

Attilio Nebuloni, architetto, ricercatore di Composizione Architettonica e Urbana presso il Politecnico di Milano, Dipartimento di Design. Insegna progettazione architettonica alla Scuola di Architettura Urbanistica Ingegneria delle Costruzioni. Temi di ricerca principali sono la relazione tra architettura/natura e gli aspetti della sostenibilità, l'interazione fisica con i dati ambientali del contesto nella costruzione del progetto, il *computational design*. Relatore di tesi sui temi dell'architettura digitale, dello spazio aperto e dell'interazione con gli aspetti della natura nei processi del progetto di architettura, ha promosso e diretto workshop sugli strumenti di progettazione digitale.

Andrea Rossi, computational designer e ricercatore, è attualmente dottorando presso la Digital Design Unit del Prof. Tessmann alla TU Darmstadt. I suoi interessi di ricerca si articolano su diverse scale, dalla fabbricazione robotica alla pianificazione urbana con strumenti digitali. Le sue collaborazioni passate e presenti includono ETH Zurigo, Coop Himmelb(l)au, Politecnico di Milano - IndexLab tra molti altri. Ha insegnato corsi di design digitale e tenuto lectures in Italia, Germania, USA e Cina. Il suo lavoro è stato presentato più volte a livello internazionale, tra cui Triennale di Milano 2016, Biennale di Venezia 2012, CAADRIA 2017, EnCoding Architecture 2013, ACADIA 2013.

Considerare il digitale non come un semplice obiettivo da perseguire nel progetto, ma come una strategia operativa della progettazione, implica una sempre maggior confidenza con il mondo delle tecnologie. Un rapporto, questo, che a differenza di quanto finora è avvenuto nella storia, non si misura tanto nell'applicazione di forme di innovazione tecnologica ai processi della costruzione, quanto nella capacità di controllare e gestire il linguaggio e gli strumenti con cui il progetto stesso si articola. Adottare la computazione come forma di progettazione è infatti profondamente diverso dal semplice utilizzo di strumenti orientati ad incrementare le capacità produttive del progettista e comporta in primo luogo l'aprire il progetto a tecniche e strategie, la cui principale forza si misura nella capacità di promuovere "nuovi e diversi modi di pensare". Nel *computational design*, il dominio della programmazione e quello della progettazione si uniscono per identificare una forma di creatività capace di interpretare le informazioni in procedure e regole per il progetto. Le tecnologie digitali ed emergenti vengono così integrate nella elaborazione di un prodotto e la computazione è vista come il processo che regola le informazioni e le interazioni tra gli elementi in gioco nella definizione del disegno della forma, delle sue reazioni responsive al contesto e delle applicazioni delle stesse tecnologie digitali alla produzione.

Il testo propone un'articolazione del tema "Codice e progetto", intendendo il primo come un linguaggio flessibile in grado di connettere ed ibridare ambiti, processi e discipline ed il secondo come lo spazio in cui i processi elaborati nella programmazione producono "originalità" nel progetto stesso, approfondendo aspetti teorici ed esperienze di ricerca declinate nei contesti specifici del progetto: l'architettura, il design, la rappresentazione, il territorio, le tecnologie, le interfacce di comunicazione e i materiali. Il testo vuole essere un'introduzione ai temi del progetto digitale e, nello specifico, degli aspetti sistematici centrali nella relazione tra computazione e design: il diagramma come strumento per la mediazione tra dinamiche computazionali emergenti e intento progettuale; le interfacce digitali, intese come processi creativi di ridefinizione delle pratiche progettuali; il disegno digitale, come struttura regolatrice del progetto; il *meshing* e l'*indexing*, come modelli procedurali per la gestione delle interazioni tra le varie strutture del territorio; l'uso di pratiche bio-digitali di computazione per dissolvere la forma architettonica in uno spazio fluido di relazioni; la progettazione e produzione di nuovi materiali programmabili che ridefiniscono la relazione tra forma e materia e aprono a nuovi scenari di differenziazione formale e interattiva; l'uso di macchine CNC e robot industriali, per riconfigurare le relazioni tra progetto e costruzione; il BIM, come piattaforma di dialogo e condivisione tra i diversi campi del progetto. Contributi teorici di Attilio Nebuloni, Andrea Rossi, Michela Rossi, Giorgio Buratti, Federico Ruberto, Giorgio Vignati, Pierpaolo Ruttico, Matteo Lo Prete, Stefano Arrighi e Matteo Meraviglia

Mimesis Edizioni
Materiali di architettura
e di urbanistica
www.mimesisedizioni.it

22,00 euro

ISBN 978-88-5754-478-6



CODICE E PROGETTO

Attilio Nebuloni e Andrea Rossi

MIMESIS

CODICE E PROGETTO

Il computational design tra architettura,
design, territorio, rappresentazione,
strumenti, materiali e nuove tecnologie

Attilio Nebuloni
Andrea Rossi

 **MIMESIS**
MATERIALI
DI ARCHITETTURA
E DI URBANISTICA

Materiali di architettura e di urbanistica

Collana di progetti, piani, paesaggi

La collana, avviata nel 2014 da docenti del Politecnico di Milano, raccoglie lavori di architettura e di urbanistica anche distanti per argomento e impostazione ma sempre improntati al rigore del metodo, alla dimostrazione degli assunti, alla fondatezza e ripercorribilità dei cammini analitici e progettuali. È stato scelto di non assumere limiti di scala e di confine promuovendo così la pubblicazione di studi che spaziano dai temi della dimensione regionale al progetto della cellula residenziale e, di conseguenza, intersecando e confrontando competenze disciplinari diverse. I *materiali* della collana sono destinati a chi, anche privo di radicati fondamenti specialistici, intenda farne uso nella prospettiva d'una architettura e urbanistica di reale cambiamento, come impone l'evoluzione della società, della cultura e delle scienze.

Architecture and Urban Planning Materials

Collection of projects, plans, landscapes

The collection, launched by professors of the Politecnico di Milano in 2014, collects a variety of architectural and urban planning works. Though these works concern a wide array of arguments and settings, they are shaped to the rigor of the method, to the demonstration of assumptions, and to the legitimacy and retracement of analytical and project paths. The decision was made to not adopt limits of scale and boundary, thereby promoting the publication of studies that range from themes of the regional dimension to the plan of a single residential cell. In this way, different disciplinary competences are intersected and compared. The collection's materials are intended for those who, even if devoid of rooted specialized foundations, intend to use them in prospect of an architecture and urban planning of true change, as the evolution of society, culture, and science today imposes.

建筑与城市规划材料

项目、规划和景观集锦

本书在2014年由米兰理工大学建筑与城市研究学院的三位教授推出，收录了多个建筑和城市规划的项目。这些项目涉及了广泛的内容和议题。通过严谨的方法，对假设的论证、重演分析的基础和功能、以及展示项目的过程等来形成最终项目。本书观点并不拘泥于项目规模和范围的限制，而是促进扩展性的研究，范围可从区域性尺度到住宅单元，以应对交叉学科和不同学科的能力。如今随着社会、文化和科学的各方面急需转变，因此书中所提供的材料的目的是在于提供建筑和城市规划真正的前景，即使是对非本专业的认识也将有所启迪。

Collana fondata da Pier Luigi Paolillo

Scientific Committee

Rui Braz Afonso (Universidade do Porto)
Roberto Casseti (Sapienza – Università di Roma)
Claudio Chesi (Politecnico di Milano)
Gilberto Corso Pereira (Universidade Federal da Bahia)
Yong Ge (Chinese Academy of Sciences)
Małgorzata Hanzl (Technical University of Lodz)
Giuseppe Las Casas (Università degli Studi della Basilicata)
Luigi Mazza (Politecnico di Milano)
Olimpia Niglio (Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano)
Marco Petreschi (Sapienza – Università di Roma)
Lanfranco Senn (Università Commerciale Luigi Bocconi, Milano)
Ricardo Antonio Tena Nunez (Instituto Politécnico Nacional de Ciudad de México)
Massimo Venturi Ferriolo (Politecnico di Milano)

Editorial Committee

Elisabetta Ginelli (direttore della collana)
Attilio Nebuloni, Gianluca Pozzi
Politecnico di Milano

Certificazione scientifica delle opere

I volumi della collana sono soggetti a un processo di *Blind Peer Review* di cui è responsabile l'editore e, prima della loro pubblicazione, viene informato il Comitato scientifico.

Scientific certification of the works

The volumes of the collections are subjected to a blind peer review process directed under the editor's responsibility, and supported by the scientific committee, informed of such process before the volumes publication.

Impaginazione a cura degli autori

In copertina: Origamic surface, modellazione algoritmica del pattern a stella di Ron Resh, rielaborazione degli autori da risorsa online

MIMESIS EDIZIONI (Milano – Udine)
www.mimesisedizioni.it
mimesis@mimesisedizioni.it

Collana:

Materials di architettura e di urbanistica

Isbn: 9788857544786

© 2017 – MIM EDIZIONI SRL

Via Monfalcone, 17/19 – 20099

Sesto San Giovanni (MI)

Phone: +39 02 24861657 / 24416383

Fax: +39 02 89403935

CODICE E PROGETTO

Il computational design tra architettura,
design, territorio, rappresentazione,
strumenti, materiali e nuove tecnologie

CODE AND DESIGN

Computational design between architecture,
design, landscape, representation,
tools, materials and advanced technologies

Attilio Nebuloni
Andrea Rossi



MIMESIS

Materiali di architettura e di urbanistica

SOMMARIO

FRAMEWORK (p. 9)
Attilio Nebuloni, Andrea Rossi

CODICE E PROGETTO (p. 15)
Attilio Nebuloni
Codice e linguaggio (p. 17). Dati e informazione (p. 19). Struttura e livelli del processo di computazione (p. 20). Logica diagrammatica (p. 21). Thinking bottom-up (p. 22). Da tipologia a template (p. 25).

ARCHITETTURA COME INTERFACCIA
DALLO SCHERMO AGLI SPAZI AUMENTATI (p. 31)
Andrea Rossi
Interfacce progettuali come ontologie (p. 32). Una genealogia delle interfacce digitali per la progettazione (p. 34). Il ritorno del reale (p. 37). Architettura come interfaccia. Progettare in uno spazio aumentato (p. 41).

IL TERRITORIO TRA ANALOGICO E DIGITALE
UN'ERMENEUTICA MACCHINICA E I SEGNI DELLA MATERIA (p. 45)
Federico Ruberto
Il territorio oggi. Astrazioni ed estrazioni cibernetiche (p. 45). Complessità e oggettività fabbricata, astrazioni e de-localizzazioni (p. 49). Interruzioni, fratture, buchi. Diventare amministratori di efficienti inefficienze (p. 54). Forme tra controllo e contingenza. Probabilità vs eventi, insiemi aperti vs insiemi chiusi (p. 57).

TRA PROGETTAZIONE E CODICE
LA NATURA DIAGRAMMATICA DELLA COMPUTAZIONE (p. 65)
Attilio Nebuloni
Il diagramma (p. 65). Computazione e progetto (p. 71). Diagrammatica della computazione (p. 73).

DISEGNO E COMPLESSITÀ. VERSO NUOVI SCENARI DI PROGETTO (p. 83)
Michela Rossi, Giorgio Buratti
Il design come sistema complesso (p. 88). Pattern come strumento metodologico (p. 90).

GLI APPROCCI COMPUTAZIONALI NELLA PROGETTAZIONE (p. 95)
Giorgio Vignati
Il contesto del progetto computazionale (p. 95). Algoritmo e codice (p. 98). Approcci alla codifica (p. 100). Aspetti computazionali in un progetto responsivo (p. 102). Conclusioni (p. 106).

IL DISEGNO COMPUTAZIONALE
LA FORMA COME ORGANIZZAZIONE (p. 111)
Giorgio Buratti
Disegno computazionale (p. 111). Forma, materia e organizzazione (p. 115).

META-STRUTTURE TERRITORIALI ED INTERFACCE SEMIOTICHE (p. 125)

Federico Ruberto

Diagrammi e iper-indici. Conciliare scale, reti, livelli e soglie (p. 125). Diagrammare territori. Indicizzare-combinare-prototipare (p. 129). Indicizzare paesaggi socio-materiali (p. 130). Dalla mappatura all'indicizzazione in tre gradi di astrazione (p. 131). Segni e tipi di relazione (p. 134). "Meshing". Diagrammi per spazializzare astrazioni territoriali (p. 137). Meta-strutture progettuali. Sintesi orizzontali (materiali) e verticali (digitali) (p. 139). Mesh. Un organismo imperfetto di continuità e discontinuità, differenza e ripetizione (p. 143).

L'ARCHITETTURA DELL'ADATTIVITÀ (p. 151)

Attilio Nebuloni

Adattività (p. 151). Materiali e strumenti del progetto adattivo (p. 155). Adattività e architettura (p. 158).

IL NUOVO MATERIALISMO (p. 163)

Stefano Arrighi

Computazione del materiale e form finding digitale (p. 164). Materiali adattivi e biomimicITÀ (p. 168). Materiali programmabili (p. 171). Conclusioni (p. 173).

BUILDING INFORMATION MODELING

DECODIFICANDO LA SCATOLA NERA (p. 177)

Matteo LoPrete

Cos'è il BIM esattamente? (p. 177). Aspetti fondamentali del BIM (come funziona?) (p. 179). Livello di ...? (p. 181). Vantaggi vs costi (p. 184). Punti critici in un ciclo senza interruzioni (p. 188). Conclusioni (p. 190).

ALGORITMI E ROBOT. NUOVE ESTETICHE DI PROGETTO E SISTEMI COSTRUTTIVI EMERGENTI (p. 193)

Pierpaolo Ruttico

I pionieri di un nuovo paradigma dell'architettura (p. 193). Algoritmi (p. 197). Robot (p. 197). Conclusioni (p. 206)

CONTAMINAZIONE

SCENARI COMPLESSI DEL PROGETTO DIGITALE (p. 209)

Matteo Meraviglia

Prologo. Quadro clinico (p. 209). Il corpo della sperimentazione (p. 211). The aLLhOLE project. City death and territory rebirth (p. 212). In vitro. Scripting e coding (p. 216).

IL CODICE DEL PROGETTO, IL PROGETTO DEL CODICE ARCHITETTURA COME PROCESSO (p. 219)

Attilio Nebuloni, Andrea Rossi

CONTENUTO DEGLI SCRITTI (p. 223)

NOTE BIOGRAFICHE DEGLI AUTORI (p. 237)

TABLE OF CONTENTS

FRAMEWORK

Attilio Nebuloni, Andrea Rossi

DESIGN AND CODE

Attilio Nebuloni

Design and language. Data and information. Computational process structure and levels. Diagram logics. Bottom-up thinking. From typology to template.

ARCHITECTURE AS INTERFACE FROM THE SCREEN TO AUGMENTED SPACES

Andrea Rossi

Design interfaces as ontologies. A genealogy of digital design interfaces. The return of the real. Architecture as interface: design in an augmented space.

TERRITORY BETWEEN ANALOG AND DIGITAL MACHINIC HERMENEUTICS AND THE SINGS OF MATTER

Federico Ruberto

Territory today. Complexity and fabricated objectivity, abstractions and de-localizations. Interruptions, breaks, holes. Forms between control and contingency.

BETWEEN DESIGN AND CODE THE DIAGRAMMATIC NATURE OF COMPUTATION

Attilio Nebuloni

Diagram. Computation and design. Computational diagrams.

DESIGN AND COMPLEXITY. TOWARDS NEW DESIGN SCENARIOS

Michela Rossi, Giorgio Buratti

Design as complex system. Patterns as methodological instruments.

COMPUTATIONAL APPROACHES IN DESIGN

Giorgio Vignati

Computational design context. Algorithm and code. Encoding approaches. Computational elements in responsive design. Conclusion.

COMPUTATIONAL DESIGN FORM AS ORGANIZATIONAL SYSTEM

Giorgio Buratti

Computational drawing. Form, matter and organization.

TERRITORIAL META-STRUCTURES AND SEMIOTIC INTERFACES

Federico Ruberto

Diagrams and hyper-indexes. Indexing-Meshing-Prototyping. Indexing social and material landscapes. From mapping to indexing. Signs and type of relations. "Meshing". Projective meta-structures. Mesh. An imperfect organism of continuity and discontinuity, difference and repetition. Conclusion.

ADAPTIVE ARCHITECTURE

Attilio Nebuloni

Adaptivity. Tools and materials for adaptive design. Adaptivity and architecture.

NEW MATERIALISM

Stefano Arrighi

Material computation and digital form finding. Adaptive materials and biomimicry. Programmable materials. Building information modeling. Conclusion.

BUILDING INFORMATION MODELING. DECODING THE BLACK BOX

Matteo LoPrete

What is BIM, exactly?. BIM fundamental aspects. Level of...?. Advantages vs costs. Critical milestones in a seamless cycle.

ALGORITHMS AND ROBOTS

NEW DESIGN AESTHETICS AND EMERGENT BUILDING SYSTEMS

Pierpaolo Ruttico

The pioneers of a new architectural paradigm. Algorithms. Robot. Conclusion.

CONTAMINATION. COMPLEX SCENARIOS OF DIGITAL DESIGN

Matteo Meraviglia

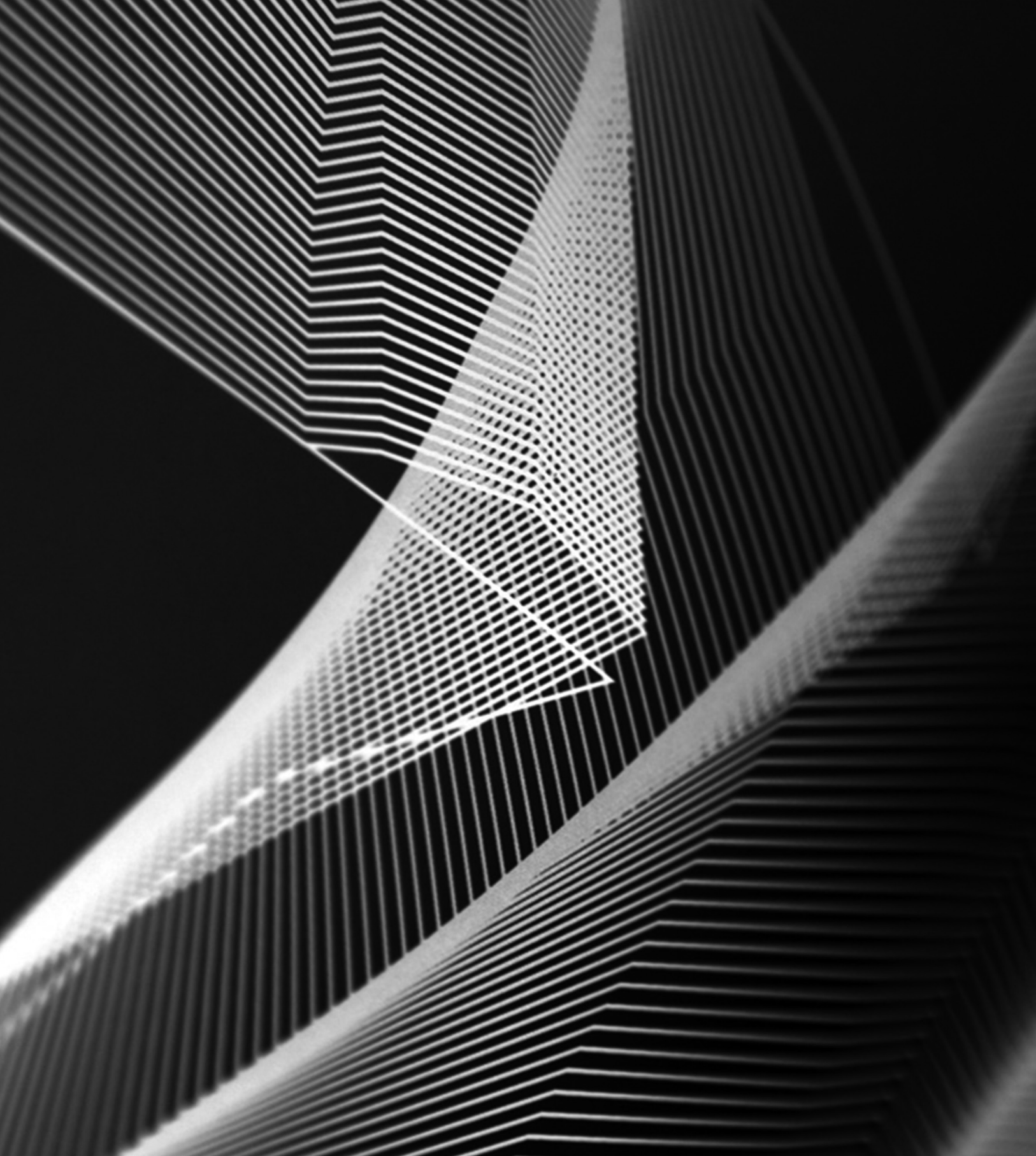
Foreword. Clinical status. The aLLhOLE project. City death and territory rebirth. Experimentation body. In vitro. Scripting and coding.

ENCODING DESIGN, DESIGNING CODE. ARCHITECTURE AS PROCESS

Attilio Nebuloni, Andrea Rossi

CONTENT OF THE ESSAYS

BIOGRAPHICAL NOTES OF AUTHORS



Michela Rossi
Giorgio Buratti

Dipartimento di Design del
Politecnico di Milano

DISEGNO E COMPLESSITÀ VERSO NUOVI SCENARI DI PROGETTO

¹ Emblematico è il caso di Greg Lynn e delle architetture Blob. Greg Lynn è un architetto e designer americano laureato alla Princeton University, che nel 1995 conia l'espressione "*blobitecture*" per indicare forme architettoniche organiche e globulari. Le strutture morbide e sinuose di Lynn sono sviluppate con BLOB-Binary Large Objects, un modulo del software di modellazione tridimensionale Wavefront, che genera le geometrie simulando l'applicazione di una pressione sulle superfici digitali. Benché la definizione Blob-architecture fosse intesa dall'autore in riferimento all'utilizzo del plug-in, è stato successivamente interpretata in relazione all'omonimo film del 1958 («The Blob», diretto da Irvin Yeaworth) nel quale una creatura aliena amebiforme terrorizza una piccola cittadina americana. Blob-architecture, Blobitecture o Blobbismo, sono termini attualmente usati per descrivere il neonato movimento contemporaneo in cui architetture od oggetti d'uso presentano una forma organica, caratterizzata da curve e sferoidi, a prescindere dal software e dal processo progettuale utilizzato.

Nel processo progettuale il disegno da sempre precede l'attività costruttiva. L'atto del disegnare costituisce un momento di organizzazione di idee, di gestione delle risorse e di previsione dei risultati, che è reso possibile dall'impiego di strumenti dedicati. La fase di ideazione, momento iniziale di qualsiasi progetto, è tradotta in enti geometrici fondamentali quali linee, curve e superfici, tracciati attraverso supporti di immediato utilizzo che permettono la materializzazione esatta del segno. Matita, penna, riga, squadra e compasso si sono affinati lentamente, rimanendo sostanzialmente invariati nel corso dei secoli, ed è solo negli ultimi quattro decenni che sono stati affiancati dai sistemi informatici.

L'introduzione del computer come strumento di disegno ha determinato un mutamento epocale: oltre a contrarre i tempi di esecuzione ed aumentare l'accuratezza del segno, l'elaboratore permette di disegnare in uno spazio tridimensionale efficacemente simulato, consentendo l'espressione di forme più articolate. Le nuove possibilità si accompagnano però ad una maggior complessità dello strumento che richiede l'apprendimento di un sistema di interfaccia per poter essere efficacemente utilizzato, a discapito dell'immediatezza del gesto. Per molti anni la digitalizzazione del disegno ha suscitato un'ampia gamma di reazioni, dall'entusiasmo all'aperto criticismo, ma i vantaggi offerti sono tali che oggi è difficile pensare a qualsiasi pratica progettuale che non utilizzi software e periferiche digitali.

La prima fase di produzione di disegni attraverso l'uso del computer, collocabile tra la fine degli anni '80 e la metà degli anni '90 del secolo scorso, è caratterizzata dall'importanza dell'hardware, continuamente evoluto alla ricerca di prestazioni ottimali. Il ruolo del software è relegato alla simulazione delle attività operative del disegno tradizionale.

Il computer è usato come un efficace "tecnigrafo digitale" in grado di offrire nuove possibilità, quali il copia\incolla o l'annulla operazione, ma la rappresentazione avviene ancora per piante e sezioni, discostandosi poco, da un punto di vista concettuale, dalle modalità di disegno con riga e squadra.

In quella che possiamo considerare la seconda fase, compresa tra il 1995 ed i primi anni del Duemila, i programmi di modellazione tridimensionale condizionano progressivamente il processo progettuale. Il livello di coinvolgimento del *software* passa dalla rappresentazione ad una diretta influenza nel processo di generazione della forma, arrivando talvolta a caratterizzare la morfologia degli artefatti¹.

Diviene possibile riconoscere i procedimenti digitali che la forma sottende, legati ai tratti caratteristici delle diverse categorie di *software*. Ad esempio i modellatori NURBS descrivono curve, superfici e volumi in maniera

Nella pagina precedente: Applicazione di un algoritmo per la grafica generativa (fonte: elaborazione degli autori)

rigorosa permettendo al contempo la gestione intuitiva di deformazioni spaziali complesse. Queste caratteristiche hanno aiutato i progettisti ad ampliare notevolmente il proprio vocabolario formale, non solo promuovendo la ricerca di nuove configurazioni, ma soprattutto permettendone il controllo col livello di precisione richiesto dall'iter progettuale.

Un ulteriore vantaggio offerto dai modelli digitali tridimensionali sviluppati in questo periodo è la simulazione delle forze che possono agire su materiali e strutture, consentendo una verifica progettuale costante, rapida e più economica, anche se a volte meno precisa, di quella ottenibile testando i modelli analogici.

Negli ultimi anni i cambiamenti di natura economica, sociale e culturale hanno accelerato l'avvento di una società digitale e globalizzata. In un mondo dove le periferiche *hardware* sono onnipresenti e costantemente interconnesse, il *software* e la capacità di gestirlo diventano determinanti. Smartphone, tablet e altri dispositivi elettronici diventano sempre più dei terminali e sempre meno artefatti dotati di una propria autonomia, tanto da risultare inutilizzabili in caso di mancata connessione all'infrastruttura informativa. L'*hardware* diventa meno rilevante, al punto che è possibile modificarne le prestazioni e il comportamento sostituendo il sistema operativo. Il sistema materiale si subordina alla definizione dei codici e dei linguaggi che ne permettono il funzionamento.

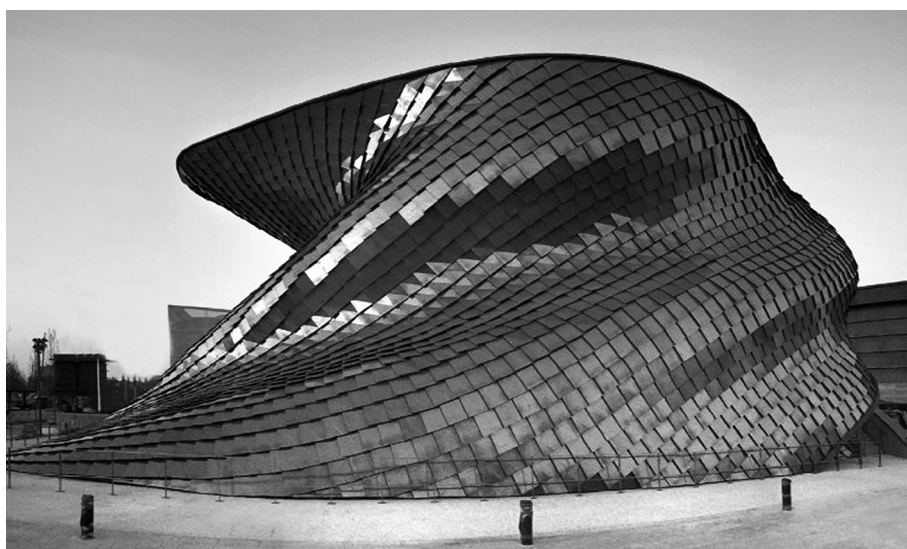
Nello specifico del disegno per il progetto, l'accresciuto livello di alfabetizzazione informatica ha portato i progettisti ad indagare i processi, spesso sconosciuti, che sottendono il funzionamento dello strumento digitale quotidianamente utilizzato. Questo interesse ha stimolato un nuovo tipo di modellazione, basata sulla logica di elaborazione delle informazioni, che ha determinato una nuova fase di disegno assistito al computer.

La libertà morfologica che contraddistingue le recenti produzioni nel mondo del design o dell'architettura, è il risultato di un utilizzo consapevole del medium digitale che libera il progettista dai vincoli e dai condizionamenti dei *software* CAD tradizionali. Quest'ultimi inducono l'utilizzatore a scegliere tra insiemi di elementi formali predefiniti e successivamente assemblati. I processi che generano le geometrie sono nascosti dietro all'interfaccia del *software*, rimanendo materia di competenza delle case produttrici del programma, che spesso sviluppano soluzioni arbitrarie.

Ricercatori e professionisti del mondo della progettazione hanno cooperato con gli ingegneri informatici per ovviare a questi limiti, sviluppando applicativi sempre più aperti e adattabili alle singole esperienze progettuali e di ricerca.

Il comune denominatore di questi strumenti è la generazione della forma attraverso la stesura di algoritmi concatenati, come risultato di un processo organico e unitario. Un algoritmo è un procedimento sistematico basato su una successione di istruzioni univocamente interpretabili che spiegano come raggiungere un determinato obiettivo. Utilizzato nel disegno promuove un indirizzo di ricerca basato sulla centralità del concetto di codice-procedura: se la risoluzione di un problema può essere descritta da un numero finito di passi, allo stesso modo l'identità di una forma è conseguenza dell'insieme di regole discrete che la definiscono. La

3d Printing Dresses, Collezione Iris van Herpen, 2011
(fonte: Van Herpen, risorsa on-line)



Vanke "Red Dragon" pavilion di
Daniel Libeskind, EXPO 2015, Milano
(fonte: foto dell'autore)

forma non è definita a priori, ma deriva da un processo di affinamento di istanze concettuali, comunicative, strutturali e geometriche che porta al risultato più rispondente alle aspettative formulate in partenza.

Il concetto di costruzione della forma come risposta ad una serie di regole di relazione non è recente, ma precede l'utilizzo delle tecnologie informatiche come strumento di progetto e rappresentazione. La reciproca fecondazione con lo strumento digitale ne ha però esteso le possibilità applicative, permettendo l'evoluzione del disegno assistito verso una nuova fase, dove è possibile integrare proprietà dei materiali ed esigenze tecnologiche già nel momento di generazione della forma.

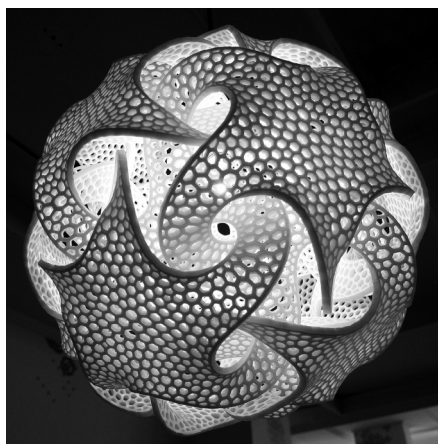
Qualsiasi progetto non può prescindere dalla materializzazione; le possibilità che il disegno di geometrie articolate offre, sarebbe inutile senza una realizzazione. In parallelo allo sviluppo del *software*, o forse a causa di questo, si è assistito ad una convergenza verso la digitalizzazione dei processi produttivi, grazie a macchinari capaci di costruire globalmente, o per parti, l'oggetto progettato, a partire dal suo modello digitale. Questo processo è noto come *Digital Fabrication* e non richiede altre interpretazione oltre a quella del progettista, poiché il file viene preparato in scala reale e fabbricato senza il coinvolgimento di intermediari.

Forse è proprio a causa del confluire di teorie e pratiche tanto eterogenee all'interno del processo progettuale che a tutt'oggi non esiste una definizione univoca, ma una stratificazione di concetti non sempre coerente. Modellazione parametrica, modellazione algoritmica, modellazione generativa, modellazione associativa, sono denominazioni che evidenziano caratteristiche specifiche di un paradigma molto più complesso che non è ancora stato sistematizzato, né spiegato nell'influenza che può avere sulla teoria e sulla pratica del disegno, del progetto e della fabbricazione.

La proliferazione di nuove definizioni sembra rivendicare la distanza dalle esperienze passate. In realtà l'utilizzo del computer e di processi algoritmici per disegnare non preclude la continuità con periodi e pratiche precedenti: ad un'attenta analisi le teorie che hanno portato alla nascita del paradigma, costituiscono un intreccio complesso, solo in parte legato all'evoluzione degli strumenti digitali di modellazione.

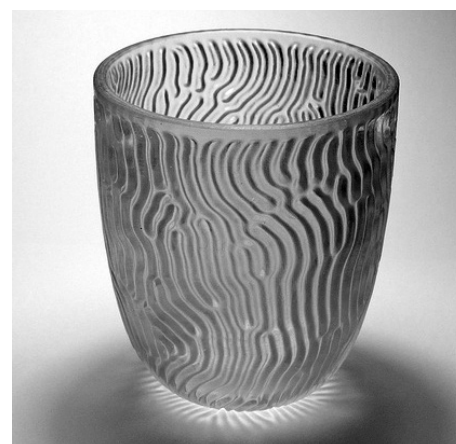
Le esperienze costituenti il nuovo paradigma attraversano la storia dell'arte, del design e dell'architettura spaziando per campi apparentemente lontani dal mondo della progettazione come la biologia, le neuroscienze, la linguistica e la filosofia. Come spesso avviene nei primi momenti di adozione di una nuova tecnologia, alla diffusione esponenziale dello strumento in ambito professionale non è corrisposto un adeguato sviluppo teorico in grado di integrare la teoria del progetto con le potenzialità offerte. L'entusiasmo per le nuove possibilità offerte dai nuovi applicativi ha determinato uno spostamento dalla concettualizzazione al mero tecnicismo. In un momento nel quale il disegno assistito dell'elaboratore accompagna il progettista dalla generazione della forma alla sua fabbricazione digitale, diventa sempre più necessaria l'integrazione con strumenti teorici di analisi e comprensione in grado di mantenere un alto livello di coerenza progettuale. Questi devono essere in grado di gestire l'aumentato livello di complessità ammesso dal nuovo approccio.

P_Wall, San Francisco Museum of Modern Art,
opera di Andrew Kudless, 2011
(fonte: <https://houseplansilcblog.wordpress.com>)



Mathematical sculpture di Bathsheba Grossman, 2007
(fonte: <https://commons.wikimedia.org>)

Reaction Cup di Nervous System (sinistra), 2010
(fonte: <https://dezeen.com>)



Mlengraving, Particolare di fanale per moto, 2012
(fonte: www.mlengraving.com)



IL DESIGN COME SISTEMA COMPLESSO

² Il termine complicato ci riporta al latino *cum plicum*, che significa “piega del foglio”. Un problema complicato può essere quindi risolto spiegando, ossia “raddrizzando le pieghe”. Complesso deriva invece da *cum plexum* che significa “nodo” o “intreccio”. La soluzione ad un problema “complesso” è nell’intricato intreccio generato dai nodi, ovvero le relazioni intercorrenti tra gli elementi.

³ Un problema è lineare se lo si può scomporre in una somma di sotto-problemi indipendenti tra loro. Quando, invece, i vari componenti/ aspetti di un problema interagiscono gli uni con gli altri così da rendere impossibile la loro separazione, allora si parla di non-linearità. Il mondo reale è essenzialmente non-lineare, tuttavia, per semplificare le indagini o per scopi applicativi, si considerano trascurabili gli effetti della non-linearità e si approntano modelli matematici che descrivono il sistema come se fosse lineare. I sistemi lineari sono descrivibili come una funzione polinomiale, come nel caso di una retta ($F(x,y)=0; ax+by+c=0$). In un sistema non-lineare la solubilità delle equazioni differenziali (o di sistemi di equazione polinomiali di grado superiore a uno), che lo rappresentano non è quasi mai possibile, solitamente se ne studia l’andamento qualitativo attraverso l’utilizzo di simulazioni numeriche all’elaboratore.

⁴ È facile verificarlo in qualsiasi sito produttivo, dove per raddoppiare la produzione non è detto che si debba raddoppiare il personale.

⁵ Esempio è la ricerca sul genoma. Da quando le scienze biologiche hanno scoperto che le caratteristiche di tutti i sistemi viventi sono codificate in una sostanza chimica (DNA) contenuta nei loro cromosomi, la ricerca si è concentrata per decifrarne esattamente i dettagli. L’euforia per la mappatura di tutto il codice genetico umano ha portato alla convinzione che tutte le funzioni biologiche fossero spiegabili in termini di strutture e meccanismi molecolari. Purtroppo anche se è conosciuta la struttura dei geni, si conosce poco del modo in cui i geni comunicano e cooperano nello sviluppo di un organismo. In altre parole si conosce l’alfabeto del codice genetico, ma non si conosce la sua sintassi.

La struttura ripetitiva e ridondante e l’articolazione formale che caratterizza molte recenti produzioni nel campo del design e dell’architettura sono difficilmente controllabili attraverso il metodo deterministico, che separa e decompone i processi in sottosistemi indipendenti al fine di semplificare al massimo l’analisi. I nuovi strumenti consentono alla disciplina del disegno di raggiungere un nuovo dominio, troppo “complesso” per poter essere adeguatamente analizzato, compreso e descritto attraverso strumenti convenzionali.

Il termine “complesso” non è da intendersi con il significato di “complicato”, ma come una precisa definizione che riporta alla scienza delle complessità, campo di ricerca non ancora completamente formalizzato, ma dotato di strumenti teorici idonei al nuovo contesto².

Obiettivo della scienza della complessità è lo studio di sistemi complessi, ovvero quei fenomeni composti da un gran numero di elementi, anche diversi, che interagiscono fra di loro creando una dinamica non prevedibile osservando il comportamento dei singoli elementi.

I sistemi complessi sono sistemi apparentemente caotici che possono essere descritti da dinamiche non lineari³ e non additive. In un sistema lineare l’effetto di un insieme di elementi è la somma degli effetti considerati separatamente. Nell’insieme non appaiono nuove proprietà che non siano già presenti nei singoli elementi.

In un sistema non lineare invece l’intero può essere maggiore della somma delle sue parti, poiché sono le connessioni tra i diversi elementi a determinare la struttura e l’organizzazione del sistema. Emergono delle proprietà collettive non prevedibili a priori, come risultato delle molteplici interazioni fra i diversi agenti che costituiscono il sistema⁴. Queste dinamiche scompaiono nel momento in cui il sistema viene sezionato, materialmente e teoricamente, in elementi isolati.

Si pensi all’ordine che regola il volo di uno stormo di uccelli. Il gruppo è costituito da individui che interagiscono, da regole che gli individui seguono, da obiettivi e vincoli contrastanti e da adattamenti a sollecitazioni esterne. Non è possibile comprenderne l’organizzazione studiando il comportamento individuale di un singolo uccello, ma dalla cooperazione dei singoli uccelli dello stormo emerge un’organizzazione formale distinguibile, in grado di individuare ogni volta le soluzioni migliori per la sopravvivenza del gruppo.

Questi comportamenti, che non esistono a livello dei singoli elementi del gruppo, sono definiti “emergenti” e trascendono i confini tradizionali fra le discipline scientifiche. Dinamiche emergenti sono note in fisica come in biologia, in economia, nella scienza dell’informazione e nella linguistica, a dimostrare che il mondo è regolato da fenomeni essenzialmente non-lineari.

Il modello meccanicista non è in grado di spiegare questi fenomeni, poiché nell’approccio riduzionista gli enti non possono essere ulteriormente studiati se non riducendoli in parti ancora più piccole. La scienza occidentale è progredita seguendo questo modello, fino al raggiungimento di un livello fondamentale non più scomponibile⁵. Per superare questo

limite scienziati e ricercatori sono passati da una concezione meccanicistica del mondo a quella "sistemica", che pensa in termini di relazioni, connessione e contesto ed in grado di comprendere le organizzazioni complesse.

Nella visione riduzionista il mondo è un insieme di oggetti che interagiscono tra loro, creando delle relazioni, considerate di secondaria importanza. Nella visione sistemica le unità sono schemi di relazione, o *pattern*, inseriti all'interno di una rete più ampia di connessioni. Per i sistemici sono le relazioni ad avere importanza primaria, mentre gli elementi fondamentali diventano secondari. E se la realtà è una rete di relazioni, anche la descrizione che ne diamo forma una rete interconnessa di concetti e di modelli in cui non esistono gerarchie, leggi o principi fondamentali.⁶

I fenomeni descritti dalla fisica, non sono più rilevanti di quelli descritti dalla biologia, dall'estetica o dalla psicologia. Nessuno di questi ambiti è più importante degli altri, appartengono semplicemente a livelli diversi dello stesso sistema. In quest'ottica i concetti e i principi sistemici si possono applicare a molti campi di studio differenti, indipendentemente dalla natura di questi ultimi.

Nel Design la forma può essere considerata il risultato dell'interazione di precise condizioni formalizzabili e quantificabili quali l'aspetto formale, materiali, vincoli fisici e temporali, scopo prefissato, interazione con l'utente, fattori economici e produttivi ed un'istanza creativa che deve implementarsi. Queste determinati interagiscono reciprocamente per conseguire un fine comune, pertanto il processo progettuale presenta tutte le caratteristiche tipiche di un sistema complesso.

Impostare l'attività progettuale secondo le teorie sistemiche, non significa scomporre il progetto nei suoi diversi livelli costitutivi, ma comprendere le relazioni che s'istaurano tra questi livelli, affinché mantengano uno stato di equilibrio. Un progetto che enfatizzi un ambito, considerando solo l'aspetto estetico o produttivo o contestuale, determinerà inevitabilmente un formalismo o un tecnicismo. Trasformare l'utilizzo dello strumento digitale generativo in una teoria estetica che giustifica qualsiasi risultato formale produce la perdita delle connessioni che determinano la coerenza di un sistema progettuale, contraddicendone i presupposti essenziali.

La vera rivoluzione insita nei nuovi strumenti digitali è l'aver trasformato la disciplina del disegno, portandola dalla rappresentazione iconica alla rappresentazione di relazioni e processi. In questa nuova dimensione le diverse istanze di progetto possono essere articolate in strutture relazionali emergenti in grado di trasferire al processo progettuale caratteristiche tipiche dei sistemi viventi quali la capacità di adattamento, di trasformazione e di auto-organizzazione⁷.

Questi comportamenti non possono essere controllati secondo il classico metodo lineare (*top-down*), che cerca di prevedere tutte le situazioni possibili e successivamente prescrive le modalità per affrontarle. Solo definendo il comportamento delle entità alla base (*bottom-up*) e lasciando alla potenza di calcolo del computer il compito di simulare l'effetto collettivo risultante dalle interazioni, è possibile verificare la validità dell'ipotesi progettuale.

⁶ La nozione di conoscenza scientifica come rete di concetti e di modelli, in cui non c'è alcuna parte più rilevante di altre, è stata formulata dal fisico Geoffrey Chew, già allievo di Enrico Fermi, e professore emerito di fisica presso l'Università di Berkeley. La filosofia di Chew non accetta alcun genere di entità fondamentali, siano esse costanti, leggi o equazioni. L'universo materiale è visto come una trama dinamica di eventi interdipendenti dove nessuna delle proprietà di una qualsiasi parte è fondamentale, derivando tutti i comportamenti dalla relazione tra le diverse parti. La coerenza globale di queste relazioni reciproche determina la struttura dell'intera trama. Questa teoria è chiamata *bootstrap*, dall'espressione idiomatica inglese "by one's bootstraps - reggersi ai tiranti dei propri stivali", che significa farcela con le proprie forze. Si intende quindi una situazione in cui qualsiasi entità si regge sulla sua coerenza interna.

⁷ L'adattamento è la facoltà degli organismi viventi di mutare i propri processi metabolici, fisiologici e comportamentali, consentendo loro di adattarsi alle condizioni dell'ambiente nel quale vivono ed a eventuali mutazioni ambientali. L'auto-organizzazione è la proprietà manifestata dai sistemi complessi, formati da molteplici elementi che interagiscono tra loro, di sviluppare strutture ordinate da situazioni caotiche. Un sistema auto-organizzato tende a migliorare le sue capacità nel corso del tempo organizzando al meglio i suoi elementi in base alle sollecitazioni a cui è sottoposto o all'obiettivo prefissato.

La definizione di algoritmi nella generazione della forma ha avvicinato i progettisti alla scienza della complessità. Che avvenga attraverso strutture grafiche relazionali o mediante la scrittura di un linguaggio informatico, il processo algoritmico è imprescindibile dalla sistematizzazione del progetto. Fondamentale non è tanto la conoscenza del linguaggio di programmazione, poiché un processo algoritmico può prescindere dall'uso del calcolatore, ma una *forma mentis* capace di dedurre ed analizzare i passi che conducono al risultato. Dunque è necessario un nuovo modo di pensare il rapporto tra geometria, strumenti informatici e Design.

La conoscenza della geometria non va confusa, come spesso avviene, con lo strumento di calcolo. Gestire migliaia di dati relativi ad un problema ed ottimizzarli secondo un qualsiasi criterio, è un lavoro che il computer esegue efficacemente. L'elaboratore non è però in grado di stabilire le regole di generazione, che devono essere formulate dal progettista.

Occorre quindi conoscere la geometria per poterla adeguatamente preparare alla computazione, sfruttando al meglio le proprietà di regole semplici nella generazione di articolazioni più complesse. In un processo dove il modello digitale può informare direttamente un macchinario capace di produrlo, il ruolo della geometria non è più solo quello di strumento capace di interpretare la realtà, ma anche quello di controllare l'atto di plasmare la materia.

Le conoscenze geometriche, pur essendo uno strumento indispensabile a garantire il risultato formale, non sono ancora sufficienti a garantire la coerenza progettuale. Se riconosciamo il progetto come sistema complesso basato sull'interconnessione di diversi fattori, la geometria è solo una parte di un sistema di relazioni più ampio. È necessario un nuovo dispositivo in grado di integrare l'interazione delle diverse componenti, facendo interagire il contesto fisico, le caratteristiche culturali, gli aspetti sociali, il sistema costruttivo.

Si propone e si identifica il *pattern* come strumento metodologico in grado di controllare la struttura e creare coerenza tra diversi aspetti del progetto e sovrintendere ai suoi diversi livelli.

PATTERN COME STRUMENTO METODOLOGICO

Nella disciplina del disegno con "*pattern*" si intende in genere una rappresentazione grafica, spesso di tipo decorativo o ornamentale. Il termine *pattern*, di origine inglese ma entrato ormai nell'italiano comune, può significare a seconda del contesto "disegno", "modello", "schema" o "struttura ripetitiva". Il vocabolo non è solitamente tradotto in lingua italiana, nella quale curiosamente ha perso l'etimo latino Patronu(m) "padrone", "patrono", ma anche "modello da seguire". La radice del lemma deriva da Pater, riconducibile al greco πατήρ, "padre", colui che genera e conferisce struttura alla famiglia.⁸ Nel suo significato originario quindi, *pattern* indica il ruolo di chi crea e regola il comportamento di un insieme di persone o oggetti. L'approfondimento dell'etimologia del termine rivela però un significato più ampio, che conferisce alla nozione una certa flessibilità, sia di tipo interpretativo che strutturale. Nel suo significato originale infatti,

⁸ In epoca romana il termine Patronum era riferito originariamente sia a chi accompagnava gli schiavi, sia a chi difendeva un individuo in un pubblico processo, l'antesignano dei moderni avvocati. In età imperiale si definisce Patronum un cittadino di una certa autorevolezza, in genere patri-zio, chiamato così per via del legame di patrocinio (ossia di protezione), che aveva con i clientes, che occupavano una modesta posizione sociale e che dovevano adempiere ad una serie di obblighi nei suoi confronti. In epoche successive il vocabolo è usato per definire anche comandanti di nave, conduttori di spedizioni commerciali e chiunque abbia un ruolo di guida e di difesa di una congregazione, città o provincia. Nel suo significato originario quindi, pattern indica il ruolo di chi crea e regola il comportamento di un insieme di persone o oggetti.

il *pattern* disegna e configura la relazioni tra gli enti. È una rappresentazione astratta che identifica l'organizzazione e l'aspetto qualitativo della materia, permettendone la concretizzazione e il riconoscimento. In ultima analisi è possibile affermare che il *pattern* è la configurazione delle relazioni tra le componenti di un sistema, che ne determina le caratteristiche essenziali.

I pattern possono essere costruiti o estrapolati dal mondo naturale, artificiale o da quello virtuale: una volta decifrati i meccanismi e le relazioni che si instaurano al loro interno, è possibile applicarli in situazioni analoghe. Lo stesso *pattern* può quindi trovare applicazioni diverse o interpretare parallelamente processi simili in nuovi contesti.

Usato come strumento metodologico è una struttura che connette, che crea equilibrio tra diversi aspetti del progetto e sovrintendente ai suoi diversi livelli. Quando la coerenza formale è soddisfatta, elementi anche disparati sono riconoscibili come appartenenti allo stesso sistema poiché, pur declinati in un quadro di variazione, condividono le medesime proprietà omologhe.

La natura ripetitiva e ridondante che caratterizza i *pattern* permette variazioni graduali che li rendono capaci di adattarsi e rispondere al mutare delle condizioni. L'organizzazione a rete che li contraddistingue dissolve i limiti tra aspetti apparentemente separati, integrandoli in una struttura che ne permette l'interazione.

La molteplicità che li caratterizza può essere distribuita su livelli diversi, ognuno caratterizzato da fenomeni e comportamenti che non esistono ad un livello inferiore o superiore dello schema. Il concetto risulta più chiaro se si pensa a come le cellule si combinano per formare i tessuti, i tessuti per formare gli organi e gli organi a formare gli organismi. A loro volta gli organismi vivono in sistemi sociali e ambientali. Ad ogni livello di complessità i fenomeni osservati mostrano proprietà emergenti, che non esistono su altri livelli pur essendone dipendenti. Ad esempio il sapore dello zucchero non esiste a livello degli atomi di carbonio, idrogeno o ossigeno che lo costituiscono. Allo stesso modo ingrandendo il contorno di una figura frattale si rivela una sequenza infinita di diversi *pattern* di configurazione contenuti dentro ad altri *pattern*. Le proprietà essenziali del *pattern* dipendono dalla relazione tra gli enti e non appartengono a nessuna delle singole parti. Se il sistema viene sezionato, materialmente o teoricamente, in elementi isolati tali proprietà sono perse.

Un buon esempio sono i centri storici tradizionali dove la regolarità dell'insieme manifesta un ordine generale, che però varia in base alle necessità umane e alle caratteristiche topografiche del luogo. Anche gli oggetti e gli utensili protoindustriali, pur presentando uno schema morfologico generale, ammettono modifiche dimensionali e ornamentali, adattandosi alle caratteristiche antropometriche e sociali dell'utente a cui sono destinati. Il confronto tra artefatti appartenenti a realtà storiche, geografiche e culturali diverse rivela spesso la presenza di *pattern* ricorrenti. Che siano simboli apotropaici, intrecci tessili, ripetizione di un elemento costruttivo come il mattone o composizione di elementi strutturali, la loro natura reiterativa e ridondante permette la variazione graduale in risposta a specifiche e determinate condizioni. Il *pattern* esprime

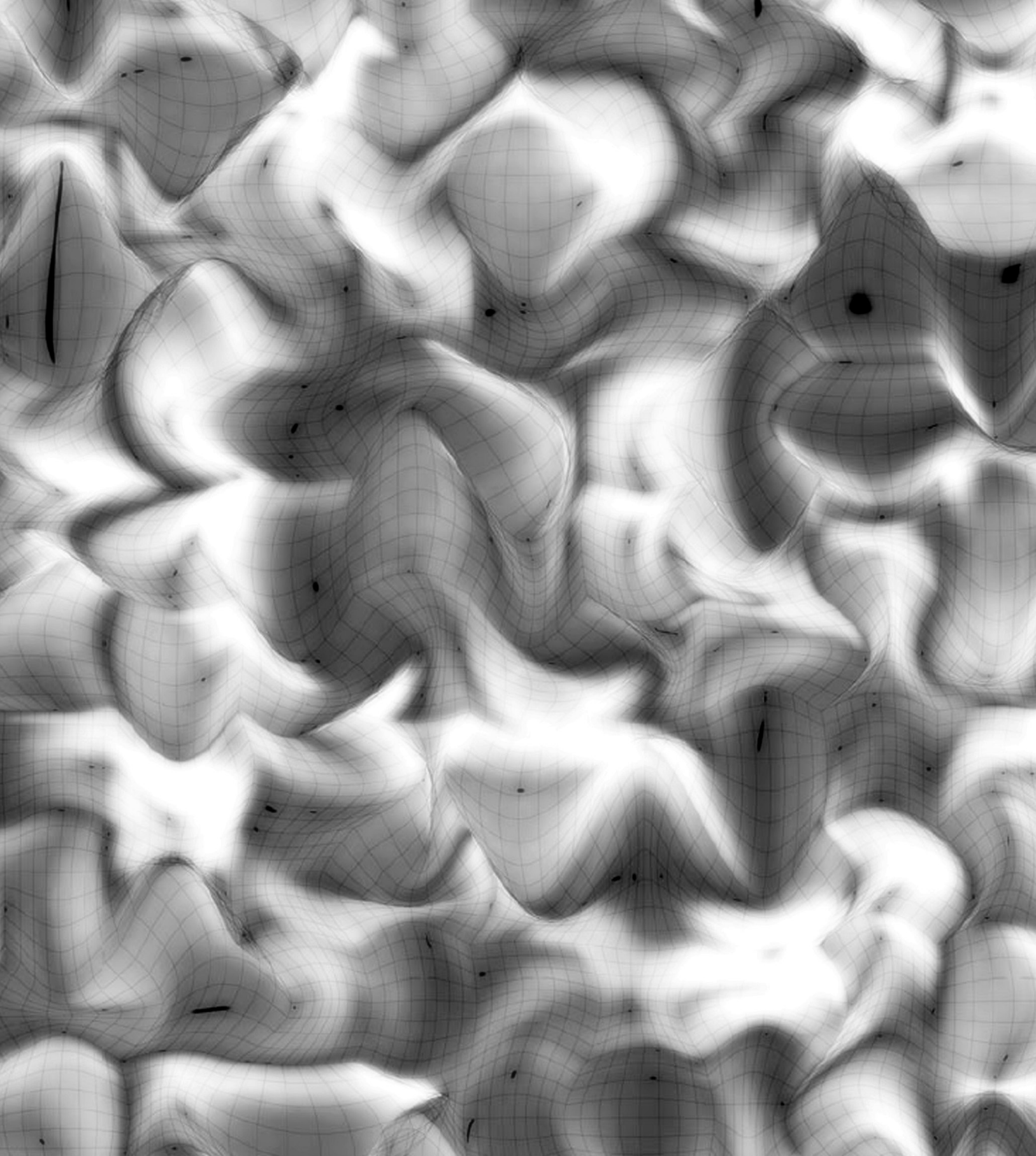
Nella pagina seguente:
Modellazione algoritmica a simulare una
superficie organica
(fonte: elaborazione degli autori)

concretamente il concetto di sistema complesso nel quale elementi eterogenei interagiscono tra loro a diversi livelli. In tutti questi casi l'alto livello d'integrazione è favorito da un basso numero di variabili e soprattutto da un lento processo di perfezionamento durato centinaia d'anni, nel quale gli attori del progetto intervengono costantemente. Oggi però possediamo nuovi strumenti digitali capaci di gestire l'interazione tra molteplici parametri, possiamo costruire diagrammi in grado di articolare le interazioni programmatiche e avvalerci di geometrie aperte che operano come sistemi reattivi. Siamo in grado di separare e semplificare le componenti del progetto per poi reintegrarle in un sistema complesso, accelerando il processo che storicamente ha portato a risultati di coerenza formale.

L'utilizzo consapevole dei software di modellazione digitale generativa esprime una capacità interpretativa della realtà, attenta alle interconnessioni tra i diversi elementi del sapere umano, che apre significative frontiere e possibilità creative.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Alexander C., 1977, *A Pattern Language: Towns Buildings Constructions*, Oxford U.P., Oxford.
- Buratti G., 2014, «Procedural Design and Ordered Complexity. Code, Pattern and Digital Fabrication», in Carlevaris L., a cura di, *Linee di ricerca nell'area del Disegno*, Ermes edizioni scientifiche Rimini.
- Buratti G., 2012, «Generative Algorithms and Associative Modelling to Design Articulate Surfaces», in *Nexus Ph.D. Day Relationships between Architecture and Mathematics*, McGraw-Hill, Milano, pp. 93-98.
- Capra F., 1996, *La rete della vita. Una nuova visione della natura e della realtà*, Rizzoli, Milano.
- Gershenfeld N., 2012, *How to Make Almost Anything, The Digital Fabrication Revolution*, Council on Foreign Relation, Foreign Affairs, November-December.
- Iwamoto L., 2009, *Digital Fabrications. Architectural and Material Techniques*, Princeton Architectural Press, New York.
- Mark E., Goldschmidt G., Gross M., 2008, «A Perspective on Computer Aided Design after Four Decades», in *26th eCAADe Conference Proceedings*, Antwerp, Belgium, pp. 169-176.
- Menges A., 2011, «Sistemi semplici - Capacità complesse. Processi integrativi di morfogenesi computazionale in architettura», in *Techné. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 2, Firenze U.P., Firenze.
- Picon A., 2010, *ICON, Digital Culture in Architecture: An Introduction for the Design Professions*, Birkhauser, Basel.
- Rossi M., Buratti G., 2013, «Algorithmic Transformation between Heritage and Design Innovation», in Gambardella C. (ed.), *International forum Le Vie dei Mercanti*, La scuola di Pitagora, Napoli.
- Sdegno A., 2016, «Computer Aided Architecture: origini e sviluppo», in *DISEGNARECON*, vol. 9, n. 16, pp. 4.1-4.6, Università dell'Aquila.
- Semper G., 1992, *Lo Stile*, Laterza, Bari.



MIMESIS GROUP
www.mimesis-group.com

MIMESIS INTERNATIONAL
www.mimesisinternational.com
info@mimesisinternational.com

MIMESIS EDIZIONI
www.mimesisedizioni.it
mimesis@mimesisedizioni.it

EDITIONS MIMESIS
www.ditionmimesis.fr
info@editionmimesis.fr

MIMESIS AFRICA
www.mimesisafrica.com
info@mimesisafrica.com

MIMESIS COMMUNICATION
www.min-c.net

MIMESIS EU
www.mim-eu.com

*Finito di stampare
nel mese di dicembre 2017
da Digital Team - Fano (PU)*