range numerici ottimizzati. La costruzione si basa su una strategia di *mapping* “uno a molti”, a ogni parola non viene associato un valore singolo ma un intervallo creato per ciascun parametro, in modo tale che il dizionario non “traduce” una parola in una forma fissa, ma in una famiglia morfologica.

Il processo si articola in tre fasi:
1. Mappatura concettuale: tramite l'analisi qualitativa delle risposte testuali fornite dagli utenti, sono stati rilevati richiami visivi e percettivi suscitati dalla forma della curva geometrica; da quest'analisi è stato possibile identificare una serie di parole chiave considerate emblematiche rispetto alla percezione espressa, la ricorrenza e soprattutto la soggettività dell'utente nell'utilizzare determinati termini, talvolta declinati con accezioni differenti.
2. Interpretazione geometrica: ciascuna parola chiave è stata tradotta in termini formali, attribuendole un significato geometrico, funzionale all'assegnazione di valori numerici riferiti ai parametri che governano il comportamento dell'algoritmo; quindi, ad ogni concetto semantico sono stati associati, in via sperimentale, uno o più parametri dell'algoritmo iniziale. I commenti raccolti mostrano infatti che le qualità attribuite alle forme non appartengono rigidamente a singole categorie, ma tendono

between formal performance and aesthetic-perceptual appreciation, thereby determining optimal design ranges and critical areas;

- systematising the results according to a ‘dynamic fine-tuning’ approach, as opposed to a ‘maximising’ approach, to achieve a calibrated balance among all values rather than between isolated values;

- optimising the ranges by comparing maximum aesthetic ranges, namely the values associated with the highest preference scores; functional ranges, corresponding to the value thresholds below which the simulation does not generate reliable forms; parameter-interaction ranges, namely combinations that directly affect the coherence of the resulting form; and, finally, interpolated values derived from qualitative analyses and iterative experimentation (fig. 3);
- defining the optimised ranges through the identification of critical geometric values evaluated within the computational environment. The sequence of these stages enabled the generation of functional numerical ranges capable of producing geometric configurations characterised by greater stability, formal coherence, and printability. Effective parametric generation requires the alignment of perceptual, functional, and computational constraints: a successful form is not determined by the absolute magnitude of individual values, but by their dynamic balance (fig. 4).

Following the development of the optimised numerical ranges, obtained through the analysis and interpretation of the semantic data collected through the survey, the research proceeds to its final phase and the central focus of the experimental process: the implementation of the text-to-form system through two distinct approaches.

3.1. Construction of the semantic-parametric dictionary

A crucial stage in the experimental process is the construction of a terminological dictionary through which qualitative data are associated with optimised numerical ranges. Its development is based on a one-to-many mapping strategy: each word is associated not with a single value, but with a specific interval for each parameter. The dictionary therefore does not ‘translate’ a word into a fixed form, but

into a morphological family.

The process is structured into three phases:

1. Conceptual mapping: through a qualitative analysis of the textual responses provided by users, the visual and perceptual associations elicited by the shape of the geometric curve were identified. This analysis made it possible to select a series of keywords considered emblematic of the expressed perceptions, their recurrence, and, above all, the subjective ways in which users employed certain terms, sometimes with different meanings.

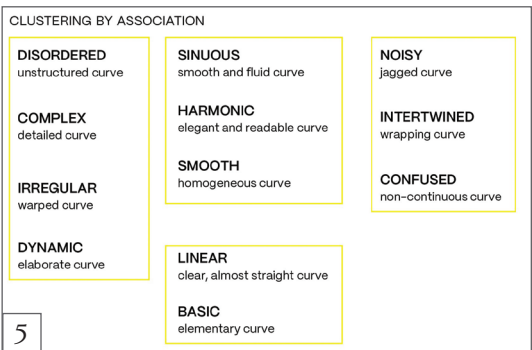
2. Geometric interpretation: each keyword was translated into formal terms by assigning it a geometric meaning suitable for the allocation of numerical values to the parameters governing the algorithm’s behaviour. Each semantic concept was therefore experimentally associated with one or more parameters from the initial algorithm. Indeed, the collected comments show that the qualities attributed to the forms do not belong rigidly to individual categories, but tend to overlap and form broader conceptual fields (fig. 5). The selected keywords are listed below, together with a geometric description developed for their integration into the algorithmic framework:

- sinuous: a soft, elongated geometry characterised by slight collisions and fluid movement;
- disordered: an unstructured form composed of a large number of irregular points, generating fragmented configurations within a short simulation time;
- complex: an articulated form with a high density of points and a short length spring, as this promotes intricate details.
- symmetrical: a regular, centred form favouring a balanced geometry;
- soft: a rounded form characterised by minimal tension and limited interaction among its elements, ensuring smoothness and fluidity;
- crowded: a dense form with closely spaced points, a short length spring, and high strength spring values, intensifying the concentration of its elements;
- organic: a natural form that generates a sense of clearly discernible repetition among its elements.
- technical: a rigid form with a clearly defined layout;

Figure 5

Semantic clustering of the keywords emerging from the qualitative analysis of users’ comments. The terms are organised by perceptual association and translated into preliminary geometric descriptions, serving to construct the semantic-parametric dictionary.

Figura 5
Raggruppamento semantico delle parole chiave emerse dall’analisi qualitativa dei commenti degli utenti. I termini sono organizzati per associazione percettiva e tradotti in descrizioni geometriche preliminari, funzionali alla costruzione del dizionario semantico-parametrico.



a sovrapporsi e a costituire campi concettuali più ampi (fig. 5). Si riporta l’elenco delle parole chiave selezionate accompagnate da una descrizione geometrica per l’inserimento nel contesto dell’algoritmo:

- sinuosa: forma morbida dalla geometria allungata, con collisioni leggere e movimento fluido;
- disordinata: forma non strutturata costruita da un elevato numero di punti irregolari, che generano forme spezzate in tempi brevi;
- complessa: forma articolata e densa di punti, con una *length spring* corta in quanto favorisce i dettagli minuziosi;
- simmetrica: forma regolare e centrata, che predilige una geometria equilibrata;
- morbida: forma arrotondata con tensione minima e poca interazione degli elementi per garantire scorrevolezza;
- affollata: forma densa, con punti ravvicinati tra loro, *length spring* corta e *strength spring* elevata per un’intensificazione degli elementi;
- organica: forma naturale che genera una sensazione di ripetizione leggibile degli elementi;
- tecnica: forma rigida e dal *layout* definito;
- chiusa: forma continua, che evita particolari deformazioni grazie al bilanciamento tra forza elastica e collisione;
- lineare: forma non necessariamente chiusa, ma chiara, che predilige una geometria formata da poche ondulazioni;
- armonica: forma leggibile, basata sul rapporto bilanciato dei parametri;
- bilanciata: forma proporzionale, che si basa su valori numerici medi;
- *random*: forma casuale e imprevedibile, con un movimento nello spazio simulativo senza criterio e coerenza;

- liscia: forma omogenea che riesce a distendersi nello spazio di simulazione evitando collassi;

- semplice: forma senza particolarità, con parametri che non si scostano troppo dai valori di partenza;

- irregolare: forma deformata dallo sbilanciamento dei parametri, numero dei punti elevato e poco tempo di simulazione, ciò non favorisce la distribuzione, bensì l’instabilità;

- elementare: forma basica riconducibile alla forma semplice ma con leggere ondulazioni;

- dinamica: forma che suscita movimento coerente creando forme particolari, interessanti e composte da diversi elementi;

- riconoscibile: forma dalla struttura chiara, dai cui identificare *pattern* o suggestioni ricorrenti;

- intrecciata: forma dalle trame complesse, non esplicitamente intrecciata, altrimenti la simulazione non sarebbe efficiente, ma con presenza di collisioni significative che creano una forma che si avvolge;

- confusa: forma che perde continuità e poco leggibile per lo sbilanciamento dei parametri;

- attrattiva: forma dalla struttura visivamente piacevole, come se creasse *pattern* quasi psichedelici;

- archetipica: forma ricorrente che rispecchia geometrie semplici, simmetriche e proporzionali;

- rumorosa: forma ripetuta a causa della moltiplicazione incontrollata degli elementi che favoriscono una curva frastagliata e poco elastica;

- decorativa: forma dall’estetica ricca che necessita di ondulazioni sinuose per creare effetti visivi;

- naturale: forma bilanciata che non forza i parametri, ma che cresce in modo fluido.

3. Costruzione del dizionario parametrico: per ogni parola selezionata è stata definita una combinazione specifica di valori o *range* di valori corrispondente, inserita in un file Excel strutturato come mappa associativa tra lessico e geometria. Questo file rappresenta il nucleo dei dati di uno *script* Python personalizzato, integrato in Grasshopper (fig. 6).

3.2 Sistema I

Il Sistema I si fonda su una corrispondenza esplicita tra termini semantici e *range* parametrici, in cui il dizionario semantico-parametrico non rappresenta una scorciatoia empirica,

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432	1433	1434	1435	1436	1437	1438	1439	1440	1441	1442	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1450	1451	1452	1453	1454	1455	1456	1457	1458	1459	1460	1461	1462	1463	1464	1465	1466	1467	1468	1469	1470	1471	1472	1473	1474	1475	1476	1477	1478	1479	1480	1481	1482	1483	1484	1485	1486
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

tended for communication and description, are co-opted as design operators. Parameters, conceived to control geometric variation, are re-signified as carriers of perceptual qualities. Innovation therefore does not consist in the autonomous generation of form, but in the construction of a new relationship among existing elements: vocabulary, parameters, generative rules, and manufacturing constraints. The system operates through a Python script integrated into Grasshopper that communicates with the Excel file containing the associations between keywords and parametric intervals (fig. 7). When the user selects a word from a predefined list derived from the language-form dictionary, the script queries the Excel file to identify the numerical range corresponding to each parameter. Based on these intervals, the system randomly selects values between the minimum and maximum limits, initiating the generation of the form through the original algorithm. The resulting geometry is then simulated and generated using the physics engine, thereby completing a semantic-generative cycle in which linguistic meaning is translated in real time into a visible, parametrised morphological configuration. This system introduces a semantically responsive approach to design: rather than starting from arbitrary numerical inputs, the process begins with perceptions and intentions expressed in natural language, making it customisable and perceptually oriented.

An illustrative example was tested using the keywords disordered, complex, and irregular, all mapped onto the same parametric range. Despite their numerical correspondence, the resulting geometries differ significantly because of the system's emergent behaviour (fig. 8):

- if the simulation runs for a very short time, it produces a disordered curve that appears visually unstable and self-overlapping;
- with the same parameters but a longer simulation time, it generates a complex curve that is rich in detail yet balanced and therefore functional;
- through a further iteration in which one parameter is slightly modified, the same word can produce an irregular curve that is less chaotic than the first but remains asymmetrical and undulating.

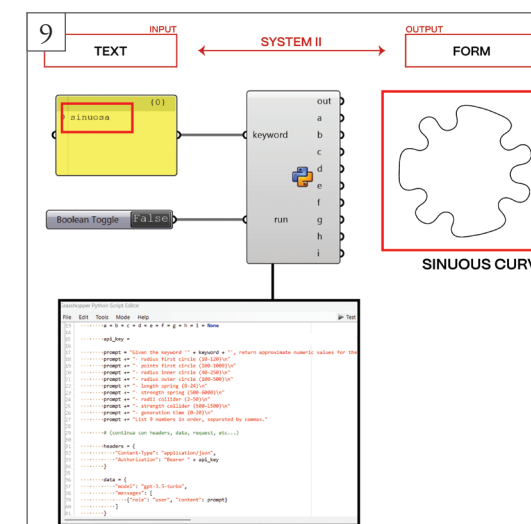
This demonstrates that form is determined not only by the numerical range, but also by the dynamic interaction of parameters over time. The value of this operational approach can be observed on three different levels. First, it provides a degree of process traceability: the transition from the term to the parameters, and from the parameters to the geometry, can be reconstructed. Second, it maintains a balance between coherence and variability, as the range preserves local differences without relinquishing overall control. Third, it can be integrated with physical simulation and printability assessment, allowing the desired semantic quality to be related to actual manufacturing conditions. Because the ranges are explicitly defined, it is possible to restrict excessive combinations, prevent unmanageable deformations, and assess the printability of the resulting configurations. Parametric control should not be understood as a limitation on creativity, but as a condition of operability within the context of additive manufacturing. However, this same structure also represents the limitation of System I. The dictionary works effectively as long as the user's language falls within the predefined vocabulary or can be traced back to words that have already been encoded. When the input becomes more ambiguous, narrative, or unexpected, the system tends to lose flexibility: the translation remains controllable, but is constrained by the semantic structure established at the outset.

3.3 System II

System II was developed to overcome the rigidity of the semantic-parametric dictionary by introducing greater interpretative openness. It follows a three-level pipeline: a semantic prompt that defines the model's role; a format constraint that imposes predefined fields, ideally in JSON format; and a validation module that checks for values falling outside the permitted range. The system is situated within the more recent field of language models applied to the generation of code, layouts, and geometries. In this case, users do not necessarily select a word from an already structured vocabulary, but can entrust a language model with interpreting the input and

Figure 9
Operational scheme of System II. The textual input is interpreted through a language model integrated into the Grasshopper environment via Python/API, returning parametric values that are subsequently translated into geometric form.

Figura 9
Schema operativo del Sistema II. L'input testuale viene interpretato attraverso un modello linguistico integrato nell'ambiente Grasshopper tramite Python/API, restituendo valori parametrici che vengono successivamente tradotti in forma geometrica.



rico a determinare la forma, ma l'interazione dinamica dei parametri nel tempo.

Il valore di questa modalità operativa è visibile su tre diversi livelli. In primo luogo, consente una relativa tracciabilità del processo: il passaggio dal termine ai parametri e dai parametri alla geometria può essere ricostruito. In secondo luogo, permette di mantenere un equilibrio tra coerenza e variabilità, poiché il *range* conserva differenze locali senza rinunciare al controllo globale. In terzo luogo, si presta a essere integrato con simulazione fisica e verifica di stampabilità, facendo sì che la qualità semantica desiderata entri in relazione con condizioni effettive di produzione; poiché i *range* sono definiti in modo esplicito, è possibile limitare combinazioni eccessive, prevenire deformazioni non gestibili e verificare la stampabilità delle configurazioni prodotte. Il controllo parametrico non va inteso come limite alla creatività, ma come condizione di operatività nel contesto dell'*additive manufacturing*.

Tuttavia, questa stessa struttura rappresenta anche il limite del Sistema I. Il dizionario funziona bene finché il linguaggio dell'utente rientra nel lessico previsto o può essere ricondotto a parole già codificate. Quando l'*input* diventa più ambiguo, narrativo o inatteso, il sistema tende a perdere flessibilità poiché la traduzione è controllabile, ma vincolata alla struttura semantica definita in partenza.

3.3 Sistema II

Il Sistema II nasce per superare la rigidità del

dizionario semantico-parametrico, attraverso una apertura interpretativa, seguendo una *pipeline* in tre livelli: *prompt* semantico che definisce il ruolo del modello; vincolo di formato che impone dei campi fissi ideali (formato JSON); modulo di validazione che controlla i valori fuori dal *range*. Esso si colloca nel quadro più recente dei modelli linguistici applicati alla generazione di codice, *layout* e geometrie. In questo caso l'utente non seleziona necessariamente una parola da un lessico già strutturato, ma può affidare a un modello linguistico l'interpretazione dell'*input* e la sua traduzione in istruzioni progettuali. La mediazione non passa più da una tabella esplicita di corrispondenze, ma da inferenze contestuali apprese in fase di addestramento. La ricerca recente mostra che questi sistemi possono produrre *layout* validi, *script* per ambienti come Rhino/Grasshopper e prototipi 3D modificabili; allo stesso tempo, mostra che la correttezza semantica è discontinua e quindi calando l'affidabilità con l'aumentare della complessità, è richiesta la ricalibrazione umana. Nel caso specifico, ciò è dovuto alle instabilità morfologiche che si creano, combinazioni parametriche che generano sovrapposizioni tra elementi e continuità geometriche non controllate, generando soluzioni non idonee alla stampa 3D.

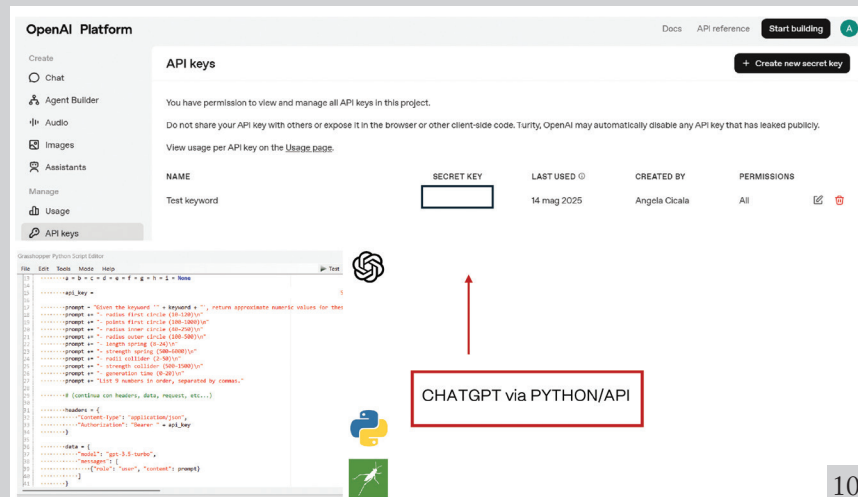
Il dialogo tra linguaggio e forma avviene attraverso le API di ChatGPT, integrate all'interno dell'ambiente Grasshopper tramite Python. L'utente inserisce una parola chiave (ad esempio "armoniosa", "organica", "dinamica"), la quale viene inoltrata al modello NLP. Il compito del modello è decodificare semanticamente l'*input*, attivando non una corrispondenza preimpostata, ma una risposta generativa flessibile, che tiene conto del contesto linguistico (fig. 9). L'obiettivo è verificare quanto sia possibile delegare l'intero processo interpretativo al modello linguistico ampliando la dimensione intersemiotica, affidandogli il compito di tradurre impressioni o intenzioni soggettive in configurazioni geometriche senza passare per una codifica esplicita.

L'introduzione di una maggiore apertura esplorativa amplia lo spazio delle soluzioni, ma introduce una serie di criticità. La prima riguarda la tracciabilità, in quanto il processo

translating it into design instructions. Mediation no longer occurs through an explicit table of correspondences, but through contextual inferences learned during training. Recent research shows that these systems can produce valid layouts, scripts for environments such as Rhino and Grasshopper, and editable 3D prototypes. At the same time, however, it demonstrates that semantic accuracy is inconsistent and that, as reliability decreases with increasing complexity, human recalibration becomes necessary. In the present case, this is due to the resulting morphological instabilities, including parametric combinations that generate overlaps among elements and uncontrolled geometric continuities, thereby producing solutions unsuitable for 3D printing.

The interaction between language and form takes place through the ChatGPT API, integrated into the Grasshopper environment via Python. The user enters a keyword, such as 'harmonious', 'organic', or 'dynamic', which is then forwarded to the NLP model. The model's task is to interpret the input semantically, activating not a predefined correspondence but a flexible generative response that considers the linguistic context (fig. 9). The objective is to assess the extent to which the entire interpretative process can be delegated to the language model, thereby expanding the inter-semiotic dimension and assigning the model the task of translating subjective impressions or intentions into geometric configurations without relying on explicit encoding.

The introduction of greater exploratory openness expands the solution space, but also creates several critical issues. The first concerns traceability, as the translation process becomes considerably less transparent when following a 'word-prompt-output-validation-form' workflow implemented through Grasshopper, Python, and the API (fig. 10). The second concerns replicability, given the breadth of the experimental space, while the third concerns manufacturability, particularly in terms of printability. The LLM's black box is therefore not regarded as a guarantee of higher design quality, but as a methodological limitation that must be made explicit. The linguistic openness of System II consequently



ASPECT OF COMPARISON	SYSTEM I	SYSTEM II
CORE LOGIC	Deterministic mapping	Open interpretation
INPUT	Keyword from predefined list	Keyword processed by the LLM
CONTROL	Direct control	Probabilistic control
TRANSPARENCY	High	Low
FABRICATION	Output easier to validate	Additional verification needed
POTENTIAL	Ideal for controlled workflows, optimization and replicability	Ideal for exploration, ideation and open-ended design

requires subsequent checks on the coherence of the generated values.

4. Two Regimes of Translation: Comparison and Concluding Discussion

The two systems represent different operational approaches and are not compared to determine which is more effective or advanced, but to clarify which aspects of the text-to-form process each makes more legible (fig. 11). System I, based on the semantic-parametric dictionary, reduces linguistic ambiguity through an explicit mapping: keywords are associated with numerical intervals and controllable ge-

Figure 10
Connection between the parametric environment and the language model via API. The image documents the technical step that allows System II to send a textual input to the model and receive numerical values usable by the generative algorithm.

Figure 11
Comparative table between System I and System II. The comparison highlights two different regimes of text-to-form translation.

Figure 10
Collegamento tra ambiente parametrico e modello linguistico tramite API. L'immagine documenta il passaggio tecnico che consente al Sistema II di inviare un *input* testuale al modello e ricevere valori numerici utilizzabili dall'algoritmo generativo.

Figure 11
Tabella comparativa tra Sistema I e Sistema II. Il confronto evidenzia due diversi regimi di traduzione *text-to-form*.

Figure 12
Validazione finale e prototipazione di forme ottenute evidenziando la fabbricazione come criterio di controllo della producibilità.

di traduzione risulta molto meno trasparente seguendo un *workflow* "parola – *prompt* – *output* – validazione – forma" in Grasshopper-Python-API (fig. 10); la seconda è la replicabilità, dato l'ampio campo di sperimentazione e la terza è la producibilità dal punto di vista della stampabilità. La *black box* dell'LLM non viene quindi assunta come garanzia di maggiore qualità progettuale, ma come limite metodologico da rendere esplicito. L'apertura linguistica del Sistema II richiede infatti controlli successivi sulla coerenza dei valori generati.

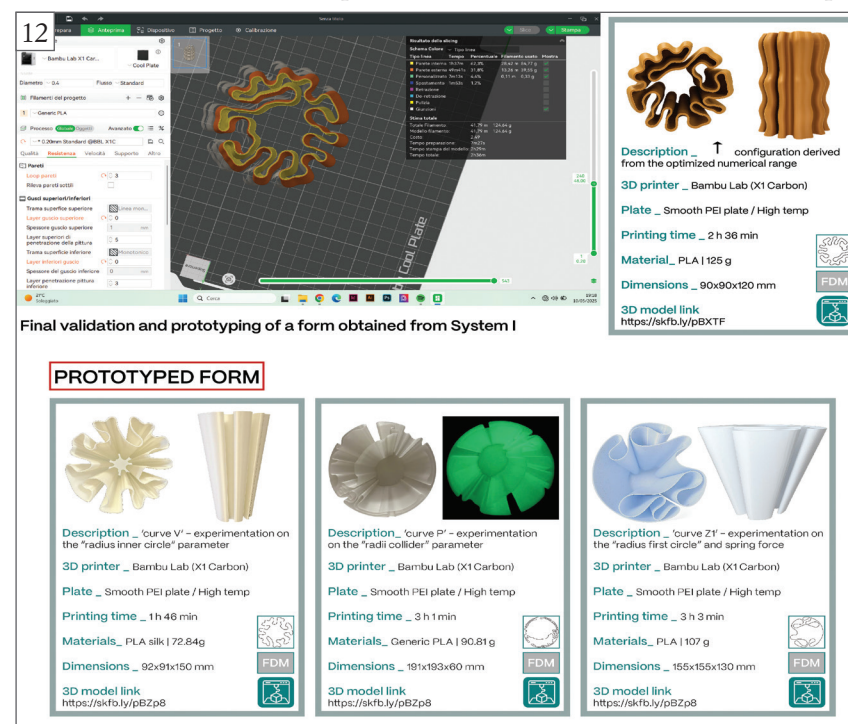
4. Due regimi di traduzione: confronto e discussione conclusiva

I due sistemi rappresentano modalità operative differenti e non vengono confrontati per stabilire quale sia più efficace o più avanzato, ma per chiarire quali aspetti del processo *text-to-form* ciascuno renda maggiormente leggibili (fig. 11). Il Sistema I, fondato sul dizionario semantico-parametrico, riduce l'ambiguità del linguaggio attraverso una mappatura dichiarata: le parole chiave vengono associate a intervalli numerici e a variazioni geometriche controllabili. Il suo carattere deterministico non costituisce quindi soltanto un limite, ma anche una condizione di verificabilità, perché consente di ricostruire la catena interpre-

tativa che conduce dal termine linguistico al parametro e dal parametro alla forma.

Il Sistema II, al contrario, non amplia il processo perché "migliore" o più creativo, ma perché sposta il problema dell'interpretazione dentro un modello linguistico. Esso permette di lavorare con *input* più aperti e non necessariamente riconducibili a parole chiave prestabilite; tuttavia, proprio questa apertura riduce la trasparenza del passaggio dal testo ai parametri. Da questa prospettiva, i due sistemi ampliano aspetti diversi della ricerca: il Sistema I amplia il controllo, la ripetibilità e la leggibilità del processo; il Sistema II amplia lo spazio interpretativo e la possibilità di generare configurazioni non previste dal dizionario. La fabbricazione costituisce in entrambi i casi un criterio decisivo di verifica. La coerenza tra parola e forma non è infatti sufficiente a validare il processo: una geometria può risultare semanticamente adeguata rispetto a un *input*, ma non essere producibile in *additive manufacturing*. Per questo motivo la valutazione delle configurazioni deve includere aspetti quali continuità delle curve, sovrapposizione tra elementi, densità locale, spessori minimi, stabilità complessiva e possibilità di trasformare l'output in un modello stampabile. La fabbricazione non interviene quindi come fase conclusiva esterna, ma come filtro critico che distingue una forma soltanto generata da una forma effettivamente producibile (fig. 12).

In questo confronto si chiarisce il nodo teorico e operativo della ricerca: i due sistemi configurano due diversi regimi di traduzione, che distribuiscono in modo diverso controllo, autorità e rischio. Nel Sistema I la mediazione è esterna ed esplicita, e il controllo precede la generazione; nel Sistema II la mediazione è interna al modello e meno trasparente, e l'esplorazione tende a precedere il controllo. La tensione non è quindi tra sistema creativo e sistema non creativo, ma tra due modalità di gestione dell'ambiguità linguistica, da cui deriva il problema della validazione tra coerenza semantica, coerenza parametrica e producibilità nell'ambito della fabbricazione additiva. Il contributo non propone dunque l'abbandono del dizionario a favore del modello linguistico, né la chiusura del processo entro una



ometric variations. Its deterministic character therefore represents not only a limitation, but also a condition of verifiability, as it makes it possible to reconstruct the interpretative chain leading from the linguistic term to the parameter, and from the parameter to the form. Conversely, System II does not broaden the process because it is ‘better’ or more creative, but because it relocates the issue of interpretation within a language model. It makes it possible to work with more open-ended inputs that are not necessarily attributable to predefined keywords. However, this openness reduces the transparency of the transition from text to parameters. From this perspective, the two systems expand different aspects of the research: System I increases control, repeatability, and process legibility, whereas System II expands the interpretative space and the possibility of generating configurations not anticipated by the dictionary.

In both cases, fabrication constitutes a decisive criterion of validation. Coherence between word and form is not sufficient to validate the process: a geometry may be semantically appropriate in relation to an input, yet not be manufacturable through additive manufacturing. The evaluation of the configurations must therefore include aspects such as curve continuity, overlaps among elements, local density, minimum thicknesses, overall stability, and the possibility of converting the output into a printable model. Fabrication does not intervene as an external final stage, but as a critical filter that distinguishes a merely generated form from one that can actually be manufactured (fig. 12).

This comparison clarifies the theoretical and operational core of the research: the two systems establish two different regimes of translation, distributing control, authorship, and risk in different ways. In System I, mediation is external and explicit, and control precedes generation. In System II, mediation occurs within the model and is less transparent, while exploration tends to precede control. The tension is therefore not between a creative and a non-creative system, but between two approaches to managing linguistic ambiguity. This gives rise to the issue of validation across semantic cohe-

rence, parametric coherence, and manufacturability within additive manufacturing. The study therefore proposes neither abandoning the dictionary in favour of the language model nor restricting the process to a rigid mapping. Instead, it suggests a hybrid direction: a system in which the language model expands the interpretative space while remaining constrained by an explicit parametric structure and manufacturing controls. In this way, semantic exploration can become operational without sacrificing verifiability. A significant methodological limitation must also be acknowledged. The comparison between the two systems is robust at the qualitative and prototypical levels, but requires further consolidation through standardised benchmarks. A subsequent development could involve a repeatable protocol based on a controlled set of prompts and keywords, a checklist for manufacturability through additive manufacturing, and a shared evaluation framework for comparing semantic coherence, geometric stability, and printability (Timperley 2025).

The process described demonstrates that text-to-form cannot be reduced to an automation technique: its relevance lies in its capacity to connect different domains. This recombination is where artificial exaptation emerges: language is co-opted as an operational infrastructure for design, while parametric modules cease to be mere optimisation tools and acquire a semantic function. The issue, therefore, is not to determine whether text ‘truly generates’ form, but to understand how form is mediated, with what degree of explicitness, with what capacity for verification, and with what redistribution of authorship among the designer, the algorithm, and the language model. Language is removed from its exclusively communicative function and employed as a generative interface; parameters are removed from their exclusively geometric control function and endowed with semantic value; and the language model is removed from the exclusive production of text and integrated into a process of morphogenesis. Innovation does not lie in the fact that AI ‘creates’ a form, but in the way different systems are reconfigured to perform new functions.

Figure 12
Final validation and prototyping of generated forms, highlighting fabrication as a criterion for assessing manufacturability.

mappatura rigida. Suggestisce piuttosto una direzione ibrida: un sistema in cui il modello linguistico amplifica lo spazio interpretativo, ma sia vincolato da una struttura parametrica esplicita e da controlli produttivi. In tal modo, l’esplorazione semantica può diventare operativa senza perdere verificabilità.

A ciò si aggiunge un limite metodologico rilevante. La comparazione tra i due sistemi risulta solida sul piano qualitativo e prototipale, ma richiede un ulteriore consolidamento attraverso benchmark standardizzati. Uno sviluppo successivo potrebbe prevedere un protocollo ripetibile, basato su un set controllato di prompt e parole chiave, una *checklist* per la producibilità in *additive manufacturing* e una scheda di valutazione comune per confrontare coerenza semantica, stabilità geometrica e stampabilità (Timperley 2025).

Il processo descritto mostra come il *text-to-form* non possa essere ridotto a una tecnica di automazione: la sua rilevanza risiede nella capacità di mettere in relazione domini dif-

ferenti. In questa ricombinazione si manifesta l’*exaptation* artificiale: il linguaggio viene cooptato come infrastruttura operativa del progetto, mentre i moduli parametrici cessano di essere meri strumenti di ottimizzazione per assumere una funzione semantica. Il problema, allora, non è stabilire se il testo “generi davvero” la forma, ma comprendere come la forma venga mediata, con quale grado di esplicitazione, con quale capacità di verifica e con quale redistribuzione dell’autorialità tra progettista, algoritmo e modello linguistico. Il linguaggio viene sottratto alla sola funzione comunicativa e impiegato come interfaccia generativa; i parametri vengono sottratti alla sola funzione di controllo geometrico e caricati di valore semantico; il modello linguistico viene sottratto alla sola produzione testuale e integrato in un processo di morfogenesi. L’innovazione non consiste nel fatto che l’IA “crei” una forma, ma nel modo in cui sistemi diversi vengono riconfigurati per svolgere funzioni nuove.

References / Bibliografia

- CARPO M. (2017), *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*, Cambridge, MA, The MIT Press.
- GOULD S.J., VRBA E.S. (1982), *Exaptation – A missing term in the science of form*, «Paleobiology», 8, 1, pp. 4-15, <http://www.jstor.org/stable/2400563> (ultima consultazione 10/9/2026).
- HOLMES J.S. (1988), *Translated! Papers on Literary Translation and Translation Studies*, Amsterdam-Atlanta, Rodopi.
- HSIAO S.W., CHEN C.H. (1997), *A Semantic and Shape Grammar Based Approach for Product Design*, «Design Studies», 18, 3, pp. 275-296. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(97\)00037-9](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(97)00037-9).
- JAKOBSON R. (1959), *On Linguistic Aspects of Translation*, in BROWER R.A., ed., *On Translation*, Cambridge, MA, Harvard University Press, pp. 232-239.
- MASIERO R. (2024), *Estetica dell’architettura*, Sesto San Giovanni, Mimesis.
- MENGES A. (2007), *Computational Morphogenesis: Integral Form Generation and Materialization Processes*, in *Embodying Virtual Architecture*, 3rd International Conference of the Arab Society for Computer Aided Architectural Design (ASCAAD 2007), Alexandria, Egypt, 28-30 November 2007, pp. 725-744, <https://ascaad.org/conference/2007/057>. PDF (ultima consultazione 10/9/2026).
- NAGAMACHI M. (1995), *Kansei Engineering: A new ergonomic consumer-oriented technology for product development*, «International Journal of Industrial Ergonomics», 15, 1, pp. 3-11. DOI: [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(94\)00052-5](https://doi.org/10.1016/0169-8141(94)00052-5).
- OSGOOD C.E., SUCI G.J., TANNENBAUM P.H. (1957), *The Measurement of Meaning*, Urbana, Chicago, University of Illinois Press.
- OUYANG L., WU J., JIANG X., ALMEIDA D., WAINWRIGHT C., MISHKIN P., ZHANG C. et al. (2022), *Training Language Models to Follow Instructions with Human Feedback*, «Advances in Neural Information Processing Systems», 35. DOI: <https://doi.org/10.52202/068431-2011>.
- TIMPERLEY L.R., BERTHOUD L., SNIDER C., TRYFONAS T. (2025), *Assessment of large language models for use in generative design of model based spacecraft system architectures*, «Journal of Engineering Design», 36, 4, pp. 550-570. DOI: <https://doi.org/10.1080/09544828.2025.2453401>.
- ZHAO X., SHARUDIN S.A., LV H.-L. (2024), *A novel product shape design method integrating Kansei engineering and whale optimization algorithm*, «Advanced Engineering Informatics», vol. 62, part C. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2024.102847>.