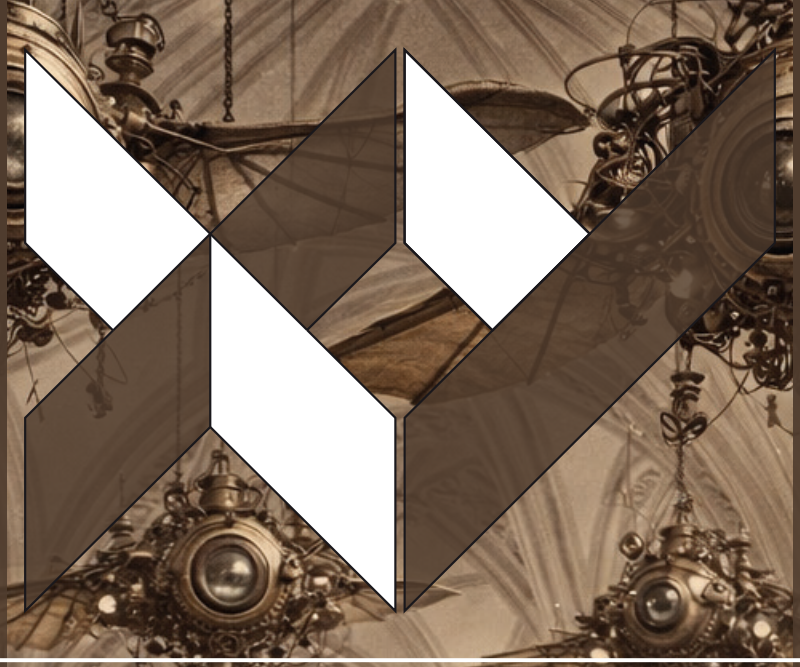


UNIVERSITÀ DI TRENTO

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

Open access multilingual biannual scientific journal / Rivista scientifica semestrale multilingue ad accesso aperto
No. 17 January-June 2026 / N. 17 gennaio-giugno 2026 **www.xydigitale.it**

Founder / Fondatore
Roberto de Rubertis

Scientific Direction / Direzione scientifica
Giovanna A. Massari

Scientific Committee / Comitato Scientifico
Lucio Altarelli, Paolo Belardi, Fabio Bianconi, Alessandra Cirafici, Gianni Contessi, Antonella Di Luggo, Edoardo Dotto, Francesca Fatta, Fabrizio Gay, Paolo Giandebiaggi, Francesco Maggio, Carlos Montes Serrano, Philippe Nys, Franco Purini, Fabio Quici, Livio Sacchi, Rossella Salerno, José Antonio Franco Taboada, Marco Tubino, Ornella Zerlenga

Editorial Direction / Direzione editoriale
Elena Casartelli, Fabio Luce, Cristina Pellegatta, Cristiana Volpi

Editorial Staff / Redazione
Margherita Parrilli, Lorella Pizzonia, Roberta Vitale

Contributor / Collaborazione
Francesco Fuggini

Edited by / A cura di
Fabrizio Gay

Scientific reviewers of the submitted papers / Revisione scientifica dei testi ricevuti
Paolo Belardi, Simone Bori, Stefano Chiarenza, Edoardo Dotto, Sara Favargiotti, Fabrizio Gay, Massimiliano Lo Turco, Francesco Maggio, Graziano Maria Valenti

Editorial Office / Redazione
Università degli Studi di Trento – Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica
via Mesiano, 77 - 38123 Trento
tel. +39 0461 282669
www.dicam.unitn.it

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

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**

Editorial. An Other Intelligence

17 2026

Edoardo Dotto, Francesco Maggio

Can artificial exaptation be a generative principle, an interpretative act, or a design model? This is the question posed by this issue of «XY», which, as always, investigates themes and issues of representation in the contemporary world, going beyond the boundaries of mere operational practice in order to explore or – as in this case – also attempt to outline some possible 'theoretical lines', also by means of applied research considered relevant to the development of a convincing discourse.
Although starting from the same Darwinian observations and making precise reference to the biological studies of Gould and Vrba, to which the call refers and which are repeatedly drawn upon by the authors of the essays, the texts presented in this issue are substantially different; and it could hardly be otherwise, because exaptation does not concern only the digital or artificial dimension: representation, after all, has always been constructed from what it finds, in the 'places' of both the tangible and the intangible. It happens, for example, that Demetrio Di Grado, the artist discussed by Paola Raffa, observing a world characterised by heterogeneity, but also by incongruities and fractures, recomposes it in his works, often with unexpected yet highly meaningful results. His *collages* are the outcome of an artistic conception opposed to the idea of a methodical and programmed investigation in which the work is not the pursuit of a solution, but rather the artist's ability to recognise, in the manner described by Pareyson[1], what is encountered in the course of making. With a density that echoes Picasso's celebrated phrase, "I do not seek, I find", in which 'finding' leaves room for the unforeseen, the fortuitous encounter, and also for exaptation. Creative 'discovery', therefore, can also occur when the process produces something that was not initially anticipated, because 'finding' openly constitutes itself as a readiness for discovery. At the beginning of the present century, in a memorable volume of the series "I libri di XY", a group of scholars, coordinated by its founder, succeeded, with genuine intelligence – "from the Latin *intelligĕre*, composed of *inter* (between) and *legere* (to choose, collect, read)"[2] – in giving a new meaning, through convincing representations, to those incoherent and meaningless peripheral places (from the point of view of architecture), through an exemplary process of exaptation in which meaning and value were attributed even to the most disparate elements, including an apparently invasive anodised-aluminium veranda.
This readiness for discovery and reuse, however, has a precise theoretical matrix, namely the concept of exaptation itself, as it emerges from the essay by Fabrizio Gay, editor of this issue. This surprising 'tool of thought', as mentioned above, originates and takes shape within the biological sciences, where – precisely in accordance with the epistemological statutes of these disciplines – it acquires a definition and an operational connotation that allow it to be explored clearly and systematically. This, in turn, makes it possible to trace its outcomes within the domain of design and its representation, as well as within that of the arts. Without relying on an equally precise definition, it has nevertheless found ways of being applied in these fields, which are sometimes very distant from one another.
Moreover, this did not occur only during the period when, particularly through post-war reconstruction campaigns, the culture of building reuse began to displace the certainties of the avant-gardes, when – reversing Louis Sullivan's celebrated maxim – it began to be observed that 'function follows form', with a clear awareness that the morphology of artefacts, including architectural ones, determines their meaning and use, often irrespective of the intentions that had originally generated them. In this sense, the argument could be extended, for example, to every medieval church constructed with *spolia* from ancient architecture, to every inverted capital transformed into a column base, to every ruin that eventually becomes the nucleus of a new architecture, thereby changing its original meaning and functions. A place such as the John Soane's Museum, for example, clearly demonstrates how the simple juxtaposition of decontextualised fragments can be sufficient to generate new meanings and even unprecedented functions of use, entirely unforeseeable. Similarly, at the end of the last century, Jan Garbarek and the Hilliard Ensemble stitched together a collection of

1. Cf. Pareyson L. (1988), *Estetica. Teoria della formatività*, Milano, Bompiani.

2. Istituto della Enciclopedia Italiana (n.d.), *Intelligenza*, in *Vocabolario Treccani*, https://www.treccani.it/vocabolario/intelligenza/ (last access 18/8/2026).

Conversation between Peppino Impastato (Luigi Lo Cascio) and Salvo Vitale (Claudio Gioè): "It takes nothing to destroy beauty... we ought to remind people what beauty is, help them recognize it, defend it – beauty. Beauty is important; everything else flows from it". Frame from *I cento passi*, directed by Marco Tullio Giordana, 2000; produced by Titti Film, Rai Cinema in collaboration with TELE+. Reproduced for study and research purposes pursuant to Art. 70 of Law 633/1941.

BY-SA

17 2026

Editoriale. Un'altra intelligenza

Edoardo Dotto, Francesco Maggio

1. Cfr. Pareyson L. (1988), *Estetica. Teoria della formatività*, Milano, Bompiani.

2. Istituto della Enciclopedia Italiana (s.d.), *Intelligenza*, in *Vocabolario Treccani*, https://www.treccani.it/vocabolario/intelligenza/ (ultima consultazione 18/8/2026).

Può l'*exaptation* artificiale essere un principio generativo, un atto interpretativo o un modello progettuale? È l'interrogativo posto da questo numero di «XY» che, come sempre, indaga temi e questioni della rappresentazione nella contemporaneità, superando i confini della mera pratica operativa per indagare o – come in questo caso – provare a delineare alcune possibili "linee teoriche", anche attraverso ricerche applicate ritenute pertinenti alla strutturazione di un discorso convincente.
Pur partendo dalle medesime osservazioni darwiniane e dal riferimento puntuale agli studi di biologia di Gould e Vrba, cui si fa riferimento nella *call* e più volte utilizzati dagli autori e dalle autrici dei saggi, i testi proposti in questo numero sono sostanzialmente differenti; e non poteva essere altrimenti, perché l'*exaptation* non riguarda soltanto la dimensione digitale o artificiale: la rappresentazione, in fondo, si costruisce da sempre con ciò che trova, nei "luoghi" del tangibile e dell'intangibile. Accade, per esempio, che Demetrio Di Grado, l'artista di cui parla Paola Raffa, osservando il mondo nella sua eterogeneità, fatta anche di incongruenze e fratture, lo ricomponga nelle sue opere, spesso con risultati inattesi ma densi di significato. I suoi collage sono frutto di una concezione artistica opposta all'idea di una ricerca metodica e programmata, in cui l'opera non è l'inseguimento di una soluzione, bensì la capacità dell'artista di riconoscere, nel modo descritto da Pareyson[1], ciò che trova durante il fare. Con una densità in cui riecheggia la celebre frase di Picasso, "io non cerco, trovo", in cui il "trovare" lascia spazio all'imprevisto, all'incontro fortuito e all'*exaptation*. La "scoperta" creativa, quindi, può avvenire anche quando il processo produce qualcosa che inizialmente non era stato previsto, perché il "trovare" si costituisce apertamente come una disponibilità alla scoperta. Agli inizi dell'attuale secolo, in un memorabile volume della collana "I libri di XY", un gruppo di studiosi coordinati dal suo fondatore, con autentica intelligenza, «dal latino *intelligĕre*, composto di *inter* (tra) e *legere* (scegliere, raccogliere, leggere)»[2], riusciva a dare un nuovo senso, attraverso convincenti rappresentazioni, a quei luoghi periferici incoerenti e privi di significato (dal punto di vista dell'architettura) con un esemplare processo di *exaptation* in cui si attribuiva significato e valore persino agli elementi più disparati, anche ad una veranda in alluminio anodizzato apparentemente infestante.
Questa disponibilità alla scoperta e al riuso ha però una precisa matrice teorica, proprio il concetto di *exaptation* così come emerge dal saggio di Fabrizio Gay, curatore di questo numero. Questo sorprendente "strumento del pensiero", come si accennava, nasce e si precisa nell'ambito delle scienze biologiche dove trova – proprio in ossequio agli statuti epistemologici di queste discipline – una definizione e una connotazione operativa che ne consentono un'esplorazione nitida e ordinata, grazie alla quale è possibile rintracciarne gli esiti anche nel dominio del progetto e della sua rappresentazione, così come in quello delle arti. Pur senza poggiarsi su una definizione altrettanto puntuale, esso ha trovato modo di applicarsi in questi ambiti talvolta molto distanti tra loro.
Peraltro, questo non è avvenuto soltanto nel periodo in cui, soprattutto con le campagne di ricostruzione post-bellica, la cultura del riuso degli edifici veniva a scalzare le certezze delle avanguardie, quando – rovesciando il celebre motto di Louis Sullivan – si cominciò a notare che "la funzione segue la forma", prendendo chiara consapevolezza del fatto che la morfologia degli artefatti, anche di quelli architettonici, ne determina la significazione e l'uso, spesso a prescindere dalle intenzioni che li avevano generati. In questo senso, si potrebbe estendere il discorso, ad esempio, a ogni chiesa medievale costruita con elementi di spoglio dell'architettura antica, a ogni capitello capovolto che si trasforma in base di colonna, a ogni rudere che finisce per costituire il nucleo di una nuova architettura, mutandone il senso e le funzioni originarie.
Un luogo come il John Soane's Museum, ad esempio, mostra con chiarezza come il semplice accostamento di frammenti decontestualizzati possa bastare a far nascere nuovi significati e persino inedite funzioni d'uso, del tutto imprevedibili. In modo analogo, alla fine dello scorso secolo Jan Garbarek e l'Hilliard Ensemble hanno ricucito una raccolta di frammenti musicali spuri e totalmen-

Conversazione tra Peppino Impastato (Luigi Lo Cascio) e Salvo Vitale (Claudio Gioè): «Non ci vuole niente a distruggere la bellezza... bisognerebbe ricordare alla gente cos'è la bellezza, aiutarla a riconoscerla, a difenderla, la bellezza. È importante la bellezza, da quella scende giù tutto il resto». Fotogramma da *I cento passi*, regia di Marco Tullio Giordana, 2000, produzione Titti Film, Rai Cinema in collaborazione con TELE+. Riprodotto a fini di studio e di ricerca ai sensi dell'art. 70, L. 633/1941.



DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4268

spurious and entirely decontextualised musical fragments in a recording that produces an autonomous musical fabric, while remaining respectful – at times almost philologically so – of the original sonic elements[3]. Yet, on closer inspection, the explorations undertaken within the sphere of Pop Art – as, paradoxically, also occurs in Surrealist practice or in much of Conceptual Art – demonstrate how stories, functions and meanings entirely unrelated to those that guided their genesis can emerge from forms that already exist, whether visual, sonic, sculptural or architectural.

The way in which human thought has evolved, presumably in this case too for reasons of evolutionary advantage, has made it a kind of meaning-making machine, capable of attributing meanings and functions to the congeries of phenomena it identifies within the natural and artificial environment that surrounds it.

The reflection on exaptation proposed by this issue of «XY» – through a connotation derived from the relations between design and the biological sciences, upon which Roberto de Rubertis exercised his patient critical acumen – offers a valuable opportunity to identify a solid and fertile node of thought, precisely at a historical moment when computational tools that manifest a nature which, until barely a generation ago, was entirely unforeseeable, may contribute to revitalising and further grounding the culture of design within the multifaceted field of human activity.

On this terrain, all the other contributions to this issue find in 'other' intelligence – artificial intelligence – the aid for their experiments and, in any case, an opportunity to weave a 'discourse' through the new 'tools' with which it is necessary to experiment rather than resist them; because 'everything comes back', we find ourselves in a situation similar to that generated by the advent of CAD in the last century. If, on the one hand, these developments initially provoked genuine divisions into opposing camps, on the other they stimulated a renewal in the study of Descriptive Geometry, of which many fruitful studies today provide compelling evidence.

Once again turning to the Treccani dictionary, under point (d) of the entry *intelligenza* one reads: "in cybernetics, artificial intelligence, partial reproduction of the intellectual activity proper to human beings (with particular regard to processes of learning, recognition and choice), achieved either through the elaboration of ideal models or, concretely, through the development of machines that predominantly employ electronic computers for this purpose (hence known as electronic brains)"[4]. The reluctance of many scholars can be found precisely in the idea of delegating choice to the machine, but one cannot fail to consider, 'always and in any case', the role of the person who operates it and their relationship with the machine itself.

In this regard, Oscar Wilde's words of 1882 come to mind: "Do you think, for instance, that we object to machinery? I tell you we reverence it; we reverence it when it does its proper work, when it relieves man from ignoble and soulless labour, not when it seeks to do that which is valuable only when wrought by the hands and hearts of men [...] their value depends entirely on the noble uses we make of them, on the noble spirit in which we employ them, not on the things themselves"[5]; and once again, how could one not refer to the thought of Francesco Flora, who in 1934 stated that "in the face of the machine one must behave with the discretion and charity that nature and civilised life have always expected of man. If the world is corrupt – and I say that it is not, if only because the quality of a few is enough to save it – it is certain that among the healthiest manifestations of life today are precisely machines"[6].

In the essays presented in this issue, in which the machine assumes an almost central role in 'making' and 'demonstrating', two *modus operandi* can be identified: that of the *bricoleur*, who works with what is available, reusing fragments, tools and materials originally created for other purposes and combining them according to contingent (apparent?) circumstances; and that of the *joueur*, who simultaneously keeps different and often incompatible conditions in play, delegating to the machine the production of a response. Two different attitudes which, precisely in their ability to attribute new uses, relationships and meanings to what is already given, can both be traced back to exaptation.

Even if Francesco Flora would probably have had his doubts about this.

3. Reference is made to the musical work: Jan Garbarek, The Hilliard Ensemble, *Mnemosyne*, ECM, 1999.

4. Istituto della Enciclopedia Italiana, *ibid*.

5. Wilde O. (1992), *L'arte e l'artigianato*, in Falzon A.R., edited by, *L'arredamento della casa e altre conferenze*, Milano, Mondadori, pp. 94-95.

6. Flora F. (1934), *Civiltà del Novecento*, Bari-Roma, Giuseppe Laterza & Figli, p. 8 (translated by the authors).

CC BY-SA

3. Si fa riferimento all'opera musicale: Jan Garbarek, The Hilliard Ensemble, *Mnemosyne*, ECM, 1999.

4. Istituto della Enciclopedia Italiana, cit.

5. Wilde O. (1992), *L'arte e l'artigianato*, in Falzon A.R., a cura di, *L'arredamento della casa e altre conferenze*, Milano, Mondadori, pp. 94-95.

6. Flora F. (1934), *Civiltà del Novecento*, Bari-Roma, Giuseppe Laterza & Figli, p. 8.

te decontestualizzati in una registrazione che restituisce un tessuto musicale autonomo, pur rispettoso – a tratti quasi filologicamente – degli elementi sonori originali[3]. Ma, a ben vedere, anche le esplorazioni condotte nell'alveo della Pop Art – così come, paradossalmente, avviene nella pratica surrealista o in buona parte dell'arte concettuale – mostrano come da forme già date (visive, sonore, scultoree o architettoniche) possano scaturire racconti, funzioni e significati del tutto estranei a quelli che ne avevano guidato la genesi.

Il modo in cui si è configurato il pensiero umano, verosimilmente anche in questo caso per ragioni di convenienza evolutiva, lo ha reso una sorta di macchina per costruire senso, capace di attribuire significati e funzioni alla congerie di fenomeni che esso individua nell'ambiente, naturale e artificiale, che lo circonda.

La riflessione sull'*exaptation* che questo numero di «XY» propone – attraverso una connotazione mutuata dalle relazioni tra progetto e scienze biologiche su cui Roberto de Rubertis ha esercitato il suo paziente acume critico – è un'occasione preziosa per individuare un nodo di pensiero solido e fertile, proprio nel momento storico in cui strumenti informatici che manifestano una natura, appena fino a una generazione fa del tutto imprevedibile, possono contribuire a rivitalizzare e a radicare ulteriormente la cultura del progetto nel variegato ambito dell'agire umano.

Su questo terreno, tutti gli altri contributi pubblicati trovano in "altra" intelligenza (quella artificiale) l'ausilio per le loro sperimentazioni e, comunque, l'occasione per tessere un "discorso" anche attraverso i nuovi "strumenti" con i quali è necessario sperimentare, piuttosto che riluttarli; poiché "tutto torna", ci ritroviamo in una situazione simile alle questioni determinate dall'avvento del CAD nel secolo scorso che, se da un lato hanno provocato in un primo tempo veri e propri schieramenti, dall'altro hanno sollecitato un rinnovamento negli studi di Geometria descrittiva di cui molti studi fecondi sono oggi patente testimonianza.

Chiedendo nuovamente aiuto al vocabolario Treccani, al punto d) del lemma "intelligenza" si legge: «in cibernetica, *i. artificiale* (traduz. dell'ingl. *artificial intelligence*), riproduzione parziale dell'attività intellettuale propria dell'uomo (con partic. riguardo ai processi di apprendimento, di riconoscimento, di scelta) realizzata o attraverso l'elaborazione di modelli ideali, o, concretamente, con la messa a punto di macchine che utilizzano per lo più a tale fine elaboratori elettronici (per questo detti cervelli elettronici)»[4]. La riluttanza di molti studiosi si ritrova esattamente nel pensare di demandare la scelta alla macchina, ma non si può non considerare, "sempre e comunque", il ruolo di chi opera e il rapporto di esso con la macchina stessa.

Tornano in mente, in questo senso, le parole di Oscar Wilde dette nel 1882. «Pensate, per esempio, che siamo contrari alle macchine? Vi dico piuttosto che le rispettiamo quando compiono il loro dovere, quando risparmiano all'uomo compiti ignobili e senz'anima, ma non quando cercano di realizzare ciò che è prezioso soltanto se viene fatto dalla mano e dal cuore degli uomini [...] il loro valore dipende esclusivamente dall'uso nobile che ne facciamo, dallo spirito nobile con cui le adoperiamo»[5]; ed ancora come non riferirsi al pensiero di Francesco Flora che nel 1934 afferma che «di fronte alla macchina bisogna comportarsi con discrezione e la carità che la natura e il vivere civile sempre si attesero all'uomo. Se il mondo è corrotto – e io dico che non lo è, non fosse perché a salvarlo basta la qualità di pochi – è certo che tra le più sane manifestazioni della vita di oggi sono proprio le macchine»[6].

Nei saggi presentati in questo numero, in cui la macchina assume un ruolo quasi centrale nel "fare" e nel "dimostrare", si rintracciano due *modus operandi*: quello del *bricoleur*, che lavora con ciò che ha a disposizione, riutilizzando frammenti, strumenti e materiali nati per altri scopi e combinandoli secondo circostanze contingenti (apparenti?); e quello del *joueur*, che tiene contemporaneamente in gioco condizioni diverse e spesso incompatibili, demandando alla macchina la produzione di una risposta. Due atteggiamenti differenti che, proprio nella capacità di attribuire nuovi usi, relazioni e significati a ciò che è già dato, possono entrambi ricondursi all'*exaptation*.

Anche se, di questo, Francesco Flora probabilmente avrebbe dubitato.

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4268

Techno-Aesthetic Exaptation: A Letter on Drawing from 2051

17 2026

Fabrizio Gay

This essay considers how the evolutionary principle of 'exaptation' – understood as the co-option of pre-existing structures or properties within new functional systems – may be extended to the domain of techno-aesthetic artefacts and rendered amenable to operational modelling there. Its thesis is developed through a retrospective fiction set in 2051: the environmental, technical, and cultural changes described in §§ 0.0-0.3 outline systems in which forms, functions, and environments transform one another, while generative AI makes some of these relations increasingly open to exploration (§§ 0.4-0.5). To demonstrate that exaptation is also a principle of design (§ 1.0), the essay distinguishes the evolutionary mechanisms of *Naturalia* and *Artificialia*, whilst identifying in both a principle of relational co-option (§ 1.1). The central thesis (stated in § 1.2) translates this principle into an operational criterion by means of several categories of structural semiotics: 'paradigm/syntagm', 'selection/combination', and the 'commutation test'. It argues, in other words, that by transferring and recombining a property within a new configuration, one may determine whether the variation produces a functionally pertinent difference. On the techno-aesthetic plane, the argument turns to Gilbert Simondon's philosophy, locating the evolutionary dynamic in the principle of 'concretisation', whereby the technical object evolves through the progressive integration of formerly separate functions and properties (§ 2.1). Since this process entails the reciprocal 'individuation' of the object and its *milieu associé* (§ 2.2), the essay specifies how the object renders sensible the system of relations between form, function, and environment. The technical object may thus operate as an aesthetic prosthesis, and its aesthetic quality emerges when these relations become perceptible and intelligible (§ 2.3). A comparison with the diachronic change of 'languages' and the transformation of 'styles' then shows how visual forms and cultural traits, too, may persist beyond their original context, migrate, and acquire new pertinences (§ 3.0). Because AI models trained through deep learning themselves exhibit exaptive dynamics, they make processes of transfer, recombination, and refunctionalisation computationally explorable (§ 3.1). Finally, multimodality extends this same exaptive logic to intersemiotic (intermodal) translations, thereby redefining Drawing as a discipline capable of exploring, comparing, and testing new possibilities of exaptation (§ 3.2).

Keywords: heuristics, individuation, morphogenesis.

0.0 Trento, 3 August 2051

Here too, in the old 'temperate zone', the summer of 2051 brings civic displays announcing 49°C in the shade. Then follow, with their customary administrative precision, the safeguard protocols: the suspension of daytime activities, the displacement of the city's hours, the temporary reconfiguration of habitable spaces. All this has long since become routine. And yet I believe you would still judge the quality of life in these places to be 'good'. I do not know, however, whether you would find them more beautiful than they were twenty-five years ago. Most probably, on average, they would appear to you a little 'more fractal and more theatrical'. I say 'fractal', first, with houses in mind. Do not ascribe to the term a geometrical rigour it does not possess here: it merely denotes a differentiation that tends to repeat itself, almost obstinately, at the several scales of the built environment. As you may readily imagine, climate adaptation forced us to relinquish the relative continuity of interiors that you will remember. Dwellings have become clusters of spaces, somewhat smaller and more varied than those of your time: reduced rooms, interposed greenhouses, filtering loggias, planted courtyards, chambers with different climates. For some time now, we have been unable to afford to heat, cool, or humidify a house – still less a garden – as though it were a single volume. It is easier for us to regulate the climates of distinct micro-environments according to the hour, their use, the organisms that inhabit them, and what is happening outside.

You will also imagine how the building enve-

CC BY-SA

17 2026

Exaptation tecno-estetica: una lettera sul disegno dal 2051

Fabrizio Gay

Il saggio tratta di come il principio evolutivo di *exaptation* – inteso come cooptazione di strutture o proprietà preesistenti entro nuovi sistemi funzionali – possa essere esteso e reso operativamente modellizzabile nel dominio degli artefatti tecno-estetici. La tesi è trattata attraverso una finzione retrospettiva dal 2051: i mutamenti ambientali, tecnici e culturali descritti nei §§ 0.0-0.3 delineano sistemi nei quali forme, funzioni e ambienti si trasformano reciprocamente, mentre l'AI generativa rende sempre più esplorabili alcune di queste relazioni (§§ 0.4-0.5). Per dimostrare che il tema dell'*exaptation* è anche un principio della progettazione (§ 1.0), il saggio distingue i meccanismi evolutivi di *Naturalia* e *Artificialia*, riconoscendo tuttavia in entrambi un principio di cooptazione relazionale (§ 1.1). La tesi centrale (enunciata in § 1.2) consiste nel tradurre tale principio in un criterio operativo mediante alcune categorie della semiotica strutturalista: quelle di "paradigma/sintagma", "selezione/combinazione" e "prova di commutazione". Cioè, sostiene che trasferendo e ricombinando una proprietà entro una nuova configurazione, è possibile verificare se la variazione produca una differenza funzionalmente pertinente. Specificando sul versante tecno-estetico, il contributo si riferisce alla filosofia di Gilbert Simondon, identificando la dinamica evolutiva nel principio di "concretizzazione" per cui l'oggetto tecnico evolve integrando progressivamente funzioni e proprietà prima separate (§ 2.1). Indicando che tale processo implica una "individuazione" reciproca dell'oggetto e del suo *milieu associé* (§ 2.2), si precisa come l'oggetto renda sensibile il sistema di relazioni fra forma, funzione e ambiente. L'oggetto tecnico può così operare come protesi estetica, e la sua qualità estetica emerge quando queste relazioni diventano percepibili e intelligibili (§ 2.3). Un confronto con il mutamento diacronico delle "lingue" e con le trasformazioni degli "stili" mostra poi come anche forme visuali e tratti culturali possano persistere oltre il proprio contesto, migrare e acquistare nuove pertinenze (§ 3.0). Dato che i modelli AI addestrati mediante *deep learning* sono formati attraverso dinamiche esattive, essi rendono computazionalmente esplorabili i processi di trasferimento, ricombinazione e rifunzionalizzazione (§ 3.1). Infine, la multimodalità estende questa stessa logica esattiva alle traduzioni intersemiotiche (intermodali), ridefinendo così il Disegno come disciplina capace di esplorare, confrontare e verificare nuove possibilità di exattamento (§ 3.2).

Parole chiave: euristica, individuazione, morfogenesi.

0.0 Trento, 3 agosto 2051

Anche qui, nella vecchia "zona temperata", l'estate del 2051 porta i *display* civici ad annunciare 49°C all'ombra. E seguono, con l'abituale precisione amministrativa, i protocolli di salvaguardia: sospensione delle attività diurne, slittamento degli orari della città, temporanea riconfigurazione degli spazi abitabili. Tutto questo ormai è diventato routinario. E, tuttavia, credo che giudicherai ancora "buona" la qualità della vita in questi luoghi. Ma non so se li troverai più belli di venticinque anni fa. Molto probabilmente ti appariranno, mediamente, un po' "più frattali e più teatrali".

Dico "frattali", anzitutto, pensando alle case. Non attribuire al termine un rigore geometrico che qui non possiede: esso indica soltanto una differenziazione che tende a ripetersi, quasi per ostinazione, alle diverse scale dell'ambiente costruito. Come puoi facilmente immaginare, l'adattamento climatico ci ha costretto a rinunciare alla relativa continuità degli interni che ricorderai. Gli alloggi sono diventati gruppi di ambienti un poco più piccoli e vari d'allora: stanze ridotte, serre interposte, logge filtranti, corti vegetate, vani con climi differenti. Da tempo non possiamo più permetterci di riscaldare, raffrescare o umidificare una casa – meno ancora un giardino – come se costituisse un unico volume. Ci è più facile regolare i climi di microambienti distinti secondo le ore, gli usi, gli organismi che li abitano e ciò che accade fuori.

Immaginerai anche come l'involucro dell'edificio abbia cessato di essere, in senso proprio, un semplice confine. Funziona piuttosto come un sistema di membrane selettive: governa

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4269

lope has ceased to be, in any strict sense, a mere boundary. It functions instead as a system of selective membranes: it governs thermal, luminous, hydric, and atmospheric exchanges and, at times, even biological ones. Half a century ago, we would have called all this 'biomimicry'. Today, the word seems naïve to us, almost comic. Architecture no longer imitates living beings: it co-opts certain operative principles from them and transfers those principles to other materials, functions, and scales.

This same logic extends far beyond the house. The neighbourhood, too, has become a mosaic of surfaces endowed with different behaviours. Roofs, streets, courtyards, car parks, gardens, and soils – which we once treated as the city's inert mineral support – absorb, filter, retain, and redistribute rain; they cast shade, evaporate water, deflect or slow the air; they host plants, insects, and specific microbial communities; they alter temperature and humidity locally. In all this, you will recognise the distant descendant of the Chinese 'sponge cities' of the century's first decades. By now, however, agroecology, agroforestry, soil regeneration, and vegetative continuities have extended that logic well beyond the city, to the point where it has become territorial. The boundary between the 'inside and outside' of the house is now highly articulated. More arbitrary, then, has it become to say where the city ends, and the countryside begins; everywhere one encounters instead gradients, thresholds, filters, membranes, and niches, each capable of regulating something.

Travelling through these places by public transport, humanity itself might seem still more fractal to you. The public mobile cabins (private ones are forbidden here) look, at first glance, like nursing homes in motion – and I allow myself the sarcasm because today I turn eighty-eight. They carry long-lived bodies, fat or slender, tattooed, prosthetically augmented, made-up, modified, and dressed according to increasingly idiolectal codes; bodies of every age, provenance, and identity. Had I encountered this humanity on my train journeys half a century ago, I would have invoked a 'teratology', something between Rabelais, the *cantina* in *Star Wars*, *Blade Runner* and the hybrid populations of China Miéville: not a catalogue of monsters, but the ordinary variety of forms that human beings have chosen to make visible – at least in those democracies where, thanks to 'the starry heavens', no one is required to resemble anyone else.

0.1 Two Consubstantial Meanings of 'Atmosphere'

I am trying, rather ineptly, to convey to you the atmosphere of this place today. Yet I realise that the word 'atmosphere' has for you at least two meanings which you regard as very different. I began by trying to present to you the atmosphere in its meteorological, physical, and ecological sense: temperature, humidity, air quality, radiation, wind, water, particles, and microorganisms. All these conditions are physically measurable and, at least in part, technologically modifiable through membranes, vegetation, surfaces, and regulatory systems.

I am also trying to convey this 'atmosphere' in its aesthetic sense: the affective and expressive quality with which this place offers itself to experience, before its components are analytically distinguished. In this sense, atmosphere belongs neither solely to things nor solely to those who perceive them; it is, rather, a kind of 'environmental affordance' (Gay, Cazzaro 2024), arising from their relation and from the interweaving of very different factors – light, temperature, sounds, materials, bodies, distances, smells, figures, protocols, signs, memories, expectations, conventions and styles.

In even more concrete, textual terms, I mean 'cultural atmospheres'. Here, the matter is neither merely a subjective state of mind nor merely a physical property of place: it is, really (realistically) a 'social object' – in the sense of Maurizio Ferraris's weak textualism – because it acquires public consistency through shared practices, recognitions, and inscriptions. At the same time, the public traits of this atmosphere belong to a culture's Encyclopaedia, in Umberto Eco's sense: that historically sedimented ensemble of competences, memories, conventions and expectations which makes the recollection of a library, the solemnity of a lecture hall or the melancholy of a ruin recognisable (and communicable). Precisely because it is socially instituted and encyclo-

CC BY-SA

scambi termici, luminosi, idrici e atmosferici e, talvolta, persino biologici. Mezzo secolo fa avremmo chiamato tutto questo "biomimesi". Oggi la parola ci sembra ingenua, quasi comica. Ma l'architettura non imita più i viventi: ne coopta certi principi operativi e li trasferisce ad altre materie, funzioni e scale.

Questa stessa logica continua ben oltre la casa. Anche il quartiere è divenuto un mosaico di superfici dotate di comportamenti differenti. Tetti, strade, corti, parcheggi, giardini e suoli – che un tempo trattavamo come l'inerte supporto minerale della città – assorbono, filtrano, trattengono e redistribuiscono le piogge; fanno ombra, evaporano, deviano o rallentano l'aria; ospitano piante, insetti e specifiche comunità microbiche; modificano localmente temperatura e umidità. Riconoscerai in tutto questo il lontano discendente delle "città-spugna" cinesi dei primi decenni del secolo. Ma ora, l'agroecologia, l'agroforestazione, la rigenerazione dei suoli e le continuità vegetali hanno esteso quella logica ben oltre la città, fino a renderla territoriale. Il confine tra "dentro e fuori" della casa è oggi molto articolato. A maggior ragione è divenuto ancor più arbitrario affermare dove finisce la città e dove comincia la campagna; ovunque incontri piuttosto gradienti, soglie, filtri, membrane e nicchie, ciascuno capace di regolare qualcosa.

Viaggiando in questi posti su un mezzo pubblico, forse l'umanità ti sembrerà ancor più frattale. Gli abitacoli mobili pubblici (qui, quelli privati sono banditi) ricordano, a prima vista, gerontocomi in movimento – e mi permetto l'espressione sarcastica perché oggi compio ottantotto anni. Vi prendono posto corpi longevi, grassi o esili, tatuati, protesizzati, truccati, modificati e vestiti secondo codici sempre più idiolettali; età, provenienze e identità. Se avessi incontrato questa umanità nei miei viaggi in treno di mezzo secolo fa, avrei invocato una "teratologia", qualcosa fra Rabelais, la cantina di *Star Wars*, *Blade Runner* e le popolazioni ibride di China Miéville: non come un catalogo di mostri, ma l'ordinaria varietà delle forme che gli esseri umani hanno scelto di dare a vedere; almeno in quelle democrazie nelle quali – grazie "al cielo stellato" – nessuno è tenuto a somigliare agli altri.

0.1 Due consustanziali accezioni di "atmosfera"

Cerco, maldestramente, di comunicarti l'atmosfera di oggi qui. Ma mi rendo conto che la parola "atmosfera" ti vale almeno in due sensi che reputi molto diversi. Ho cominciato cercando di farti presente l'atmosfera in senso meteorologico, fisico ed ecologico: temperatura, umidità, qualità dell'aria, irraggiamento, vento, acqua, particelle, microrganismi. Queste sono tutte condizioni fisicamente misurabili e, almeno in parte, tecnologicamente modificabili attraverso membrane, vegetazione, superfici e sistemi di regolazione.

Cerco anche di comunicarti questa "atmosfera" intesa nel suo significato estetologico: riferendomi alla qualità affettiva ed espressiva con cui questo luogo si offre all'esperienza, prima ancora che se ne distinguano analiticamente le componenti. In questo senso l'atmosfera non appartiene né soltanto alle cose né soltanto a chi le percepisce: è piuttosto una sorta di "*affordance* ambientale" (Gay, Cazzaro 2024), che nasce dalla loro relazione e dall'intreccio di fattori molto diversi – luce, temperatura, suoni, materiali, corpi, distanze, odori, figure, protocolli, segni, memorie, aspettative, convenzioni, stili.

In modo ancora più concreto e testuale, io mi riferisco alle "atmosfere culturali". In questo caso, non si tratta solo di uno stato d'animo soggettivo né solo di una proprietà fisica del luogo: si tratta, realmente (realisticamente), di un "oggetto sociale" – nel senso del testualismo debole di Maurizio Ferraris – perché acquista consistenza pubblica attraverso pratiche, riconoscimenti e iscrizioni condivise. Al tempo stesso, i tratti pubblici di questa atmosfera appartengono all'"enciclopedia" di una cultura, nel senso di Umberto Eco: a quell'insieme storicamente sedimentato di competenze, memorie, convenzioni e aspettative che rende riconoscibili (comunicabili) il raccoglimento di una biblioteca, la solennità di un'aula o la malinconia di una rovina. Proprio perché socialmente istituita ed enciclopedicamente codificata, un'atmosfera culturale può essere descritta, confrontata, trasmessa e, entro certi limiti, progettata, disegnata, pre-espressa, persino stereotipata.

0.2 Ambienti di cose memori

Per descriverti quanto è cambiato, in un quar-

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4269

1



Figure 1
View of the Campo dei Miracoli in Tokyo, 2032. Above, a section of Francesco Orlando's taxonomy (Orlando 1993) concerning the perception of the passage of historical time in literary images of non-functional materiality.

Figure 2
View of the Campo dei Miracoli in Tokyo, 2040. Above, a section of Francesco Orlando's taxonomy (Orlando 1993) concerning the incidence of the present upon images of non-functional materiality.

paedically encoded, a cultural atmosphere may be described, compared, transmitted, and, within certain limits, designed, drawn, pre-expressed, even stereotyped.

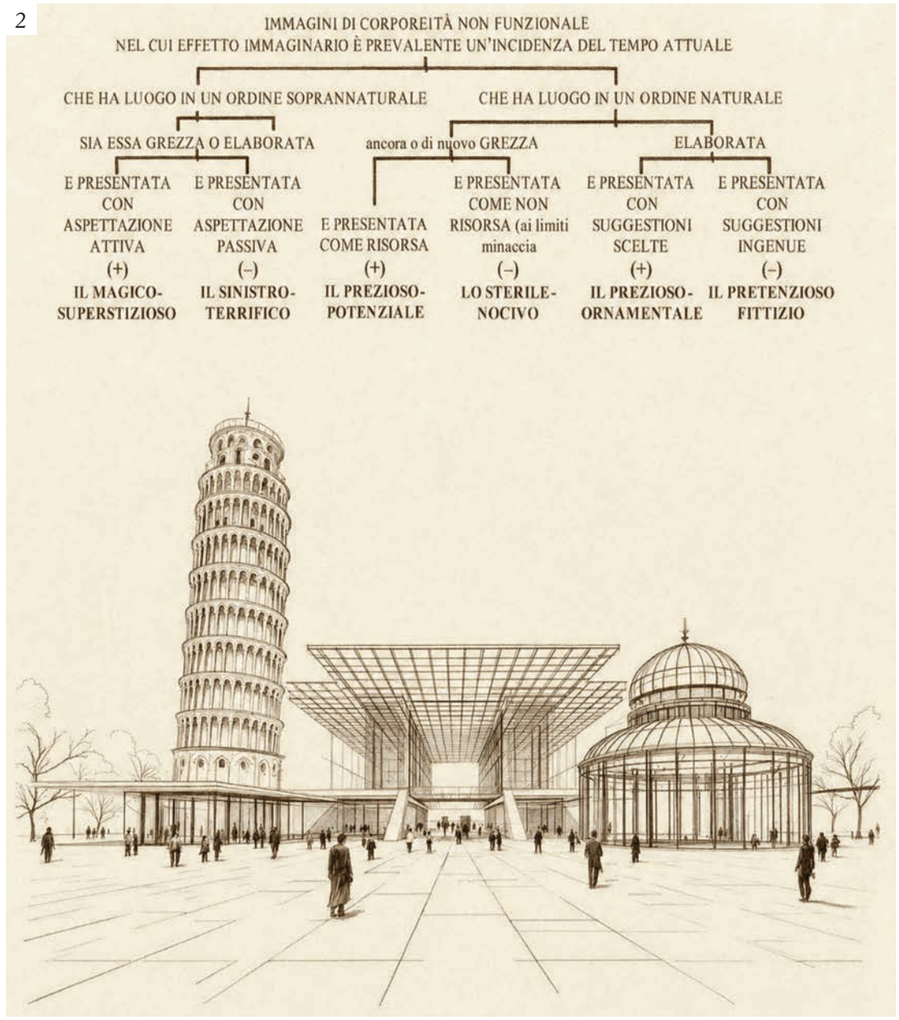
0.2 Environments of Memory-Bearing Things
To describe how greatly the character of these environments has changed in a quarter of a century, I have used only two adjectives: 'fractal' and 'theatrical'. The first concerns, above all, their spatial organisation, increasingly articulated into thresholds, niches and micro-environments capable of regulating different physical, meteorological and ecological conditions. 'Theatrical', by contrast, is what you would call the way in which many places compose, intensify, and render recognisable their own cultural atmospheres. Perhaps the most strongly characterised and technically sophisticated environments would also appear to you the most theatrical, both indoors and in open spaces. You would find them strangely populated by old things: relics, reused materials, fragments of buildings, surviving trees,

BY-SA

Figura 1
Veduta del Campo dei Miracoli a Tokyo, 2032. In alto, settore della tassonomia di Francesco Orlando (Orlando 1993) relativo alla percezione del decorso del tempo storico nelle immagini letterarie di corporeità non funzionale.

Figura 2
Veduta del Campo dei Miracoli a Tokyo, 2040. In alto, settore della tassonomia di Francesco Orlando (Orlando 1993) relativo all'incidenza del tempo attuale sulle immagini di corporeità non funzionale.

2



to di secolo, il carattere di questi ambienti, ho usato soltanto due aggettivi: "frattale" e "teatrale". Il primo riguarda soprattutto la loro organizzazione spaziale, sempre più articolata in soglie, nicchie e microambienti capaci di regolare condizioni fisiche, meteorologiche ed ecologiche differenti. "Teatrale", diresti invece, del modo in cui molti luoghi compongono, intensificano e rendono riconoscibili le proprie atmosfere culturali. E forse proprio gli ambienti più topici e tecnicamente sofisticati ti apparirebbero anche i più teatrali, negli interni come negli spazi aperti. Li troveresti stranamente popolati di cose antiche: reliquie, materiali reimpiegati, frammenti di edifici, alberi sopravvissuti, mobili riparati, macchine riconvertite, strutture industriali trasformate. Ovunque incontreresti oggetti che esibiscono senza imbarazzo la propria età e provenienza, benché il loro uso presente non coincida più con quello per cui erano stati prodotti (figg. 1-3)[1]. A prima vista diresti anzitutto "teatrale": non perché la scena è artificiosa o spettacolare, ma, al contrario, perché composta da

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4269

3



Figure 3
View of the Campo dei Miracoli in Tokyo, 2044. Above, an oppositional synthesis of the final categories in Francesco Orlando's taxonomy (Orlando 1993): historicity/transience and the positive/negative valuation of the collective perception of time's passage in literary images of non-functional elements.

Figure 4
Study of urban metabolism, 2033. Relations among infrastructures, natural systems, and ecological and logistical flows in a coastal port territory.

repaired furniture, converted machines, transformed industrial structures. Everywhere you would encounter objects that display their age and provenance without embarrassment, although their present use no longer coincides with that for which they were made (figs. 1-3)[1].
At first sight, you would call the scene 'theatrical': not because it is artificial or spectacular, but, on the contrary, because it is composed of genuine heterogeneous presences, each sharply characterised and called upon to make its part legible within a common whole.
Rather than 'theatrical', you will judge these environments to be 'memory-bearing', because you will recognise an authenticity in them: no longer entrusted to the stylistic integrity of an ensemble or to a postmodern masquerade, but to the legible coexistence of a place's several genealogies. An element may belong materially to one period, functionally to another, and symbolically to a third. This is why spaces will sometimes strike you as resembling theatrical scenes: not because they are false but, on the contrary, because irreducibly real things are gathered there, each a witness – almost a relic – of its own history, now summoned to play a part different from the one for which it first came on stage.
For this reason, many of today's urban spaces would remind you of that fragment Nietzsche wrote some hundred and seventy years ago: "A hundred profound solitudes together make the city of Venice – that is its enchantment. An image for the men of the future"[2].
Venice was prophetic in both senses of 'at-

BY-SA

4

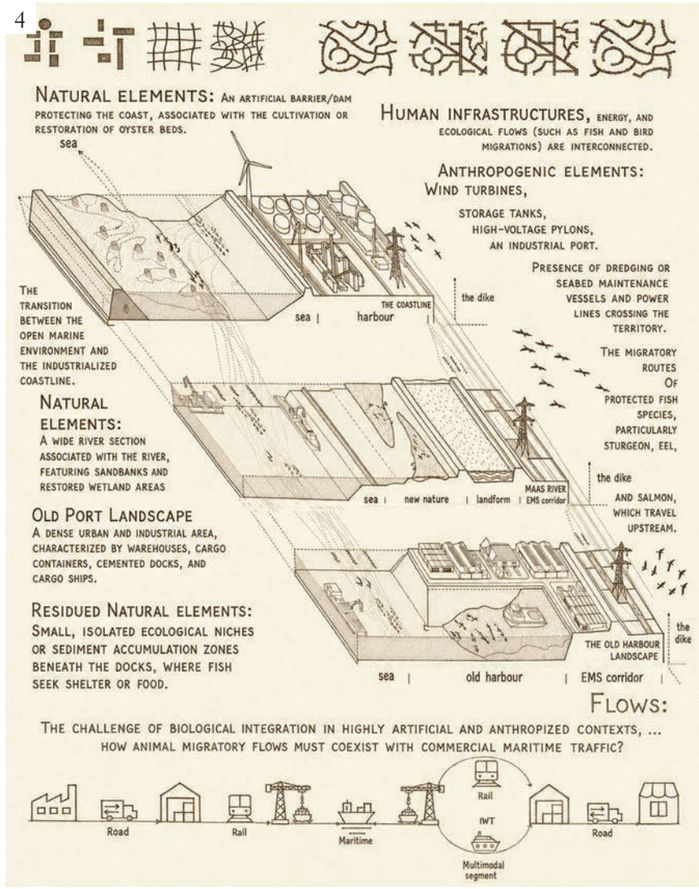


Figura 3
Veduta del Campo dei Miracoli a Tokyo, 2044. In alto, sintesi oppositiva delle categorie finali della tassonomia di Francesco Orlando (Orlando 1993): storicità/caducità e valorizzazione positiva/negativa della percezione collettiva del decorso del tempo nelle immagini letterarie di elementi non funzionali.

Figura 4
Studio di metabolismo urbano, 2033. Relazioni tra infrastrutture, sistemi naturali e flussi ecologici e logistici in un territorio portuale costiero.

quella per cui era entrata in scena.
Per questo molti spazi urbani di oggi ti ricorderebbero proprio quel frammento di Nietzsche scritto circa centosettant'anni fa: «Cento profonde solitudini formano insieme la città di Venezia – questo è il suo incanto. Un'immagine per gli uomini del futuro»[2].
Venezia fu profetica nei due sensi di "atmosfera". Lo fu anzitutto in quello estetico e culturale: la sua forma teneva insieme presenze diverse senza abolirne la distanza semiotica, era spazio conteso, non dissolveva l'individuo in una folla, né le identità visive in uno stile comune. Quelle cento solitudini che Nietzsche poteva ancora cogliere come profetica singolarità veneziana sono diventate per noi una condizione ordinaria: lo spazio comune è tanto più topico quanto più è conteso tra più solitudini che si avvicinano, si espongono reciprocamente e si ritirano senza cessare di appartenere allo stesso ambiente.
Ma Venezia fu profetica anche per la sua gestione millenaria dell'"atmosfera" fisica e ecologica. Per secoli la città aveva dovuto negoziare continuamente il proprio limite con acqua, aria, salinità, umidità, sedimenti e organismi viventi. Non possedeva un confine netto tra natura e artificio: esisteva attraverso argini, fondazioni, canali, barene, pozzi, rive, soglie e manutenzioni incessanti. Era, per così dire, un ambiente costruito che non poteva permettersi di dimenticare il proprio *milieu*.
È questa duplice alterità – culturale e ambientale – che rende oggi il vecchio mito veneziano stranamente attuale. Venezia non è stata profetica perché ha anticipato la forma visiva della città futura, ma perché ha reso presto evidente una condizione che altrove poteva ancora essere rimossa: abitare significa comporre differenze senza annullarle e governare un ambiente contraddittorio senza potersene separare. Per più di un millennio funzionò come una smisurata macchina "artificialmente naturale": una città e un territorio interamente costruiti e, nello stesso tempo, incessantemente mantenuti attraverso una moltitudine di costosi interventi tecnici: dalla regolazione dei fondali alla manutenzione delle rive, dalla deviazione delle acque fluviali alla difesa delle barene, fino alla sperimentazione vegetale.

vere presenze eterogenee, ciascuna fortemente caratterizzata e chiamata a rendere leggibile la propria parte dentro un insieme comune.
Più che "teatrali", giudicherai questi ambienti "memori", perché riuscirai a riconoscervi dell'autenticità: non più affidata all'integrità stilistica di un insieme, a una carnevalata postmoderna, ma alla compresenza leggibile delle diverse genealogie di un luogo. Un elemento può appartenere materialmente a un'epoca, funzionalmente a un'altra, simbolicamente a una terza. Per questo gli spazi ti risulteranno talvolta simili a scene teatrali: non perché siano finti, ma, al contrario, perché vi si trovano riunite cose irriducibilmente vere, ciascuna testimone – quasi reliquia – della propria storia, chiamata ora a svolgere una parte diversa da

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4269

mosphere'. It was prophetic first in the aesthetic and cultural sense: its form held different presences together without abolishing their semiotic distance; it was a contested space that dissolved neither the individual into a crowd nor visual identities into a common style. Those hundred solitudes, which Nietzsche could still perceive as Venice's prophetic singularity, have become an ordinary condition for us: common space becomes more intensely a place the more it is contested among solitudes that draw near, expose themselves to one another, and withdraw without ceasing to belong to the same environment.
Yet Venice was also prophetic in its millennial management of the physical, ecological 'atmosphere'. For centuries, the city had been continually compelled to negotiate its boundaries with water, air, salinity, humidity, sediments, and living organisms. It possessed no clear frontier between nature and artifice: it existed through embankments, foundations, canals, salt marshes, wells, quays, thresholds, and unremitting maintenance. It was, so to speak, a built environment that could not afford to forget its own *milieu*.
It is this double alterity – cultural and environmental – that makes the old Venetian myth so strangely current today. Venice was not prophetic because it anticipated the visual form of the future city, but because it made evident early a condition that elsewhere could still be repressed: to inhabit is to compose differences without cancelling them and to govern a contradictory environment from which one cannot detach oneself. For more than a millennium, it functioned as an immeasurable 'artificially natural' machine: a city and territory wholly constructed and, at the same time, incessantly maintained through a multitude of costly technical interventions – from the regulation of the seabed to the upkeep of the quays, from the diversion of river waters to the defence of the salt marshes, and as far as experiments with vegetation.
What appeared to be Venice's 'naturalness' was a myth of its own marketing: the myth of Venice as a city-territory in equilibrium with the lagoon, an equilibrium that had continually to be reproduced. In fact, it was the result of continuous and immense artificial labour. Its balance was therefore always metastable: a provisional composition of natural and technical processes requiring ceaseless adjustments between the Venetian atmosphere and semiosphere.

0.3 Ecosystemic Design
What the Venetian Republic tested out of local necessity was only a remote prototype of the serendipitous ecosystemic design to which we are now compelled in almost every field of design. Let me explain.
As you will unfortunately know, we achieved carbon neutrality too late. Nor did achieving it restore the climate we had lost; it merely prevented further deterioration. What remains habitable today we owe above all to a lucid 'design culture' and to a multitude of successful local projects. We owe it largely to the fact that every 'project' is now 'ecosystemic': it must mediate among human, technical, climatic, vegetal, animal, and infrastructural requirements, often competing and sometimes incompatible (fig. 4).
Designing has become far less schematic: it no longer means isolating a problem from its context to optimise a single performance. Today, it is a humbler, more concrete, and more complex practice of mediation: it modifies a system of relations locally, in the knowledge that every intervention alters others. Every design intervention now concerns a co-evolving environment, in which every form is already invested with multiple ends, and every decision modifies a network of dependencies. No doctor, urbanist, or designer today – and no simulation system – merely 'applies' a pre-existing model to a given problem. Every forecast, every product form, and every decision now proceeds by reactivating prior knowledge, often transferring it into domains for which it was not conceived and recombining it under new conditions of use. I shall now try to explain how the forms of design – the prefiguration of objects, environments, practices, and ways of life – have thus become fundamentally 'heterogenetic'[3]: they no longer descend from a single creative intention but emerge at the intersection of different genealogies, constraints, memories, and potentialities. It is not easy to make clear in a few lines what we now mean by 'heterogenetic' design, nor to exemplify the forms of representation it en-

CC BY-SA

Quella che appariva come la "naturalità" di Venezia era un mito del suo marketing; il mito di Venezia come città-territorio in equilibrio con la laguna, che doveva essere continuamente ri-prodotto. Di fatto era il risultato di un continuo, immane, lavoro artificiale. Perciò il suo equilibrio fu sempre metastabile: una composizione provvisoria di processi naturali e tecnici che richiedeva aggiustamenti continui tra atmosfera e semiosfera veneziana.

0.3 Progettazione ecosistemica
Ciò che la Repubblica di Venezia sperimentò per necessità locale fu soltanto un remoto prototipo della serendipica progettazione ecosistemica alla quale oggi siamo costretti in quasi ogni campo del design. Mi spiego.
Come purtroppo saprai, la neutralità carbonica l'abbiamo raggiunta troppo tardi. E raggiungerla non restituì il clima perduto; impedì soltanto che il deterioramento climatico proseguisse indefinitamente. Ciò che oggi rimane abitabile lo dobbiamo soprattutto a una chiara "cultura progettuale" e a una moltitudine di progetti locali ben riusciti. Lo dobbiamo in gran parte al fatto che ogni "progetto" è ormai "ecosistemico": deve mediare fra esigenze umane, tecniche, climatiche, vegetali, animali e infrastrutturali, spesso concorrenti e talvolta incompatibili (fig. 4).
Progettare è assai meno schematico: non significa più isolare un problema dal suo contesto per ottimizzarne una singola prestazione. È oggi una più umile, concreta e complessa pratica di mediazione: modifica localmente un sistema di relazioni sapendo che ogni intervento ne altera altre. Ogni intervento progettuale oggi riguarda un ambiente in coevoluzione, nel quale ogni forma è già investita di molteplici finalità e ogni decisione modifica una rete di dipendenze. Oggi nessun medico, urbanista, progettista – e nessun sistema di simulazione – si limita più ad "applicare" un modello preesistente a un problema dato. Ogni previsione, ogni forma di prodotto, ogni decisione procede oggi dalla riattivazione di conoscenze anteriori, spesso provenienti dal loro trasferimento verso domini per i quali non erano state concepite e dalla loro ricombinazione entro nuove condizioni d'uso. Provo ora a spiegare che anche le forme di design – la prefigurazione degli oggetti, degli ambienti, delle pratiche e dei modi di vita – sono così divenute fondamentalmente "eterogenetica"[3]: non discendono più da una singola intenzione creatrice, ma emergono dall'intersezione di genealogie, vincoli, memorie e potenzialità differenti.
Non è facile chiarirti in poche righe che cosa intendiamo oggi per progettazione "eterogenetica", né esemplificarti le forme di rappresentazione che essa comporta. Ma è precisamente per questo che ti scrivo; non per chiacchierare su vaghi concetti, ma per indicare il funzionamento di modelli operativi basati sulla nozione di "exattamento".

0.4 Il disegno artificiale come traduzione intersemiotica
Permettimi di partire dai fatti più ovvi, perché sono anche i più strutturali. Perdona il mio vetero-marxismo, ma continuo a pensare che «l'umanità non si propone se non quei problemi che può risolvere» (Marx 1859: 11). Così, le forme di prefigurazione progettuale con modelli di "eterogenesi" non sarebbero state concepibili senza lo sviluppo, negli anni Venti, delle applicazioni generative e agentive dell'intelligenza artificiale[4] e il successo dei modelli morfogenetici nella disciplina del disegno.
Questi strumenti modificarono radicalmente i mezzi con cui potevamo raccogliere, confrontare, tradurre e ricombinare quantità immense di informazioni eterogenee; coordinare dati relativi a sistemi materiali, biologici e climatici differenti; ma anche operare sui fattori culturali ed estetici per calcolare le potenzialità espressive di cose con diverse "durate significanti". Le protesi cognitive sviluppate dall'AI accrebbero le possibilità del Disegno: resero testi, immagini, dati, modelli e simulazioni reciprocamente traducibili entro uno stesso processo progettuale, facendo della rappresentazione una forma molto avanzata di "traduzione intersemiotica". Non produssero soltanto una nuova infrastruttura tecnica del progetto: ne trasformarono contemporaneamente il "disegno", ovvero la cultura estetica ed euristica, modificando insieme le condizioni materiali della produzione delle forme e i criteri con cui imparavamo a immaginarle, a

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4269

tails. Yet that is precisely why I am writing to you: not to chatter about vague concepts, but to indicate how operational models based on the notion of 'exaptation' function.

0.4 Artificial Drawing as Intersemiotic Translation

Allow me to begin with the most obvious facts, for they are also the most structural. Forgive my old-fashioned Marxism, but I still believe that "mankind always sets itself only such tasks as it is able to solve" (Marx 1859: 11). Thus, forms of design prefiguration based on models of 'heterogenesis' would have been inconceivable without the development, during the 2020s, of generative and agentic applications of artificial intelligence[4] and the success of morphogenetic models within the discipline of Drawing.

These instruments radically altered how we could collect, compare, translate, and recombine immense quantities of heterogeneous information; coordinate data across different material, biological, and climatic systems; and operate upon cultural and aesthetic factors to calculate the expressive potential of things with different 'signifying durations'. The cognitive prostheses developed through AI enlarged the possibilities of Drawing: they made texts, images, data, models, and simulations mutually translatable within a single design process, turning representation into a highly advanced form of 'intersemiotic translation'. They did not merely produce a new technical infrastructure for design; at the same time, they transformed its 'drawing' – its aesthetic and heuristic culture – altering both the material conditions under which forms were produced and the criteria by which we learned to imagine, recognise and judge them.

You will remember how widespread the fear then was – not unfounded[5], but often badly formulated – that machines would deprive human beings not only of work, but also of agency, authorship, and even their most basic faculties. Algorithmic development did indeed provoke vast and sometimes traumatic economic restructurings; it caused considerable deskilling. Yet it did not abolish the old trades wholesale. It decomposed them: it transferred skills, separated and recombined tasks, changed the objects upon which those skills were exercised, and reoriented their forms of craftsmanship.

Mechanical technicians learned to regulate bioreactors and fermentation plants; mining and metallurgical expertise was transferred to the recovery of critical metals from the immense deposits constituted by cities' electronic waste; the farmer increasingly became the custodian of an ecosystem composed at once of soils, plants, insects, microorganisms, sensors, and algorithms.

Craft authorship did not disappear, and not only because more people were needed who could lay their hands on old techniques. The more familiar professions also survived, as forms survive: not by remaining intact, but by finding other functions. So, it was with drawing. Nor did the designer's profession become extinct. It ceased, however, to be represented through the old mythology of the 'creator' *ex nihilo*, as though every project began before the virginity of a blank sheet – a virginity that had never existed. Designers finally realised that they were merely mediators among contradictory demands and therefore translators among heterogeneous models: models which the computation developed over the previous thirty years had rendered partially commensurable without making them equivalent.

This was the decisive turn for design drawing. Within the same design process, it became possible to compare thermal performance and perceptual qualities, biodiversity and maintenance costs, physiological needs and heritage constraints, water cycles and social behaviours. Multimodal systems could relate their multiple correlates – forms, images, texts, sounds, behaviours, materials, and documented memories – and treat them within a single decision-making process without pretending that they belonged to the same scale of measurement. They did not make heterogeneous phenomena equivalent; rather, they made some of their translations practicable. Unexpected correspondences sometimes emerged from these translations. The structure of a bone might inform the model of a building; a textile technique might suggest how a façade should work; a clinical protocol might offer a principle for maintaining an aqueduct or a cultivated field; a hydrological model might be reused to describe flows of people or energy.

CC BY-SA

riconoscerle e a giudicarle.

Ricorderai quanto era allora diffuso il timore – non infondato[5], ma spesso mal formulato – che le macchine sottraessero agli esseri umani non soltanto il lavoro, ma anche l'*agency*, l'autorialità fino alle facoltà basilari. Lo sviluppo algoritmico provocò effettivamente ristrutturazioni economiche vaste e talvolta traumatiche; causò parecchio *deskilling*. Ma non abolì in blocco gli antichi mestieri. Li scompose: trasferì competenze, separò e ricombinò mansioni, mutò gli oggetti sui quali quelle competenze venivano esercitate e orientò diversamente le loro artigianalità.

I tecnici della meccanica impararono a regolare bioreattori e impianti di fermentazione; competenze minerarie e metallurgiche furono trasferite al recupero dei metalli critici nei giganteschi giacimenti costituiti dagli scarti elettronici delle città; l'agricoltore divenne sempre più il custode di un ecosistema composto da suoli, piante, insetti, microrganismi, sensori e algoritmi.

L'autorialità artigianale non scomparve, non solo perché occorsero più persone capaci di mettere le mani in tecniche antiche. Sopravvissero anche le professioni più usuali, come sopravvivono le forme: non conservandosi intatte, ma trovando altre funzioni. Così fu per il disegno.

Neppure il mestiere del designer si estinse. Cessò però di essere rappresentato attraverso la vecchia mitologia del "creativo" *ex nihilo*, come se ogni progetto cominciasse davanti alla verginità di un foglio bianco – verginità che non era mai esistita. I progettisti si resero finalmente conto di essere dei meri mediatori fra istanze contraddittorie, dunque, dei traduttori fra modelli eterogenei, modelli che il calcolo sviluppato nell'ultimo trentennio rese parzialmente commensurabili senza renderli equivalenti.

Fu questo il passaggio decisivo per il disegno di progetto. Si poterono confrontare, entro lo stesso processo progettuale, prestazioni termiche e qualità percettive, biodiversità e costi di manutenzione, esigenze fisiologiche e vincoli patrimoniali, cicli idrici e comportamenti sociali. I sistemi multimodali poterono mettere in relazione i loro molteplici correlati – forme, immagini, testi, suoni, comportamenti, materiali, memorie documentate – e trattarli entro uno stesso processo decisionale, senza pretendere che appartenessero alla stessa scala di misura. Non resero equivalenti fenomeni eterogenei: piuttosto resero praticabili alcune delle loro traduzioni. Da queste traduzioni emergevano talvolta corrispondenze impreviste. La struttura di un osso poteva informare il modello di un edificio; una tecnica tessile suggerire il funzionamento di una facciata; un protocollo clinico offrire un principio per la manutenzione di un acquedotto o di un campo coltivato; un modello idrologico essere riutilizzato per descrivere flussi di persone o di energia.

0.5 Exattamento artificiale

Ma l'uso di queste protesi cognitive del disegno e del progetto non ha causato solo *deskilling*; al contrario, ha richiesto e imposto un grado di consapevolezza (coscienza teorica) altrettanto elevato, e non solo sul piano della fisica ambientale. L'uso padrone delle protesi cognitive e percettive AI cambiò il significato delle fondamentali categorie tradizionali dell'estetica, della pragmatica e del disegno: "immaginazione", "creatività", "stile", "originalità", "autenticità", "unicità", "autorialità", "percezione", "giudizio", "scelta", "atmosfera".

Ti ho già accennato a come la doppia nozione di "atmosfera" (ecologica ed estetologica) acquistò un significato operativo. Temperatura, umidità o qualità dell'aria potevano essere misurate direttamente; raccoglimento, familiarità, monumentalità, inquietudine o autenticità no. Accennerò più avanti a come per "stile" intendiamo oggi un insieme di regolarità statistiche modellizzabili, parametrabili e trasferibili da un oggetto a un altro. Ma non parlerò più di originalità o creatività. Per autenticità, non intendo più l'integrità originaria di un'opera o di un gesto, ma la leggibilità scientifica della sua genealogia. Poco importa oggi l'unicità dell'opera: è ormai una condizione relativa entro un morfospazio di varianti, oltretutto nelle molteplici forme che assume oggi ciò che chiamavate "autorialità".

Il punto essenziale è che l'uso consapevole delle protesi cognitive e percettive offerte dall'AI per il Disegno è avvenuto grazie al successo dei modelli morfogenetici maturati specialmente nelle scienze biologiche e ispirati a un parallelismo tra evoluzione naturale degli or-

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4269

0.5 Artificial Exaptation

Yet the use of these cognitive prostheses of drawing and design did not result only in deskilling; on the contrary, it demanded and imposed an equally high degree of awareness – a theoretical consciousness – and not only in the domain of environmental physics. Mastery of AI's cognitive and perceptual prostheses changed the meaning of fundamental categories inherited from aesthetics, pragmatics, and drawing: 'imagination', 'creativity', 'style', 'originality', 'authenticity', 'uniqueness', 'authorship', 'perception', 'judgement', 'choice', 'atmosphere'.

I have already hinted at how the double notion of atmosphere (ecological and aesthetic) acquired an operational meaning. Temperature, humidity, or air quality could be measured directly; recollection, familiarity, monumentality, disquiet, or authenticity could not. I shall return later to how, by 'style', we now mean a set of statistical regularities amenable to modelling, parametrisation and transfer from one object to another. But I shall no longer speak of originality or creativity. By authenticity, I no longer mean the original integrity of a work or gesture, but the scientific legibility of its genealogy. The uniqueness of the work matters little today: it has become a relative condition within a morphospace of variants, and moreover within the multiple forms now assumed by what you called 'authorship'.

The essential point is that the conscious use of the cognitive and perceptual prostheses offered by AI for Drawing became possible through the success of morphogenetic models developed especially in the biological sciences and inspired by a parallel between the natural evolution of organisms and the techno-aesthetic evolution of human artefacts (fig. 5). Here I shall address the principle of 'artificial exaptation' in the form developed by the philosopher Telmo Pievani[6].

1.0 Design Exaptation

I send you this letter to accompany the five essays and the editorial that the journal «XY» published on 'artificial exaptation' in the now distant summer of 2026.

The subject was not new. Five years earlier, the Italian Pavilion at the 17th Architecture Biennale had devoted a section to *Architectural Exaptation* (Melis 2021) within the programme *Resilient Communities*, proposing design responses to the climate crisis and to the vulnerability of urban, productive, and agricultural systems. The 2020 pandemic abruptly made the principle of exaptation concrete, showing how spaces and infrastructures could assume functions not envisaged at their origin[7]. In this sense exaptation meant something more than adaptive reuse: not simple intentional reuse, but the emergence and possible stabilisation of an unprogrammed function.

In the years that followed, this intuition was systematised in the idea of architectural exaptation: first as a strategy for community resilience (Melis, Pievani 2022), then as a far more general design principle (Melis, Pievani, Lara-Hernandez 2024), in which diversity, variability, redundancy, and openness to unforeseen uses were configured as alternatives

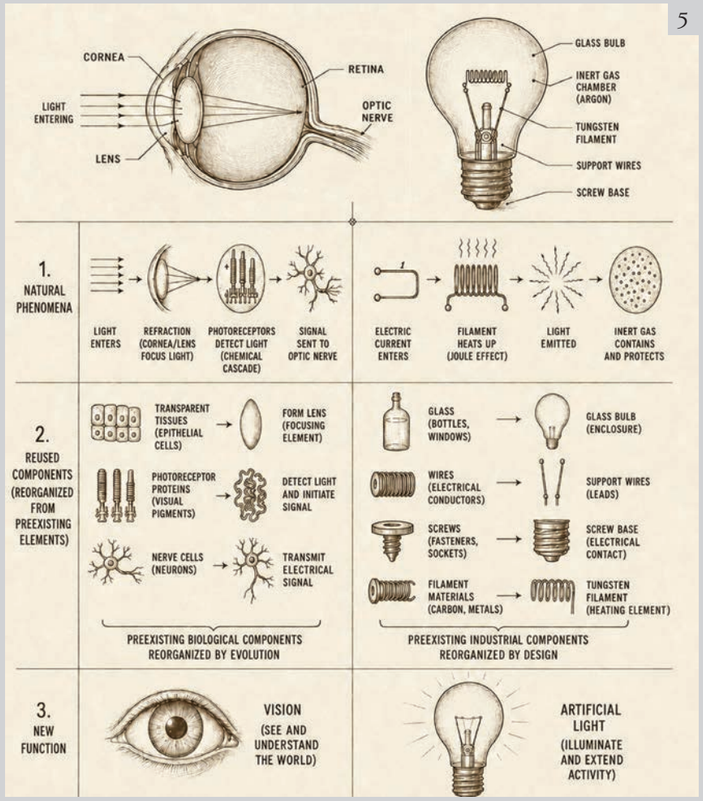


Figure 5
Natural and artificial exaptation. Comparative diagram of the genesis of the mammalian eye and the incandescent light bulb: exploitation of physically salient properties – light, transparency, refraction and photosensitivity; electrical conduction, the Joule effect and incandescence – and the co-optation of pre-existing structures, including opsins, photosensitive cells and proteins later used in the lens, on the one hand, and glass, metal conductors, fastening systems and filament materials, on the other, reorganised within a new function.

CC BY-SA

Figura 5
Exaptation naturale e artificiale. Schema comparativo della genesi dell'occhio dei mammiferi e della lampadina a incandescenza: sfruttamento di pregnanze fisiche – luce, trasparenza, rifrazione e fotosensibilità; conduzione elettrica, effetto Joule e incandescenza – e cooptazione di strutture preesistenti, quali opsine, cellule fotosensibili e proteine, poi impiegate nel cristallino, da un lato, e vetro, conduttori metallici, sistemi di fissaggio e materiali filamentari, dall'altro, riorganizzate entro una nuova funzione.

1.0 *Design exaptation*

Con questa lettera accompagno i cinque saggi e l'editoriale che la rivista «XY» pubblicò sul tema "exattamento artificiale" nell'ormai remota estate 2026.

Il tema non era nuovo. Cinque anni prima, il Padiglione Italia della XVII Biennale di Architettura aveva dedicato una sezione all'*Architectural Exaptation* (Melis 2021) entro il programma *Comunità resilienti*, proponendo risposte progettuali alla crisi climatica e alla vulnerabilità dei sistemi urbani, produttivi e agricoli. La pandemia del 2020 rese improvvisamente concreto il principio di exattamento, mostrando come spazi e infrastrutture potessero assumere funzioni non previste in origine[7]. In questo senso l'exattamento indicava qualcosa di più dell'*adaptive reuse*: non il semplice riuso intenzionale, ma l'emergere e l'eventuale stabilizzazione di una funzione non programmata. Negli anni successivi questa intuizione fu sistematizzata nell'idea di *architectural exaptation*: dapprima come strategia per la resilienza delle comunità (Melis, Pievani 2022), poi come principio progettuale molto più generale (Melis, Pievani, Lara-Hernandez 2024) in cui diversità, variabilità, ridondanza e apertura a usi imprevisti si configuravano come alternative al determinismo monofunzionale della progettazione.

Due anni dopo, «XY» volle trarre dal tema conseguenze più specifiche per la teoria della rappresentazione e del progetto. La rivista, fondata e diretta da Roberto de Rubertis nel 1986 e rivolta anche alla comunità scientifica italiana del Disegno, aveva del resto un precedente significativo. Già sul finire del secolo scorso de Rubertis era stato tra i primi, in quell'ambito disciplinare, a elaborare concetti e modelli della biologia evoluzionistica, tanto che il folklore accademico associava ironicamente questo interesse alla sua stessa somiglianza con Darwin. La sua era una lettura morfologica dell'architettura e della città in cui le forme non discendevano soltanto dall'intenzione di un autore, ma – come la tradizione morfologica italiana aveva iniziato a chiarire – si trasformavano attraverso variazioni, adattamenti, selezioni e riusi di possibilità latenti[8].

1.1 *Naturalia* e *Artificialia*

de Rubertis si era confrontato con le difficoltà più sostanziali dell'analogia evoluzionistica in rapporto allo sviluppo tecno-estetico degli artefatti. Soprattutto con il fatto che *Naturalia* e *Artificialia* non evolvono attraverso gli stessi meccanismi. Da un lato, le forme biologiche si trasformano senza progetto né finalità preventiva, attraverso processi genetici, ontogenetici ed ecologici distribuiti su tempi generalmente lunghissimi. Dall'altro, gli artefatti appartengono a un'evoluzione culturale molto più rapida, nella quale ciò che viene appreso, inventato o modificato può essere trasmesso direttamente alla generazione successiva. In questo senso la loro eredità è almeno in parte "lamarckiana".

Richard Dawkins aveva tentato di ricondurre anche la trasmissione culturale a uno schema neodarwiniano; aveva introdotto (Dawkins 1976) la nozione di "meme", analogo culturale del gene: un'unità informazionale capace di replicarsi, variare ed essere sottoposta a selezione differenziale (Dawkins 1983). In questo modello, come nella rappresentazione canonica della discendenza e divergenza biologica, la genealogia assume la forma di un albero a ramificazione divergente; una forma completamente diversa da quella dell'evoluzione degli *Artificialia*, dove la novità deriva dall'incrocio laterale di genealogie.

Così le ricerche di de Rubertis – e di chi in parte lo seguì (Gay 2008; Gay 2011) – non giungevano a una formale "genetica degli artefatti", o a una "memetica della rappresentazione". Il confronto fra *Naturalia* e *Artificialia* non poteva identificare i due domini attraverso gli stessi meccanismi, ma riconoscere una struttura comune nella produzione storica del mutamento morfologico e funzionale. Era questa la prospettiva di Stephen Jay Gould, secondo la quale, tanto in biologia quanto in tecnologia, una nuova funzione può emergere dalla cooptazione di proprietà preesistenti entro nuove relazioni con un ambiente, un sistema o un uso.

È qui che acquistava precisione la distinzione

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4269

to the monofunctional determinism of design. Two years later, «XY» sought to draw more specific consequences from the theme for the theory of representation and design. The journal, founded and directed by Roberto de Rubertis in 1986 and addressed, among others, to Italy's scholarly community in the field of Drawing, had, after all, a significant precedent. As early as the end of the last century, de Rubertis had been among the first in that disciplinary field to elaborate concepts and models drawn from evolutionary biology – so much so that academic folklore ironically associated this interest with his own resemblance to Darwin. His was a morphological reading of architecture and the city, in which forms did not descend solely from an author's intention but – as the Italian morphological tradition had begun to clarify – were transformed through variations, adaptations, selections, and reuses of latent possibilities[8].

1.1 *Naturalia* and *Artificialia*

de Rubertis had confronted the most substantial difficulties raised by the evolutionary analogy as it bore upon the techno-aesthetic development of artefacts – above all, the fact that *Naturalia* and *Artificialia* do not evolve through the same mechanisms. On the one hand, biological forms change without design and without a predetermined end, through genetic, ontogenetic, and ecological processes distributed over generally immense spans of time. Artefacts, on the other hand, belong to a far more rapid cultural evolution, in which what is learned, invented or modified may be transmitted directly to the next generation. In this sense, their inheritance is at least partly 'Lamarckian'.

Richard Dawkins had attempted to bring cultural transmission within a neo-Darwinian scheme, too. He introduced the notion of the 'meme' (Dawkins 1976), the cultural analogue of the gene: an informational unit capable of replication, variation and differential selection (Dawkins 1983). In this model, as in the canonical representation of biological descent and divergence, genealogy assumes the form of a divergently branching tree – a form entirely unlike the evolution of *Artificialia*, where novelty arises from lateral crossings between genealogies.

Thus, the research of de Rubertis – and of those who partly followed him (Gay 2008; Gay 2011) – did not arrive at a formal 'genetics of artefacts' or a 'memetics of representation'. The comparison between *Naturalia* and *Artificialia* could not identify the two domains through identical mechanisms; it could, however, recognise a common structure in the historical production of morphological and functional change. This was Stephen Jay Gould's perspective: in biology as in technology, a new function may emerge through the co-option of pre-existing properties into new relations with an environment, a system, or a use.

It is here that the distinction introduced by Gould and Vrba (1982) between 'function' and 'effect' acquired precision[9]. A property of a morphological trait may produce a useful effect without that usefulness explaining its origin. The nose – to return to Voltaire's irony[10] – supports spectacles very well, but it was not formed for supporting them. Exaptation names precisely this difference between the genesis of a form and its present utility: an available effect is co-opted for a new use and may subsequently be stabilised and refined (adapted). From this point of view, what distinguishes the Latin *forma ad-aptata* from a *forma ex-apta* is not necessarily its appearance, nor the function it presently performs, but the history through which that form and that function came to encounter one another. It is therefore, in the last analysis, a difference in their process of individuation (Gould 1997).

1.2 Selection, Combination: The Commutation Test

Exaptation is, in this sense, a profoundly rhetorical concept: it describes the change in value that a form undergoes when it is transferred and reused within new relations. As had happened with classical rhetoric, the study of exaptation gradually produced a casuistry of the modes of functional change. Arnold distinguished three (fig. 6): 'first-use exaptation', in which a trait previously devoid of functional advantage is co-opted for a first use; 'addition exaptation', in which a new function is added to the previous one; and 'transfer exaptation', in which the new function replaces the orig-

Figure 6
Three forms of exaptation (Arnold 1994). Comparative diagram of first-use exaptation, the addition of a new function, and functional transfer, with biological examples drawn from the literature.

CC BY-SA

6

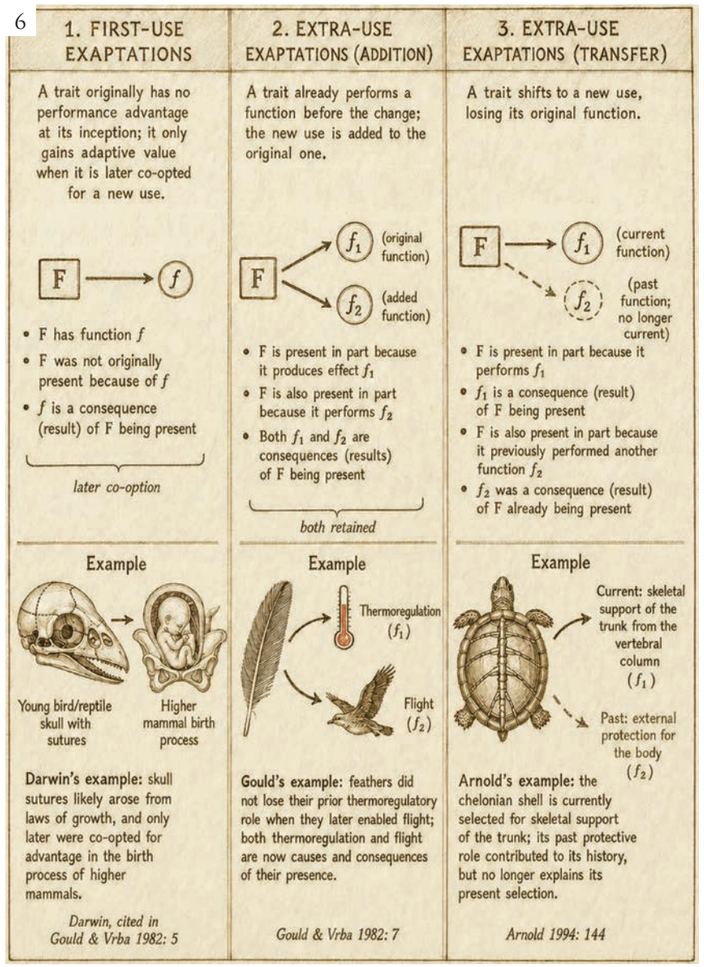


Figura 6
Tre forme di *exaptation* (Arnold 1994). Schema comparativo tra *first-use exaptation*, aggiunta di nuova funzione e trasferimento funzionale, con esempi biologici tratti dalla letteratura.

aspetto né la funzione che svolge nel presente, ma la storia attraverso cui quella forma e quella funzione sono giunte a incontrarsi. È dunque, in ultima analisi, una differenza nel loro processo di individuazione (Gould 1997).

1.2 Selezione, combinazione: prova commutativa

Quello di exaptation è, in questo senso, un concetto profondamente retorico: descrive il mutamento di valore che una forma subisce quando viene trasferita e riutilizzata entro nuove relazioni. Come era accaduto per la retorica classica, anche lo studio dell'exaptation produsse progressivamente una casistica delle modalità del cambiamento funzionale. Arnold ne distingueva tre (fig. 6): la *first-use exaptation*, nella quale un tratto precedentemente privo di vantaggio funzionale viene cooptato per un primo uso; la *addition exaptation*, nella quale una nuova funzione si aggiunge alla precedente; la *transfer exaptation*, nella quale la nuova funzione sostituisce quella originaria (Arnold 1994). Si tratta dunque di tre esiti differenti: comparsa, aggiunta o sostituzione di un valore funzionale.

Una tipologia generale dell'exaptation resta però assai sfuggente se viene effettivamente costruita sulla natura materiale degli elementi coinvolti (Pievani 2002): può essere cooptato un gene, un organo, un comportamento, un processo di sviluppo o, nel dominio artificiale, una tecnica, un artefatto o persino un dispositivo socioeconomico. A scale tanto diverse ricorre tuttavia una medesima struttura relazionale: una configurazione preesistente viene selezionata fra possibilità disponibili e inserita in una nuova rete di relazioni, nella quale acquista un diverso valore funzionale.

Per descrivere una dinamica tanto generale (con sistemi sub e super ordinati) – che può interessare un gene, un organo, un comportamento o un artefatto complesso come un computer – oggi assumiamo un criterio elaborato dalla vecchia semiotica strutturale – giusto un secolo fa – perché ci offre un procedimento empirico e computabile, la "prova di commutazione", capace di stabilire quali variazioni di una configurazione producano effettivamente una differenza di valore, nel nostro caso, di funzione.

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4269

inal (Arnold 1994). These are three different outcomes: the appearance, addition, or substitution of a functional value.

A general typology of exaptation remains exceedingly elusive if it is constructed on the material nature of the elements involved (Pievani 2002): what is co-opted may be a gene, an organ, a behaviour, a developmental process or, in the artificial domain, a technique, an artefact or even a socio-economic apparatus. At such different scales, however, the same relational structure recurs: a pre-existing configuration is selected from available possibilities and inserted into a new network of relations, within which it acquires a different functional value.

To describe so general a dynamic – with sub- and superordinate systems – which may concern a gene, an organ, a behaviour or an artefact as complex as a computer, we now adopt a criterion elaborated by the old structural semiotics just a century ago. It offers us an empirical and computable procedure, the 'commutation test', capable of establishing which variations in a configuration actually produce a difference in value – in our case, a difference in function.

The idea is not especially complicated. You need only begin by observing that exaptation may be described through the same distinction between an 'axis of selection' and an 'axis of combination' by which Jakobson and Halle (Jacobson, Halle 1956: 58-60) translated one of the five characteristics required of any system capable of functioning as a 'language', even when it is not linguistic[11]. It is already De Saussure's distinction between *langue* and *parole* – the simultaneous dimensions of every semiotic fact: the paradigmatic dimension of associative relations among alternative elements *in absentia*, and the syntagmatic dimension of elements combined *in praesentia* in the realised chain.

Consider, then, that everything we know about a certain 'type' of organism or a certain 'type' of artefact forms a 'paradigm': an 'ideal model' constituted by subordinate paradigms and itself

7

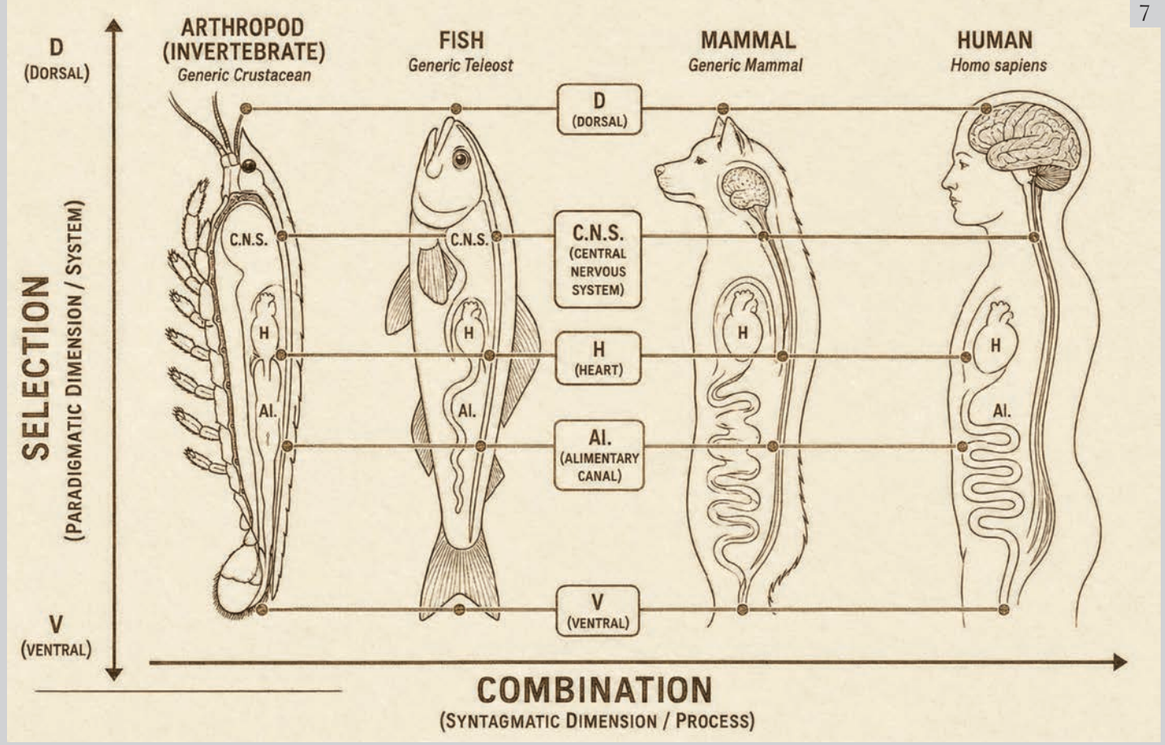


Figure 7
Comparative anatomy as a model of selection and combination. Homologous structures in different organisms render visible both the paradigmatic axis of possible alternatives and the syntagmatic axis of their combination within different functional organisations (different 'body plans' as concrete actualisations of a general zootype assumed as an ideal model).

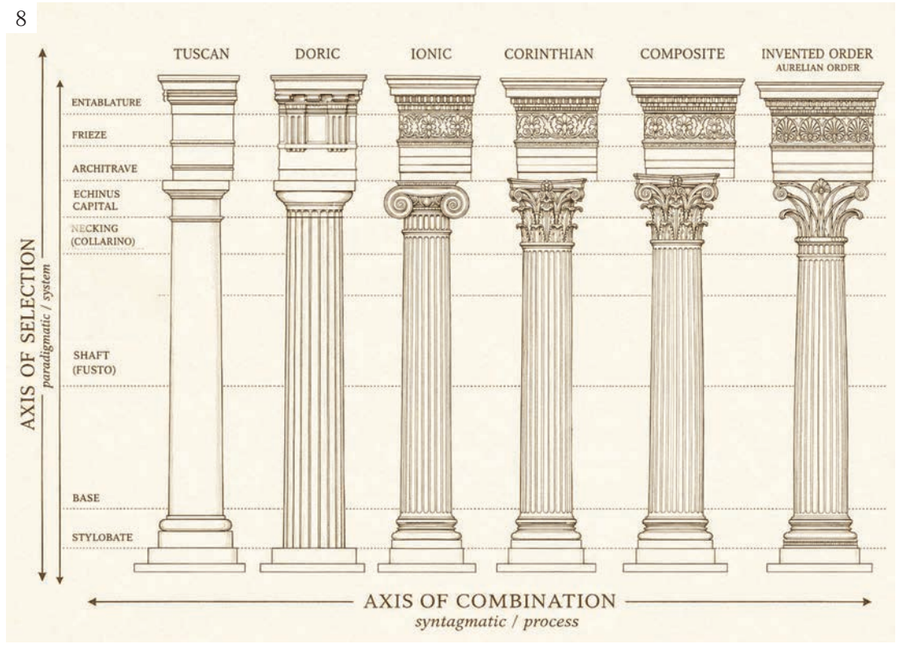
Figure 8
The architectural orders as a model of selection and combination. Each element derives its value simultaneously from the position it occupies within the syntagm of the realised order (performance), in accordance with a given canon (Doric, Ionic, etc.), and from the

CC BY-SA

Figura 7
Anatomia comparata come modello di selezione e combinazione. Le strutture omologhe di organismi diversi rendono visibile l'asse paradigmatico delle alternative possibili e quello sintagmatico della loro combinazione entro differenti organizzazioni funzionali (diversi "piani corporei" come attualizzazioni concrete di uno zootipo generale assunto quale modello ideale).

Figura 8
Gli ordini architettonici come modello di selezione e combinazione. Ogni elemento vale simultaneamente per la posizione che occupa nel sintagma dell'ordine realizzato (performanza) secondo un dato canone (dorico, ionico, …) e per le differenze che lo oppongono alle alternative disponibili nel "sistema" inteso come forma generale (modello ideale) di figurazione della struttura tettonica.

8



L'idea non è molto complicata. Ti basta cominciare col notare che per descrivere l'exaptation vale anzitutto quella medesima distinzione fra un "asse della selezione" e un "asse della combinazione" con cui Jacobson e Halle (Jakobson, Halle 1956: 58-60) traducevano una delle cinque caratteristiche necessarie a qualunque sistema che possa funzionare come un "linguaggio", anche se non linguistico[11]. È la distinzione già di De Saussure tra *langue* e *parole*, le dimensioni simultanee di ogni fatto semiotico: quella paradigmatica dei rapporti associativi fra elementi alternativi *in absentia*, e quella sintagmatica fra elementi combinati *in praesentia* nella catena realizzata.

Considera poi che tutto ciò che sappiamo di un certo "tipo" di organismo o di un certo "tipo" di artefatto forma un "paradigma", cioè un "modello ideale" costituito da paradigmi subordinati e compreso in paradigmi superordinati. La psicologia della percezione e della cognizione del secolo scorso chiamava questo fatto "categorizzazione".

Dunque, sull'asse della "selezione" – detto "paradigmatico" o del sistema – esistono (virtualmente) le forme disponibili: strutture, organi, geni, comportamenti o, nel dominio artificiale, tipi, tecniche, valorizzazioni che costituiscono un repertorio di possibilità relativamente sostituibili o correlabili tanto per l'evoluzione naturale quanto per l'ideazione umana.

Sull'altro asse – quello del "sintagma" o del processo – s'invera ordinatamente la sequenza di ruoli esercitati da quelle forme virtuali, ovvero, si attuano le loro combinazioni effettivamente realizzate in un metabolismo biologico o nella pronuncia di frasi o nelle funzioni pragmatiche di un oggetto. Frasi pronunciate o metabolismi: rapporti funzionali, metabolici, comportamentali ed ecologici attraverso i quali una struttura partecipa a una certa fase del funzionamento di un organismo o di un sistema tecnico.

Ecco che la distinzione saussuriana[12] fra rapporti associativi e sintagmatici – formalizzata da Hjelmslev come sistema e processo e riformulata da Jakobson nei termini biologici di selezione e combinazione – suggerisce come nell'exaptation avvengano due operazioni logicamente distinguibili: una configurazione preesistente viene selezionata o cooptata entro un repertorio di possibilità in absentia e combinata, in praesentia, entro un nuovo ordine di

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4269

included within superordinate ones. The psychology of perception and cognition in the last century called this phenomenon 'categorisation'. Thus, on the axis of 'selection' – called the 'paradigmatic' axis, or that of the system – there exist, virtually, the available forms: structures, organs, genes, behaviours or, in the artificial domain, types, techniques, and valuations. Together, they constitute a repertoire of possibilities that are relatively substitutable or correlatable, both for natural evolution and for human ideation.

On the other axis – that of the 'syntagm', or process – the sequence of roles exercised by those virtual forms is actualised in an ordered fashion: their combinations are realised in a biological metabolism, in the utterance of a sentence or in the pragmatic functions of an object. Uttered sentences or metabolisms are functional, metabolic, behavioural, and ecological relations through which a structure takes part in a given phase of the operation of an organism or a technical system.

The Saussurean distinction[12] between associative and syntagmatic relations – formalised by Hjelmslev as system and process and reformulated by Jakobson in the biological terms of selection and combination – thus suggests that two logically distinguishable operations occur in exaptation: a pre-existing configuration is selected or co-opted from a repertoire of possibilities *in absentia* and combined, *in praesentia*, within a new order of functional relations.

To explain it, De Saussure might have chosen the evident example of comparative anatomy (fig. 7). Instead, he preferred the cases offered by the classical architectural orders (fig. 8). The Doric order, for example, entails a sequence (a syntagma) of elements morphologically selected from among possible homologues, Ionic or Corinthian, which might have occupied their place and which, precisely because they are alternatives, are absent from the realised configuration[13]. Each element has value through the position and relations it assumes in the realised process and, simultaneously, through the differences that set it apart from the alternatives available in the system. We can calculate the cases in which a configuration may be varied, replaced, or recombined while the other conditions remain controlled. Simulations and models can then measure which differences remain mere variants and which instead produce new performances, new uses, or new metastable equilibria. Before turning to artificial intelligence, however, it is worth distinguishing between two phenomena: the exaptation of artefacts themselves and the adoption of exaptation as a heuristic design procedure.

differences that distinguish it from the alternatives available within the 'system', understood as a general (ideal model) form of figuration of tectonic structure.

2.0 Advances in *Bricolage*

The exaptation of objects themselves is an everyday experience: many artefacts preserve their original technical schema yet perform functions for which they were not conceived. For example, as I write, I can hear the hum of drones above the city's scattered market gardens: they recognise pathologies, measure water stress, release beneficial insects, and monitor the balances between crops and antagonistic species, reducing pesticide use almost to zero. They enter the old multi-storey car parks, now transformed into agricultural greenhouses – buildings that preserve their original sections and ramps but now distribute water, humidity, light and harvests.

Although agricultural uses of drones had already been tested a quarter of a century ago[14], it was the wars of the 2020s[15] that subjected commercial quadcopters, model-aircraft components, inexpensive cameras and FPV systems to ferocious selective pressure. Conflict favoured modularity, low cost, autonomy, repairability, and resistance to interference, transforming not only the devices themselves but also software, supply chains, protocols, and skills.

When those capacities were redirected towards civilian fields – agriculture, environmental monitoring, fire prevention, and infrastructure maintenance – it was not so much individual drones that 'changed profession' as the entire technical lineage that had produced them, together with many features of the built environment. This was only a repetition of the general dynamic already displayed by the twentieth century: techniques born for civilian uses were co-opted by war, accelerated by conflict, and then returned to society with new functions, along genealogies shaped more by deviation and transfer than by linear develop-

CC BY-SA

relazioni funzionali.

Per spiegarlo, De Saussure avrebbe potuto fare l'evidente esempio dell'anatomia comparata (fig. 7). Ma preferì i casi degli ordini architettonici classici (fig. 8). Per es., l'ordine dorico implica una sequenza (sintagma) di elementi morfologicamente trascesi tra possibili altri omologhi (ionici o corinzi) che avrebbero potuto occuparne il posto e che, proprio perché alternativi, non sono presenti nella configurazione realizzata[13]. Ogni elemento vale per la posizione e le relazioni che assume nel processo realizzato e, simultaneamente, per le differenze che lo oppongono alle alternative disponibili nel sistema. Si possono calcolare i casi in cui una configurazione può essere variata, sostituita o ricombinata mantenendo controllate le altre condizioni. Simulazioni e modelli consentono poi di misurare quali differenze restino semplici varianti e quali producano invece nuove prestazioni, nuovi usi o nuovi equilibri metastabili. Ma, prima di arrivare all'intelligenza artificiale, conviene distinguere due fenomeni diversi: l'exattamento degli artefatti stessi e l'exattamento assunto come procedimento euristico della progettazione.

2.0 Progressi del *bricolage*

L'exattamento degli oggetti stessi è esperienza quotidiana: molti manufatti conservano lo schema tecnico originario, ma svolgono funzioni per le quali non erano stati concepiti. Per esempio, mentre ti scrivo, sento il ronzio dei droni sugli orti discontinui della città: riconoscono patologie, misurano lo stress idrico, liberano insetti utili e sorvegliano gli equilibri fra colture e specie antagoniste, riducendo quasi a zero l'uso dei pesticidi. Entrano nei vecchi parcheggi multipiano oggi trasformati in serre agricole: edifici che conservano la sezione e le rampe originarie, ma ora distribuiscono acqua, umidità, luce e raccolti.

Anche se gli impieghi agricoli dei droni erano già sperimentati un quarto di secolo fa[14], furono le guerre degli anni Venti[15] a sottoporre quadricotteri commerciali, componenti da aeromodellismo, camere economiche e sistemi FPV a una feroce pressione selettiva. Il conflitto privilegiò modularità, basso costo, autonomia, riparabilità e resistenza alle interferenze, trasformando non soltanto gli apparecchi, ma anche software, filiere produttive, protocolli e competenze.

Quando quelle capacità furono nuovamente rivolte ad ambiti civili – agricoltura, monitoraggio ambientale, prevenzione degli incendi, manutenzione delle infrastrutture – non furono tanto i singoli droni a "cambiare mestiere", quanto l'intera linea tecnica che li aveva prodotti e molte caratteristiche dell'ambiente costruito. Ciò non era che il ripetersi di quella dinamica generale che il Novecento aveva già mostrato: lo sviluppo di tecniche nate per usi civili veniva cooptato dalla guerra, accelerato dal conflitto e poi restituito alla società con funzioni nuove, secondo genealogie fatte più di deviazioni e trasferimenti che di sviluppo lineare (Hadjadji, Tesquet 2025).

Che molte innovazioni nascano da deviazioni, errori, trasferimenti e usi imprevisti è un dato ricorrente nell'euristica scientifica e tecnologica[16]. Se la serendipità fa emergere una possibilità inattesa[17], l'exattamento la riconosce, la coopta e la stabilizza in una nuova funzione. L'exattamento artificiale, tuttavia, non dipende necessariamente dal caso: può essere assunto intenzionalmente come strategia euristica del progetto.

2.1 *Exaptation* come euristica progettuale

L'exattamento non riguarda solo le storie di artefatti. Può diventare esplicitamente anche un principio euristico dell'invenzione: quando si riconoscono proprietà già presenti e si scoprono quali altre funzioni possano assumere entrando in nuove relazioni.

L'espressione più rigorosa e completa di questa forma di evoluzione è nella filosofia della tecnica di Gilbert Simondon che in *Du mode d'existence des objets techniques* (Simondon 1958) propone un vero principio evolutivo degli oggetti tecnici. Tale evoluzione non implica necessariamente progresso; quando però avviene un miglioramento, c'è "concretizzazione": l'oggetto passa da una configurazione primitiva, relativamente "astratta", nella quale le parti restano indipendenti e assolvono funzioni separate, ed evolve in una configurazione più integrata. Le funzioni convergono, gli elementi entrano in causalità reciproca e le proprietà prima secondarie, passive o persino antagoniste diventano condizioni positive del

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4269

ment (Hadjadji, Tesquet 2025).
That many innovations arise from deviations, errors, transfers, and unforeseen uses is a recurrent fact in scientific and technological heuristics[16]. If serendipity brings an unexpected possibility to light[17], exaptation recognises it, co-opts it, and stabilises it in a new function. Artificial exaptation, however, does not necessarily depend on chance: it may be intentionally adopted as a heuristic design strategy.

2.1 Exaptation as a Design Heuristic
Exaptation concerns more than the histories of artefacts. It may also become an explicit heuristic principle of invention: one recognises properties already present and discovers what other functions they may assume by entering new relations.
The most rigorous and complete expression of this form of evolution is found in Gilbert Simondon's philosophy of technology. In *Du mode d'existence des objets techniques* (Simondon 1958), Simondon proposes a genuine evolutionary principle for technical objects. Such evolution does not necessarily imply progress; when an improvement does occur, however, there is 'concretisation': the object passes from a primitive, relatively 'abstract' configuration, in which its parts remain independent and perform separate functions, towards a more integrated configuration. Functions converge, elements enter reciprocal causality, and properties that were formerly secondary, passive, or even antagonistic become positive conditions of operation. It is precisely this capacity to recognise and integrate previously unused compatibilities that makes concretisation pertinent to a heuristic of exaptation. Progressive concretisation runs through the genealogy of the *lignée technique*[18], which, intertwining with other genealogies, forms a true phylogeny along which the technical object progressively acquires the internal coherence of a quasi-organism: functions converge, elements enter reciprocal causality, and formerly secondary or even antagonistic properties become positive conditions of operation.
Among Simondon's examples, that of Jean-Claude Guimbal's turbine is particularly clear (Simondon 1958: 54-57). In earlier turbines, the generator, cooling, insulation, and sealing depended upon relatively separate devices; the Guimbal turbine integrates them within a single operational regime. Turbine and generator form a unit immersed in the conduit: water not only produces motion but also cools the generator; oil not only lubricates but also provides electrical insulation, conveys heat, and, when maintained under excess pressure, prevents water from entering. Properties already available thus acquire further functions and contribute to the object's overall coherence. Invention consists less in adding new elements than in recognising and organising new compatibilities among existing ones.

2.2 Concretisation and the *Milieu Associé*
The Guimbal turbine cannot be defined independently of the water, oil, heat, and pressure with which it forms a system of recurrent causalities. The technical object, as it evolves and acquires an aesthetic character, co-evolves with what Simondon calls its *milieu associé*. This associated *milieu* is not simply whatever surrounds the turbine; it is the part of the environment that the object's operation integrates and, at the same time, modifies. The faster the turbine turns, the more heat it produces; yet the same acceleration intensifies the circulation of the fluids that dissipate that heat. Object and environment thus individuate one another. The Guimbal turbine produces an associated *milieu* composed of water, oil, heat, and pressure, which become internal elements of its operational regime.
The mutual individuation of the internal and external environments of technical objects also occurs on historical, economic, and geographical scales: a railway, electrical, or digital network modifies the territory in which it operates and upon which it depends. Railways, energy networks, and infrastructures help shape technical landscapes by redistributing the forces, distances, and activities of a territory or place. Every technical regime has a spatiality of its own, synchronous with economic and historical transformations. There has been a thermodynamic landscape of coal, factories, and railways; an electrotechnical landscape of dams, pylons, interconnected grids, and road mobility; a digital landscape of smartphones, aerials, satellites,

CC BY-SA

funzionamento. È precisamente questa capacità di riconoscere e integrare compatibilità prima inutilizzate che rende la concretizzazione pertinente a un'euristica dell'exattamento. La concretizzazione progressiva corre lungo la genealogia della *lignée technique*[18] che, intrecciandosi ad altre genealogie, forma una vera filogenesi lungo la quale l'oggetto tecnico acquista progressivamente la coerenza interna di un quasi organismo.
Tra gli esempi di Simondon, particolarmente chiaro è quello della turbina di Jean-Claude Guimbal (Simondon 1958: 54-57). Rispetto alle turbine precedenti, nelle quali generatore, raffreddamento, isolamento e tenuta dipendevano da dispositivi relativamente separati, la Guimbal li integra entro un unico regime operativo. Turbina e generatore formano un'unità immersa nella condotta: l'acqua non soltanto produce il moto, ma raffredda il generatore; l'olio non soltanto lubrifica, ma isola elettricamente, trasporta calore e, mantenuto in sovrapressione, impedisce l'ingresso dell'acqua. Proprietà già disponibili acquistano così funzioni ulteriori e concorrono alla coerenza complessiva dell'oggetto. L'invenzione non consiste tanto nell'aggiungere nuovi elementi, quanto nel riconoscere e organizzare nuove compatibilità fra quelli esistenti.

2.2 Concretizzazione e *milieu associé*
La turbina di Guimbal non può essere definita indipendentemente dall'acqua, dall'olio, dal calore e dalla pressione con cui forma un sistema di causalità ricorrenti. L'oggetto evoluto ed estetico evolve con quello che Simondon chiama il suo *milieu associé*. Il suo ambiente associato non è semplicemente ciò che circonda la turbina: è quella parte dell'ambiente che il funzionamento dell'oggetto integra e, al contempo, modifica. Più la turbina accelera, più produce calore; ma la stessa accelerazione intensifica la circolazione dei fluidi che dissipano quel calore. Oggetto e ambiente si individuano così reciprocamente. La turbina di Guimbal produce un ambiente associato: fatto di acqua, petrolio, calore e pressione che diventano elementi interni del suo regime operativo.
La mutua individuazione di un ambiente interno ed esterno agli oggetti tecnici avviene anche a scala storica, economica e geografica: una rete ferroviaria, elettrica o digitale modifica il territorio in cui opera e dal quale dipende. Ferrovie, reti energetiche e infrastrutture contribuiscono a plasmare i paesaggi tecnici ridistribuendo le forze, le distanze e le attività di un territorio o di un luogo. Ogni regime tecnico ha una spazialità propria e sincrona alle trasformazioni economiche e storiche. C'è stato un paesaggio termodinamico del carbone, delle fabbriche e delle ferrovie; un paesaggio elettrotecnico di dighe, tralicci, reti interconnesse e mobilità stradale; un paesaggio digitale di smartphone, antenne, satelliti, cavi sottomarini e data center, solo apparentemente immateriale, ma drammaticamente incarnato in una geo-economia planetaria di energia, acqua, minerali e lavoro (Crawford 2022).
La teoria simondoniana dell'individuazione (Simondon 2005) chiarisce un principio evolutivo analogo anche a scale differenti. A scala fisiologica, l'organismo mantiene un ambiente interno differenziato, composto da diversi gradi di interiorità ed esteriorità. A scala cellulare, la membrana polarizzata non separa passivamente l'interno dall'esterno: stabilisce e rigenera la loro differenza.
Insomma, nel vivente l'individuazione mantiene una relazione metastabile fra un *milieu intérieur* differenziato e l'ambiente esterno. La membrana cellulare è il luogo operativo in cui la differenza interno/esterno è il luogo di scambi selettivi di materia, energia e informazione. Dalla cellula al paesaggio tecnico ricorre dunque un analogo principio di individuazione: l'individuo non preesiste semplicemente al proprio ambiente, ma si individua insieme a esso. Dalla membrana cellulare al paesaggio tecnico, l'individuo – vivente o tecnico – si costituisce insieme al proprio ambiente. Quando questa relazione tra interno ed esterno diventa percepibile e intelligibile, l'oggetto tecnico acquista anche una qualità estetica: rende visibile il *milieu* entro cui funziona e talora amplifica il suo effetto estetico.
È questa relazione a chiarire la dimensione estetica dell'exattamento. L'"epifania estetica" dell'oggetto tecnico si produce quando la relazione fra forma, funzione e *milieu associé* diventa sensibile e intelligibile nell'esperienza.

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4269

submarine cables, and data centres – only apparently immaterial, yet dramatically embodied in a planetary geo-economy of energy, water, minerals, and labour (Crawford 2022).
Simondon's theory of individuation (Simondon 2005) clarifies an analogous evolutionary principle at different scales. At the physiological scale, the organism maintains a differentiated internal environment composed of varying degrees of interiority and exteriority. At the cellular scale, the polarised membrane does not passively separate the inside from the outside: it establishes and regenerates the difference between them.
In the living being, then, individuation maintains a metastable relation between a differentiated *milieu intérieur* and the external environment. The polarised cellular membrane is the operative site of selective exchange of matter, energy, and information across the boundary between the inside and the outside. From the cell to the technical landscape, an analogous principle of individuation recurs: the individual does not simply pre-exist its environment but individuates together with it. From the cellular membrane to the technical landscape, the individual – living or technical – is constituted together with its environment. When this relation between inside and outside becomes perceptible and intelligible, the technical object also acquires an aesthetic quality: it makes visible the *milieu* within which it operates and sometimes amplifies its aesthetic effect. It is this relation that clarifies the aesthetic dimension of exaptation. The 'aesthetic epiphany' of the technical object occurs when the relation between form, function, and *milieu associé* becomes sensible and intelligible in experience. That is, it occurs when the technical object genuinely operates as an 'aesthesic' prosthesis (Greek *aísth□sis*): it extends the capacity for action and, at the same time, intensifies our perception of the relations that bind us to the world, as does a blind person's cane. Sensory prostheses make evident that the object's aesthetic quality emerges precisely when form, matter, operation, and environment appear as mutually integrated aspects of the same relation. This also holds for the artistic object, insofar as it too organises and transforms sensible experience by technical means.

2.3 Aesthetic Exaptation

A sail has an 'aesthetic epiphany' only when the wind draws it taut and makes visible the force that moves the vessel; a bridge, when it renders legible its leap across the valley; a tractor, when its disposition manifests the resistance of the ground; an aerial, when its position makes intelligible the network of relations within which it operates. In these cases, we contemplate more than a form and a set of forces: we perceive, intensified, a relation of individuation among form, function, and *milieu*. The aesthetic epiphany of the technical object occurs when a form renders sensible the system of relations that makes it work and which, reciprocally, it helps constitute.
Even an ordinary pair of scissors[19] displays this double adaptation with clarity: it is shaped for the hand, its grip and its movements; once held, however, it confers upon the hand a capacity it does not naturally possess – the precise production of a certain kind of cut. The tool is therefore adapted simultaneously to the organism and to the task that the organism and the tool perform together within a given environment. Yet it is also an 'aesthetic prosthesis': not because it belongs to the domain of art, but because it transforms both capacities for action and forms of sensibility.
Like a pair of scissors, an old iPhone also possessed a striking aesthetic epiphany, grounded in the integration of form, dimensions, material qualities, sensorimotor affordances and technical operation. Its physical and interactive configuration rendered efficient the system of relations linking the device to the user's body and to the several *milieux associés* in which it operated: sensorimotor, energetic-thermal, electromagnetic-networked, computational-informational, cognitive, and semiotic-pragmatic. The last included cognitive affordances, communicative practices, conventions of use, codes, intersubjective relations, and forms of identity construction. Today, the iPhone is studied in art history. Yet, *en passant*, the genealogy of this techno-aesthetic object also bears witness to a process of hybridisation and exaptation: the iPhone arose from the convergence of three technical lineages – the media player, the telephone and the Internet communication device – to which

CC BY-SA

Cioè, avviene quando l'oggetto tecnico funziona davvero come una vera protesi "estesica" (gr. *aísthēsis*): estende la capacità d'azione e, insieme, intensifica la percezione delle relazioni che ci legano al mondo, come fa il bastone per i ciechi. Le protesi sensoriali rendono evidente che la qualità estetica emerge precisamente quando forma, materia, funzionamento e ambiente si manifestano come aspetti reciprocamente integrati di una stessa relazione. Ciò vale anche per l'oggetto artistico, nella misura in cui anch'esso organizza tecnicamente e trasforma l'esperienza sensibile.

2.3 *Exaptation* estetica

Una vela ha "epifania estetica" solo quando il vento la tende e rende visibile la forza che muove l'imbarcazione; un ponte quando rende leggibile il suo salto della valle che attraversa; un trattore quando il suo assetto manifesta la resistenza del terreno; un'antenna quando la sua posizione rende intelligibile la rete di relazioni nella quale opera. In questi casi non contempliamo solo una forma e delle forze: percepiamo intensificata una relazione di individuazione fra forma, funzione e *milieu*. L'epifania estetica dell'oggetto tecnico si verifica quando una forma rende sensibile il sistema di relazioni che la fa funzionare e che, reciprocamente, essa contribuisce a costituire.
Anche una banale forbice[19] mostra con particolare evidenza questa doppia adeguazione: è conformata alla mano, alla sua presa e ai suoi movimenti; ma, una volta impugnata, conferisce alla mano una capacità che essa naturalmente non possiede: produrre con precisione un certo tipo di taglio. L'utensile è dunque adattato contemporaneamente all'organismo e al compito che l'organismo e l'utensile svolgono insieme in un determinato ambiente. Ma è anche "protesi estetica": non perché appartenga al dominio dell'arte, ma perché trasforma insieme la capacità d'azione e le forme della sensibilità.
Non diversamente dalle forbici, anche un antico iPhone possedeva un'eclatante epifania estetica, fondata sull'integrazione di forma, dimensione, qualità materiche, *affordance* sensomotorie e funzionamento tecnico. La sua configurazione fisica e interattiva rendeva efficiente il sistema di relazioni che collegava il dispositivo al corpo dell'utente e ai diversi *milieux associé*s entro cui operava: sensomotorio, energetico-termico, elettromagnetico-reticolare, computazionale-informazionale, cognitivo e semiotico-pragmatico. Quest'ultimo comprendeva *affordance* cognitiva, pratiche comunicative, convenzioni d'uso, codici, relazioni intersoggettive e forme di costruzione identitaria.
Oggi l'iPhone si studia in storia dell'arte. Ma, detto *en passant*, anche la genealogia di questo oggetto tecno-estetico testimonia un processo di ibridazione ed exattamento: l'iPhone nacque dalla convergenza di tre linee tecniche – lettore multimediale, telefono e dispositivo di comunicazione Internet – alle quali si aggiunse la cooptazione del multitouch, sviluppato dapprima come sistema gestuale di input e poi sperimentato su un tablet, fino a determinarne forma, interfaccia e regime d'interazione (Merchant 2017).

3.0 L'exattamento possibile è prevedibile?

Dunque, l'analogia pragmatica fra organi viventi e oggetti tecno-estetici risiede nel modo in cui entrambi possono produrre novità funzionali riutilizzando strutture e proprietà preesistenti. Gli uni e gli altri mediano il rapporto fra un vivente e il suo ambiente: compensano limiti, estendono capacità, sostituiscono prestazioni e modificano l'insieme delle relazioni possibili fra interno ed esterno. Sfruttano proprietà disponibili, combinano elementi già dati, realizzano spostamenti di funzione e possono integrarli progressivamente in configurazioni più coerenti o, nel caso degli oggetti tecnici, più "concretizzate". Vale dunque un analogo principio di cooptazione relazionale: una proprietà acquista un nuovo valore entrando in un nuovo sistema di rapporti.
Per modellizzare queste dinamiche di exattamento, come ti dicevo (§ 1.2), ci sembra utile il criterio operativo ed empirico formulato dalla semiotica strutturale del secolo scorso e reso praticabile su larga scala dalle applicazioni dell'AI sviluppate negli ultimi decenni.
D'altronde, se ci pensi, anche il linguaggio umano è un utensile; è una protesi cognitiva che si trasforma secondo genealogie storiche. Le lingue sono sistemi storicamente evoluti nei quali materiali antichi possono perdere

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4269

was added the co-option of multi-touch, first developed as a gestural input system and then tested for a tablet, until it came to determine the device's form, interface and regime of interaction (Merchant 2017).

3.0 Can Possible Exaptation Be Predicted?

The pragmatic analogy between living organs and techno-aesthetic objects thus lies in the way both may produce functional novelty by reusing pre-existing structures and properties. Both mediate the relationship between a living being and its environment: they compensate for limitations, extend capacities, replace performances, and modify the ensemble of possible relations between the inside and the outside. They exploit available properties, combine given elements, effect shifts of function, and may progressively integrate them within more coherent configurations – or, in the case of technical objects, more fully 'concretised' ones. An analogous principle of relational co-option therefore applies: a property acquires a new value by entering a new system of relations.

To model these dynamics of exaptation, as I was telling you (§ 1.2), we find useful the operational and empirical criterion formulated by the structural semiotics of the last century and made practicable on a large scale by the AI applications developed over recent decades.

After all, if you think about it, human language is itself a tool: a cognitive prosthesis transformed through historical genealogies. Languages are historically evolved systems in which old materials may lose a function, survive as residues, and subsequently be reused for different tasks. Roger Lass identified precisely this kind of exaptive dynamic in linguistic change (Lass 1990): morphological oppositions may acquire new grammatical or pragmatic values, while structures that have become redundant may be refunctionalised. The linguistic case thus suggests that the capacity to preserve 'waste' and attribute new pertinences to it belongs neither exclusively to biological nor to technological evolution.

The same holds for the concept of style; it too denotes a historical system of differences. It individuates a work or an author and, at the same time, relates them to families of forms, places, periods, and traditions. Stylistics describes the relational character of style as a relatively coherent configuration of invariants and deviations, whose value emerges by difference within a system. It is precisely for this reason that style lends itself to the commutation test: by transferring, replacing, or recombining a trait, we may test whether and how the overall configuration's value changes.

Analytical and generative AI made the commutation test technically explicit. Systems of pattern recognition – which soon surpassed human expertise in stylistic attribution[20] – were followed by neural style transfer in multimodal models, across different kinds of visual, acoustic and kinetic artefacts. Style became, at least in part, extractable, transferable, recombinable and controllable. Some statisticians and computer scientists even believed, thirty years ago, that they could predict the style of future pictorial movements[21].

Today you would see the inadequacy of those forecasts: not so much because they crudely treated images as mere matrices of pixels, but because they presumed that the historical succession of styles could be extrapolated from statistical distributions learned from the past. They failed to consider that, from Wölfflin to Warburg, style always entails historical ways of perceiving and organising forms and images – their survivals, migrations and transformations. Even now, the Warburgian atlas offered perhaps the most eloquent example[22]: images and forms originating in different genealogies survive their contexts, migrate, and acquire new relations and new values.

3.1 What Can We Actually Calculate, and Why?

There is, after all, an entire probabilistic gradient between what we can and cannot predict: the hour of the next sunrise in Trento and the number to be drawn tomorrow on the Naples lottery wheel are not equally predictable facts. Even today, generative AI makes neither history nor the stock market predictable. It does not prophesy exaptation in the strong sense; rather, it makes a field of possible exaptations explorable, multiplying commutations and allowing their effects to be compared. Prediction concerns not the 'prospective prophecy' of future history, but a 'retrospective prophecy'

CC BY-SA

una funzione, conservarsi come residui e venire successivamente riutilizzati per compiti differenti. Roger Lass aveva riconosciuto precisamente una dinamica "esattiva" di questo tipo nel cambiamento linguistico (Lass 1990): opposizioni morfologiche possono acquistare nuovi valori grammaticali o pragmatici e strutture divenute ridondanti essere rifunzionalizzate. Il caso linguistico suggerisce così che la capacità di conservare "scarti" e attribuire loro nuove pertinenze non appartenga esclusivamente all'evoluzione biologica o tecnologica.

Lo stesso accade per il concetto di stile; anch'esso indica un sistema storico di differenze: individua un'opera o un autore e, nello stesso tempo, li riconduce a famiglie di forme, luoghi, epoche e tradizioni. La stilistica descrive il carattere relazionale dello stile come configurazione relativamente coerente di invarianti e deviazioni, il cui valore emerge per differenza entro un sistema. Proprio per questo lo stile si presta alla prova di commutazione: trasferendo, sostituendo o ricombinando un tratto possiamo verificare se e come muti il valore complessivo della configurazione.

L'AI analitica e generativa ha reso la prova commutativa tecnicamente esplicita: dai sistemi di *pattern recognition* – che superarono subito l'*expertise* umana nell'attribuzione stilistica[20] – si passò ai *neural style transfer* in modelli multimodali: tra generi diversi di artefatti visuali, acustici, cinetici. Lo stile è divenuto almeno in parte estraibile, trasferibile, ricombinabile e controllabile. Addirittura, alcuni statistici e informatici, trent'anni fa, credevano di poter prevedere lo stile di futuri movimenti pittorici[21].

Oggi vedresti l'inadeguatezza di quelle previsioni: non tanto perché trattassero banalmente le immagini solo come matrici di pixel, ma perché presumevano di poter estrapolare la successione storica degli stili da distribuzioni statistiche apprese sul passato. Non consideravano il fatto che, da Wölfflin a Warburg, lo stile implica sempre modi storici di percepire e organizzare le forme, le immagini, le loro sopravvivenze, migrazioni e trasformazioni. Ancora oggi, l'atlante warburghiano ne offre forse l'esempio più eloquente[22]: immagini, forme provenienti da genealogie differenti sopravvivono al proprio contesto, migrano e acquistano nuove relazioni e nuovi valori.

3.1 Cosa possiamo effettivamente calcolare e perché

C'è, del resto, un intero gradiente probabilistico fra ciò che possiamo e ciò che non possiamo prevedere: l'ora della prossima alba a Trento e il numero che sarà estratto domani sulla ruota di Napoli non sono fatti ugualmente prevedibili. Nemmeno oggi l'AI generativa rende prevedibile la storia o l'andamento della borsa. Non profetizza l'exattamento in senso forte; rende piuttosto esplorabile un campo di exattamenti possibili, moltiplicando le commutazioni e permettendo di confrontarne gli effetti. La previsione non riguarda la "profezia prospettiva" della storia futura, ma quella "profezia retrospettiva" basata sulle condizioni entro cui una proprietà disponibile può acquistare una nuova pertinenza.

I sistemi AI formati mediante *deep learning* resero tecnicamente praticabile proprio questa profezia retrospettiva in una logica esattiva. Costruivano solo a posteriori vasti sistemi di correlazioni a partire da *corpora* di esempi: non ricevevano un inventario preventivo delle forme possibili, ma ne apprendevano statisticamente regolarità, differenze e compatibilità. Inoltre, ciò che veniva appreso per un compito poteva eccedere quel compito ed essere trasferito o rifunzionalizzato altrove.

Questa dinamica "esattiva" assunse prestissimo soprattutto tre forme: trasferimento, ricombinazione e rifunzionalizzazione. Il *transfer learning* rendeva riutilizzabili rappresentazioni apprese per nuovi compiti; architetture come il transformer migrarono dal trattamento del linguaggio alle immagini, ai suoni, alla chimica e alla robotica; componenti e capacità apprese potevano essere selezionate e ricombinate sotto nuove condizioni d'uso. Qualcosa di sviluppato o appreso entro un sistema restava disponibile per un uso ulteriore e imprevisto. Spazi latenti, moduli, memorie e politiche d'azione costituivano inoltre repertori di capacità parzialmente disponibili, selezionabili e ricombinabili sotto nuove pressioni d'uso. Fortunatamente ci accorgemmo che, in termini semiotici, l'apprendimento poteva essere

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4269

based on the conditions under which an available property may acquire a new pertinence.
AI systems developed through deep learning made precisely this retrospective prophecy technically practicable within an exaptive logic. They constructed, entirely *a posteriori*, vast systems of correlations from *corpora* of examples: they were not given a prior inventory of possible forms, but statistically learned their regularities, differences, and compatibilities. Moreover, what was learned for one task could exceed that task and be transferred or refunctionalised elsewhere.
This 'exaptive' dynamic very soon assumed three principal forms: transfer, recombination, and refunctionalisation. 'Transfer learning' made representations learned for one task reusable in others; architectures such as the 'transformer' migrated from language processing to images, sounds, chemistry, and robotics; learned components and capacities could be selected and recombined under new conditions of use. Something developed or learned within one system remained available for further and unforeseen use. Latent spaces, modules, memories, and action policies also constituted repertoires of partially available capacities, selectable and recombinable under new pressures of use.
Fortunately, we realised that, in semiotic terms, learning could be described as the construction of a paradigm of virtual possibilities, while generation actualised some of them by realising them within operative syntagms. The commutation test thus became operational: by systematically varying elements, relations, representations, parameters, or contexts and comparing their effects, one could distinguish inconsequential transformations from those capable of producing a new functional pertinence. Possible/impossible. Applied to design, this difference could be evaluated as a variation in performance, use, behaviour, meaning, or environmental equilibrium. What we now call the 'calculus of exaptation' is therefore not a deterministic prophecy of invention. It is the systematic exploration of differences that can produce new, operative pertinences.

3.2 Drawing as Multimodal Morphology

These instruments gave substance to a discipline of Artificial Drawing: on the computational plane, they extended a profound morphological tradition of drawing that, from Leonardo da Vinci and Goethe, through Haeckel and D'Arcy Thompson, reached Turing's mathematical morphogenesis.
To draw increasingly meant exploring morphologies and managing passages among heterogeneous languages and modes of representation: text and image, image and geometry, scan and model, diagram and simulation, verbal description and buildable space, environmental data and formal configuration.
Drawing thus became, more explicitly, a discipline of intersemiotic translations, conscious of the selection, transformation, and verification of equivalences (homologies and/or isomorphisms) and of the differences among various ways of representing and operating upon the possible. It soon came to treat texts, images, sounds, videos, maps, geometries, sensory data, and sequences of action. These different expressive substances no longer constituted rigidly separate computational domains, but partially translatable, comparable, and mutually co-optable modalities. A configuration learned or constructed within one system of representation could then, meaningfully, be transferred, transformed, and refunctionalised within another.
In short, the essays in that «XY» 17 (2026) identified the notion of 'artificial exaptation' as one of the principles that would make Artificial Drawing work. In this August of 2051, you may calmly judge whether those attempts were still uncertain, at times rash, if not vain or fraudulent. Certainly 'rash', at the very least, was the choice to entrust a scientific thesis to an avowedly fictional, epistolary text, one that used the future to make recognisable certain *ad-aptae possibilitates* which that present already contained: this very text.

BY-SA

descritto come la costruzione di un paradigma di possibilità virtuali, mentre la generazione ne attualizzava alcune realizzandole entro sintagmi operativi. La prova di commutazione diventava così operativa: variando sistematicamente elementi, relazioni, rappresentazioni, parametri o contesti e confrontandone gli effetti, era possibile distinguere le trasformazioni ininfluenti da quelle capaci di produrre una nuova pertinenza funzionale. Possibile/impossibile. Applicata al progetto, tale differenza poteva essere valutata come variazione di prestazione, uso, comportamento, significato o equilibrio ambientale. Quello che oggi chiamiamo "calcolo dell'exattamento" non è dunque una profezia deterministica dell'invenzione. È l'esplorazione sistematica delle differenze suscettibili di produrre nuove pertinenze funzionanti.

3.2 Il Disegno come morfologia multimodale

Questi strumenti diedero corpo a una disciplina del Disegno Artificiale: estesero sul piano computazionale una profonda tradizione morfologica del disegno che, da Leonardo da Vinci e Goethe, attraverso Haeckel e D'Arcy Thompson, giungeva alle morfogenesi matematiche di Turing.
Disegnare significò sempre più esplorare morfologie, gestire passaggi fra linguaggi e modi di rappresentazione eterogenei: testo e immagine, immagine e geometria, scansione e modello, diagramma e simulazione, descrizione verbale e spazio costruibile, dati ambientali e configurazione formale.
Il Disegno divenne così, più esplicitamente, una disciplina delle traduzioni intersemiotiche: cosciente della selezione, trasformazione e verifica delle equivalenze (omologie e/o isomorfismi) e delle differenze fra diversi modi di rappresentare e di operare sul possibile. Giunse presto a trattare testi, immagini, suoni, video, mappe, geometrie, dati sensoriali e sequenze d'azione. Queste diverse sostanze espressive non costituivano più domini computazionali rigidamente separati, ma modalità parzialmente traducibili, confrontabili e reciprocamente cooptabili. Una configurazione appresa o costruita in un sistema di rappresentazione poteva essere poi, sensatamente, trasferita, trasformata e rifunzionalizzata in un altro.
Insomma, i saggi di quel «XY» 17 (2026) indicavano nella nozione di "exattamento artificiale" uno dei principi che avrebbero fatto funzionare il Disegno Artificiale. In quest'agosto 2051 potrai serenamente valutare se quelli furono tentativi ancora incerti, talvolta azzardati, se non velleitari o imbroglioni. Quantomeno "azzardata" era certamente anche la scelta di affidare una tesi scientifica a un testo patentemente finzionale, epistolare, che usava il futuro per rendere riconoscibili alcune ad-aptae *possibilitates* che quel presente già conteneva: questo.

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4269

1. On the taxonomy of literary images of achronic dysfunctionality, see Francesco Orlando (Orlando 1993).

2. Friedrich Wilhelm Nietzsche, *Frammenti postumi,* Spring 1880, 2(29). https://www.nietzschesource.org/eKGWB/NF-1880,2 (last access 1/10/2026).

3. Heterogenesis is a paradigm of morphodynamic modelling in which forms do not merely evolve within a predetermined space of possibilities; the differential operators that generate both the forms and that very space of possibilities are themselves recombined (Sarti, Citti, Piotrowski 2022).

4. On the development of AI and the structure of the relations of production, see Matteo Pasquinelli's reconstruction (Pasquinelli 2023).

5. In 2026, the ILO chiefly predicted a transformation of tasks rather than the disappearance of jobs; UNESCO and the OECD (Calvino, Reijerink, Samek 2025) recorded genuine risks of income loss, occupational displacement and weakened professional autonomy.

6. The introduction of the notion of 'exaptation' into Italian design culture may be dated to the first publication of Gould and Vrba's seminal studies (Gould, Vrba 1982). Telmo Pievani reconstructed the history of the concept (Pievani 2008), which he had already analysed much earlier (Pievani 2004); he subsequently articulated its epistemological scope (Pievani 2009) and addressed the operationalisation of exaptation, including the possibility of empirically distinguishing 'ad-aptive' from 'ex-aptive' hypotheses (Pievani, Serrelli 2011).

7. The pandemic of 2020 revealed the lightning speed of artificial exaptation. Entire hospitals, schools and other facilities were adapted for care and quarantine, while remote work and teaching rapidly extended functions that were already technically possible but not yet ordinary (World Health Organization 2020).

8. Between 2007 and 2013, there is an initial series of studies by de Rubertis in this direction: *L'evoluzione del fondovalle* (Officina Edizioni, 2007), *La città mutante. Indizi di evoluzionismo in architettura* (FrancoAngeli, 2008), *Morfologie evolutive dell'architettura* (Artegrafica, 2010) and, finally, the programmatic title *Darwin architetto. L'evoluzione in architettura e oltre* (ESA, 2012). For a fuller account, one should perhaps also mention his contemporary contributions to debates at the conferences of the Unione Italiana Disegno.

9. The distinction between '[ad]-aptation' and '[ex]-aptation' in the original definition lies in the fact that: "Adaptations have functions; exaptations have effects" (Gould, Vrba 1982: 6). A 'function' is not just any useful effect produced by a form. An 'effect' is what a structure can presently do; to call it a 'function', by contrast, requires a historical-evolutionary explanation – an account of what that structure was selected for.

10. In the first chapter of *Candide* (Voltaire 1759), Pangloss maintains that "the nose was made to bear spectacles". It should be clear that to deduce the genesis of a form from its present utility is like saying that "the nose has the function of supporting spectacles", ignoring the fact that spectacles did not exist during the nose's phylogenetic evolution.

11. Hjelmslev reduces the identification of the structure of every language (including non-linguistic ones) to five conditions: 1) the distinction between the two planes of expression and content [E/C]; 2) the distinction between the two axes of process (the realised concatenation) and system (the virtual repertoire of possibilities); 3) the possibility of establishing, by commutation and permutation, which variations are pertinent on the two planes; 4) the existence of determinate relations of governance and coordination among units; and 5) the conformal or non-conformal character of the correspondence between expression and content. The first two features thus define the architecture of the semiotic system, while the remaining three permit its empirical analysis and classification (Hjelmslev, Wewer, Léonard, Canger 1971: 175-227).

12. In the *Cours de linguistique générale*, Ferdinand de Saussure distinguished two simultaneous modes of existence in which every element of signification (S/s) may be considered: on the one hand, the relations we would call 'syntagmatic', linking it *in praesentia* to the other elements actually concatenated in the act of *parole*; on the other, associative – or paradigmatic – relations, correlating it *in absentia* with the alternative elements virtually available within the subject's competence in *langue*.

13. Hjelmslev formalised the double articulation (*parole/langue*, psychologically analogous to 'performance/competence') by distinguishing it as 'process' and 'system'. In the process, co-present elements are connected by 'relations' (this and that – and that); in the system, each element is instead linked by 'correlations' (either this – or that) to the other elements that might replace it. The two dimensions therefore do not describe separate realities, but two mutually presupposed aspects of the same configuration. I argue that it is this double perspective that matters to a theory of exaptation: a structure may remain materially recognisable and yet, by entering a different concatenation of relations or being actualised in place of other possibilities, acquire a new functional value.

14. Agricultural uses of drones (crop monitoring, the detection of water stress and plant disease, pest control, sowing and risk management) were already documented by the FAO and ITU before 2020. The FAO (Sylvester 2018) also documents the use of drones to release antagonistic organisms for biological control. Pre-war thermal cameras could already detect fires, energy losses and plant diseases (Chen, Hopkins, Wang et al. 2022).

15. The North Atlantic Treaty Organization – NATO describes the war in Ukraine caused by the Russian invasion at dawn on 24 February 2022 as an environment of continuous innovation (NATO 2025); the European Defence Agency had already treated UAS as a paradigmatic case of interaction between civilian and military technologies.

16. On the development of 'serendipity' as a heuristic principle of the technosciences, see, for example, the project *Serendipity In Research and Innovation* – SIRI, funded by the European Research Council (Grant Agreement No. 759897, 2018-2024). It studied the production of unexpected and valuable results, together with the limits and possibilities of institutionally directing research.

17. For some conclusions of the SIRI research, see Coburn, Yaqub, Ràfols, Chataway 2024.

18. For Simondon, a *lignée technique* is not a succession of objects intended for the same use. Technical kinship depends instead upon the continuity and transformation of the same operational schema. Each generation inherits an operative structure from the preceding one and opens it to further developments (Bontems 2018).

19. This observation, among Simondon's other celebrated examples, also appears in his fundamental 'letter' on techno-aesthetics (Simondon 1992).

20. This began with the fruitful use of pattern-recognition software designed for histopathology but exapted for the attributional expertise of works of art: see, for example, software capable of distinguishing authentic Jackson Pollock drip paintings (Shamir 2015).

21. The 'prophecy of the pictorial style of the future' has generated an extensive literature; here I refer to a single contribution (Lisi, Malekzadeh, Haddadi et al. 2020).

22. For a reconstruction of the last documented configuration of Aby Warburg's celebrated *Mnemosyne* atlas, see Warnke, Birnk 2000.

CC BY-SA

1. Sulla tassonomia delle immagini letterarie della disfunzionalità acronica cfr. Francesco Orlando (Orlando 1993).

2. Friedrich Wilhelm Nietzsche, *Frammenti postumi*, primavera 1880, 2(29). https://www.nietzschesource.org/eKGWB/NF-1880,2 (ultima consultazione 1/10/2026).

3. L'eterogenesi è un paradigma di modellizzazione morfodinamica nel quale non evolvono soltanto le forme entro uno spazio di possibilità prestabilito, ma si ricombinano anche gli operatori differenziali che generano, insieme alle forme, lo stesso spazio delle possibilità (Sarti, Citti, Piotrowski 2022).

4. Sugli sviluppi dell'AI e la struttura dei rapporti di produzione cfr. la ricostruzione di Matteo Pasquinelli (Pasquinelli 2023).

5. Nel 2026 l'ILO prevedeva soprattutto una trasformazione delle mansioni, non la scomparsa dei lavori; UNESCO e OECD (Calvino, Reijerink, Samek 2025) registravano rischi reali di perdita di reddito, spostamento occupazionale e indebolimento dell'autonomia professionale.

6. L'introduzione della nozione di *exaptation* nella cultura progettuale italiana daterebbe con la prima edizione dei due saggi seminali di Gould e Vrba (Gould, Vrba 1982); Telmo Pievani ricostruisce la storia del concetto (Pievani 2008), che aveva analizzato ben prima (Pievani 2004) e di cui articolerà la portata epistemologica poco dopo (Pievani 2009), affrontando l'operazionalizzazione dell'*exaptation* con la possibilità di distinguere empiricamente ipotesi "ad-attative" ed "es-attive" (Pievani, Serrelli 2011).

7. Durante la pandemia del 2020 si sono rivelati i tempi fulminei dell'exattamento artificiale. Furono adattati interi ospedali, scuole e altre strutture per l'assistenza e la quarantena, mentre il lavoro e l'insegnamento a distanza estesero rapidamente funzioni già tecnicamente possibili ma non ancora ordinarie (World Health Organization 2020).

8. Tra il 2007 e il 2013 si ha una prima sequenza di studi di de Rubertis in questa direzione: *L'evoluzione del fondovalle* (Officina Edizioni, 2007), *La città mutante. Indizi di evoluzionismo in architettura* (FrancoAngeli, 2008), *Morfologie evolutive dell'architettura* (Artegrafica, 2010) e, infine, il titolo programmatico *Darwin architetto. L'evoluzione in architettura e oltre* (ESA, 2012). Forse, per un quadro più completo, servirebbe menzionare i contributi coevi dell'autore ai dibattiti dei convegni dell'Unione Italiana Disegno.

9. La distinzione tra "[ad]-attamento" ed "[es]-attamento" nella definizione originaria è nel fatto che: «Gli adattamenti hanno funzioni; le *exaptation* hanno effetti» (Gould, Vrba 1982: 6). Una "funzione" non è un qualsiasi effetto utile prodotto da una forma. "Effetto" è ciò che una struttura può fare attualmente; invece, per dire che si tratta di "funzione" bisogna dare una spiegazione storico-evolutiva: indicare ciò per cui quella struttura è stata selezionata.

10. Nel primo capitolo del *Candide* (Voltaire 1759), Pangloss ritiene che "il naso è stato fatto per portare gli occhiali". Sarà evidente che dedurre la genesi di una forma dalla sua utilità presente è come dire che "il naso ha la funzione di sostenere gli occhiali", ignorando che gli occhiali non esistevano durante l'evoluzione filogenetica del naso.

11. Hjelmslev riconduce l'identificazione della struttura di ogni linguaggio (anche non linguistico) a cinque condizioni: 1) la distinzione dei due piani dell'espressione e del contenuto [E/C]; 2) la distinzione dei due assi del processo (la concatenazione realizzata) e del sistema (il repertorio virtuale delle possibilità); 3) la possibilità di stabilire, mediante commutazione e permutazione, quali variazioni siano pertinenti nei due piani; 4) l'esistenza di relazioni determinate di reggenza e coordinazione fra le unità; 5) il carattere conforme o non conforme della corrispondenza fra espressione e contenuto. I primi due tratti definiscono così l'architettura del sistema semiotico, mentre i tre successivi ne permettono l'analisi empirica e la classificazione (Hjelmslev, Wewer, Léonard, Canger 1971: 175-227).

12. Nel *Cours de linguistique générale*, Ferdinand De Saussure distingueva due modi di esistere simultanei di considerare ogni elemento di significazione (S/s): da un lato i rapporti che diremmo "sintagmatici", che lo legano *in praesentia* agli altri elementi effettivamente concatenati nell'atto di *parole*; dall'altro lato i rapporti associativi – paradigmatici – che lo correlano *in absentia* agli elementi alternativi disponibili, virtualmente, nella competenza soggettiva della *langue*.

13. Hjelmslev formalizzò la duplice articolazione (*parole/langue*, psicologicamente analoga a "performanza/competenza") distinguendola come "processo" e "sistema". Nel processo gli elementi co-presenti sono connessi da "relazioni" (questo e quell'altro – e quell'altro); nel sistema ciascun elemento invece è legato da "correlazioni" (o questo – o quello) agli altri elementi che potrebbero sostituirlo. Le due dimensioni non descrivono dunque realtà separate, ma due aspetti reciprocamente presupposti della medesima configurazione. Sostengo che è questa duplice prospettiva che interessa una teoria dell'*exaptation*: una struttura può conservarsi materialmente riconoscibile e tuttavia, entrando in una diversa concatenazione di relazioni o venendo attualizzata in luogo di altre possibilità, acquistare un valore funzionale nuovo.

14. Gli impieghi agricoli dei droni (monitoraggio delle colture, individuazione di stress idrico e fitopatologie, controllo dei parassiti, semina e gestione dei rischi) erano già documentati dalla FAO e dall'ITU prima del 2020. La FAO (Sylvester 2018) documenta anche l'impiego di droni per liberare organismi antagonisti nel controllo biologico. Le camere termiche prebelliche sapevano già riconoscere gli incendi, le dispersioni energetiche o le malattie delle piante (Chen, Hopkins, Wang et al. 2022).

15. La North Atlantic Treaty Organization – NATO descrive la guerra in Ucraina, causata dall'invasione russa all'alba del 24 febbraio 2022, come un ambiente di innovazione continua (NATO 2025); l'Agenzia europea per la difesa considerava già gli UAS un caso paradigmatico di interazione fra tecnologie civili e militari.

16. Sullo sviluppo del concetto di "serendipità" come principio euristico delle tecnoscienze, vedi per es. il progetto *Serendipity In Research and Innovation* – SIRI finanziato dall'European Research Council (Grant Agreement n. 759897, 2018-2024) che studiava la produzione di risultati inattesi e di valore, nonché i limiti e le possibilità di orientare istituzionalmente la ricerca.

17. Su alcune conclusioni della ricerca SIRI cfr. Coburn, Yaqub, Ràfols, Chataway 2024.

18. Una *lignée technique* non è per Simondon la successione di oggetti destinati allo stesso uso. La parentela tecnica dipende invece dalla continuità e dalla trasformazione di uno stesso schema di funzionamento. Ogni generazione eredita dalla precedente una struttura operativa e ne dischiude ulteriori sviluppi (Bontems 2018).

19. L'osservazione è, tra altri celebri esempi di Simondon, anche nella sua fondamentale "lettera" sulla tecno-estetica (Simondon 1992).

20. Si trattò inizialmente del fruttuoso impiego di software di *pattern recognition* concepiti per istopatologia, ma esattati per l'*expertize* attributivo di opere d'arte: cfr. per esempio i software in grado di discriminare veri dipinti in *dripping* di Jackson Pollock (Shamir 2015).

21. Il tema della "profezia dello stile pittorico del futuro" ha avuto una vasta letteratura; qui mi riferisco a un solo contributo (Lisi, Malekzadeh, Haddadi et al. 2020).

22. Per una ricostruzione dell'ultima configurazione documentata del celebre atlante *Mnemosyne* di Aby Warburg, cfr. Warnke, Brink 2000.

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4269

References / Bibliografia

Arnold E.N. (1994), *Investigating the Origins of Performance Advantage: Adaptation, Exaptation and Lineage Effects*, in Eggleton P., Vane-Wright R.I., eds, *Phylogenetics and Ecology*, «Linnean Society Symposium Series», 17, pp. 123-168.

Bontems V. (2018), *Sur la classification des objets techniques selon Simondon*, «Artefact. Techniques, histoire et sciences humaines », 3, pp. 183-198. DOI: https://doi.org/10.4000/artefact.8270.

Calvino F., Reijerink J., Samek L. (2025), *The Effects of Generative AI on Productivity, Innovation and Entrepreneurship*, «OECD Artificial Intelligence Papers», 39. DOI: https://doi.org/10.1787/b21df222-en.

Chen X., Hopkins B., Wang H. et al. (2022), *Wildland Fire Detection and Monitoring Using a Drone-Collected RGB/IR Image Dataset*, «IEEE Access», 10, pp. 121301-121317. https://ieeexplore.ieee.org/document/9953997 (last access 28/8/2026).

Coburn J., Yaqub O., Ràfols I., Chataway J. (2024), *Cross-Disease Spillover from Research Funding: Evidence from Four Diseases*, «Social Science & Medicine», 349, p. 116883. DOI: https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2024.116883.

Crawford K. (2022), *Atlas of AI: Power, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence*, New Haven-London, Yale University Press.

Dawkins R. (1976), *The Selfish Gene*, Oxford University Press.

Dawkins R. (1983), *Universal Darwinism*, in Bendall D.S., ed., *Evolution from Molecules to Men*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 403-425.

de Rubertis R. (2008), *La città mutante. Indizi di evoluzionismo in architettura*, Milano, Franco Angeli.

de Rubertis R. (2012), *Darwin architetto: l'evoluzione in architettura e oltre*, Torre del Greco, Edizioni scientifiche e artistiche.

Gay F. (2008), *Architettura e le Arti: verso una genetica degli artefatti, in L'architettura e le sue declinazioni*, Verona, Iper-Edizioni, pp. 85-92.

Gay F. (2011), *Necessità dell'ornamento: retorica e Storia Naturale dell'architettura*, in Migliore T., a cura di, *Retorica del visibile: strategie dell'immagine tra significazione e comunicazione*, Roma, Aracne Editrice, 3, pp. 381-394.

Gay F., Cazzaro I. (2024), *Environmental Affordances: Some Meetings between Artificial Aesthetics and Interior Design Theory*, in Zanella F. et al., eds, *Multidisciplinary Aspects of Design*, International Conference *Design! OPEN 2022* (5-6 May 2022, Parma), Cham, Springer ("Springer Series in Design and Innovation", 37), pp. 354-364. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-49811-4_34.

Gould S.J. (1997), *Evolution: The Pleasures of Pluralism*, «The New York Review of Books», 44, 11, pp. 47-52.

Gould S.J., Vrba E.S. (1982), *Exaptation – a Missing Term in the Science of Form*, «Paleobiology», 8. https://explore.openaire.eu/search/publication?pid=10.1017%2Fs0094837300004310 (last access 30/7/2026).

Hadjadji N., Tesquet O. (2025), *Apocalypse nerd : comment les technofascistes ont pris le pouvoir / Nastasia Hadjadji et Olivier Tesquet*, Paris, Éditions Divergences.

Hjelmslev L., Wewer A., Léonard A.-M., Canger U. (1971), *Prolégomènes à une théorie du langage ; suivi de La structure fondamentale du langage*, Paris, Éditions de Minuit ("Arguments").

Jakobson R., Halle M. (1956), *Fundamentals of Language*, Den Haag ('s-Gravenhage), Mouton & Co. http://archive.org/details/fundamentalsofla00jako (last access 23/8/2026).

Lass R. (1990), *How to Do Things with Junk: Exaptation in Language Evolution*, «Journal of Linguistics», 26, 1, pp. 79-102. DOI: https://doi.org/10.1017/S0022226700014432.

Lisi E., Malekzadeh M., Haddadi H., Lau F.D.-H., Flaxman S. (2020), *Modelling and Forecasting Art Movements with CGANs*, «Royal Society Open Science», 7, 4, p. 191569. DOI: https://doi.org/10.1098/rsos.191569.

BY-SA

Marx K. (1859), *Prefazione*, in *Per la critica dell'economia politica*, Edizioni Rinascita. https://www.marxists.org/italiano/marx-engels/1859/criticaep/ (ultima consultazione 26/8/2026).

Melis A., Meda B., Pievani T. (2021), *Comunità resilienti*, catalogo del *Padiglione Italia* della Biennale Architettura 2021 (Venezia, Arsenale, 22 maggio - 21 novembre 2021), Roma, D Editore.

Melis A., Pievani T. (2022), *Exaptation as a Design Strategy for Resilient Communities*, in Rezaei N., ed., *Transdisciplinarity*, Cham, Springer International Publishing, pp. 307-327. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-94651-7_15.

Melis A., Pievani T., Lara-Hernandez J.A. (2024), *Architectural Exaptation: When Function Follows Form*, Abingdon, Oxon, Routledge.

Merchant B. (2017), *The One Device: The Secret History of the iPhone*, London, Bantam Press.

NATO (2025), *Drones – Lessons from Ukraine*. https://www.nato.int/en/multimedia/multimedia/videos/2025/10/03/drones-lessons-from-ukraine (last access 29/7/2026).

Orlando F. (1993), *Gli oggetti desueti nelle immagini della letteratura: rovine, reliquie, rarità, robaccia, luoghi inabitati e tesori nascosti*, Torino, Einaudi.

Pasquinelli M. (2023), *The Eye of the Master: A Social History of Artificial Intelligence*, London, Verso.

Pievani T. (2002), *Rhapsodic Evolution: Essay on Exaptation and Evolutionary Pluralism*, «World Futures», 59, 2, pp. 63-81. DOI: https://doi.org/10.1080/02604020216077.

Pievani T. (2004), *Exaptation: la biologia dell'imprevedibile. Un approccio costruttivista all'idea di "adattamento", in* Barbetta P., Capararo M., Pievani T., a cura di, *Sotto il velo della normalità*, Roma, Meltemi, pp. 13-141.

Pievani T. (2008), *Exaptation. Storia di un concetto*, in Gould J.S., Vrba E.S., *Exaptation. Il bricolage dell'evoluzione*, Torino, Bollati Boringhieri, pp. 105-130.

Pievani T. (2009), *Exaptation: la logica evolutiva del vivente tra funzioni e strutture*, «Discipline filosofiche», XIX, 1, pp. 137-152. DOI: https://doi.org/10.1400/179524.

Pievani T., Serrelli E. (2011), *Exaptation in Human Evolution. How to Test Adaptive vs. Exaptive Evolutionary Hypotheses*, «Journal of Anthropological Sciences - JASS», 89, pp. 9-23. DOI: 10.4436/jass.89015.

Sarti A., Citti G., Piotrowski D. (2022), *Differential Heterogenesis: Mutant Forms, Sensitive Bodies*, Cham, Springer International Publishing ("Lecture Notes in Morphogenesis"). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-97797-9.

Shamir L. (2015), *What Makes a Pollock Pollock: A Machine Vision Approach*, «International Journal of Arts and Technology», 8, 1, pp. 1-10.

Simondon G. (1958), *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Éditions Aubier.

Simondon G. (1992), *Sur la techno-esthétique et Réflexions préalables à une refonte de l'enseignement*, «Les papiers du Collège international de philosophie», 12.

Simondon G. (2005), *L'individuation à la lumière des notions de forme et d'information*, Grenoble, Editions Jérôme Millon.

Sylvester G. (2018), *E-Agriculture in Action: Drones for Agriculture*, FAO. https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i8494en (last access 29/7/2026).

Voltaire (1759), *Candide, ou L'optimisme, traduit de l'allemand de M. le docteur Ralph*, Genève, Cramer. http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1057560q (ultima consultazione 21/8/2026).

Warnke M., Brink C. (2000), *Aby Warburg. Der Bilderatlas Mnemosyne*, Berlin, Akademie Verlag.

World Health Organization (2020), *Strengthening Preparedness for COVID-19 in Cities and Urban Settings: Interim Guidance for Local Authorities*, World Health Organization. https://iris.who.int/handle/10665/331896 (last access 3/10/2026).

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4269

Exaptation as a Criterion for Modelling Complex Ecosystems. The Case of the Venice Lagoon

Irene Cazzaro

In their celebrated essay on the spandrels of St Mark's Basilica in Venice, Gould and Lewontin criticised the adaptationist tendency to interpret every form as the optimal outcome of a function. With the concept of exaptation, Gould and Vrba subsequently proposed an evolutionary perspective based on contingent processes of co-option and re-functionalisation. Transposed to the modelling of complex ecosystems, this perspective makes it possible to overcome the idea that systems such as the Venice Lagoon evolve towards determined equilibrium states, inviting instead an interpretation of them as emerging configurations produced by functional reuses and multi-level interactions. In a lagoon system, hydraulic infrastructures, salinity gradients, plant communities and anthropogenic pressures do not organise themselves according to linear trajectories, but generate side effects that become conditions for new forms of stability: salt marshes arising from altered sedimentary processes, species colonising artificial habitats, and technical devices modifying ecological niches. Exaptation thus becomes not only an interpretative category but a methodological criterion: it guides the construction of models capable of detecting emerging patterns at different scales and of integrating mechanistic description and statistical learning without reducing complexity to pure prediction. Contemporary hybrid approaches – combining process-based simulation and physics-informed neural networks – can be reread as exploratory rather than predictive devices: tools for probing scenarios in which functions, relationships and ecological roles are redefined over time. From this perspective, modelling Venice means designing a field of possibilities, rather than optimising an outcome. Exaptation operates as a principle of validation and generation: it invites comparison of models with multiple and unexpected patterns, recognising that ecological innovation – like technical innovation – often emerges from unintended deviations and reuses. Adopting exaptation as an operative criterion therefore entails a specific epistemic stance: replacing the search for equilibrium with the analysis of contingent transformations, and understanding artificial intelligence not as a tool of control, but as a means of making visible the lateral trajectories of lagoon evolution.

Keywords: artificial drawing, complex systems, scenarios.

1. Introduction

In recent years, the modelling of complex ecosystems has evolved considerably through the integration of process-based approaches and machine-learning techniques. In lagoon environments, and particularly in the Venice Lagoon, these tools have been used to simulate hydrodynamic processes, water quality and changes in ecological parameters, with the aim of improving the descriptive and predictive capacity of models (Aslan, Zennaro, Furlan, Critto 2022; Zennaro, Furlan, Canu, Aveytua Alcazar, Rosati, Solidoro, Aslan, Critto 2023; Bozzeda, Sigovini, Lionello 2025). This orientation is part of a broader trend in which artificial intelligence is becoming a crucial resource for analysing and predicting complex environmental systems (Rubbens, Brodie, Cordier, Destro Barcellos, Devos, Fernandes-Salvador, Fincham et al. 2023; Cipriano, Noce, Mereu, Santini 2025; Spillias, Trebilco, Adams, Boschetti, Constable, Dunstan, Ferrier et al. 2026).

Without questioning the validity of these approaches, this paper proposes a reconsideration of their underlying paradigm. Part of environmental modelling is still interpreted through an adaptationist lens: the system is understood as if it tended towards progressively more stable and optimisable equilibrium states. Such a reading risks reducing the complexity of evolutionary processes to a logic of functional adaptation, while overlooking the role of contingency, side effects and unintended transformations.

The paper therefore proposes to reinterpret the modelling of complex ecosystems through the concept of exaptation (Gould, Vrba 1982). This concept, although not formalised, is already partially embedded in some advanced artificial-intelligence applications used by these models, for example in the management of deviations from expected patterns.

From this perspective, systems such as the Venice Lagoon are not regarded as configurations oriented towards an end, but as emerging outcomes of processes of re-functionalisation in which

CC BY-SA

Exaptation come criterio per la modellazione di ecosistemi complessi. Il caso della laguna di Venezia

Irene Cazzaro

Nel celebre saggio sui pennacchi della basilica di San Marco a Venezia, Gould e Lewontin criticavano la tendenza adattazionista a leggere ogni forma come esito ottimale di una funzione. Con il concetto di *exaptation*, Gould e Vrba hanno successivamente proposto una visione evolutiva fondata su cooptazioni e ri-funzionalizzazioni contingenti. Trasposta nell'ambito della modellazione degli ecosistemi complessi, questa prospettiva consente di superare l'idea che sistemi come la laguna di Venezia evolvano verso stati di equilibrio determinati, invitando invece a leggerli come configurazioni emergenti prodotte da riusi funzionali e interazioni multilivello. In un contesto lagunare, infrastrutture idrauliche, gradienti salini, comunità vegetali e pressioni antropiche non si organizzano secondo traiettorie lineari, ma generano effetti collaterali che diventano condizioni per nuove stabilità: barene nate da processi sedimentari alterati, specie che colonizzano habitat artificiali, dispositivi tecnici che modificano nicchie ecologiche. L'*exaptation* diventa qui non solo categoria interpretativa, ma criterio metodologico: orienta la costruzione di modelli capaci di intercettare pattern emergenti a diverse scale e di integrare descrizione meccanicistica e apprendimento statistico senza ridurre la complessità a pura previsione. Gli approcci ibridi contemporanei – che combinano simulazione *process-based* e reti neurali informate dalla fisica – possono essere riletti come dispositivi esplorativi più che predittivi: strumenti per sondare scenari in cui funzioni, relazioni e ruoli ecologici si ridefiniscono nel tempo. In questa prospettiva, modellare Venezia significa progettare un campo di possibilità, non ottimizzare un esito. L'*exaptation* opera come principio di validazione e generazione: invita a confrontare i modelli con pattern multipli e inattesi, riconoscendo che l'innovazione ecologica – come quella tecnica – emerge spesso da deviazioni e riusi non intenzionali. Assumere l'*exaptation* come criterio operativo implica dunque una postura epistemica specifica: sostituire la ricerca dell'equilibrio con l'analisi delle trasformazioni contingenti, e intendere l'intelligenza artificiale non come strumento di controllo, ma come mezzo per rendere visibili le traiettorie laterali dell'evoluzione lagunare.

Parole chiave: disegno artificiale, scenari, sistemi complessi.

1. Introduzione

Negli ultimi anni, la modellazione degli ecosistemi complessi ha conosciuto una significativa evoluzione grazie all'integrazione tra approcci *process-based* e tecniche di apprendimento automatico. In ambito lagunare, e in particolare nel caso della laguna di Venezia, tali strumenti sono stati ampiamente utilizzati per simulare processi idrodinamici, qualità delle acque e variazioni di parametri ecologici, con l'obiettivo di migliorare la capacità predittiva dei modelli (Aslan, Zennaro, Furlan, Critto 2022; Zennaro, Furlan, Canu, Aveytua Alcazar, Rosati, Solidoro, Aslan, Critto 2023; Bozzeda, Sigovini, Lionello 2025). Questo orientamento si inserisce in una più ampia tendenza che vede l'intelligenza artificiale come strumento privilegiato per l'analisi e la previsione dei sistemi ambientali complessi (Rubbens, Brodie, Cordier, Destro Barcellos, Devos, Fernandes-Salvador, Fincham et al. 2023; Cipriano, Noce, Mereu, Santini 2025; Spillias, Trebilco, Adams, Boschetti, Constable, Dunstan, Ferrier et al. 2026).

Riconoscendo prima di tutto la validità e l'efficacia di questi approcci, il presente contributo intende aggiungere una chiave di lettura concettuale che ne riesamina il sottostante paradigma. L'impostazione attuale, infatti, rischia troppo spesso di essere interpretata in un'ottica adattazionista, secondo la quale il sistema viene orientato verso stati di equilibrio più o meno stabili e ottimizzabili. Tale prospettiva rischia di ridurre la complessità dei processi evolutivi a una logica di adattamento funzionale, trascurando il ruolo della contingenza, degli effetti collaterali e delle trasformazioni non intenzionali.

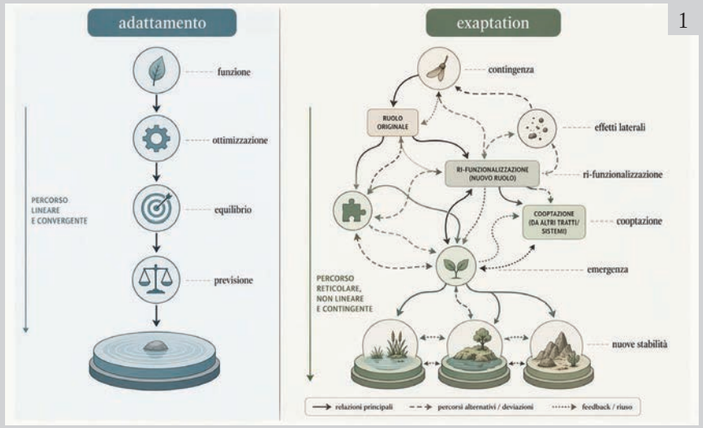
Il contributo propone quindi di reinterpretare la modellazione degli ecosistemi complessi attraverso il concetto di *exaptation* (Gould, Vrba 1982), un concetto che, sebbene non formalizzato, è già parzialmente inserito in alcune applicazioni avanzate di intelligenza artificiale che questi modelli utilizzano (ad esempio, nella gestione degli scarti rispetto ai *pattern* attesi).

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3966

multi-scalar interactions continuously produce unforeseen effects that can be reabsorbed and transformed into new conditions of stability.
Adopting exaptation as an operative criterion entails a twofold shift: from a predominantly predictive logic to an exploratory one, and from a model oriented towards optimisation to a device capable of constructing and interrogating a field of possibilities. In this framework, artificial intelligence is understood less as a tool of control than as a means of making latent patterns, emerging dynamics and lateral trajectories of the system visible. Alongside this hypothesis, the paper introduces a second line of inquiry concerning artificial drawing and, in this case, the representational dimension of modelling. As highlighted by important studies on the use of images in scientific and design processes (Daston, Galison 2007; Belting 2011), representation cannot be treated as a simple output, but as an active component in the construction of knowledge. Diagrams, maps and simulations act as interfaces, bringing together data, models and design hypotheses.
Starting from these premises, the paper addresses four main questions: (1) how exaptation can be translated into an operative criterion for modelling complex ecosystems; (2) how hybrid models based on artificial intelligence can be reinterpreted as exploratory rather than predictive devices; (3) what role images can assume in the construction, interpretation and validation of models; (4) how can lateral and unintended trajectories of lagoon evolution be made visible through modelling.
Through the case study of the Venice Lagoon, the paper aims to show how exaptation can operate simultaneously as an epistemic principle, a methodological criterion and a representational device, contributing to a redefinition of the relationship between modelling, design and image.

2. Exaptation: From a Biological Concept to an Epistemic Device

The concept of exaptation, formulated by Stephen Jay Gould and Elisabeth Vrba (Gould, Vrba 1982), emerged within evolutionary debate to describe traits that originated either without a specific function or in relation to a different function and were subsequently co-opted for new uses. Exaptation thus introduces a discontinuity with the adaptationist interpretation of evolution, already criticised by Gould and Lewontin (Gould, Lewontin 1979), because it shows how the relationship between form and function is often the result of successive re-articulations rather than a linear process of optimisation (fig. 1).
Beyond its original field, exaptation can be adopted as a category for interrogating processes of knowledge production in complex systems (Trisciuoglio 2024). It therefore does not merely describe an evolutionary dynamic, but also makes it possible to question epistemic models based on stable correspondences between structure and purpose. As suggested by theoretical approaches that emphasise the contingency and historicity of systems (Allen, Hoekstra 2015; DeLanda 2016), observable configurations emerge from chains of heterogeneous events, in which reuse, deviation and reconfiguration play a constitutive role.
This theoretical shift makes it possible to reformulate the problem of modelling beyond a narrowly representational logic. Rather than assuming the model as a reduction of reality oriented towards stabilising relevant variables, exaptation invites us to consider it as a device capable of keeping the system's conditions of indeterminacy operative. In this sense, the model is a selective construction of relationships that makes otherwise latent trajectories observable. This interpretation is close to conceptions of simulation as an



1

Figure 1
Comparison between the adaptationist paradigm and the 'exaptative' paradigm. On the left, the linear logic oriented towards function, optimisation, equilibrium, and prediction; on the right, the network logic of contingency, co-option, and re-functionalisation, in which side effects and deviations can become conditions for new forms of stability. Author's elaboration using ChatGPT.

CC BY-SA

In questa prospettiva, sistemi come la laguna di Venezia non vengono più considerati come configurazioni orientate a un fine, ma come esiti emergenti di processi di ri-funzionalizzazione, in cui interazioni multi-scalari producono continuamente effetti non previsti che possono essere riassorbiti e trasformati in nuove condizioni di stabilità.
Assumere l'*exaptation* come criterio operativo implica una duplice trasformazione: da un lato, il passaggio da una logica predittiva a una logica esplorativa; dall'altro, lo spostamento da un modello orientato all'ottimizzazione a un dispositivo capace di costruire e interrogare un campo di possibilità. In questo quadro, l'intelligenza artificiale è intesa, più che come strumento di controllo, come mezzo per rendere visibili *pattern* latenti, dinamiche emergenti e traiettorie laterali del sistema. Accanto a questa ipotesi, il contributo introduce una seconda linea di indagine, relativa al disegno artificiale e, in questo caso, alla dimensione rappresentazionale della modellazione. Come evidenziato da noti studi sull'uso delle immagini nei processi scientifici e progettuali (Daston, Galison 2007; Belting 2011), la rappresentazione non può essere ridotta a semplice *output*, ma costituisce una componente attiva nella costruzione della conoscenza. Diagrammi, mappe e simulazioni agiscono come interfacce attraverso cui il modello prende forma e viene continuamente riorganizzato.
A partire da queste premesse, il contributo si articola attorno a quattro domande di ricerca: (1) In che modo l'*exaptation* può essere tradotta in un criterio operativo per la modellazione degli ecosistemi complessi? (2) Come possono i modelli ibridi basati su intelligenza artificiale essere reinterpretati come dispositivi esplorativi più che predittivi? (3) Quale ruolo assumono le immagini nella costruzione, interpretazione e validazione dei modelli? (4) Come rendere visibili, attraverso la modellazione, le traiettorie laterali e non intenzionali dell'evoluzione lagunare?
Attraverso il caso studio della laguna di Venezia, il contributo intende mostrare come l'*exaptation* possa operare simultaneamente come principio epistemico, criterio metodologico e dispositivo rappresentazionale, contribuendo a ridefinire il rapporto tra modellazione, progetto e immagine.

Figura 1
Confronto tra paradigma adattazionista e paradigma "exattativo". A sinistra, la logica lineare orientata a funzione, ottimizzazione, equilibrio e previsione; a destra, la logica reticolare della contingenza, della cooptazione e della ri-funzionalizzazione, in cui effetti collaterali e deviazioni possono diventare condizioni di nuove stabilità. Elaborazione dell'autrice con l'utilizzo di ChatGPT.

2. *Exaptation*: da concetto biologico a dispositivo epistemico

Il concetto di *exaptation*, formulato da Stephen Jay Gould ed Elisabeth Vrba (Gould, Vrba 1982), nasce all'interno del dibattito evoluzionistico per descrivere quei tratti che, originatisi in assenza di una funzione specifica o in relazione a una funzione diversa, vengono successivamente cooptati per nuovi usi. In questo senso, l'*exaptation* introduce una discontinuità rispetto alla lettura adattazionista dell'evoluzione, già criticata da Gould e Lewontin (Gould, Lewontin 1979), evidenziando come la relazione tra forma e funzione sia spesso il risultato di riarticolazioni successive piuttosto che di un processo lineare di ottimizzazione (fig. 1).
Al di là del suo ambito originario, l'*exaptation* può essere interpretata come una categoria capace di interrogare più in generale i processi di produzione della conoscenza nei sistemi complessi (Trisciuoglio 2024). Essa non si limita quindi a descrivere una dinamica evolutiva, ma consente di mettere in discussione modelli epistemici fondati su corrispondenze stabili tra struttura e finalità. Come suggerito da approcci teorici che enfatizzano la contingenza e la storicità dei sistemi (Allen, Hoekstra 2015; DeLanda 2016), le configurazioni osservabili emergono da concatenazioni di eventi eterogenei, in cui riuso, deviazione e riconfigurazione giocano un ruolo costitutivo.
Questo spostamento teorico permette di riformulare il problema della modellazione al di fuori di una logica rappresentazionale in senso stretto. Piuttosto che assumere il modello come una riduzione del reale orientata alla stabilizzazione delle variabili rilevanti, l'*exaptation* invita a considerarlo come un dispositivo capace di mantenere operative le condizioni di indeterminazione del sistema. In tal senso, il modello è una costruzione selettiva di relazioni che rende osservabili traiettorie altrimenti latenti. Questa interpretazione si avvicina a quelle concezioni della simulazione come pratica esplorativa, in cui il valore conoscitivo risiede meno nella previsione puntuale che nella generazione di scenari e nella messa alla prova di ipotesi (Winsberg 2010; Parker 2009).
Un ulteriore elemento di interesse riguarda il

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3966

exploratory practice, in which its epistemic value lies less in precise prediction than in the generation of scenarios and the testing of hypotheses (Winsberg 2010; Parker 2009).
A further element of interest concerns the relationship between exaptation and non-linearity. In complex systems, the most significant transformations do not necessarily result from incremental variations along optimal trajectories, but from deviations, bifurcations and reconfigurations that produce effects disproportionate to the initial conditions (Mitchell 2009). Exaptation provides an appropriate model for describing such phenomena, as it makes it possible to interpret unintended outcomes not as anomalies to be eliminated, but as generative moments within the dynamics of the system.
Applied to ecosystem modelling, this perspective entails a reconsideration of validation and calibration practices. Rather than aiming exclusively to reduce error with respect to observed data, the modelling process can be oriented towards identifying and interpreting discrepancies as indicators of possible reconfigurations of the system.
This approach is consistent with recent developments in pattern-oriented modelling (Grimm, Revilla, Berger, Jeltsch, Mooij, Railsback, Thulke et al. 2005), but extends its framework by emphasising not only the correspondence between simulated and observed patterns, but also the heuristic potential of discrepancies.
Conceiving exaptation as an epistemic device also entails a redefinition of the relationship between analysis and design. If configurations emerge through processes of re-functionalisation, then modelling can be understood as a practice that does not merely describe states of the system, but intervenes in their articulation, making alternative possibilities explicit.
The transition from a biological concept to an epistemic device therefore does not consist in a simple metaphorical extension, but in a reformulation of the conditions under which complex systems can be understood: from the centrality of function to the plurality of uses, from the stability of forms to their continuous reconfiguration, and from the prediction of outcomes to the exploration of possibilities.

3. The Venice Lagoon as an 'Exaptive' System and Artificial Garden

The Venice Lagoon is an exemplary complex ecosystem in which natural processes and anthropogenic actions intertwine. Far from being a system oriented towards a stable equilibrium state, the lagoon is a dynamic field traversed by multi-scalar interactions, in which hydrodynamic, biological, infrastructural and socio-economic components produce continuously changing configurations (Marani, D'Alpaos, Lanzoni, Carniello, Rinaldo 2007; Fagherazzi, Kirwan, Mudd, Guntenspergen, Temmerman, D'Alpaos, Van De Koppel et al. 2012; Carniello, Silvestri, Marani, D'Alpaos 2009).
In this context, lagoon dynamics can be effectively read through the lens of exaptation. Infrastructures designed for specific purposes, such as regulating water flows or protecting against high waters, generate side effects that modify sedimentary processes and, consequently, the morphology of the lagoon itself. The *barene*, for example, are not simply natural elements, but outcomes of complex interactions between currents, sediment supply and human interventions that can, over time, produce new conditions of ecological stability. Similarly, artificial habitats can be colonised by species that redefine their original function, transforming technical devices into new ecological niches.
These phenomena show that the lagoon cannot be understood through linear or deterministic models, but requires tools capable of capturing the emergent nature of its configurations. Causal relations do not unfold along univocal trajectories, but are articulated through feedback networks in which secondary effects can acquire a structuring role. What initially appears as a deviation or disturbance may, over time, become a fundamental component of the system.
This reading can be extended by considering the lagoon as a form of 'artificial garden' at the territorial scale. The Venetian paradox – a constructed nature that tends to present itself as natural – was highlighted by Tafuri (Tafuri 1985), who identifies the tension between utopia and technical design as a core element of the city's myth. This tension, already visible in

CC BY-SA

rapporto tra *exaptation* e non-linearità. Nei sistemi complessi, le trasformazioni più rilevanti non derivano necessariamente da variazioni incrementali lungo traiettorie ottimali, ma da deviazioni, biforcazioni e riconfigurazioni che producono effetti sproporzionati rispetto alle condizioni iniziali (Mitchell 2009). L'*exaptation* fornisce un modello adeguato per descrivere tali fenomeni, poiché consente di leggere gli esiti non intenzionali non come anomalie da eliminare, ma come momenti generativi all'interno della dinamica del sistema.
Applicata alla modellazione degli ecosistemi, questa prospettiva implica una riconsiderazione delle pratiche di validazione e calibrazione. Invece di mirare esclusivamente alla riduzione dell'errore rispetto a dati osservati, il processo modellistico può essere orientato a identificare e interpretare gli scarti come indicatori di possibili riconfigurazioni del sistema.
Tale impostazione è in linea con sviluppi recenti del *pattern-oriented modelling* (Grimm, Revilla, Berger, Jeltsch, Mooij, Railsback, Thulke et al. 2005), ma ne estende l'impianto, enfatizzando non solo la corrispondenza tra *pattern* simulati e osservati, bensì anche il potenziale euristico delle discrepanze.
Concepire l'*exaptation* come dispositivo epistemico comporta inoltre una ridefinizione del rapporto tra analisi e progetto. Se le configurazioni emergono attraverso processi di ri-funzionalizzazione, allora la modellazione può essere intesa come una pratica che non si limita a descrivere stati del sistema, ma che interviene nella loro articolazione, rendendo esplicite possibilità alternative.
Il passaggio da concetto biologico a dispositivo epistemico non consiste dunque in una semplice estensione metaforica, ma in una riformulazione delle condizioni di intelligibilità dei sistemi complessi: dalla centralità della funzione alla pluralità degli usi, dalla stabilità delle forme alla loro continua riconfigurazione, dalla previsione degli esiti alla esplorazione delle possibilità.

3. La laguna di Venezia come sistema "exattativo" e giardino artificiale

La laguna di Venezia costituisce un caso emblematico di ecosistema complesso in cui si intrecciano processi naturali e azioni antropiche. Lungi dall'essere un sistema orientato verso uno stato di equilibrio stabile, la laguna si configura come un campo dinamico attraversato da interazioni multi-scalari, in cui componenti idrodinamiche, biologiche, infrastrutturali e socio-economiche producono configurazioni continuamente mutevoli (Marani, D'Alpaos, Lanzoni, Carniello, Rinaldo 2007; Fagherazzi, Kirwan, Mudd, Guntenspergen, Temmerman, D'Alpaos, Van De Koppel et al. 2012; Carniello, Silvestri, Marani, D'Alpaos 2009).
In questo contesto, le dinamiche lagunari possono essere lette efficacemente attraverso la lente dell'*exaptation*. Infrastrutture progettate per scopi specifici, come la regolazione dei flussi idrici o la difesa dalle acque alte, generano effetti collaterali che modificano i processi sedimentari e, di conseguenza, la morfologia stessa della laguna. Le barene, ad esempio, non sono semplicemente elementi naturali, ma esiti di complesse interazioni tra correnti, apporti sedimentari e interventi umani, che nel tempo hanno prodotto nuove condizioni di stabilità ecologica. Analogamente, habitat artificiali possono essere colonizzati da specie che ne ridefiniscono la funzione originaria, trasformando dispositivi tecnici in nuove nicchie ecologiche.
Questi fenomeni evidenziano come la laguna non possa essere compresa attraverso modelli lineari o deterministici, ma richieda strumenti capaci di cogliere la natura emergente delle sue configurazioni. Le relazioni causali non si dispongono lungo traiettorie univoche, bensì si articolano in reti di *feedback* in cui effetti secondari possono assumere un ruolo strutturante. In questo senso, ciò che inizialmente appare come deviazione o perturbazione può diventare, nel tempo, una componente fondamentale del sistema.
Questa lettura può essere ulteriormente estesa assumendo la laguna come una forma di "giardino artificiale" su scala territoriale. Il paradosso veneziano – una natura costruita che tende a rappresentarsi come naturale – è stato messo in evidenza da Tafuri (Tafuri 1985), che individua nella tensione tra utopia e progetto tecnico il nucleo del mito della città. Tale tensione, già visibile nella contrapposizione tra le visioni di Cornaro e Sabbadino sulla gestione idraulica lagunare (Cessi 1981),

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3966

the contrast between Cornaro's and Sabbadino's visions for lagoon hydraulic management (Cessi 1981), finds a new articulation today in the relationship between design imagination and computational modelling (fig. 2).
In this framework, elements such as *barene*, velme and channel margins can be interpreted as hybrid devices, in which primary ecological processes – tides, salinity, sedimentation and vegetation succession – are re-oriented towards spatial, cultural and perceptual functions. The notion of an artificial plant niche makes it possible to describe these configurations not as mere containers for vegetation, but as generative structures that integrate ecological conditions (water, soil, microclimate) and conditions of spatial legibility (thresholds, paths, hierarchies). The lagoon's historical dimension reinforces this interpretation. Over the centuries, infrastructural interventions, economic practices and environmental transformations have produced a stratification of effects that cannot be reduced to a single logic. The lagoon thus appears as a palimpsest in which each current configuration incorporates traces of past functions, often reactivated in unexpected forms. This stratification is not simply something to be recorded, but an active condition that continues to influence present dynamics.
To consider the Venice Lagoon as an 'exaptive' system therefore means recognising its open and non-teleological character.
This recognition has direct implications for modelling: it requires tools capable not only of describing what is, but also of interrogating what might emerge from configurations that have not yet been actualised. In this sense, the lagoon itself becomes a device through which models oriented towards the exploration of possibilities can be tested.

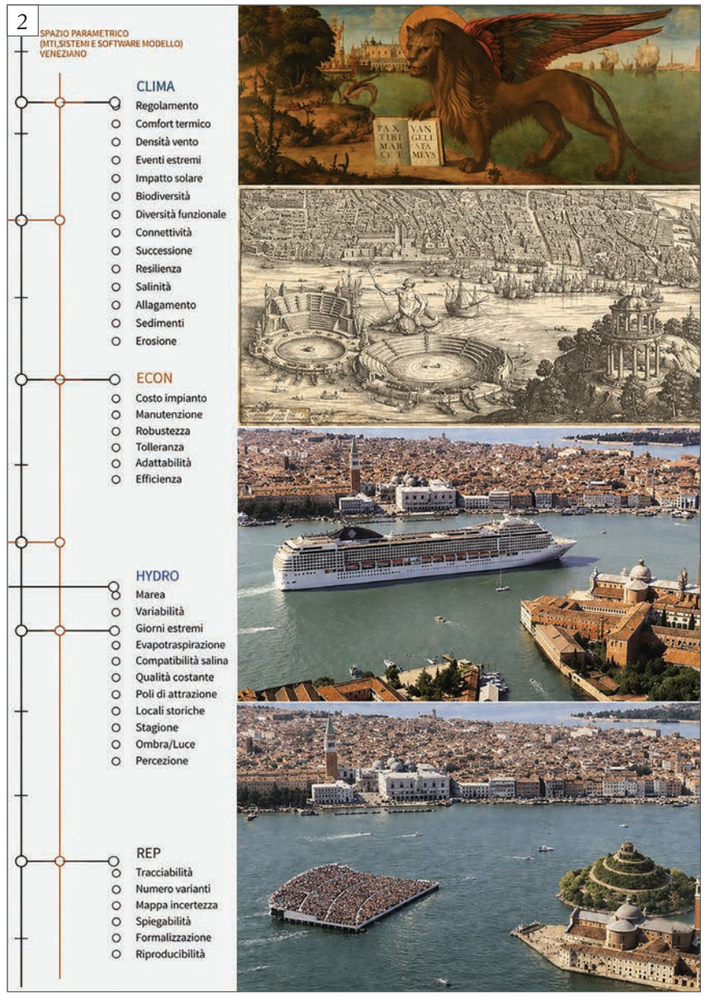
4. Hybrid Modelling: From Predictive Tool to Exploratory Device

In environmental modelling, the integration of process-based approaches, rule-based models and machine-learning techniques has given rise to a new generation of hybrid models, particularly relevant to complex systems such as the Venice Lagoon. These approaches combine mechanistic descriptions of physical and biological phenomena with the capacity of algorithms to learn patterns from data, making it possible to address contexts characterised by high variability and incomplete information (Rubbens, Brodie, Cordier, Destro Barcellos, Devos, Fernandes-Salvador, Fincham et al. 2023; Zennaro, Furlan, Canu, Aveytua Alcazar, Rosati, Solidoro, Aslan, Critto 2023; Lalic, Cuong, Petric, Pavlovic, Firanj Sremac, Roantree 2024).
At the same time, a consolidated tradition of rule-based models – from cellular automata to L-systems (Lindenmayer 1968; Prusinkiewicz, Lindenmayer 1990) and agent-based models (Grimm, Railsback 2005; Batty 2005; Batty 2013) – has shown how local rules can generate emerging spatial structures, offering a morphogenetic paradigm useful for understanding the formation of ecological and territorial patterns. Such approaches are particularly pertinent to lagoon environments because morphology emerges from local interactions among flows, sediments and vegetation.
Despite this convergence, the use of hybrid models often remains oriented towards optimisation: the main objective is to reduce error, improve accuracy and converge towards a representation consistent with the observed behaviour of the system. Introducing exaptation as an operative criterion makes it possible to radically reconsider this orientation. A central aspect of this reconfiguration therefore concerns precisely the relationship between error and knowledge: in traditional models, the discrepancy between prediction and observation is generally treated as a deviation to be minimised; from an 'exaptive' perspective, however, such discrepancies can be interpreted as signals of processes not yet understood or of emerging dynamics (fig. 3). Error thus becomes an epistemic resource, an indication of the presence of latent configurations that the model can help make visible.
In this context, artificial drawing becomes instrumental in managing the phases of generation and control within a single operative pipeline. On the one hand, generative models based on deep learning foster divergent exploration by producing variants and counterfactual scenarios; on the other, rule-based and process-based models ensure verifiable convergence by trans-

Figure 2
On the left, the training trajectory of a hybrid generative AI model for simulating lagoon scenarios according to sets of criteria (climate, ecology, economy, hydrodynamics, representation). On the right, the tension between historiographical reconstruction and counterfactual prefiguration through Carpaccio's *Il leone di San Marco*, Jacopo de' Barbari's *Veduta di Venezia* reread by Alvise Cornaro (Tafuri 1985), and contemporary visual fragments including the Pink Floyd concert (1989) and Robert Smithson's installation *Broken Circle / Spiral Hill* (1971), which inform the generative-AI simulation of Alvise Cornaro's *Teatro* at the bottom right. Author's elaboration using ChatGPT.

BY-SA

Figura 2
A sinistra, traiettoria di addestramento di un modello ibrido di AI generativa per simulare scenari lagunari secondo famiglie di criteri (clima, ecologia, economia, idrodinamica, rappresentazione). A destra, tensione tra ricostruzione storiografica e prefigurazione controfattuale attraverso *Il leone di San Marco* di Carpaccio, la veduta di Venezia di Jacopo de' Barbari riletta da



che (acqua, suolo, microclima) e condizioni di leggibilità spaziale (soglie, percorsi, gerarchie).
La dimensione storica della laguna rafforza dunque questa interpretazione: nel corso dei secoli, interventi infrastrutturali, pratiche economiche e trasformazioni ambientali hanno prodotto una stratificazione di effetti che non possono essere ricondotti a una logica unitaria. La laguna appare così come un palinsesto in cui ogni configurazione attuale incorpora tracce di funzioni passate, spesso riattivate in forme inattese. Questa stratificazione non è semplicemente un dato da registrare, ma una condizione attiva che continua a influenzare le dinamiche presenti.
Considerare la laguna di Venezia come un sistema "exattativo" significa quindi riconoscerne il carattere intrinsecamente aperto e non teleologico.
Tale riconoscimento ha implicazioni dirette sulla modellazione: richiede strumenti capaci non solo di descrivere ciò che è, ma di interrogare ciò che potrebbe emergere da configurazioni non ancora attualizzate. In questo senso, la laguna diventa proprio un dispositivo attraverso cui mettere alla prova modelli orientati all'esplorazione delle possibilità.

4. Modellazione ibrida: da strumento predittivo a dispositivo esplorativo

Nel campo della modellazione ambientale, l'integrazione tra approcci *process-based*, modelli *rule-based* e tecniche di *machine learning* ha dato origine a una nuova generazione di modelli ibridi, particolarmente rilevanti per sistemi complessi come la laguna di Venezia. Tali approcci combinano la descrizione meccanicistica dei fenomeni fisici e biologici con la capacità degli algoritmi di apprendere *pattern* dai dati, consentendo di affrontare contesti caratterizzati da elevata variabilità e incompletezza informativa (Rubbens, Brodie, Cordier, Destro Barcellos, Devos, Fernandes-Salvador, Fincham. et al. 2023; Zennaro, Furlan, Canu, Aveytua Alcazar, Rosati, Solidoro, Aslan, Critto 2023; Lalic, Cuong, Petric, Pavlovic, Firanj Sremac, Roantree 2024).
Parallelamente, una tradizione consolidata di modelli *rule-based* – dagli automi cellulari agli *L-system* (Lindenmayer 1968; Prusinkiewicz, Lindenmayer 1990) fino ai modelli ad agenti

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3966

lating environmental constraints and explicit knowledge into simulatable procedures. In contemporary terms, the distinction between divergent and convergent thinking (Guilford 1967) is thus reformulated as a computational dynamic.
Operationally, this approach translates into the construction of comparative workflows coupling artificial-intelligence tools with environmental simulation models. Through the definition of 'lightweight' digital twins, the extraction of hydrological, climatic and heritage constraints, and the parametric generation of design variants, it is possible to produce structured sets of alternatives that are subsequently subjected to eco-geomorphological simulations and multi-objective evaluation. Measurable indicators – ecological (resilience, biodiversity, continuity) and aesthetic-spatial (legibility, hierarchies, rhythm) – make it possible to make trade-offs explicit and construct comparable scenarios (fig. 4).
The data-driven component does not merely stabilise the model, but makes it sensitive to local variations and disturbances; the process-based component provides a physical anchor that limits arbitrary drift. Hybridisation thus becomes an intermediate space in which simulation takes the form of a practice of interrogating the system.

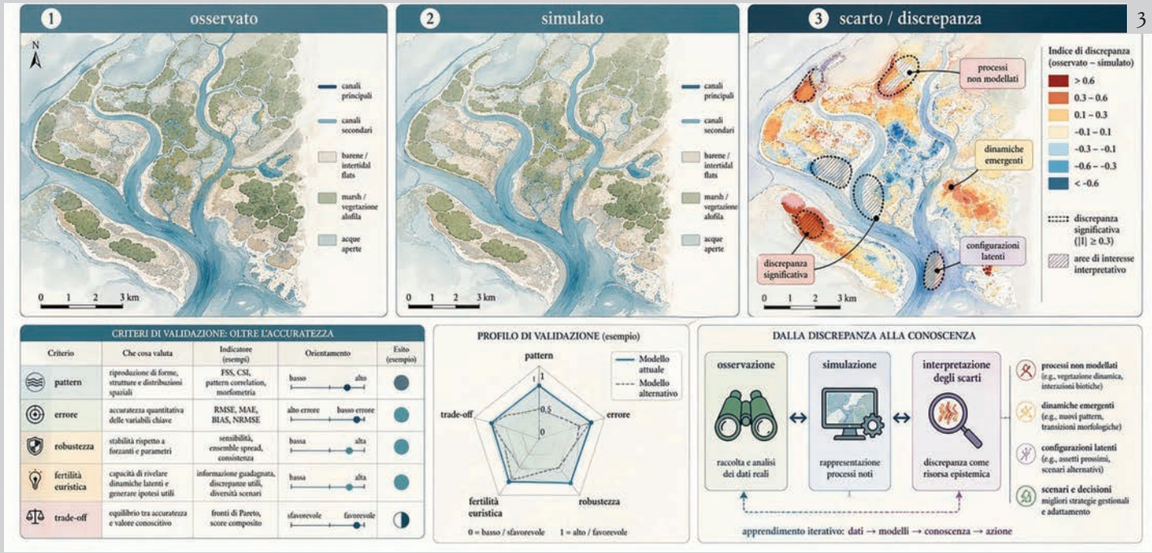
From this perspective, modelling approaches design practice: the model is no longer a tool aimed at determining what will happen, but a device capable of exploring what might happen. It is precisely in this transition that exaptation assumes a central role: it directs modelling towards the production of differences, the valorisation of discrepancies, and the construction of alternative configurations.

5. The Role of the Image: Modelling as a Representational Practice

Reconsidering modelling as an exploratory device entails a substantial redefinition of the role of the image. In conventional scientific practices, images are generally understood as model outputs: final representations that translate into visual form results already determined elsewhere. Thematic maps, graphs and renderings thus operate as tools for communication or verification, situated downstream of the knowledge-production process.
This paper instead proposes to treat representation as an operative component of modelling. In line with studies on the epistemic status of images (Daston, Galison 2007; Belting 2011), diagrams, simulations and visualisations do not merely make data legible, but actively participate in constructing the

Figure 3
'Exaptative' model validation: comparison between observed patterns, simulated patterns, and the discrepancy map. The discrepancy is not treated merely as an error to be minimised, but as an interpretable signal of unmodelled processes, emerging dynamics, and latent configurations, integrated into an evaluation combining accuracy, robustness, and heuristic fertility. Author's elaboration using ChatGPT.

Figure 4
Lightweight digital twin of the lagoon as a multi-level spatial model. The synoptic overlay of hydrodynamic, sedimentary, vegetation, and infrastructural layers makes feedbacks, chains of effects, and interactions across different scales legible, transforming environmental constraints into comparable indicators for exploring alternative scenarios. Author's elaboration using ChatGPT.



CC BY-SA

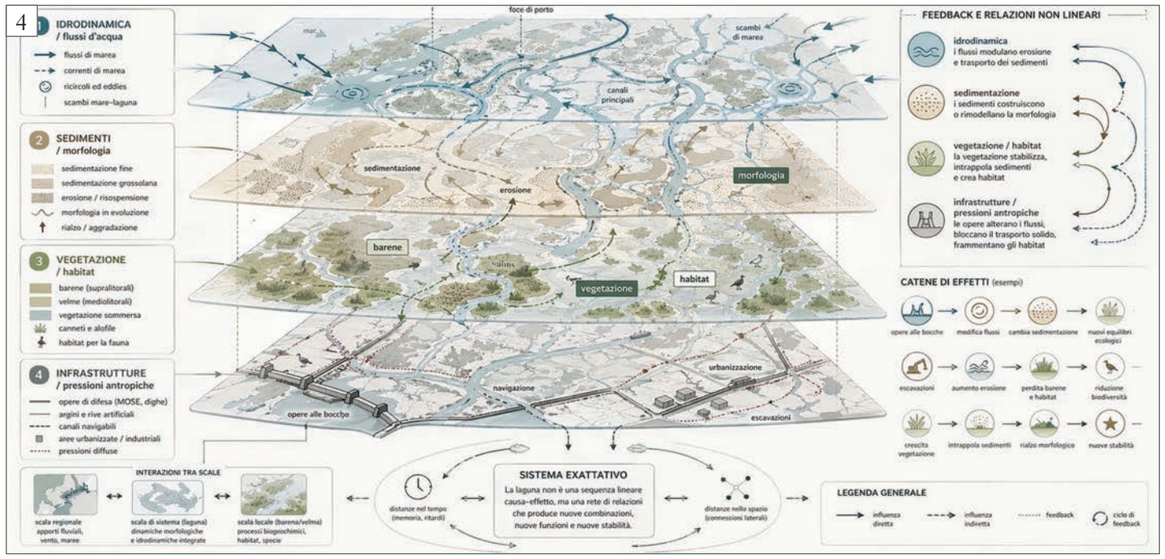
Alvise Cornaro (Tafuri 1985) e frammenti visivi contemporanei tra cui il concerto dei Pink Floyd (1989) e l'installazione di Robert Smithson *Broken Circle / Spiral Hill* (1971), che informano la simulazione del "Teatro" di Alvise Cornaro tramite AI generativa in basso a destra. Elaborazione dell'autrice con l'utilizzo di ChatGPT.

Figura 3
Validazione "exattativa" del modello: confronto tra *pattern* osservati, *pattern* simulati e mappa delle discrepanze. Lo scarto non è trattato soltanto come errore da minimizzare, ma come segnale interpretabile di processi non modellati, dinamiche emergenti e configurazioni latenti, integrato in una valutazione che combina accuratezza, robustezza e fertilità euristica. Elaborazione dell'autrice con l'utilizzo di ChatGPT.

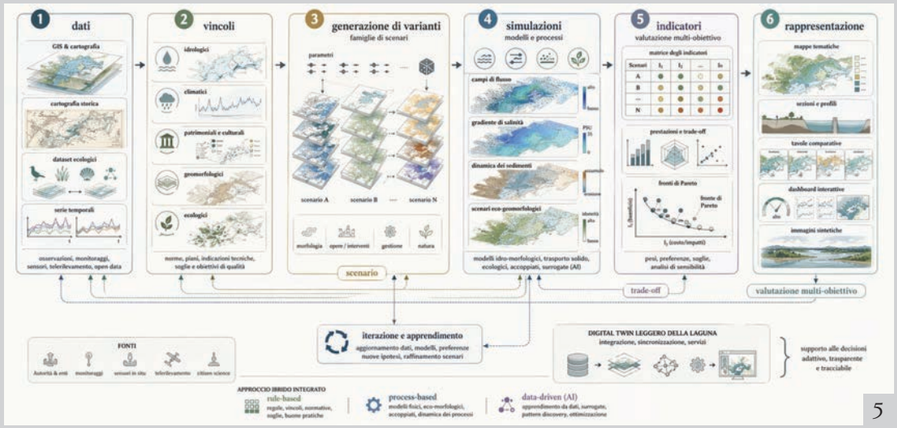
Figura 4
Digital twin leggero della laguna come modello spaziale multilivello. La sovrapposizione sinottica di *layer* idrodinamici, sedimentari,

(Grimm, Railsback 2005; Batty 2005; Batty 2013) – ha mostrato come regole locali possano generare strutture spaziali emergenti, offrendo un paradigma morfogenetico per comprendere la formazione di *pattern* ecologici e territoriali. In ambito lagunare, tali approcci trovano un terreno particolarmente fertile, in quanto la morfologia emerge da interazioni locali tra flussi, sedimenti e vegetazione.
Nonostante questa convergenza, l'impiego dei modelli ibridi rimane spesso orientato a una logica di ottimizzazione: l'obiettivo è ridurre l'errore, migliorare l'accuratezza e convergere verso una rappresentazione aderente al comportamento osservato del sistema. L'introduzione dell'*exaptation* come criterio operativo consente tuttavia di riconsiderare radicalmente questo orientamento. Un aspetto centrale di questa riconfigurazione riguarda infatti proprio il rapporto tra errore e conoscenza: nei modelli tradizionali, lo scarto tra previsione e osservazione è generalmente trattato come una deviazione da minimizzare; in un'ottica "exattativa", invece, tali scarti possono essere interpretati come segnali di processi non ancora compresi o di dinamiche emergenti (fig. 3). L'errore diventa così una risorsa epistemica, un indice della presenza di configurazioni latenti che il modello può contribuire a rendere visibili.

In questo contesto, il disegno artificiale diventa funzionale alla gestione delle fasi di generazione e controllo all'interno di un'unica *pipeline* operativa. Da un lato, i modelli generativi basati su *deep learning* favoriscono una esplorazione divergente, producendo molteplici varianti e scenari controfattuali; dall'altro, i modelli *rule-based* e *process-based* garantiscono una convergenza verificabile, traducendo vincoli ambientali e conoscenze esplicite in procedure simulabili.
Questa integrazione richiama, in termini contemporanei, la distinzione tra pensiero divergente e convergente (Guilford 1967), traducendola in una dinamica computazionale.
Operativamente, tale approccio si traduce nella costruzione di *workflow* comparativi che accoppiano strumenti di intelligenza artificiale e modelli di simulazione ambientale. Attraverso la definizione di *digital twin* "leggeri", l'estrazione di vincoli (idrologici, climatici, patrimoniali) e la generazione parametrica di varianti progettuali, è possibile produrre insiemi strutturati di alternative, successivamente sottoposte a simulazioni eco-geomorfologiche e valutazioni multi-obiettivo. Indicatori misurabili – ecologici (resilienza, biodiversità, continuità) ed estetico-spaziali (leggibilità, gerarchie, ritmo) – consentono di esplicitare *trade-off* e costruire scenari comparabili (fig. 4).



DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3966



5

Figure 5
Operational pipeline of hybrid modelling: from data and constraints to the generation of variants, and subsequently to simulations, indicators, and representation. Each step produces intermediate visual artefacts – maps, sections, time series, comparative tables – that make the process traceable, verifiable, and open to the iterative reformulation of the model. Author's elaboration using ChatGPT.

relations that define the system. The image becomes an interface through which the model is interrogated, modified and reorganised, making configurations visible that would not emerge from a purely numerical reading.
Within this framework, representation assumes the role of a decision-making infrastructure. In hybrid modelling workflows, it organises the relationship among data, parameters, simulations and design scenarios, allowing alternative configurations to be compared explicitly and traceably. The operative pipeline can be schematised as an integrated sequence: data → constraints → variant generation → simulations → indicators → representation (fig. 5) in which each step produces intermediate visual artefacts (maps, sections, time series, dashboards) that make the process verifiable.
In the case of the Venice Lagoon, this approach is particularly relevant. The eco-geomorphological complexity of the system requires forms of representation capable of integrating heterogeneous variables: water levels, salinity gradients, sediment distribution, vegetation cover and temporal dynamics.
'Lightweight' digital twins of lagoon sites make it possible to construct multi-level spatial models in which GIS data, hydrodynamic simulations and ecological parameters are visualised synoptically, facilitating the identification of emerging patterns.
At a more specific level, some key quantities can be made operative through parameterised representations. For example:

- water residence time, understood as the average time water remains in the system, can be interpreted not only as a quantitative indicator, but as a continuous scalar field derived from hydrodynamic models, capable of representing spatial differences in water circulation and stagnation;
- similarly, the salinity field can be described as a spatio-temporal function $S(x,t)$, in which the distribution of salinity varies according to location and time, directly influencing the selection and distribution of plant species and creating differential conditions of habitability;
- relative elevation with respect to mean sea level can instead be expressed as the difference between ground elevation z and the water level varying over time $\eta(t)$; this relationship makes the alternation between emergence and submergence visible, identifying those dynamic thresholds underlying the formation and persistence of salt marshes (Carniello, Silvestri, Marani, D'Alpaos 2014; Fagherazzi, Kirwan, Mudd, Guntenspergen, Temmerman, D'Alpaos, Van De Koppel et al. 2012).

In all these cases, mathematical formalisation operates as an intermediate device between data and image, making explicit relations that would otherwise be difficult to observe. These variables, integrated into maps and temporal simulations, make it possible to construct synthetic indicators of ecological suitability, translating complex data into legible and comparable configurations.
In this context, the concept of exaptation also acquires specific relevance at the representation-

BY-SA

vegetazionali e infrastrutturali rende leggibili *feedback*, catene di effetti e interazioni tra scale diverse, trasformando i vincoli ambientali in indicatori comparabili per l'esplorazione di scenari alternativi. Elaborazione dell'autrice con l'utilizzo di ChatGPT.

Figura 5
Pipeline operativa della modellazione ibrida: dai dati e dai vincoli alla generazione di varianti, quindi a simulazioni, indicatori e rappresentazione. Ogni passaggio produce artefatti visivi intermedi – mappe, sezioni, serie temporali, tavole comparative – che rendono il processo tracciabile, verificabile e aperto alla riformulazione iterativa del modello. Elaborazione dell'autrice con l'utilizzo di ChatGPT.

La componente *data-driven* non serve soltanto a stabilizzare il modello, ma a renderlo sensibile a variazioni locali e perturbazioni; quella *process-based* fornisce un ancoraggio fisico che impedisce derive arbitrarie. L'ibridazione diventa così uno spazio intermedio in cui la simulazione si configura come pratica di interrogazione del sistema.
In questa prospettiva, la modellazione si avvicina a una pratica progettuale. Il modello non è più uno strumento volto a determinare ciò che accadrà, ma un dispositivo capace di esplorare ciò che potrebbe accadere. È proprio in questo passaggio che l'*exaptation* assume un ruolo centrale: orienta la modellazione verso la produzione di differenze, la valorizzazione degli scarti e la costruzione di configurazioni alternative.

5. Il ruolo dell'immagine: modellazione come pratica rappresentazionale

La riconsiderazione della modellazione come dispositivo esplorativo implica una ridefinizione sostanziale del ruolo dell'immagine. Nelle pratiche scientifiche convenzionali, le immagini sono generalmente intese come *output* del modello: rappresentazioni finali che traducono in forma visiva risultati già determinati altrove. Mappe tematiche, grafici e *rendering* operano così come strumenti di comunicazione o verifica, collocati a valle del processo conoscitivo.
Il presente contributo propone invece di assumere la rappresentazione come componente operativa della modellazione. In linea con gli studi sullo statuto epistemico delle immagini (Daston, Galison 2007; Belting 2011), diagrammi, simulazioni e visualizzazioni non si limitano a rendere leggibili i dati, ma partecipano attivamente alla costruzione delle relazioni che definiscono il sistema. L'immagine si configura come interfaccia attraverso cui il modello viene interrogato, modificato e riorganizzato, rendendo osservabili configurazioni che non emergerebbero da una lettura puramente numerica.
In questo quadro, la rappresentazione assume il ruolo di infrastruttura decisionale. Nei *workflow* di modellazione ibrida, essa organizza la relazione tra dati, parametri, simulazioni e scenari progettuali, permettendo di confrontare configurazioni alternative in modo esplicito e tracciabile. La *pipeline* operativa può essere schematizzata come una sequenza integrata: dati → vincoli → generazione di varianti → simulazioni → indicatori → rappresentazione (fig. 5), in cui ogni passaggio produce artefatti visivi intermedi (mappe, sezioni, serie temporali, *dashboard*) che rendono il processo verificabile.
Nel caso della laguna di Venezia, questa impostazione trova un'applicazione particolarmente rilevante. La complessità eco-geomorfologica del sistema richiede infatti forme di rappresentazione capaci di integrare variabili eterogenee: livelli idrici, gradienti di salinità, distribuzione dei sedimenti, coperture vegetali e dinamiche temporali.
I *digital twin* "leggeri" dei siti lagunari permettono di costruire modelli spaziali multilivello, in cui dati GIS, simulazioni idrodinamiche e parametri ecologici vengono visualizzati in forma sinottica, facilitando l'individuazione di *pattern* emergenti.
A livello più specifico, alcune grandezze chiave possono essere rese operative attraverso rappresentazioni parametrizzate. Ad esempio:
- la residenza idrica, intesa come tempo medio di permanenza dell'acqua, può essere interpretata non solo come indicatore quantitativo, ma come campo scalare continuo derivato da modelli idrodinamici, capace di restituire differenze spaziali nella circolazione e nella stagnazione delle acque;
- in modo analogo, il campo di salinità può essere descritto come funzione spazio-temporale $S(x,t)$, in cui la distribuzione della salinità varia in relazione alla posizione e al tempo, influenzando direttamente la selezione e la distribuzione delle specie vegetali e costruendo condizioni differenziali di abitabilità;
- la quota altimetrica relativa rispetto al livello medio mare può essere invece espressa come differenza tra la quota del suolo z e il livello dell'acqua variabile nel tempo $\eta(t)$; questa relazione consente di rendere visibile l'alternanza tra emersione e sommersione, identificando quelle soglie dinamiche che sono alla base della formazione e della persistenza delle barene (Carniello, Silvestri, Marani, D'Alpaos 2014; Fagherazzi, Kirwan, Mudd, Guntenspergen, Temmerman, D'Alpaos, Van De Koppel et al. 2012).
In tutti questi casi, la formalizzazione matematica opera come dispositivo intermedio tra dato

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3966

al level. Images are not static entities, but devices open to re-functionalisation: heterogeneous materials – historical cartography, artistic iconography, scientific visualisations – can be co-opted into the model, assuming new interpretative roles. This assemblage of different elements produces a field of tensions in which new relationships between data, history and design emerge.
Representation thus becomes a space of negotiation between the historiographical dimension and counterfactual simulation. On the one hand, historical images introduce constraints and stratifications; on the other, generative simulations make visible configurations that have not yet been actualised. The image therefore does not return a state of the system, but constructs a field of possibilities in which the model takes shape and becomes open to discussion.

6. Exaptation as a Criterion for Validation and Generation

Adopting exaptation as an operative criterion entails a profound transformation of the ways in which models are validated. In traditional paradigms, validation is based primarily on a model's ability to reproduce observed data or predict future states with a given degree of accuracy. Indicators such as mean error, standard deviation and predictive capacity constitute the main criteria of reliability.
In complex systems characterised by non-linear dynamics and strong dependence on initial conditions, however, these criteria are often insufficient: in the Venice Lagoon, for example, minimal variations in hydrodynamic or sedimentary parameters can produce amplified effects on morphology and on the distribution of plant communities (Marani, D'Alpaos, Lanzoni, Carniello, Rinaldo 2007; Fagherazzi, Kirwan, Mudd, Guntenspergen, Temmerman, D'Alpaos, Van De Koppel et al. 2012). In this context, exclusively predictive validation risks obscuring emerging dynamics and potential configurations.
From an 'exaptive' perspective, validation extends beyond correspondence between simulation and observation to include the model's capacity to generate meaningful configurations even when they diverge from expected data. The model is therefore evaluated not only for its accuracy, but also for its heuristic fertility, namely its capacity to produce interpretable and relevant scenarios.
Operationally, this approach can be articulated through four complementary criteria:
1. First, pattern validation (pattern-oriented modelling) consists in comparing simulated and observed spatial and temporal configurations not at the point level, but through recurrences and recognisable structures at different scales (Grimm, Revilla, Berger, Jeltsch, Mooij, Railsback, Thulke et al. 2005).
2. This is accompanied by discrepancy analysis, in which discrepancies between simulated and observed values are not treated exclusively as errors to be reduced, but as signals of processes that are not fully modelled or of possible reconfigurations of the system
3. Multi-objective evaluation also makes it possible to relate different, often conflicting indicators, constructing comparative scenarios in which the trade-offs between ecological performance and design quality become explicit.
4. Finally, dynamic robustness is analysed, understood as the model's capacity to maintain coherent behaviour as initial conditions and parameters vary, thereby verifying the stability of the generated configurations.
In the lagoon context, these criteria can be made operative through specific indicators interpreted as fields of variation rather than isolated values (figs 6-7):
• salinity resilience, observed as variation in plant biomass in relation to the dynamics of the salinity field $S(x,t)$;
• sediment-trapping capacity, linked to the interaction between vegetation cover and flow velocity;
• submergence frequency, understood as the temporal rhythm of flooding events;
• ecological continuity, described as the degree of connection among different habitats.
Integrated within multi-objective evaluation matrices, these indicators make it possible to compare alternative design scenarios not in terms of an optimal solution, but as comparable configurations, making the trade-offs and the relationships between ecological processes and spatial qualities explicit.
Counterfactual simulation plays a crucial role in this framework. Generating scenarios that have

CC BY-SA

e immagine, rendendo esplicite relazioni altrimenti difficilmente osservabili. Queste variabili, integrate in mappe e simulazioni temporali, permettono di costruire indicatori sintetici di idoneità ecologica, traducendo dati complessi in configurazioni leggibili e comparabili.
In questo contesto, il concetto di *exaptation* acquista una rilevanza specifica anche sul piano rappresentazionale. Le immagini non sono entità statiche, ma dispositivi aperti alla ri-funzionalizzazione: materiali eterogenei – cartografia storica, iconografia artistica, visualizzazioni scientifiche – possono essere cooptati all'interno del modello, assumendo nuovi ruoli interpretativi. Questo montaggio di elementi diversi produce un campo di tensioni in cui emergono nuove relazioni tra dati, storia e progetto.
La rappresentazione diventa così uno spazio di negoziazione tra dimensione storiografica e simulazione controfattuale. Da un lato, le immagini storiche introducono vincoli e stratificazioni; dall'altro, le simulazioni generative rendono visibili configurazioni non ancora attualizzate. L'immagine non restituisce quindi uno stato del sistema, ma costruisce un campo di possibilità, in cui il modello prende forma e si rende discutibile.

6. *Exaptation* come criterio di validazione e generazione

L'assunzione dell'*exaptation* come criterio operativo comporta una trasformazione profonda anche delle modalità di validazione dei modelli. Nei paradigmi tradizionali, la validazione si fonda prevalentemente sulla capacità del modello di riprodurre dati osservati o di prevedere stati futuri con un certo grado di accuratezza. Indicatori come errore medio, deviazione standard e capacità predittiva costituiscono i principali criteri di affidabilità.
Tuttavia, nei sistemi complessi caratterizzati da dinamiche non lineari e da forte dipendenza dalle condizioni iniziali, tali criteri risultano spesso insufficienti. Nel caso della laguna di Venezia, ad esempio, variazioni minime nei parametri idrodinamici o sedimentari possono produrre effetti amplificati sulla morfologia e sulla distribuzione delle comunità vegetali (Marani, D'Alpaos, Lanzoni, Carniello, Rinaldo 2007; Fagherazzi, Kirwan, Mudd, Guntenspergen, Temmerman, D'Alpaos, Van De Koppel et al. 2012). In questo contesto, una validazione esclusivamente predittiva rischia di occultare dinamiche emergenti e configurazioni potenziali.
In una prospettiva "exattativa", la validazione si estende oltre la corrispondenza tra simulazione e osservazione, includendo la capacità del modello di generare configurazioni significative anche quando divergono dai dati attesi. Il modello, quindi, non è valutato solo per la sua accuratezza, ma per la sua fertilità euristica, ovvero per la capacità di produrre scenari interpretabili e rilevanti.
Operativamente, questo approccio può essere articolato attraverso una combinazione di criteri:
1. In primo luogo, la validazione per *pattern* (*pattern-oriented modelling*) consiste nel confrontare configurazioni spaziali e temporali simulate con quelle osservate, non a livello puntuale ma attraverso ricorrenze e strutture riconoscibili a diverse scale (Grimm, Revilla, Berger, Jeltsch, Mooij, Railsback, Thulke et al. 2005).
2. A questa si affianca l'analisi degli scarti, in cui le discrepanze tra valori simulati e osservati non sono trattate esclusivamente come errori da ridurre, ma come segnali di processi non completamente modellati o di possibili riconfigurazioni del sistema.
3. La valutazione multi-obiettivo introduce inoltre la possibilità di mettere in relazione indicatori differenti, spesso in tensione tra loro, costruendo scenari comparativi in cui i *trade-off* tra prestazioni ecologiche e qualità progettuali diventano espliciti.
4. Infine, viene analizzata la robustezza dinamica, ossia la capacità del modello di mantenere comportamenti coerenti al variare delle condizioni iniziali e dei parametri, verificando la stabilità delle configurazioni generate.
Nel contesto lagunare, tali criteri possono essere resi operativi attraverso una serie di indicatori specifici, interpretati come campi di variazione più che come valori isolati (figg. 6-7):
• la resilienza alla salinità, osservata come variazione della biomassa vegetale in relazione alle dinamiche del campo salino $S(x,t)$;
• la capacità di intrappolamento sedimentario, legata all'interazione tra copertura vegetale e velocità dei flussi;

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3966

never occurred – for example, extreme variations in salinity or alternative vegetation configurations – makes it possible to explore the plasticity of the system and identify conditions of transformation. Such scenarios are not predictions, but tools for interrogating the system, capable of expanding the field of possibilities.
Here too, the representational dimension is decisive. The images produced by the model – dynamic maps, time series and comparative visualisations – do not merely illustrate results, but contribute to their evaluation, making differences and relationships between scenarios perceptible. Validation thus becomes a visual and comparative process, as well as a numerical one.

7. Discussion

Introducing exaptation as an epistemic, methodological and representational criterion makes it possible to reformulate the role of modelling itself. At the theoretical level, the paper is situated within the critique of the adaptationist paradigm (Gould, Lewontin 1979; Gould, Vrba 1982), proposing an interpretation of complex systems based on contingency, deviation and re-functionalisation. Observable configurations are therefore not interpreted as optimal outcomes, but as temporary states emerging from concatenations of heterogeneous processes, in line with approaches that emphasise the non-linearity and historicity of systems (Mitchell 2009; DeLanda 2016).
Methodologically, adopting an 'exaptive' criterion makes it possible to reconsider hybrid modelling as an open practice oriented towards generating and comparing scenarios rather than predicting a single outcome. In this sense, the paper is continuous with pattern-oriented modelling (Grimm, Revilla, Berger, Jeltsch, Mooij, Railsback, Thulke et al. 2005) and with recent developments in hybrid models integrating process description and machine learning (Zennaro, Furlan, Canu, Aveytua Alcazar, Rosati, Solidoro, Aslan, Critto 2023; Lalic, Cuong, Petric, Pavlovic, Firanj Sremac, Roantree 2024), but introduces an additional shift: discrepancies, deviations and unexpected outcomes are interpreted as epistemic resources rather than model limitations. Of particular relevance in this framework is

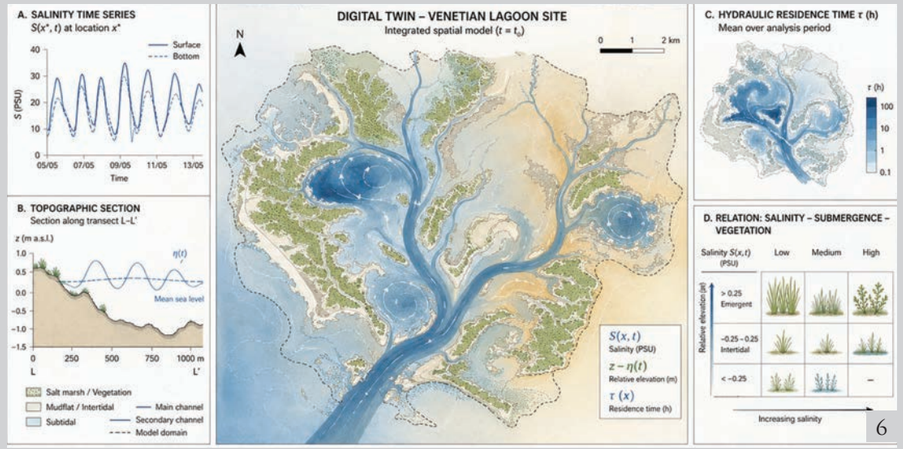


Figure 6
Extraction and formalisation of key parameters for the eco-geomorphological analysis of a lagoon site. The figure integrates salinity time series, an altimetric section, water residence time, and the relationship between salinity, submergence, and vegetation, showing how heterogeneous variables can be integrated into a synoptic spatial model. Author's elaboration using ChatGPT.

Figure 7
From parameterisation to indicator. Multisource data are formalised into operation variables – salinity field $S(x,t)$, relative elevation $z\text{-}\eta(t)$, water residence time, and vegetation potential – and recomposed into a synthetic ecological suitability indicator, useful for comparing configurations and scenarios. Author's elaboration using ChatGPT.

BY-SA

• la frequenza di sommersione, intesa come ritmo temporale degli eventi di allagamento;
• la continuità ecologica, descritta come grado di connessione tra habitat differenti.
Questi indicatori, integrati all'interno di matrici di valutazione multi-obiettivo, permettono di confrontare scenari progettuali alternativi non in termini di soluzione ottimale, ma come configurazioni tra loro comparabili, rendendo espliciti i *trade-off* e le relazioni tra processi ecologici e qualità spaziali.
La simulazione controfattuale svolge in questo quadro un ruolo cruciale. Generare scenari che non si sono mai verificati – ad esempio variazioni estreme di salinità o configurazioni vegetazionali alternative – consente di esplorare la plasticità del sistema e di individuare condizioni di trasformazione. Tali scenari non sono previsioni, ma strumenti di interrogazione, capaci di ampliare il campo delle possibilità.
Anche in questo caso, la dimensione rappresentazionale è determinante. Le immagini prodotte dal modello – mappe dinamiche, serie temporali, visualizzazioni comparative – non si limitano a illustrare i risultati, ma contribuiscono alla loro valutazione, rendendo percepibili differenze e relazioni tra scenari. La validazione diventa così un processo visivo e comparativo, oltre che numerico.

Figura 6
Estrazione e formalizzazione di parametri chiave per l'analisi eco-geomorfologica di un sito lagunare. La figura integra serie temporali di salinità, sezione altimetrica, residenza idrica e relazione tra salinità, sommersione e vegetazione, mostrando come variabili eterogenee possano essere ricondotte a un modello spaziale sinottico. Elaborazione dell'autrice con l'utilizzo di ChatGPT.

Figura 7
Dalla parametrizzazione all'indicatore. I dati multisorgente vengono formalizzati in variabili operative – campo salino $S(x,t)$, quota relativa $z\text{-}\eta(t)$ tempo di residenza idrica e potenziale vegetazionale – e ricomposti in un indicatore sintetico di idoneità ecologica, utile al confronto tra configurazioni e scenari. Elaborazione dell'autrice con l'utilizzo di ChatGPT.

7. Discussione

L'introduzione dell'*exaptation* come criterio epistemico, metodologico e rappresentazionale nella modellazione degli ecosistemi complessi consente di riformulare in modo significativo il ruolo stesso della modellazione. Sul piano teorico, il contributo si colloca all'interno della critica al paradigma adattazionista (Gould, Lewontin 1979; Gould, Vrba 1982), proponendo una lettura dei sistemi complessi fondata sulla contingenza, sulla deviazione e sulla ri-funzionalizzazione. In questa prospettiva, le configurazioni osservabili non sono interpretate come esiti ottimali, ma come stati temporanei emergenti da concatenazioni di processi eterogenei, in linea con approcci che enfatizzano la non linearità e la storicità dei sistemi (Mitchell 2009; DeLanda 2016).
Dal punto di vista metodologico, l'assunzione di un criterio "exattativo" consente di riconsiderare la modellazione ibrida come una pratica aperta, orientata alla generazione e comparazione di scenari piuttosto che alla previsione di un esito unico. In questo senso, il contributo si pone in continuità con il *pattern-oriented modelling* (Grimm, Revilla, Berger, Jeltsch, Mooij, Railsback, Thulke et al. 2005) e con gli sviluppi recenti dei modelli ibridi che integrano descrizione processuale e apprendimento automatico (Zennaro, Furlan, Canu, Aveytua Alcazar, Rosati, Solidoro, Aslan, Critto 2023; Lalic, Cuong, Petric, Pavlovic, Firanj Sremac, Roantree 2024), ma introduce uno spostamento ulteriore: gli scarti, le deviazioni e gli esiti inattesi vengono interpretati come risorse epistemiche, non come limiti del modello.
Particolarmente rilevante è, in questo quadro, l'integrazione con il paradigma del disegno artificiale, che consente di articolare operativamente la relazione tra modellazione e progetto. La costruzione di *workflow* comparativi – basati su *digital twin*, generazione parametrica, simulazioni eco-geomorfologiche e valutazione multi-obiettivo (fig. 8) – trasforma la modellazione in una infrastruttura decisionale capace di rendere espliciti vincoli, assunzioni e *trade-off*. Tale impostazione si avvicina alle recenti evoluzioni dei sistemi di rappresentazione integrata (*digital twin*, *landscape information modelling*), che interpretano la simulazione come parte di una catena operativa più ampia (Xing, Gan, Chen 2025).
Sul piano della rappresentazione, il contributo si inserisce nel dibattito sul ruolo attivo delle immagini nei processi scientifici e progettuali. La rappresentazione non è più intesa come semplice restituzione, ma come dispositivo attraverso cui il modello prende forma, viene interrogato e reso condivisibile. In questo senso, l'integrazione di materiali eterogenei – dati ambientali, simulazioni computazionali, cartografie storiche e immagini generate – configura la modellazione come pratica di montaggio, in cui domini differenti vengono messi in relazione.
Nel caso della laguna di Venezia, tale approccio assume una particolare rilevanza. Il sistema lagunare si presenta infatti come un palinsesto dinamico, in cui dinamiche ecologiche, infrastrutturali e culturali si intrecciano storicamente (Tafuri 1985). L'adozione di una prospettiva "exattativa" consente di leggere questa stratifi-

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3966

the integration with the artificial drawing paradigm, which makes it possible to articulate the relationship between modelling and design operationally. The construction of comparative workflows – based on digital twins, parametric generation, eco-geomorphological simulations and multi-objective evaluation (fig. 8) – transforms modelling into a decision-making infrastructure capable of making constraints, assumptions and trade-offs explicit. This approach is close to recent developments in integrated representation systems (digital twin, landscape information modelling), which interpret simulation as part of a broader operational chain (Xing, Gan, Chen 2025).

At the level of representation, the paper contributes to the debate on the active role of images in scientific and design processes. Representation is no longer understood as a simple restitution, but as a device through which the model takes form, is interrogated and becomes shareable. In this sense, the integration of heterogeneous materials – environmental data, computational simulations, historical cartography and generated images – configures modelling as a practice of assemblage, in which different domains are brought into relation.

In the case of the Venice Lagoon, this approach is particularly relevant. The lagoon system presents itself as a dynamic palimpsest, in which ecological, infrastructural and cultural dynamics are historically intertwined (Tafuri 1985). Adopting an 'exaptive' perspective makes it possible to read this stratification not as an overlap of states, but as a continuous process of re-functionalisation, while artificial drawing provides operative tools for translating this complexity into modellable and comparable configurations.

Some critical issues must nevertheless be acknowledged. Expanding validation criteria and assigning value to the unexpected make it more difficult to define shared parameters of judgement. Moreover, the proliferation of possible scenarios risks weakening the model's selective capacity unless it is accompanied by rigorous tools for comparison and evaluation. In addition, the integration of heterogeneous components – data, rules, models and representations – requires explicit control of the relationships among the different levels, in order to avoid purely illustrative or arbitrary outcomes.

Despite these limitations, the proposed approach makes it possible to redefine modelling as a critical and design practice capable not only of describing complex systems, but also of interrogating their latent dynamics and making visible the conditions of their transformation.

8. Conclusions

The paper has proposed a reinterpretation of exaptation as an operative, epistemic and representational criterion in the modelling of complex ecosystems, taking the Venice Lagoon as a paradigmatic case. Through this perspective, it has been possible to question the adaptationist and predictive orientation that characterises a large part of contemporary modelling practices, highlighting the need for tools capable of engaging with contingency, non-linearity and re-functionalisation.

Modelling has thus been reconsidered as an exploratory practice oriented towards constructing a field of possibilities rather than determining an optimal outcome. Within this framework, hybrid models based on artificial intelligence have been interpreted as devices capable of integrating process description and generative capacity, producing comparable scenarios and making latent patterns visible.

A central element of the work has been the recognition of the operative role of representation. The image has not been understood as a simple model output, but as an infrastructure through which data, simulations and constraints are organised, made legible and related to one another. Modelling thus emerges as an intrinsically representational practice, in which the production of images coincides with the construction of the field of inquiry itself.

In this context, the artificial drawing paradigm has provided an operative structure for integrating generation and control, translating environmental constraints into design configurations and making multiple alternatives comparable. The data–constraints–variants–simulations–indicators–representation pipeline defines a working model in which each step is traceable and verifiable, and in which the final image is an argued synthesis, rather

Figure 8
Representational montage between historical cartography, digital twin, and possible scenario. The figure shows the transition from historical traces and inherited constraints to their reorganisation in a multi-level operational model, up to the construction of ecologically oriented scenarios: not a mere representation of the current state, but a field of possibilities rendered open to discussion through the image. Author's elaboration using ChatGPT.

CC BY-SA

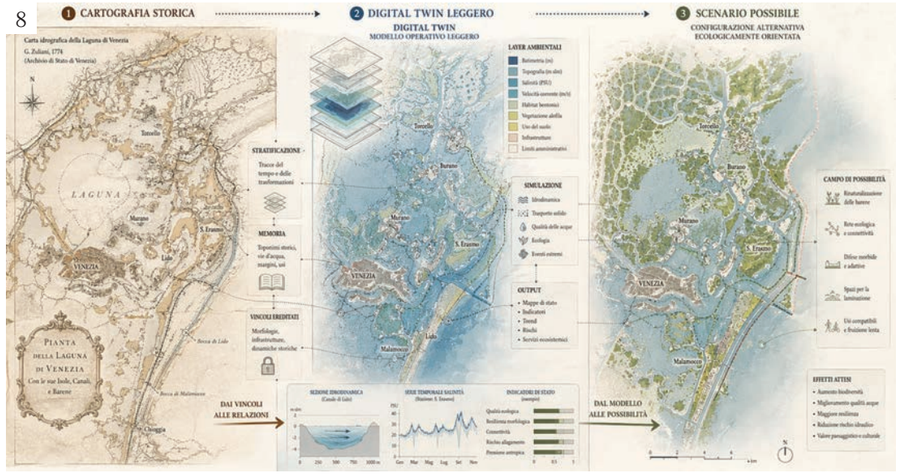


Figura 8
Montaggio rappresentazionale tra cartografia storica, *digital twin* e scenario possibile. La figura mostra il passaggio da tracce storiche e vincoli ereditati alla loro riorganizzazione in un modello operativo multilivello, fino alla costruzione di scenari ecologicamente orientati: non una semplice restituzione dello stato attuale, ma un campo di possibilità reso discutibile attraverso l'immagine. Elaborazione dell'autrice con l'utilizzo di ChatGPT.

cazione non come sovrapposizione di stati, ma come processo continuo di ri-funzionalizzazione, mentre il disegno artificiale offre strumenti operativi per tradurre tale complessità in configurazioni modellabili e comparabili.

Accanto a questi elementi, è tuttavia necessario evidenziare alcune criticità. L'ampliamento dei criteri di validazione e la valorizzazione dell'imprevisto comportano una maggiore difficoltà nella definizione di parametri condivisi di giudizio. La proliferazione di scenari possibili rischia infatti di indebolire la capacità selettiva del modello, se non accompagnata da strumenti rigorosi di comparazione e valutazione. Inoltre, l'integrazione di componenti eterogenee – dati, regole, modelli e rappresentazioni – richiede un controllo esplicito delle relazioni tra i diversi livelli, per evitare derive puramente illustrative o arbitrarie.

Nonostante tali limiti, l'approccio proposto consente di ridefinire la modellazione come pratica critica e progettuale, capace non solo di descrivere sistemi complessi, ma di interrogarne le dinamiche latenti e di rendere visibili le condizioni della loro trasformazione.

8. Conclusioni

Il contributo ha proposto una reinterpretazione dell'*exaptation* come criterio operativo, epistemico e rappresentazionale nella modellazione degli ecosistemi complessi, assumendo la laguna di Venezia come caso paradigmatico. Attraverso questa prospettiva, è stato possibile mettere in discussione l'orientamento adattazionista e predittivo che caratterizza gran parte delle pratiche modellistiche contemporanee, evidenziando la necessità di strumenti capaci di confrontarsi con la contingenza, la non linearità e la ri-funzionalizzazione.

La modellazione è stata così riconsiderata come una pratica esplorativa, orientata alla costruzione di un campo di possibilità piuttosto che alla determinazione di un esito ottimale. In questo quadro, i modelli ibridi basati su intelligenza artificiale sono stati interpretati come dispositivi capaci di integrare descrizione processuale e capacità generativa, producendo scenari comparabili e rendendo visibili *pattern* latenti.

Un elemento centrale del lavoro è stato il riconoscimento del ruolo operativo della rappresentazione. L'immagine non è stata intesa come semplice *output* del modello, ma come infrastruttura attraverso cui dati, simulazioni e vincoli vengono organizzati, resi leggibili e messi in relazione. La modellazione si configura così come una pratica intrinsecamente rappresentazionale, in cui la produzione di immagini coincide con la costruzione stessa del campo di indagine.

In questo contesto, il paradigma del disegno artificiale ha fornito una struttura operativa per integrare generazione e controllo, traducendo vincoli ambientali in configurazioni

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3966

than a self-sufficient aesthetic outcome.
The research questions thus find a possible articulation: exaptation operates as an operative criterion insofar as it directs modelling towards the production of differences and the valorisation of discrepancies; hybrid models become exploratory devices when they are freed from an exclusively predictive purpose; images assume a central role when they are recognised as active tools for construction and interpretation; and the unintended trajectories of lagoon evolution become visible when the model accepts the need to engage with the plurality of possibilities.
Adopting exaptation as an operative criterion entails a transformation of epistemic stance: from the search for stable states to the analysis of processes in becoming, from optimisation to exploration, and from representation as restitution to representation as a space of generation. From this perspective, the modelling of complex ecosystems takes the form of an open practice in which knowledge and design intertwine, contributing to making visible the latent dynamics and transformative potential of the lagoon system.

References / Bibliografia

Allen T.F.H., Hoekstra T.W. (2015), *Toward a Unified Ecology*, New York, Columbia University Press.

Aslan S., Zennaro F., Furlan E., Critto A. (2022), *Recurrent neural networks for water quality assessment in complex coastal lagoon environments: A case study on the Venice Lagoon*, «Environmental Modelling & Software», 154. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105403.

Batty M. (2005), *Cities and Complexity: Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models, and Fractals*, Cambridge, MA, The MIT Press.

Batty M. (2013), *The New Science of Cities*, Cambridge, MA, The MIT Press.

Belting H. (2011), *An Anthropology of Images: Picture, Medium, Body*, Princeton, Princeton University Press.

Bozzeda F., Sigovini, M., Lionello P. (2025), *Neural Network Modelling of Temperature and Salinity in the Venice Lagoon*, «Climate», 13, 9. DOI: https://doi.org/10.3390/cli13090189.

Carniello L., Defina A., D'Alpaos L. (2009), *Morphological evolution of the Venice lagoon: Evidence from the past and trend for the future*, «Journal of Geophysical Research: Earth Surface», 114, F4. DOI: https://doi.org/10.1029/2008JF001157.

Carniello L., Silvestri S., Marani M., D'Alpaos A. (2014), *Sediment dynamics in shallow tidal basins: In situ observations, satellite retrievals, and numerical modeling in the Venice Lagoon*, «Journal of Geophysical Research: Earth Surface», 119, 4. DOI: https://doi.org/10.1002/2013JF003015.

Cessi R. (1981), *Storia della Repubblica di Venezia*, Firenze, Giunti-Martello.

Cipriano C., Noce S., Mereu S., Santini M. (2025), *Algorithms going wild – A review of machine learning techniques for terrestrial ecology*, «Ecological Modelling», 506. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2025.111164.

Daston L., Galison P. (2007), *Objectivity*, New York, Zone Books.

DeLanda M. (2016), *Assemblage Theory*, Edinburgh, Edinburgh University Press.

Fagherazzi S., Kirwan M.L., Mudd S.M., Guntenspergen G.R., Temmerman S., D'Alpaos A., Van De Koppel J. et al. (2012), *Numerical models of salt marsh evolution: Ecological, geomorphic, and climatic factors*, «Reviews of Geophysics», 50, 1. DOI: https://doi.org/10.1029/2011RG000359.

Gould S.J., Lewontin R.C. (1979), *The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: A critique of the adaptationist programme*, «Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences», 205, 1161, pp. 581-598. DOI: https://doi.org/10.1098/rspb.1979.0086.

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).

CC BY-SA

progettuali e rendendo confrontabili molteplici alternative. La *pipeline* dati–vincoli–varianti–simulazioni–indicatori–rappresentazione definisce un modello di lavoro in cui ogni passaggio è tracciabile e verificabile, e in cui l'immagine finale è una sintesi argomentata, non un esito estetico autosufficiente.
Le domande di ricerca trovano così una possibile articolazione: l'*exaptation* opera come criterio operativo nella misura in cui orienta la modellazione verso la produzione di differenze e la valorizzazione degli scarti; i modelli ibridi diventano dispositivi esplorativi quando vengono liberati da una finalità esclusivamente predittiva; le immagini assumono un ruolo centrale quando sono riconosciute come strumenti attivi di costruzione e interpretazione; le traiettorie non intenzionali dell'evoluzione lagunare diventano visibili quando il modello accetta di confrontarsi con la pluralità delle possibilità.
Adottare l'*exaptation* come criterio operativo implica una trasformazione della postura epistemica: dalla ricerca di stati stabili all'analisi di processi in divenire, dall'ottimizzazione all'esplorazione, dalla rappresentazione come restituzione alla rappresentazione come spazio di generazione. In questa prospettiva, la modellazione degli ecosistemi complessi si configura come una pratica aperta, in cui conoscenza e progetto si intrecciano, contribuendo a rendere visibili le dinamiche latenti e le potenzialità trasformative del sistema lagunare.

Grimm V., Railsback S.F. (2005), *Individual-based Modeling and Ecology*, Princeton, Princeton University Press.

Grimm V., Revilla E., Berger U., Jeltsch F., Mooij W.M., Railsback S.F., Thulke H.H. et al. (2005), *Pattern-oriented modeling of agent-based complex systems: Lessons from ecology*, «Science», 310, 5750, pp. 987-991. DOI: https://doi.org/10.1126/science.1116681.

Guilford J.P. (1967), *The Nature of Human Intelligence*, New York, McGraw-Hill.

Lalic B., Cuong D.V., Petric M., Pavlovic V., Firanj Sremac A., Roantree M. (2024), *Modelling Mosquito Population Dynamics using PINN-derived Empirical Parameters*, «arXiv». DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.07514.

Lindenmayer A. (1968), *Mathematical models for cellular interaction in development I. Filaments with one-sided inputs*, «Journal of Theoretical Biology», 18, 3, pp. 280-299. DOI: https://doi.org/10.1016/0022-5193(68)90079-9.

Marani M., D'Alpaos A., Lanzoni S., Carniello L., Rinaldo A. (2007), *Biologically-controlled multiple equilibria of tidal landforms and the fate of the Venice lagoon*, «Geophysical Research Letters», 34, 11. DOI: https://doi.org/10.1029/2007GL030178.

Mitchell M. (2009), *Complexity: A Guided Tour*, Oxford, Oxford University Press.

Parker W.S. (2009), *Does matter really matter? Computer simulations, experiments, and materiality*, «Synthese», 169, 3, pp. 483-496. DOI: https://doi.org/10.1007/s11229-008-9434-3.

Prusinkiewicz P., Lindenmayer A. (1990), *The Algorithmic Beauty of Plants*, New York, Springer-Verlag.

Rubbens P., Brodie S., Cordier T., Destro Barcellos D., Devos P., Fernandes-Salvador J.A., Fincham J.I. et al. (2023), *Machine learning in marine ecology: an overview of techniques and applications*, «ICES Journal of Marine Science», 80, 7, pp. 1829-1853. DOI: https://doi.org/10.1093/icesjms/fsad100.

Spillias S., Trebilco R., Adams M.P., Boschetti F., Constable A., Dunstan P., Ferrier S. et al. (2026), *The Future of Artificial Intelligence in Ecosystem Modeling*, «BioScience», 76, 1, pp. 57-70. DOI: https://doi.org/10.1093/biosci/biaf169.

Tafuri M. (1985), *Venezia e il Rinascimento*, Torino, Einaudi.

Trisciuoglio M. (2024), *Exaptation in Transitional Urban Morphologies: First Notes on the Dynamics of Urban Form Read through the Theories of Natural Evolution*, «Land», 13, 1. DOI: https://doi.org/10.3390/land13010074.

Winsberg E. (2010), *Science in the Age of Computer Simulation*, Chicago, University of Chicago Press.

Xing Y., Gan W., Chen Q. (2025), *Artificial intelligence in landscape architecture: a survey*, «International Journal of Machine Learning and Cybernetics», 16, pp. 4685-4710. DOI: https://doi.org/10.1007/s13042-025-02536-w.

Zennaro F., Furlan E., Canu D., Aveytua Alcazar L., Rosati G., Solidoro C., Aslan S., Critto A. (2023), *Venice lagoon chlorophyll-a evaluation under climate change conditions: A hybrid water quality machine learning and biogeochemical-based framework*, «Ecological Indicators», 157. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111245.

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3966

Italo Calvino's Algorithms in Representing the DNA of Urban Complexity

Michela Rossi, Sara Conte, Cecilia Santacroce, Giorgio Buratti

The reference to natural models has historically guided creative processes as the result of reinterpreting structures and principles observed in reality. Over time, imitation has evolved from formal reproduction, to the application of mechanical principles, and ultimately to the assimilation of the complexity of biological processes in the design of responsive systems. With the advancement of scientific knowledge, attention has shifted from the aesthetics of form (eurhythmy), to the relationships between parts (*concinnitas*), to processes of adaptation and transformation (evolution), and finally to the interaction among factors within complex systems (interaction). Within this trajectory lies the concept of exaptation, understood as the reuse and reconfiguration of pre-existing elements in new functional contexts. The city itself can be interpreted as a complex evolutionary system, in which relationships, conflicts, events, and transformations accumulate over time, contributing to the definition of the *genius loci* as the result of the recombination of heterogeneous elements. In the combinatorial structure of *Invisible Cities*, Italo Calvino constructs a narrative device in which the city emerges as the outcome of permutations of material and immaterial components, representing urban complexity through an open system of relationships and meanings. In this context, generative AI tools make it possible to translate textual descriptions into visual representations, making explicit the constitutive elements of Calvino's cities and enabling their recombination according to formal and semantic logics. Building on these premises, the research proposes an operational model of exaptation, in which generated visual configurations are analyzed through automated recognition techniques in order to identify recurring urban elements, both physical and immaterial. These elements are then related to institutional indicator systems for the evaluation of urban well-being, thus establishing a bridge between unstructured data and consolidated quantitative metrics. The objective is to develop a hybrid system capable of translating visual signals into proxies interpretable as indicators of urban quality, contributing to the definition of innovative tools for the analysis and representation of the complexity of contemporary cities[1].

Keywords: urban analysis, urban wellness, visual proxy.

1. Introduction. Reading the City

The invitation to reconsider Roberto de Rubertis' reflections on the evolution of architecture as the result of the interaction of contingent and accidental environmental factors, rather than of a predetermined design (de Rubertis 2012), in relation to the new frontiers opened by Artificial Intelligence, sheds new light on the validity of the natural model as the primary source of inspiration for architecture. The biological analogy, together with the mechanisms governing evolution through the hereditary transmission of traits, effectively interprets the evidence of phenomena and conditions of pseudo-exaptation that characterize the transformations accompanying the life of architecture, and particularly that of the contemporary city, understood as a complex system in unstable equilibrium, resulting from the continuous interaction of multiple and constantly changing factors.

The enduring relevance of the classical myth of nature as a model finds further confirmation when considered alongside the power of mathematics and its ability to provide answers to any problem by developing models (Penrose 2005) consistent with the scientific knowledge of a given historical period. Today, within this biological perspective, it is therefore inevitable to associate the city – which has progressively lost the regular form of an urban layout designed according to principles of order and symmetry – with the new patterns of chaotic systems and the matrices of cybernetics.

Throughout the centuries, following the refinement of the natural and mathematical sciences, imitation has evolved from the geometries of lower organisms employed in ornamentation, to the structural and mechanical principles of skeletons, and finally to the complexity of biological processes inspiring the design of responsive systems. Consequently, attention has shift-

1. Section 1 was written by Michela Rossi, sections 2 and 3 by Sara Conte, section 4 by Cecilia Santacroce, section 5 by Giorgio Buratti, and the conclusions were co-authored.

BY-SA

17 2026

Gli algoritmi di Italo Calvino e la rappresentazione del DNA della complessità urbana

Michela Rossi, Sara Conte, Cecilia Santacroce, Giorgio Buratti

Il riferimento al modello naturale ha storicamente orientato i processi creativi come esito della reinterpretazione di strutture e principi osservati nella realtà. Nel tempo, l'imitazione si è evoluta dalla riproduzione formale, all'applicazione dei principi meccanici, fino all'assimilazione della complessità dei processi biologici nella progettazione di sistemi responsivi. Con il progresso della conoscenza scientifica, l'attenzione si è spostata dall'estetica delle forme (euritmia), alle relazioni tra le parti (*concinnitas*), ai processi di adattamento e trasformazione (evoluzione), fino all'interazione tra fattori nei sistemi complessi (interazione). In questa traiettoria si inserisce il concetto di exattamento, inteso come riuso e riconfigurazione di elementi preesistenti in nuovi contesti funzionali. Anche la città può essere interpretata come un sistema evolutivo complesso, nel quale si stratificano nel tempo relazioni, conflitti, eventi e trasformazioni che contribuiscono a definire il *genius loci* come risultato della ricombinazione di elementi eterogenei. Nella struttura combinatoria de *Le città invisibili*, Italo Calvino costruisce un dispositivo narrativo in cui la città emerge come esito di permutazioni di componenti materiali e immateriali, restituendo la complessità urbana attraverso un sistema aperto di relazioni e significati. In questo contesto, gli strumenti di AI generativa consentono di tradurre le descrizioni testuali in rappresentazioni visive, rendendo espliciti gli elementi costitutivi delle città calviniane e permettendone la ricombinazione secondo logiche formali e semantiche. A partire da tali presupposti, la ricerca propone un modello di "exattamento operativo", nel quale le configurazioni visive generate vengono analizzate tramite tecniche di riconoscimento automatico al fine di individuare ricorrenze di elementi urbani, sia fisici sia immateriali. Tali elementi vengono poi messi in relazione con sistemi di indicatori istituzionali per la valutazione del benessere urbano, costruendo un ponte tra dati non strutturati e metriche quantitative consolidate. L'obiettivo è sviluppare un sistema ibrido capace di tradurre segnali visivi in *proxy* interpretabili come indicatori di qualità urbana, contribuendo alla definizione di strumenti innovativi per l'analisi e la rappresentazione della complessità delle città contemporanee[1].

Parole chiave: analisi urbana, benessere urbano, *proxy* visivi.

1. Introduzione. Leggere la città

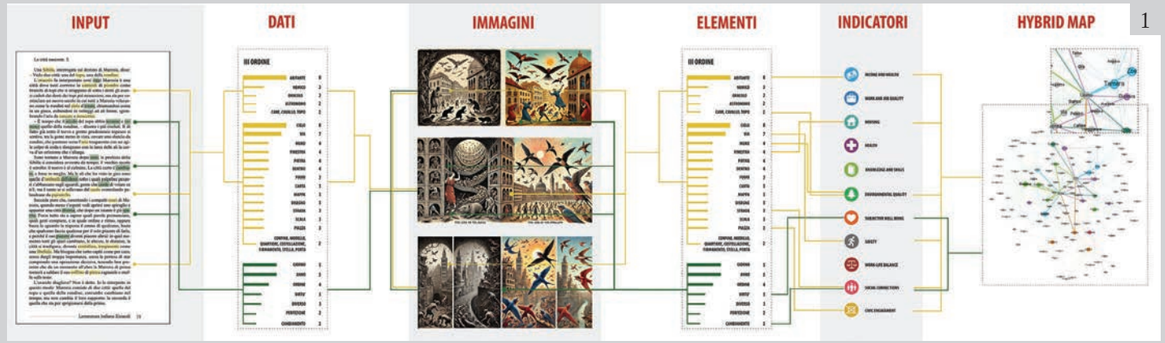
L'invito a riprendere le riflessioni di Roberto de Rubertis sull'evoluzione dell'architettura come risultato dell'interazione di una serie di fattori ambientali contingenti e accidentali, piuttosto che da un disegno preordinato (de Rubertis 2012), in relazione alle frontiere aperte dall'intelligenza artificiale, mette in nuova luce la validità del modello naturale come prima ispirazione dell'architettura. Il riferimento biologico e il parallelo con i meccanismi che mediano l'evoluzione con la trasmissione ereditaria dei caratteri, ben si adattano infatti all'evidenza di fenomeni e condizioni di pseudo-esattamento nelle trasformazioni che accompagnano la vita dell'architettura e in particolare quella della città contemporanea, sistema complesso in equilibrio instabile, risultato delle azioni e reazioni di fattori molteplici e mutevoli.

La millenaria attualità del mito classico del riferimento alla natura trova una conferma in parallelo con la grandezza della matematica e della sua capacità di dare una risposta a qualsiasi problema, sviluppando modelli (Penrose 2005) adeguati alle conoscenze scientifiche dell'epoca. Così oggi è inevitabile associare, nel riferimento biologico, la città, che ha perso la forma regolare di un impianto disegnato secondo regole di ordine e simmetria, ai nuovi pattern dei sistemi caotici e alle matrici della cibernetica.

Lungo i secoli, assecondando l'affinamento delle scienze naturali e matematiche, l'imitazione è passata dalle geometrie degli organismi inferiori nell'ornamento, ai principi strutturali e meccanici degli scheletri, alla complessità dei processi biologici nel design di sistemi responsivi. L'attenzione si è spostata dai fattori formali di "euritmia" e *concinnitas*, all'estetica decostruttivista, fatta di adattamento e trasformazione, secondo un'interazione di fattori come nei sistemi complessi (Rossi 2020). Oggi che la sfida del progetto, d'architettura in senso lato e

1. Giorgio Buratti ha redatto il paragrafo 5, Sara Conte i paragrafi 2 e 3, Michela Rossi il paragrafo 1, Cecilia Santacroce il paragrafo 4; le conclusioni sono state scritte congiuntamente.

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3959



1

ed from the formal principles of 'eurhythmia' and *concinnitas* to a deconstructivist aesthetics based on adaptation and transformation, according to the interaction of multiple factors characteristic of complex systems (Rossi 2020). Today, as the challenge of architectural design – understood in its broadest and multiscale sense – primarily concerns strategies for rebalancing human habitation, from territorial systems to the domestic microcosm, the development of Artificial Intelligence complements and responds to the need to manage the complex systems from which *Chaos Theory* itself emerged.
The city is the most significant of these systems, and concerns us on several levels:
• directly, because today it accommodates more than half of the world's population; this percentage has doubled over the last fifty years and is expected to approach 70% within the next twenty-five years[2];
• ecologically, because of its fundamental role in maintaining the environmental balance of the planet, whose long-term fragility is now widely acknowledged.
The city, which connects the territorial dimension with the house – the elementary cell of the individual within the basic social structure – was originally conceived according to the precise rules of an ordered design based on symmetry. As it expanded, however, it adapted to historical contingencies that generated new forms because they responded to different, yet equally natural, laws. Like every living organism, the city has grown and evolved according to efficient models that have survived processes of natural selection, gradually accumulating contacts, conflicts, historical events, political and climatic changes, cultures and customs within the enduring traces of the *genius loci* (Norberg-Schulz 1979). Here, heterogeneous elements are arbitrarily recombined, much like amino acid sequences within the DNA of living organisms. Managing urban development appropriately, while pursuing a sustainable balance between human and environmental needs, therefore requires the refinement of new methods of survey, analysis, and representation of the factors involved through the continuous advancement of digital technologies.
If Artificial Intelligence represents the new frontier, reflecting on the city inevitably leads to Italo Calvino and the suggestions generated by *Invisible Cities*, where urban complexity is described as the result of the interaction between material and immaterial factors and their effects on the dynamics of the built environment. The sophisticated mathematical structure through which the author organizes a seemingly random succession of 55 cities, grouped into 11 thematic categories, conceals the repeated recombination of heterogeneous elements within a cybernetic system that starts from a rhetorical representation of urban complexity, ranging from the relationship between the city and its environment to interpersonal relationships, and finally to the contradictions generated by human behaviour and social customs (Conte, Rossi 2026). Rhetorical figures and symbolic references open multiple interpretative possibilities, while the combinatorial nature of the narrative structure allows these elements to be reorganized freely, much like the amino acids of an artificial protein, within a cyclical narrative lacking both beginning and

2. ONU, *World Urbanization Prospects. The 2018 Revision*, https://population.un.org/wup/assets/WUP2018-Report.pdf (last access 1/5/2026).

Figure 1
Methodological framework of the research. Graphic processing by Sara Conte and Cecilia Santacroce.

CC BY-SA

2. ONU, *World Urbanization Prospects. The 2018 Revision*, https://population.un.org/wup/assets/WUP2018-Report.pdf (ultima consultazione 1/5/2026).

multiscala, riguarda soprattutto le strategie di riequilibrio dell'abitare, dal territorio al microcosmo domestico, lo sviluppo dell'AI si affianca e risponde alle necessità di gestire i sistemi complessi da cui si è sviluppata la *Teoria del Caos*.
La città è il più significativo e ci riguarda su più livelli:
• in termini diretti perché oggi coinvolge oltre la metà della popolazione mondiale, la percentuale è raddoppiata in 50 anni e si prevede che arrivi a sfiorare il 70% tra meno di 25[2];
• in termini ecologici, ovvero in relazione all'equilibrio ambientale del pianeta, perché oggi sappiamo bene quanto sia delicato nel lungo periodo.
La città, che connette la dimensione territoriale alla casa – cellula minima dell'individuo nella sua aggregazione sociale di base – è nata seguendo le regole precise di un disegno ordinato secondo regole di simmetria, crescendo si è adattata a contingenze che hanno imposto altre forme, perché rispondono ad altre leggi e sono sempre leggi naturali. Come gli altri organismi viventi, anche la città è cresciuta e si è sviluppata secondo modelli efficienti, che nel tempo hanno superato processi di selezione naturale, sedimentando contatti, conflitti, avvenimenti, cambiamenti politici e climatici, culture e costumi nei segni indelebili del *genius loci* (Norberg-Schultz 1980), nel quale si ricombinano arbitrariamente elementi diversi, come le combinazioni di aminoacidi nei geni del DNA dei viventi. Gestire in modo corretto lo sviluppo urbano, perseguendo un equilibrio sostenibile tra necessità umane e ambientali è una priorità che richiede di affinare nuovi strumenti di rilievo, analisi e rappresentazione dei fattori coinvolti attraverso il perfezionamento degli strumenti che ci offre l'evoluzione delle tecnologie digitali.
Se la nuova frontiera è l'AI, pensando alla città non possiamo che pensare a Italo Calvino e alle suggestioni che è stato capace di innescare con *Le città invisibili*, che raccontano la complessità urbana come il risultato di un assortimento di fattori materiali e immateriali e dei loro effetti sulla dinamica del costruito. L'articolata struttura matematica con cui l'autore organizza una successione solo apparentemente casuale di 55 città associate in 11 gruppi tematici nasconde la ricombinazione ripetitiva di elementi eterogenei in un sistema cibernetico che parte da una rappresentazione retorica della complessità urbana, spaziando dal rapporto con l'ambiente alle relazioni tra individui, sino alle contraddizioni derivate dal comportamento e dai costumi sociali (Conte, Rossi 2026). Figure retoriche e riferimenti simbolici lasciano spazio a molteplici chiavi di lettura, che la natura combinatoria della struttura permette di riordinare a piacere, come gli aminoacidi di una proteina artificiale, in un racconto ciclico, senza un inizio e una fine, incentrato sulla simmetria rispetto alle distinte fasi del progetto (Conte, Rossi 2025). Applicando i presupposti matematici della cibernetica, che a sua volta si basa sui concetti linguistici della parola che anima il linguaggio naturale, il racconto diventa una rappresentazione analoga a quello dei meccanismi linguistico-matematici sui quali si fonda l'architettura dei sistemi di intelligenza artificiale. Gli stessi strumenti di AI che si sono dimostrati capaci di tradurre in immagini anche i significati astratti e mediati della rappresentazione che Calvino offre della città contemporanea con forme poetiche del linguaggio naturale, permettono di selezionarne i "geni" e di ricomporli secondo innumerevoli figurazioni traducendo in immagini visibili agli occhi i significati dell'accostamento disordinato di segni eterogenei (Rossi, Buratti, Conte et al. 2025).
Così, una sperimentazione nata quasi per gioco, ma rivelatasi ricca di serendipità, ha suggerito l'ipotesi di modellare una struttura di dati in un sistema in grado di quantificare in modo matematico la qualità percettiva dello spazio urbano, determinata dalla interazione di innumerevoli fattori della complessità urbana come percorso inverso del *text-to-image*.

2. Metodologia. Dal processo validato allo sviluppo della ricerca

La ricerca proposta si articola con un processo metodologico che mette in relazione linguaggio testuale, rappresentazione visiva e struttura dati (fig. 1). Tale processo si sviluppa in due fasi distinte: una prima fase, già sperimentata e validata, che conduce dalla parola all'immagine (Conte, Rossi 2026) e una seconda fase, attualmente in corso di definizione, che propone un percorso inverso, dall'immagine al dato, finalizzato alla costruzione di indicatori di qualità urbana proposti

Figura 1
Immagine di sintesi della metodologia adottata. Elaborazione a cura di Sara Conte e Cecilia Santacroce.

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3959

end and organized around the distinct phases of the design process (Conte, Rossi 2025). By applying the mathematical principles of cybernetics – which are themselves grounded in the linguistic mechanisms of natural language – the narrative becomes structurally analogous to the linguistic-mathematical mechanisms underlying the architecture of Artificial Intelligence systems. The same AI tools that have demonstrated the ability to translate into images the abstract and mediated meanings through which Calvino represents the contemporary city using the poetic forms of natural language also make it possible to isolate its 'genes' and recombine them into countless visual configurations, translating into visible images the meanings emerging from the apparently disordered juxtaposition of heterogeneous signs (Rossi, Buratti, Conte et al. 2025). Thus, an experiment that originated almost playfully, yet proved remarkably rich in serendipitous outcomes, suggested the hypothesis of modelling a data structure capable of mathematically quantifying the perceptual quality of urban space, understood as the result of the interaction of the innumerable factors that constitute urban complexity, through a process that reverses the conventional text-to-image paradigm.

2. Methodology. From a Validated Process to the Development of the Research

The proposed research is articulated through a methodological process that establishes a relationship between textual language, visual representation, and data structure (fig. 1). The process develops through two distinct phases: a first phase, already tested and validated, which proceeds from word to image (Conte, Rossi 2026), and a second phase, currently under development, which proposes the reverse path – from image to data – with the aim of constructing urban quality indicators presented through a dynamic, multi-layered infographic system.

The first phase starts from the analysis of *Invisible Cities* by Italo Calvino, considered as a complex linguistic system capable of describing the city through a network of relationships between material and immaterial elements. Through the decomposition of the text, recurring elements – including words, adjectives, and dominant semantic fields – were identified and subsequently organised into thematic clusters (first-, second-, and third-order categories). This process enabled the construction of a structured urban vocabulary, in which words assume the role of descriptive units representing the characteristics of the city. These elements were translated into a database organised according to orders, categories, and attributes. On the one hand, this database constituted the basis for developing prompts addressed to text-to-image generation systems; on the other, it revealed a possible organisation of the 55 cities into clusters that can be related to the different phases of the design process. The formalisation of natural language (the literary text) into structured inputs (the database) made it possible to control the generative process and to obtain images consistent with the semantic contents of the original text. The resulting images represent the outcome of a translation from verbal to visual language, in which the literary description is reinterpreted through Artificial Intelligence models capable of rendering both the material and the symbolic dimensions of the city.

Building upon these initial results, the research now moves towards a second phase, currently under development, which proposes a reversal of the process: no longer from word to image, but from visual representation to information extraction. The objective is to verify whether, and to what extent, images of real cities and urban contexts can be analysed in order to extract significant elements that can be associated with and compared to established indicators of urban quality and well-being.

Within this perspective, the real image of the city becomes an informational device capable of synthesising the complexity of urban dynamics into a visual representation. Through a systematic reading of urban images, it becomes possible to identify recurring meaningful elements by distinguishing between physical components – such as urban morphology, density, the relationship between built and open spaces, the presence of public open spaces, and infrastructures – and immaterial components, including the perception of order, accessibility, vitality, and the quality of public space.

The elements recognised by Artificial Intel-

Figure 2
AI-generated images of the 55 invisible cities by Italo Calvino, produced from the original text (Rossi, Conte 2025, p. 497).

BY-SA

2



Figura 2
Immagini delle 55 città invisibili di Italo Calvino generate dalla rielaborazione del testo originale (Rossi, Conte 2025, p. 497).

categorie e attributi, che ha costituito, da una parte, la base per la realizzazione dei *prompt* destinati ai sistemi di generazione *text-to-image*, dall'altra ha evidenziato la possibile organizzazione delle 55 città in *cluster* relazionabili con le diverse fasi del progetto. La formalizzazione del linguaggio naturale (testo letterario) in *input* strutturati (database) ha permesso di controllare il processo generativo e di ottenere immagini coerenti con i contenuti semantici del testo. Le immagini prodotte sono l'esito di una traduzione dal linguaggio verbale al linguaggio visivo, in cui la descrizione letteraria viene reinterpretata attraverso modelli di intelligenza artificiale, capaci di restituire sia gli aspetti materiali sia quelli simbolici della città.

A partire da questi primi risultati ottenuti, la ricerca si avvia verso una seconda fase in corso di elaborazione, che propone un'inversione del processo: non più dalla parola all'immagine, ma dalla rappresentazione visuale alla selezione di informazioni. L'obiettivo è verificare se e in che misura sia possibile analizzare immagini di città e contesti urbani reali, per estrarre elementi significativi riconducibili e confrontabili con indicatori consolidati di qualità e benessere urbano.

In questa prospettiva, l'immagine reale della città diventa un dispositivo informativo capace di condensare in forma sintetica la complessità delle dinamiche urbane; attraverso una lettura sistematica delle immagini reali è così possibile individuare elementi significativi ricorrenti, distinguendo tra componenti fisiche (morfologia urbana, densità, relazioni tra lo spazio costruito e il vuoto, presenza di spazi aperti, infrastrutture) e componenti immateriali (percezione di ordine, accessibilità, vitalità, qualità dello spazio pubblico).

Gli elementi riconosciuti da sistemi di intelligenza artificiale vengono quindi tradotti in variabili descrittive, qualitative e, ove possibile, quantitative. Questo passaggio consente di costruire un secondo livello di dati, derivato direttamente dall'osservazione visiva e integrato con sistemi di indicatori consolidati, da enti istituzionali per la valutazione del benessere urbano, che rende confrontabili le immagini tra loro e con altri sistemi di analisi urbana.

Il modello esplorativo sperimentale si muove per "exattamento" a partire dall'analisi condotta sulla generazione di immagini dal testo in una veste infografica dinamica e multilivello.

La prima fase prende avvio dall'analisi del testo de *Le città invisibili* di Italo Calvino, considerato come sistema linguistico complesso capace di descrivere la città attraverso un insieme di relazioni tra elementi materiali e immateriali. Attraverso la scomposizione dei brani, sono state individuate delle ricorrenze (parole, aggettivazioni e campi semantici dominanti), a loro volta organizzati in *cluster* tematici (I, II, III ordine), che hanno consentito la costruzione di un vocabolario urbano strutturato, in cui le parole assumono il ruolo di unità descrittive dei caratteri della città. Tali elementi sono stati tradotti in un database organizzato per ordini,

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3959

ligence systems are subsequently translated into descriptive variables, both qualitative and, where possible, quantitative. This step makes it possible to construct a second level of data derived directly from visual observation and integrated with consolidated indicator systems developed by institutional organisations for the assessment of urban well-being, thereby enabling comparisons both among images themselves and with other systems of urban analysis.
The proposed exploratory model develops through a process of exaptation, starting from the analysis conducted on the generation of images from Calvino's text (fig. 2), considering these images as useful devices for investigating the characteristics of cities. The underlying hypothesis is that, although generated from literary descriptions, these images are capable of condensing elements related both to the physical and to the immaterial dimensions of urban space. Starting from these images, the method proposes a process of reading and decomposition aimed at extracting meaningful elements, organised into two main domains: physical elements and immaterial elements. These extracted components are subsequently systematised through a process of classification and grouping, making it possible to define an initial set of indicators derived from visual observation rather than from predefined statistical data.
Words and concepts assume the role of semantic mediators, contributing to the definition of the indicators themselves. The outcome of this phase is the construction of a system of qualitative indicators capable of describing urban quality through categories emerging from the relationship between text and image.
The second phase applies the indicator system developed during the exploratory stage to images of real cities in order to verify both its validity and its transferability. In this stage, the analysis of real urban images follows a process analogous to that previously tested on AI-generated images, based on the identification and coding of physical and immaterial elements. Unlike the previous phase, however, this analysis is integrated with established indicator systems, such as those developed by Eurostat and other institutional organisations for the assessment of urban well-being.
The objective is to establish a correspondence between:
- qualitative indicators derived from the image, expressing a visual and perceptual reading of the city;
- institutional quantitative indicators, based on statistical data and standardised measurements.

This integration process makes it possible to relate two complementary forms of knowledge: on the one hand, a synthetic, immediate, and visually accessible reading of the city; on the other, a complex analytical structure that is often difficult to interpret.

3. From *Invisible Cities* to the Interpretation of Urban Qualities

Within the broader reflections on the well-being of the contemporary city, urban well-being is frequently associated with a set of measurable parameters that, in defining urban spaces and living conditions, contribute to determining quality of life and urban well-being. Such an approach, however, tends to overlook a range of less tangible – and sometimes difficult to formalize – factors that significantly influence the livability of places. These dimensions emerge in *Invisible Cities* by Italo Calvino, where, through an elaborate system of metaphors and rhetorical constructions, the characteristics, contradictions, and critical issues of imaginary cities are brought to light, while ultimately referring to real urban conditions.
Within Calvino's reflections on urban complexity, the city is interpreted as the outcome of a unique combination of material and immaterial factors: built forms, memories, uses, symbols, behaviors, perceptions, and the relationships between individuals and their environment. In his literary work, the city is not reduced to a framework of standards, as its identity emerges from the specific configuration of these heterogeneous elements, akin to a genetic heritage that distinguishes each place from every other.
Building upon these premises, previous experiments (Rossi, Conte 2025) sought to assign a visual identity to Calvino's cities through the use of text-to-image generative AI systems, by constructing prompts directly derived from the literary text.

BY-SA

calviniano (fig. 2), considerandole come dispositivi utili per l'indagine dei caratteri delle città. L'ipotesi alla base è che le immagini generate, pur derivando da descrizioni letterarie, siano in grado di condensare elementi riconducibili sia alla dimensione fisica sia a quella immateriale dello spazio urbano. A partire da tali immagini, il metodo prevede un processo di lettura e scomposizione finalizzato all'estrazione di elementi significativi, articolati in due macro-ambiti: elementi fisici e elementi immateriali. Gli elementi individuati vengono successivamente sistematizzati attraverso un processo di classificazione e raggruppamento, che consente di definire un primo insieme di indicatori costruiti a partire dall'osservazione visiva e non da dati statistici predefiniti.
Le parole e i concetti assumono il ruolo di mediatori semantici, contribuendo a orientare la definizione degli indicatori stessi. L'esito di questa fase è la costruzione di un sistema di indicatori qualitativi, capace di descrivere la qualità urbana attraverso categorie emergenti dalla relazione tra testo e immagine.
La seconda fase prevede l'applicazione del sistema di indicatori costruito nella fase esplorativa a immagini di città reali, con l'obiettivo di verificarne la validità e la trasferibilità. In questo passaggio, l'analisi delle immagini urbane reali segue un processo analogo a quello sperimentato sulle immagini generate, basato sull'individuazione e sulla codifica di elementi fisici e immateriali. Tuttavia, a differenza della fase precedente, tale analisi deve essere integrata con sistemi di indicatori consolidati, come ad esempio quelli sviluppati da Eurostat e altri enti istituzionali per la valutazione del benessere urbano. L'obiettivo è costruire una corrispondenza tra:
- indicatori qualitativi derivati dall'immagine, espressione di una lettura visiva e percettiva della città;
- indicatori quantitativi istituzionali, basati su dati statistici e misurazioni standardizzate.

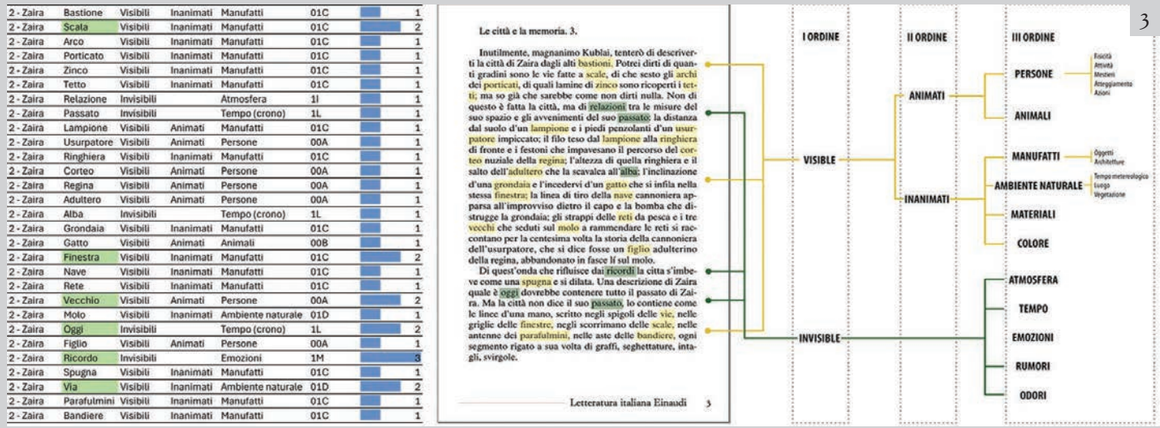
Questo processo di integrazione consente di mettere in relazione due modalità di conoscenza complementari: da un lato una lettura sintetica, immediata e visivamente accessibile; dall'altro una struttura analitica complessa, spesso difficilmente interpretabile.

3. Da *Le città invisibili* alla lettura delle qualità urbane

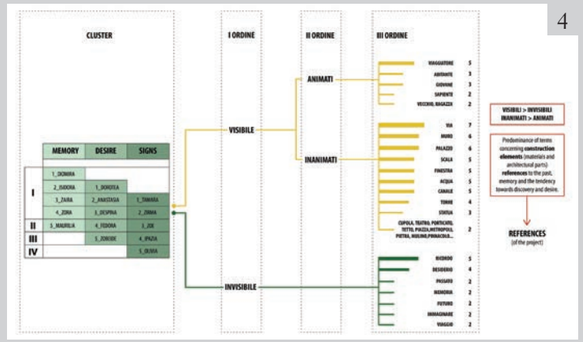
Nel quadro delle riflessioni sul benessere della città contemporanea, esso è frequentemente ricondotto a un insieme di parametri misurabili che, nel definire gli spazi e le condizioni dell'abitare urbano, concorrono a determinare la qualità della vita e il benessere urbano. Una simile impostazione, tuttavia, tende a trascurare una serie di fattori meno tangibili – e talvolta difficilmente formalizzabili – che incidono in modo significativo sulla vivibilità dei luoghi.
Tali dimensioni emergono nell'opera *Le Città invisibili* di Italo Calvino in cui, attraverso un articolato sistema di metafore e costruzioni retoriche, vengono messi in luce caratteri, contraddizioni e criticità di città immaginarie, riconducibili a condizioni reali.
All'interno delle riflessioni sulla complessità urbana sviluppate da Calvino, la città è infatti interpretata come esito di una combinazione irripetibile di fattori materiali e immateriali: forme costruite, memorie, usi, simboli, comportamenti, percezioni e rapporti tra individui e ambiente. La città nell'opera letteraria non è ridotta a una griglia di standard, poiché la sua identità nasce dalla specifica configurazione di elementi eterogenei, simile a un patrimonio genetico che distingue ogni luogo dagli altri.
Su tali presupposti si innestano precedenti sperimentazioni (Rossi, Conte 2025) finalizzate all'attribuzione di un'identità visiva alle città calviniane mediante l'impiego di sistemi di AI generativa *text-to-image*, attraverso la costruzione di *prompt* derivati direttamente dal testo letterario.
La sperimentazione condotta ha previsto un processo di trasposizione e, in alcuni casi, di riscrittura controllata dei brani originali, finalizzata a rendere esplicite le configurazioni spaziali e relazionali implicite, così da garantirne una più efficace interpretazione da parte dei modelli generativi adottati. Le immagini prodotte restituiscono assetti urbani complessi, nei quali elementi architettonici, oggetti e figure umane – colte nelle loro interazioni – concorrono a rappresentare tanto le componenti fisiche quanto quelle immateriali dello spazio, queste ultime espresse attraverso azioni, relazioni e atmosfere percettive.

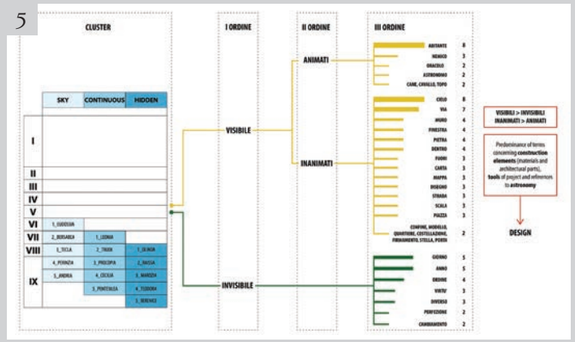
DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3959

3



4 5





The experimental process involved the translation and, in some cases, the controlled rewriting of the original passages in order to make their implicit spatial and relational configurations explicit, thereby ensuring a more effective interpretation by the adopted generative models. The resulting images depict complex urban settings in which architectural elements, objects, and human figures – captured in their interactions – contribute to representing both the physical and immaterial dimensions of space, the latter being conveyed through actions, relationships, and perceptual atmospheres.

The dual nature of the resulting representations – at times oriented toward a more defined material and spatial characterization, at others toward conveying the atmospheric and emotional qualities of places – prompted the research to undertake a systematic analysis of the lexical patterns found in the original texts. In particular, adjectives, nouns, and adverbs were examined and organized into a hierarchical system of categories (fig. 3), distinguishing between visible elements (animate and inanimate) and invisible elements (atmospheres, temporal dimensions, and sensory experiences). The frequency analysis was conducted by normalizing morphological variants (gender, number, and modified forms) in order to produce a consistent and comparable dataset. Applied both to the individual cities and to the thematic groups identified by the author – Memory, Desire, Signs, Thin, Trading, Eyes, Names, the Dead, the Sky, Continuous Cities, and Hidden Cities – the analysis revealed significant lexical patterns capable of expressing not only spatial characteristics, but also modes of inhabitation and the relational dynamics between inhabitants and their environment.

The recurrence of both physical and abstract lexical elements, analyzed across individual cities as well as throughout the series as a whole, revealed a set of recurring urban qualities. The

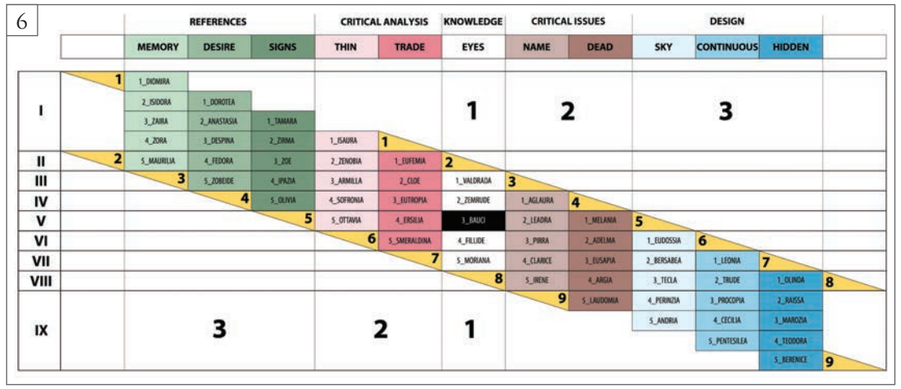
Figure 3
Systematic analysis of lexical recurrences in the original text describing the city of Zaira. Graphic processing by Sara Conte and Cecilia Santacroce.

Figure 4
Lexical analysis of the cities belonging to the Memory, Desire, and Signs clusters. The results show a predominance of terms related to the built environment. Graphic processing by Sara Conte and Cecilia Santacroce.

Figure 5
Lexical analysis of the Sky, Continuous Cities, and Hidden Cities. The results show a predominance of terms associated with abstract concepts and astronomy. Graphic processing by Sara Conte and Cecilia Santacroce.

CC BY-SA

6



7

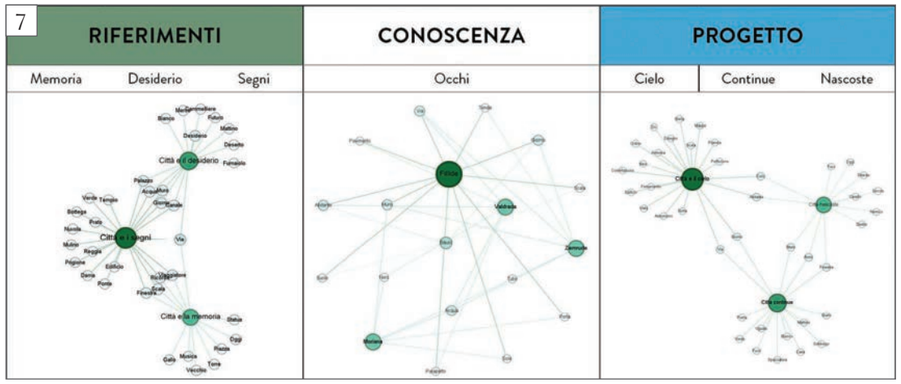


Figura 3
Analisi sistematica delle ricorrenze lessicali presenti nel testo originale della città di Zaira. Elaborazione a cura di Sara Conte e Cecilia Santacroce.

Figura 4
Analisi lessicale per le città della Memoria, del Desiderio e dei Segni: i risultati emersi mostrano una prevalenza dei termini riconducibili alla dimensione costruita. Elaborazione a cura di Sara Conte e Cecilia Santacroce.

Figura 5
Analisi lessicale per le città del Cielo, Continue e Nascoste: i risultati emersi mostrano una prevalenza dei termini riconducibili alla dimensione astratta e all'astronomia. Elaborazione a cura di Sara Conte e Cecilia Santacroce.

Figura 6
Diagramma delle 55 città di Calvino raggruppate nei *cluster* "riferimenti progettuali", "analisi critica", "conoscenza", "criticità", "progetto". Elaborazione a cura di Sara Conte.

Figura 7
Diagrammi prodotti col programma Gephi 0.10 dei termini in comune all'interno dei *cluster* "riferimenti", "conoscenza", "progetto". Ciascun nodo corrisponde a una città e a un termine, mentre gli archi evidenziano le connessioni tra le parole: tanto maggiori sono le connessioni, tanto più grande sarà il nodo verso il quale convergono. Elaborazione a cura di Sara Conte e Cecilia Santacroce.

La duplice natura delle rappresentazioni ottenute – talvolta orientate verso una maggiore definizione materico-spaziale, talaltra verso la restituzione di qualità atmosferiche ed emozionali dei luoghi – ha orientato l'indagine verso un'analisi sistematica delle ricorrenze lessicali presenti nei testi originali di partenza. In particolare, sono stati considerati aggettivi, sostantivi e avverbi, organizzati in un sistema di categorie gerarchiche (fig. 3) in grado di distinguere tra elementi visibili (animati e inanimati) ed elementi invisibili (atmosfere, temporalità, dimensioni sensoriali). Il conteggio dei termini è stato condotto normalizzando le varianti morfologiche (genere, numero e forme alterate), al fine di ottenere una base dati coerente e comparabile. L'analisi, estesa sia alle singole città sia ai raggruppamenti tematici individuati dall'autore – Memoria, Desiderio, Segni, Sottili, Scambi, Occhi, Nomi, Morti, Cielo, Continue, Nascoste – ha evidenziato la presenza di ricorrenze significative, capaci di restituire non solo caratteri spaziali, ma anche modalità d'uso e dinamiche relazionali tra abitanti e ambiente.

Tale ricorrenza lessicale di elementi fisici e astratti, analizzata sia nelle singole città che all'interno della serie, ha fatto emergere qualità urbane costanti. Infatti i risultati emersi mostrano, ad esempio, come nelle serie della Memoria, del Desiderio e dei Segni prevalgano termini riconducibili alla dimensione costruita (quali "viaggiatore", "finestra", "muro", "palazzo", "scala"; fig. 4), mentre nelle città del Cielo, Continue e Nascoste emergano lessici maggiormente orientati verso dimensioni astratte e ordinative ("disegno", "armonia", "firmamento"; fig. 5). Tale lettura comparativa ha consentito di proporre una riorganizzazione interpretativa delle serie calviniane in *cluster* riconducibili a specifiche fasi dell'*iter* progettuale: dai "riferimenti progettuali" (Memoria, Desiderio, Segni), all'"analisi critica" (Sottili, Scambi), alla "conoscenza" (Occhi), fino alle "criticità" (Nomi, Morti) e alla fase di "pro-

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3959

findings show, for instance, that the series Memory, Desire, and Signs are characterized by a predominance of terms related to the built environment (such as 'traveler', 'window', 'wall', 'palace', and 'staircase'; fig. 4) whereas the series the Sky, Continuous Cities, and Hidden Cities display a vocabulary more strongly oriented toward abstract and ordering dimensions, including terms (such as 'design', 'harmony', and 'firmament'; fig. 5). This comparative reading made it possible to propose a reinterpretation of Calvino's thematic series by reorganizing them into clusters corresponding to specific stages of the design process: from 'design references' (Memory, Desire, Signs), to 'critical analysis' (Thin Cities, Trading Cities), to 'knowledge' (Eyes), to 'critical issues' (Names, the Dead), and finally to the 'design phase' (The Sky, Continuous Cities, Hidden Cities; figs. 6, 7).

This classification represents a first verification framework for the generated images and, at the same time, establishes the basis for hypothesizing an inverse process aimed at identifying urban well-being indicators from visual representations of real contexts. If, in fact, the urban qualities expressed in the literary text and subsequently translated into images through AI systems can be traced back to parameters interpretable as urban performance indicators (KPIs), it is plausible to assume that similar recurring patterns could also be identified in images of existing cities, thus configuring a hybrid language that is simultaneously descriptive and operative.

In order to test this hypothesis, the research experiment involved the analysis of a selected set of AI-generated images depicting several cities – including Tecla, Melania, Zirma, Leonia, Moriana, Zoe, Olivia, and Cecilia – chosen for the clarity and recognizability of their urban features (fig. 8). The investigation focused on the possibility of identifying, within the representations, elements attributable to real urban conditions, both physical – such as the presence of green spaces, productive areas, public squares, infrastructural systems, or degraded environments – and immaterial components related to users' perception and experience, interpreted as visual signals of urban well-being, in both positive and negative terms. These elements were identified through an automated image analysis process (fig. 9) and subsequently correlated with institutional indicators codified for the assessment of urban well-being, through an integration between qualitative recognition and quantitative parameters. This step made it possible to refine the definition of urban quality levels by combining perceptual and measurable dimensions. The consistency of the results obtained within the experimental context suggests the potential transferability of the method to real-world cases, paving the way for its application to the analysis of photographic images of urban environments and opening up new perspectives for a complex and innovative interpretation and evaluation of urban quality.

8

	CITTÀ	PROMPT	PAROLE	ELEMENTI	INDICATORI
TECLA		Chi arriva a Tecla, poco vede della città, dietro gli steccati di tavole, i ripari di tela di sacco, le impalcature, le armature metalliche, i ponti di legno sospesi a funi o sostenuti da cavalletti, le scale a pioli, i traliccì.	Impalcatura, Armatura, Ponte, Cavalletto, Scala, Gru, Trave, Progetto	Infrastrutture	Qualità ambientale
MELANIA		A Melania, ogni volta che si entra nella piazza, ci si trova in mezzo a un dialogo [...]. Chi s'affaccia alla piazza in momenti successivi sente che d'atto in atto il dialogo cambia, anche se le vite degli abitanti di Melania sono troppo brevi per accorgersene.	Piazza, Dialogo, Cambiamento, Rinnovo	Spazi aperti	Connessione sociale
ZIRMA		In realtà molti dei ciechi che battono il bastone sui selciati di Zirma sono negri, in ogni grattacielo c'è qualcuno che impazzisce, tutti i pazzi passano le ore sui cornicioni, non c'è puma che non sia allevato per un capriccio di ragazza. La città è ridondante.	Ridondanza, Folla, Grattacielo, Disegno	Densità abitativa	Housing
LEONIA		L'opulenza di Leonia si misura dalle cose che ogni giorno vengono buttate via per far posto alle nuove. Tanto che ci si chiede se la vera passione di Leonia sia il godere delle cose nuove e diverse, o non piuttosto l'espellere, l'allontanare da sé [...]. Il risultato è questo: che più Leonia espelle roba più ne accumula.	Opulenza, Plastica, Spazzatura, Accumulo, Nuovo, Vecchio	Rifiuti e consumo di risorse	Qualità ambientale
MORIANA		Città come questa hanno un rovescio: basta percorrere un semicerchio e si avrà in vista la faccia nascosta di Moriana, una distesa di lamiera arrugginita, tela di sacco, assi irte di chiodi, tubi neri di fuliggine, mucchi di barattoli, muri ciechi con scritte stinte, telai di sedie spagliate, corde buone solo per impiccarsi a un trave marcio.	Alabastro, Sole, Corallo, Rugine, Chiodi, Travi, Marcio	Condizione sociale	Qualità del lavoro e dell'impiego
ZOE		La città di Zoe è il luogo dell'esistenza indivisibile.	Reggia, Mulino, Canale, Palazzo, Tempio	Spazi verdi	Qualità ambientale
OLIVIA		Olivia, città ricca di prodotti e guadagni [...] subito comprendi come Olivia è avvolta in una nuvola di fuliggine e d'unto che s'attacca alle pareti delle case.	Ricchezza, Guadagno, Prosperità, Fuliggine, Unto, Menzogna	Industria e produttività	Qualità ambientale
CECILIA		Non so da quando, sono entrato in una città e da allora ho continuato ad addentrarmi per le sue vie. Ma come ho fatto ad arrivare dove tu dici, se mi trovavo in un'altra città, lontanissima da Cecilia, e non ne sono ancora uscito? I luoghi si sono mescolati, Cecilia è dappertutto.	Via, Muro, Uguale, Fuori, Verde, Mescolato, Ovunque	Espansione e consumo del suolo	Housing

Figure 6
Diagram of Calvino's 55 cities grouped into the clusters 'design references', 'critical analysis', 'knowledge', 'critical issues', and 'design project'. Graphic processing by Sara Conte and Cecilia Santacroce.

Figure 7
Network diagrams produced with Gephi 0.10, showing the terms shared within the 'references', 'knowledge', and 'design project' clusters. Each node represents either a city or a lexical term, while the edges indicate semantic connections. The larger the node, the greater the number of connections converging on it. Graphic processing by Sara Conte and Cecilia Santacroce.

CC BY-SA

3. Eurostat, ufficio europeo di statistica che coordina e rende confrontabili i dati provenienti dai diversi istituti statistici nazionali (es. ISTAT per l'Italia) e ministeri e autorità pubbliche, https://ec.europa.eu/eurostat/data/statistical-themes (ultima consultazione 1/5/2026).

4. L'OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) è un'organizzazione internazionale che coordina politiche pubbliche tra paesi (38) per migliorare economia e benessere, https://www.oecd.org/en/data/tools/well-being-data-monitor.html (ultima consultazione 1/5/2026).

getto" (Cielo, Continue, Nascoste; figg. 6, 7).

Questa classificazione costituisce un primo dispositivo di verifica delle immagini generate e, al contempo, pone le basi per l'ipotesi di un processo inverso, volto all'individuazione di indicatori di benessere urbano a partire da rappresentazioni visive di contesti reali. Se, infatti, le qualità urbane espresse nel testo letterario, e successivamente tradotte in immagini attraverso sistemi di AI, possono essere ricondotte a parametri interpretabili come indicatori di *performance* urbana (KPI), è plausibile ipotizzare che analoghe ricorrenze possano essere individuate anche in immagini di città esistenti, configurando un linguaggio ibrido, al contempo descrittivo e operativo.

Al fine di testare tale ipotesi, la sperimentazione ha previsto l'analisi di un insieme selezionato di immagini generate tramite AI relative ad alcune città – tra cui Tecla, Melania, Zirma, Leonia, Moriana, Zoe, Olivia e Cecilia – scelte per la chiarezza e riconoscibilità dei caratteri urbani (fig. 8). L'indagine si è focalizzata sulla possibilità di individuare, all'interno delle rappresentazioni, elementi riconducibili a condizioni urbane reali, sia fisici quali la presenza di spazi verdi, ambiti produttivi, piazze, sistemi infrastrutturali o situazioni di degrado, sia componenti immateriali legate alla percezione e all'esperienza degli utenti, interpretati come segnali visivi di benessere urbano, in termini sia positivi sia negativi. Tali elementi sono stati riconosciuti attraverso un processo di lettura automatizzata (fig. 9) e successivamente messi in relazione con gli indicatori codificati istituzionali per la valutazione del benessere urbano, mediante un'ibridazione tra riconoscimento qualitativo e parametri quantitativi. Questo passaggio ha consentito di affinare la definizione del livello di qualità urbana, integrando dimensioni percettive e misurabili. La coerenza dei risultati ottenuti nel contesto sperimentale suggerisce la trasferibilità del metodo a casi reali, prospettando la sua applicazione all'analisi di immagini fotografiche di contesti urbani, aprendo a prospettive di lettura articolata e innovativa per l'interpretazione e la valutazione della qualità urbana.

4. Sistema di ibridazione con indicatori istituzionali

A partire dalla struttura metodologica delineata, si rende necessario definire un sistema di integrazione tra gli indicatori qualitativi derivati dall'analisi delle immagini e i sistemi di indicatori quantitativi consolidati per la valutazione del benessere urbano. In questo contesto, i *framework* sviluppati da Eurostat[3] e OCSE[4] rappresentano un riferimento fondamentale per la definizione di parametri standardizzati,

Figura 8
Selezione delle città di Calvino per l'estrapolazione di elementi fisici e immateriali riconducibili a condizioni reali dei contesti urbani. Le immagini sono realizzate con Microsoft Designer (Copilot 2025). Elaborazione a cura di Sara Conte e Cecilia Santacroce.

9



Figura 9
Città di Cecilia con individuazione degli elementi dei caratteri urbani, da cui ricavare gli indicatori. Immagine realizzata con ChatGPT Free 5, mediante il *prompt*: «C'è una città illustre che si chiama Cecilia, un pastore con il suo gregge di pecore e un viaggiatore parlano. Il pastore è smarrito perché dove prima c'era il verde ora c'è la città, che si confonde con i campi e non si capisce dove finisce». Elaborazione a cura di Sara Conte e Cecilia Santacroce.

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3959

4. Hybridization System with Institutional Indicators

Starting from the methodological framework outlined above, it is necessary to define an integration system between the qualitative indicators derived from image analysis and the established quantitative indicator systems used for the assessment of urban well-being. In this context, the frameworks developed by Eurostat[3] and the OECD[4] represent a fundamental reference for the definition of standardized parameters that can be compared across different territorial scales (fig. 10).

In particular, Eurostat provides a methodological structure based on comparable data, organized into thematic domains that describe the main dimensions of urban reality (housing conditions, environment, mobility, safety, and social inclusion). The OECD, on the other hand, proposes a conceptual well-being framework structured around dimensions that encompass both material aspects and immaterial and perceptual components of quality of life.

Within the integration process, the elements identified in the image (for example, urban density, the presence of open spaces, accessibility, the vitality of public space, and perceptual quality) are progressively associated with interpretative categories compatible with the macro-areas of established indicators. For instance, the widespread presence of urban vegetation can be included among environmental indicators, while infrastructures, suggesting accessibility and connections, can be associated with dimensions related to mobility or the vitality of public space. This operation does not imply a simple direct translation, but rather an interpretative construction in which qualitative components are related to quantitative parameters through a logic of functional equivalence. The aim is not to replace statistical data, but to complement it with an alternative mode of interpretation, capable of making the relationships that structure urban phenomena visible and understandable. Furthermore, the informational value of a single element extracted from an image does not lie solely in its presence, but rather in the relationship it establishes with other elements and/or with the specific conditions of a given context. The same spatial configuration may acquire different meanings depending on its distribution, frequency, and the overall framework in which it is embedded: the presence of a natural element, for example, may represent a condition of quality in contexts characterized by a lack of green spaces, whereas it may play a marginal role in areas where this component is already widespread and structurally integrated.

From this perspective, the process of hybridization with institutional indicators requires a further level of elaboration, based not only on the recognition of components, but also on their quantification and on the definition of their reciprocal relationships. The identified elements must be interpreted as parts of a system, whose significance emerges through comparative logics, densities, proportions, and spatial distributions.

From this perspective, the process of hybridization with institutional indicators requires a further level of elaboration, based not only on the recognition of components, but also on their quantification and on the definition of their reciprocal relationships. The identified elements must be interpreted as parts of a system, whose significance emerges through comparative logics, densities, proportions, and spatial distributions.

The indicators derived from the image act as mediators between the perceptual and analytical levels, contributing to the construction of a hybrid language that is simultaneously visual and numerical. The aim of this process is to define an integrated system for representing urban well-being, in which quantitative data are translated into accessible visual and narrative configurations while preserving the complexity of urban dynamics. This system is conceived as a tool to support the interpretation and communication of the city, capable of establishing relationships among indicators, images, and design processes.

5. Relationships, Thresholds and Configurations in the Definition of Well-Being

When moving toward a concrete interpretation of urban space, the crucial point does not lie in the mere identification of individual parameters, but rather in understanding the rela-

3. Eurostat, the European Union's statistical office, coordinates and harmonizes data collected by national statistical institutes (e.g., ISTAT for Italy), as well as by ministries and public authorities, ensuring their comparability across different territorial contexts, https://ec.europa.eu/eurostat/data/statistical-themes (last access 1/5/2026).

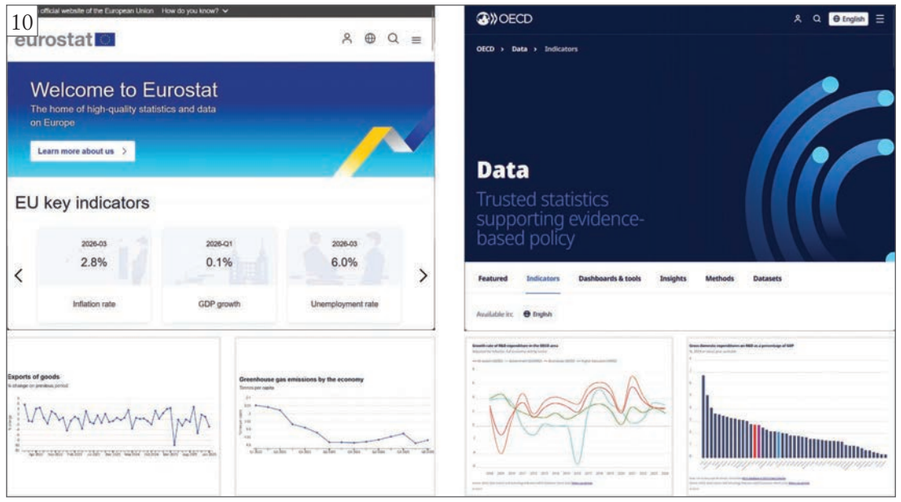
4. The OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) is an international organization that coordinates public policies among its 38 member countries with the aim of improving economic performance and well-being, https://www.oecd.org/en/data/tools/well-being-data-monitor.html (last access 1/5/2026).

Figure 8
Selection of Calvino's cities used to extract physical and immaterial elements associated with real urban conditions. Images generated with Microsoft Designer (Copilot 2025). Graphic processing by Sara Conte and Cecilia Santacroce.

Figure 9
The city of Cecilia, with the identification of physical and immaterial urban elements used for the definition of urban quality indicators. Image generated with ChatGPT Free 5, using the prompt: "There is a famous city called Cecilia. A shepherd with his flock and a traveller are talking. The shepherd is confused because where there was once open countryside there is now the city, blending into the fields so that it is impossible to tell where one ends and the other begins". Graphic processing by Sara Conte and Cecilia Santacroce.

CC BY-SA

10



11



Figura 10
Eurostat (Ufficio europeo di statistica) e OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) sono assunti come fonti ufficiali per l'acquisizione degli indicatori consolidati sul benessere urbano da integrare con quelli ricavati dalle immagini artificiali. Elaborazione a cura di Sara Conte e Cecilia Santacroce.

Figura 11
Elenco degli indicatori consolidati estratti dai siti ufficiali di Eurostat e OCSE. Elaborazione a cura di Sara Conte e Cecilia Santacroce.

comparabili su scala territoriale (figg. 10, 11).

In particolare, Eurostat fornisce una struttura metodologica fondata su dati comparabili, organizzati in ambiti tematici che descrivono le principali dimensioni della realtà urbana (condizioni abitative, ambiente, mobilità, sicurezza, inclusione sociale). L'OCSE, invece, propone un *framework* concettuale del benessere, articolato in dimensioni che includono sia aspetti materiali sia componenti immateriali e percettive della qualità della vita.

Nel processo d'integrazione gli elementi individuati nell'immagine, quali densità urbana, presenza di spazi aperti, accessibilità, vitalità dello spazio pubblico, qualità percettiva, vengono progressivamente ricondotti a categorie interpretative compatibili con le macro-aree degli indicatori consolidati: ad esempio, la presenza diffusa di vegetazione urbana può essere inserita negli indicatori ambientali, così come le infrastrutture, che suggeriscono accessibilità e connessioni, possono essere associate a dimensioni legate alla mobilità o alla vitalità dello spazio pubblico. Tale operazione non implica una semplice traduzione diretta, ma una costruzione interpretativa, nella quale le componenti qualitative vengono messe in relazione con parametri quantitativi attraverso una logica di equivalenza funzionale. L'obiettivo non è sostituire il dato statistico, ma affiancarlo con una modalità di lettura alternativa, capace di

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3959

tionships they establish with one another. The quality of the built environment is not simply the sum of services, facilities, or open spaces, nor of their quantity considered in isolation; rather, it emerges from the way these elements are distributed, interconnected, and capable of constructing effective conditions of proximity among people, practices, and places. From this perspective, urban parameters do not describe a static set of amenities, but rather a dynamic system of interactions. Perceived well-being therefore depends on an ordered complexity (Salingaros 2014), capable of providing human perception with information that is legible, coherent, and articulated across different scales. The built form becomes welcoming when its parts cooperate to support orientation and emotional connection with space. Minimalist or excessively abstract environments, lacking perceptible articulations and recognizable elements, tend to weaken the emotional bond with places. An extensive park does not improve urban quality by itself; what matters is whether it is accessible on foot, connected to everyday routes, characterized by active edges, and integrated with residential areas and civic spaces. Likewise, when considered within a context where, within its proximity boundaries, areas already present a significant arboreal component, its perceived qualitative value necessarily decreases proportionally. Density, often interpreted in numerical terms, becomes meaningful only when related to functional integration, the permeability of open spaces, and the hierarchy of paths and thresholds that regulate the transition between private and public domains in a balanced way. In other words, any parameter produces quality only when it becomes part of a configuration capable of activating virtuous relationships. For this reason, the theme of thresholds assumes a central role. Between private and public, between inhabiting and moving, between staying and passing through, there are intermediate spaces that can either facilitate or hinder the construction of relationships. Arcades, sidewalks, open courtyards, active façades, and shared public spaces are not merely residual morphological elements, but urban devices that regulate the intensity of social interaction. As previously mentioned, ambiguities arise from the contextualization and from the relationships established among the identified elements within the interpretation of urban spaces. It is therefore implicit that residential density does not always correspond either to well-being or to overcrowding; its meaning depends on the specific place and on the ways in which it is inhabited and used.

The elements used to measure urban quality must be selected across three mutually interconnected levels. The first level is physical-material and concerns form and geometries, distances, the presence of facilities, and the continuity or fragmentation of the urban fabric. The second level is logical-functional and relates to the organization of uses, accessibility to services, the legibility of connections, and the compatibility between different urban temporalities. The third level, finally, is identity-based and symbolic: it concerns the capacity of places to generate a sense of belonging, orientation, recognition, and shared memory (Buratti, Conte, Rossi 2022). In this sense, the quality of urban life can be defined as an emergent property in which matter, information, use, and identity achieve a dynamic balance. Indicators remain necessary, but they must be calibrated according to the specific contexts in which they are applied and integrated into an interpretative framework capable of understanding interdependencies, feedback processes, scales, and forms of adaptation.

Figure 10
Eurostat (Statistical Office of the European Union) and the OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) are the official sources adopted for the selection of consolidated urban well-being indicators. Graphic processing by Sara Conte and Cecilia Santacroce.

Figure 11
List of consolidated indicators extracted from the official Eurostat and OECD websites. Graphic processing by Sara Conte and Cecilia Santacroce.

6. Conclusions

Complex systems appear to evolve along seemingly random trajectories, as they are governed by an equilibrium among factors that interact differently according to their combination with contingent elements that vary over time and space. It is therefore not the individual factors themselves that determine the character of a place, but rather their unique recombination, understood as the genetic heritage of each urban context. As suggested by Calvino's lesson, beyond the quantifiable indicators adopted by statistical institutions – defined in relation to measurable parameters such as quantity, surface area, frequency, distance, and services – the quality of a city is also, and perhaps above all, shaped by immaterial factors: the

CC BY-SA

rendere visibili e comprensibili le relazioni che lo strutturano. Il valore informativo di un singolo elemento estratto da un'immagine inoltre non risiede solo nella sua presenza, ma nella relazione che instaura con altri elementi e/o con le condizioni specifiche di un contesto. La stessa configurazione spaziale può assumere significati differenti in funzione della sua distribuzione, della sua frequenza e del quadro complessivo in cui è inserita: la presenza di un elemento naturale, ad esempio, può rappresentare una condizione di qualità in contesti caratterizzati da carenza di verde, mentre può assumere un ruolo marginale in ambiti in cui tale componente è già diffusa e strutturante.

In questa prospettiva, il processo di ibridazione con gli indicatori istituzionali richiede un ulteriore livello di elaborazione, basato non solo sul riconoscimento delle componenti, ma anche sulla loro quantificazione e sulla definizione delle relazioni reciproche. Gli elementi individuati devono essere interpretati come parti di un sistema, la cui significatività emerge attraverso logiche comparative, densità, proporzioni e distribuzioni spaziali.

Gli indicatori derivati dall'immagine assumono il ruolo di mediatori tra il livello percettivo e quello analitico, contribuendo alla costruzione di un linguaggio ibrido, al tempo stesso visivo e numerico. L'obiettivo di questo processo è la definizione di un sistema integrato di rappresentazione del benessere urbano, nel quale i dati quantitativi vengono tradotti in configurazioni visive e narrative accessibili, mantenendo al contempo la complessità delle dinamiche urbane. Tale sistema si configura come uno strumento di supporto alla lettura e alla comunicazione della città, capace di mettere in relazione indicatori, immagini e processi progettuali.

5. Relazioni, soglie e configurazioni nella definizione del benessere

Nel passaggio alla lettura concreta dello spazio urbano, il punto decisivo non consiste nella semplice identificazione di singoli parametri, bensì nella comprensione delle relazioni che essi instaurano tra loro. La qualità dell'ambiente costruito non è mera sommatoria di servizi, attrezzature o spazi aperti, né della loro quantità considerata isolatamente; essa emerge piuttosto dal modo in cui questi elementi si distribuiscono, si connettono e costruiscono condizioni effettive di prossimità tra persone, pratiche e luoghi. In questa prospettiva, i parametri urbani non descrivono un insieme statico di dotazioni, ma un sistema dinamico di interazioni. Il benessere percepito dipende quindi da una complessità ordinata (Salingaros 2014) capace di offrire alla percezione umana informazioni leggibili, coerenti e articolate a diversi livelli. La forma costruita risulta accogliente quando le sue parti cooperano a sostenere l'orientamento e la connessione emotiva con lo spazio. Ambienti minimalisti o eccessivamente astratti, privi di articolazioni percepibili e di elementi riconoscibili, tendono a ridurre il legame emozionale. Un parco esteso non migliora di per sé la qualità urbana; conta se è raggiungibile a piedi, se è connesso ai percorsi quotidiani, se i suoi margini sono attivi, se dialoga con le residenze e con gli spazi civici. Lo stesso se considerato in un contesto che presenta nei suoi limiti di prossimità aree con una significativa componente arborea la sua percezione qualitativa necessariamente diminuisce proporzionalmente. La densità, spesso letta in termini numerici, diventa significativa soltanto quando è rapportata all'integrazione funzionale, alla permeabilità degli spazi aperti e alla gerarchia dei percorsi e delle soglie che regolano in modo equilibrato il passaggio tra privato e pubblico. In altri termini, qualsiasi parametro produce qualità solo quando entra in una configurazione capace di attivare relazioni virtuose. Per questa ragione, il tema delle soglie assume un ruolo centrale. Tra il privato e il pubblico, tra l'abitare e il muoversi, tra lo stare e l'attraversare, esistono spazi intermedi che possono facilitare o ostacolare la costruzione di relazioni. Portici, marciapiedi, corti aperte, fronti attivi, spazi pubblici condivisi non sono semplici residuati morfologici, ma dispositivi urbani che regolano l'intensità del contatto sociale. Esistono, come detto, delle ambiguità date dalla contestualizzazione e dalle relazioni degli elementi identificativi collocati nella lettura degli spazi urbani; è implicito che non sempre la densità abitativa sia sinonimo di benessere o sovraffollamento, di-

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3959

relationships among individuals and between people and their environment, which ultimately determine whether a place is experienced as liveable or perceived as inhospitable.
The present contribution aims to lay the foundations for an experimental methodology of urban knowledge that extends beyond quantitative and measurable aspects, projecting the investigation towards what is not immediately visible. Just as text-to-image systems are capable of visualising the abstract meanings generated by linguistic combinations, the methodology proposed here builds, through a process of exaptation, upon the interpretation derived from the AI-generated images inspired by Calvino's work. Starting from this validated process, the research hypothesises the possibility of training Artificial Intelligence systems to perform the reverse operation: reading the quality of real urban spaces from images of places by recognising those combinations of physical and immaterial elements that generate conditions of perceptual well-being. The proposed categories of indicators, derived from a transversal reinterpretation of data originating from different contexts and purposes, are reorganised according to the requirements of image-based urban analysis; in this perspective, they become applicable not only to consolidated urban fabrics but also to peri-urban environments and large metropolitan areas.
The results achieved open the possibility of developing a method for analysing places that may constitute the basis for future guidelines supporting a more informed and conscious design of urban environments, where well-being is understood not as an intrinsic property of individual elements but as an emergent condition arising from the relationships among the different components of the urban system. Such a perspective would complement the traditional monitoring provided by urban indicators, restoring centrality to the ways in which users experience, perceive, and interpret urban space.

References / Bibliografia

Buratti G., Conte S., Rossi M. (2022), *Proposal for a data visualization and assessment system to rebalance landscape quality*, in Giordano A., Russo M., Spallone R., eds, *Representation challenges. New Frontiers of AR and AI Research for Cultural Heritage and Innovative Design*, Milano, FrancoAngeli, pp. 179-186.

Conte S., Rossi M. (2026), *Txt2city. From the Prompt to the City's Image*, in Giordano A., Russo M., Spallone R., eds, *Representation Across Boundaries. Digital Innovations in Architecture, Engineering and Construction*, Cham, Springer, pp. 375-392.

Conte S., Rossi M. (2025), *Disegnare (con le) parole. Calvino e la retorica della complessità*, in *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione / èkphrasis. Descriptions in the space of representation*, atti del convegno (Roma, 11-13 settembre 2025), a cura di Carlevaris L., Calisi D., Baglioni L., Bianchini C., Canciani M., Cianci M.G., Farroni L. et al., Milano, FrancoAngeli, pp. 2679-2698.

de Rubertis R. (2012), *Darwin Architetto. L'evoluzione in architettura e oltre*, Torre del Greco, ESA.

Norberg-Schulz C. (1980), *Genius Loci: Towards a Phenomenology of Architecture*, London, Academy Editions.

Penrose R. (2005), *The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe*, New York, Alfred A. Knopf.

Rossi M., Buratti G., Conte S., Santacroce C., Sforzi G. (2025), *Calvino's invisible cities: mathematical structures in cyberspace*, in Williams K., Monteleone C., a cura di, *Nexus 2025: Relationship Between Architecture and Mathematics*, atti di convegno (Vicenza, 3-6 giugno 2025), Torino, Kim Williams Books, pp. 235-240.

Rossi M., Conte S. (2025), *Visual citytelling. Il collage come sintesi della complessità urbana*, in Cicalò E., Menchetelli V., Trizio I., a cura di, *Linguaggi Grafici INFORMAZIONE*, Alghero, Publica, pp. 496-515.

Rossi M. (2020), *Organic Reference in Design. The Shape between Invention and Imitation.* in Magnaghi Delfino P., Mele G., Norando T., eds, *Faces of Geometry. From Agnesi to Mirzakhani*, Cham, Springer, pp. 177-186.

Salingaros N.A. (2014), *Complexity in Architecture and Design*, «Oz Journal», 36, pp. 18-25.

CC BY-SA

pende dal luogo e dall'uso che se ne fa.
Gli elementi di misura della qualità urbana devono essere scelti su tre piani reciprocamente intrecciati. Un primo livello è fisico-materiale e riguarda la forma e le geometrie, le distanze, la presenza di attrezzature, la continuità o la frammentazione del tessuto urbano. Un secondo livello è logico-funzionale e riguarda l'organizzazione degli usi, l'accessibilità ai servizi, la leggibilità delle connessioni, la compatibilità tra tempi urbani differenti. Un terzo livello, infine, è identitario e simbolico: riguarda la capacità dei luoghi di generare appartenenza, orientamento, riconoscibilità e memoria condivisa (Buratti, Conte, Rossi 2022). In questo senso, la qualità del vivere in città può essere definita come una proprietà emergente in cui materia, informazione, uso e identità trovano un equilibrio dinamico. Gli indicatori restano necessari, devono essere tarati per i singoli contesti in cui vengono applicati e devono essere inseriti in una lettura capace di comprendere interdipendenze, retroazioni, scale e forme di adattamento.

6. Conclusioni

I sistemi complessi sembrano svilupparsi secondo traiettorie apparentemente casuali, in quanto soggetti a un equilibrio tra fattori che interagiscono in modo variabile a seconda della loro combinazione con elementi contingenti, mutevoli nel tempo e nello spazio. Non sono dunque i singoli fattori a risultare determinanti, bensì la loro irripetibile ricombinazione, intesa come patrimonio genetico di ogni singolo luogo. Come suggerisce la lezione calviniana, al di là degli indicatori quantificabili adottati dagli enti statistici – definiti in relazione a dotazioni misurabili in termini di quantità, superficie, frequenza, distanza e servizi – la qualità di una città è plasmata anche, e forse soprattutto, da fattori immateriali: le relazioni tra gli individui e tra questi e il loro ambiente, capaci di segnare la differenza tra un luogo vissuto come felice e uno percepito come infelice.
Il presente contributo intende porre le basi per una metodologia di conoscenza sperimentale che non si limiti agli aspetti quantitativi e misurabili, ma che si proietti verso ciò che non è immediatamente visibile. Analogamente a quanto il *text-to-image* consente di visualizzare i significati astratti di combinazioni linguistiche, acquisendo e trasferendo per exattamento la lettura proposta delle immagini calviniane, si ipotizza la possibilità di addestrare sistemi di intelligenza artificiale al percorso inverso: leggere la qualità degli spazi urbani reali a partire dall'immagine dei luoghi, riconoscendo le combinazioni capaci di generare stati di benessere percettivo. Le categorie di indicatori proposte, estrapolate da una rilettura trasversale di dati provenienti da contesti e finalità differenti, vengono reinterpretate in funzione del rilevamento dell'immagine della città, con un'applicabilità estesa tanto ai tessuti urbani consolidati quanto ai contesti periurbani e alle grandi aree metropolitane.
I risultati raggiunti aprono a un metodo di analisi dei luoghi che potrebbe costituire la base per linee guida orientate a una progettazione consapevole degli spazi urbani, in cui il benessere non è una proprietà intrinseca dei singoli elementi, ma emerge dalle relazioni tra le diverse parti. Tale prospettiva integrerebbe il monitoraggio tradizionale fornito dagli indicatori urbanistici, restituendo centralità alle modalità con cui l'utente vive e percepisce lo spazio. L'immagine non è solo una rappresentazione della città, ma diviene essa stessa uno strumento di conoscenza: un'interfaccia tra percezione e dato, capace di tradurre la complessità urbana in un sistema di indicatori interpretabili e di contribuire alla definizione di nuovi modelli di lettura del benessere della città.

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3959

From Traces to the Mythopoietic Co-Optation of AI

Cesare Battelli

Drawing on Aaron Betsky's principle of 'rebuild', the figurative tradition from François de Nomé to Piranesi, and Marc Augé's reflections on ruins and rubble, this contribution explores the reuse of the pre-existing as a process of 'artificial exaptation'. Within this framework, artificial intelligence is conceived not as a tool for generating something from scratch, but as an interpretative machine: a device for reading, deforming and rewriting historical and visual traces, capable of amplifying the narrative potential of the fragment. The material and contextual residues of the existing – understood as complex palimpsests – move beyond their mere utilitarian function to take on a mythopoietic significance, capable of generating new spatial configurations and forms of memory. The project thus becomes a practice of cultural co-optation in which the existing becomes a creative matrix, redefining the relationship between history, ruin and AI. This analysis forms part of the contemporary debate, drawing on the strategies of creative reuse developed by Dimitris Pikionis, Lebbeus Woods and the duo Anne and Patrick Poirier. Through these references, the essay highlights how the reinterpretation of existing residues and data can transform ruins into a powerful tool for design imagination.

Keywords: artificial exaptation, mythopoiesis, open palimpsests.

1. Introduction. Beyond the *Tabula Rasa*: The Project in the Age of the 'Already Built'

The move away from the dogma of the *tabula rasa* – which underpins one of Aaron Betsky's theses on 'unbuilding' or creative reconstruction – is not a phenomenon born of contemporary sensibilities, but has its roots in the architectural reflections and debates that emerged in the immediate post-war period (Betsky 2024). As early as the 1950s, architectural culture – particularly in Italy – had thoroughly questioned the iconoclastic approach of the Modern Movement and the artistic avant-gardes of the early decades of the 20th century. However, whilst Rogers's critique and, subsequently, the analyses of Saverio Muratori or Aldo Rossi aimed at a synthesis – sometimes monumental or analytical – between the ancient and the modern (Tafuri 1980), today the debate has shifted to a profoundly different and decidedly more radical plane. Whereas Rossi innovatively equated the idea of architecture with the city itself, exploring its permanent morphologies, and Muratori examined the 'active history' of typologies, contemporary architecture is grappling with such a degree of saturation that building from scratch has become almost anachronistic. It is within this context that Aaron Betsky's theory finds its place, according to which architecture must evolve from the production of new structures to the reorganisation of the existing palimpsest – both material and digital. The project ceases to be an additive process and becomes 'unbuilding': an operation of excavation, deconstruction and manipulation that does not aim at philological conservation, but at revealing latent spatial and symbolic possibilities. From this perspective, the built environment is not a constraint to be respected, but a raw material – in the dynamic, Renaissance sense of the term – ready to be 'rewritten' through the practice of exaptation, which will find in artificial intelligence its most extreme tool for analysis and deformation (Betsky 2024). Designing today therefore means acting as a 'curator of residues'. The architect steps out of the role of demiurge to become an interpreter of a landscape populated by excesses, where every fragment is ready to be co-opted into new narratives. In this scenario, artificial intelligence emerges as an unexpected ally – not a machine for automatic generation, but

CC BY-SA

Dalle tracce alla co-optazione mitopoietica dell'IA

Cesare Battelli

Muovendo dal principio di *rebuild* di Aaron Betsky, dalla tradizione figurativa da François de Nomé a Piranesi, e dalle riflessioni di Marc Augé su rovine e macerie, il contributo esplora il riuso del preesistente come processo di "*exaptation* artificiale". In questo quadro, l'intelligenza artificiale si configura non come strumento di generazione *ex novo*, ma come macchina interpretativa: un dispositivo di lettura, deformazione e riscrittura di tracce storiche e visive, capace di amplificare il potenziale narrativo del frammento. I residui materiali e contestuali dell'esistente – intesi come palinsesti complessi – abbandonano la mera funzione d'uso per assumere una valenza mitopoietica, capace di generare nuove configurazioni spaziali e forme di memoria. Il progetto si trasforma così in una pratica di co-optazione culturale in cui l'esistente diventa matrice creativa, ridefinendo il rapporto tra storia, rovina e AI. L'analisi si inserisce nel dibattito contemporaneo richiamando le strategie di riuso creativo di Dimitris Pikionis, Lebbeus Woods e del duo Anne e Patrick Poirier. Attraverso questi riferimenti, il saggio evidenzia come la reinterpretazione dei residui e dei dati esistenti possa trasformare la rovina in un potente dispositivo di immaginazione progettuale.

Parole chiave: *exaptation* artificiale, mitopoiesi, palinsesti aperti.

1. Introduzione. Oltre la *tabula rasa*: il progetto nel tempo del già costruito

Il superamento del dogma della *tabula rasa,* da cui muove una delle tesi di *unbuilding* o ricostruzione creativa di Aaron Betsky, non è un'istanza prodotta dalla sensibilità contemporanea, ma affonda le sue radici nelle riflessioni e dibattito architettonico all'indomani del secondo dopoguerra (Betsky 2024). Già negli anni Cinquanta, la cultura architettonica – in particolare quella italiana – aveva messo profondamente in discussione l'approccio iconoclasta del Movimento Moderno e delle avanguardie artistiche dei primi decenni del Novecento. Tuttavia, se la critica di Rogers e, successivamente, le analisi di Saverio Muratori o Aldo Rossi miravano a una sintesi, talvolta monumentale o analitica, tra antico e moderno (Tafuri 1980), oggi il dibattito si è spostato su un piano profondamente diverso e decisamente più radicale. Laddove Rossi faceva coincidere in modo innovativo l'idea di architettura con la città stessa, esplorandone le morfologie permanenti e Muratori la "storia operante" delle tipologie, la contemporaneità si misura con una saturazione tale da rendere la costruzione *ex novo* quasi anacronistica.
In questo solco si innesta la teoria di Aaron Betsky, secondo la quale l'architettura deve evolvere da atto di produzione di nuovi manufatti a pratica di riorganizzazione del palinsesto esistente, tanto materiale quanto digitale. Il progetto cessa di essere un processo additivo per farsi *unbuilding*: un'operazione di scavo, decostruzione e manipolazione che non mira alla conservazione filologica, ma alla rivelazione di possibilità spaziali e simboliche latenti. In questa prospettiva, il costruito non è un vincolo da rispettare, ma una materia prima – nell'accezione dinamica e rinascimentale del termine – pronta per essere "riscritturata" attraverso quella pratica di *exaptation* che troverà nell'intelligenza artificiale il suo strumento di analisi e deformazione più estremo (Betsky 2024).
Progettare oggi significa dunque agire come un "curatore di residui". L'architetto dismette i panni del demiurgo per farsi interprete di un palinsesto popolato di sovrabbondanze, dove ogni frammento è pronto per essere co-optato in nuove narrazioni. In tale scenario, l'intelligenza artificiale emerge come un alleato inedito, non una macchina di generazione automa-

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3865



Figure 1
Cesare Battelli, *Nascita di Venere*, 2024, Midjourney.

Figure 2
Herman Posthumus, *Tempus Edax Rerum*, 1536, oil on canvas, 96 x 142 cm, Liechtenstein, Collections of the Prince von und zu Liechtenstein.

an interpretative device capable of decoding the layers of the past to reconfigure them into new design frameworks.
Here, AI acts as a tool for reading, transforming and rewriting visual materials. It is not a creation from scratch, but an amplification of the fragment's capacity to generate meaning. The remnants of the existing – architectural, but also cultural and symbolic – cease to be waste and become open palimpsests, ready to assume a mythopoietic role, a narrative capable of generating new spaces and new stories (Manovich 2020; fig. 1).

2. Co-Optation of the Fragment: The Invention of the Landscape of Ruins

To understand the genealogy of the modern 'interpretative machine' that AI, as an imaginative device, can provide, we must go back to the moment when the ruin became established as an autonomous genre. According to the historian Nicole Dacos, this transition took place in the 16th century with Herman Posthumus, whose painting *Tempus Edax Rerum* (1536) represents the first true pictorial systematisation of Roman remains (Dacos 2001; fig. 2).
Whilst retaining a 15th-century-style landscape composition, the work introduces new representational elements. At the centre of the composition, amidst architectural fragments and simulacra of statues, the figure of a miniature artist stands out who, compass in hand, is measuring the base of a column. Beside him, a lapidary inscription quotes Book XV of Ovid's: *"TEMPVS EDAX RERVM TVQUE INVIDIOSA VETVSTAS O[MN]IA DESTRVITIS"*. Whilst in Ovid the 'devouring time' referred to the transience of human life, in Posthumus it is embodied for the first time as ruin, as the subject of the representation. This new sensibility had been foreshadowed in literature by Jacobo Sannazaro's elegy on the ruins of Cuma (1504) and by Pietro Aretino's reflections, in which the monumental accumulation ceases to be a mere backdrop and becomes the main subject. The artist's act of measuring the remains marks a paradigm shift in which the ruin is no longer merely a pictorial backdrop, but material to be analysed and rewritten (Dacos 2001). This paved the way for that metamorphosis of the gaze which, in the following century, would lead François de Nomé and subsequently Piranesi to transform the archaeological find into a vehicle for pure visionary invention.
With the advent of the 17th century, we witness a radical transformation in the use of ruins in art. For Monsù Desiderio (c. 1593-1630) – a

CC BY-SA

Figura 1
Cesare Battelli, *Nascita di Venere*, 2024, Midjourney.

Figura 2
Herman Posthumus, *Tempus Edax Rerum*, 1536, olio su tela, 96 x 142 cm, Liechtenstein, Collezioni del Principe von und zu Liechtenstein.



tica ma un dispositivo interpretativo capace di decodificare le stratificazioni del passato per rigenerarle in nuovi apparati progettuali.
L'IA agisce qui come un dispositivo di lettura, deformazione e riscrittura di materiali visivi. Non è una generazione *ex novo*, ma un'amplificazione della capacità del frammento di generare senso. I residui dell'esistente – architettonici, ma anche culturali e simbolici – smettono di essere scarti per diventare "palinsesti aperti", pronti ad assumere un ruolo mitopoietico, una narrazione capace di generare nuovi spazi e nuove storie (Manovich 2020; fig.1).

2. Co-optazione del frammento: l'invenzione del paesaggio di rovine

Per comprendere la genealogia della moderna "macchina interpretativa" che l'IA come dispositivo immaginativo può offrire, è necessario risalire al momento in cui la rovina si codifica come genere autonomo. Secondo la storica Nicole Dacos, questa transizione avviene nel XVI secolo con Herman Posthumus, il cui dipinto *Tempus Edax Rerum* (1536) rappresenta la prima vera sistematizzazione pittorica delle vestigia romane (Dacos 2001; fig.2).
L'opera, pur mantenendo una struttura paesaggistica di matrice quattrocentesca, introduce elementi rappresentativi nuovi. Al centro della composizione, tra frammenti architettonici e simulacri di statue, spicca la figura di un artista miniaturizzato che, compasso in mano, misura la base di una colonna. Accanto a lui, un'iscrizione lapidaria cita il libro XV delle *Metamorfosi* di Ovidio: «*TEMPVS EDAX RERVM TVQUE INVIDIOSA VETVSTAS O[MN]IA DESTRVITIS*». Mentre in Ovidio il "tempo divoratore" si riferiva alla caducità della vita umana, in Posthumus esso si incarna per la prima volta nella rovina come soggetto della rappresentazione. Questa nuova sensibilità era stata anticipata in letteratura dall'elegia di Jacobo Sannazaro sulle rovine di Cuma (1504) e dalle riflessioni di Pietro Aretino, dove l'accumulazione monumentale cessa di essere mero sfondo per divenire soggetto principale. Il gesto dell'artista che misura le vestigia segna un cambio di paradigma in cui la rovina non è più solo uno sfondo pittorico, ma un materiale da analizzare e riscritturare (Dacos 2001). Si apre così la strada a quella metamorfosi dello sguardo che, nel secolo successivo, porterà François de Nomé, e successivamente Piranesi, a trasformare il reperto in un dispositivo di pura invenzione visionaria.
Con l'avvento del XVII secolo, assistiamo infatti a una trasformazione radicale nell'uso della rovina in arte. Per Monsù Desiderio

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3865

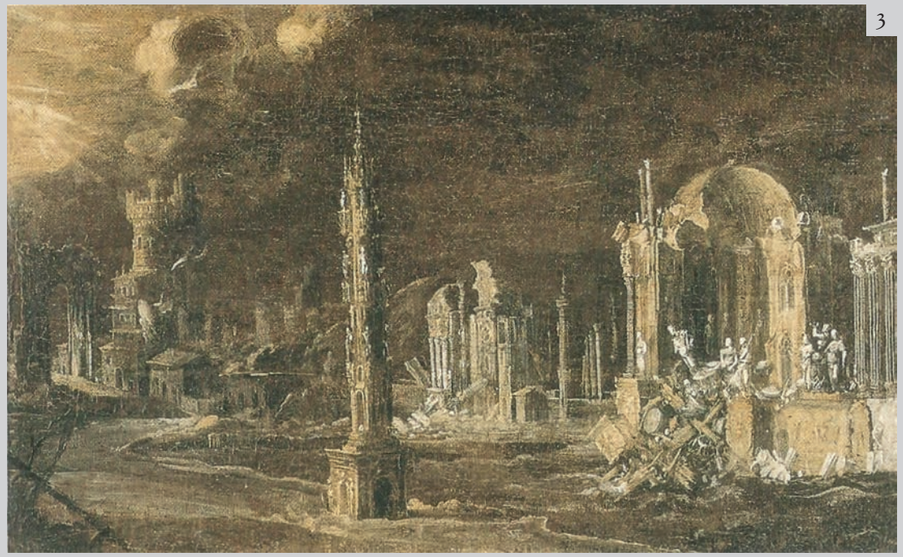


Figure 3
François de Nomé, *La fine del mondo*, 1620 ca., oil on canvas, 33 x 55 cm, unknown location; until 2010, Paris, T. Feray Collection. From Onfray M. (2010), *Métaphysique des ruines: La peinture de Monsù Desiderio*, Paris, Mollat, p. 101.

Figure 4
François de Nomé, *Natività*, 1620 ca., oil on canvas, 42.5 x 68 cm, La Spezia, Museo Amedeo Lia.

pseudonym used by François de Nomé and Didier Barra –, the ruin ceased to be a moral warning or a mere subject of study, transforming instead into a genuine vehicle for architectural imagination (Sluys 1961; Nappi, Sary 2004). In de Nomé's visions, the ruin becomes the basic unit of a new lexicon through which the artist of French origin articulates his spaces by assembling fragmentary, vestigial and multifaceted styles, thereby constructing a timeless architectural dimension. In this sense, Desiderio's work anticipates the practice of exaptation, whereby fragments of a classical or Gothic language are co-opted and repurposed for purely visionary purposes (Sharf 1950; figs 3, 4).

What François de Nomé draws from Rome and from engravings of ancient monuments – in particular from Raphael's engravings, which were widely circulated at the time as a source of inspiration – is the use of ruins as an exploratory device in artistic creation (Nappi, Sary 2004). This results in a synthesis that reworks the artist's personal experience of the cities and iconographic sources encountered during his hypothetical Italian journeys to Venice and Florence. It is a landscape which, rather than relying on a philological description of antiquity, makes the vision of Rome the primordial image (raw material) for much of his work. By internalising the ruin itself, de Nomé transforms it into a foundation for embracing the full range of possible architectural space, in which Rome is no longer a specific reference point but becomes the very form through which to grasp the meaning of ruin and architecture.

This legacy of 'internalised' and imaginatively reactivated space re-emerged, albeit in a different cultural context, almost a century later with Giovanni Battista Piranesi. For the Venetian architect and set designer, the historical trace is not an insurmountable barrier, but an intellectual provocation. In his engravings, ancient Rome is not restored, but 'rewritten' through a conscious reinvention of the historical trace, underpinned, however, by highly detailed studies. The visual material is transformed into an interpretative device that amplifies the sense of space, bringing the ruin to a monumental and dreamlike scale that transcends physical reality (Zerbi 2014).

Building on the implicit legacy of Monsù Desiderio (also filtered through Canaletto's capricci), Piranesi's work marks the definitive transition towards a 'universe of inner horizons', where the historical trace becomes a true ontological transformation (Dal Co 2006). In the second series of the *Carceri d'invenzione*, for example, Piranesi constructs a cosmos that

CC BY-SA

Figura 3
François de Nomé, *La fine del mondo*, 1620 ca., olio su tela, 33 x 55 cm, ubicazione sconosciuta; fino al 2010, Parigi, Collezione T. Feray. Da Onfray M. (2010), *Métaphysique des ruines: La peinture de Monsù Desiderio*, Paris, Mollat, p.101.

Figura 4
François de Nomé, *Natività* 1620 ca., olio su tela, 42,5 x 68 cm, La Spezia, Museo Amedeo Lia.



(1593-1630 ca.), pseudonimo sotto cui operarono François de Nomé e Didier Barra, la rovina cessa di essere un monito morale o un semplice reperto di studio per trasformarsi in un vero e proprio dispositivo di immaginazione architettonica (Sluys 1961; Nappi, Sary 2004). Nelle visioni di de Nomé, la rovina diventa l'unità minima di un nuovo lessico con il quale l'artista di origine francese articola i suoi spazi attraverso assemblaggi di stili frammentari, vestigiali e polifacetici, costruendo una dimensione architettonica atemporale. In questo senso, l'opera di Desiderio anticipa la pratica dell'*exaptation* dove frammenti di un linguaggio classico o gotico vengono co-optati e rifunzionalizzati per scopi puramente visionari (Sharf 1950; figg. 3, 4).

Ciò che François de Nomé eredita da Roma e dalle incisioni dei monumenti antichi – in particolare dalle incisioni di Raffaello particolarmente diffuse all'epoca come fonte di ispirazione – è l'uso della rovina come momento esplorativo della produzione artistica (Nappi, Sary 2004). Una sintesi che rielabora l'esperienza personale dell'artista nelle città e nelle fonti iconografiche incontrate durante i suoi ipotetici viaggi italiani a Venezia e Firenze. Si tratta di un paesaggio che, più che rimettersi a una descrizione filologica dell'antichità, fa della visione di Roma l'immagine primordiale (materia prima) di buona parte della sua produzione. Interiorizzando la rovina stessa, de Nomé la converte in fondamento per abbracciare tutto lo spazio architettonico possibile in cui Roma non è più un riferimento specifico, ma diventa la forma stessa attraverso cui cogliere il senso della rovina e dell'architettura.

Questa eredità di "spazio interiorizzato" e immaginativamente riattivato, riemerge, seppur in un contesto culturale diverso, quasi un secolo dopo con Giovanni Battista Piranesi. Per l'architetto scenografo veneziano la traccia storica non è un limite invalicabile, ma una provocazione intellettuale. Nelle sue incisioni, la Roma antica non viene restaurata, ma "riscritta" attraverso una reinvenzione consapevole dei dati reali corredati però da studi molto dettagliati. Il materiale visivo si trasforma in un dispositivo di lettura che amplifica il senso spaziale, portando la rovina a una scala monumentale e onirica che eccede la realtà fisica (Zerbi 2014).

Sulla eredità implicita di Monsù Desiderio (filtrata anche dai capricci di Canaletto), l'opera di Piranesi segna il passaggio definitivo verso un "universo di orizzonti interiori", dove la traccia storica diventa una vera trasformazione ontologica (Dal Co 2006). Nella seconda serie delle *Carceri d'invenzione*, ad esempio, Pirane-

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3865

is 'monstrously lifelike and unrealistically real': here the eye loses its central position and the all-encompassing perception of Renaissance perspective vanishes (Argullol 2006). Space is no longer organised towards an infinite vanishing point, but reveals itself to be infinite in itself, expanding simultaneously in depth, height and width. In this labyrinth of shadows and chiaroscuro, Euclidean spaces give way to a series of processes in which each fragment refers to the next in a continuous metonymic chain (fig. 5).
As Rafael Argullol observes, the imagery of the *Carceri* reflects a fragmented world, devoid of cohesive unity, which transgresses the norms and measures of Neoclassicism. Piranesi does not seek *mimesis*, but rather the magical recreation of a dreamlike universe fuelled by the grandeur of ancient fragments. The remains of the past, as in Hölderlin's poem *The Archipelago*, are not lifeless artefacts, but seeds from which invention sprouts. Pillars, arches, wells and cyclopean staircases reduce the human figure to a minuscule and almost indefinite presence; this disproportion is not merely a matter of scale, but the symptom of a vision from within, where the physical presence of the body gives way to its dreamlike projection (Argullol 2006).
Hence Piranesi's defence of Italy's pre-eminence in the field of invention, which is clearly reflected in his 1765 text, *Parere su l'architettura* (and in the reflections contained in *Introduzione e progresso delle Belle Arti*), in which Piranesi vigorously champions Roman genius in opposition to the rigid imitation of Greek models. For the Venetian artist, Rome is not a catalogue of forms to be copied, but a reservoir of creative energy (Piranesi 1998).
It is in this gap between artefact and vision that the point of contact with the contemporary world lies. Whilst Piranesi used the burin to co-opt Roman ruins into an autonomous imaginary, today's designer harnesses artificial imagination to effect a similar transfiguration of data and historical traces. AI, acting as a hermeneutic machine, does not merely reproduce an 'inert world', but reactivates its latent potential through a process of digital exaptation in which the accumulation of material residues and digital sediments – imported from the 'ocean of data' from which machines draw

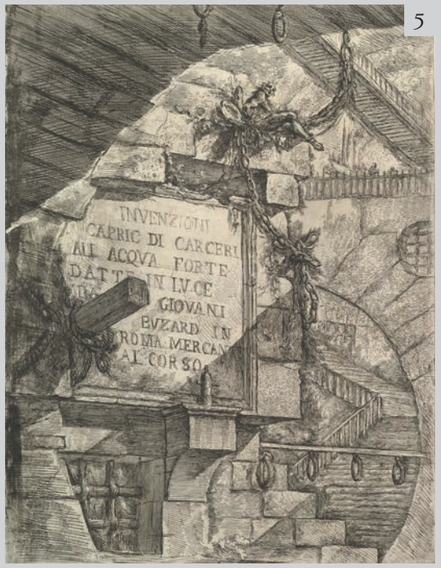


Figure 5
Giovanni Battista Piranesi, *Carceri d'invenzione*, 1749-1750 ca., plate 1, etching, 54.6 x 41.4 cm, https://collectionapi.metmuseum.org/api/collection/v1/iiif/362797/779123/main-image (last access 28/4/2026).

– is thus transposed into a spatial universe expanding without limit, where the fragment becomes the matrix of new imaginary yet simultaneously possible realities (Manovich 2020).

3. Spatialised Time and Open Palimpsests: Augé and Benjamin

To understand the mythopoietic power of the visions generated by AI, it is necessary to analyse the relationship between space and time that exists within the imaginary landscape, both ancient and contemporary. As Marc Augé suggests, the ruin is not merely a trace of the past, but an entity capable of embodying different temporalities. It dehistoricises history, freeing it from the need for a strictly chronological interpretation to constitute, rather, a sort of spatialised time. In this dimension, time ceases to be a chronological flow and becomes a physical presence; through its absences and voids, the ruin reveals narrative movements that fluctuate freely between what has been and what might yet happen (Augé 2004).
This suspension transforms the residue and the vestiges into an open palimpsest, making the reference to Walter Benjamin crucial. In the German philosopher's reflections, history renounces any claim to triumphalist continuity to reveal itself as a perpetual stratification

BY-SA

Figura 5
Giovanni Battista Piranesi, *Carceri d'invenzione*, 1749-1750 ca., tavola 1, acquaforte, 54,6 x 41,4 cm, https://collectionapi.metmuseum.org/api/collection/v1/iiif/362797/779123/main-image (ultima consultazione 28/4/2026).

si edifica un cosmo "mostruosamente verosimile e irrealmente reale": qui l'occhio perde la sua posizione centrale e la percezione totalizzatrice della prospettiva rinascimentale svanisce (Argullol 2006). Lo spazio non si organizza più verso un punto di fuga infinito, ma si rivela infinito in sé stesso, espandendosi simultaneamente in profondità, altezza e larghezza. In questo labirinto di ombre e chiaroscuri, gli spazi euclidei cedono il passo a una serie di processi in cui ogni frammento rimanda all'altro in una catena metonimica continua (fig. 5).
Come osserva Rafael Argullol, l'immaginario delle *Carceri* riflette un mondo frammentato, privo di unità coesa, che trasgredisce le norme e le misure del neoclassicismo. Piranesi non cerca la *mimesis*, ma la ricreazione magica di un universo onirico alimentato dalla grandezza dei frammenti antichi. I resti del passato, come nel poema *L'Arcipelago* di Hölderlin, non sono reperti morti, ma semi da cui germoglia l'invenzione. Pilastri, archi, pozzi e scale ciclopiche riducono la figura umana a una presenza minuscola e quasi indefinita; questa sproporzione non è solo un dato dimensionale, ma il sintomo di una visione dall'interno, dove la presenza fisica del corpo cede il posto alla sua proiezione onirica (Argullol 2006).
Da qui la difesa del primato inventivo dell'Italia secondo Piranesi, che si riflette nitidamente nel testo del 1765, *Parere su l'architettura* (e nelle riflessioni contenute nell'*Introduzione e progresso delle Belle Arti*), in cui Piranesi rivendica con forza il genio romano contro la rigida imitazione dei modelli greci. Per l'artista veneziano, Roma non è un catalogo di forme da copiare, ma un giacimento di energia creativa (Piranesi 1998).
In questo scarto tra reperto e visione risiede il punto di contatto con la contemporaneità. Se Piranesi utilizzava il bulino per co-optare le vestigia romane in un immaginario autonomo, il progettista odierno sfrutta l'immaginazione artificiale per operare una analoga trasfigurazione dei dati e delle tracce storiche. L'IA, agendo come macchina ermeneutica, non si limita alla riproduzione di un mondo inerte, ma ne riattiva il potenziale latente attraverso un processo di *exaptation* digitale ove l'accumulo di residui materiali e sedimenti informatici, importato dall'oceano di dati da cui attingono le macchine, viene così trasposto in un universo spaziale in espansione illimitata, dove il frammento diviene matrice di nuove realtà immaginarie ma al tempo stesso possibili (Manovich 2020).

3. Tempo spazializzato e palinsesti aperti: Augé e Benjamin

Per comprendere la forza mitopoietica delle visioni generate dall'Intelligenza Artificiale, è necessario analizzare il rapporto tra spazio e tempo che intercorre nel paesaggio immaginario tanto antico come contemporaneo. Come suggerisce Marc Augé, la rovina non è una semplice traccia del passato, ma un'entità capace di incarnare temporalità diverse. Essa destoricizza la storia, svincolandola dalla necessità di un'interpretazione strettamente cronologica per costituire, piuttosto, una sorta di tempo spazializzato. In questa dimensione, il tempo cessa di essere un flusso cronologico e diviene una presenza fisica; attraverso la sua dimensione di assenza e vuoti, la rovina rivela movimenti narrativi che fluttuano liberamente tra ciò che è stato e ciò che potrebbe ancora accadere (Augé 2004).
Tale sospensione converte il residuo e le vestigia in un palinsesto aperto, rendendo cruciale il richiamo a Walter Benjamin. Nelle riflessioni del filosofo tedesco, la storia rinuncia a ogni pretesa di continuità trionfalistica per rivelarsi come una stratificazione perpetua di "rovine su rovine": un ammasso di frammenti slegati che perdono la loro funzione originale per aprirsi a nuove possibilità interpretative. Per Benjamin, il frammento è l'unico elemento capace di sprigionare la verità storica perché, essendo spezzato, è libero dalla narrazione ortodossa del passato (Benjamin 1997). È proprio in questa rottura che si inserisce la capacità interpretativa delle macchine. Se il passato è un cumulo di macerie e segni slegati, l'intelligenza artificiale non agisce come uno storico che cerca di ricostruire un mosaico estremamente complesso di dati, ma come un dispositivo di montaggio. L'IA interroga il vuoto lasciato dal tempo e, invece di restaurare il senso originale, co-opta quei frammenti per generare una continuità analogico-immaginaria.
Tuttavia, la modernità non può prescindere

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3865

of 'ruins upon ruins': a jumble of disjointed fragments that lose their original function and open up new interpretative possibilities. For Benjamin, the fragment is the only element capable of revealing historical truth because, being broken, it is free from the orthodox narrative of the past (Benjamin 1997). It is precisely within this rupture that the interpretative capacity of machines comes into play. If the past is a heap of rubble and disconnected signs, artificial intelligence does not act like a historian seeking to reconstruct an extremely complex mosaic of data, but rather as a montage device. AI 'interrogates' the void left by time and, instead of restoring the original meaning, co-opts those fragments to generate an analogue-imaginary continuity.

However, modernity cannot be separated from the Augian dialectic between ruin and rubble: whilst the former still retains a certain link with history, the latter is the product of rapid obsolescence and industrial waste. Yet, in a world dominated by 'non-places' (spaces devoid of identity), even rubble becomes a last bastion of meaning. Interpreting these remnants as open palimpsests means freeing them from a purely functional interpretation (Augé 2004). The moment a disused building or obsolete infrastructure ceases to fulfil its original function, it is freed from the constraints of its intended use. This 'functional death', however, does not coincide with the end of the object, but with its availability for a mythopoietic interpretation of the fragment. The term mythopoiesis – derived from the combination of the Greek roots *mythos* (word, narrative) and *poiesis* (creation, production) – does not here denote a mere fantastical invention, but the foundational act of generating new worlds through traces and latent potentials.

Following Hans Blumenberg's line of thought, myth possesses a logical and ontological precedence over history. For Blumenberg, humankind uses myth to conceptualise the absolute, transforming the indistinct into something structured and narratable (Blumenberg 1991). In this sense, interpreting contemporary rubble in mythopoietic terms means interpreting it as an 'imaginary pre-history': an artefact which, having lost its chronological and functional context, regresses to a state of 'pure matter', ready to be re-founded. Rubble is therefore not interpreted as a historical fact to be catalogued, but as a mythical element that requires an act of creation to regain its meaning. If history is a linear succession of events, mythopoiesis is a circular, spring-like act that 'invents' the past to make it habitable in the present.

It is here that the integration of artificial intelligence reveals its deepest nature. AI does not operate as an archivist of history, but as a mythopoietic agent. It interrogates the void left by the lost function and, drawing on that imaginary pre-history suggested by Blumenberg, co-opts the fragments for new horizons of meaning (*poiesis*). The contemporary project, therefore, does not reconstruct the building, but rewrites its mythological foundation, transforming architectural rubble (in the form of derelict or abandoned sites) as well as industrial or technological infrastructure into new spatial configurations that no longer respond to functional logic, but to that of narrative and symbolism.

This functional void is the arena for artificial imagination. Indeed, AI does not interpret the rubble as waste, but as latent data, a configuration of forms and memories ready to be co-opted. The emergence of new narratives and spatial configurations is therefore not an invention out of thin air, but the result of a reactivation of that 'spatialised time' which only the ruin, in its incompleteness, can offer. The contemporary act of design thus takes the form of a practice that inhabits temporal suspension, transforming rubble into a narrative matrix.

4. Artificial Exaptation: The Adaptive Reuse of the Digital Trace

The concept of exaptation, originally introduced into biology by Stephen Jay Gould and Elisabeth Vrba, describes the evolutionary phenomenon whereby a structure that originated to fulfil a specific function is co-opted, through selection or necessity, for a completely novel use (Gould, Vrba 1982). Transposed into the field of architectural design and representation, artificial exaptation defines the process through which AI extracts fragments, data and traces from their origi-

BY-SA

dalla dialettica augiana tra rovina e maceria: mentre la prima conserva ancora un certo legame con la storia, la seconda è il prodotto dell'obsolescenza rapida e dello scarto industriale. Eppure, in un mondo dominato dai "non-luoghi" (spazi privi di identità), anche la maceria diventa un'ultima resistenza del senso. Interpretare questi residui come palinsesti aperti significa sottrarli a una lettura meramente funzionale (Augé 2004). Nel momento in cui un edificio dismesso o un'infrastruttura obsoleta cessano di assolvere alla loro funzione originale, essi si liberano dal vincolo d'uso. Questa morte funzionale non coincide con la fine dell'oggetto, ma con la sua disponibilità per una lettura mitopoietica del frammento. Il termine mitopoiesi – dall'unione delle radici greche *mythos* (parola, racconto) e *poiesis* (creazione, produzione) – non indica qui una semplice invenzione fantastica, ma l'atto fondativo di generare nuovi mondi attraverso tracce e latenze.

Seguendo la riflessione di Hans Blumenberg, il mito possiede una precedenza logica e ontologica rispetto alla storia. Per Blumenberg, l'uomo utilizza il mito per elaborare l'assoluto, trasformando l'indistinto in qualcosa di configurato e narrabile (Blumenberg 1991). In questo senso, interpretare la maceria contemporanea in chiave mitopoietica significa interpretarla come una "pre-storia immaginaria": un reperto che, avendo perso il proprio contesto cronologico e funzionale, regredisce a uno stato di "materia pura", pronta per essere rifondata. La maceria non viene dunque letta come un dato storico da catalogare, ma come un elemento mitico che richiede un atto di creazione per tornare a significare. Se la storia è una successione lineare di eventi, la mitopoiesi è un atto circolare e sorgivo che inventa il passato per renderlo abitabile nel presente.

È qui che l'innesto dell'intelligenza artificiale rivela la sua natura più profonda. L'IA non opera come un archivista della storia, ma come un agente mitopoietico. Essa interroga il vuoto lasciato dalla funzione perduta e, attingendo a quella pre-storia immaginaria suggerita da Blumenberg, co-opta i frammenti per nuovi orizzonti di senso (*poiesis*). Il progetto contemporaneo, dunque, non ricostruisce l'edificio, ma ne ri-scrive il suo fondamento mitologico, trasformando le macerie architettoniche (luoghi dismessi o abbandonati) ma anche le infrastrutture industriali o tecnologiche, in nuove configurazioni spaziali che non rispondono più alla logica funzionale, ma a quella della narrazione e del simbolo.

Questo vuoto funzionale è lo spazio d'azione dell'immaginazione artificiale. L'IA infatti non interpreta la maceria come uno scarto, ma come un dato latente, una configurazione di forme e memorie pronte per essere co-optate. L'emersione di nuove storie e configurazioni spaziali non è dunque un'invenzione dal nulla, ma il risultato di una riattivazione di quel "tempo spazializzato" che solo la rovina, nella sua incompletezza, può offrire. L'atto progettuale contemporaneo si configura quindi come una pratica che abita la sospensione temporale, trasformando la maceria in matrice narrativa.

4. *Exaptation* artificiale: il riuso adattivo della traccia digitale

Il concetto di *exaptation*, introdotto originariamente in biologia da Stephen Jay Gould ed Elisabeth Vrba, descrive quel fenomeno evolutivo per cui una struttura nata per assolvere a una determinata funzione viene co-optata, per selezione o necessità, verso un uso completamente inedito (Gould, Vrba 1982). Trasposto nel campo del progetto architettonico e della rappresentazione, l'*exaptation* artificiale definisce il processo attraverso cui l'IA estrae frammenti, dati e tracce dal loro contesto originario per rifunzionalizzarli in nuovi dispositivi di senso. In questo scenario, il progetto non nasce da un'intenzione formale *a priori*, ma emerge dalla negoziazione sia con i residui e latenze del *database*, che dall'interazione di due agenti diversi, quello umano e artificiale. L'IA agisce come il motore di questa co-optazione, permettendo al progettista di trattare la storia non come un archivio statico di modelli, ma come un serbatoio di potenzialità in cui gli spazi, la rappresentazione e l'architettura possono subire una deviazione evolutiva (Carpo 2023).

Nell'era dell'immaginazione artificiale, il concetto di "residuo" subisce una trasfigurazione ontologica: non è più soltanto una pietra, un muro crollato o un reperto materico, ma diviene un insieme complesso

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3865

nal context in order to repurpose them into new devices of meaning. In this scenario, the design does not arise from a pre-determined formal intention, but emerges through a negotiation with the residues and latencies of the database and through the interaction between two distinct agents: the human and the artificial. AI acts as the driving force behind this co-optation, enabling the designer to treat history not as a static archive of models, but as a reservoir of potential in which spaces, representation and architecture can undergo an evolutionary shift (Carpo 2023).

In the age of artificial imagination, the concept of 'residue' undergoes an ontological transformation: it is no longer merely a stone, a collapsed wall or a material artefact, but becomes a complex set of visual and semantic data. Ultimately, what emerges is the dimension of the trace: detached from its original reference and from a shared code, it is processed by AI in terms of its potential developments. Precisely because of their nature as traces, these fragments can generate an almost unlimited range of output variations, giving rise to new or defamiliarised hybrid forms (fig. 6). In this process, AI acts upon the viewer's perception by triggering a dimension of digital uncanniness, where the architectural residue, whilst retaining an echo of its origin, is projected into a novel and enigmatic aesthetic configuration (Battelli, Pirari 2025).

Using machine learning algorithms (such as diffusion models or text-to-image systems), the architect can subject historical materials – 3D scans, archive photographs, surveys or fragments of various kinds – to processes of controlled alteration. At this stage, the architectural data is deliberately altered precisely because the algorithm does not seek to faithfully reproduce the past, but rather explores its intrinsic variations (Manovich 2020). The ruin thus becomes a morphogenetic catalyst: AI identifies opportunities for generating new forms in the irregularities of a ruin, in the gaps in a wall or in the material stratifications. These opportunities are emerging spatial configurations that traditional functionalist logic, bound by tectonics and purpose, could never have generated. The fragment, once a witness to an absence, is transformed into an active element capable of triggering, through drawing as a representational practice, unexpected architectural forms.

The project is, first and foremost, a practice of cultural co-optation. Working with artificial intelligence does not mean adding decorative layers, but navigating within the latent space of generative models. Latent space is a multidimensional mathematical dimension where every point represents a possible synthesis of millions of pre-trained images and concepts. It is here that past and present coexist in a state of continuous, non-hierarchical overlap (Carpo 2023).

To interrogate a ruin, a fragment or any given datum through AI means forcing the historical trace to respond to contemporary questions, projecting it into an open space of possibilities. The architectural palimpsest ceases to be a closed sequence of events (construction, use, abandonment, ruin) and becomes an iterative cycle. The ruin becomes 'architecture in waiting', a creative material that artificial imagination, when used creatively, transforms into a visionary narrative (Battelli, Pirari 2025). In this process, the boundary between the real (the stone) and the imagined (the generated pixel) blurs, giving rise to a form of representation that is at once deeply rooted in memory and radically projected into the future (fig. 7).

A closer examination of this practice brings to light the architect's role as a sort of director of latent potentials. If, as we have seen with Blumenberg, myth serves to give form to the absolute, AI today acts as an instrument of algorithmic mythopoiesis. It does not reproduce industrial rubble or a derelict site based on its original function, but extracts its visual archetype. Through prompting and the manipulation of algorithmic weights, the designer co-opts the waste – Augé's 'rubble' – and elevates it to a narrative matrix. The result is not a finished building in the traditional sense, but a spatial device that conveys meanings through its layers. Artificial exaptation thus allows us to inhabit the fissures of time not through meticulous restoration, but by grafting new spatial visions onto them.

Figure 6
Cesare Battelli, *Apollo e Dionisio*, 2024, Midjourney.

CC BY-SA

Figura 6
Cesare Battelli, *Apollo e Dionisio*, 2024, Midjourney.



di dati visivi e semantici. In ultima istanza, l'emersione della dimensione di traccia che, svincolata dal suo rimando originario e da un codice condiviso, viene trattata dall'IA nelle sue potenziali germinazioni. Proprio per la loro natura di tracce, questi frammenti possono generare una forma pressoché illimitata di varianti come *output*, dando vita a forme ibride nuove o defamiliarizzate (fig. 6). In questo processo, l'IA agisce sulla percezione del fruitore innescando una dimensione di perturbante digitale, dove il residuo architettonico, pur mantenendo un'eco della propria origine, viene proiettato in una configurazione estetica inedita ed enigmatica (Battelli, Pirari 2025).

Attraverso algoritmi di *machine learning* (come i modelli di diffusione o i sistemi *text-to-image*), l'architetto può sottoporre i materiali storici – scansioni 3D, fotografie d'archivio, rilievi o frammenti di varia natura – a processi di alterazione controllata. In questa fase, il dato architettonico viene deliberatamente alterato proprio perché l'algoritmo non cerca o ricrea fedelmente il passato, ma esplora le sue intrinseche variazioni (Manovich 2020). La rovina diventa così un catalizzatore morfogenetico: l'IA identifica nelle irregolarità di un rudere, nelle lacune di un muro o nelle stratificazioni materiche delle opportunità generative di forme. Tali opportunità sono configurazioni spaziali emergenti che la logica funzionalista tradizionale, vincolata alla tettonica e allo scopo, non avrebbe mai potuto generare. Il frammento, da testimone di un'assenza, si trasforma in un dato attivo capace di innescare, attraverso il disegno come rappresentazione, forme architettoniche inaspettate.

Il progetto si configura anzitutto come una pratica di co-optazione culturale. Operare con l'intelligenza artificiale non significa aggiungere strati decorativi, ma navigare all'interno del *latent space* dei modelli generativi. Lo spazio latente è una dimensione matematica multidimensionale dove ogni punto rappresenta una possibile sintesi di milioni di immagini e concetti pre-addestrati; è qui che passato e presente convivono in uno stato di sovrapposizione continua e non gerarchica (Carpo 2023).

Interrogare una rovina, un frammento o un qualsiasi dato attraverso l'IA significa forzare la traccia storica a rispondere a domande contemporanee, proiettandola in uno spazio aperto di possibilità. Il palinsesto architettonico cessa di essere una sequenza chiusa di eventi (costruzione, uso, abbandono, rovina) per

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3865

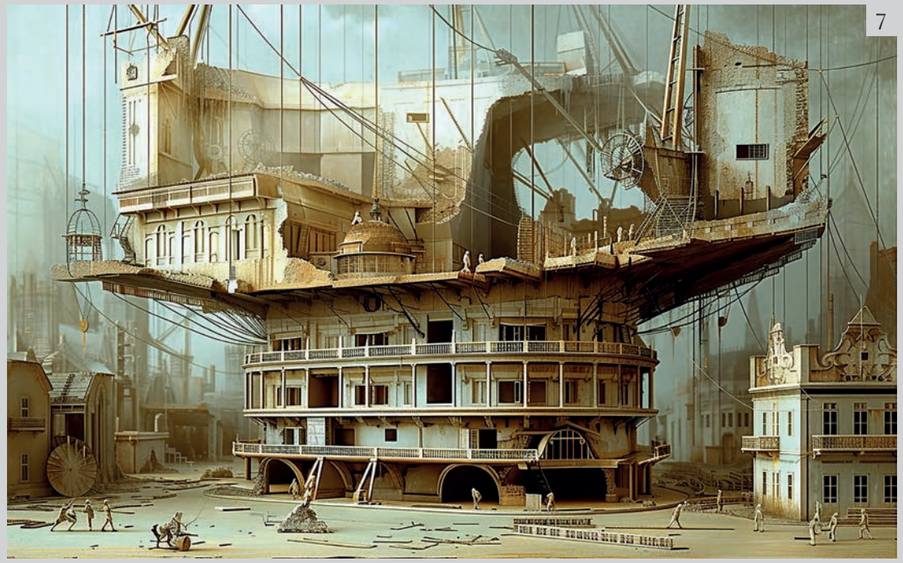


Figure 7
Cesare Battelli, *Teatro Desiderio*, 2024, Midjourney.

Figure 8
Dimitris Pikionis, *Acropolis - Philopappou*, detail of the paving of the path towards Philopappou, 1954-1957, Athens, Benaki Museum.

5. Beyond the Rubble: Towards a Narrative Matrix between Analogue Vision and Digital Memory. Woods, Pikionis and Poirier

The research conducted to date has outlined a horizon in which the residue, freed from its original function and from its being 'nost-algia', presents itself as living material for a new form of mythopoiesis . However, the transition from rubble to matrix is not an automatic process, but the outcome of a specific intellectual and design approach. To understand how Artificial Intelligence can operate on this frontier today, we must turn our attention to those experiences which, throughout the twentieth century, elevated the fragment to the foundation of a visionary architecture of memory.

The following are not mere case studies, but constitute a genealogy of the principal 'directors of latencies': architects and artists who, working analogically, anticipated the capacity for exaptation that we now attribute to machines. From Dimitris Pikionis's spiritual listening to the ground, to Lebbeus Woods's violent re-signification of the wound through architectural scars, right through to Anne and Patrick Poirier's dreamlike cataloguing of invented archaeologies, a constant emerges: namely, the idea that a design does not arise from nothing, but from the assembly of pre-existing traces. From this perspective, AI is not a technological breakthrough, but rather the digital enhancement of a sensibility that has always sought, amidst the ruins of time, the seeds of a possible future.

Dimitris Pikionis's intervention in the paths leading to the Acropolis of Athens constitutes one of the Greek architect's most significant works. The intervention, conceived as the 'stony' narrative of a path, is not limited to an exercise in material composition, but takes the form of a method of mnemonic mapping and a 'topography of the spirit'. Through a process of recomposition that draws on the symbolism of the myth of Isis and Osiris, Pikionis undertakes a systematic recovery of urban debris to reconstitute a previously fragmented unity of meaning (Santoro 2017; fig. 8).

From this perspective, exaptation takes on an ontological significance. Pikionis uses recycled materials – marble from nineteenth-century demolition sites, ceramic fragments and local stone – treating them as structural elements of a collective memory that modernity had erased. The result is an architecture that acts as a mnemonic interface capable of revealing the stratifications of the ground rather than merely occupying it (Pikionis 1994; fig. 9).

This approach shares operational similarities

BY-SA

Figura 7
Cesare Battelli, *Teatro Desiderio*, 2024, Midjourney.

Figura 8
Dimitris Pikionis, *Acropolis - Philopappou*, dettaglio della pavimentazione del sentiero verso il Filopappo, 1954-1957, Atene, Museo Benaki.



diventare un ciclo iterativo. La rovina diviene un'architettura in attesa, un materiale creativo che l'immaginazione artificiale, se usata in regime creativo, trasforma in una narrazione visionaria (Battelli, Pirari 2025). In questo processo, il confine tra il dato reale (la pietra) e il dato immaginato (il pixel generato) sfuma, dando vita a una rappresentatività che è allo stesso tempo profondamente radicata nella memoria e radicalmente proiettata nel futuro (fig. 7).

L'approfondimento di questa pratica porta alla luce il ruolo dell'architetto come una sorta di regista di latenze. Se, come abbiamo visto con Blumenberg, il mito serve a dare forma all'assoluto, l'IA agisce oggi come uno strumento di mitopoiesi algoritmica. Essa non riproduce la maceria industriale o il luogo dismesso a partire dalla sua funzione originaria, ma ne estrae l'archetipo visivo. Attraverso il *prompting* e la manipolazione dei pesi algoritmici, il progettista co-opta lo scarto – la "maceria" di Augé – e lo eleva a matrice narrativa. Il risultato non è un edificio finito nel senso tradizionale, ma un dispositivo spaziale che veicola significati attraverso le sue stratificazioni. L'*exaptation* artificiale permette quindi di abitare le fessure del tempo non attraverso una restaurazione accurata, ma con l'innesto di nuove visioni spaziali.

5. Oltre la maceria: verso una matrice narrativa tra visione analogica e memoria digitale. Woods, Pikionis e Poirier

L'indagine condotta finora ha delineato un orizzonte in cui il residuo, svincolato dalla sua funzione originaria e dal suo essere "nost-algia", si offre come materiale vivo per una nuova forma di mitopoiesi. Tuttavia, la transizione dalla maceria alla matrice non è un processo automatico, ma l'esito di una specifica postura intellettuale e progettuale. Per comprendere come l'Intelligenza Artificiale possa oggi operare su questo confine, è necessario volgere lo sguardo a quelle esperienze che, nel corso del Novecento, hanno elevato il frammento a fondamento di un'architettura visionaria della memoria.

Quelli che seguono non sono semplici casi studio, ma costituiscono una genealogia dei principali "registi delle latenze". Architetti e artisti che, agendo in modo analogico, hanno anticipato la capacità di *exaptation* che oggi attribuiamo alle macchine. Dall'ascolto spirituale del suolo in Dimitris Pikionis, alla violenta risignificazione della ferita attraverso le cicatrici architettoniche in Lebbeus Woods, fino alla catalogazione onirica delle archeologie inventate di Anne e Patrick Poirier, emerge una costante, ovvero l'idea che il progetto non nasca dal nulla, ma dal montaggio di tracce preesistenti. In questa prospettiva, l'IA non si configura come una rottura tecnologica, ma come il potenziamento digitale di una sensibilità che ha sempre cercato, tra le rovine del tempo, i semi di un futuro possibile.

Prendendo come modello l'intervento di Dimitris Pikionis per i sentieri che portano all'Acropoli di Atene, questo costituisce uno dei lavori più significativi dell'architetto greco. L'intervento della narrazione "petrea" di un percorso non si limita a un esercizio di composizione materica, ma si configura come una metodologia di mappatura mnemonica e una "topografia dello spirito". Attraverso un processo di ricomposizione che richiama la simbologia del mito di Iside e Osiride, Pikionis opera un recupero sistematico dei detriti urbani per ricostituire un'unità di senso precedentemente frammentata (Santoro 2017; fig. 8).

In questa prospettiva, l'*exaptation* assume una valenza ontologica. Pikionis utilizza materiali

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3865

with the logic of artificial intelligence, particularly when the latter is employed to extract latent configurations from a database. Whilst Pikionis creates a manual synthesis from the remnants of history, AI operates within the latent space as an analytical tool capable of identifying cultural and identity matrices that already pre-exist within the data. The algorithm does not seek the philological fidelity of a facsimile, but is programmed to highlight the discontinuities within tradition. Through processes analogous to the abstract syntheses of Klee or Mondrian, AI recomposes the fragment into new spatial configurations that preserve the enigmatic and layered nature of the remnant.

Whilst Pikionis undertakes a spiritual recomposition of the land, Lebbeus Woods shifts the focus to the realm of political and tectonic resistance through his famous *Radical Reconstruction* (1997). As is evident from his diaries and reflections on the *Radical Analysis* blog, Woods categorically rejects restoration and the erasure of trauma: for him, rebuilding a building exactly as it was before its destruction (whether by war or industry) is a form of historical denial, a 'false comfort'.

Instead, Woods introduces the concepts of 'wound' and 'scab'. The scab is not a mark of ugliness, but a new organism, a protective and regenerative 'crust' that takes root in the void left by destruction. In projects such as those for Sarajevo, Woods proposes 'injections' of metallic, polycentric structures that do not seek harmony with the pre-existing fabric, but co-opt it to generate spaces of absolute freedom, devoid of any predetermined function (Woods 1996). Here, the rubble is not an inert remnant, but the necessary condition for the activation of a Free Zone (fig. 10).

This vision had been foreshadowed in the *Terra Nova* project, in which Woods envisages an architecture that responds to geological changes and extreme natural forces. In *Terra Nova*, the landscape itself is treated as a palimpsest of latent energies, where architecture does not impose itself on the terrain but emerges from its tectonic fractures (Woods 1991).

With regard to artificial intelligence, Woods's insight is crucial for defining a new algorithmic approach. It suggests training the machine not so much to pursue the 'correct solution' or the restoration of a lost order, but rather to value the fracture as a morphogenetic matrix. AI, operating as a device of *Radical Reconstruction*, can identify within data gaps or the physical ruins of the territory those 'parasitic structures' that transform trauma into a new narrative matrix. In this sense, AI does not 'repair' Augé's rubble, but radically inhabits it, transforming the scab of the derelict city into the pulsating core of a new, unprecedented spatial configuration.

Whilst Pikionis reconstructs the ground and Woods inhabits the wound, the work of Anne and Patrick Poirier shifts the focus to a dimension in which archaeology merges with the psyche, transforming the remains into a construction site of the imagination. Often described as 'architect-archaeologists', the Poiriers do not work on ruins as historical artefacts, but on their mythopoietic evocation. As is evident from their experiences at Villa Medici and Villa Adriana, the ancient city (Rome, Ostia, Isola Sacra) is not an object of philological study, but a 'pure time' – to quote Marc Augé – in which the ruin presents itself as an experience of perfectibility, a simultaneous act of destruction and construction (fig. 11).

The Poiriers introduce the crucial figure of the architect-archaeologist, a duality that today resonates deeply with the artificial intelligence practitioner. Whilst the archaeologist excavates to recover the eternal from the transitory, the architect projects that fragment towards a 'circular utopia'. In their work, the ruin un-


9

Figure 9
Dimitris Pikionis, *Acropolis - Philopappou*, 1954-1957, Athens, Benaki Museum. © Helen Binet.

Figure 10
Lebbeus Woods, New Parliament of Sarajevo, woven structures in the surviving frame, 1993-1994, https://lebbeuswoods.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/12/lwblog-wa-7.jpg (last access 28/4/2026).

CC BY-SA

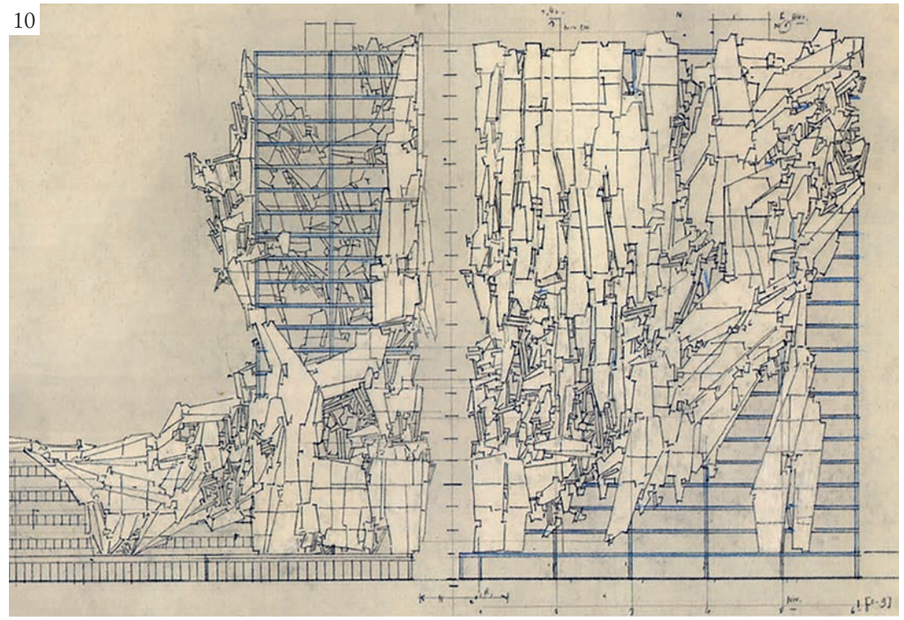

10

Figura 9
Dimitris Pikionis, *Acropolis - Philopappou*, 1954-1957, Atene, Museo Benaki. © Helen Binet.

Figura 10
Lebbeus Woods, Nuovo Parlamento di Sarajevo, strutture intrecciate nel telaio superstite, 1993-1994, https://lebbeuswoods.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/12/lwblog-wa-7.jpg (ultima consultazione 28/4/2026).

di recupero – marmi provenienti da demolizioni ottocentesche, frammenti ceramici e pietre locali – trattandoli come elementi strutturali di una memoria collettiva che la modernità aveva rimosso. Il risultato è un'architettura che agisce come un'interfaccia mnemonica capace di rivelare le stratificazioni del suolo anziché limitarsi a occuparlo (Ferlenga 1999; fig. 9).

Tale approccio presenta analogie operative con la logica dell'intelligenza artificiale, in particolare quando quest'ultima viene impiegata per l'estrazione di configurazioni latenti nel database. Se Pikionis opera una sintesi manuale tra i resti della storia, l'IA agisce nello spazio latente come un dispositivo di analisi in grado di identificare matrici culturali e identitarie pre-esistenti al dato grezzo. L'algoritmo non persegue la fedeltà filologica del facsimile, ma viene istruito per valorizzare le discontinuità della tradizione. Attraverso processi analoghi alle sintesi astratte di Klee o Mondrian, l'IA ricompone il frammento in nuove configurazioni spaziali che preservano la natura enigmatica e stratificata del residuo.

Se Pikionis opera una ricomposizione spirituale del suolo, Lebbeus Woods sposta l'azione sul piano della resistenza politica e tettonica attraverso la sua celebre *Radical Reconstruction* (1997). Come emerge dai suoi diari e dalle riflessioni sul blog *Radical Analysis*, Woods rifiuta categoricamente il restauro e la cancellazione del trauma: per lui, ricostruire un edificio esattamente com'era prima di una distruzione (bellica o industriale) è una forma di negazione storica, un "falso conforto".

Woods introduce invece i concetti di ferita (*wound*) e cicatrice (*scab*). La cicatrice non è un segno di bruttezza, ma un organismo nuovo, una "crosta" protettiva e rigenerativa che si innesta nel vuoto lasciato dalla distruzione. In progetti come quelli per Sarajevo, Woods propone delle "iniezioni" di strutture metalliche e policentriche che non cercano l'armonia con la preesistenza, ma la co-optano per generare spazi di assoluta libertà, privi di una funzione predeterminata (Woods 1996). Qui, la maceria non è un residuo inerte, ma la condizione necessaria per l'attivazione di una Free Zone (fig. 10).

Questa visione era stata anticipata nel progetto *Terra Nova*, dove Woods immagina un'architettura che risponde ai mutamenti geologici e alle forze naturali estreme. In *Terra Nova*, il paesaggio stesso è trattato come un palinsesto di energie latenti ove l'architettura non si im-

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3865

dergoes a paradox: the process of decay and collapse (ash, coal, dust) is matched by a vertical resurrection. Through accumulation and assembly, the residue is transformed into an 'analogue monument', a new formal unit that does not seek the perfection of the original design, but its imaginary continuation (fig. 12).
In series such as *Gigantomachia* (1982), where the city of wood and coal appears charred by a mythological bolt of lightning, time bursts forth like a wound in the fabric of time. Here, exaptation no longer concerns only matter, but myth itself: ancestral symbols are repurposed as metaphors for the contemporary psyche (Poirier, Poirier 1982). This process of '*archéologie d'un temps présent*' finds a direct counterpart in the latent space of artificial intelligence. AI, feeding on billions of data fragments, operates exactly like the Poiriers' architect-archaeologist: it does not 'repair' history, but extracts 'fossils of time' to generate mental and symbolic architectures.
In this sense, the AI database is the digital *Merzbau*, a 'cathedral of misery' (like Kurt Schwitters's, as referenced by the Poiriers) where everything is broken and must be reconstructed from fragments (Schwitters 2010; Poirier, Poirier 2009). When AI generates a vision from a ruinous input, it is not carrying out a scientific reconstruction, but rather a 'parallel and dreamlike archaeology'. The fragility of culture, as evidenced by the Japanese paper casts or the terracotta models from Ostia Antica, is translated by AI into a persistent digital precariousness, where the project becomes a mental construction that organises the chaos of the residue into a new, heterotopic narrative.

6. Conclusions. Towards a New Ecology of the Fragment

The line of inquiry pursued in this research has made it possible to outline a radical paradigm shift in contemporary design. Whilst the twentieth century began under the banner of the *tabula rasa*, the contemporary era seems to be drawing to a close – and reopening – under the banner of the palimpsest. The transition from architecture as the production of new structures to architecture as the reorganisation of the 'already built' does not represent a negation of design, but rather its expansion into hitherto unexplored territories where layers of various temporalities, industrial rubble, abandoned sites and digital latencies interact.
Through Aaron Betsky's interpretation, it has become clear that the act of 'unbuilding' is not a destructive operation, but an extraction of meaning. In this scenario, ruins and rubble cease to be inert waste and become dynamic 'raw material'. Marc Augé's distinction between ruins (steeped in history) and rubble (the residue of obsolescence) finds its synthesis today precisely in the project's mythopoietic capacity. Where history 'fails' to reconstruct meaning, an unprecedented act of architectural narration intervenes, capable of transforming even debris – as a trace – into a horizon of meaning.
Artificial intelligence, far from being a mere tool for automation, emerges from this research as one of the most radical exaptation devices. The machine, operating in the latent space, does not mimic the process of human memory, but enhances it through a 'parallel archaeology'. Like the Flemish painters in the caves of the Domus Aurea described by Nicole Dacos, or like the labyrinthine visions of Piranesi or Monsù Desiderio, AI does not reconstruct the past, but re-presents it in a defamiliarised form, rendering it habitable in the


11

Figure 11
Anne Poirier, Patrick Poirier, *L'incendie de la grande bibliothèque*, 1976, Rome, Villa Medici, Accademia di Francia.

Figure 12
Anne Poirier, Patrick Poirier, *Dystopia*, 2017, installation, Milan, Galleria Fumagalli, https://arte.sky.it/archivio/wp-content/uploads/2017/09/Anne-Patrick-Poirier-Dystopia-2017-620x388.jpg (last access 28/4/2026).

BY-SA

Figura 11
Anne Poirier, Patrick Poirier, *L'incendie de la grande bibliothèque*, 1976, Roma, Villa Medici, Accademia di Francia.

Figura 12
Anne Poirier, Patrick Poirier, *Dystopia*, 2017, installazione, Milano, Galleria Fumagalli, https://arte.sky.it/archivio/wp-content/uploads/2017/09/Anne-Patrick-Poirier-Dystopia-2017-620x388.jpg (ultima consultazione 28/4/2026).


12

pone sul terreno, ma emerge dalle sue fratture tettoniche (Woods 1991).
In riferimento all'intelligenza artificiale, la lezione di Woods è cruciale per definire un nuovo approccio algoritmico. Essa suggerisce di istruire la macchina non tanto a perseguire la soluzione corretta o il ripristino di un ordine perduto, quanto a valorizzare la frattura come matrice morfogenetica. L'IA, operando come un dispositivo di *Radical Reconstruction*, può identificare nelle lacune dei dati o nelle rovine fisiche del territorio quelle "strutture parassitarie" che trasformano il trauma in una nuova matrice narrativa. In questo senso, l'IA non ripara la maceria di Augé, ma la abita radicalmente, trasformando la cicatrice della città dismessa nel nucleo pulsante di una nuova e inedita configurazione spaziale.
Se Pikionis ricompone il suolo e Woods abita la ferita, il lavoro di Anne e Patrick Poirier sposta l'indagine verso una dimensione in cui l'archeologia si fonde con la psiche, trasformando il residuo in un cantiere dell'immaginario. Definiti spesso "architetti-archeologi", i Poirier non lavorano sulla rovina come reperto storico, ma sulla sua evocazione mitopoietica. Come emerge dalle loro esperienze a Villa Medici e Villa Adriana, la città antica (Roma, Ostia, Isola Sacra) non è un oggetto di studio filologico, ma un "tempo puro" – per citare Marc Augé – in cui la rovina si offre come un'esperienza di perfettibilità, un atto simultaneo di distruzione e costruzione (fig. 11).
I Poirier introducono la figura cruciale dell'architetto-archeologo, una dualità che oggi risuona profondamente con l'operatore dell'intelligenza artificiale. Se l'archeologo scava per recuperare l'eterno dal transitorio, l'architetto proietta quel frammento verso una "utopia circolare". Nel loro lavoro, la rovina subisce un paradosso: al movimento di declino e crollo (la cenere, il carbone, la polvere) corrisponde una resurrezione verticale. Il residuo, attraverso l'accumulo e il montaggio, si trasforma in un "monumento analogo", una nuova unità formale che non cerca la perfezione del progetto originale, ma la sua continuazione immaginaria (fig. 12).
Nelle serie come *Gigantomachia* (1982), dove la città di legno e carbone appare carbonizzata da un fulmine mitologico, il tempo irrompe come una ferita nel tessuto temporale. Qui l'*exaptation* non riguarda più solo la materia, ma il mito stesso: i simboli ancestrali vengono rifunzionalizzati come metafore della psiche contemporanea (Poirier, Poirier 1982). Questo processo di "*archéologie d'un temps présent*" trova una corrispondenza diretta nello spazio latente dell'intelligenza artificiale. L'IA, nutrendosi di miliardi di frammenti di dati, ope-

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3865

present as a vision. Lebbeus Woods's lesson on the scab as a new organism finds its full digital realisation here through synthetic imagination.
In conclusion, the figure of the architect undergoes a significant ontological transformation, shifting from the role of the demiurge who imposes a form upon a void to that of a 'director of latencies'. The architect's task is no longer to add matter to the world, but to transform residues, co-opt fragments and orchestrate the montage between the real and the imagined.
In this 'spatialised time', the project becomes an act of resistance against obsolescence. Through the conscious use of artificial intelligence as a hermeneutic machine, architecture can finally abandon the illusion of permanence to embrace the power of becoming. The residue, then, is no longer the end of a story, but the unfolding of a new and unlimited possibility for inhabiting the world.

References / Bibliografia

Argullol R. (2006), *L'attrazione dell'abisso. Un itinerario nel paesaggio romantico*, Milano, Mondadori.

Augé M. (2004), *Rovine e macerie. Il senso del tempo*, Milano, Elèuthera.

Battelli C., Pirari G. (2025), *Designing the Uncanny: Architectural Form and Artificial Imagination*, «REIA. Revista Europea de Investigación en Arquitectura», 26, pp. 18-38.

Benjamin W. (1997), *Sul concetto di storia*, a cura di G. Bonola, M. Ranchetti, Torino, Einaudi.

Betsky A. (2024), *Don't Build, Rebuild: The Case for Imaginative Reuse in Architecture*, Huntington, Blue Crow Media.

Blumenberg H. (1991), *Elaborazione del mito*, Milano, Spirali.

Carpo M. (2023), *Beyond Digital: Design and Automation at the End of Modernity*, Cambridge, MA, The MIT Press.

Dacos N. (2001), *Roma quanta fuit. Tre pittori fiamminghi nella Domus Aurea*, Roma, Donzelli Editore.

Dal Co F. (2006), *Piranesi*, Barcelona, Sd edicions.

Ferlenga A., a cura di (1998), *Pikionis 1887-1968*, Milano, Electa.

Gould S.J., Vrba E.S. (1982), *Exaptation: a missing term in the science of form*, «Paleobiology», 1, pp. 4-15.

Manovich L. (2020), *Cultural Analytics*, Cambridge, MA, The MIT Press.

Nappi M.R., Sary M. (2004), *Monsù Desiderio: Un fantastique architectural au XVIIe siècle*, catalogo della mostra (Metz, Musées de la Cour d'Or, 6 novembre 2004 - 7 febbraio 2005), Metz, Editions Serpenoise.

Onfray M. (2010), *Métaphysique des ruines: La peinture de Monsù Desiderio*, Paris, Mollat.

Piranesi G.B. (1998), *De la Magnificencia y Arquitectura de los Romanos y Otros escritos*, trad. a cura di J.A. Calatrava Escobar, Madrid, Aka.

Poirier A., Poirier P. (1982), *Fragments d'utopie: la ville de bois et de charbon*, catalogo della mostra (Parigi, Galerie Daniel Templon, 1982), Paris, Galerie Daniel Templon.

Poirier A., Poirier P. (2009), *Memoria*, a cura di M. Listri, Milano, Skira.

Santoro R. (2017), *Dimitris Pikionis e la mappa della memoria*, «Muro Maestro», novembre 2017, https://muromaestro.wordpress.com/2017/11/24/dimitris-pikionis-e-la-mappa-della-memoria/ (ultima consultazione 27/4/2026).

Schwitters K. (2010), *La mia Merz. Scritti sull'arte e sulla vita*, a cura di G. Curtis, P. Thea, Milano, Abscondita.

Sharaf A. (1950), *The fantastic visions of Monsù Desiderio*, catalogo della mostra (Sarasota, Florida, John and Mable Ringling Museum of Art, 1950), Sarasota, John and Mable Ringling Museum of Art.

Sluys F. (1961), *Didier Barra et François de Nomé dits Monsù Desiderio*, Paris, Editions du Minotaure.

Tafuri M. (1980), *La sfera e il labirinto: avanguardia e architettura da Piranesi a oggi*, Torino, Einaudi.

Woods L. (1991), *Terra Nova 1988-1991*, a cura di T. Nakamura, Tokyo, A+U Publishing Co.

Woods L. (1996), *War and Architecture*, New York, Princeton Architectural Press ("Pamphlet Architecture", 15).

Zerbi A. (2014), *Il viaggio immaginario di Piranesi attraverso Le Carceri d'invenzione*, in *El dibujo de viaje de los arquitectos*, atti del convegno (Las Palmas de Gran Canaria, 22-24 maggio 2014), coordinatore Á. Melián García, Las Palmas de Gran Canaria, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, pp. 2021-2028.

BY-SA

ra esattamente come l'architetto-archeologo dei Poirier: non "ripara" la storia, ma estrae "fossili di tempo" per generare architetture mentali e simboliche.
In questo senso, il database dell'IA è la *Merzbau* digitale, una "cattedrale della miseria" (come quella di Kurt Schwitters richiamata dai Poirier) dove tutto è rotto e deve essere ricostruito a partire dai frammenti (Schwitters 2010; Poirier, Poirier 2009). Quando l'IA genera una visione a partire da un *input* di rovina, non sta facendo una ricostruzione scientifica, ma una "archeologia parallela ed onirica". La fragilità della cultura, testimoniata dai calchi in carta giapponese o dai modelli in terracotta di Ostia Antica, viene tradotta dall'IA in una persistente precarietà digitale, dove il progetto diventa una costruzione mentale che ordina il caos del residuo in una nuova, eterotopica narrazione.

6. Conclusioni. Verso una nuova ecologia del frammento

Il percorso d'indagine condotto attraverso questa ricerca ha permesso di delineare un radicale mutamento di paradigma nel progetto contemporaneo. Se il Novecento si è aperto nel segno della *tabula rasa*, la contemporaneità sembra chiudersi – e riaprirsi – nel segno del palinsesto. La transizione dall'architettura come produzione di nuovi manufatti all'architettura come riorganizzazione del "già costruito" non rappresenta una negazione del progetto, quanto piuttosto una sua espansione verso territori finora inesplorati in cui interagiscono stratificazioni di varie temporalità, macerie industriali, luoghi abbandonati e latenze digitali.
Attraverso la lettura offerta da Aaron Betsky, si è compreso come l'atto di *unbuilding* non sia un'operazione distruttiva, ma un'estrazione di senso. In questo scenario, la rovina e la maceria smettono di essere scarti inerti per farsi materia prima dinamica. La distinzione di Marc Augé tra la rovina (carica di storia) e la maceria (residuo dell'obsolescenza) trova oggi un punto di sintesi proprio nella capacità mitopoietica del progetto. Laddove la storia fallisce nel ricomporre il senso, interviene l'atto di una inedita narrazione architettonica, capace di trasformare anche il detrito come una traccia in un orizzonte di significazione.
L'intelligenza artificiale, lungi dall'essere un semplice strumento di automazione, emerge da questa ricerca come uno dei dispositivi di *exaptation* più radicali. La macchina, agendo nello spazio latente, non mima il processo della memoria umana, ma lo potenzia attraverso una "archeologia parallela". Come i pittori fiamminghi nelle grotte della Domus Aurea descritti da Nicole Dacos, o come le visioni labirintiche di Piranesi o Monsù Desiderio, l'IA non ricompone il passato, ma lo ripropone in una forma defamiliarizzata, rendendolo abitabile nel presente sotto forma di visione.
La lezione di Lebbeus Woods sulla cicatrice come organismo nuovo trova qui la sua piena attuazione digitale attraverso l'immaginazione sintetica.
In conclusione, la figura dell'architetto subisce una trasformazione ontologica importante trasformando il ruolo del demiurgo, che impone una forma nel vuoto, in un "regista di latenze". Il suo compito non è più quello di aggiungere materia al mondo, ma quello di trasformare i residui, co-optare i frammenti e orchestrare il montaggio tra dato reale e dato immaginato.
In questo "tempo spazializzato", il progetto diventa un atto di resistenza contro l'obsolescenza. Attraverso l'uso consapevole dell'intelligenza artificiale come macchina ermeneutica, l'architettura può finalmente abbandonare l'illusione della permanenza per abbracciare la forza del divenire. Il residuo, allora, non è più la fine di una storia, ma il divenire di una nuova e illimitata possibilità di abitare il mondo.

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3865

Text-to-Form: Artificial Exaptation in Algorithmic Design

Angela Cicala

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

BY-SA

17 2026

Text-to-form: *exaptation* artificiale nella progettazione algoritmica

Angela Cicala

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

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3958

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 translational-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

CC BY-SA

controllo, ambiguità linguistica e validazione produttiva si redistribuiscano 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'innesco 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.

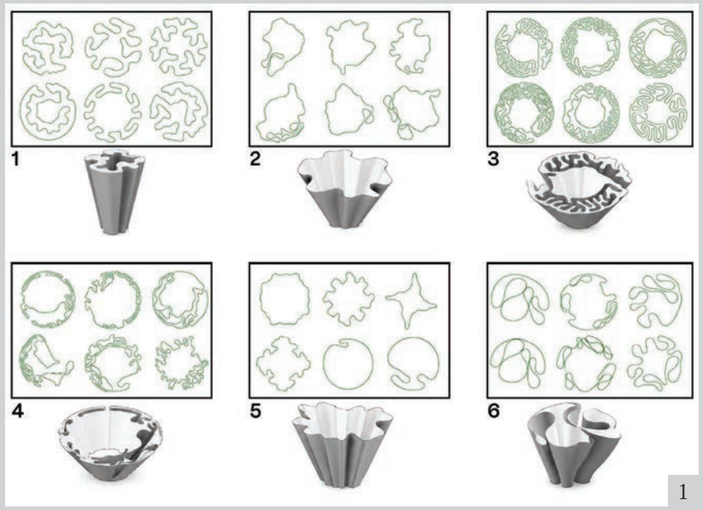
2. Quadro teorico
La ricerca si colloca nel campo della traduzione intersemiotica applicata al design computazionale e assume il processo *text-to-form* come caso specifico di trasformazione tra linguaggio naturale, parametri geometrici e forma materializzabile. Il quadro teorico a sostegno viene costruito 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 Jakobson, 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

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3958

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



1

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.

BY-SA

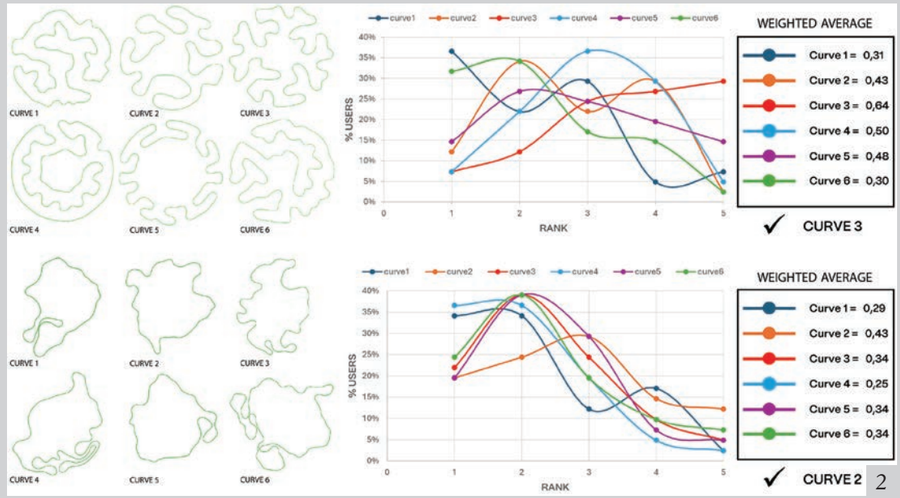
Figura 1
Sei categorie di geometrie generate algoritmicamente, ciascuna composta da sei varianti in vista bidimensionale e tridimensionale. Le configurazioni sono state organizzate per affinità di comportamento parametrico, costituendo la base visiva del questionario rivolto agli utenti.

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-

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3958



2

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.

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.

3

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	Optimised Range
Radius First Circle	60	35 – 55	120	10	37 – 92	35, 90	30 –40, 80 – 100	35 – 40 | 80 – 100
Points First Circle	1000	90 – 750	1000	80	310 – 770	500, 800	425 – 575, 680 – 920	425 – 575 | 750 – 900
Radius Inner Circle	234	210 – 230	259	40	95 – 204	80, 220	68 – 92, 187 – 253	68 – 92 | 210 – 230
Radius Outer Circle	100	75 – 95	486	60	166 – 379	80, 480	68 – 92, 408 – 552	260 – 300 | 408 – 552
Length Spring	24	15 – 20	24	8	12 – 20	10, 20	8,5 – 11,5, 17 – 23	8 – 11 | 17 – 20
Strength Spring	6000	4000 – 5500	6000	55	1541 – 4514	1500, 4000	1275 – 1725, 3400 – 4600	1275 – 1725 | 4000 – 4600
Radii Collider	50	30 – 45	50	2	14 – 38	15, 30	12,75 – 17,25, 25,5 – 34,5	12 – 17 | 30 – 34
Strength Collider	1500	1200 – 1400	1500	500	750 – 1250	1000	850 – 1150	900 – 1200
Generation Time	9 min	7 – 8	20	0	5 – 15	5, 10	4,25 – 5,75, 8,5 – 11,5	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

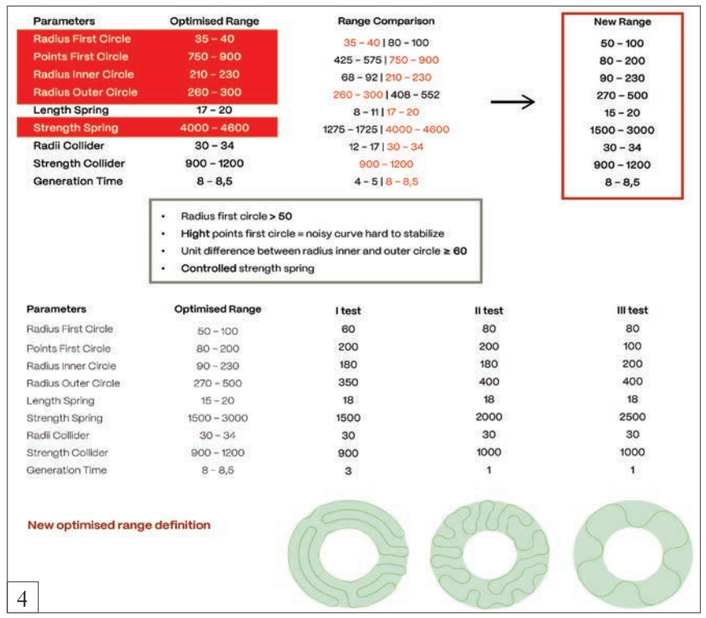
BY-SA

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.

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



4

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

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3958

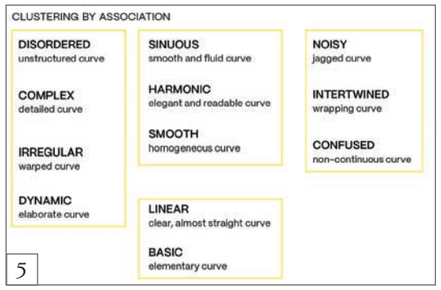
between formal performance and aesthetic-perceptual appreciation, thereby determining optimal design ranges and critical areas;
• systematising the results according to a 'dynamic fine-tuning' approach, as opposed to a 'maximising' approach, to achieve a calibrated balance among all values rather than 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.

CC BY-SA

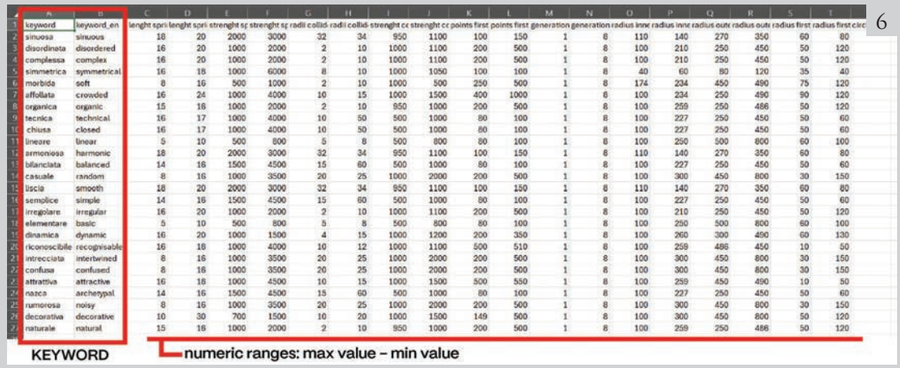
Figura 5
Raggruppamento semantico delle parole chiave emerse dall'analisi qualitativa dei commenti degli utenti. I termini sono organizzati per associazione percettiva e tradotti in descrizioni geometriche preliminari, funzionali alla costruzione del dizionario semantico-parametrico.



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 numeri 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,

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3958



6

Figure 6
Extract from the semantic-parametric dictionary. The keywords, reported in Italian and English, are associated with minimum and maximum numerical intervals related to the algorithm's parameters, forming the operational basis of System I.

Figure 7
Operational scheme of System I. The textual input is selected from a list of keywords and connected, through a Python script in Grasshopper, to the parametric ranges contained in the semantic-parametric dictionary, generating a coherent geometric configuration.

Figure 8
Comparison between configurations generated from analogous parametric ranges. The words 'disordered', 'complex', and 'irregular' show how variations in simulation time and in the combination of values produce different geometric results, while remaining within the same parametric field.

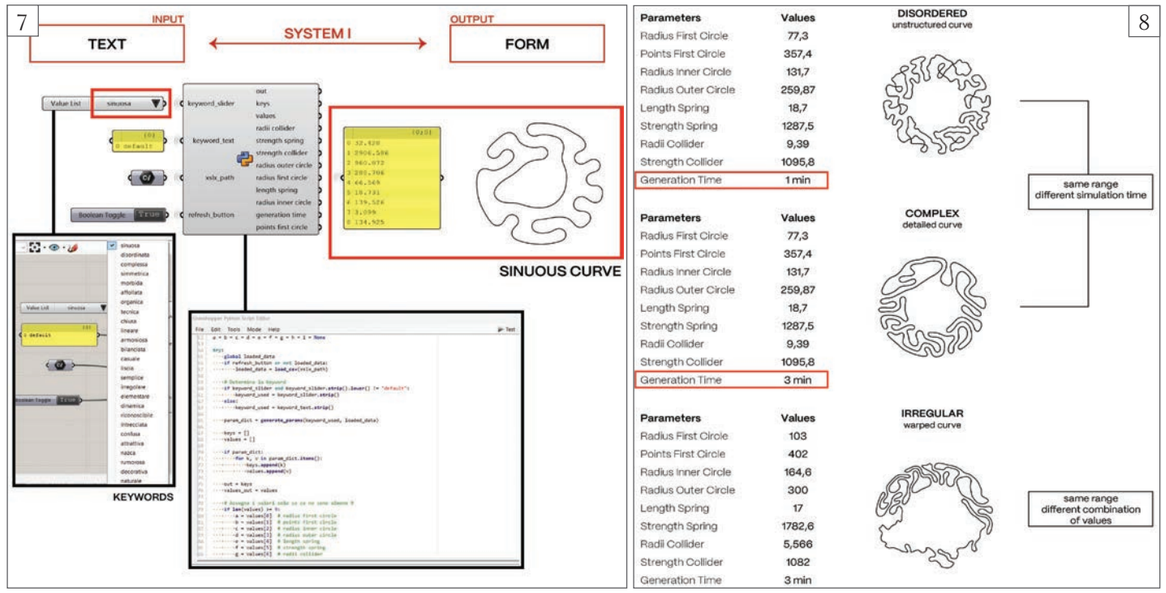
• closed: a continuous form that avoids substantial deformation through a balance between elastic force and collision;
• linear: a form that is not necessarily closed but remains clear and favours a geometry with few undulations;
• harmonious: a legible form based on a balanced relationship among the parameters;
• balanced: a proportional form based on intermediate numerical values;
• random: a casual and unpredictable form characterised by movement within the simulation space without a clear organising principle or coherence;
• smooth: a homogeneous form capable of extending throughout the simulation space without collapsing;
• simple: a form without distinctive features, governed by parameters that do not deviate substantially from their initial values;
• irregular: a form deformed by imbalanced parameters, a large number of points, and a short simulation time; these conditions hinder an even distribution and instead promote instability;
• elementary: a basic form comparable to the simple form, but characterised by slight undulations;
• dynamic: a form that conveys coherent movement, producing distinctive and visually engaging configurations composed of multiple elements;
• recognisable: a form with a clearly identifiable structure in which recurring patterns or associations can be discerned;
• interwoven: a form characterised by complex textures. It is not literally intertwined, as this would reduce the efficiency of the simulation, but includes significant collisions that produce a wrapping configuration;
• confused: a poorly legible form that loses continuity because of imbalanced parameters;
• attractive: a form with a visually pleasing structure, producing almost psychedelic patterns;
• archetypal: a recurring form that reflects simple, symmetrical, and proportional geometries;
• noisy: a repetitive form resulting from the uncontrolled multiplication of elements, producing a jagged and minimally elastic curve;
• decorative: a form with a rich aesthetic character that requires sinuous undulations to create visual effects;
• natural: a balanced form that does not force the parameters, but develops fluidly.

3. Construction of the parametric dictionary: for each selected word, a specific combination of values or corresponding value ranges was defined and entered into an Excel file structured as an associative map between vocabulary and geometry. This file constitutes the data core of a customised Python script integrated into Grasshopper (fig. 6).

3.2 System I

System I is based on an explicit correspondence between semantic terms and parametric ranges. The semantic-parametric dictionary does not represent an empirical shortcut, but rather an updated expression of a disciplinary tradition that seeks to connect language, perception, and form within a computational environment. From the perspective of artificial exaptation, the dictionary is where repurposing becomes evident. Words, originally in-

BY-SA



7

8

Figura 6
Estratto del dizionario semantico-parametrico. Le parole chiave, riportate in italiano e in inglese, sono associate a intervalli numerici minimi e massimi relativi ai parametri dell'algoritmo, costituendo la base operativa del Sistema I.

Figura 7
Schema operativo del Sistema I. L'*input* testuale viene selezionato da una lista di parole chiave e collegato, tramite *script* Python in Grasshopper, ai *range* parametrici contenuti nel dizionario semantico-parametrico, generando una configurazione geometrica coerente.

Figura 8
Confronto tra configurazioni generate a partire da *range* parametrici analoghi. Le parole *disordered*, *complex* e *irregular* mostrano come la variazione del tempo di simulazione e della combinazione dei valori produca risultati geometrici differenti, pur entro uno stesso campo parametrico.

ma l'aggiornamento di una linea disciplinare che cerca di connettere linguaggio, percezione e forma in un ambiente computazionale. Dal punto di vista dell'*exaptation* artificiale, il dizionario è il luogo in cui la rifunzionalizzazione diventa evidente. Le parole, originariamente destinate alla comunicazione e alla descrizione, vengono cooptate come operatori di progetto. I parametri, concepiti per controllare la variazione geometrica, vengono risignificati come supporti di qualità percettive. L'innovazione non consiste quindi nella generazione autonoma della forma, ma nella costruzione di una relazione nuova tra elementi già esistenti: lessico, parametri, regole generative e vincoli produttivi.
Il funzionamento del sistema si basa sulla definizione di uno *script* Python integrato in Grasshopper che dialoga con il file Excel contenente l'associazione tra parole chiave e intervalli parametrici (fig. 7). Quando l'utente seleziona una parola da una lista predefinita, derivata dal dizionario linguaggio-forma, lo *script* interroga il file Excel per individuare il *range* numerico corrispondente a ciascun parametro. Sulla base di questi intervalli, il sistema estrae casualmente dei valori compresi tra minimo e massimo, avviando la generazione della forma attraverso l'algoritmo iniziale. La geometria risultante viene poi simulata e generata tramite il motore fisico, completando così un ciclo semantico-generativo in cui il significato linguistico si traduce, in tempo reale, in una configurazione morfologica visibile e parametrizzata. Questo sistema introduce una progettazione semanticamente sensibile: non si parte più da *input* numerici arbitrari, ma da percezioni e intenzioni espresse in linguaggio naturale, rendendo il processo personalizzabile e percettivamente orientato.
Un esempio esplicativo è stato testato con le parole chiave disordinata, complessa e irregolare mappate sullo stesso *range* parametrico. Nonostante la coincidenza numerica, le geometrie ottenute differiscono sensibilmente, a causa del comportamento emergente del sistema (fig. 8):
• se la simulazione avviene in tempi molto brevi, si ottiene una curva disordinata, visivamente instabile e sovrapposta;
• a parità di parametri, ma con un tempo di simulazione più lungo, si genera una curva complessa, ricca di dettagli ma bilanciata, quindi funzionale;
• con un'ulteriore iterazione, in cui viene modificato lievemente un parametro, la stessa parola può restituire una curva irregolare, meno caotica della prima, ma comunque asimmetrica e ondulata.
Questo dimostra che non è solo il *range* nume-

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3958

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.

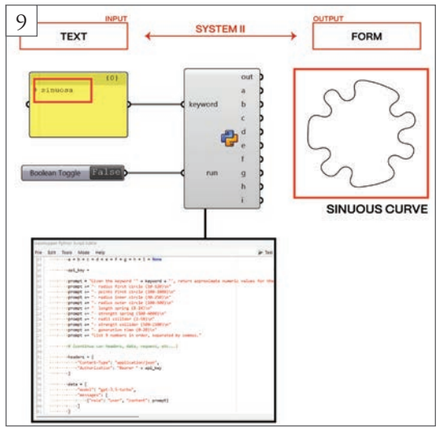
Figure 9
Operational scheme of System II. The textual input is interpreted through a language model integrated into the Grasshopper environment via Python/API, returning parametric values that are subsequently translated into geometric form.

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

CC BY-SA

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

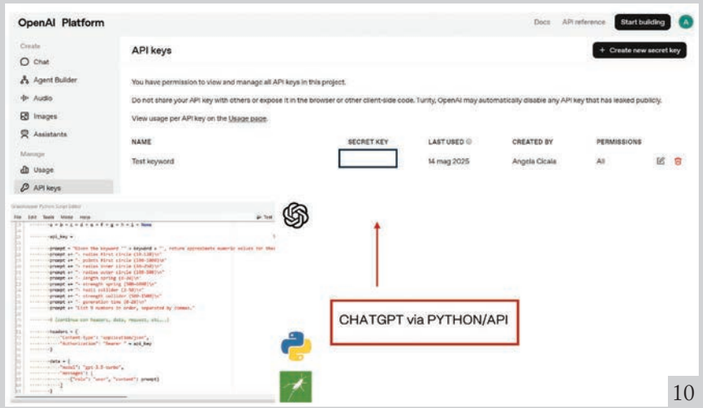
Il Sistema II nasce per superare la rigidità del dizionario semantico-parametrico, attraverso una apertura interpretativa, seguendo una *pipeline* in tre livelli: *prompt* semantico che definisce il ruolo del modello; vincolo di formato che impone dei campi fissi ideali (formato JSON); modulo di validazione 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

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3958

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 intersemiotic 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 requires subsequent checks on the coherence of the generated values.



10

11

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

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.

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-

BY-SA

Figura 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.

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

Figura 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 interpretativa che conduce dal termine linguistico al parametro e dal parametro alla forma.

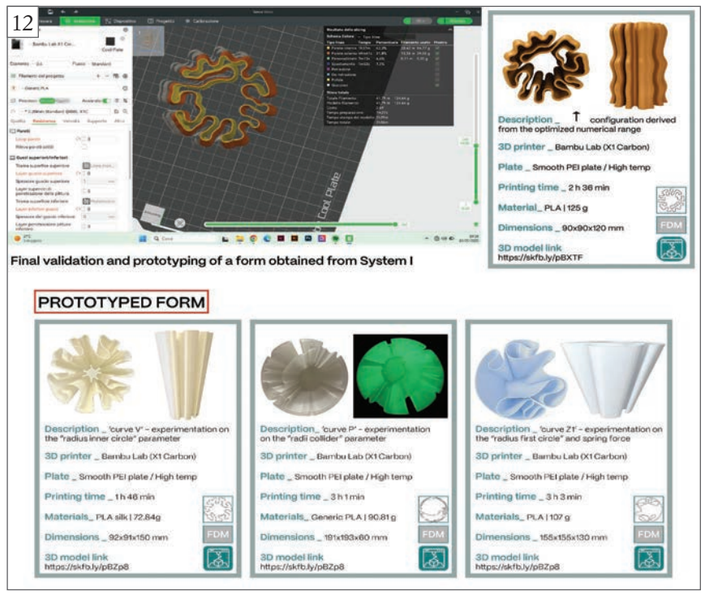
Il Sistema II, al contrario, non amplia il processo perché "migliore" o più creativo, ma perché sposta il problema dell'interpretazione dentro un modello linguistico. Esso permette di lavorare con *input* più aperti e non necessariamente riconducibili a parole chiave prestabilite; tuttavia, proprio questa 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, autorialità 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

12



DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3958

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 coherence, 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.

CC BY-SA

mappatura rigida. Suggerisce piuttosto una direzione ibrida: un sistema in cui il modello linguistico ampli 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 differenti. 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.

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.

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.

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3958

Ordered Fragments. From Forms to Form: A Conversation with Demetrio Di Grado

Paola Raffa

This paper examines Demetrio Di Grado's artistic practice through the medium of analogue collage, interpreted as a cognitive and semiotic device capable of producing new visual meanings. Through processes of de-contextualisation, re-functionalisation, and re-contextualisation of fragments, the artist generates visual messages situated within contemporary social contexts. The conversation highlights a practice grounded in the recovery of materials and memory, the centrality of interpretive ambiguity, and the construction of open images, in which verbal and visual language interact to generate layered narratives. The theoretical analysis places collage in dialogue with the reflections of Lev Manovich, Marshall McLuhan, and Roman Jakobson, identifying the paper archive as an analogue database from which the artist selects and recombines elements according to a logic comparable to cultural exaptation. The fragment thus loses its original function to take on a new role within an unprecedented semantic structure, transforming the work into a dynamic system of knowledge production and social critique. The comparison between analogue collage and digital practices highlights how the materiality of paper, the thickness of the glue, and the act of cutting introduce a plastic and temporal dimension absent from algorithmic processes, reaffirming the value of physical presence in a context dominated by the dematerialisation of the image. From this perspective, collage becomes a form of poetic and cultural resistance. Demetrio Di Grado's works ultimately operate as cognitive infrastructures that disrupt established interpretive hierarchies and prompt an active process of reconnection between data, symbols, and images. Through the rewriting of visual codes and the transformation of the historical document into a poetic device, analogue collage emerges as a practice of inter-semiotic translation and as an operational model for the production of new interpretive paradigms in the interaction between analogue culture and the digital environment.

Keywords: cognitive infrastructure, fragment, semantics of vision.

1. Introduction

Demetrio Di Grado creates analogue collages, although his practice extends beyond this medium. He recomposes fragments using paper and vinyl glue, incorporating colour into the process. He assembles complex narratives that point to unmistakable iconic messages. His expressive exploration begins with layered compositions imbued with aesthetic and symbolic meanings, transforming communicative necessity into powerful figurative expressions (fig. 1). Emerging from Hip Hop painting culture, in 2012 he founded ManSourcing, an association dedicated to promoting art in all its forms. He collaborates with numerous artists from both the national and international art scenes, with whom he organises exhibitions, street art projects, and festivals.

In 2019, in an article published in *Artribune* titled *Dall'Hip Hop alla Street Art,* he recounts his natural progression towards urban art and, likewise, his equally natural evolution towards more complex narratives: "small introspective manifestos, a journey between consciousness and instinct. Value and values" (Tommasini 2019).

In another interview published in *Treccani Magazine*, Domenico Marcella describes Demetrio Di Grado's art as "a somewhat dreamlike atmosphere in which memories, pages, stories, traces, and visual references from the past resurface, combined with the freedom to celebrate the present" (Marcella 2020). An artistic practice built upon interlocking compositions and remarkable stratifications. The result is a superimposition of multiple layers of paper in which "his works convey messages that are sharp yet hopeful" (Marcella 2020).

He lives and works in Sicily, where he promotes cultural initiatives aimed at reimagining urban contexts as spaces for shared cultural production, thereby strengthening the dialogue between contemporary art and public participation. Since 2016, he has been cutting, arranging, and pasting fragments of paper (figs 2-3) across a wide range of scales, from works installed in Via San Michele in Catania to the Capo and Vucciria markets in Palermo,

Figure 1
Demetrio Di Grado, *Distinguersi*, 2024, making the collage.

BY-SA

Frammenti ordinati. Dalle forme alla forma: colloquio con Demetrio Di Grado

Paola Raffa

Il contributo analizza la ricerca artistica di Demetrio Di Grado attraverso il collage analogico, interpretato come dispositivo cognitivo e semiotico capace di produrre nuovi significati visivi. Mediante processi di decontestualizzazione, rifunzionalizzazione e ri-contestualizzazione dei frammenti, l'artista genera messaggi visuali inseriti negli attuali contesti sociali. Il colloquio con l'artista evidenzia una pratica fondata sul recupero di materiali e memoria, sulla centralità dell'ambiguità interpretativa e sulla costruzione di immagini aperte, nelle quali linguaggio verbale e linguaggio visivo si contaminano generando narrazioni stratificate. L'analisi teorica pone il collage in dialogo con le riflessioni di Lev Manovich, Marshall McLuhan e Roman Jakobson, individuando nell'archivio cartaceo un database analogico dal quale l'artista seleziona e ricombina elementi secondo una logica assimilabile all'*exaptation* culturale. Il frammento perde così la propria funzione originaria per acquisire un nuovo ruolo all'interno di una struttura semantica inedita, trasformando l'opera in un sistema dinamico di produzione di conoscenza e critica sociale. Il confronto tra collage analogico e pratiche digitali mette in evidenza come la materialità della carta, lo spessore della colla e il gesto del taglio introducano una dimensione plastica e temporale assente nei processi algoritmici, riaffermando il valore della presenza fisica in un contesto dominato dalla smaterializzazione dell'immagine. In questa prospettiva, il collage diventa una forma di resistenza poetica e culturale. Le opere di Demetrio Di Grado si configurano infine come infrastrutture cognitive che interrompono le gerarchie interpretative consolidate e sollecitano un processo attivo di riconnessione tra dati, simboli e immagini. Attraverso la riscrittura dei codici visivi e la trasformazione del documento storico in dispositivo poetico, il collage analogico si afferma come pratica di traduzione intersemiotica e come modello operativo di produzione di nuovi paradigmi interpretativi nell'interazione tra cultura analogica e ambiente digitale.

Parole chiave: frammento, infrastruttura cognitiva, semantica della visione.

1. Presentazione

Demetrio Di Grado realizza collage analogici (ma non solo). Ricompone frammenti, con carta e colla vinilica a cui associa il colore. Assembla narrazioni complesse che rimandano a inequivocabili messaggi iconici. La ricerca espressiva parte da configurazioni stratificate che vengono caricate di valori estetici e simbolici, trasformando la necessità comunicativa in dirompenti espressioni figurative (fig. 1).

Figura 1
Demetrio Di Grado, *Distinguersi*, 2024, realizzazione dell'opera.

1



Nato dalla cultura della pittura Hip Hop, nel 2012 fonda ManSourcing, l'associazione che ha come obiettivo la promozione dell'arte in tutte le sue declinazioni possibili, collabora con numerosi artisti della scena nazionale e internazionale, con i quali organizza mostre, progetti di Street Art e Festival.

Nel 2019 in un articolo apparso su *Artribune*, intitolato *Dall'Hip Hop alla Street Art*, racconta del naturale avvicinamento all'arte urbana e allo stesso modo della naturale evoluzione verso narrazioni più complesse «piccoli manifesti introspettivi, un viaggio tra coscienza e istinto. Valore e valori» (Tommasini 2019).

In un'altra intervista su *Treccani Magazine*, Domenico Marcella definisce l'arte di Demetrio Di Grado «un'atmosfera un po' onirica in cui tornano a galla memorie, pagine, storie, tracce e citazioni visive del passato, con in più la libertà di esaltare il presente» (Marcella 2020). Un'arte fatta di incastri e stupefacenti stratificazioni. Il risultato è una sovrapposizione di più livelli di carta, le cui opere «lanciano messaggi

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3961

then Lipari, Capo Peloro, Caltagirone, as well as Paris and Berlin, to small collections in A5 and A4 formats, such as the 2018 *Kind* series or the 2025 *#nessunocihaprotetti* series. In the spring of 2026, on the occasion of World Collage Day, he organised the collective exhibition *Chaotic Topography/Topografie del Caos*, in Catania, in collaboration with Urban Street Art Sicily, a visual constellation exploring the fragment and memory as languages through which reality is disrupted and reinterpreted. Emotional maps that construct unstable geographies made up of identities and urban tensions. Drawing on Pop Art, particularly the work of collage masters such as Richard Hamilton, Di Grado borrows the use of illustrated magazines and advertising as symbols of society and consumerism, historicising the prototypes of that culture to transform them into vehicles for messages addressed to contemporary society.



2

Figure 2
Organising the material for making an analogue collage, photograph by Demetrio Di Grado.

Figure 3
Organising the tools for making urban analogue collages, photograph by Demetrio Di Grado.

2. From Established Models to New Figurations. A Thematic Conversation

PR: If collage is not the art of 'cut and paste', but rather the art of the allure of discontinuity, of deciphering, and of breaking the patterns of a reality bound by rules in order to reshape them into new visions, our discussion may begin with the definition of 'analogue collage'.

DDG: In my opinion, analogue collage isn't simply cutting and pasting images. It's a way of observing the world through its fractures, its inconsistencies, and its hidden possibilities. I work with materials that have already had a life and served a function, and when I take them out of their original context, I try to build new relationships. Analogue collage is a physical, slow, and intuitive act that restores value to accident, chance and discovery.

PR: Beginning with heterogeneous and disjointed fragments, differing in texture, material properties, paper density, or pigment grain, your work reconfigures a descriptive, static, and objective reality, that of individual visual frames, into a new, layered entity rich with subjective meanings. What is the initial impulse behind your creative process?

DDG: It almost always stems from a feeling rather than a specific idea. It might be a word, a glance, a photograph found by chance, or an emotional tension that I feel the need to express. I begin by gathering fragments without knowing exactly where they will lead me. The meaning emerges during the process. It's an ongoing dialogue between what I'm looking for and what the materials suggest.

PR: How are visual models combined with linguistic models so that they can interact within evolving contexts?

DDG: For me, images and words carry equal narrative weight. Sometimes a word becomes an image; other times, an image generates an implicit text. I'm interested in the point where verbal and visual language cease to be separate and begin to contaminate one another. That's where a broader interpretive space opens up for the viewer.

PR: These days we are discussing Vision-Language Models (VLM), which use artificial intelligence to process images and language within a single semantic space, enabling active interaction in contexts that change over time. A few observations can be made: on the one hand, these models enable relational, spatial, and logical understanding; they can also solve logical and mathematical problems, deconstruct texts, and enable interaction, although only through targeted queries. Your works evoke metaphors and coded messages that refer to one thing and then to another. How can the interactions be-

CC BY-SA



3

Figura 2
Organizzazione del materiale per la realizzazione di un collage analogico, fotografia di Demetrio Di Grado.

Figura 3
Organizzazione degli strumenti per la realizzazione di collage analogici urbani, fotografia di Demetrio Di Grado.

2. Da modelli definiti a figurazioni inedite. Un colloquio tematico

PR: Se il collage non è l'arte del "taglia e incolla", ma è l'arte del fascino della discontinuità, della decifrazione, della necessità di rompere schemi di una realtà conforme a regole da rieditare in nuove visioni, la prima riflessione può essere focalizzata sulla definizione di "collage analogico".

DDG: Per me il collage analogico non è semplicemente tagliare e incollare immagini. È un modo di osservare il mondo attraverso le sue fratture, le sue incongruenze e le sue possibilità nascoste. Lavoro con materiali che hanno già avuto una vita e una funzione, e nel momento in cui li estraggo dal loro contesto originario provo a costruire nuove relazioni. Il collage analogico è un atto fisico, lento e intuitivo, che restituisce valore all'errore, al caso e alla scoperta.

PR: A partire da frammenti disomogenei e disarticolati, eterogenei per consistenza, differenti nella loro natura fisica, la densità della carta o la grana dei pigmenti, la tua opera riconfigura una realtà descrittiva, statica e oggettiva, quella dei singoli fotogrammi, in un'entità nuova, stratificata e carica di significati soggettivi. Qual è l'impulso iniziale del tuo processo creativo?

DDG: Quasi sempre nasce da una sensazione più che da un'idea precisa. Può essere una parola, uno sguardo, una fotografia trovata per caso o una tensione emotiva che sento il bisogno di raccontare. Inizio raccogliendo frammenti senza sapere esattamente dove mi porteranno. Il significato emerge durante il processo. È un dialogo continuo tra ciò che cerco e ciò che i materiali suggeriscono.

PR: Come vengono coniugati modelli visivi con modelli linguistici capaci di interagire in contesti in evoluzione?

DDG: Le immagini e le parole hanno per me lo stesso peso narrativo. A volte una parola diventa immagine, altre volte un'immagine genera un testo implicito. Mi interessa il punto in cui il linguaggio verbale e quello visivo smettono di essere separati e iniziano a contaminarsi. È lì che si apre uno spazio interpretativo più ampio per chi osserva.

PR: Oggi si parla di Vision-Language Models (VLM) che, attraverso l'intelligenza artificiale,

taglienti, ma di speranza» (Marcella 2020). Vive e opera attivamente in Sicilia, dove promuove operazioni culturali di riscrittura di contesti urbani come luoghi di produzione culturale condivisa, rafforzando il dialogo tra arte contemporanea e partecipazione pubblica. Dal 2016 taglia, compone e incolla frammenti di carta (figg. 2-3) in un *range* dimensionale che va dalle opere di Via San Michele a Catania, ai mercati del Capo e della Vucciria di Palermo, e poi Lipari, Capo Peloro, Caltagirone, ma anche Parigi e Berlino a piccole raccolte in formato A5 e A4 come la serie *Kind* del 2018 o la *#nessunocihaprotetti* del 2025. Nella primavera del 2026, in occasione del World Collage Day, organizza a Catania, in collaborazione con Urban Street Art Sicily, la mostra collettiva d'arte visiva *Chaotic Topography/Topografie del Caos* un *parterre* visivo che esplora il frammento e la memoria come linguaggi di rottura e ricomprensione della realtà. Mappe emotive che costruiscono geografie instabili fatte di identità e tensioni urbane. Dalla Pop Art, in particolare da maestri del collage come Richard Hamilton, Di Grado mutua l'uso dei rotocalchi e della pubblicità come simboli della società e del consumismo, storicizzando i prototipi di quella cultura per trasformarli in portatori di messaggi alla società contemporanea.

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3961

tween visual and linguistic models, with their constant references to spatial and temporal metaphors – a key feature of your work – be related to Vision-Language Models or other AI-based processes?
DDG: I find it interesting that artificial intelligence models seek connections between images and language. After all, collage also brings together seemingly disparate elements. The difference is that analogue collage preserves ambiguity, imprecision, and human intuition. AI tends to seek correlations and answers; I often seek questions. The metaphors that emerge in my work are not necessarily meant to be resolved, but to be lived.
PR: A work depicting an 18th-century English landscape, for example, leaves little room for questioning; one invites an attitude of aesthetic contemplation or, at any rate, of acceptance. Multimodality as a way of interpreting the world seems to be the foundation of collage art, in which streams of information come together, overlap, intersect, and convey meaning. In your works, how are visual and linguistic models combined, and how do they interact within social and formal contexts?
DDG: My collages do not call for passive contemplation. They invite the viewer to construct their own interpretation. The images enter into dialogue with one another like words within an open-ended sentence. Each element contributes to generating meanings that shift based on the viewer's personal experience. I am interested in creating works that are not limited to a single interpretation
PR: What innovative contribution can analogue collage, which is based on the reuse and recombination of diverse fragments, offer in an era of image dematerialisation?
DDG: In an era in which images are infinite, fleeting, and often immaterial, analogue collage returns attention to materiality, time, and choice. Recovering, cutting out, and recombining means slowing down and restoring value to what seemed destined for oblivion. I believe that analogue collage can be a form of poetic resistance against the rapid consumption of images.
PR: What do you think is the role of your figurative language as a semantic device for the development of new meanings?
DDG: I try to create images that don't simply illustrate a concept, but rather challenge it. My figurative language functions as an open device: it juxtaposes familiar elements in unexpected ways to generate new associations. Meaning is never fully established; it arises from the encounter between the work and the viewer.
PR: How does the reuse of images and words, which builds new forms of meaning from existing material objects, generate new meanings and forms of communication consistent with the concept of cultural exaptation?
DDG: Every image carries with it a memory and an original function. When it is extracted from its context and placed alongside other fragments, it acquires new narrative possibilities. It is a process closely related to cultural exaptation: something created for a specific purpose is reinterpreted and finds a different function. In collage, this transformation is the very heart of the work.
PR: What operational models, if any, do you use in relation to artificial exaptation?
DDG: Rather than following predefined models, I adopt a particular approach. I'm interested in observing how tools and materials can be used beyond their original function. This applies to both paper-based archives and contemporary technologies. In my view, innovation often arises from the ability to look at what already exists with fresh eyes and imagine unexpected uses for it.
PR: What do you mean by the expression 'Eyes that talk, my signature'?
DDG: Eyes are probably the element that recurs most often in my work because they represent the point of contact between the inner self and the outside world. A glance can convey much more than a detailed description. In my collages, eyes become symbols of attention, memory, doubt, and imagination. They are a presence that observes and, at the same time, questions. If they have become my signature, it is because they embody the essence of my artistic exploration: inviting the viewer to see beyond the surface of things.

3. A Repeatable Lyrical Protocol

In the use of images produced through the rewriting of existing figures, the link between

CC BY-SA

elaborano immagini e linguaggio in un unico spazio semantico e permettono di interagire attivamente in contesti che cambiano nel tempo. Si possono avanzare alcune riflessioni: da un lato questi modelli permettono comprensioni relazionali, spaziali, logiche ecc.; possono anche risolvere problemi logico-matematici, destrutturare testi e permettono di interagire nel limite di interrogazioni mirate. Le tue opere richiamano a metafore, a messaggi in codice che rimandano ad altro e ad altro ancora. Le interazioni tra modelli visivi e modelli linguistici, in continui rimandi a metafore spaziali e temporali, caposaldo delle tue opere, come possono essere rapportate ai modelli VLM o ad altre elaborazioni con AI?
DDG: Trovo interessante il fatto che i modelli di intelligenza artificiale cerchino connessioni tra immagini e linguaggio. Anche il collage, in fondo, mette in relazione elementi apparentemente distanti. La differenza è che il collage analogico conserva l'ambiguità, l'imprecisione e l'intuizione umana. L'AI tende a cercare correlazioni e risposte; io spesso cerco domande. Le metafore che emergono nei miei lavori non vogliono necessariamente essere risolte, ma vissute.
PR: Un'opera che ritrae un paesaggio del Settecento inglese, ad esempio, lascia pochi margini di interrogazione: ci si pone in un atteggiamento di contemplazione estetica, comunque di accettazione. La multimodalità come interpretazione del mondo sembra essere la base dell'arte dei collage, i cui flussi di informazioni si accostano, si sovrappongono, si intersecano, comunicano qualcosa. Nelle tue opere come vengono combinati modelli visivi con modelli linguistici e come questi interagiscono in contesti sociali e formali?
DDG: I miei collage non chiedono una contemplazione passiva. Invitano chi guarda a costruire una propria interpretazione. Le immagini dialogano tra loro come parole all'interno di una frase aperta. Ogni elemento contribuisce a generare significati che cambiano in base all'esperienza personale dell'osservatore. Mi interessa creare opere che non si esauriscano in una lettura unica.
PR: Quale contributo innovativo può offrire il collage analogico, fondato sul riuso e sulla ricombinazione di frammenti eterogenei, in un'epoca di smaterializzazione dell'immagine?
DDG: In un'epoca in cui le immagini sono infinite, rapide e spesso immateriali, il collage analogico riporta attenzione alla materia, al tempo e alla scelta. Recuperare, ritagliare e ricombinare significa rallentare e attribuire nuovamente valore a ciò che sembrava destinato all'oblio. Credo che il collage analogico possa essere una forma di resistenza poetica contro il consumo veloce delle immagini.
PR: Quale pensi sia il ruolo del tuo linguaggio figurativo come dispositivo di produzione semantica per lo sviluppo di nuovi significati?
DDG: Cerco di costruire immagini che non illustrino semplicemente un concetto, ma che lo mettano in discussione. Il mio linguaggio figurativo funziona come un dispositivo aperto: accosta elementi familiari in modi inattesi per generare nuove associazioni. Il significato non è mai completamente stabilito, nasce nell'incontro tra l'opera e chi la osserva.
PR: Il riuso di immagini e parole, che a partire da oggetti materiali esistenti costruisce nuove forme di significato, in che modo genera nuovi significati e forme comunicative coerenti con il concetto di *exaptation* culturale?
DDG: Ogni immagine porta con sé una memoria e una funzione originaria. Quando viene estratta dal suo contesto e collocata accanto ad altri frammenti, acquisisce nuove possibilità narrative. È un processo molto vicino all'*exaptation* culturale: qualcosa nato per uno scopo specifico viene reinterpretato e trova una funzione diversa. Nel collage questa trasformazione è il cuore stesso dell'opera.
PR: Quali sono, se ci sono, i tuoi modelli operativi orientati verso l'*exaptation* artificiale?
DDG: Più che modelli definiti, ho un atteggiamento. Mi interessa osservare come strumenti e materiali possano essere utilizzati oltre la loro funzione originaria. Questo vale sia per gli archivi cartacei sia per le tecnologie contemporanee. L'innovazione, a mio avviso, nasce spesso dalla capacità di guardare ciò che esiste già con occhi diversi e immaginare utilizzi inattesi.
PR: Cosa intende con l'espressione "occhi che parlano, la mia firma"?
DDG: Gli occhi sono probabilmente l'elemento che ritorna più spesso nei miei lavori perché rappresentano il punto di contatto tra

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3961

the graphemic sign and its original meaning is broken. The image is stripped of its source code and endowed with a new meaning (Floch 1997). Demetrio Di Grado explains how his collages transform historical documents, images from the past, which once had a clearly defined function within a complete visual message, into generators of new meanings (fig. 4).
The creation of these new visual forms is not limited to the mere aesthetic expression of the visual composition but involves a true laboratory-based scientific protocol (Manovich 2020) applied to the deconstruction of mass media. Magazines from the 1950s can be considered the predecessors of modern mass media. By emphasising the centrality of the image, they introduced, among other things, consumerist logic and manipulated forms of communication. These are the same principles that dominate the digital world today, whose fundamental mechanisms have remained unchanged (McLuhan 1964). In this context, the concept of cultural exaptation manifests itself primarily in the use of tools and the modification of languages.
The print covers of illustrated magazines, designed to capture the reader's attention, are reused in the aesthetics of social media, for example, where their function is to capture and, above all, retain attention. In both cases, a standardised communicative structure remains.
In *The Language of New Media* (Manovich 2022), the database is defined as the backbone of modern culture. The artist no longer creates from scratch, but rather navigates, selects, and recombines pre-existing elements.
In image production, Lev Manovich implements an algorithmic process applied to the deconstruction of mass media. One interesting project involved analysing the covers of «Time Magazine» from 1923 to 2009 by developing software capable of processing all the images in the collection. In multimedia visualisation, the montage of images makes it possible to organise them based on metadata extracted through the processing of the images themselves. This process compared a set of related elements in a sequential arrangement that includes several factors: "discovering, annotating, comparing, referencing, sampling, illustrating, and representing" (Manovich 2020: 16).



Figure 4
Demetrio Di Grado, *Imponderabile*, 2026, series *#nessunocihaprotetti*, analogue collage, 21 x 29.7 cm, Galleria DRIPS, Vittoria (RG).

The semantic and visual content of the processed and decoded images reveals a series of trends that include both figurative variations, such as improvements in colour photography or the shift from graphic to photographic representations, and the social behaviours of a consumer culture, including lifestyles linked to levels of economic well-being, as well as elements that reflect the emergence of conceptual content (Manovich 2020: 223-227).
According to Manovich, working physically with paper or digital data is a way of activating serial and repeatable scientific protocols. The historical avant-garde tradition of collage has reemerged in the digital realm in the form of the cut-and-paste command, becoming the most basic operation that can be performed on data. The spatial syntax of glue is transformed into the architecture of the database. Digital collage, or compositing, is no longer a composition driven by a scarcity of resources, but rather algorithmic navigation and selection within a potentially infinite memory. Digital compositing combines multiple elements into a single visual space, but these elements float in a mathematical nonplace, the layers, which have no depth.
In analogue collage, which falls within the field of the plastic semiotics developed by Al-

CC BY-SA

Figura 4
Demetrio Di Grado, *Imponderabile*, 2026, serie *#nessunocihaprotetti*, collage analogico, 21 x 29,7 cm, Galleria DRIPS, Vittoria (RG).

interiorità e mondo esterno. Uno sguardo può raccontare molto più di una descrizione dettagliata. Nei miei collage gli occhi diventano simboli di attenzione, memoria, dubbio e immaginazione. Sono una presenza che osserva e allo stesso tempo interroga. Se sono diventati la mia firma, è perché racchiudono l'essenza della mia ricerca: invitare chi guarda a vedere oltre la superficie delle cose.

3. Un protocollo lirico ripetibile

Nell'utilizzo di immagini definite dalla riscrittura di figure esistenti si spezza il legame tra il segno grafematico e il suo significato iniziale. L'immagine viene privata del suo codice sorgente e dotata di un nuovo significato (Floch 1997). Demetrio Di Grado ci racconta come i suoi collage trasformano il documento storico, le immagini di anni passati, definiti e funzionali rispetto a un messaggio visivo compiuto, in attivatori di nuovi significati (fig. 4).
La produzione delle nuove figurazioni non si limita alla semplice manifestazione estetica della composizione visiva, ma mette in atto un vero e proprio protocollo scientifico laboratoriale (Manovich 2020) applicato alla decostruzione dei media di massa. Le riviste degli anni Cinquanta possono essere considerate i predecessori dei moderni *mass media*. Esse, enfatizzando la centralità dell'immagine, hanno introdotto, tra l'altro, logiche di consumo e comunicazioni manovrate. Gli stessi principi che oggi dominano il mondo digitale, i cui meccanismi fondamentali sono rimasti invariati (McLuhan 1964). In questo contesto il concetto di exaptation culturale si manifesta principalmente nell'utilizzo degli strumenti e nella modificazione dei linguaggi.
La copertina cartacea delle riviste illustrate, costruita per catturare l'attenzione dell'utente, viene riutilizzata, ad esempio, nell'estetica dei social media, dove la funzione è catturare e soprattutto trattenere l'attenzione. In entrambi i casi permane una struttura comunicativa standardizzata.
Ne *Il linguaggio dei nuovi media* (Manovich 2022) il database viene definito come la struttura portante della cultura moderna. L'artista non crea più dal nulla, ma naviga, seleziona e ricombina elementi preesistenti.
Nella produzione di immagini, Lev Manovich attua un processo algoritmico applicato alla decostruzione dei media di massa. Un interessante lavoro è stato quello di analizzare le copertine di «Time Magazine» dal 1923 al 2009 sviluppando un software capace di elaborare tutte le immagini della collezione. Nella visualizzazione multimediale, il montaggio di immagini permette di ordinarle in relazione a metadati estratti attraverso l'elaborazione delle immagini stesse. Questo processo ha messo a confronto un insieme di elementi correlati, in una successione sequenziale che include alcuni fattori: «scoprire, annotare, confrontare, fare riferimento, campionare, illustrare e rappresentare» (Manovich 2020: 16).
Il contenuto semantico e visivo delle immagini elaborate e decodificate fa emergere una serie di tendenze che comprendono sia le variazioni figurative – ad esempio i miglioramenti della fotografia a colori o il passaggio da rappresentazioni grafiche a quelle fotografiche – sia i comportamenti sociali di una cultura consumistica, di stili di vita collegati a livelli di benessere economico, ma anche elementi in cui si riconosce l'avanzare di contenuti concettuali (Manovich 2020: 223-227).
Operare fisicamente sulla carta o su dati digitali è, secondo Manovich, un modo di attivare protocolli scientifici seriali e ripetibili. L'avanguardia storica del collage è riemersa nel digitale sotto forma del comando *cut-and-paste* (copia e incolla), diventando l'operazione più elementare eseguibile sui dati. La sintassi spaziale della colla si trasforma nell'architettura del database. Il collage digitale, il *compositing*, non è più una composizione guidata dalla scarsità di risorse, ma una navigazione e una selezione algoritmica all'interno di una memoria potenzialmente infinita. Il *compositing* digitale unisce più elementi in un unico spazio visivo, ma questi elementi fluttuano in un non-luogo matematico, i *layer*, che non hanno spessore.
Nel collage analogico, che entra nel campo della semiotica plastica di Algirdas J. Greimas (Greimas 1991), lo spessore della colla crea un micro-livello fisico: un'ombra reale proiettata dal frammento superiore su quello inferiore. Si crea così una distanza fisica minima ma percepibile, che dichiara la natura artificiale dell'immagine. Mentre la modularità digitale

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3961



Figure 5
Demetrio Di Grado, *Rendersi conto*, 2025, analogue collage, 21 x 29.7 cm, personal collection.

girdas J. Greimas (Greimas 1991), the thickness of the glue creates a physical micro-layer: a real shadow projected by the upper fragment onto the lower one establishes a minimal yet perceptible physical distance, which reveals the artificial nature of the image. While digital modularity tends toward fluidity, automation, and the elimination of the medium, the clean cut of the paper is an affirmation of presence, boundary, and weight.

Comparing analogue and digital processes allows us to highlight the profound structural evolution involved in the cultural co-optation of collage. In analogue collage, physical artefacts are hybridised. In digital collage, software allows techniques, styles, and languages that were historically separate to be imported and combined within the same workspace, where not only are the contents mixed, but the very grammars of the individual original media are fused. Moving from physical data to metadata in visual message construction prompts a shift away from abstract aesthetic judgment towards considerations that include the creative process, the reinterpretation of the message being conveyed, and the viewer's perception (Barthes 1988; Quici 2024).

In Demetrio Di Grado's work, selecting visual fragments from vintage magazines of the 1950s means treating the historical print archive as an immense analogue database from which to extract carefully selected samples. Beginning by deconstructing the original image and isolating its parts, the artist removes a fragment from its historical context, severing its original semantic ties. By juxtaposing disparate elements, whether temporally or conceptually distant, he compels the viewer to attribute a new meaning.

The creative act does not begin with the construction of the image, but with the controlled destruction of pre-existing reality (fig. 5). The resulting work becomes an active device, a visual machine that generates new knowledge and new meanings (Unali 2024).

4. The Intersemiotic Translation of Analogue Collage

Demetrio Di Grado's works demonstrate how analogue collage is a concrete form of intersemiotic translation, in which the process of transposing meanings from a complete system of signs and codes to another material compositional system generates mechanisms of re-signification.

In linguistic intersemiotic translation, Roman Jakobson (Jakobson 2017) defines it as the interpretation of verbal signs through nonverbal signs. In analogue collage, translation occurs not only from written text to image, but also between different visual languages (Barthes 2022). The visual and plastic process unfolds through the decontextualisation of a fragment from its original context, that is, through the isolation of the sign, which nullifies its original informative function. This re-functionalisation involves the transposition of meaning and gives the fragment a mutable status. Finally, there is recontextualisation, that is, the juxtaposition with heterogeneous fragments from other contexts that contribute to the creation of a new visual text and a new system of communicative codes.

In this context, visual semiotics operates on two levels of interpretation: the figurative level, which allows us to recognise the fragments in their original form and creates a tension

CC BY-SA

Figura 5
Demetrio Di Grado, *Rendersi conto*, 2025, collage analogico, 21 x 29,7 cm, collezione personale.

tende alla fluidità, all'automazione e all'annullamento del supporto, il taglio netto della carta è un'affermazione di presenza, limite e peso.

Il confronto tra i processi analogici e quelli digitali ci permette di evidenziare la profonda evoluzione strutturale nel processo di *co-optation* culturale del collage. Nel collage analogico si ibridano artefatti di natura fisica. Nel collage digitale i software consentono di importare e combinare, nello stesso spazio di lavoro, tecniche, stili e linguaggi storicamente separati, in cui non vengono mixati solo i contenuti, ma si fondono le grammatiche stesse dei singoli media originari. Il passaggio dai dati fisici ai metadati come processo di elaborazione del messaggio visivo conduce a evitare il giudizio estetico astratto e dirige verso considerazioni che includono il processo creativo, la risignificazione del messaggio inviato e la percezione dell'osservatore (Barthes 1988; Quici 2024).

Nell'opera di Demetrio Di Grado, selezionare frammenti visivi da riviste degli anni Cinquanta significa considerare l'archivio cartaceo storico come un immenso database analogico da cui estrarre campioni precisi. A partire dalla destrutturazione dell'immagine originaria, con isolamento nelle parti, l'artista preleva un frammento dal suo contesto storico recidendo i legami semantici originari. Accostando elementi estranei, temporalmente o concettualmente distanti, costringe l'osservatore ad attribuire un significato inedito.

L'atto creativo non inizia con la costruzione dell'immagine, ma con la distruzione controllata della realtà preesistente (fig. 5). Il risultato finale, l'opera prodotta, diventa un dispositivo attivo, un macchinario visivo che genera nuova conoscenza, nuovi significati (Unali 2024).

4. La traduzione intersemiotica del collage analogico

Le opere di Demetrio Di Grado dimostrano come il collage analogico sia una forma concreta di traduzione intersemiotica, in cui il processo di trasporre significati da un sistema di segni e codici compiuto a un altro sistema compositivo materico definisca meccanismi di risignificazione.

Nella traduzione intersemiotica linguistica, Roman Jakobson (Jakobson 2017) considera l'interpretazione dei segni verbali per mezzo di segni non verbali. Nel collage analogico la traduzione non avviene solo dal testo scritto all'immagine, ma tra linguaggi visivi differenti (Barthes 2022). Il processo visivo e plastico si articola attraverso la de-contestualizzazione di un frammento dal contesto originario, ovvero attraverso l'isolamento del segno, in cui si azzera la sua funzione informativa originaria. La rifunzionalizzazione implica la trasposizione del significato e attribuisce al frammento la qualità di elemento mutevole. Infine, si avvia la ri-contestualizzazione, ovvero l'accostamento con frammenti eterogenei provenienti da altri contesti che partecipano alla creazione di un nuovo testo visivo e un nuovo sistema di codici comunicativi.

In questo contesto la semiotica visiva si pone tra due livelli interpretativi: il livello figurativo permette di riconoscere i frammenti nella loro identità originaria e genera una tensione tra ciò che l'elemento era e ciò che diventa nel nuovo contesto; il livello plastico controlla le forme, le linee di taglio, i colori le sovrapposizioni.

Nella grammatica compositiva del collage, il frammento, selezionato o scartato, viene ridefinito in cooptazioni funzionali evolutive che derivano dall'innesco stesso del processo creativo. Il riciclo semiotico non è solo spostare un frammento da un contesto a un altro, ma comprende la modificazione della configurazione originaria in elaborazioni imprevedibili. Attraverso una modificazione semiotica, il frammento subisce un'alterazione visiva, una transizione dinamica, in cui cambiando le proprietà strutturali si modifica la traiettoria di senso. È il legame spaziale e fisico che genera associazioni e metafore inedite.

Le logiche operative di cooptazioni funzionali tra sistemi plastici e sistemi figurativi differenti evidenziano come i simboli vengono tradotti in codici per scopi completamente diversi, trasportando il frammento informativo in composizioni poetiche.

I frammenti utilizzati da Demetrio Di Grado provengono da pubblicazioni nate in un periodo storico preciso: gli anni della Seconda Guerra Mondiale e della successiva epoca del boom economico. Quelle immagini nascevano come messaggi di propaganda o archetipi della nascente società dei consumi; il loro scopo primario era persuadere, documentare o vendere.

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3961

between what the element was and what it becomes in the new context; and the plastic level, which governs the forms, the cut lines, the colours, and the overlapping layers.
In the compositional grammar of collage, the fragment, whether selected or discarded, is redefined through evolving processes of functional co-optation that arise from the very beginning of the creative process.
Semiotic recycling is not merely a matter of shifting a fragment from one context to another; it also involves modifying the original configuration in unpredictable ways. Through semiotic modification, the fragment undergoes a visual alteration, a dynamic transition in which changes to its structural properties reshape its trajectory of meaning. It is this spatial and physical connection that generates novel associations and metaphors.
The operational logic of functional co-optation between different plastic and figurative systems highlights how symbols are translated into codes for entirely different purposes, transferring the informational fragment into poetic compositions.
The fragments used by Demetrio Di Grado come from publications that originated during a specific historical period: the years of the Second World War and the subsequent post-war economic boom. Those images originated as propaganda messages or archetypes of the nascent consumer society; their primary purpose was to persuade, document, or sell. Di Grado isolates the human figure and tears it from its original ideological context. The vintage image no longer serves to bear witness to the past but is co-opted to examine the contradictions and vulnerabilities of the present.
The optimism or sternness etched on those historical faces transforms into an introspective mirror for the contemporary observer. The artist physically neutralises the original function of the persuasive gaze by covering the eyes. The blank space of the eyes is repurposed to accommodate the written word (figs 6-7). The verbal text, often a paradox or a conceptual short circuit, replaces the expression conveyed by the eyes. The written word assumes the expressive function of the absent gaze, compelling the viewer to 'read' the subject's eyes in order to understand the message. The image becomes a form of semiotic exaptation, becoming the primary channel of nonverbal communication.
When the artwork is placed within the urban environment, the medium itself undergoes a functional co-optation (figs 8-10). It effectively becomes a physical database. The street is not merely a backdrop, but an archive of textures, layers, and historical scars. A peeling wall, an electrical box, a wooden door lose their function as barriers or infrastructure, transforming into pages from a shared intimate diary. By intervening in the fractures of the urban fabric, the artist transforms historical documents and visual relics into disruptive poetic devices.
In the process of social media transcoding, Demetrio Di Grado's collage undergoes a second, paradoxical exaptation: the work, which began as an analogue reuse of printed materials to challenge or engage with the present, is in turn co-opted by the digital media system to become performative content. The clean cut of the figures transforms, for the digital user, into a perfect graphic icon, thus confirming Manovich's thesis that the digital realm has the capacity to absorb every previous aesthetic language, translating it into its own algorithmic grammar. Furthermore, the mechanism activated when a layer of information is superimposed on an image shifts the viewer's attention, drawing it

6



7



Figure 6
Demetrio Di Grado, *Sempre No*, 2025, analogue collage, 21 x 29.7 cm, Consulta Giovanile Belmonte Mezzagno (PA).

Figure 7
Demetrio Di Grado, *Contradditoria*, 2025, series *#nessunocihaprotetti*, Casa Peloro, Capo Peloro (ME).

Figure 8
Demetrio Di Grado, *Errante Visionario*, 2025, Casa Peloro, Capo Peloro (ME).

Figure 9
Demetrio Di Grado, *Consapevole*, 2025, series *#nessunocihaprotetti*, Via Borrello, Capo Peloro (ME).

Figure 10
Demetrio Di Grado, *La speranza*, 2025, open-air museum, Brolo (ME).

BY-SA

8



9



10



Figura 6
Demetrio Di Grado, *Sempre No*, 2025, collage analogico, 21 x 29,7 cm, Consulta Giovanile Belmonte Mezzagno (PA).

Figura 7
Demetrio Di Grado, *Contradditoria*, 2025, serie *#nessunocihaprotetti*, Casa Peloro, Capo Peloro (ME).

Figura 8
Demetrio Di Grado, *Errante Visionario*, 2025, Casa Peloro, Capo Peloro (ME).

Figura 9
Demetrio Di Grado, *Consapevole*, 2025, serie *#nessunocihaprotetti*, Via Borrello, Capo Peloro (ME).

Figura 10
Demetrio Di Grado, *La speranza*, 2025, museo a cielo aperto, Brolo (ME).

Di Grado isola la figura umana e la strappa dal suo contesto ideologico originario. L'immagine d'epoca non serve più a testimoniare il passato, ma viene cooptata per scansionare le contraddizioni e le vulnerabilità del presente.
L'ottimismo o la severità stampata di quei volti storici muta in uno specchio introspettivo per l'osservatore contemporaneo. L'artista disattiva fisicamente la funzione originale dello sguardo persuasivo coprendone gli occhi. Lo spazio cieco degli occhi viene cooptato per ospitare la parola scritta (figg. 6-7). Il testo verbale, spesso un paradosso o un cortocircuito concettuale, sostituisce l'espressione oculare. La parola scritta assume la funzione espressiva dello sguardo assente, costringendo chi guarda l'opera a "leggere" negli occhi del soggetto per comprenderne il messaggio. L'immagine assume il carattere di *exaptation* semiotica diventando il canale primario della comunicazione non verbale.
Quando l'opera è inserita nell'ambiente urbano, anche il supporto subisce una cooptazione funzionale (figg. 8-10). È di fatto utilizzato come database fisico. La strada non è solo uno sfondo, ma un archivio di *texture*, strati e cicatrici storiche. Un muro scrostato, una cabina elettrica, un portone di legno perdono la loro funzione di barriera o infrastruttura per trasformarsi in una pagina di un diario intimo collettivo. Intervenendo nelle fratture dei tessuti urbani, l'artista trasforma il documento storico e il relitto visivo in dispositivi poetici dirompenti. Nella transcodifica *social*, il collage di Demetrio Di Grado subisce una seconda, paradossale *exaptation*: l'opera, che era nata come un riuso analogico di materiali cartacei per contestare o dialogare con il presente, viene a sua volta cooptata dal sistema dei media digitali per diventare un contenuto performativo. Il taglio netto delle figure si trasforma, agli occhi dell'utente digitale, in un'icona grafica perfetta, dimostrando la tesi di Manovich per cui il digitale ha la capacità di fagocitare ogni linguaggio estetico precedente, traducendolo nella propria grammatica algoritmica.
Il dispositivo che si mette in atto quando si sovrappone uno strato di informazioni all'immagine determina un mutamento dell'attenzione dell'osservatore attratto dalla gerarchia degli elementi o da insoliti paradigmi compositivi (Dotto 2020). Il legame tra collage e infrastruttura cognitiva, oltre a essere una metafora poetica generata dalla logica compositiva, nel processo mentale attiva una nuova funzione relazionale. Il collage connette dati preesistenti in nuovi sistemi logici, nel de-contestualizzare e ri-programmare impone un nuovo protocollo di lettura. Ovvero, come afferma McLuhan, il «contenuto di un *medium* è sempre un altro *medium*» (McLuhan 1964: 23) che ci conduce nell'alta definizione visiva (fig. 11).

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3961

toward the hierarchy of elements or unusual compositional paradigms (Dotto 2020). The link between collage and cognitive infrastructure, in addition to being a poetic metaphor generated by compositional logic, activates a new relational function within the mental process. Collage connects pre-existing data into new logical systems; by decontextualising and reprogramming, it imposes a new reading protocol. In other words, as McLuhan states, "the content of a medium is always another medium" (McLuhan 1964: 23), which leads to high-definition visual representation (fig. 11).



11

Figure 11
Demetrio Di Grado, *Affascinante*, 2025, Hotel Cutimare, Lipari (ME).

5. Conclusions

The artistic and theoretical trajectory that emerges from the conversation with Demetrio Di Grado allows us to redefine his work, and, more broadly, the art of collage, as a form of analogue exaptation through the reuse and epistemological redefinition of the image. In a visual system dominated by the dematerialisation of the image and algorithmic saturation, his works function as cognitive infrastructures that disrupt the viewer's consolidated interpretive hierarchies, leading the viewer towards active engagement with the work of art.

When comparing analogue collage and artificial intelligence models, the irreducible material difference inevitably emerges: artificial intelligence models associate text and images within a pre-calculated space, confining visual perception within logical and mathematical boundaries; the analogue work operates through functional co-optation of visual residues and asserts the centrality of interpretive ambiguity and layered metaphor. The materiality of the compositional elements and the unpredictability of the 'cut' introduce a plastic, temporal, and emotional dimension that eludes computational optimisation. Error and chance, when intentionally programmed, become generators of unique knowledge.

In the critical interplay between analogue culture and the digital environment, Demetrio Di Grado's collages emerge as a powerful form of intersemiotic translation. They do not merely document the unease of the contemporary world, but rather reinterpret its contents to restore to the viewer the autonomy of their own gaze and the sovereignty of their own thought.

CC BY-SA

Figura 11
Demetrio Di Grado, *Affascinante*, 2025, Hotel Cutimare, Lipari (ME).

5. Conclusioni

La traiettoria artistica e teorica emersa dal colloquio con Demetrio Di Grado permette di ridefinire la sua opera, ma in generale l'arte del collage, come *exaptation* analogica nell'atto del riuso e ridefinizione epistemologica dell'immagine. In un sistema visuale dominato dalla smaterializzazione dell'immagine e dalla saturazione algoritmica, le sue opere si configurano come infrastrutture cognitive che interrompono le gerarchie interpretative consolidate dell'osservatore conducendolo a un'interazione attiva con l'opera d'arte.

Nel mettere a confronto il collage analogico e i modelli di intelligenza artificiale affiora inesorabilmente lo scarto irriducibile della materia: i modelli di intelligenza artificiale associano testo e immagini all'interno di uno spazio precalcolato, relegando la percezione visiva entro confini logico-matematici; l'opera analogica attua una cooptazione funzionale dei residui visivi e rivendica la centralità dell'ambiguità interpretativa e della metafora stratificata. La materialità degli elementi compositivi e l'imprevedibilità del "taglio" introducono una dimensione plastica, temporale ed emotiva che sfugge all'ottimizzazione computazionale. L'errore e il caso, programmaticamente determinati, diventano generatori di conoscenza unica.

Nell'interazione critica tra cultura analogica e ambiente digitale, i collage di Demetrio Di Grado si affermano come una potente pratica di traduzione intersemiotica. Non si limitano a documentare il disagio della contemporaneità, ma ne rieditano i contenuti per restituire all'osservatore l'autonomia del proprio sguardo e la sovranità del proprio pensiero.

References / Bibliografia

Barthes R. (1988), *Il brusio della lingua*, Torino, Einaudi.

Barthes R. (2022), *Elementi di semiologia*, Torino, Einaudi.

Dotto E. (2020), *In sovraimpressione. I layers e la lettura delle immagini*, in Cicalò E., Trizio I, a cura di, *Linguaggi Grafici. Illustrazione*, Alghero, PVBLICA, pp. 142-165.

Floch J.-M. (1997), *Identità visive*, Milano, Franco Angeli.

Greimas A.J. (1991), *Semiotica e scienze sociali*, Torino, Centro Scientifico Editore.

Jakobson R. (2017), *Lo sviluppo della semiotica*, a cura di P. Basso Fossali, Bologna, Luca Sossella Editore.

Manovich L. (2020), *Cultural Analytics*, Cambridge, MA, The MIT Press.

Manovich L. (2022), *Il linguaggio dei nuovi media*, Milano, Edizioni Olivares.

Marcella D. (2020), *La collage-street-art di Demetrio Di Grado*, https://www.treccani.it/magazine/atlante/cultura/La_collage_street_art_di_Demetrio_Di_Grado.html (ultima consultazione 12/4/2026).

Mcluhan M. (1964), *Gli strumenti del comunicare*, Milano, Il Saggiatore.

Quici F. (2024), *Colonizzare lo spazio digitale, ovvero, abitare la rappresentazione*, in Unali M., a cura di, *Abitare Virtuale: Rappresentazioni. Parole Chiave del Disegno di Architettura*, Roma, Gangemi, pp. 192-199.

Tommasini A. (2019), *Dall'Hip Hop alla Street Art. Parola a Demetrio Di Grado*, https://www.artribune.com/arti-visive/street-urban-art/2019/08/street-art-demetrio-di-grado-intervista/ (ultima consultazione 12/4/2026).

Unali M., a cura di (2024), *Abitare Virtuale: Rappresentazioni. Parole Chiave del Disegno di Architettura*, Roma, Gangemi.

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.3961

Notes on a Similarity

Roberto de Rubertis

I offer a few unusual observations regarding the remarkable analogy that can be drawn between the development of the Sassi of Matera and the process that, according to the most authoritative biological studies, occurred at the dawn of this planet, giving rise to life. These observations point to more than a mere curious resemblance, prompting reflections on evolution in general and even touching on the role that aesthetic judgment plays within it.

The initial condition enabling the emergence of the architectural phenomenon known as the Sassi is, famously, the presence of a setting conducive to integrating structures uniquely suited to entering into symbiosis with the rock. The exceptional quality of the outcome stems from a sequence of events in which humanity acts as the catalytic enzyme of an evolutionary process – or, if you will, as the energy source driving its realization.

One need not question the builder's intentions or skills to observe what happens when this symbiosis is set in motion. In a sense, the process unfolds of its own accord. The acts of juxtaposing materials, interpenetrating spaces, and shaping volumes – regardless of the underlying motivations or direction – invariably result in an environment more conducive to life, in harmony with the opportunities presented by the surroundings. The specific actions taken, the diverse construction techniques employed, and the various spatial and morphological solutions adopted all address this same fundamental requirement.

The soft limestone rock is ideally suited to various forms of manipulation aimed at achieving the same objective – a process that becomes increasingly refined with each successive intervention, yielding progressive improvements. The best solutions are consistently selected, aided by a relatively undisturbed external environment; through repetition, they retain their most useful characteristics while discarding less effective ones, thereby replicating the building models that prove most suitable across time and space.

This definition – drawing here on the process of construction – is among the most biologically sustainable definitions of the concept of 'life' in general, as it concerns the capacity to reproduce its own generative model. Regarding the requirement of adaptability – a topic to be revisited later – it should be noted that in evolutionary thought, this is not an intentionally pursued goal but rather a simple, automatic outcome: a necessary consequence of survival. Only those typological solutions best suited to endure over time are imitated and repeated.

As previously noted, the presence of a minimally disruptive environment creates favourable conditions for the consistent testing of solutions that, through repeated comparison, will ultimately secure a place in history. In my view, the parallels with the emergence of organic life on the planet warrant attention.

According to the most advanced biological research, as early as the initial stages of the Earth's crust solidifying, certain alkaline rock formations near thermal springs – perhaps acting as enzymes or energy sources themselves – served as ideal incubators for reactions within their protected, highly complex, and porous crevices. The interaction between the iron and sulphur minerals within the rocks and the various polymers they occasionally encountered – facilitated by the unique nature of the host environment – gave rise to organic material, a breeding ground for the bacteria that formed the first link in the chain of life[1].

Thus, the structure of alkaline rocks, rich in natural cavities, was essential to adequately protect the substances available for the complex symbiotic reaction that gave rise to the first bacteria and, consequently, triggered reproductive selection. This mirrors the situation at the limestone cliffs of Matera, where natural erosion-carved crevices serve as the incubation sites for human-built structures, creating the architectural fusion whose diverse experiments are admired today.

In both cases, for the opportunities to arise that spark the inception and growth of a fruitful evolutionary process, the same essential prerequisite is required: stable environmental conditions that allow for the development of consistent selective processes, processes in which selection can unfold in an orderly manner, yielding results with clearly defined and recognizable characteristics.

We conclude this issue of «XY» by publishing a previously unpublished text; it was written in October 2013, in the lead-up to the 10th Conference of the Italian Drawing Union – UID, on the theme of *UNESCO Heritage and Sites*.

1. For references regarding the earliest signs of life on Earth, see Nick Lane's book *Le invenzioni della vita* (Il Saggiatore, Milano 2012), a work that is accessible yet substantial, which also serves to support further exploration of evolutionary theory along the lines suggested in these notes.

Figure 1
Left: the crevices of an alkaline rock near a thermal spring, a breeding ground for the reactions that gave rise to the first forms of life. Right: a section of the ravine near the Sassi of Matera, the natural habitat of early human settlements. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flow_banding_in_igneous_rock.jpg?uselang=it, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gravina_presso_Matera.JPG?uselang=it (last access 8/10/2026).

BY-SA

Note su una somiglianza

Roberto de Rubertis

Sugelliamo questo numero di «XY» pubblicando un testo che, ad oggi, risulta inedito; fu scritto nell'ottobre 2013, in prossimità del X Convegno dell'Unione Italiana Disegno – UID sul tema *Patrimoni e siti UNESCO*.

Propongo qualche insolita osservazione sulla singolare analogia che è possibile stabilire tra il processo di sviluppo dei Sassi di Matera e quello che, secondo i più accreditati studi biologici, si verificò agli albori di questo pianeta nel dare origine alla vita. Sono osservazioni che chiamano in causa qualcosa di più che una curiosa somiglianza e ad esse si associano riflessioni riguardanti l'evoluzione in generale, fino a coinvolgere il ruolo in essa svolto dal giudizio estetico.

La condizione iniziale che rende possibile l'innescarsi del fenomeno architettonico dei Sassi è notoriamente la presenza di un ambiente ospitante favorevole all'inserimento di manufatti particolarmente adatti a entrare in simbiosi con la roccia. L'eccezionale qualità del risultato è l'esito di una successione di eventi che vedono l'uomo nella funzione di enzima catalizzatore di un processo evolutivo o, se si vuole, di fonte energetica per la sua attuazione.

Non è necessario porre in questione le sue intenzioni e le sue abilità edificatorie per constatare che cosa accade quando si dà innesco alla simbiosi. Il processo, in un certo senso, prosegue da solo. Le operazioni di accostamento dei materiali, di compenetrazione degli spazi e di conformazione dei volumi, comunque motivate e indirizzate, producono sempre l'esito di rendere l'ambiente più favorevole alla vita, conformemente alle opportunità offerte dalle circostanze ambientali. I singoli gesti compiuti, i molteplici espedienti costruttivi impiegati, le differenti soluzioni distributive e morfologiche adottate rispondono sempre a questa medesima esigenza di base.

La tenera roccia calcarea è ospite ideale di manipolazioni diverse che concorrono alla realizzazione del medesimo obiettivo, e questo si raffina a ogni successivo intervento, presentando progressivi perfezionamenti. Le soluzioni migliori vengono selezionate con omogeneità grazie anche a un contesto ambientale esterno poco perturbato e, nel ripetersi, conservano i loro caratteri più utili scartando i meno efficaci, in modo da realizzare una riproduzione dei modelli edilizi che si rivelano più adatti nel tempo e nello spazio.

Questa definizione, che qui trae spunto da un processo edificatorio, è tra quelle biologicamente più sostenibili del concetto di "vita" in generale, in quanto riguarda la sua attitudine a riprodurre il proprio modello generativo. Quanto al requisito dell'adattabilità, che sarà ripreso più tardi, va ricordato che nel pensiero evoluzionista non si tratta di un obiettivo intenzionalmente ricercato, ma di un semplice esito automatico, conseguenza necessaria della sopravvivenza. Solo le soluzioni tipologiche più adatte a durare nel tempo vengono imitate e ripetute.

La presenza di un ambiente scarsamente perturbativo, si è detto, è una condizione favorevole all'omogenea sperimentazione di quelle soluzioni che, messe ripetutamente a confronto, finiranno per restare nella storia. Le analogie con la nascita della vita organica sul piane-

1



Figura 1
A sinistra: gli anfratti di una roccia alcalina prossima a una sorgente termale, vivaio delle reazioni che diedero origine alle prime forme di vita. A destra: un tratto della gravina presso i Sassi di Matera, habitat naturale dei primi insediamenti umani. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flow_banding_in_igneous_rock.jpg?uselang=it, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gravina_presso_Matera.JPG?uselang=it (ultima consultazione 8/10/2026).

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4298

Without such stability, selection might fail to occur, be interrupted, or lead to disordered, chaotic outcomes that do not manifest as a coherent phenomenon.
Throughout the evolution of life on a planetary scale, environmental stability has often been maintained over vast periods. The immense timescales involved allowed for the establishment of relatively enduring conditions that enabled the emergence of pockets of vitality, however isolated or exceedingly rare they may have been. Today, we can readily observe how those primordial seeds of life have evolved into highly complex, clearly identifiable organisms.
In the evolutionary process, as measured on the short human timescale, stability is, in fact, something of an exception; yet it remains indispensable for triggering homogeneous phenomena characterized by substantial morphological uniformity and a sufficiently wide range of similar variants. It is within this context that evolutionary experimentation, driven by the slow mechanism of natural selection, can unfold. The environment in which life exists is perpetually beset by setbacks, struggles, imbalances, and catastrophes – affecting both the social sphere and the very survival of the species, which is constantly assailed by upheavals of every kind. Consequently, the evolutionary progression – including that of human habitation – is often disrupted or shaped by destructive rather than constructive forces.
For this reason, instances of building development characterized by consistent homogeneity, whether structural, functional, morphological, or stylistic, are rare. In the Sassi of Matera, the presence of a natural protective structure was the essential element, while the stability of environmental and social conditions resulted from exceptional geographic isolation, the enduring nature of the inhabitants' habits, needs, and opportunities, and their uniform, unchanging technical and economic resources.
The suggested analogy is further borne out by the rarity of the phenomenon – certainly exceptional for the Sassi, and perhaps unique in the realm of human habitation. Yet, it is certainly not only in Matera that these conditions, however uncommon, have arisen and continue to emerge. Similar situations – often evidenced by rock-hewn architecture but also evident in other environmental niches, and driven by comparable evolutionary dynamics, cultural attitudes, and objective needs – have produced, and continue to produce, spontaneous outcomes characterized by a harmonious overall visual balance. In these instances, one can readily discern the result of a selection process shaped by a similar range of experiments. The outcome is generally appreciated, and I shall attempt to explain why later.
It should be noted at the outset, however, that the consequences – for the purposes of the arguments developed here – are the same, regardless of whether these phenomena were consciously directed toward achieving predetermined goals or were the automatic result of accidental, sporadic, and unmotivated events. Yet this topic, however essential, cannot be explored in depth within these notes[2].
It is worth considering, however, that there is another important factor influencing the achievement of such extraordinary results characterized by richness of articulation, morphological uniformity, and the architectural balance of forms, and which, above all, shortens the timeframes compared to those typically required by nature.
This factor stems from the increasingly rapid replacement of genetic selection by memetic selection within the evolutionary process. This refers to the transmission of information through rapid informational selection rather than slow hereditary selection[3]. With the genetic pathway, communicating information requires the transmitter to survive for a long time; with the memetic pathway, it suffices for the message – its memory, its 'meme' – to survive. And this can naturally be transmitted in a hundred other ways, all far faster. The method of constructing the Sassi of Matera did not depend solely on the builders' lifespans and thus their greater opportunity to produce capable offspring, but also on the communicative capacity of those transmitting and receiving the message, whether through example, imagery, or the spoken word.
Over the millennia required for the Sassi to take on the exemplary configuration visible today, a great deal of technical, functional,

2. A large part of evolutionary theory is based on the premise that teleology has no influence on evolutionary processes; for further details, one may consult the extensive literature on the subject.

3. The concept of 'memetics', introduced by Richard Dawkins in his essay *The Selfish Gene* (Oxford University Press, 1976), was subsequently extensively developed by Susan Blackmore in *The Meme Machine* (Oxford University Press, 1999). Applications of memetics to architectural themes are also addressed in my essays *Darwin architetto* (ESA, Napoli 2012) and *La città mutante* (FrancoAngeli, Roma 2008).

BY-SA

1. Per i riferimenti ai primi segnali di vita sulla terra si veda il saggio di Nick Lane *Le invenzioni della vita* (Il Saggiatore, Milano 2012), divulgativo ma non troppo, anche come sostegno agli approfondimenti sull'evoluzionismo nel senso in cui si accenna in queste note.

ta sono, a mio avviso, meritevoli di attenzione.
Secondo la più avanzata ricerca biologica, già nelle fasi iniziali di consolidamento della crosta terrestre, alcune formazioni rocciose alcaline poste in prossimità di sorgenti termali, forse facenti anche esse funzione di enzima o di fonte energetica, furono incubatrici ideali per le reazioni che si andavano stabilendo al loro interno, in anfratti protetti, estremamente articolati e porosi. L'interazione che si stabiliva tra i componenti minerali di ferro e zolfo contenuti nelle rocce e i polimeri diversi con cui occasionalmente venivano a contatto, grazie a reazioni rese possibili dalla particolarità dell'ambiente ospitante, dava vita a materiale organico, vivaio dei batteri che furono il primo anello della catena della vita[1].
Dunque, fu necessaria la conformazione ricca di cavità naturali delle rocce alcaline per proteggere convenientemente le sostanze disponibili alla complessa reazione simbiotica che diede origine ai primi batteri e, quindi, all'innesco della selezione riproduttiva. Così come accade nella rupe calcarea di Matera, dove gli anfratti naturali dell'erosione sono il luogo d'incubazione delle intrusioni edilizie costruite dall'uomo e realizzano quell'innesto architettonico di cui ora si ammirano i molteplici esperimenti.
In entrambi i casi, perché si inneschino le opportunità di origine e di crescita di un processo evolutivo fecondo, è necessaria la stessa premessa essenziale: la stabilità delle condizioni ambientali che consentono lo sviluppo di processi selettivi omogenei; quelli nei quali la selezione può manifestarsi in modo ordinato e con risultati che assumono aspetti ben caratterizzati e riconoscibili. In mancanza di stabilità, la selezione potrebbe non prodursi, essere interrotta o determinare esiti disordinati e caotici, tali da non apparire come un fenomeno coerente.
Nell'evoluzione della vita su scala planetaria, la stabilità ambientale è stata spesso garantita molto a lungo. L'immensità dei tempi a disposizione ha consentito lo stabilirsi di condizioni relativamente durature nelle quali si rese possibile l'innescarsi di vivai di vitalità, quandanche isolati e forse rarissimi. Oggi si ha modo di constatare facilmente quanto quei primigeni germi di vita si siano evoluti in organismi fortemente complessi e ben identificabili.
Nel processo evolutivo misurabile alla breve scala umana la stabilità è invece quasi un'eccezione, ma è comunque indispensabile per garantire l'innescarsi di fenomeni omogenei, dotati di una consistente uniformità morfologica, ma anche di una gamma sufficientemente vasta di varietà consimili, tra le quali possa compiersi quella sperimentazione evolutiva che procede attraverso il lento meccanismo della selezione naturale. L'ambiente della vita è perennemente sottoposto a disavventure, lotte, squilibri e catastrofi sia riguardanti la dimensione sociale che quella della vera e propria sopravvivenza della specie, aggredita da ogni genere di sconvolgimenti. Ne consegue una progressione evolutiva, anche per le questioni dell'abitare, spesso turbata o soggetta a fenomeni distruttivi più che costruttivi.
Per questo sono rari gli episodi edilizi dotati di congruente omogeneità, sia essa strutturale, funzionale, morfologica o figurativa. Nei Sassi di Matera la presenza di una struttura protettiva naturale è stata l'elemento essenziale, mentre la stabilità delle condizioni ambientali e sociali è stata l'esito di un eccezionale isolamento geografico, di una prolungata permanenza di abitudini, di necessità e opportunità di vita degli abitanti nonché di una loro uniforme ed immutata disponibilità tecnica ed economica.
La suggerita analogia si conferma anche nella rarità del fenomeno, certo eccezionale per i Sassi, forse unico per la vita. Ma non è certo solo a Matera che queste condizioni, pur non comuni, si sono determinate e continuano a determinarsi. Analoghe situazioni, spesso documentate dall'architettura rupestre ma anche maturate in nicchie ambientali di altro tipo, con dinamiche evolutive omogenee nonché con atteggiamenti culturali e necessità oggettive simili, hanno prodotto e continuano a produrre esiti spontanei di armonioso equilibrio figurativo d'insieme. In essi non è difficile riconoscere l'effetto di una selezione maturata all'interno di una gamma consimile di esperimenti. L'esito che ne consegue risulta generalmente apprezzato e più avanti tenterò anche di mostrarne il perché.
Va comunque ricordato subito che, sia nel caso che tali fenomeni siano stati consapevolmente

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4298

stylistic, and aesthetic knowledge was passed down to master builders' sons through paternal genes; yet far more was acquired through direct comparison with superior, more effective, and more pleasing solutions; solutions that were selectively emulated and led to comparable results, aided by the remarkable preservation of the aforementioned stability conditions. In Matera, in fact, such conditions were abundant until just a few decades ago, and the resulting architectural language bears the mark of an exceptional, selectively achieved balance; a balance that relies precisely on the harmonious distribution of similar building models, in a beautifully symbiotic connection with the rocky fabric that houses them.

The qualitative assessment universally associated with this unique phenomenon may well have a logical, perhaps even scientific, basis. The reproductive pattern of the observable building typology becomes evident precisely through the vast number of specific applications which, while differing slightly in detail, fundamentally adhere to a select few laws of growth. Their advantages, regarding functional aspects that have solidified into their current forms over millennia, have been amply proven and are clearly perceptible in the Sassi, as if demonstrated by a catalogue of architectural morphologies displayed in an organized, synoptic overview.

It is not merely orderly; above all, it is so clear that it effortlessly reveals the generative laws that shaped it. It is precisely this clear, eloquent quality, one might say, that enables the observer to grasp and easily master its genetic mechanism, understand its logic, and appreciate its effectiveness; in essence, learning from it so as to be able to reproduce the process of its origin and growth when the need arises. The observer thus perceives the phenomenon with satisfaction, aware of its utility. There is no sense of repulsion, nor any obstacle to grasping its fluidity; it is akin to observing a flower, a bird in flight, or a windswept wave as if the phenomenon's outward appearance made its very occurrence seem obvious and natural.

Conversely, he experiences different and opposing sensations from phenomena characterized by a predominance of complexity, contradiction, disorder, and the disruption of harmony within the sequence of acts leading to the definition and identifiability of form.

The overarching typological laws that generate the architecture of the Sassi are comparable to the physical laws governing the emergence of forms in nature. Understanding them points the way to their application and thus provides insights into the mechanisms of natural selection. This constitutes valuable information that, despite not being the product of an intentional process, can benefit those who use it, thereby enhancing their survival by revealing which solutions in the past proved best adapted to diverse environmental needs[4].

4. The advantage offered by certain solutions (understood here as 'mutations' in the flow of events) brings into play the concept of 'adaptation', whether more or less favorable, that these solutions may exhibit in relation to the environment. Stephen J. Gould and Elisabeth S. Vrba argue (in *Exaptations. Il bricolage dell'evoluzione*, Bollati Boringhieri, Torino 2008) that evolutionary theory lacks a term to designate traits which, despite arising from accidental occurrences (mutations), increase an organism's chances of survival. They propose using the term 'exaptations' for this purpose; while difficult to translate adequately into Italian, the term clearly indicates that a structure's genetic process cannot be deduced from its potential future utility.





2

Figure 2
The laws governing these phenomena sometimes reveal themselves with intuitive clarity. Left: the harmonious arrangement of the petals of Wikipedia's charismatic 'rose'. Right: the equally harmonious articulation of building volumes amidst the terraced tiers of the Sassi. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rosa_piccola.jpg, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%22_12_-_ITALY_-_Sassi_di_Matera_UNESCO.JPG?uselang=it (last access 8/10/2026).

BY-SA

2. Gran parte dell'evoluzionismo si basa sull'ininfluenza della finalizzazione sui processi evolutivi; per qualsiasi approfondimento si rimanda alla vasta letteratura in merito.

3. Il concetto di "memetica", introdotto da Richard Dawkins nel suo saggio *Il gene egoista* (Mondadori, Milano 1992; ed. orig. *The Selfish Gene*, Oxford University Press, 1976), fu poi ampiamente sviluppato da Susan Blackmore in *La macchina dei memi* (Instar Libri, Torino 2002). Applicazioni della memetica ai temi dell'architettura sono anche affrontate nei miei saggi *Darwin architetto* (ESA, Napoli 2012) e *La città mutante* (FrancoAngeli, Roma 2008).

orientati verso il raggiungimento di fini prefissati, sia che risultino automaticamente prodotti da eventi accidentali, episodici e immotivati, le conseguenze, ai fini dei ragionamenti qui sviluppati, sono le medesime. Ma l'argomento, pur essenziale, non può essere approfondito in queste note[2].

È invece il caso di considerare che c'è un altro importante fattore che influisce sul raggiungimento di esiti così straordinari, per ricchezza di articolazione, per uniformità morfologica e per equilibrio figurativo dell'architettura e che, soprattutto, ne abbrevia i tempi rispetto a quelli consueti necessari alla natura.

È il fattore dovuto al sempre più rapido sostituirsi, nel processo evolutivo, della selezione memetica a quella genetica. Con il ché si intende fare riferimento alla trasmissibilità delle informazioni tramite la veloce selezione informativa, piuttosto che tramite la lenta selezione ereditaria[3]. Con la via genetica, perché un'informazione sia comunicata occorre che chi la trasmette sopravviva a lungo; con la via memetica basta che sopravviva il messaggio, la sua memoria, il suo "meme". E questo è trasmissibile naturalmente in cento altri modi, tutti assai più veloci. Il modo di edificare i Sassi di Matera non è stato affidato solo alla durata della vita dei loro costruttori e quindi alla loro maggiore possibilità di generare una prole abile, ma anche alla capacità comunicativa di chi trasmette e riceve il messaggio, con l'esempio, con l'immagine o con la voce.

Nei millenni che furono necessari per la configurazione esemplare dei Sassi, così come sono attualmente visibili, molte informazioni tecniche, funzionali, stilistiche ed estetiche furono trasmesse ai figli dei mastri costruttori attraverso i geni paterni, ma molte di più furono apprese dal confronto immediato con soluzioni migliori, più efficaci e più piacevoli; soluzioni che venivano imitate selettivamente e che conducevano a risultati tra loro confrontabili, grazie anche alla straordinaria conservazione delle condizioni di stabilità prima indicate. A Matera, infatti, fino a pochi decenni fa tali condizioni non mancavano e il linguaggio architettonico che ne conseguì conserva il segno dell'eccezionale equilibrio selettivamente raggiunto. Un equilibrio che si avvale proprio dell'armoniosa diffusione di modelli edilizi simili, in connessione felicemente simbiotica con il tessuto connettivo roccioso che li ospita. Il giudizio qualificativo che viene universalmente associato a questo singolare fenomeno può avere una ragione logica, direi forse scientifica. Lo schema riproduttivo della tipologia edilizia osservabile si rende palese proprio per la grande quantità di applicazioni particolari, marginalmente differenti, ma sostanzialmente rispondenti a poche e selezionatissime leggi di crescita. La loro vantaggiosità, in riferimento agli aspetti funzionali che nei millenni sono andati consolidandosi nelle forme attuali, è stata comprovata ampiamente ed è ben percepibile nei Sassi, come se fosse dimostrata da un elenco di morfologie architettoniche esposte in un quadro sinottico ordinato.

Non solo ordinato, ma soprattutto talmente chiaro da rivelare con semplicità anche le leggi generatrici che l'hanno conformato. È proprio questa facile evidenza, eloquente, direi, a porre l'osservatore in condizione di capire e di impadronirsi con agevolezza del loro meccanismo genetico, comprendendone la logica e apprezzandone l'efficacia; in buona sostanza, imparando da esso, in modo da saperne all'occorrenza riprodurre il processo di origine e di crescita. È dunque con soddisfazione che l'osservatore recepisce il fenomeno, conscio della sua utilità. Non ne è respinto, non ha ostacoli nel coglierne la fluidità; è come se osservasse un fiore, o un uccello in volo, o un'onda mossa dal vento; è come se le apparenze del fenomeno rendessero ovvio e naturale il suo verificarsi. Sensazioni diverse e opposte gli procurano, al contrario, i fenomeni in cui predominano la complessità, la contraddizione, il disordine e l'interruzione dell'armonia nella catena di atti che portano alla definizione e all'identificabilità della forma.

Le leggi tipologiche complessive che generano l'architettura dei Sassi sono qualcosa di confrontabile con le leggi fisiche che governano la nascita delle forme in natura. Comprenderle indica la strada per utilizzarle e fornisce, pertanto, un'informazione utile a svelare i meccanismi con cui opera la selezione naturale. Si tratta dunque di un'informazione preziosa che, pur non essendo il risultato di un proces-

Figura 2
Le leggi generatrici dei fenomeni talora si esplicitano con intuitiva evidenza. A sinistra: l'armoniosa disposizione dei petali della carismatica "rosa" di Wikipedia. A destra: l'ugualmente armoniosa articolazione dei volumi edilizi tra le gradinate dei Sassi. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rosa_piccola.jpg, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%22_12_-_ITALY_-_Sassi_di_Matera_UNESCO.JPG?uselang=it (ultima consultazione 8/10/2026).

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4298

It is evident that this entails possessing a tool capable of revealing the logic behind the most favorable forms of natural selection, whether they be the most useful building typologies, the most successful technical solutions, or the most effective development processes. Fundamentally, this tool embodies harmony, which is valuable in both the natural and the artificial realms. It is certainly a reductive and simplistic line of reasoning, yet indisputable; moreover, it reflects the very way aesthetic judgment operates, seeking signs of the good, the useful, and the harmonious in all things as indicators of potential advantage. The inexorable nature of natural selection compels us to employ this mechanism[5], which is to say, it compels us to make use of aesthetics. Indeed, it is worth noting that if the ability to discern beauty as a signal of goodness enhances the survival of those who possess it, that ability, along with the drive to survive, is preserved in them, to the detriment of those less endowed with such a trait and who, consequently, will have fewer opportunities to pass it on.

For now, one can take this conclusion to heart: beauty is the primary indicator for identifying the genetic or memetic paths taken by the most advantageous solutions, those that result in evolution (even if evolution was not their intended goal). This holds true for the rose that best attracts, through beauty and fragrance, the agents that enable its reproduction, and for the Sassi of Matera, whose harmony is the universally recognized sign of how an exemplary historic habitat came into being and developed.

5. To some extent, it is indeed a genuine imperative. The drive to survive has become embedded in the DNA of living organisms, humans in particular, and it, too, persists through selective processes, just like any trait that confers an advantage upon its bearer. Adhering to this drive is not a matter of choice; it is part of genetically acquired behaviour.

CC BY-SA

4. Il vantaggio presentato da determinate soluzioni (intese qui come "mutazioni" nel fluire degli eventi) chiama in causa il concetto di "adattamento", più o meno favorevole, che esse possono manifestare in rapporto all'ambiente. Stephen J. Gould ed Elisabeth S. Vrba sostengono (in *Exaptations. Il bricolage dell'evoluzione*, Bollati Boringhieri, Torino 2008) che nella teoria dell'evoluzione manca un termine per designare i caratteri che, pur essendo esito di accadimenti accidentali (le mutazioni), aumentano le possibilità di sopravvivenza degli organismi. Propongono di usare in proposito il termine *exaptations*, mal traducibile in italiano con *ex-attamenti*, ma che indica con chiarezza la non deducibilità del processo genetico di una struttura dalla sua eventuale utilità futura.

5. In qualche misura si tratta infatti di un vero obbligo. La tendenza a sopravvivere si è sedimentata nel DNA degli organismi viventi, dell'uomo in particolare, e sopravvive anch'essa selettivamente come qualsiasi carattere capace di avvantaggiare il portatore. Rispettare tale tendenza non è una scelta, è parte del comportamento acquisito geneticamente.

Si comprende come questo significhi disporre di uno strumento capace di indicare la logica con cui procedono le selezioni naturali più favorevoli, siano esse le tipologie edilizie più utili, le soluzioni tecniche più riuscite o i procedimenti di sviluppo di maggior successo. Tale strumento è sostanzialmente la presenza dell'armonia, utile sia nella natura che nell'artificio.

È certo un ragionamento riduttivo e semplicistico, ma incontestabile, e d'altra parte non è altro che il modo in cui procede il giudizio estetico, che cerca gli indizi del buono, dell'utile e dell'armonioso in tutte le cose, come segnali di una prevedibile vantaggiosità. L'inesorabilità del processo di selezione naturale obbliga a farne uso[5]. Questo vuol dire che obbliga a fare uso dell'estetica. È bene notare, infatti, che se la capacità di discernere il bello in quanto segnale del buono favorisce la sopravvivenza di chi sa farne uso, con lui si conservano anche la sua capacità e la sua intenzione di sopravvivere, a scapito di chi ne è meno provvisto e, pertanto, avrà meno occasioni di tramandarla.

Per ora può farsi tesoro di questa conclusione: la bellezza è il segnale privilegiato per individuare le vie genetiche o memetiche percorse dalle soluzioni più vantaggiose. Quelle la cui conseguenza è l'evoluzione (pur senza esserne stata il fine). Vale per la rosa che meglio attrae, con la bellezza e il profumo, chi le consentirà di riprodursi e vale per i Sassi di Matera, la cui armonia è il segno, universalmente riconosciuto, di come nacque e si sviluppò un habitat storico esemplare.

DOI: https://doi.org/10.15168/xy.v11i17.4298