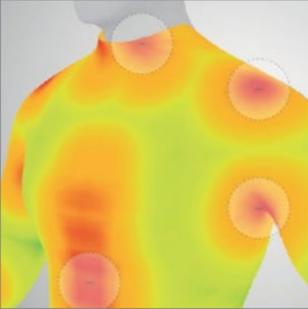


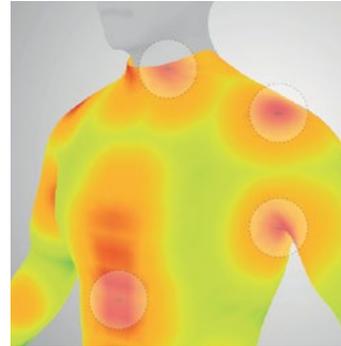
MD Journal
[3] 2017



DESIGN PARAMETRICO

PARAMETRIC DESIGN

MEDIA MD



DESIGN PARAMETRICO
PARAMETRIC DESIGN

Editoriale

**Carla Langella, Dario Scodeller,
Veronica Dal Buono**

Issue editors

Essays

Emilio Antinori, Roberto Arista,
Daniele Baratta, Marco Carratelli,
Daria Casciani, Beppe Chia,
Davide Del Giudice, Alessandro Dell'Endice,
Annalisa Di Roma, Giammarco Gaudenzi,
Fabio Gramazio, Walter Gerbino,
Carla Langella, Lucia Lunghi, Michela Musto,
Pietro Odaglia, Luciano Perondi,
Amleto Picerno Ceraso, Giovanni Pignoni,
Carlo Santulli, Alessandra Scarcelli,
Chiara Scarpitti, Dario Scodeller

MD Journal

Rivista scientifica di design in Open Access

Numero 3, Luglio 2017 Anno II

Periodicità semestrale

Direzione scientifica

Alfonso Acocella *Direttore*

Veronica Dal Buono *Vicedirettore*

Dario Scodeller *Vicedirettore*

Comitato scientifico

Alberto Campo Baeza, Flaviano Celaschi, Matali Crasset,
Claudio D'Amato, Alessandro Deserti, Max Dudler, Hugo Dworzak,
Claudio Germak, Fabio Gramazio, Massimo Iosa Ghini, Hans Kollhoff,
Kengo Kuma, Manuel Aires Mateus, Caterina Napoleone,
Werner Oechslin, José Carlos Palacios Gonzalo, Tonino Paris,
Vincenzo Pavan, Gilles Perraudin, Christian Pongratz, Kuno Prey,
Patrizia Ranzo, Marlies Rohmer, Cristina Tonelli, Michela Toni,
Benedetta Spadolini, Maria Chiara Torricelli

Comitato editoriale

Alessandra Acocella, Chiara Alessi, Luigi Alini, Angelo Bertolazzi,
Valeria Bucchetti, Rossana Carullo, Vincenzo Cristallo,
Federica Dal Falco, Vanessa De Luca, Barbara Del Curto,
Giuseppe Fallacara, Anna Maria Ferrari, Emanuela Ferretti,
Lorenzo Imbesi, Alessandro Ippoliti, Carla Langella, Alex Lobos,
Giuseppe Lotti, Carlo Martino, Giuseppe Mincoelli, Kelly M. Murdoch-
Kitt, Pier Paolo Peruccio, Lucia Pietroni, Domenico Potenza,
Gianni Sinni, Sarah Thompson, Vita Maria Trapani, Eleonora Trivellin,
Gulname Turan, Davide Turrini, Carlo Vannicola, Rosana Vasquèz,
Alessandro Vicari, Stefano Zagnoni, Michele Zannoni, Stefano Zerbi

Procedura di revisione

Double blind peer review

Redazione

Giulia Pellegrini *Art direction*, Federica Capoduri, Annalisa Di Roma,
Fabrizio Galli, Monica Pastore

Promotore

Laboratorio Material Design, Media MD
Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara
Via della Ghiara 36, 44121 Ferrara
www.materialdesign.it

Rivista fondata da Alfonso Acocella, 2016

ISSN 2531-9477 [online]

ISBN 978-88-940517-7-3 [print]

Stampa

Grafiche Baroncini



Le immagini utilizzate nella rivista rispondono alla pratica del fair use (Copyright Act 17 U.S.C. 107) recepita per l'Italia dall'articolo 70 della Legge sul Diritto d'autore che ne consente l'uso a fini di critica, insegnamento e ricerca scientifica a scopi non commerciali.

DESIGN PARAMETRICO

PARAMETRIC DESIGN



Editoriale

- 6 Design parametrico e generativo: nuove prospettive di ricerca
Carla Langella, Dario Scodeller, Veronica Dal Buono

Essays

- 14 Processi di crescita biologica e Design parametrico
Carla Langella, Carlo Santulli
- 28 Design generativo e *additive manufacturing*
Dario Scodeller, Emilio Antinori
- 42 Prefabbricazione robotizzata e innovazione
Alessandro Dell'Endice, Pietro Odaglia, Fabio Gramazio
- 56 Design parametrico di un prodotto industriale customizzato
Daniele Baratta
- 70 Erosion Swarm Behaviour
Davide Del Giudice
- 88 Tipografia parametrica e *Developmental Dyslexia*
Luciano Perondi, Walter Gerbino, Beppe Chia, Roberto Arista,
Giovanni Pignoni, Giammarco Gaudenzi
- 114 Forma e colore nei modelli parametrici
Annalisa Di Roma, Alessandra Scarcelli
- 128 Hack the Brain. Il pensiero che in-forma l'oggetto
Chiara Scarpitti
- 138 Re-Coding Fashion
Michela Musto
- 150 Nuovi interni di luce
Daria Casciani
- 160 La poetica delle forze
Marco Carratelli, Lucia Lunghi
- 172 Enneper Pavilion
Amleto Picerno Ceraso

In copertina

Erosion Swarm Behaviour.
Design di una body suit sportiva
per mezzo di un Agents based
system. Parti del corpo che
presentano situazioni critiche
durante l'attività fisica

DESIGN PARAMETRICO E GENERATIVO: NUOVE PROSPETTIVE DI RICERCA

Carla Langella Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli, Dipartimento DICDEA
carla.langella@unicampania.it

Dario Scodeller Università di Ferrara, Dipartimento di Architettura
dario.scodeller@unife.it

Veronica Dal Buono Università di Ferrara, Dipartimento di Architettura
veronica.dalbuono@unife.it

«È interessante a questo proposito la figura di Eurito, un pitagorico del V secolo spesso associato a Filolao. Eurito era famoso tra i suoi contemporanei perché, assegnato a qualsiasi oggetto reale un determinato numero (non sappiamo come lo ottenesse), egli dimostrava in un modo caratteristico la necessità naturale del rapporto fra l'uno e l'altro: si provvedeva di un pari numero di sassolini, tracciava la figura dell'oggetto in questione e incastrava lungo il suo perimetro tali sassolini (il numero atto a definire la figura dell'uomo era per esempio 250). Variando le dimensioni dell'oggetto, il numero dei sassolini, che ne esprimevano i rapporti essenziali, non cambiava. In tal modo Eurito voleva stabilire visivamente la relazione, tipica anche del pensiero di Filolao, tra numero e forma limitante gli enti reali: il numero, tradotto in forma, era quindi il principio di individuazione e anche di intelligibilità della natura.» (Vegetti, 1970, p. 81)

Questa annotazione storica di Mario Vegetti illustra efficacemente come, già nella Grecia dell'età di Pericle, la filosofia della natura avesse identificato con chiarezza un rapporto di corrispondenza tra numero e forma. L'originale dispositivo correlativo del matematico tarantino potrebbe essere assunto come archetipo del procedimento parametrico contemporaneo: creare un legame tra figura, geometria e numero – tra l'aspetto fisico-formale e quello matematico della realtà – stabilendovi una relazione in grado di gestire la variabilità dimensionale.

Il rapporto tra progetto e matematica, tra design e geometria computazionale, è il tema indagato da questo terzo numero di *MD Journal*, pubblicando contributi di ricerca

progettuale afferenti a diverse declinazioni tematiche del cosiddetto design parametrico o generativo.

Se nella pratica del disegno architettonico e industriale appare evidente lo spartiacque determinatosi con l'introduzione dell'informatica (*computer science*) e della computer grafica, a partire dagli anni Settanta-Ottanta del Novecento, non va dimenticato come la teoria e la pratica progettuale abbiano ampiamente esplorato, nei secoli passati, le potenzialità analogiche di generazione e controllo tridimensionale offerte dalla geometria e dai principi logico-matematici a essa sottesi.

La definizione di “parametrico” ha infatti implicazioni che prescindono dagli strumenti che si utilizzano; basti pensare alla complessità di concezione e realizzazione, con metodi “analogici”, delle configurazioni architettonico-spaziali realizzate da Antoni Gaudì.

Anche sul piano disciplinare si tratta di questioni dibattute da oltre mezzo secolo da parte della cultura del progetto: un importante convegno del 1960 alla XII Triennale di Milano, dedicato a “Architettura parametrica e ricerca matematica e operativa per l'urbanistica”, ci conferma come tali temi – promossi in Italia da Luigi Moretti, che coniò il termine “architettura parametrica” e collaborò col matematico Bruno De Finetti – fossero già al centro dell'attenzione di architetti e urbanisti.

Nei processi di definizione architettonica e costruttiva, l'utilizzo di approcci parametrici ha certamente favorito la progettazione strutturale con il calcestruzzo armato (in Italia, in particolare, con le ricerche di morfologia strutturale di Pierluigi Nervi e Sergio Musumeci), mentre, nell'ambito del design, una serie di metodologie si sono imposte come risposta alle problematiche emerse in campo aeronautico, settore che ha posto i progettisti di fronte alla necessità di verificare i comportamenti delle strutture soggette alle dinamiche dei flussi: è proprio da tale settore che provengono, ad esempio, i software di progettazione usati dai progettisti che, per primi, hanno introdotto il parametrico nello studio di Frank O. Gehry.

Lo sviluppo e il perfezionamento dei sistemi di modellazione parametrica ha consentito di integrare, in un unico modello di “rappresentazione del reale”, le molteplici variabili del progetto: quelle di natura geometrica, i rapporti tra forma e struttura, gli scambi energetici, fino agli output di produzione di strutture e di superfici di rivestimento. La possibilità di gestione di variabili complesse ha favorito la creazione di linguaggi distintivi, riconoscibili nelle opere di architettura (Frank O. Gehry, Greg Lynn, Zaha Hadid) quanto nel design di prodotto, riducendo la distanza tra le due aree del progetto grazie alla condivisione dell'approc-

cio ideativo e di controllo consentito dagli strumenti digitali e dalla scalabilità nella verifica finale delle forme.

Rispetto all'*aided design* – dove il progettista trova trasferiti nell'ambiente digitale i principi della geometria euclidea a supporto dell'attività creativa e di disegno – i software che integrano i sistemi parametrici consentono di rappresentare e produrre modelli che – grazie alla sincronia tra i parametri – possono essere “cresciuti” e modificati come organismi.

L'origine di questa evoluzione strumentale e concettuale viene fatta risalire al 1963, quando Ivan Sutherland – nell'ideazione di *Sketchpad*, l'antesignano delle Graphical User Interface, elaborato come tesi di dottorato al MIT – introduce alcune funzioni per generare nel disegno geometrie variabili e scalabili (Woodbury, 2010). Da allora l'uso delle interfacce grafiche digitali e la manipolazione del codice sono penetrati profondamente nel linguaggio espressivo e nel pensiero progettuale di designer e architetti, dialogando e suggerendo soluzioni dove il disegno assistito non è più, soltanto, ausilio alla rappresentazione. I sistemi parametrici apportano nuove possibilità di interrelazione, utili all'adattamento del progetto al contesto e ai suoi vincoli, nonché all'esplorazione delle molteplici possibilità insite in un'idea formale, le cui variabili risulterebbero difficilmente verificabili e gestibili in via analogica.

Si tratta di un cambiamento di paradigma importante – se non radicale – in quanto il software parametrico non solo descrive, ma aggiunge interpretazione alle forme e ne consente la gestione adattiva e interattiva. L'indiscutibile trasformazione dei processi di formalizzazione introdotta con questi nuovi sistemi ha portato a proiettare le loro potenzialità in una vera e propria filosofia progettuale: il Parametricismo. Paul Schumacher, lanciandola nel 2008 attraverso il “Parametricist Manifesto”, la propone nei termini di un nuovo “stile globale”, un “programma di ricerca” esteso ad ogni scala del progetto, dall'urbanistica al design di prodotto, attraverso le corrispondenze fra misura e contesto, in una concatenazione di istanze fra loro tutte relazionate.

Le potenzialità del “parametrico” si sono trovate, in pochi anni, al centro del dibattito architettonico, approfondite, in particolare, in uno special issue della rivista *Architectural Design* (2016) dal titolo *Parametricism 2.0: Rethinking Architecture's Agenda for the 21st Century*, curato dallo stesso Schumacher. I vari contributi, fra l'altro, sono volti anche a rispondere alle critiche mosse al parametricismo per il suo carattere “iconico”, autorappresentativo, quasi stilistico; considerazioni e riflessioni ex post, nate negli stessi ambienti scientifici dove il movimento si era all'ini-

zio diffuso: l'Architectural Association (AA) di Londra e la Columbia University Graduate School of Architecture, Planning and Preservation (GSAPP) di New York.

L'innovazione della componente computazionale, originatasi con lo sviluppo evolutivo dei software negli ultimi due decenni, ha ampliato notevolmente l'orizzonte della ricerca parametrica e generativa.

La diffusione del parametricismo come linguaggio – resa possibile dalla diffusione di software quali Grasshopper, Dynamo, Para 3d, Xpresso, Catia, nonché dalla condivisione in rete dei sistemi open-source – ha, da un lato, dato vita ad una “estetica progettuale computazionale” (una rivoluzione che affascina soprattutto i giovani creativi, per l'incremento di opportunità espressive) e, parallelamente, ha aperto interrogativi relativamente alla trasmissibilità – “insegnabilità” – di tali competenze e, conseguentemente, al ruolo della formazione anche in ambito universitario. A livello internazionale i corsi specifici che consentono agli allievi di avvicinarsi al design parametrico rendono disponibili i diversi software, si collocano prevalentemente in master post-universitari. Le competenze e le conoscenze sono fortemente selettive in chiave generazionale, così che la maggior parte dei docenti in grado di insegnare questa nuova disciplina è molto giovane. In Europa i master più qualificati sono lo IAAC Institute of Advanced Architecture Catalonia a Barcellona, il MAS ETH Master in Advanced Studies in Architecture and Digital Fabrication presso il Politecnico di Zurigo, il master ITECH Integrative Technologies and Architectural Design Research promosso dall'ICD Institute for Computational Design and Construction dell'Università di Stoccarda, il corso in Parametric Engineering dell'Imperial College di Londra.

In Italia emergono il master Touch Fair Architecture dell'università IUAV di Venezia e la D.RE.A.M. Design Research in Advanced Manufacturing Accademy, programma internazionale di formazione avanzata sui temi della fabbricazione digitale promosso dalla Città della Scienza di Napoli.

Una delle domande ricorrenti, in ambito formativo, è se i progettisti-designer debbano anche imparare a programmare, per poter simulare e indirizzare autonomamente al meglio le proprie ricerche formali. A fronte di tale questione, che appare facilmente assorbibile dalla disciplina del progetto, abituata da sempre ad avvalersi di specialistiche competenze interdisciplinari (in questo caso quella dei programmatori), se ne cela un'altra molto più importante per il futuro della formazione del progettista: la domanda, relativa al rapporto tra il tipo di geometria e



01

rappresentazione oggi insegnate nelle scuole di progetto, è se esso risulti ancora efficace di fronte alla rivoluzione della concezione spaziale e formale proposta da questi sistemi, o richieda invece un ripensamento, o quantomeno un ampliamento disciplinare. Il problema è tanto più evidente se si considera che i sistemi generativi e prefigurativi nel campo del design sono oggi spesso associati a nuovi processi di produzione che non sono più di tipo “meccanico” – taglio, tornitura, fresatura – ma “plastico”, legati ai modi additivi della *digital fabrication*.

Nel prossimo futuro la maggior parte dei processi industriali avrà come elemento generatore di governo e di controllo produttivo una matrice digitale. Il “codice” sarà spinto realisticamente a varcare la frontiera che separa la dimensione dell'autoproduzione da quella della produzione di grandi serie di artefatti rivolti ai mercati più ampi.

In tale contesto il ruolo della formazione risulterà fondamentale se saprà proporre l'approccio generativo quale opportunità utile al designer per tradurre in segni tangibili anche le visioni più complesse, concependo oggetti che possano aderire significativamente alle specifiche esigenze delle persone, contribuendo – simmetricamente – alla costruzione di inediti e fecondi percorsi progettuali. In questa direzione è possibile – sin d'ora – elencare alcuni aspetti da perseguire e valorizzare: orientamento nella ricerca; studio e conoscenza della letteratura scientifica autorevole relativa al design computazionale; individuazione di linguaggi, strumenti e prassi metodologiche condivise con altre discipline; infine costruzione di percorsi progettuali aperti a settori innovativi come biomatematica e programmazione parametrica.

In questo terzo numero di *MD Journal* vengono proposti contributi che, attraverso approcci critici e progettuali, individuano iniziali risposte a queste domande, suggerendo correlazioni possibili tra i principi di base dei sistemi parametrici (*algoritmi, agent based systems, biomimetica computazionale, auto-organizzazione, intelligenza distribuita*) e i principi della geometria e della programmazione.

Alcuni dei contributi pubblicati offrono specifici punti di vista dell'approccio progettuale parametrico in ambiti applicativi come il design biomedicale (Baratta), il design per la moda (Musto), il *lighting design* (Casciani), lo *sportwear design* (Del Giudice), mostrando come la metodologia computazionale offra vantaggi e opportunità in campi inediti rispetto al recente passato, in forma di emancipazione da vincoli limitanti. Mentre nel design di prodotto l'approccio parametrico permette di superare il concetto di serialità – rispondendo con i suoi artefatti alle esigenze di personalizzazione, adattamento a climi e con-

01 Conchiglia di *Bolinus brandaris* con superficie percorsa da cordoncini spirali a crescita irregolare con progressione logaritmica

testi diversi e ai caratteri biometrici e fisiologici del corpo – nell'ambito dell'architettura consente di affrancare il progettista dai limiti della modularità.

Il riferimento alla biologia (con le sue logiche di morfogenesi, di cooperazione di agenti, di auto-organizzazione e ottimizzazione) ricorre nella maggior parte dei contributi. Nell'essay di Carratelli e Lunghi viene individuato un filo conduttore tra sperimentazioni progettuali nei settori del product design e dell'architettura, in cui emerge il principio paradigmatico di una "poetica delle forze" ricavato dalla biologia.

I contributi di Del Giudice, Casciani e Baratta, attraverso le trattazioni rigorose e approfondite dei percorsi sperimentali compiuti, dimostrano come l'approccio parametrico – oltre alla collaborazione tra diverse discipline con processi che appaiono più prossimi a protocolli scientifici che ai consueti percorsi progettuali – richieda anche competenze tecnico-scientifiche rigorose da parte del designer, trasformandolo in una figura poliedrica che assommi in sé le competenze dell'ingegnere, del programmatore e del ricercatore scientifico.

Anche l'individuazione e la scelta dei parametri con cui indagare un fenomeno e l'analisi delle variabili e dei vincoli associati alla loro definizione, può rappresentare un esercizio critico profondamente radicato nella natura della disciplina progettuale.

Un contributo, nello specifico, apre l'orizzonte parametrico al design tipografico (Perondi, Gerbino et al.) proponendo una ricerca originale, svolta con esemplare rigore metodologico, sul rapporto tra leggibilità dei testi e disturbo dislessico. L'indagine condotta sulla definizione delle variabili parametriche del carattere tipografico come base per la verifica sperimentale, fa chiarezza su un approccio al disegno della tipografia per DSA, fino ad ora affrontato con modalità pragmatica, senza una verifica oggettiva dei risultati. Nonostante gli esiti negativi a cui perviene, l'indagine si propone come esempio virtuoso di applicazione di un approccio di verifica scientifico (oggettivo) a un problema progettuale.

Anche il tema della poetica del linguaggio espressivo e della componente formale ritorna in diversi contributi. Dell'Endice, Odaglia, Gramazio dimostrano – con la sperimentazione effettuata presso l'ETH di Zurigo – che il risultato espressivo dell'artefatto realizzato può essere diverso dalla configurazione tassellata o alveolare più ricorrente negli esempi di design parametrico, esplorando l'orizzonte formale e costruttivo rispetto al rischio di una "omologazione parametrica" (Langella, Santulli).

Contemporaneamente si assiste ad una trasformazione della filosofia progettuale conseguente all'utilizzo dei nuovi

sistemi produttivi, in cui il design process parametrico, collegato a procedimenti tecnologici di *additive manufacturing*, sembra favorire la produzione e riproduzione di una nuova categoria di prodotti unici (Scodeller, Antinori).

Alcuni contributi – come quello di Di Roma, Scarcelli e di Scarpitti – allacciano la dimensione digitale dell'approccio parametrico con aspetti più "umani", legati alle radici antropologiche del fare manuale e del pensiero dei progettisti.

L'essay di Picerno dimostra, invece, come i nuovi linguaggi del design parametrico siano in grado di suscitare interesse di imprese private e committenze pubbliche per la possibilità che offrono di veicolare le corporate identity attraverso il valore dell'innovazione, rappresentato da artefatti che appaiono inequivocabilmente inediti, altamente tecnologici e, allo stesso tempo, organici e morfologicamente affini alla natura.

In conclusione sembra di poter affermare che, se da un lato il design parametrico si impone oramai all'attenzione della comunità scientifica e dei media come una nuova filosofia gestaltica (*Generativegestaltung*) dotata di una specifica potenzialità di generazione di processi formali originali, dall'altro i designer e i ricercatori sono sempre più in grado di comprendere e di far proprie le opportunità insite in questi sistemi, integrando e gestendo nel processo progettuale una complessa serie di variabili, non soltanto di natura geometrica. Si tratta di un nuovo orizzonte speculativo e ideativo-produttivo, fortemente permeato di pensiero organicista, che trova nell'esplorazione e nella generazione di sistemi formali "aperti" i suoi punti di forza e nel controllo della complessità il suo maggior fascino.

REFERENCES

- Vegetti Mario, "La filosofia della natura nel V secolo", p. 81, in Ludovico Geymonat, *Storia del pensiero scientifico e filosofico*, vol. 1, Milano, Garzanti, 1970, pp. 613.
- Schumacher Patrik, "Parametricism: a new global style for architecture and urban design", *Architectural Design*, vol. 79, n. 4, 2009, pp. 14-23.
- Woodbury Robert, *Elements of parametric design*, London, Taylor and Francis, 2010, pp. 300.
- Frazer John, "Parametric Computation: History and Future", *Architectural Design*, vol. 86, n. 2, 2016, p. 19.
- Schumacher Patrik, *Parametricism 2.0. Rethinking Architecture's Agenda for the 21st Century AD*, USA, John Wiley & Sons, 2016, pp. 136.
- Schumacher Patrik, "Parametricism 2.0. Gearing Up to Impact the Global Built Environment", *Architectural Design*, vol. 86, n. 2, 2016, pp. 8-17.

Processi di crescita biologica e Design parametrico

Carla Langella Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli, Dipartimento DICDEA
 carla.langella@unicampania.it

Carlo Santulli Università degli studi di Camerino, School of Architecture and Design
 carlo.santulli@unicam.it

Nell'era digitale il design si avvale di procedimenti matematici utilizzando algoritmi in diverse fasi del processo produttivo, dalla concezione del prodotto fino alla sua realizzazione, dando luogo a una nuova accezione di design definito parametrico o computazionale.

Questo lavoro descrive alcune logiche morfologico-acrescitive ricorrenti in natura, esplicitando il rapporto tra biologia e progetto, in termini espressivi e funzionali, al fine di stimolare i progettisti a ricercare logiche originali e personali che vadano oltre i limiti di ripetitività che spesso caratterizzano il linguaggio parametrico. L'obiettivo è spingere i progettisti a una forma di "biomimetica parametrica" consapevole e critica.

Logiche di crescita biologica, Algoritmi, Biomimetica, Design parametrico, Linguaggio formale

In the digital era, design meets maths through the introduction of algorithms in the different phases of the process, from product conception all the way through its realisation, a procedure which gives rise to a new interpretation of design, defined as "parametric" or "computational".

This work describes some morphological and developmental recurring in nature, giving explicitly their biological rationale and their project-related opportunities, in expressive and functional terms, with the aim to stimulate designers to search for original and personal logic approaches, which would elude the limitations of self-repetition, which often hinder the possibilities of parametric language. The objective is driving designers towards a kind of "parametric biomimetics", which involves an approach at the same time conscious and vibrant to it.

Logics of biological growth, Algorithms, Biomimetics, Parametric design, Design language

Biomimesi parametrica

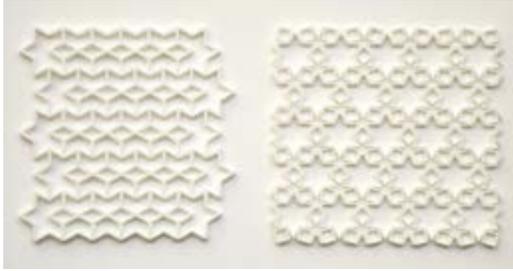
Il processo di crescita naturale può essere considerato come un design non intenzionale, nel senso che, mentre nel caso della progettazione l'obiettivo è quello di ottenere un oggetto con determinate caratteristiche, la natura procede attraverso un processo evolutivo ininterrotto. Di conseguenza, un approccio al design che simuli i processi naturali, consente di "generare" ed "accrescere" i prodotti secondo logiche biologiche o simil-biologiche, espresse in forma di codici e algoritmi oppure tradotte mediante l'utilizzo di software sempre più potenti e specializzati, ma anche sempre più accessibili ai designer esperti nella modellazione digitale tridimensionale (Casey, McWilliams, 2010).

L'interesse per la progettazione naturale riporta anche l'attenzione sulle problematiche biologiche legate alla vita degli organismi e sulla loro lenta e continua rimodellazione che offre un parallelismo con gli odierni processi di formatura additiva. In questi ultimi la costruzione parte dalla linea retta per poi conformarsi e adattarsi, mentre la natura procede a partire dalla spirale, che consente lo sviluppo degli organismi nei quali la linearità non esiste se non come astrazione mentale. Tuttavia, soffermandosi sui problemi di design, il progettista può proporre con successo analogie con stratagemmi evolutivi adottati da specie biologiche.

L'universo "parametrico" è costellato di morfologie, tassellazioni e pattern forati, alveolari, poligonali che rievocano le micro-morfologie delle strutture naturali osservate al microscopio, "accresciuti" per dare forma a oggetti secondo principi di sviluppo digitale. Tali morfologie consentono di ottenere proprietà che vanno al di là di quelle dei comuni materiali ingegneristici; per esempio, il comportamento cosiddetto "auxetico" [fig. 01], [fig. 02], [fig. 03], [fig. 04], porta a flessioni complesse (le quali forniscono un rigonfiamento reso obliquo dallo sviluppo a spirale, invece che a strizione) i materiali sottoposti a trazione, risulta utile alla sopravvivenza della struttura naturale (Santulli, Langella, 2016, pp. 20-37).

In alcuni casi, tali forme e principi applicati nel design parametrico derivano dalla trasposizione di logiche di accrescimento studiate e tradotte da biologi, matematici e ingegneri in modelli e algoritmi ideali ricorrenti in natura: il loro trasferimento avviene in base a analogie strategiche; in altri casi, sono invece ottenute per "somiiglianza", ma senza un'effettiva base scientifica biologico-matematica. È importante che i progettisti interessati alla dimensione del design parametrico siano consapevoli del fatto che l'applicazione di algoritmi di deriva-

01



01

Strutture
auxetiche.
Design:
Martina Panico,
tutor:
Carla Langella,
co-tutor:
Carlo Santulli

zione biologica consente non soltanto di ottenere delle morfologie esteticamente gradevoli e complesse, ma soprattutto di conseguire quei principi di ottimizzazione strutturale, di gerarchizzazione, di risparmio di energia, di resilienza, di collaborazione sinergica, di adattabilità e di flessibilità che in natura sono alla base della produzione di tali morfologie e possono rivelarsi preziose nel progetto (Hooker et al., 2016, pp. 46-49). L'insieme delle qualità peculiari delle strutture biologiche ci consente di uscire da quelle schematizzazioni e semplificazioni che la natura accetta soltanto come risultato inatteso di una serie di micro-decisioni di progetto; per esempio, la linearità ottenuta dalle creature biologiche semplicemente come accumulazione di spirali e di angoli di curvatura.

Estetiche parametriche: il rischio dell'omologazione

Il crescente interesse per l'approccio parametrico permette di generare strutture con software e realizzarle poi con processi di stampa 3D che fondati su principi additivi e accrescitivi, mimando le strutture biologiche a eccezione della loro configurazione spiraliforme di sviluppo, simulata come scostamento dalla linearità. Le implicazioni progettuali di tipo linguistico-formale, tecnico e anche d'impatto ambientale ed economico non sono però ancora del tutto chiare, al punto di richiedere di essere analizzate nonché gestite, soprattutto, in ambito formativo. Una delle problematiche più evidenti riguarda le ricadute dell'utilizzo delle strutture parametriche sui linguaggi formali del design contemporaneo. Generalmente l'ingresso di nuove tecnologie produce un'estetica indotta, inizialmente autonoma e strettamente legata agli strumenti utilizzati, ma nel tempo tende a interagire costruttivamente con quelle già esistenti apportando mutazioni e arricchimento di declinazioni. L'uso dei parametri e degli algoritmi nel progetto può esser letto anche come una liberazione espressiva dai

vincoli formali imposti dai sistemi produttivi tradizionali o come una variegata alternativa all'omologazione minimale. Tuttavia, la sua attuale diffusione – quasi virale – in molti ambiti del prodotto industriale dall'arredo alla moda, anche solo come tratto estetico svincolato dal controllo progettuale e dalle tecnologie che l'hanno generato, desta preoccupazione e richiama un ulteriore rischio di omologazione, probabilmente ancora più pericolosa. Si assiste a un proliferare di sedute, tavoli, librerie e persino calzature che si rifanno, senza alcun nesso logico, concettuale o funzionale, alla struttura delle ossa, delle cellule, a logiche matematiche come il Voronoi, la cui tassellazione si risolve nella decomposizione di uno spazio metrico data dalle distanze rispetto a un determinato insieme discreto di elementi dello spazio: per esempio, punti o frattali.

02



02

Auxetic
neckbrace, collare
cervicale auxetico.
Design:
Martina Panico,
tutor:
Carla Langella,
co-tutor:
Carlo Santulli

Il risultato è che tassellazioni e alveoli ricoprono, in modo indifferenziato e poco espressivo, superfici di oggetti di bassa qualità con effetti di ridondanza visiva che inducono quasi a rimpiangere la *flatness* degli oggetti tutti uguali e bianchi da cui il design parametrico prometteva di sfuggire.

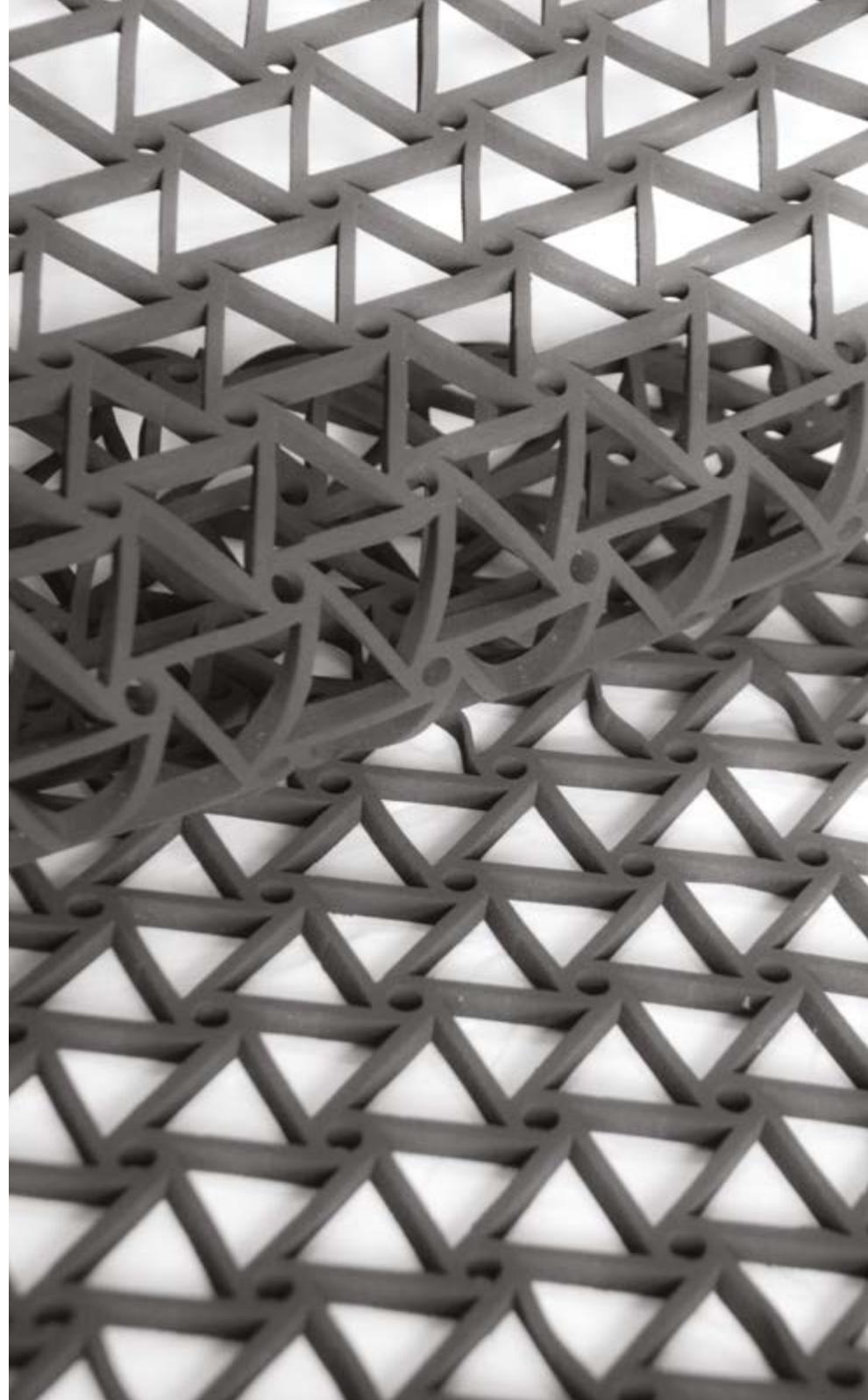
Il rischio è concreto e riguarda la consapevolezza e la capacità espressiva e progettuale dei designer che usano questi strumenti. Le morfologie patternizzate, micro-segmentate, cellulari e spiralfornite di molti oggetti parametrici richiamano il ripetersi di alcune forme e strutture, che la natura ripropone a diverse scale per motivi "generativi" e di "morfologia strutturale" dovuti al suo modo di "comporre" gli oggetti dal punto di vista chimico, fisico e bio-meccanico e alla loro specifica funzionalità biologica. Ma spesso i designer traggono ispirazione dai risultati di questi complessi processi trascurando le motivazioni che portano la natura a prediligere determinate forme né tanto meno riuscendo a comprendere a fondo le reali logiche generative. La superficialità li porta a cadere nella tentazione di mutare le forme biologiche in modo gratuito e svincolato dalle loro motivazioni strutturali e funzionali. Nello scenario *open access* che caratterizza gli ambienti del *digital manufacturing* e del *parametric design* spesso gli algoritmi delle tassellazioni vengono condivisi, ma ben di rado ne vengono esplicitate le origini scientifiche. La condivisione, non sempre critica e consapevole, conduce a un rischio di omologazione delle morfologie che rischia, a sua volta, di ridurre la potenza espressiva di questo approccio e dei nuovi strumenti.

Tale situazione ha delle conseguenze sul ruolo attuale del progettista, il quale può superare le difficoltà connesse a tale rischio non soltanto con un approccio multidisciplinare capace di riconoscere l'esigenza che ha porta-

04

03
Auxetic chair,
seduta dinamica
adattabile alle
diverse anatomiche.
Design:
Martina Panico,
relatore:
Carla Langella,
correlatore:
Carlo Santulli

04
Dettaglio della
auxetic chair,
seduta dinamica
adattabile alle
diverse anatomiche.
Design:
Martina Panico,
relatore:
Carla Langella,
correlatore:
Carlo Santulli



03

18

to la natura a sviluppare tale soluzione, ma anche con una formazione che sviluppi una nuova estetica.

Tale inedita sensibilità estetica deve indirizzarsi oltre il rapporto tra bello e funzionale e valutare con nuovi parametri, non definibili semplicemente, l'espressività complessiva dell'oggetto. Allo stesso modo di come la geometria euclidea, anche se utilissima come modello di partenza, non può dar conto di alcune situazioni che funzionano in natura come puri stratagemmi legati all'ottimizzazione dell'adattamento della specie all'ambiente, come per esempio i materiali auxetici e lo sviluppo con spirali ad angolo variabile. Ciò non esclude, come si vedrà anche in seguito, che certe teorie matematiche non siano in qualche modo adattabili alla comprensione di molti processi naturali. Tuttavia, è pur vero che la semplice spiegazione matematica e modellistica può essere insufficiente, come d'altro canto lo è quella puramente basata sulla valutazione estetica legata a dicotomie come liscio-ruvido, trasparente-opaco, ecc.

Il designer è chiamato per ruolo a porsi al crocevia di queste due contrastanti esigenze, mediando tra esse. Ciò detto, la possibilità di progettare le strutture e le superfici degli oggetti in maniera modulata e ottimizzata, controllandone i dettagli in modo puntuale con l'aiuto di strumenti digitali sempre più evoluti è sicuramente una conquista per il design contemporaneo. Conseguentemente è importante che l'attività progettuale si basi su collaborazioni multidisciplinari che affondino le loro radici nelle più recenti conoscenze biologiche per produrre risultati innovativi e non consueti. Per poter fare è necessario che i designer riescano ad acquisire competenze scientifiche e tecnologiche, innestando le acquisizioni della letteratura scientifica specializzata su una profonda cultura del progetto per evolvere in espressioni concrete e in qualità di pensiero progettuale. Vedremo nel seguito, in particolare, cosa è rintracciabile in natura in termini di morfologie generatrici spiegabili in termini fisico-matematici.

Le morfologie generatrici ricorrenti in natura

La bellezza che l'uomo riscontra nelle strutture naturali indica come, a un livello più profondo, il suo sistema di percezione visiva riconosca come caratteri affini alla sua stessa dimensione umana alcuni pattern o proporzioni armoniche che compaiono in diverse strutture di organismi del mondo naturale. Alcune forme e pattern, infatti, si ripresentano a diverse scale dimensionali rendendo simili un'immagine al microscopio e una scattata dal satellite, come mostrato in modo suggestivo dal

05



05

Good Mood, lampada ispirata alle spugne marine.
Design: Martina Panico, Teresa Iavarone, Emilia Carbone, tutor: Carla Langella, azienda: 3D Factory

06

Belong, vaso fondato sui parametri della carta astrale dell'utente.

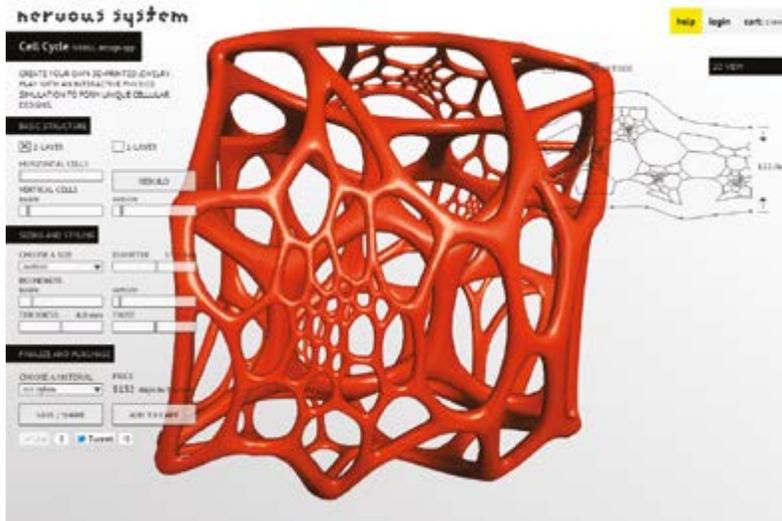
Design: Adele Impinto, docenti: Patrizia Ranzo, Carla Langella, tutor: Chiara Scarpitti

video *Nature by Numbers*, dell'illustratore e animatore iberico Cristóbal Vila [1].

La serie di Fibonacci, ad esempio, è rintracciabile nel numero di petali di molti fiori o nell'infiorescenza del girasole e del broccolo romanesco. I frattali, invece, sottendono un principio morfogenetico su cui la natura costruisce strutture complesse e irregolari auto-somiglianti in cui la stessa morfologia si ripete in scale via via più ridotte (Fleischmann et al., 2014). Nei polmoni la geometria frattale costituisce una risposta alla necessità di massimizzare la superficie disponibile per favorire gli scambi respiratori, mentre le ramificazioni frattali dei vasi sanguigni consentono di realizzare una rete fitta e ben distribuita in modo ottimizzato nello spazio per la circolazione dei nutrienti e dell'ossigeno e per lo smistamento delle sostanze di scarto. Nella valvola aortica la struttura frattale conduce, invece, a un'efficiente distribuzione delle forze meccaniche tra le fibre di collagene stratificate (Stern, Peskin 1994).

06





07

Tra i modelli di crescita frattale che ispirano maggiormente il design parametrico emergono quelli come il DLA (Diffusion limited aggregation) e il DBM (Dielectric breakdown model), basati su una probabilità di crescita definita dalle soluzioni dell'equazione di Laplace. Hanno una validità molto generale, risultando applicati a fenomeni apparentemente diversi, come è evidente in varie espressioni della vita biologica. Il DLA viene utilizzato per simulare le modalità di formazione di aggregati di strutture come i cristalli o i dendriti con fibre che si dipartono dai neuroni in forma ramificata per portare il segnale nervoso verso il corpo cellulare centrale del neurone.

La forma a spirale – quale l'effetto non previsto, ma funzionalmente efficace, della necessità di consentire l'evoluzione della struttura o meta-struttura nel tempo col minimo consumo di materia ed energia – accomuna configurazioni naturali assai diverse tra loro, come il guscio delle lumache, le corna dell'ariete, la conchiglia del Nautilus e persino le traiettorie degli insetti e le configurazioni delle galassie. La spirale consente di superare e nascondere la presenza di difetti e irregolarità, e di conseguire elementi strutturali gerarchici a tutti i livelli, fino al livello originario, quella doppia elica del DNA, che è in realtà un "codice di comportamento" per lo sviluppo (Santulli, 2012; Skalak et al., 1997, pp. 869-907).

Con gli stessi obiettivi, la tassellatura di Voronoi, molto popolare nel design parametrico, è riconoscibile in molte strutture naturali come le ali di alcuni insetti tra cui la libellula o la struttura del sistema linfatico delle foglie di alcune piante.

07
Cell Cycle
- dynamic
physible,
interfaccia del
sistema webGL
design e app:
Nervous System

In breve, si può affermare che l'aderenza da parte della natura a uno stesso modello in strutture con funzioni e caratteristiche così diverse consente un utilizzo ottimizzato di spazio, energia e materia. Tuttavia le specifiche forme sono sempre il risultato dell'intersezione di elementi relativi a stati tensionali interni, a fattori ambientali, a interferenze esterne (come interazioni con altri sistemi biologici), alle tempistiche e alle risorse disponibili. Questo è il concetto più importante da comprendere per l'assimilazione cosciente delle potenzialità del design parametrico da parte del progettista contemporaneo: come un prodotto della natura sia il risultato della combinazione di condizioni e strategie biologiche che, mediante complessi strumenti cognitivi e culturali, possono essere assimilate alle strategie progettuali.

Le tecnologie permettono di stabilire una specie di cesura tra il design bio-ispirato odierno e quello del passato. L'uomo ha sempre tratto riferimento dalla natura: oggi tuttavia la tecnologia propone strumenti d'indagine sempre più precisi che si spingono fino alla scala nanometrica e quindi in grado di osservare la natura nei suoi più intimi elementi costitutivi. Tale assunto può consentire al designer di realizzare più pienamente quello che Buckminster Fuller suggeriva: non limitarsi all'esteriorità della struttura naturale, ma comprendere i principi che la rendono ciò che è.

La consapevolezza del progetto

Tra i rischi dell'utilizzo acritico degli strumenti di progettazione e di fabbricazione digitale vi è quello della "personalizzazione" del processo generativo che – procedendo in maniera automatizzata e disconnessa dalla struttura culturale del progettista – lo sottopone al pericolo di divenire semplicemente utente passivo del processo. Da ampliamento di possibilità espressive, la rivoluzione del codice potrebbe trasformarsi in una riduzione culturale, facendo venir meno la missione della figura professionale del designer, cioè la sua capacità di elaborazione progettuale; d'altro canto l'evoluzione della disciplina, come già rilevato, vede l'intervento del designer espandersi sempre più sia nella dimensione materiale, sia in quella immateriale.

In ogni caso, il tema è aperto e per affrontarlo è importante analizzare a fondo le tecnologie, il modo in cui possono essere usate in vista dei risultati attesi. All'interno di questo quadro concettuale, il grado di intervento e di autonomia progettuale può essere modulato. Il designer, invece di prefigurare nuove forme ed estetiche in un universo saturo di oggetti e di morfologie "già vi-



08a

ste”, potrebbe spostare il proprio margine di intervento sulla scelta dei parametri da far elaborare al software e sulla individuazione dei risultati operati dall’algoritmo [fig. 05], [fig. 06]. Le variabili in gioco vanno dalla scelta dell’algoritmo, alla selezione stessa dei parametri, alla definizione degli intervalli di studio, elementi che – nell’insieme – possono pienamente definirsi quali scelte progettuali.

Lo studio Nervous-System – fondato nel 2007 da Jessica Rosenkrantz, architetto e biologa, e da Louis Rosenberg, matematico – è stato pioniere nell’applicazione dell’approccio parametrico a mezzo di algoritmi di matrice biologica, integrati con la stampa 3D e attraverso la co-progettazione con gli utenti, utilizzando una piattaforma online che consente di customizzare i prodotti intervenendo direttamente sul software generativo con la modifica dei parametri. Le loro competenze multidisciplinari e l’elevato profilo scientifico e tecnologico dell’investigazione che conducono ha consentito loro di utilizzare gli algoritmi in modo sempre più evoluto, partendo da gioielli e complementi di arredo in cui le tassellazioni assumevano un carattere prevalentemente estetico [fig. 07], fino ad arrivare agli ultimi progetti

08a-08b
Scarpa con suola
parametrica
progettata da
Nervous System
per New Balance



08b

in cui l’algoritmo assume una motivazione funzionale. Esempio di questa possibilità sono le scarpe progettate per New Balance, in cui le soles in schiuma polimerica vengono progettate mediante un algoritmo che definisce la struttura porosa in modo differenziato in funzione dei dati ricavati dalla misurazione delle pressioni esercitate dai piedi degli atleti durante la corsa [fig. 08]. In casi come questo, i designer utilizzano gli strumenti digitali e i relativi parametri per potenziare il progetto in termini di prestazioni, come anche per rafforzare il loro pensiero progettuale, generando oggetti con caratteri di originalità e di identità, sia nel linguaggio che nella concezione, discostandosi dall’universo insidioso – fatto di “fantasmi” indifferentemente poligonali che ci circonda. In ambiti in cui il corpo e i suoi movimenti assumono un ruolo fondamentale nella fase di uso degli artefatti, come nel design di prodotti biomedicali [fig. 09], di dispositivi indossabili [fig. 10] e di molti accessori per lo sport che si interfacciano con parti anatomiche, l’approccio parametrico si rivela particolarmente significativo e promettente perché consente di inserire nel progetto generativo i dati antropometrici, medici e funzionali, pervenendo così a una piena personalizzazione.

Il codice può essere applicato per risolvere problemi funzionali puntuali anche rinunciando all'effetto texturizzato ma agendo, ad esempio, su variazioni di spessori, stratificazioni, svuotamenti localizzati in ragione della funzione fisico-meccanica assegnata alle singole aree dell'accessorio. Il linguaggio estetico degli oggetti che derivano dall'applicazione consapevole degli strumenti parametrici non deve riportare dunque necessariamente a una struttura alveolare o frammentata, ma può rispondere a specifiche esigenze espressive guidate dall'autore secondo la sua sensibilità materica e progettuale.

NOTE

[1] Pagina aziendale <http://www.wasproject.it/w/> [maggio 2017]

09



09

BioCast, tutore per immobilizzazione del braccio fondato sui parametri forniti dalla TAC.
Design:
Gabriele Pontillo,
tutor accademico:
Carla Langella,
tutor aziendale:
Luigi Castaldo



10

REFERENCES

- Witten Thomas A., Sander Leonard M., "Diffusion-limited aggregation", *Physical Review B*, n. 27, **1983**, pp. 5687-5696.
- Stern Julie V., Peskin Charles S., "Fractal dimension of an aortic heart valve leaflet", *Fractals*, n. 2.3, **1994**, pp. 461-464.
- Skalak Richard, Farrow Daniel A., Hoger Adrian., "Kinematics of surface growth", *Journal of mathematical biology*, n. 35.8, **1997**, pp. 869-907.
- Langella Carla, *Hybrid design. Progettare tra tecnologia e natura*, Milano, Franco Angeli, **2007**, pp. 15-29.
- Casey Reas, McWilliams Chandler, *Form+Code: in design, art, and architecture*, Princeton, NJ, USA, Princeton Architectural Press, **2010**, pp. 176.
- Santulli Carlo, *Biomimetica la lezione della natura*, Padova, Ciesse Edizioni, **2012**, pp. 128.
- Fleischmann Martin, Tildesley Dominic J., Ball Robert.C., *Fractals in the natural sciences*, Princeton, NJ, USA, Princeton University Press, **2014**, pp. 123-131.
- Hooker Gretchen, Smith Ethan, "AskNature and the Biomimicry Taxonomy", *Insight*, n. 19.1, **2016**, pp. 46-49.
- Santulli Carlo, Langella Carla, "Study and development of concepts of auxetic structures in bio-inspired design", *International Journal of Sustainable Design*, n. 3.1, **2016**, pp. 20-37.

10
Diatom Helmet,
casco per
bicicletta ispirato
all'ottimizzazione
strutturale delle
Diatomee.
Design:
Paula Studio,
algorithmic
modeling:
Antonio Gagliardi

Design generativo e additive manufacturing

La produzione in serie di prodotti unici

Dario Scodeller Unife, Dipartimento di Architettura
dario.scodeller@unife.it

Emilio Antinori Unirsm, Dipartimento di Tecnologia, Scienze e Diritto
emilio.antinori@unirsm.sm

I processi di *additive manufacturing* permettono di trasformare il codice matematico di un modello virtuale in un oggetto fisico, elaborando forme complesse finalizzate alla produzione di prodotti (o parti di essi) mediante modalità differenti dai tradizionali metodi di fabbricazione.

Dopo aver chiarito i concetti di modello e simulazione all'origine degli strumenti generativi e illustrata la trasformazione della logica progettuale conseguente all'utilizzo dei nuovi sistemi produttivi, il presente contributo intende approfondire, sulla base di casi studio, il modo in cui il *design process* parametrico, collegato a procedimenti tecnologici di *additive manufacturing*, potrà consentire la produzione e riproduzione di una nuova "specie" di prodotti unici.

AAD (Algorithms Aided Design), Generative design, Additive Manufacturing, Computational design, Meta-prodotti

The additive manufacturing processes allow to directly turn a code of a virtual model into a physical object managing the elaboration of complex forms for the production of products in a completely different way if compared to the traditional processes involved.

This contribution starts with an introduction on the concepts of model and simulation as intended in the context of generative processes, and a description of the transformation occurred in the project philosophy as a consequence of the use of new production systems. The core of the research is aimed at going into the parametric design process in more depth through a range of case studies, focusing on how it will make the production of a new kind of unique products possible considering it as linked to additive manufacturing technical methods.

AAD (Algorithms Aided Design), Generative design, Additive Manufacturing, Computational design, Meta-products

«Per cui avremo, negli esercizi di questi programmatori, una proporzione raggiunta per negazione, un rinascimento capovolto, una Diabolica Sproporzione (...) perché sospende nell'indeterminato la scelta dei possibili: fissato l'elemento di base e programmatene le permutazioni, l'opera non consiste nell'elemento meglio riuscito, scelto tra tutti gli altri, ma proprio nella compresenza di tutti gli elementi pensabili.»

Umberto Eco (1962, p. 176)

Modelli e simulazioni

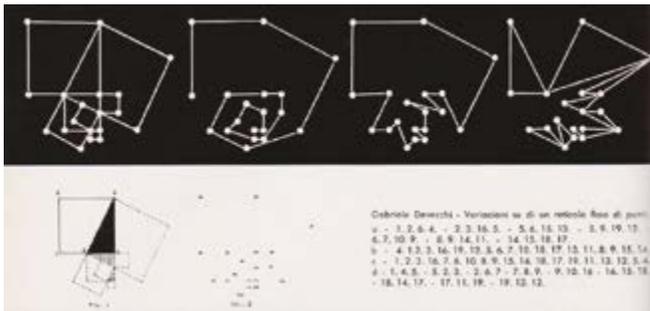
A partire dagli anni Sessanta del Novecento, studiosi come Herbert A. Simon, le cui ricerche sono all'origine delle *Computer Sciences*, hanno proposto l'inserimento delle discipline del progetto nell'ambito delle *Scienze dell'artificiale* [1] cercando anche di definire il ruolo della conoscenza scientifica nella soluzione creativa di problemi progettuali.

Si ritiene utile sottolineare, nell'incipit a questo contributo, il rapporto pluridecennale tra pensiero scientifico, informatica e progetto [2] perché, se oggi i cosiddetti sistemi generativi o parametrici, attraverso i metodi dell'analisi numerica e i suoi strumenti (algoritmi), permettono al design di utilizzare diffusamente la matematica e le sue applicazioni, il campo della ricerca progettuale dovrebbe essere consapevole che anche in un ambito come quello della geometria computazionale gli *strumenti* sono sempre espressione di *modelli*.

Come ha scritto Ugo Volli nel saggio "Modelli, icone simulazione", al pari del procedere artistico nella costruzione della forma, anche «il laboratorio dello scienziato sperimentale è (...) in senso materiale, un apparato generativo di modelli, e l'atto di apertura di qualunque procedura sperimentale non è altro che la costruzione di un opportuno modello (o piuttosto di ciò che si spera sia un modello opportuno)» Volli (1987, p. 165). Nel saggio, il semiologo, inoltre, richiamava l'attenzione sull'importanza del concetto di modello nella ricerca scientifica, come "ammortizzatore" tra teoria ed esperimento e sottolineava come, «anche in campi che a rigore hanno una natura assai diversa da quella delle scienze sperimentali, (...) come la matematica», si sia oramai affermata la consapevolezza del «sapere come rete di modelli» (Volli, 1987, p. 166).

In sostanza si afferma che lo strumento non è mai neutrale, ma sempre conseguenza ed espressione di una determinata "filosofia della scienza".

Sebbene esistano differenti definizioni che indentificano il procedimento progettuale oggetto del presente studio, tra le quali *algorithmic design*, *computational design*, *parametric modeling*, la doppia accezione comunemente utilizzata, parametrico e generativo, fa riferimento secondo diversi

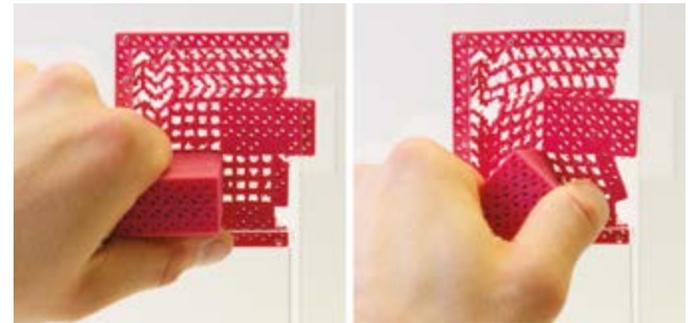


crea le sue forme, appare oggi come il modello emergente nel rapporto tra design generativo e *additive manufacturing*. È difficile affermare se ciò preluda all'avvento di quell'“era biomorfica” preconizzata da Victor Papanek (1973), caratterizzata da una tecnologia che favorisce processi evolutivi, ma certamente il fenomeno prefigura alcune significative trasformazioni nel campo del progetto, relative al rapporto tra la concezione geometrica della forma e la sua realizzazione materiale.

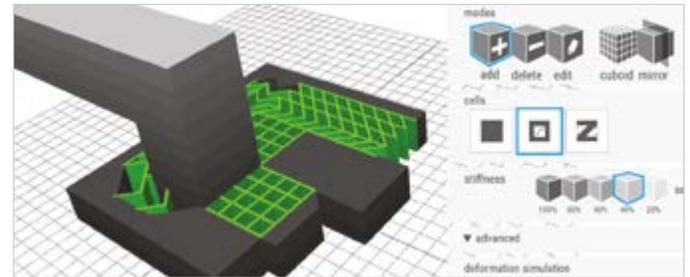
L'*additive manufacturing* è, fra i modi di produrre dell'uomo, uno dei più simili al processo di accrescimento di alcuni organismi biologici come i radiolari, i foraminiferi o le diatomee, i quali appaiono dotati di una “capacità formativa” [4] che ne presiede la definizione strutturale (Di Napoli, 2011). Utilizzando il modello proposto da Jakob Von Uexküll (2015) nel suo *Biologia teoretica* – dove si afferma che le forme viventi possiedono proprietà “dominanti” (il codice genetico proprio di ogni specie) e proprietà “accidentali” (relative alla sostanza: quali colore, venature, segni della genesi, giunzioni, ecc.) generate in forme ripetitive da un codice-genoma – nella produzione digitale basata sul design generativo, la “dominante” è la scrittura algoritmica, mentre la sostanza è la possibilità di generare, attraverso la regola-codice, una pluralità di forme simili, ma non uguali. Geometria computazionale e produzione per sintesi additiva inducono, in questo senso, un cambiamento nella metodologia progettuale-produttiva perché, mentre gli oggetti d'uso complessi sono, per lo più, costituiti da parti o elementi costruttivi-funzionali, tenute insieme da giunzioni – segni di genesi – (Von Uexkull, 2015), la formazione per accrescimento permette di realizzare oggetti *unibody* (cioè costituiti da un solo componente) caratterizzati da estrema complessità formale (non-linearità) unitamente alla bassa densità (economia) della struttura.

Significativi in questo senso gli oggetti sperimentali creati per mezzo di stampanti 3D dal team dello Human Computer Interaction Lab dell'Hasso Plattner Institute di Potsdam, nell'ambito di un progetto di ricerca teso a verificare le potenzialità di strutture formali definite “metamateriali”. Si tratta di strumenti come maniglie e pinze, costituiti da unici componenti, privi di elementi di giunzione [fig. 02]. Il materiale polimerico, costituito da una struttura interna a pattern non-lineari e con differenti livelli di rigidità, permette l'accorpamento (*embody*) contemporaneo di più funzioni, cinematismi compresi (Ion et al., 2016). Un'interfaccia progettuale parametrica, frutto del programma di ricerca, permette all'utente di elaborare le prestazioni meccaniche di un oggetto sulla base della composizione geometrica delle strutture alveolari.

02a, 02b, 02c
Metamaterial
Mechanisms.
A. Ion,
J. Frohnhofen,
L. Wall,
R. Kovacs,
M. Alistar,
J. Lindsay,
P. Lopes,
H.-T. Chen,
P. Baudisch,
Hasso Plattner
Institute,
Potsdam,
Germany



02a

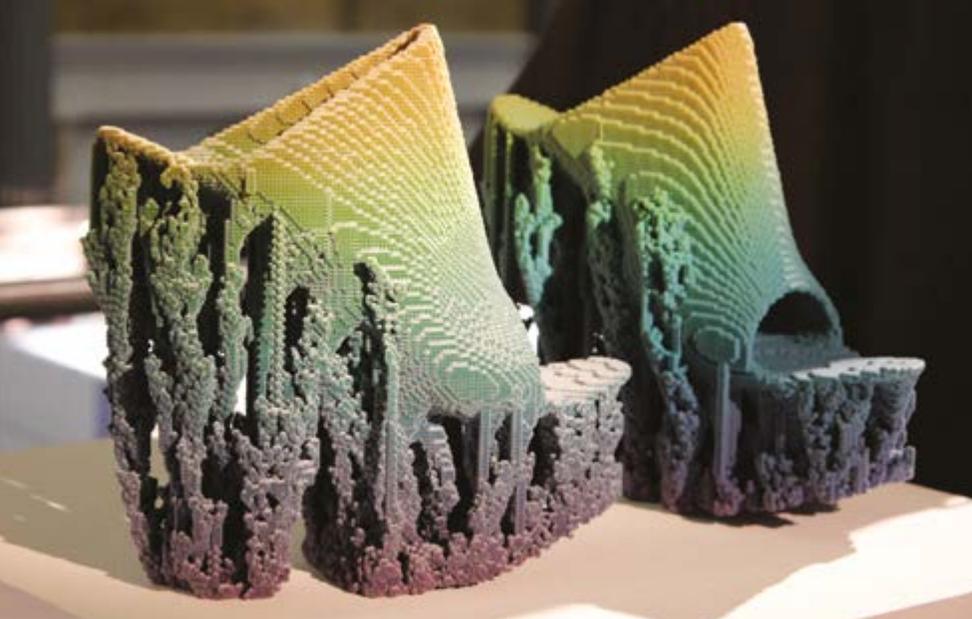


02b



02c





03

Altri esempi chiariscono questo concetto di unicità e provengono dai pionieri statunitensi del design generativo come il newyorkese Francis Bitonti e lo studio americano Nervous System. Bitonti, che nel 2014 aveva concepito, in collaborazione con Michael Schmidt Studios e Shapeways, il primo vestito parametrico *unibody* prodotto con processo tecnologico additivo (*3D Printed Bristed Dress*), ha progettato nel 2015 *Molecule shoe*, un modello per scarpe realizzato con *Game of Life*, un algoritmo ideato nel 1970 dal matematico inglese John Conway, che genera aggregati di pixel tridimensionali [fig. 03]. Nervous System ha messo a punto nel 2016 un artefatto sperimentale (prodotto in serie limitata) per l'azienda di calzature New Balance: un nuovo tipo di soles per scarpe da corsa personalizzate, la cui struttura a schiuma è parametrizzata sulle caratteristiche fisiche del cliente (*data-customization*). Lo stesso studio ha disegnato la serie di sculture biomorfe *Floraform*, prodotte per sinterizzazione di poliammidi in un solo componente [fig. 04], che evidenziano uno dei principali vantaggi dei processi di *additive manufacturing* parametrici: costruendo *layer-by-layer* essi permettono di generare forme continue caratterizzate da geometrie estremamente complesse. Molte di queste tecnologie, messe a punto alla fine degli anni Settanta del secolo scorso nel campo della *rapid prototyping*, sono oggi diventate veri e propri processi di produzione di prodotti finiti. Si tratta di un *design process* nel quale, tramite *software* cosiddetti di *slicing*, il modello virtuale generato in *nurbs* o *mesh* e poi codificato in un file binario (o *ascii*) [4] viene suddiviso in piani orizzontali con-

03
Francis Bitonti.
Collezione di
scarpe modellate
con l'algoritmo
"Game of Life"
e prodotte con
stampanti 3D
Stratasys

notati da specifici caratteri quali la densità e la forma del riempimento (*infill*), lo spessore della "pelle" (*shell*), l'intensità degli strati di suddivisione orizzontale (*layer height*), la velocità di accrescimento, la variazione e il posizionamento di materiali diversi nello stesso componente. A differenza di altri processi tradizionali sottrattivi e conservativi della massa, questa modalità di costruzione per aggregazione di materiale consente una migliore gestione della complessità geometrica e, di conseguenza, la possibilità di accoppiare funzioni e componenti.

I processi tecnologici additivi possono essere catalogati sulla base della tipologia di materiale che utilizzano, della sorgente energetica che impiegano per la sintesi, del tipo di alimentazione e, soprattutto, della regola di fabbricazione che adottano.

I materiali polimerici si presentano sotto forma di filamento termoplastico riscaldato (*FDM fused deposition modeling*), in polvere (*selective laser sintering SLS* e *Multi Jet Modeling MJM*) o liquidi (stereolitografia SLA, con la variante a sorgente luminosa DLP o CDLP *continuous digital light processing*), MJM (*Multi Jet Fusion*) e *Material Jetting*.

I metalli e le leghe (titanio, acciaio inossidabile, acciaio Maraging, Inconel, alluminio, cobalto, rame e bronzo, ferro, oro, argento e metalli preziosi) sono funzionali alla sinterizzazione, che consiste nella saldatura di polveri micronizzate in atmosfera controllata, evolutasi in SLM (*Selective Laser Melting*) in DMLS (*Direct Metal Laser Sintering*), Binder jetting, l'NPJ (*NanoParticle Jetting*), e, infine, processi *Directed Energy Deposition* o *Laser Cladding* come il LENS (*Laser Engineering Net Shape*) e l'EBAM (*Electron Beam Additive Manufacturing*).

La sabbia, minerali e terre possono essere sinterizzati, aggregati con leganti speciali (*D-Shape* di Enrico Dini o lo *stone spray robot* di Anna Kulik, Inder Shergill e Petr Novikov), ma anche estrusi a freddo (con un metodo informalmente chiamato LDM - *liquid deposition modeling*).

04



04
Studio Nervous
System,
FloraForm



Lo sviluppo di ulteriori processi innovativi, in chiave di rapporto tra materiale, macchina e *additive manufacturing*, sta avvenendo con la combinazione tra robotica e materiale, come nell'impiego del braccio antropomorfo per l'istruzione di polimeri termoplastici (anche riciclati), utilizzato dall'olandese Dirk Vander Kooij per i suoi oggetti autoprodotti [fig. 05] e nelle sperimentazioni a saldatura continua del connazionale Joris Laarman.

L'Olanda è il paese dove hanno luogo le principali sperimentazioni di intersezione tra design generativo e *additive manufacturing*, sia per l'approccio orientato alla multidisciplinarietà e alla ricerca perseguiti dagli istituti di formazione, sia per la collaborazione tra istituzioni, aziende, laboratori e università, che permettono a molti professionisti di sviluppare esperienze di ricerca sostenute e finanziate. Fashion designer come Iris Van Harpen e Anouk Wipprecht (significativo il suo *Spider dress*) operano in *teamworking* per creazioni che coniugano stampa 3D e cinematismi controllati elettronicamente. Gli artefatti progettati Joris Laarman sono il frutto di una ricerca che coniuga modellazione generativa e costruzione additiva di prodotti *unibody*. Lo *Starlings Table*, ad esempio, è realizzato utilizzando un *3D flight simulation program* basato sull'algoritmo *boids* di Craig Reynolds, con il quale Laarman ha simulato uno "sciame" che è stato congelato in un dato momento della generazione convertendolo in una struttura tridimensionale autoportante [fig. 06].

Il cambiamento apportato dai processi tecnologici additivi è avvenuto soprattutto in termini di "visione", cioè di ampliamento degli orizzonti del progetto.

Ai settori produttivi – come biomedicale, industria aeronautica e aerospaziale – dove, in conseguenza della maggiore necessità di performance tecnologica, sono stati sviluppati per primi prodotti di design generativo, si sono affiancati più recentemente studi in aree disciplinari quali l'architettura (vedi il contributo dato dallo studio di Zaha Hadid), il lighting design, il design della moda (gioielli, accessori, calzature) dove le potenzialità di formalizzazione frattale, alveolare, randomizzante, appaiono congeniali alle loro principali linee di ricerca estetica.

In Italia la ricerca si svolge maggiormente su un piano sistemico, con attori che intervengono su applicativi software, linguaggi macchina, modalità innovative di sviluppo e impiego delle tecnologie. I massimi esponenti si trovano nella rete Co-de-iT (*Computational Design Italia*) e sono Davide Del Giudice, Alessio Erioli, Andrea Graziano, Alessandro Zomparelli, Tommaso Casucci, Bruno Demasi, Alberto Casarotto, Michele Semeghini, con collaboratori esterni Mirko Daneluzzo, Mirco Bianchini, Niccolò Ca-

sas, Domenico Di Francesco. I contributi di Alessandro Zomparelli, di MHOX Design, si concretizzano in prodotti industrializzati, come la grattugia per Sisma [fig. 07] o le maschere e accessori moda di Carapace Project o in oggetti sperimentali, come la lampada Feral ottenuta dalla modellazione del fumo e realizzata per sinterizzazione di poliammidi [fig. 08]. Un progetto significativo, per complessità progettuale e realizzativa è la modellazione virtuale della barriera corallina prodotta nel 2012 per D-Shape, assieme allo staff di Co-de-iT, da Enrico Dini [fig. 09].

Esistono in questo nuovo contesto progettuale due tipi di approcci: la concezione ex-novo di un algoritmo finalizzata alla realizzazione di un prodotto o, in alternativa, l'utilizzo di un algoritmo esistente, modificato in funzione di un determinato artefatto.

Spesso ragioni di "economia progettuale" prevalgono su aperture sperimentali ed è necessario (anche in termini di tempi) valutare quale sia l'incremento di valore associato ad uno sviluppo più specializzato di una strategia generativa inedita. Il rapporto tra ricerca formale e ricerca strutturale (anche per la formazione variegata dei progettisti, che provengono dai campi dell'architettura, delle arti o dell'informatica) non ha in queste esperienze un confine definito e, a fronte di strategie di *computational design* assodate (che vanno nella direzione di un miglioramento delle performance strutturali) si affiancano strategie di form finding sviluppate attraverso processi intuitivi.

In questi contesti sperimentali, al termine *design generativo* si preferisce quello di *design computazionale*. L'aspetto innovativo consiste nell'assenza di un obiettivo predefinito rispetto al risultato formale, al punto che un progettista come Zomparelli considera i prodotti generativi come "fossilizzazioni del mondo digitale", cioè tracce di un processo algoritmico che produce un divenire di forme, ovvero una stratificazione progressiva di soluzioni.



07



08

Conclusioni

Gli esempi illustrati rappresentano tentativi (per lo più sperimentali) di applicazione dei principi di design generativo alla fabbricazione di nuovi prodotti attraverso i processi di *additive manufacturing*. Alla luce della nostra ricognizione, ci sembra di poter affermare che gli strumenti e i processi produttivi siano giunti a un grado di maturità; la qualità di un progetto – a questo punto – dipende dalla capacità di accesso e manipolazione dei dati da parte del progettista. Non solo quelli fisico-formali gestiti all'interno di un modello virtuale, ma anche altri, che permettano di integrare, ad esempio, nell'elaborazione del modello, le condizioni ambientali, le interazioni con le persone e l'ambiente, traducendoli in un prodotto materiale finito. In tale direzione il design generativo potrebbe offrire nuovi contributi alla produzione di una nuova tipologia di prodotti caratterizzati da forme, funzioni e significati unici in relazione al contesto. Questo porterà, come ha recentemente sottolineato John Maeda (Stinson, 2017), ad una inevitabile evoluzione della figura del designer in senso "computazionale", con la necessità di una maggiore dimestichezza rispetto all'uso dei codici per la progettazione di prodotti in continua evoluzione e una capacità (e flessibilità) a lavorare su strutture, processi, regole e interazioni.

07
Alessandro Zomparelli (MHOX), Grattugia. Realizzato da Sisma

08
Alessandro Zomparelli (MHOX), lampada Feral. Realizzata da Idea Factory e distribuita da Circys



06
Joris Laarman, Starlings Table, realizzato utilizzando un 3D flight simulation program basato sull'algoritmo boids di Craig Reynolds

06

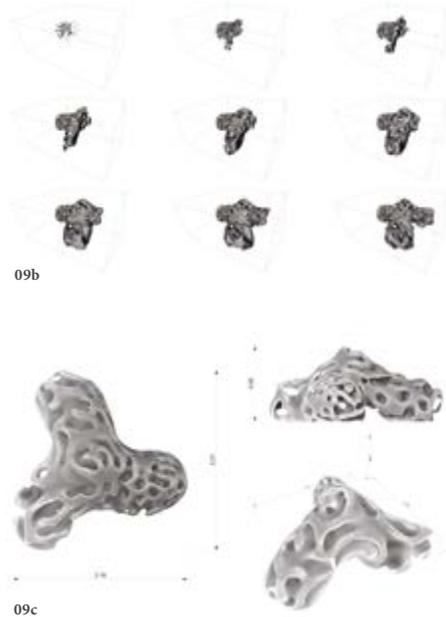
NOTE

[1] Ci riferiamo ai lavori di Herbert Simon, tra i fondatori della *Computer Sciences*, del cognitivismo e del *decision making*, che sottolineava come le discipline ingegneristiche, progettuali ed economiche, accomunate da un carattere ideativo, dovessero strutturarsi, per guadagnare credibilità, attraverso sempre maggiori competenze di tipo scientifico. Vedi anche il ruolo assegnato all'euristica in opposizione a tale ambito fin dal celebre *General Problem Solver Program* del 1959.

[2] Tralasciamo qui i riferimenti anticipatori dell'approccio generativo di progettisti come Antoni Gaudí, Buckminster Fuller, Le Corbusier



09a



09b

09c

sier, Frei Otto, Jørn Hutzon. L'adozione del computer nello studio di Frank O. Gehry è dettagliatamente descritta in Lindesy (2001).

[3] Già Keplero, nel Seicento, tentando di spiegare la struttura esagonale dei cristalli di neve, parlava di *facultas formatrix*.

[4] Rappresenta un solido la cui superficie è stata discretizzata in triangoli STL-*STereo Lithography interface format*).

REFERENCES

Newell Allen, Saw John C., Simon Herbert, *Report on a General Problem-Solving Program*, Pittsburgh, Carnegie Institute of Technology, **1959**, pp. 27.

Eco Umberto, "La forma del disordine", pp. 175-188, in: Morando Sergio (a cura di) *Almanacco Letterario Bompiani 1962. Le applicazioni dei calcolatori elettronici alle scienze morali e alla letteratura*, Milano, Bompiani, **1962**, pp. 188.

Simon Herbert, *The sciences of the artificial*, Cambridge, MIT Press, **[1969]** 1996.

Arbib Michael A., Recensione a *The sciences of the artificial*, in *IEEE Transactions on information theory*, vol. 16, n. 6, **1970**, pp. 803-804.

Papanek Victor, *Progettare per il mondo reale. Il design: come è e come potrebbe essere*, Milano, Mondadori, **1973**, pp. 352.

Steadman Philip, *The Evolution of Designs, Biological analogy in architecture and the applied arts*, Routledge, London and New York, **[1979]** 2008, pp. 302.

Volli Ugo, "Modelli, icone, simulazione", pp. 165-169, in: *L'immaginario Scientifico. Dalla percezione alla teoria attraverso le immagini della scienza*, Trieste, Editoriale edizioni, **1987**, pp. 199.

09a
Barriera corallina artificiale REEFS per D-SHAPE. Co-de-iT (design team: A. Erioli, A. Zomparelli, T. Casucci, A. Graziano collaboratori: M. Semeghini) + disuguincio&co (M. Daneluzzo, M. Bianchini). Foto F. Nassetti

09b
Algoritmo reaction diffusion tridimensionale

09c
Definizione dell'elemento finale

Gallino Luciano, *L'incerta alleanza. Modelli di relazione tra scienze umane e scienze della natura*, Torino, Einaudi, **1992**, pp. 331.

Maldonado Thomás, *Reale e virtuale*, Milano, Feltrinelli, **[1992]**, 2015, pp. 192.

Maldonado Thomás, *Critica della ragione informatica*, Milano, Feltrinelli, **1997**, pp. 219.

Lindesy Bruce, *Gehry digitale. Resistenza materiale, costruzione digitale*, Roma, Universale di architettura, Testo&immagine, **2001**, pp. 96.

Lindesy Bruce, *Gehry digitale. Resistenza materiale, costruzione digitale*, Universale di architettura, Testo&immagine, Roma **2001**, pp. 93.

Watanabe Makoto Sei, *Induction design. Un metodo per una progettazione evolutiva*, Universale di architettura, Testo&immagine, Roma **2004**, pp. 93.

Manovich Lev, *Software takes command*, **2008**, pp. 245. Creative Commons Attribution http://softwarestudies.com/softbook/manovich_softbook_11_20_2008.pdfz [marzo 2017].

Hensel Michael, Menges Achim, Weinstock Michael, *Emergent Technologies and Design: Towards a Biological Paradigm for Architecture*, New York, Routledge, **2010**, pp. 256.

Di Napoli Giuseppe, *I principi della forma*, Torino, Einaudi, **2011**, pp. 463.

Gürsel Dino pek, Creative design exploration by parametric generative systems in architecture, in academia.edu, **2012**, http://www.academia.edu/1821083/CREATIVE_DESIGN_EXPLORATION_BY_PARAMETRIC_GENERATIVE_SYSTEMS_IN_ARCHITECTURE [marzo 2017].

Tedeschi Arturo, *AAD-Algorithms Aided Design.Parametric strategies using Grasshopper*, Brienza, Le penseur, **2014**, pp. 496.

Von Uexküll Jakob, *Biologia teoretica*, Macerata, Quodlibet, **2015**, p. 288.

Chiesa Giacomo, *Paradigmi, tecnologie ed ere digitali. Il dato come parametro di innovazione in architettura e urbanistica*, Torino, Accademia University Press, **2015**, pp. 180. (?)

lon Alexandra, Frohnhofen Johannes, Wall Ludwig, Kovacs Robert, Alistar Mirela,

Lindsay Jack, Lopes Pedro, Chen Hsiang-Ting and Baudisch Patrick, *Metamaterial Mechanisms*, pp. 529-539 in: Proceedings of UIST'16, **2016**.

https://hpi.de/fileadmin/user_upload/fachgebiete/baudisch/projects/metamaterial/metamaterial-mechanisms/2016UIST_Metamaterial_Mechanisms_authors_copy_.pdf [marzo 2017].

Stinson Liz, "John Maeda: If You Want to Survive in Design, You Better Learn to Code", *Wired*, 15 marzo **2017** <https://www.wired.com/2017/03/john-maeda-want-survive-design-better-learn-code/2017> [marzo 2017].

Sulle tecniche di additive manufacturing vedi:

www.3dhubs.com/knowledge-base

www.3dprintingindustry.com

Prefabbricazione robotizzata e innovazione

Struttura su due livelli con assemblaggio robotico

Alessandro Dell'Endice ETH Zurich, Block Research Group
dellendice@arch.ethz.ch

Pietro Odaglia ETH Zurich, Digital Building Technologies
odaglia@arch.ethz.ch

Fabio Gramazio ETH Zurich, Architecture and Digital Fabrication
gramazio@arch.ethz.ch

Tecnologie digitali e robotica iniziano a dare il loro contributo nel mondo dell'architettura portando a risultati progettuali altrimenti non raggiungibili. Le conseguenze di questo avvicinarsi influiscono sulla figura dell'architetto-ingegnere. Il progetto qui descritto riguarda la costruzione della prima struttura su due livelli con l'applicazione di un rivestimento esterno, fabbricata e assemblata con due robot, utilizzando tecnologie di fabbricazione additiva e strumenti digitali. Il progetto è stato sviluppato nel contesto del MAS ETH (Master in Advanced Studies) in Architecture and Digital Fabrication organizzato da Gramazio Kohler Research e diretto da Philipp Eversmann presso il Politecnico di Zurigo (ETH) [1].

Prefabbricazione robotica, Design parametrico, Ottimizzazione, Costruzioni in legno, Processo digitale

Digital technologies and robotic have now started to play a key role in architecture, achieving results otherwise not reachable. The several consequences arising from this role directly affect the professional profiles involved. The described project is about the construction of the unique double story structure with an envelope, fabricated and assembled by two robots, using additive manufacturing technologies and digital tools. The project has been developed in the context of the MAS ETH (Master in Advanced Studies) in Architecture and Digital Fabrication organized by Gramazio Kohler Research and lead by Philipp Eversmann at the Zurich Federal Polytechnic (ETH).

Robotic prefabrication, Parametric design, Optimization, Wooden structures, Digital workflow

Introduzione

La sperimentazione portata avanti da figure di rilievo nel panorama architettonico è sicuramente da riconoscersi come parte motrice dell'attuale interesse nei confronti delle tecnologie qui prese in esame: progetti incentrati sulla geometria free-form, hanno infatti valorizzato l'utilizzo in ambito edilizio di strumenti in grado di offrire una vasta gamma di lavorazioni meccaniche sviluppate a un livello di precisione senza precedenti, evidenziandone al contempo limiti e vantaggi [fig. 01]. Lo scopo dell'attuale ricerca e dell'interessante dibattito che introduce, non consiste nel velocizzare processi noti, né nel ridurre i costi, quanto nel valutare quali e quanti nuovi processi possano fiorire nel pieno utilizzo dell'odierna tecnologia, e il contributo architettonico che tale tecnologia può apportare al manufatto finale, tanto nella tecnica costruttiva quanto nell'estetica progettuale.

L'espansione di tali strumenti non comporta una riduzione dell'apporto umano al processo, ma una crescita delle competenze delle figure coinvolte, investendo l'architettura, l'ingegneria, le tecniche di fabbricazione, il design computazionale e parametrico, la programmazione informatica e la robotica. Si è dimostrato inoltre che il raggiungimento di un risultato efficace in un simile ambito interdisciplinare è inscindibile dalla piena conoscenza, da parte di ciascun attore coinvolto, di tutte le problematiche presenti. A differenza di quanto generalmente avviene, soprattutto nel caso di progetti di piccole e medie dimensioni, la fase di progettazione non è stata sviluppata a compartimenti stagni, dove le figure professionali operano in maniera autonoma. Tale mancanza di comunicazione infatti rende fortemente probabile che errori e problemi affiorino solo quando il costo per risolverli è ormai massimo, ovvero in fase esecutiva. Quanto detto offre diversi spunti utili a colmare la separazione che ancora oggi si tenta di tenere in auge tra architettura e ingegneria, separazione che sempre più appare superflua e anacronistica.

Fabbricazione digitale di strutture in legno

La fabbricazione digitale di strutture in legno viene suddivisa solitamente secondo due categorie: tecnologie sottrattive e tecnologie additive. Riguardo le tecnologie sottrattive, queste rappresentano quello che è stato storicamente realizzato nella carpenteria lignea e che oggi ha subito un notevole impulso tecnologico grazie all'utilizzo di macchinari a controllo numerico (CNC). Tali tecnologie permettono di realizzare, in maniera molto precisa, nodi di collegamento e sezioni variabili, in risposta a diversi criteri costruttivi e strutturali. In particolare nel mondo della prefabbricazione, solitamente viene automatizzata la



01

produzione di singoli sotto-componenti bidimensionali o a sviluppo planare, i quali poi richiedono un successivo assemblaggio spaziale manuale per arrivare a costituire veri e propri componenti architettonici. Questo comporta imprecisione nell'assemblaggio e spreco di materiale dovuto alla natura sottrattiva della tecnica utilizzata. Queste tecnologie sono attualmente studiate e sviluppate ad esempio presso l'EPFL di Losanna (Robeller, 2014), dove vengono effettuate delle ricerche sulle potenzialità di connessioni automatizzate di elementi spaziali. Le tematiche relative alla fabbricazione robotizzata di strutture in legno con tecniche additive, sono state a lungo affrontate invece presso l'ETH di Zurigo da Gramazio e Kohler Research (Asbjørn, 2016). La loro attività di pionieri nella robotica in architettura, comprende diversi esempi e ricerche in questo settore. Queste hanno riguardato la sovrapposizione robotizzata di elementi in legno lineari per la realizzazione di elementi architettonici con geometrie complesse (Dörfler, 2012), e lo sviluppo di tecniche di assemblaggio e nodi di collegamento di elementi lineari con l'utilizzo di colle a presa rapida (Helm, 2016). Questi studi hanno anche implementato metodologie per l'utilizzo sincronizzato e collaborativo di due bracci robotizzati in grado di interagire ed assemblare strutture spaziali (Parascho, 2017). Lo sviluppo di tali tecnologie additive e con assemblaggio spaziale, è poi proseguito all'interno del primo Master in Architettura e Fabbricazione Digitale (MAS ETH). Durante l'intero anno di studi sono state investigate diverse tipologie di connessione degli elementi in legno, tra cui

01
Vista lato nord-est
della struttura
realizzata

l'holistic trimming e lo shifting dei nodi con l'utilizzo di viti o colla. Per il progetto che andremo ad illustrare è stata scelta una soluzione intermedia con l'utilizzo quasi esclusivo di viti. Questa ricerca si colloca quindi in tale panorama, proponendo un diverso grado di innovazione improntato alla realizzazione e all'assemblaggio spaziale di componenti architettonici in scala reale con tecniche additive, incrementando la precisione del prodotto finale, e dimostrando l'esclusiva complessità implementabile con la fabbricazione robotica, difficilmente raggiungibile con lavorazioni tradizionali.

La struttura programmata

Il lavoro di progettazione qui descritto è segnato da alcune sostanziali novità rispetto alle procedure tradizionali. A differenza del processo a cascata comunemente implementato nel caso di realizzazione di progetti architettonici, il termine più efficace per descrivere il processo qui adottato è iterativo-ricorsivo, nel quale ogni iterazione può mettere in discussione la parte già realizzata in precedenza. Una ulteriore particolarità riguarda le forme di linguaggio utilizzate per la comunicazione fra i componenti del gruppo di lavoro. Si è, infatti, instaurato un fruttuoso ciclo digitale continuo di lavoro, composto di proposte, verifiche e modifiche in base ai feedback restituiti dai diversi processi. Una simile piattaforma, basata sui principi della progettazione parametrica, ha permesso un approccio sorprendentemente flessibile e modificabile in tempo reale anche nel corso delle fasi costruttive. L'intera geometria risulta infatti governata dalle medesime regole generative, e una qualsiasi sua modifica risulta a priori in accordo e congruente con ciò che è già stato realizzato. Una delle curiose conseguenze del processo digitale implementato è stata la totale superfluità di stampare su carta disegni architettonici e dettagli costruttivi, utilizzando invece un solo elaborato con la pianta di riferimento per il corretto posizionamento in cantiere dei componenti prefabbricati.

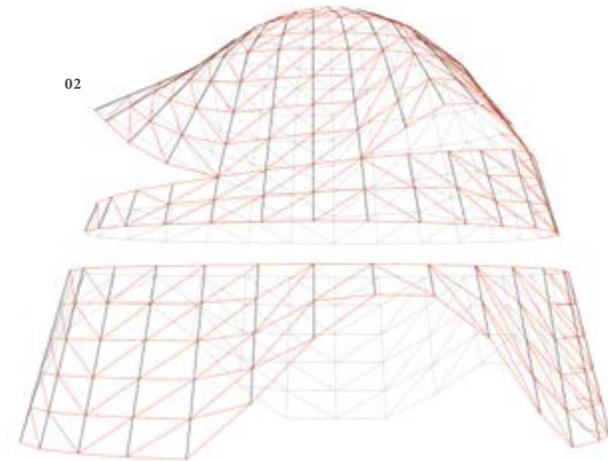
Impostazione dell'interfaccia progettuale

La presenza contemporanea di più figure coinvolte nella progettazione richiede l'utilizzo di un linguaggio e di forme di comunicazione progettuali adeguate. Nel caso specifico, tali forme sono state elaborate in quello che abbiamo definito master-script, riconsiderando il concetto di master-model, ossia l'insieme crescente di configurazioni geometriche che si materializzano nell'evolversi del progetto. L'espressione di master script racchiude in sé l'insieme di operazioni fondamentali necessarie alla generazione di tali configurazioni.

I linguaggi utilizzati si suddividono in testuali come C#, Python e visuali come Grasshopper, mentre il framework .NET è stato scelto in quanto adatto a gestire complesse strutture di dati. La progettazione è iniziata con la creazione di routine in C# all'interno di Grasshopper e Rhinoceros, il quale ha costituito la piattaforma operativa comune per l'intero processo. Per ciascun aspetto della progettazione è stato creato un componente personalizzato di Grasshopper contenente al suo interno parametri, vincoli, script in C# e Python, in grado di elaborare gli input ricevuti e fornire output compatibili con la fase progettuale successiva. Sono stati così creati i componenti della generazione geometrica, della gestione del design, della verifica strutturale, del design del rivestimento e della fabbricazione. Riguardo la fase di fabbricazione robotica, è stato utilizzato il codice Rapid all'interno del software RobotStudio della ABB, partendo dalle istruzioni scritte in Python. Tale linguaggio offre soluzioni pratiche per l'interfaccia con numerosi utensili, caratteristica molto utile in fase di prototipazione. Mentre Grasshopper è servito anche come ambiente utile a testare nuove porzioni di codice senza inficiare il resto del lavoro.

Strumenti e processo

Lo strumento di design implementato è impostato sull'esempio di algoritmi genetici. Grazie ad esso, la configurazione della forma specifica della struttura è stata raggiunta come il risultato di diverse iterazioni di ottimizzazione. I parametri valutativi hanno preso in considerazione sia grandezze facilmente quantificabili, come il numero di elementi di cui la struttura si compone o il massimo sforzo cui i diversi elementi sono sottoposti, sia altre grandezze specificamente qualitative, come la bontà della disposizione di alcuni elementi chiave (accesso al secondo ambiente sopraelevato, aperture, ...). Il processo di design parte dall'input geometrico di curve e punti, dai quali sono state sviluppate le superfici. Successivamente il computational team ha raffinato tali risultati e discretizzato gli elementi geometrici generati, ordinandoli secondo le rispettive classi di appartenenza. A questo punto, entra in gioco lo structural team con l'introduzione e la valutazione di grandezze fisiche, fino a una vera e propria analisi agli elementi finiti. All'interno di tale processo risultano connessi i vincoli provenienti dalla fabbricazione robotica e dal design del rivestimento esterno, i quali regolano i dati in ingresso nell'analisi strutturale. Infine avviene la valutazione del risultato e, di conseguenza, l'impostazione della successiva iterazione.



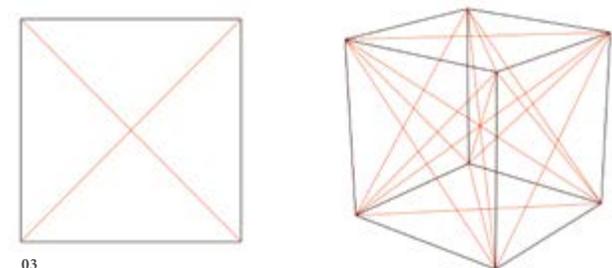
02

Progettazione parametrica e struttura

La generazione parametrica della geometria ha permesso di considerare in maniera efficace e diretta le esigenze strutturali dell'opera. Le superfici verticali, interna ed esterna, che definiscono il perimetro e determinano lo spessore della struttura, sono state discretizzate in elementi lineari. Tali reticoli di elementi sono stati a loro volta collegati perpendicolarmente alle superfici generando una travatura reticolare spaziale [fig. 02]. L'elemento geometrico tridimensionale di base di tale struttura reticolare è costituito da un cubo avente spigoli e diagonali [fig. 03]. Grazie alle potenzialità offerte dal sistema progettuale parametrico implementato, è stato possibile monitorare il comportamento strutturale variando le distanze tra gli elementi verticali e orizzontali di tale cubo base. Inoltre è stato sviluppato uno strumento che ha agevolato la selezione delle diagonali del cubo appartenenti al piano delle superfici iniziali, mantenendo quelle orientate secondo gli sforzi di compressione. Tale strumento è servito anche nella scelta e gestione delle diagonali di collegamento tra le due superfici, le quali sono state orientate in modo da ottenere un miglior comportamento nei riguardi dei carichi orizzontali.

02
Suddivisione della superficie in elementi lineari e orientamento delle diagonali dopo il processo di ottimizzazione

03
Elemento di base della struttura reticolare formato da spigoli verticali e orizzontali in nero e diagonali in rosso



03

Un secondo esempio di gestione parametrica della struttura, maggiormente legato ad aspetti relativi all'assemblaggio, è identificabile nel sistema di aggregazione dei singoli cubi e quindi nel dimensionamento delle unità di struttura reticolare da prefabbricare. Tale sistema, sviluppato in base ai limiti dimensionali imposti tanto dal setup robotico quanto dalla successiva fase di assemblaggio in cantiere, è stato risolto nell'implementazione *ad hoc* di un'interfaccia grafica: una volta selezionate le componenti da raggruppare, il sistema alla base si occupa di restituire un valore per validare la fattibilità dell'insieme e, in caso affermativo, di elaborare tutti gli accorgimenti geometrici identificati in fase di design (come la gestione di elementi sovrapposti, o il raddoppio della sezione degli elementi da giuntare) [fig. 04].

Un ultimo aspetto degno di nota è relativo alla distribuzione degli elementi meccanici di collegamento all'interno della struttura. Gli strumenti digitali utilizzati, e in particolare la corrispondenza fra gli elementi strutturali e le strutture di dati sviluppate al fine di contenerne le proprietà, hanno reso immediato un processo altrimenti virtualmente "doloroso": la definizione del piano di inserimento di ognuna delle circa 10.000 viti utilizzate, nonché le massime dimensioni accettabili (in termini di lunghezza e diametro) delle stesse. Potendo facilmente reperire la posizione e l'inclinazione delle superfici di contatto di ogni coppia di elementi, è stato possibile controllare e ottimizzare i valori dello sforzo di taglio e resistenza a sfilamento a cui le singole viti sono soggette, valutando tanto la resistenza meccanica delle stesse, quanto la direzione delle fibre del legno degli elementi da collegare. L'inserimento delle viti è avvenuto in maniera manuale con pre-foratura automatizzata.

04
La suddivisione della struttura in singoli componenti



04



05

Tutte le procedure fino a qui descritte hanno consentito un minuzioso controllo, rapido e puntuale, di una geometria complessa caratterizzata da un comportamento strutturale di non immediata interpretazione [fig. 05].

Altre tipologie di connessione meccanica utilizzate vedono l'applicazione di piastre in alluminio tra gli elementi del solaio [fig. 06] e connessioni con bulloni per il collegamento delle singole parti di cui è costituita la struttura reticolare. L'attacco della struttura alle piastre di acciaio dei pali di fondazione è avvenuto con bulloni, mantenendo una certa distanza dal suolo, senza presenza di elementi scatolari che avrebbero favorito il ristagno di acqua piovana.

05
Analisi agli elementi finiti dell'intera struttura nella quale viene mostrata l'utilizzazione dei singoli elementi

Analisi e struttura

Come già accennato, parte delle *features* presenti nel sistema implementato riguardano il costante monitoraggio delle proprietà strutturali del manufatto, nel caso specifico a mezzo del *plug-in* FEM di Grasshopper, Karamba3D. Per la verifica dei valori restituiti si sono applicate le norme vigenti in Svizzera e relative agli edifici a uso residenziale. In particolare si sono verificati i carichi permanenti, semipermanenti e variabili (vento e neve).

La piattaforma parametrica sulla quale insiste l'intero progetto ha permesso di conoscere in ogni istante le diverse proprietà delle componenti del sistema, come sezione, utilizzazione del materiale, direzione dello stress (compressione e/o trazione) e sua distribuzione nella sezione, lunghezza dell'asse e inclinazione rispetto agli elementi a cui è connesso [fig. 07].



06

Fabbricazione robotica

La fabbricazione è avvenuta utilizzando due robot industriali (ABB IRB 4600) montati su un asse lineare lungo 5 metri [fig. 08].

Agli estremi di questo asse sono stati installati da un lato la stazione di carico delle travi di lunghezza standard (5 metri) e dall'altro lato la piattaforma di lavoro utilizzata per la costruzione dei componenti strutturali. Accanto alla stazione di carico è stata anche installata una sega a controllo numerico a 3 assi. Sul lato della piattaforma è stato posizionato un tavolo per la scansione e il prelievo delle tegole durante la costruzione [fig. 09].

Il robot a sinistra in [fig. 09] ha eseguito le operazioni di prelievo, taglio e posizionamento delle travi in legno sulla piattaforma, mentre il robot a destra ha svolto le operazioni di scansione, prelievo e posizionamento delle tegole sulla struttura. L'applicazione delle tegole ha rivelato l'importanza di un sistema progettuale così organizzato. L'uso di tegole tagliate a mano e la loro non costante larghezza è stata l'unica fonte di parziale e voluta incertezza sull'effetto estetico finale della superficie esterna. Tale variabilità è stata gestita in tempo reale, scansionando attraverso un sensore ciascuna tegola e aggiornando lo script per il loro posizionamento in base alla larghezza della precedente già installata.

Conclusioni

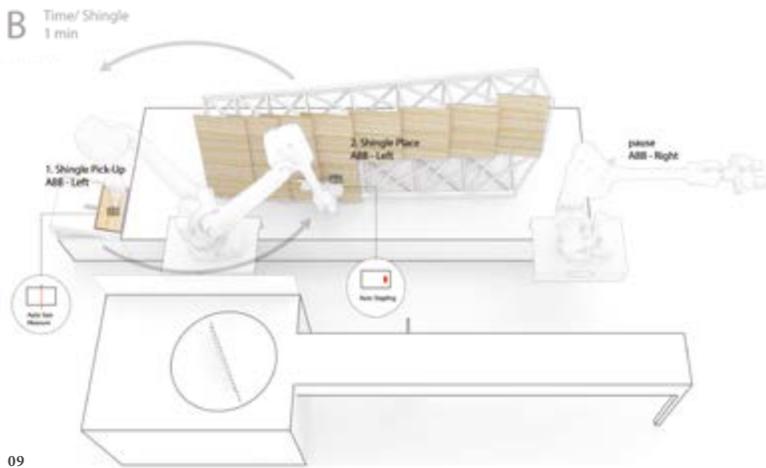
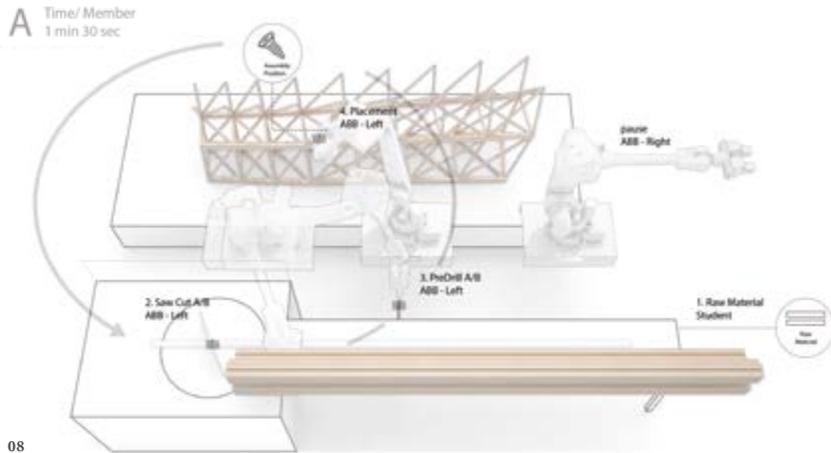
Il caso studio qui presentato costituisce un precedente di rilievo sulle potenzialità della prefabbricazione "non-standard" a opera di utensili robotizzati nelle tecniche di fabbricazione additiva e, più in generale, sull'utilizzo di robot in architettura. Senza ombra di dubbio l'esperienza mostra gli evidenti vantaggi del disegno parametrico e dei positivi effetti che comporta nel corso, non neces-



07
Immagine dell'interno della struttura a livello del piano primo

06
Immagine della struttura di copertura del piano terra prima dell'applicazione del pavimento in legno

07



09
Setup robotico con le operazioni attuate dal robot adibito all'applicazione delle tegole in legno

08
Setup robotico con le operazioni attuate dal robot adibito alla costruzione



10

10
Vista lato est della struttura

sariamente lineare, dell'intero processo progettuale. Tali conseguenze si esplicano in un maggior controllo della vasta gamma di parametri di cui un progetto si compone; controllo che a sua volta consente una maggiore libertà di espressione architettonica, affievolendo il rischio di perdersi all'interno della stessa complessità che si vuole implementare. La complessità risulta infatti gestibile e governabile, e l'architettura si traduce in una vasta mole di dati la cui gestione è affidata a raffinati strumenti di progettazione; a concludere la cornice, il setup robotico si incarica di restituire in forma tangibile gli stessi dati, permettendone la concretizzazione in maniera tanto accurata da potersi assumere esatta.

Si è inoltre dimostrata l'importanza di figure professionali con competenze ad ampio spettro, non più confinabili ai singoli ambiti di architettura e ingegneria, ma in grado di abbracciarle entrambe e, nel contempo, estendersi all'informatica e all'elettronica. Il diaframma esplicitamente dischiuso nel XVIII secolo dall'istituzione della "École nationale des ponts et chaussées" sembra in procinto di rimarginarsi nell'integrazione interdisciplinare del sapere necessario alla comprensione e al pieno utilizzo delle potenzialità offerte dagli innovativi strumenti in questa sede presentati.



11

In conclusione, il *framework* implementato risulta condizione indispensabile per la realizzabilità di nuove forme architettoniche in grado di prescindere dal paradigma della *Standardizzazione* e, nel contempo, di non sfociare in un eccessivo aumento dei costi e dei tempi di fabbricazione: si consideri che l'organico degli addetti ai lavori per il progetto presentato è limitato al numero di otto, e che le fasi di fabbricazione e assemblaggio dell'intero manufatto si sono svolte nel corso di cinque settimane [fig. 10] [fig. 11].

11
Vista lato sud-est
della struttura
e del sito

NOTE

[1] Il progetto descritto è stato realizzato nel contesto del "Master of Advanced Studies in Architecture and Digital Fabrication" presso l'ETH di Zurigo, dagli studenti Jay Chenault, Alessandro Dell'Endice, Matthias Helmreich, Nicholas Hoban, Jesus Medina, Pietro Odaglia, Federico Salvalaio e Stavroula Tsafou.

Il progetto è stato supervisionato dai professori Fabio Gramazio e Matthias Kohler e diretto da Philipp Eversmann. Il progetto è stato supportato dall'NCCR Digital Fabrication e finanziato dalla Swiss National Science Foundation. Si ringraziano per il loro contributo al progetto le aziende: Schilliger Holz AG, Rothoblaas, Krinner AG, ABB e BAWO Befestigungstechnik AG. Si ringraziano inoltre Michael Lyrenmann e Philippe Fleischmann per il loro costante aiuto nella realizzazione del setup robotizzato.

REFERENCES

Dörfner Kathrin, Rist Florian, Rust Romana. "Interlacing: an experimental approach to integrating digital and physical design methods", pp. 82-91, in Brell-Cokcan Sigrid, Braumann Johannes (a cura di), *Rob|Arch 2012: Robotic fabrication in architecture, art and industrial design*, Vienna, Springer, 2013, pp. 320.

Robeller, Christopher, Seyed Sina Nabaei, Yves Weinand, "Design and Fabrication of Robot-Manufactured Joints for a Curved-Folded Thin-Shell Structure Made from CLT", pp. 67-81, in Wes McGee, Monica Ponce de Leon, *Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design*, Vienna, Springer, 2014, pp. 407.

Robeller, Christopher, Andrea Stitic, Paul Mayencourt, and Yves Weinand. "Interlocking Folded Plate. Integrated Mechanical Attachment for Structural Timber Panels", pp. 281-294, *Advances in Architectural Geometry*, vol. 4, 2014, pp. 385.

Robeller, Christopher, Seyed Sina Nabaei, and Yves Weinand. "Design and Fabrication of Robot-Manufactured Joints for a Curved-Folded Thin-Shell Structure Made from CLT", pp. 67-81, *Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design*, 2014, pp. 407.

Asbjorn, Søndergaard, Amir Oded, Eversmann Phillip, Piskorec Luka, Stan Florin, Gramazio Fabio, and Kohler Matthias, "Topology Optimization and Robotic Fabrication of Advanced Timber Space-Frame Structures", pp. 190-203, *Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design*, 2016, pp. 474.

FEM-software: Karamba www.karamba3d.com [Novembre 2016]

Helm, Volker, Michael Knauss, Thomas Kohlhammer, Fabio Gramazio, Matthias Kohler, "Additive Robotic Fabrication of Complex Timber Structures", in Achim Menges et al. (a cura di), *Advancing Wood Architecture*, London, Routledge, 2017, pp. 232.

Parascho, Stefana, Augusto Gandria, Ammar Mirjan, Fabio Gramazio, Matthias Kohler, "Cooperative Fabrication of Spatial Metal Structures", pp. 24-29, in Menges Achim, Sheil Bob, Glynn Ruairi, Skavara Marilena, *Fabricate 2017*, London, UCL Press, 2017, pp. 260.

Design parametrico di un prodotto industriale customizzato

Un sistema posturale per carrozzine

Daniele Baratta Università di Bologna, Dipartimento di Architettura
daniele.baratta6@unibo.it

Partendo da un'indagine sulla letteratura inerente lo stato dell'arte dei prodotti *customizzati* progettati parametricamente, si propone l'analisi di un caso studio: l'elaborazione di un algoritmo generativo applicato al progetto di uno schienale per carrozzine per disabili. Nel contributo si descrive la parametrizzazione e il processo di costruzione della mesh 3D, ottimizzata rispetto alle esigenze posturali, con qualità di grande traspirabilità e leggerezza, vere caratteristiche innovative del prodotto.

Si conclude il contributo evidenziando come il processo descritto sia maturo per permettere l'introduzione sul mercato degli ausili alla disabilità di schienali realizzati su misura, disegnati su piattaforme CAD generative e prodotti con fabbricazione additiva.

Schienale traspirante, Sistema posturale, Design parametrico, Algoritmo generativo, Processo di mass customization, Fabbricazione additiva

From a literature research regarding the state of the art of parametrically designed customised products, a case study is proposed: the design of a generative algorithm applied to wheelchair backrests. The 3D parametrisation and mesh building is described; it is optimised for postural needs and it adds lightness and breathability, core innovative features to these products.

It is concluded that the described process is ready to introduce tailormade backrests on the market, designed with generative CAD platforms and produced by additive fabrication.

Breathable backrest, postural system, parametric design, generative algorithm, mass customization process, additive manufacturing

Introduzione

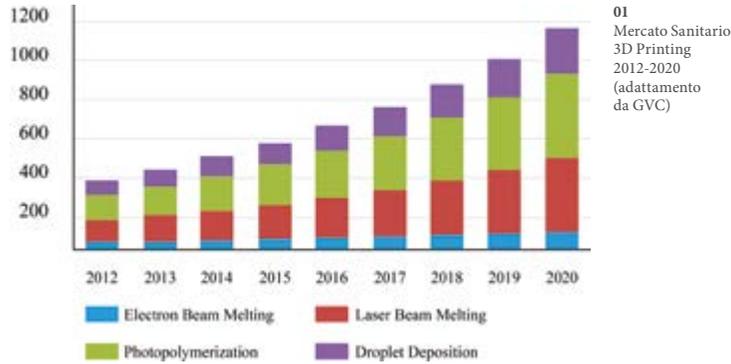
La recente diffusione di strumenti di modellazione parametrica generativa dal linguaggio semplificato ha permesso a un crescente numero di figure l'esplorazione di nuove frontiere ideative.

Se per i progettisti dell'ambiente costruito, questo ha significato essere liberati dal vincolo della modularità dell'elemento architettonico, per i designer di prodotto ha comportato essere svincolati dalla limitazione della serialità. L'uso simultaneo di CAD parametrico-generativi e di tecnologie di *additive manufacturing* ha permesso l'effettiva personalizzazione di prodotto in alcune nicchie di mercato. L'utilizzazione di questo processo, nonostante la costante diminuzione di costo, rimane economicamente valida soltanto quando si presentano determinate esigenze di progetto. Queste ultime hanno a che vedere con l'unicità delle caratteristiche estetico-funzionali del prodotto in oggetto, ovvero devono soddisfare bisogni differenti da utente a utente oppure dare risposta allo stesso bisogno in modo diversificato a causa di vincoli unici per ogni individuo. Attualmente le principali nicchie di mercato nelle quali queste esigenze giustificano investimenti implementati in termini di costo legati al progetto sono principalmente *biomedical*, *fashion* e *tooling* (Vojislav et al., 2011); la prima, della quale fa parte il caso studio presentato, è sicuramente quella che ha ricevuto l'attenzione maggiore da parte della comunità scientifica (Lansford et al., 2016).

Chen et al. (2016) ne offrono una recente ed estesa panoramica sullo stato dell'arte. Il grafico [fig. 01] sintetizza quantitativamente l'espansione del mercato in oggetto suddividendolo per tecnologie produttive.

Alcuni studi specifici ci permettono di evidenziare i settori del biomedicale che, ad oggi, si sono dimostrati più ricettivi rispetto all'implementazione di processi con parametrizzazione dei modelli; Lochner et al. (2012) dimostrano come automatizzare la progettazione di un ausilio plantare. L'operazione, nella maggior parte dei casi, è ancora condotta manualmente; in questo caso, a partire dalla scansione 3D della mappa pressoria d'appoggio della pianta, è stato elaborato un algoritmo che restituisce il modello 3D della soletta plantare, pronto per essere fabbricato e implementato. Il processo è molto simile a quello usato per la progettazione dell'ausilio posturale successivamente descritto.

Sergei Azernikov (2010) descrive il caso di parziale parametrizzazione delle matematiche di un apparecchio acustico. In questo caso l'involucro del dispositivo deve interfacciarsi, da una parte, con la biometria del



padiglione auricolare e, dall'altra, con il contenuto tecnologico standard. Infine Hun et al. (2015) descrivono il progetto di un'ortosi per il polso ibrida: la struttura interna disegnata sull'anatomia del paziente e il guscio protettivo esterno prodotto in misure standard. L'esempio è interessante poiché, anche in questo caso, si assiste all'interazione tra una parte del prodotto customizzata e una parte standard; una condizione che si ripete nel caso studio descritto successivamente in questo lavoro. Le ortosi per il polso sono state oggetto di numerose sperimentazioni che si sono servite di tecniche di sviluppo parametrico delle matematiche 3D; si citano in particolare Cortex di Jake Evill e Osteoid di Deniz Karasahin [fig. 02].

Il ricorso alla tassellazione Voronoi della superficie per ottenere aperture diffuse e bilanciate, è una pratica diffusa su molti prodotti customizzati ottenuti parametricamente. La semplice disposizione di punti su una superficie, che portano poi alla definizione della tassellazione, è infatti un sistema immediato per definire le caratteristiche strutturali dell'oggetto progettato.

La tassellazione Voronoi è anche un eccellente metodo per ottenere velocemente ed efficacemente una varianza estetica sul prodotto. È stata adottata, nello specifico, anche dal dottor Lelio Leoncini che, in collaborazione con il team di progettisti di Wasp [1], sta eseguendo numerose sperimentazioni sul processo di parametrizzazione e fabbricazione additiva di busti posturali a correzione di patologie di deformazione della spina dorsale [fig. 03].

Si ritiene interessante citare due ulteriori progetti che hanno esplorato questa frontiera sperimentale per il mercato della moda e accessori. Lo studio di design statunitense Nervous System [2] ha messo a punto diversi algoritmi generativi (*Kinematics*) che permettono di

elaborare infinite varianti di tassellazione Voronoi dove ogni cella è incernierata alle circostanti, in modo da ottenere un effetto di "tessuto rigido". Successivamente i prodotti sono sinterizzati in un unico processo, ripiegati su loro stessi come un vero e proprio tessuto, e fra loro assemblati. I gioielli sono personalizzabili dall'utente attraverso una piattaforma interattiva online [fig. 04].

Altre aziende hanno messo a punto processi finalizzati alla definizione di prodotti unici realizzati su misura; inevitabilmente questi sistemi implicano il ricorso a strumenti di modellazione parametrico-generativa nella fase di progettazione del pezzo. Alec Banks (2016) sintetizza in un parallelismo le sperimentazioni di Nike, Adidas, New Balance and Under Armour [fig. 05].

Ultimo progetto pilota significativo è quello di Seiko che con la collaborazione di Materialize, service provider di stampa 3D [3], ha dato vita a una linea di occhiali adattabili al viso del fruitore. In questo caso i parametri influenti sulla forma finale sono: la dimensione della montatura, l'angolazione dell'attacco alle stanghette e la lunghezza delle stanghette stesse.

Gli esempi sinteticamente descritti tentano di fornire una limitata ma significativa panoramica dello stato dell'arte relativa all'applicazione di strumenti di modellazione parametrici sul mercato. In particolare si evidenzia come al-

02
Progetti Cortex
di Jake Evill
(in alto)
e Osteoid
di Deniz
Karasahin
(in basso)



cuni settori – in particolare quello sanitario e quello della moda e accessori – abbiano già portato a termine la fase dei progetti pilota e siano proiettati verso una vera e propria implementazione per il mercato di massa.

Antefatto del caso studio

Il caso studio è frutto di un lavoro di ricerca condotto nell'arco di tre anni. Inizialmente il progetto ha previsto l'elaborazione di un processo che permettesse la customizzazione del prodotto schienale, partendo da misurazioni specifiche condotte sul paziente. Questo processo ha portato al risultato di un prodotto *taylormade* capace di dare risposta a determinate necessità ancora insoddisfatte nel mercato dei sistemi posturali per carrozzine: personalizzazione, traspirabilità e leggerezza compresenti in unico prodotto. In una fase successiva si è riformulato parzialmente il processo in funzione di un duplice obiettivo: rendere più veloce il sistema di progettazione-produzione del dispositivo e abbassarne il costo. Questa evoluzione di approccio, avvenuta a più di un anno di distanza dall'avvio della ricerca, ha richiesto l'introduzione di un algoritmo generativo per la customizzazione del prodotto. Conseguentemente si è resa evidente una non linearità del progetto, conseguenza del suo sviluppo in due fasi ben distinte e separate.

03



04

04
Progetti *Kinematics* di Nervous System

03
Stampa e test di busto ottenuto parametricamente a partire da scansione 3D (Leoncini)



05

Metodo

Il processo di progettazione e produzione di un prodotto costruito sulla biometria di un individuo, come è facile immaginare, è sostanzialmente diverso da quello tradizionalmente inteso per un prodotto *mass market*. Kimberly Jensen e Jordan Cox (2008), nella relazione illustrativa di un caso studio analogo a quello qui presentato, forniscono un'efficace implementazione del condiviso modello di Karl Ulrich e Steven Eppinger (1995), suddiviso in sei fasi. Le fasi 3 e 4 costituiscono i punti nodali del processo, rappresentando il particolare focus di interesse anche per questo studio.

Le sei fasi attengono:

- fase 1 / *pianificazione*;
- fase 2 / *sviluppo del concept*;
- fase 3 / *progettazione del sistema* (selezione di una configurazione geometrica biomeccanica nella forma di struttura totalmente definita e individuazione dei criteri di personalizzazione);

05
Suole Nike (sopra) e New Balance (sotto) realizzate con design parametrico e sinterizzate

03

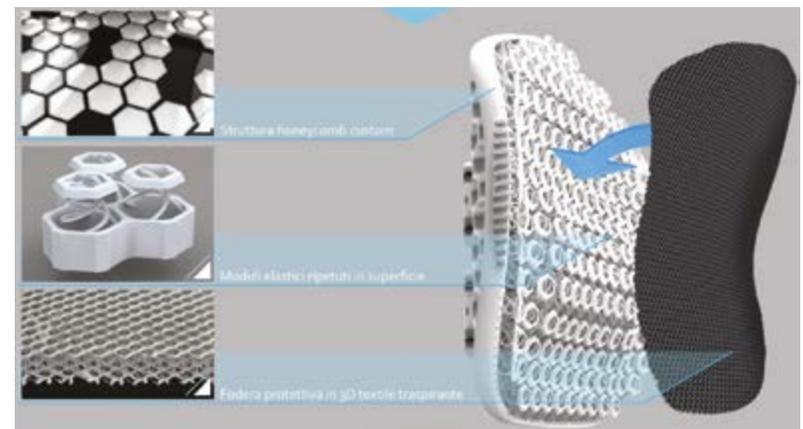
- fase 4 / *progettazione dettagliata* (design della bio-interfaccia, creazione della geometria del prodotto, parametrizzazione, produzione varianti);
- fase 5 / *test e modifiche*;
- fase 6 / *avviamento produzione*.

Le fasi critiche, al fine di ottenere efficace personalizzazione, sono riconducibili alla scelta dei parametri biometrici e all'implementazione dell'algoritmo generativo.

Parametrizzazione

La parametrizzazione, in ambiente CAD, è l'operazione di definizione dei parametri a partire dai quali l'intero prodotto viene generato; modificando i suddetti parametri viene aggiornata, conseguentemente, l'intera geometria, conseguendo una sostanziale automazione del processo di design del prodotto. La definizione dei parametri di partenza rappresenta la fase chiave per una efficace progettazione di prodotti al fine di renderli realmente adattabili a diversi contesti. Nella progettazione meccanica tradizionale, da molti anni abituata all'impiego di software parametrici, i dati analitici di partenza sono solitamente costituiti da numeri che definiscono dimensioni lineari, raggi di arrotondamento, moltiplicazione di elementi ecc. Nel design bio-geometrico l'interfacciarsi con le forme del corpo umano rende necessario fornire all'algoritmo informazioni più dettagliate; nel caso specifico illustrato, come in molti di quelli citati precedentemente, i parametri sono costituiti da superfici scansionate e linee, oltre che da numeri.

06
Il concept di prodotto



06



07

Schienale customizzato traspirante per carrozzine. Caso studio.

Fasi 1-2: pianificazione e sviluppo concept. In queste fasi si è seguito un tradizionale processo di design del prodotto: l'analisi di bisogni inespressi, la ricerca delle potenziali nicchie di mercato insoddisfatte e delle tecnologie abilitanti ha permesso lo sviluppo di un concept di prodotto innovativo. La schiena di paraplegici e tetraplegici è in costante appoggio sullo schienale di una carrozzina, tradizionalmente costituito da gommapiuma o da schiumati poco igienici e poco traspiranti; in particolari condizioni di sudorazione l'impiego di tali materiali può provocare fastidio, infiammazione o addirittura piaghe [fig. 06].

Il concept elaborato prevede due componenti posti a definire il prodotto: una superficie rigida, costruita su misura, che soddisfi le esigenze posturali del paziente e una moltitudine di elementi ammortizzanti funzionali a conferire il comfort desiderato allo schienale.

Fase 3: progettazione del sistema. Al fine di ospitare efficacemente i molteplici elementi ammortizzanti e offrire numerose "luci" di traspirazione, si è definita una particolare tassellazione dell'elemento rigido di supporto. La scelta della tassellazione esagonale "honeycomb" è quella che, a parità di rigidità, offre il miglior rapporto tra vuoti e pieni, ottimizzando la traspirazione. Nella prima

07
La prima (sinistra) e seconda (destra) versione di elementi ammortizzanti

versione prototipata di schienale, a causa di una limitata scelta di materiali sinterizzabili, questa struttura rigida era piuttosto voluminosa. Nella versione successiva si è riusciti ad assottigliare lo spessore a 1/3, con notevoli risultati in termini estetici e tempi di sinterizzazione. La base rigida è l'elemento che, successivamente, sarebbe stato possibile personalizzare grazie alla parametrizzazione di tre input: la corretta superficie di supporto posturale, la linea del profilo perimetrico dello schienale e lo spessore dell'honeycomb per la rigidità desiderata [fig. 07]. Gli elementi ammortizzanti hanno registrato lungo la fase di ricerca una evoluzione ulteriore. Nella prima versione, a conclusione di una fase di test, era stata selezionata una geometria funzionale al materiale sinterizzato; ogni elemento era concettualmente costituito da una molla a compressione, ospitato nella cella dell'honeycomb. Questo concept prevedeva la sinterizzazione dell'intero schienale e una maggiore complessità nello sviluppo dell'algoritmo. La seconda versione è invece costituita da una molla piatta a trazione, meno ingombrante e più gestibile computazionalmente nella costruzione dell'algoritmo parametrico. Questa seconda versione prevede la divisione dell'elemento ammortizzante in due componenti: la molla e la testina di appoggio; la prima integrata alla base strutturale e sinterizzata con essa, la seconda ottenuta da stampo a iniezione e assemblabile successivamente.

Fase 4: progettazione dettagliata. La progettazione del sistema posturale su misura è partita dal rilevamento della corretta superficie d'appoggio. Ci si è serviti, come modello, dell'attuale sistema posturale del paziente; tale rilievo antropometrico è stato replicato mediante un calco in sabbia e riproduzione in gesso, scansionato in 3D e ricostruito digitalmente. In una fase successiva di modellazione manuale si è tassellata la superficie, estrudendola in modo da ottenere la rigidità desiderata e collocando in essa i numerosi elementi di appoggio ammortizzanti.

08
Processo di rilevazione del sistema posturale e ricostruzione mesh



08

In chiusura di questa fase si è provveduto a costruire una cornice e un sistema di fissaggio al telaio della carrozzina. L'intera operazione, seppur soddisfacente nel risultato, ha mostrato evidenti limiti di replicabilità, dovuti al laborioso lavoro di modellazione *ad hoc* [fig. 08].

Il passaggio a un sistema di modellazione parametrica prometteva a questo punto un enorme riduzione dei tempi di disegno tridimensionale.

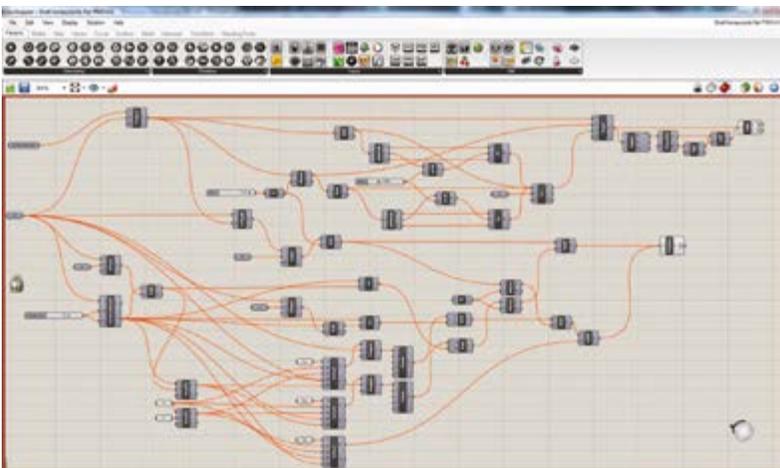
A più di un anno di distanza dalle prime sperimentazioni si è presentata l'opportunità di condurre un'approfondimento di progetto col fine d'implementazione dell'algoritmo.

Dopo numerose versioni, l'algoritmo ottimizzato compie, sinteticamente, le seguenti operazioni:

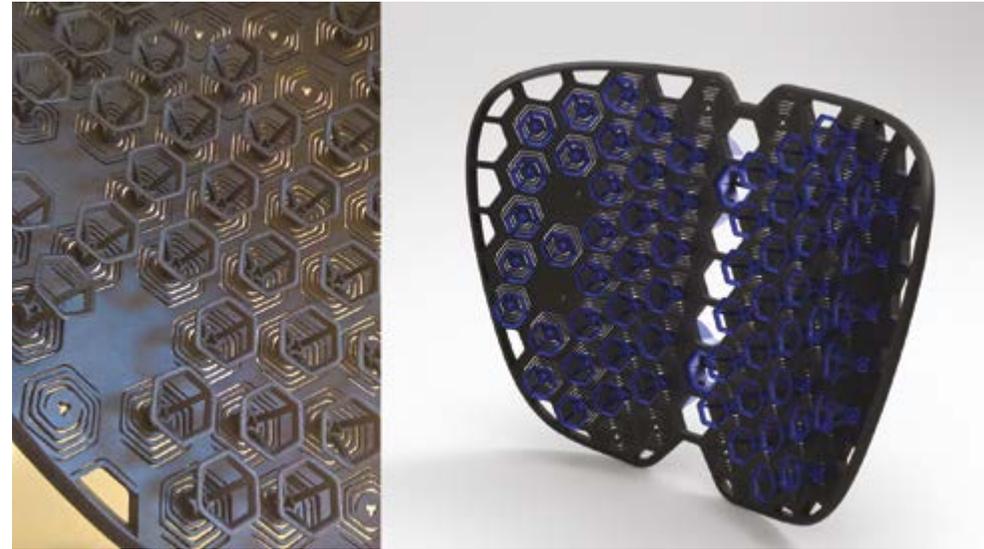
- lettura di tre parametri (superficie posturale, profilo tangenziale e spessore);
- tassellazione *honeycomb* della superficie posturale e creazione delle luci esagonali;
- taglio della superficie in corrispondenza del profilo tangenziale;
- estrusione della superficie e creazione del volume *honeycomb* strutturale;
- realizzazione del bordo tangenziale dello schienale;
- collocamento del disegno delle molle in corrispondenza delle luci ed estrusione;
- unione booleana tra struttura, bordo e molle [fig. 09].

Il prodotto è successivamente completato, nella sua configurazione finale, mediante le "testine" di appoggio e gli elementi di connessione al telaio della carrozzina. Quest'ultima fase aggiunge una personalizzazione estetica al prodotto e lo rende adattabile a diversi tipi di telaio.

09
Graficizzazione
dell'algoritmo
generativo
in ambiente
Grasshopper
per Rhinoceros



09



10

Conclusioni

Dal punto di vista del prodotto la sperimentazione ha dimostrato un'efficace implementazione di un algoritmo generativo per la personalizzazione geometrica di un ausilio alla disabilità [fig. 10].

La verifica qualitativa dello schienale, sinterizzato in materiale Windform® GT [4], ha confermato un'ottima resistenza meccanica, una buona risposta elastica delle molle (nonostante una prova di stress a numerosi cicli non sia ancora stata condotta) e una più che buona risoluzione estetica. Un test d'uso del prodotto ha confermato, tuttavia, la necessità di avvalersi di "testine" di appoggio prodotte in serie in materiale adeguato; un materiale più morbido come un PP annullerebbe il rumore dato dal reciproco sfregamento durante l'uso dello schienale e la potenziale usura dei pezzi stessi.

Sul piano quantitativo, in mancanza di casi documentati che possano evidenziare parametri per la valutazione delle performance, si ritiene prematuro avanzare delle conclusioni.

Dal punto di vista del processo di prototipazione emergono ancora lacune che ne rallentano lo sviluppo. Nonostante la fase di modellazione computazionale sia stata automatizzata e la sinterizzazione del prodotto abbia completato il processo in modo fluido, la fase iniziale di acquisizione dei dati risulta laboriosa. Più moderni

10
Dettaglio
fotografico
del prototipo
e render del
prodotto
assemblato

e veloci metodi di scansione 3D (come scanner 3D manuali), purtroppo non disponibili in questa sperimentazione, potrebbero permettere una semplificazione e una maggiore efficacia del processo, contestualmente a una esperienza migliore per il paziente e l'operatore sanitario.

Il sistema descritto in questo contributo è, attualmente, protetto da brevetto e in stato di sviluppo ulteriore da parte di un'azienda di ausili alla disabilità. L'implementazione del servizio che permetta l'acquisizione dati, progettazione parametrica e fabbricazione del pezzo su specifiche esigenze del paziente è il prossimo obiettivo.

NOTE

- [1] Pagina aziendale <http://www.wasproject.it/w/> [Maggio 2017]
- [2] Pagina aziendale <http://n-e-r-v-o-u-s.com/> [Maggio 2017]
- [3] Pagina aziendale <http://www.materialise.com/> [Maggio 2017]
- [4] Pagina aziendale <http://www.windform.it/> [Maggio 2017]

REFERENCES

- Ulrich Karl, Eppinger Steven, *Product Design and Development*, New York, Irwin McGraw-Hill, **1995**, pp. 432.
- Jensen Kimberly, Cox Jordan, "Bio-surfaces and geometric references for mass customization, in bio-interface design", *Journal of Intelligent Manufacturing*, n. 19, **2008**, pp. 553-564.
- Tak-Man Cheung Jason, Zhang Ming, "Parametric design of pressure-relieving foot orthosis using statistics-based finite element method", *Medical Engineering and Physics*, n. 30, **2008**, pp. 269-277.
- Azernikov Sergei, "Computer aided design of ventilation tubes for customized hearing devices", *Computer-Aided Design*, n. 42, **2010**, pp. 87-94.
- Eyers Daniel, Dotchev Krassimir, "Technology review for mass customization using rapid manufacturing", *Assembly Automation*, n. 30, **2010**, pp. 39-46.
- Petrovic Vojislav, Haro Gonzales Juan Vincente, Jordà Ferrando Olga, Delgado Gordillo Javier, Blasco Puchades Jose Ramòn, Porolès Griñan Luis, "Additive layered manufacturing: sectors of industrial application shown through case studies", *International Journal of Production Research* n. 4, vol. 49, **2011**, pp. 1061-1079.
- Jin Wang, Haining Zhang, Guodong Lu, Zheng Liu, "Rapid parametric design methods for shoe-last customization", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* n. 54, **2011**, pp. 173-186.
- Lochner Samuel, Huissoon Jan, Bedi Sanjeev, "Parametric Design of Custom foot Orthotic Model", *Computer-Aided Design & Application* n. 9, **2012**, pp. 1-11.
- Hun Kim, Seongwon Jeong, "Case Study: Hybrid model for the customized wrist orthosis using 3D printing", *Journal of mechanical science and technology* n. 29, **2015**, pp. 5151-5156.

Hsu Ding-Yang, Cheng Yin-Lin, Bien Mauo-Ying, Lee Hsin-Chien, "Development of a method for manufacturing customized nasal mask cushion for CPAP therapy", *Australas Phys Eng Sci Med* n. 38, **2015**, pp. 657-664.

Lansford Christopher, Grindle Garret, Salatin Benjamin, Dicianno Brad E., "Innovations With 3-Dimensional Printing in Physical Medicine and Rehabilitation: A review of the Literature", *PM&R* n. 12, **2016**, pp. 1201-1212.

Chen Roland, Jin Yu-an, Wensman Jeffrey, Shih Albert, "Additive manufacturing of custom orthoses and prostheses – A review", *Additive Manufacturing* n. 12, **2016**, pp.77-89.

Scott Clare, Dr, *Lelio Leoncini and WASP medical Create Better Spinal Care Through 3D Printing* <https://3dprint.com/155133/waspmmedical-lelio-leoncini/> [Maggio 2017]

Banks Alec, *Who is winning the 3D printing battle in footwear and Why?* <http://www.highsnobiety.com/2016/12/15/3d-printed-shoes-nike-adidas/> [Maggio 2017]

<https://n-e-r-v-o-u-s.com/kinematics/> Applicativo online per la realizzazione parametrica di gioielli [Maggio 2017]

<http://www.evilldesign.com/cortex> Home page del progetto di Ortesi per polso di Jake Evill [Maggio 2017]

<http://www.materialise.com/en/cases/materialise-and-seiko%E2%80%99s-award-winning-xchanger-collection> Pagina della rassegna stampa del progetto sviluppato da Materialise, Seiko e Hoet Design studio [Maggio 2017]

<http://layerdesign.com/projects/go/> Home page del progetto di carrozzina customizzata e stampata in 3D, sviluppata dallo studio Layer [Maggio 2017]

<http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/healthcare-3d-printing-market> Riepilogo del Report condotto da Grand View Research sul mercato sanitario del 3D printing [Maggio 2017]

Michael Parker, *Nervous System unveils new 3D printed Kinematics petal Dress*, 2016 <https://3dprint.com/122616/new-kinematics-petal-dress/> [Maggio 2017]

Erosion Swarm Behaviour

Design di una body suit sportiva
per mezzo di un Agents based system

Davide Del Giudice Independent design researcher, DGD – Del Giudice Design
madeconcept@gmail.com

L'abito è il primo strato di protezione e separazione tra il corpo umano e l'ambiente circostante. Se l'involucro edilizio è considerato come un abito da indossare, l'abito stesso nella sua complessità può essere considerato un'architettura; come gli edifici anche gli abiti vengono progettati per adattarsi alle diverse condizioni climatiche. L'intento è esplorare per mezzo di simulazioni e di un approccio computazionale il design di una body suit sportiva che contrasta le condizioni climatiche tramite le sue forme.

Erosione, Biomimetica, Fashion design, Swarm Behaviour, Simulazione degli agenti stigmatici

The dress is the first layer of protection and separation between the body and the surrounding environment. If the building envelope is regarded as a dress to wear, the same dress in its complexity can be considered an architecture; like the buildings also the clothes are designed to adapt to different climatic conditions. The intent is to explore by simulations and a computational approach a design of a sports body suit contrasting climatic conditions through its forms.

Erosion, Biomimicry, Fashion design, Swarm Behaviour, Stigmery agents simulation

«Negli anni Sessanta, Marshall McLuhan disse che i nostri vestiti e le nostre case erano estensioni della nostra pelle. Dai tempi più antichi, l'architettura è sempre stata il principale mezzo per adeguare le nostre necessità all'ambiente naturale. L'Architettura contemporanea deve funzionare anche come strumento che ci abitui all'ambiente dell'informazione, una forma estesa della pelle che si relaziona sia alla natura che alle reti di informazione. L'architettura odierna deve diventare un vero e proprio abito mediale.»

Toyo Ito (in Barrie et al., 2004, p. 75)

Introduzione

Il contesto in cui si inserisce la ricerca proposta è il fashion design sviluppato per migliorare le performance del prodotto. Negli ultimi anni si è posta maggiore attenzione in questo campo, utilizzando nuovi strumenti di calcolo e di modellazione tridimensionale, usando la prototipazione rapida per stampare il prodotto con materiali elastici e sintetici, usando in alcuni casi sensori che reagiscono agli input modificando le forme e le performance del capo di abbigliamento.

La relazione tra il corpo umano e l'ambiente naturale attraverso un approccio di *performative driven design* prenderà in considerazione i comportamenti del corpo: movimenti, protezione, regolazione termica. Il prototipo di ricerca è stato sviluppato tramite una simulazione applicata al design della body suit attraverso le tecniche di modellazione tridimensionale e l'uso di custom design codes. Nel caso specifico un algoritmo che simula l'erosione è stato sviluppato per analizzare continui cambiamenti del materiale che apporteranno modifiche morfologiche, producendo un catalogo di variazioni e proprietà quali traspirazione, ventilazione, resistenza. Questo progetto si basa sulla riorganizzazione dei materiali, in particolare sull'azione fluidodinamica dell'erosione. Possiamo affermare che il modello progettuale proposto si basa sul concetto di Biomimetica, cioè lo studio consapevole di processi biologici e biomeccanici della natura come fonte di ispirazione per il miglioramento delle attività e tecnologie umane.

Il concept è stato esplorato attraverso uno script che si basa su un sistema agent-based che ci permette di sommare i diversi comportamenti e usarli come dati per il processo di design. Lo studio degli *agent based systems* [1] e della logica dell'intelligenza distribuita hanno acquisito un ruolo importante nel dibattito architettonico contemporaneo. La ricchezza generata dalla configurazione complessa e dalla varietà di soluzioni è permessa grazie ad un approccio al design di tipo algoritmico, dove una serie di regole portano al sistema ad auto organizzarsi e creare nuovi scenari.

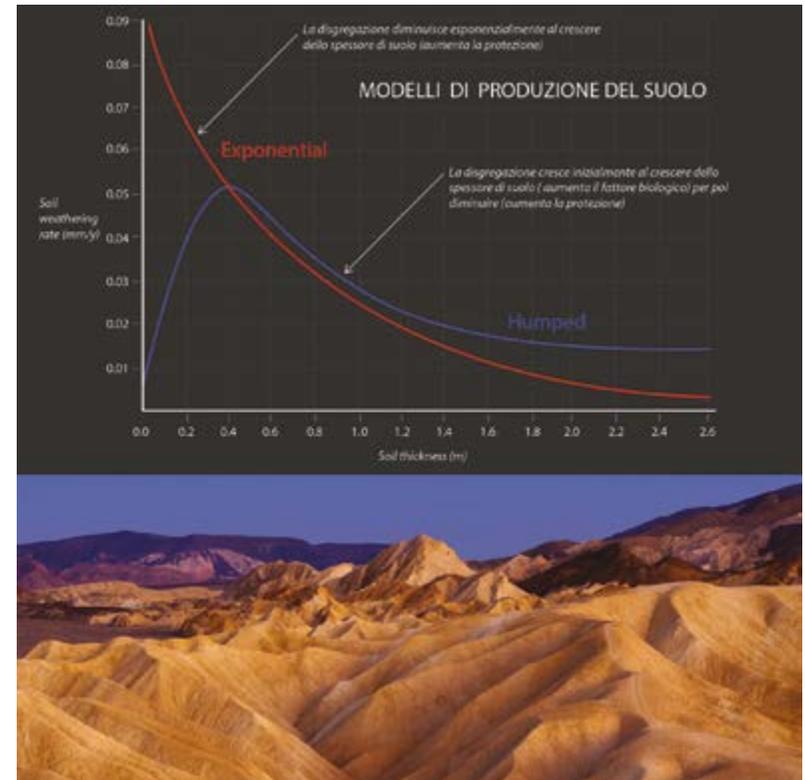
Nell'essay si discute dell'applicazione di sistemi *multi agents* come strumento di *form finding* per la creazione di mesh volumetriche complesse variando la loro stessa morfologia tramite una logica di porosità e involucro. La simulazione dei *multi agents system* è stata calcolata tramite un codice scritto in linguaggio Java usando il software Processing e la simulazione dell'erosione è stata creata utilizzando Grasshopper, plugin del software 3d Rhinoceros. Scopo della ricerca è la simulazione di un sistema naturale come strumento generativo per migliorare le performance delle body suit usate in attività sportive come il running. La mappatura delle performance di un corpo umano durante un'attività sportiva evidenzierà le zone del corpo da proteggere e quelle da rendere traspiranti. La body suit è stata rappresentata con una geometria di tipo mesh generata tramite il software di modellazione 3D Autodesk Maya. La struttura della ricerca sarà svolta seguendo il flusso di lavoro: modellazione, analisi, simulazione, ottimizzazione, prototipazione.

Erosione, simulazione del fenomeno naturale

L'erosione dei terreni come sistema naturale è stato preso come modello di simulazione per la ricerca di un'ottimizzazione delle superfici dei tessuti che compongono la body suit. L'azione di erosione (depressione della superficie) e quella di sedimentazione (innalzamento della superficie) sono stati gli effetti provocati dagli agents al fine di ottenere delle parti in rilievo per proteggere gli organi e parti in depressione per utilizzare materiali traspiranti dove il corpo presenta maggiore sudorazione durante l'attività fisica.

L'evoluzione e la modellazione di ogni forma della superficie terrestre dipendono da tre insiemi di cause: fattori geologici (quali la tettonica o la litologia delle rocce), agenti di modellamento (quali, ad esempio, la forza di gravità, l'acqua, il vento, l'azione dell'uomo), condizioni climatiche (radiazione solare, umidità dell'aria, pressione atmosferica, tipo e distribuzione delle precipitazioni, delle temperature, ecc.).

L'insieme delle cause elencate si ritrovano in ogni forma della superficie terrestre. Ad esempio una duna di un deserto è costituita da sabbia (fattore geologico), è accumulata dal vento (agente del modellamento), è localizzata in ambiente arido privo di vegetazione (condizione climatica). Un primo tipo di distinzione può essere fatto tra forze endogene e forze esogene, da cui risultano i relativi gruppi di processi endogeni e processi esogeni, e le forme corrispondenti. Al primo gruppo appartengono i fenomeni tettonici, sismici, vulcanici, ecc.; al secondo i fenomeni legati all'atmosfera, all'idrosfera, alla biosfera, siano essi di



01

natura fisica, chimica o biologica. Le forme della superficie terrestre – che siano prevalentemente di origine endogena o legate essenzialmente a cause esogene – risultano tutte modellate dai processi esogeni. I processi esogeni del modellamento geomorfologico si suddividono in tre tipi: erosione, trasporto e sedimentazione.

L'erosione del suolo consiste nel fenomeno di asportazione del materiale che lo costituisce da parte dell'acqua e del vento, attraverso azioni meccaniche e chimiche. Dal punto di vista scientifico e tecnico viene fatta una ulteriore distinzione a livello di scala spaziale: al concetto di erosione del suolo (*soil erosion*) si aggiunge quello di perdita di suolo (*soil loss*) e di produzione di sedimento (*sediment yield*) [fig. 01].

Il sistema rappresenta il bilancio di un terreno in presenza di assegnato spessore di suolo:

$$a) R = E + S \quad b) E = p_s R$$

01
Grafico dei modelli di produzione del suolo, Death Valley (credits: National Geographic)

a) bilancio di massa: la roccia disgregata R viene rimossa dall'erosione E e dalla soluzione S (il moto di filtrazione asporta la parte più fine);

b) interfaccia (presenza di suolo): la quantità erosa E è solo una parte p_s (<1) di quanto viene rimosso.

Nella simulazione adottata questo modello di produzione del suolo è stato tradotto in una traslazione delle coordinate dei vertici della mesh lungo le normali. Uno spostamento secondo la normale positiva nel caso di sedimenti del materiale e uno spostamento lungo la normale negativa in caso di asportazione del materiale. Così facendo possiamo vedere come l'algoritmo agisce sulla mesh conferendo gli effetti morfologici di erosione e sedimentazione. In questo esperimento la quantità di volume della mesh (R) è data dall'azione erosiva (E) controllata dall'utente tramite un parametro con valori variabili da 1 a 2 (valore 1 per erosione, valore 2 per sedimentazione) aggiungendo un parametro di orientamento della mesh secondo un piano XY, in questo caso la mesh è stata orientata 45° verso l'alto, per ottenere un effetto di dilavamento degli agenti, come effetto delle acque meteoriche scorrenti su rocce in pendio (S).

In modo più specifico possiamo analizzare l'equazione universale dell'erosione del suolo (U.S.L.E.), proposta da Wischmeier e Smith nel 1978, cioè l'equazione più ampiamente utilizzata in Occidente, da chi si occupa di conservazione del suolo.

c) $E = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$

d) E = quantità di terreno erosa (ton ha⁻¹); R = fattore di erosività della pioggia (UE); K = fattore di erodibilità del suolo (ton ha⁻¹UE⁻¹); L = fattore di lunghezza (adimensionale); S = fattore di pendenza (adimensionale); C = fattore di coltivazione (adimensionale); P = fattore di pratica culturale e/o antierosiva (adimensionale).

Nella simulazione creata per questa ricerca possiamo tradurre la seguente formula in:

d) $E = \sum_{(k=0)}^n (P + fO)$

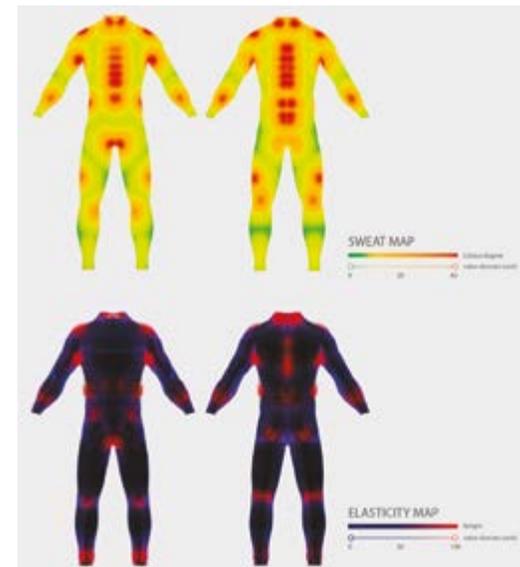
d) E = valore dell'erosione (valore positivo se si tratta di un sedimentazione, valore negativo se si tratta di erosione); n = numero dei loop della simulazione (sono i numeri di iterazioni dell'algoritmo, possono variare da un minimo di 1 ad un massimo di 100 dato il limite di calcolo del software); P = Pressione, ovvero vettore di traslazione (direzione normale negativa se di erosione, direzione normale positiva se sedimentazione, con valori variabili da 1 a 2); fO = fattore di orientamento, questo parametro dipende dalla posizione dell'agente rispetto alla mesh, se la mesh è orientata sul piano xy il valore è tra 0 e 1, se è orientata a 45° rispetto al piano XY il valore cresce, ecc.).

Mappe di analisi del comportamento del corpo

Per la progettazione e design della body suit adatta per l'attività fisica, si è posta attenzione specifica ai parametri di traspirazione dei tessuti, all'isolamento dagli agenti atmosferici, congiuntamente all'obiettivo di migliorare la visibilità in condizioni di nebbia o crepuscolo durante le attività di workout all'aperto [fig. 02].

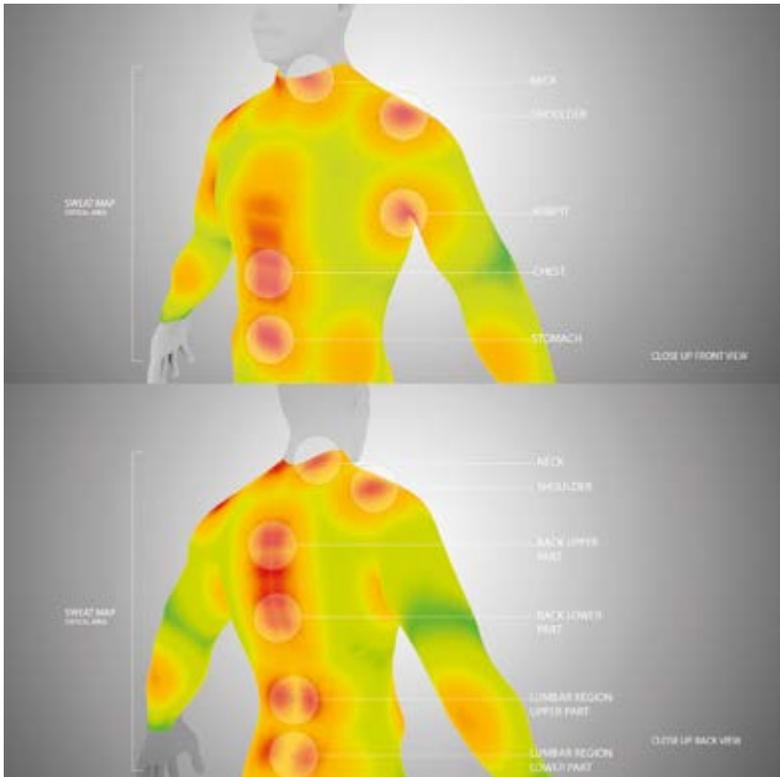
Variazioni regionali di sudorazione nel corpo sono ampiamente dimostrate. Uno studio della Loughborough University è stato condotto per investigare il tasso regionale di sudorazione (RSR, *regional sweat rates*) e la sua distribuzione nel corpo negli atleti di sesso maschile. Risultati inaspettati mostrano alti livelli di sudorazione nella parte centrale e lombare, in particolare nell'area della spina dorsale; parallelamente, alle estremità del corpo sono stati trovati valori molto bassi. Gli accademici sono stati sorpresi per gli alti valori di sudorazione della spina dorsale, la parte posteriore del corpo è meno esposta ai flussi di aria, quindi meno efficiente per il raffreddamento del corpo, che è la funzione primaria della sudorazione. I biologi hanno evidenziato come ciò è dovuto al fatto che durante l'evoluzione dell'uomo, nel passaggio da quadrupede a bipede, si è persa la configurazione di protezione del petto e di raffreddamento della schiena, quest'ultima posta a costituire la zona superiore del corpo più esposta al vento. Questa analisi è interessante per il design della

02



02

Sweat map e Elasticity map, analisi delle temperature e dell'elasticità nel corpo umano durante l'attività fisica



03

body suit ai fini di ottimizzare i parametri di raffreddamento e di comfort nella zona lombare [fig. 03].

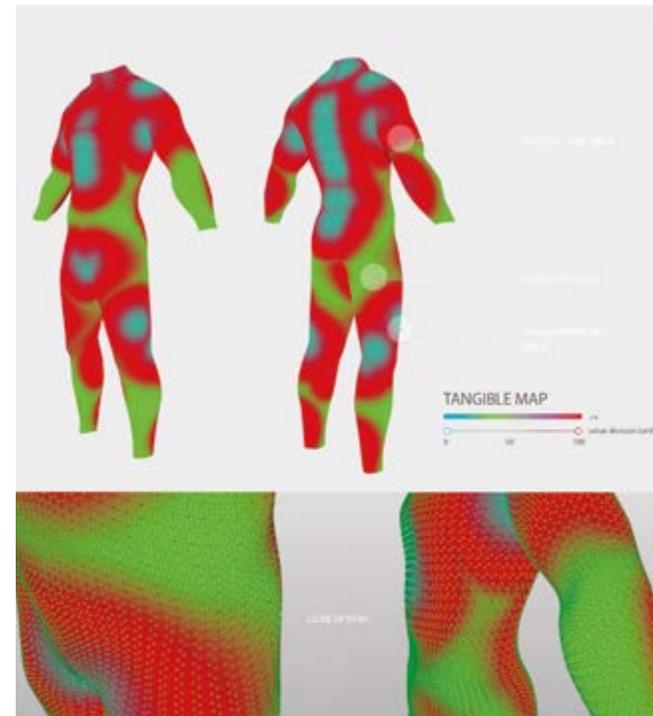
Il primo approccio simulativo è stato svolto attraverso la modellazione di una mesh con la tecnica *low poly* sulla base del corpo umano. La *mesh low poly* è stata costruita tramite vertex e faces con il software di modellazione 3D Autodesk Maya e poi convertita in formato .OBJ per la rielaborazione in altri software di tipo simulativo di seguito illustrati.

Il workflow di analisi si è basato sul concetto di analisi termica, attraverso l'individuazione delle zone di elasticità e la creazione di una mappatura delle aree tangibili (traspirazione, protezione, miglioramento della visibilità). È stata quindi riprodotta un'analisi termica del corpo umano sulla mesh di studio seguendo la mappa "Body sweat patterns in make elite athletes" analizzata dalla Loughborough University. È stato quindi scritto un codice che simula le zone di calore nel corpo usando un sistema di

03
Parti del corpo che presentano situazioni critiche durante l'attività fisica

attrattori su mesh per individuare le zone interessate, con un gradiente colorico rappresentato dal colore rosso dove le temperature sono più alte, verde dove sono più basse e in giallo/arancione per i valori intermedi. La seconda simulazione riguarda le zone del corpo umano dove i tessuti hanno bisogno di più elasticità in quanto soggette a movimento, torsione, sfregamento. Anche in questo caso si è applicata una logica di attrattori e di gradiente di colore per evidenziare le zone interessate, dove rossa è la zona con una percentuale alta di movimento e blu la zona dove il movimento è minimo o quasi nullo: in questo caso i giunti delle articolazioni necessitano di maggiore elasticità mentre gli arti di un valore minore o nullo.

Le informazioni raccolte sono state poi convogliate nella mappatura definita Tangible map. Le zone in cui gli agents provocheranno un'azione di addizione sono quelle in colore rosso, dove vi è la necessità di proteggere le parti sottostanti, mentre quelle di colore blu sono le zone di sottrazione dove la body suit presenta zone di traspirazione, e quindi di apertura, per una migliore performance. Le zone



04

04
Tangible map, mappatura delle performance da ottimizzare per il design di una body suit



05

verdi che risultano essere le aree interstiziali sono state utilizzate per il parametro di visibilità durante scenari di bassa condizione di illuminazione dell'ambiente e quindi di pericolo per l'utente che pratica attività fisica all'aperto. In zone in cui dovesse trovarsi la necessità di entrambe le opzioni si procederà nell'unire le due zone tramite un effetto gradiente, cioè passando dalla traspirazione alla protezione scalando le geometrie fino ad annullarsi sul bordo contiguo delle due zone prese in esame [fig. 04].

Swarm system behaviour

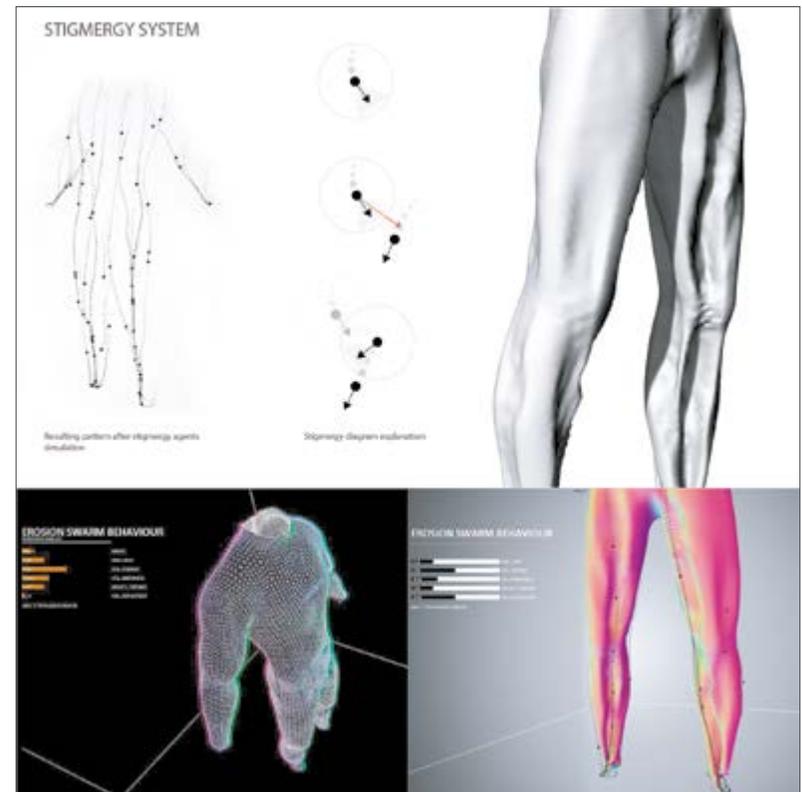
Il workflow, dopo l'analisi del comportamento del corpo umano, si è concentrato sull'azione di simulazione di agents secondo la teoria *swarm intelligence*, un termine (traducibile come: intelligenza dello sciame) coniato per la prima volta nel 1988 da Gerardo Beni, Susan Hackwood e Jing Wang in seguito a un progetto ispirato ai sistemi robotici. Essa prende in considerazione lo studio dei

05
Agent based ruled system, leggi di comportamento in un sistema di agents

sistemi auto-organizzati, nei quali un'azione complessa deriva da un'intelligenza collettiva, come accade in natura nel caso di colonie di insetti o stormi di uccelli, come anche branchi di pesci o mandrie di mammiferi. Secondo la definizione di Beni e Wang la swarm intelligence può essere definita come «proprietà di un sistema in cui il comportamento collettivo di agenti (non sofisticati) che interagiscono localmente con l'ambiente produce l'emergere di pattern funzionali globali nel sistema» [2].

Si è quindi analizzato un sistema Swarm behaviour (traducibile come: comportamento sciame), che è un comportamento collettivo tipico di particolari animali i quali si aggregano tra loro per raggiungere lo stesso punto o per muoversi in massa verso una direzione. Lo swarm behaviour è stato per la prima volta simulato da Craig Reynolds con un computer nel 1986 tramite un programma simulativo chiamato boids. Questo programma simu-

06
Stigmergy system, applicazioni di un sistema stigmergico su un modello 3d di corpo umano ed effetti dell'erosione degli agents

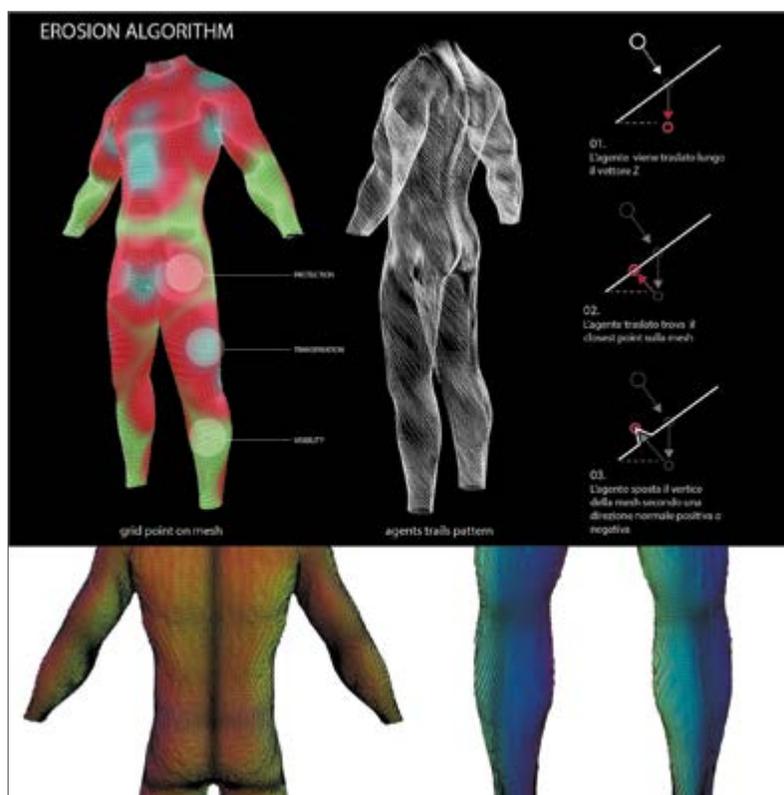


06

la semplici agenti (*boids*) che si muovono secondo un set di regole base. Le tre regole base che si sono analizzate sono la separazione, l'allineamento e la coesione. La separazione serve per evitare la collisione con gli agents vicini, l'allineamento permette agli agenti di disporsi secondo una stessa direzione e la coesione permette la formazione di gruppi di agents procedendo verso il centro di gruppi di agents circostanti [fig. 05].

Si è riprodotto quindi un codice in linguaggio Java usando il software Processing, software sviluppato da Ben Fry e Casey Reas, ricercatori del MIT nel 2001 e in seguito affiancati da Daniel Shiffman, Associate Arts Professor all'Interactive Telecommunications Program del NYU's Tisch School of the Arts. Nel codice è stata implementata un'interfaccia per scegliere i valori di dimensione e del numero degli agents, l'effetto fading delle tracce lasciate dal movimento degli stessi agents, i valori di coesione, separazione e allineamento.

07
Erosion
algorithm,
applicazione
di un algoritmo
gradient descent
e di erosione
sul modello 3d
di un corpo
umano



07

Lo studio di questa simulazione di comportamenti per elementi appartenenti a una specie ha portato al risultato di pattern che mostrano tracce degli agents raggruppate in alcune zone del sistema. Lo scopo di questa analisi è stata lo studio di pattern di raggruppamento per poter in seguito applicare questi risultati alla mesh della body suit tramite l'algoritmo di erosione. In ultimo è stato applicato un codice che simula la *stigmergia* [3], un metodo di comunicazione utilizzato nei sistemi decentralizzati col quale gli individui del sistema comunicano fra loro modificando l'ambiente circostante. La stigmergia è stata osservata inizialmente in natura; per esempio, le formiche comunicano le une con le altre lasciando una traccia di feromoni, quindi una colonia di formiche è un esempio di sistema stigmergico [fig. 06].

Algoritmo Erosione: Gradient Descent e Mesh Vertex displacement

Il fenomeno fisico dell'erosione si produce attraverso due fasi: la prima è il distacco dal suolo del materiale, la seconda è il trasporto della materia erosa. Quando l'energia disponibile per il trasporto non è più sufficiente interviene una terza fase, che è quella del deposito. In questa fase verranno analizzati l'algoritmo di erosione e l'algoritmo Gradient Descent.

L'algoritmo creato che simula l'azione erosiva di particles (*agents*) su un terreno (*mesh body suit*) è stato schematizzato in azione di erosione, cioè depressione dei vertici della mesh, per le zone di traspirazione e azione di deposito, innalzamento dei vertici della mesh, per le zone di protezione [fig. 07].

I punti sorgente sono dei punti di coordinate x,y,z che giacciono sulla mesh e si trovano nelle aree contrassegnate con verde, ciano e rosso della mesh con applicata la *tangible map*. I punti sorgenti saranno il luogo di inizio del percorso della particle che scivolerà sulla mesh e agirà sui vertici erodendo o depositando a seconda della zona della mesh in cui si trova.

Il workflow è il seguente: inizializzazione della mesh e selezioni dei punti sorgente degli agents da dove partirà l'azione di erosione/deposito; calcolo del *closest point* tra il punto sorgente e i vertici della mesh; traslazione del vertice della mesh lungo la normale; aggiornamento della mesh; loop del processo fino ad un numero di iterazioni scelte dall'utente. Questo processo viene definito algoritmo Gradient Descent, l'agente/particle scansiona i vertici circostanti trovando il percorso più ripido e prosegue il suo percorso. L'agente preso in esame seguirà contemporaneamente il percorso intrapreso da un agente che

BODY SUIT



08

08
Body suit, risultato del processo generativo

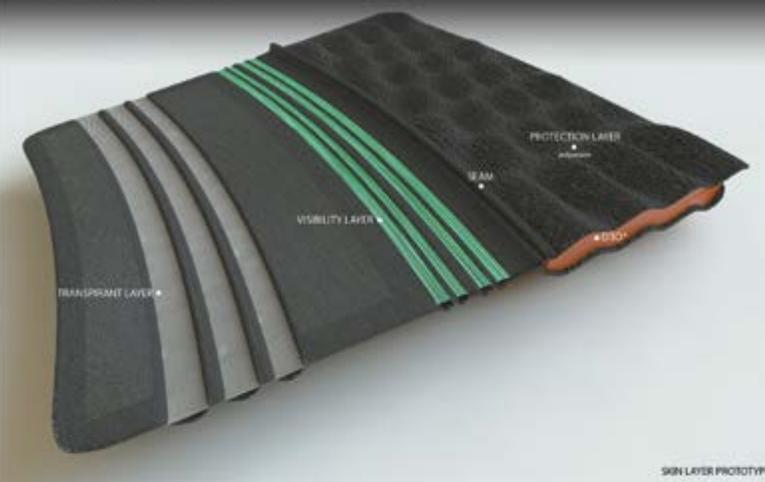
09
Material setting out, prototipo di una porzione della body suit. Si evidenziano gli strati di protezione, di visibilità e traspirante

precedentemente è già passato in quella zona sommando il suo contributo di erosione/deposito percorrendo un percorso comune. Dato l'elevato numero di vertici della mesh il workflow è stato suddiviso in sedici cicli fino ad ottenere la mesh finale. Possiamo quindi fare un confronto con l'effetto di stigmergia calcolato precedentemente; i risultati sono molto simili, ma nel caso dell'erosione simulata in grasshopper, l'effetto finale è più esaustivo. L'azione coordinata e comune di più agenti porta ad un risultato solido e di effetto.

Descrizione Body suit e prototipo

La body suit è stata pensata come un possibile prodotto per il mercato dello sport, utilizzando materiali come il poliestere e l'elastam, già utilizzati nella body suit della Nike Areoflot Hyperadapt Crew (2016) [fig. 08]. Le caratteristiche del prodotto analizzato sono il miglioramento delle performance di isolamento dagli agenti atmosferici

MATERIAL SETTING OUT



09

tramite l'inserimento di una *thermal mesh* e la traspirabilità dei tessuti per un comfort ottimale durante le attività di workout all'aperto.

L'attività di workout durante l'alba o al crepuscolo è migliorata tramite l'inserimento di dettagli catarifrangenti [fig. 09].

Per le parti da proteggere – ovvero le zone classificate come deposito – si è pensato all'utilizzo della tecnologia D3O®, incorporata nel tessuto. D3O® usa una tecnologia brevettata per migliorare la flessibilità e le proprietà di assorbimento degli urti. La tecnologia è basata sul principio non-Newtoniano dove nella forma grezza le molecole del materiale scorrono libere, permettendo al tessuto di essere morbido e flessibile e, al momento dell'impatto, di connettersi insieme e dissipare l'energia di impatto riducendo la forza trasmessa. D3O® è un polimero mixato che ha come proprietà specifiche la temperatura stabile, resistenza all'abrasione e flessibilità.

Conclusioni

Il sistema naturale proposto si fonda sull'interdipendenza, interconnessione e cooperazione degli agents, come tutti i processi che sono alla base dei sistemi viventi [fig. 10]. È interessante notare come il pattern finale degli agents che simulano l'erosione/deposito sia simile ai tatuaggi facciali della popolazione Maori. Il corpo umano è stato forse la prima superficie di applicazione dei pattern con funzioni decorative, di valorizzazione, camuffamento, identificazione totemica, differenziazione semiotica o combinazioni di esse; ciò ci suggerisce che già in passato i pattern siano stati importanti durante la storia dell'evoluzione dell'uomo. Nel caso studio preso in esame i pattern emergenti sono di tipo performante e di valorizzazione delle qualità estetiche e intrinseche dei materiali.

La prototipazione rapida alla scala reale di una porzione della body suit è importante per capire la consistenza dello studio e per poter fare un'analisi dimensionale delle performance su materiali reali già usati nell'industria degli indumenti sportivi.

I concetti di miglioramento delle performance e di simulazione di sistemi naturali potrebbero essere proposti a brand che si occupano della produzione di body suit sportive per le attività di workout all'aperto, dove gli agents atmosferici e le condizioni di "discomfort" di luce naturale possono scoraggiare l'utente a praticare sport.



10

CREDITI

Il codice del multi agents system in Processing presentato nell'articolo è stato scritto da Tommaso Casucci con la collaborazione di Alessandro Zomparelli e Alessio Erioli, durante la summer school dell'Architectural Association di Londra in Giordania, ed è stato adattato e implementato per la simulazione su una mesh rappresentante un corpo umano.

I restanti codici e simulazioni illustrate sono prodotte dall'autore e fanno parte di un percorso di ricerca sperimentale nato con il workshop Encoded Fashion (London, UK, 2015) e il concorso RESHAPE 15 (IAAC Institute of Advanced Architecture Catalonia, 2015), durante la progettazione della Bolero Jacket Hydra, dove si è applicato un custom Python code per la simulazione di un pattern che riprende le morfologie e le performance estetiche della pelle di un rettile.

10
Resulting
pattern,
comparazione
dei pattern
risultanti con
pattern della
popolazione
Maori

NOTE

[1] *Agent based systems*: un Agent based system simula le azioni e le interazioni di agenti autonomi (sia soggetti individuali che collettivi come organizzazioni o gruppi) al fine di valutare i loro effetti sul sistema nel suo complesso .

Il problema centrale nella progettazione di un sistema multi agente è definire quanta intelligenza è da pianificare nel sistema e a quale livello. È un'autorità centrale che crea e dirige i comportamenti del gruppo o sono i comportamenti globali che emergono dalle interazioni dei singoli agenti? Quanto complesso deve essere il comportamento di un agente? La maggior parte del lavoro svolto in questo campo è concentrato nel creare agenti con maggiore conoscenza e abilità. Questo è stato ottenuto dando agli agenti una profonda conoscenza di base e abilità nel ragionare sui dati, pianificare le azioni, negoziare con gli agenti o cambiare strategia in risposta alle azioni degli altri agenti. È stato ampiamente riconosciuto come in fisica e in biologia le attività globali sono il risultato di semplici interazioni locali. In aggiunta al fatto che questi sistemi possono prevedere i comportamenti; le analisi matematiche permettono al designer di ottimizzare le performance del sistema stesso.

[2] Maurice Maeterlinck, *Swarm intelligence*. <https://www.lswn.it/robotica/swarm-robotics/> [Maggio 2017]

[3] *Stigmergia*: la stigmergia è un meccanismo di comunicazione indiretto che permette lo scambio di informazioni tra soggetti diversi attraverso l'interazione con un ambiente comune. Paul Grasse, zoologo francese, interessato dal modo in cui le termiti organizzano la costruzione dei termitai, dedusse un principio fondamentale che denominò stigmergia. Questo termine serve a descrivere il meccanismo di comunicazione indiretta che sussiste tra la struttura e l'agente (la termite). La semplicità della termite comparata alla complessità dei termitai, sia dal punto di vista formale che funzionale, portarono Grasse a definire un primo algoritmo che se iterato potrebbe generare strutture come quelle osservate. Le fasi da lui descritte si riassumono in:

- le termiti costruiscono un mucchio di materiale che cresce verticalmente,
- se due colonne di materiale si trovano in una certa soglia di prossimità allora vengono fuse
- l'esito della fusione è un singolo oggetto che prosegue nella crescita.

La principale questione di interesse ricade su come elementi semplici senza un'organizzazione centrale siano in grado di adattarsi all'ambiente e di auto organizzarsi al fine di sopravvivere. Comprendere le regole e i meccanismi è il primo passo per poter tradurre in digitale questi comportamenti per poi applicarli in diversi campi a seconda della problematica che si intende risolvere.

REFERENCES

Barrie Andrew, Choochuey Rachapron, Mirti Stefano, *Toyo Ito, Istruzioni per l'uso*, Milano, Postmedia books, **2004**, pp. 109.

Schumacher Patrik, "Parametric patterns", *AD Architectural Design*, vol. 79, n. 6, **2009**, pp. 28-41.

Smith Caroline J., Havenith George, "Body mapping of sweating patterns in male athletes in mild exercise-induced hyperthermia", in *European Journal of Applied Physiology*, n. 111, **2011**, pp. 1391-1404.

Pantic Igor, Hahm Soomeen, "Isomorphic Agency, a digital environment for agent based modeling", in Ikeda Y., Herr C. M., Holzer D., Kajijima S., Kim. M. J., Schnabel A. (a cura di.), "Emerging Experience in Past, Present and Future of Digital Architecture", *Proceedings of the 20th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia CAADRIA 2015*, **2015**.

Smith Robert Stuart, "Behavioural Production, Autonomous Swarm-Constructed Architecture", *AD Architectural Design*, vol. 86, n. 2, **2016**, pp. 54-59.

Bettucchi Eugenio, *Behavioral Builder. Iterative robotic deposition based on stigmergic feedback*, Tesi di laurea, relatore Erioli Alessio, correlatori Sollazzo Aldo, Scarcia Umberto, Università di Bologna, Corso di Ingegneria Edile-Architettura, **2016**, pp. 162.

Shiffman Daniel, *The nature of code, simulating natural system with Processing*. <http://natureofcode.com/book/chapter-6-autonomous-agents/> [Aprile 2017]

Shah Ashwin, Salcedo Paola, Mulia Wandy, Shi Yue, *EROSION, behavioural matter studio*. <https://issuu.com/paola.salcedo/docs/erosion.aadr1> [Aprile 2017]

Lerman Kristina, *Design and Mathematical Analysis of Agent-based Systems*. <https://www.isi.edu/~lerman/papers/FMW.pdf> [Aprile 2017]

Tipografia parametrica e *Developmental Dyslexia*

Luciano Perondi Isia Urbino luciano.perondi@isiaurbino.net

Walter Gerbino Università di Trieste gerbino@units.it

Beppe Chia Isia Urbino, Chialab giuseppe.chia@isiaurbino.net

Roberto Arista Isia Urbino roberto.arista@isiaurbino.net

Giovanni Pignoni Isia Urbino pignoni.g@gmail.com

Giammarco Gaudenzi Isia Urbino giammarcogaudenzi@gmail.com

Può una specifica font portare beneficio ai lettori con diagnosi di DD? Quali variabili visive dei caratteri possono facilitare la lettura nei lettori con diagnosi di DD?

È stato sviluppato un sistema parametrico che permette di generare una varietà di caratteri. Le variabili parametrizzate permettono di cambiare l'aspetto del carattere senza cambiarne le proporzioni e le dimensioni principali. Questo consente di isolare le variabili e rendere più accurata la valutazione. A seguito degli esperimenti non sono emersi dati oggettivi e chiari che spingano verso l'adozione di una particolare font per il miglioramento della lettura. La font preferita a colpo d'occhio non sembra produrre una prestazione oggettivamente migliore nella lettura.

Typeface design, Tipografia parametrica, Performance di lettura, DSA

Is a font designed for the purpose of helping people with a diagnosis of DD actually beneficial? Which are the visual variables that may facilitate reading in readers with diagnosis of DD?

We designed a parametric software that allows to generate a huge variety of fonts. The parametric variables allow to change the appearance of the font without changing the proportions and the main metric dimensions. This allows to isolate the variables and to make the assessment more accurate. The experiments we conducted did not give any evident and objective result that drive to the adoption of a specific font or variable in order to improve significantly the reading performance. The font which is preferred at a glance does not seem to improve objectively the reading performance.

Typeface design, Parametric typography, Legibility assessment, Learning disabilities

L. Perondi Orcid id 0000-0002-7198-4030

W. Gerbino Orcid id 0000-0002-4010-4694

R. Arista Orcid id 0000-0002-8582-1072

G. Pignoni Orcid id 0000-0003-0730-371X

G. Gaudenzi Orcid id 0000-0001-5296-0693

ISSN 2531-9477 [online], ISBN 978-88-940517-7-3 [print]

La ricerca è partita dalla necessità di comprendere quali aspetti della tipografia fossero rilevanti per migliorare la lettura di uno studente con DSA.

Chialab ha promosso e gestito il progetto per conto e con il sostegno di Zanichelli Editore, individuando gli enti da coinvolgere e coordinando le attività. Sono stati coinvolti Isia (Istituto Superiore Industrie Artistiche) di Urbino per gli aspetti tipografici e il Dipartimento di Scienze della Vita dell'Università di Trieste, l'IRCCS Burlo Garofalo, e l'Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione del CNR per i test e l'analisi dei risultati.

La ricerca, aperta negli esiti e pubblica nei risultati, si presenta come propedeutica a successivi interventi progettuali a favore dei lettori con DSA. In gioco non c'era la valutazione dell'esito di un progetto esistente, ma il sostegno allo sviluppo della ricerca sul tema per individuare l'area più efficace di intervento: gli aspetti legati al carattere (ad esempio presenza o assenza di grazie), quelli microtipografici indipendenti dal carattere (entità spaziatura, interlinea), quelli macrotipografici (organizzazione del testo sulla pagina).

Developmental Dyslexia (DD)

Il termine “dislessia” è molto usato, non solo nella letteratura specifica sul presente argomento. Quasi sempre il termine si riferisce alla “dislessia evolutiva” (developmental dyslexia, DD), definibile come un disturbo specifico dell'apprendimento del linguaggio scritto attribuibile a un anomalo sviluppo di una o più funzioni neuropsicologiche coinvolte nei processi di lettura. L'utilizzo diffuso di tale etichetta (sostanzialmente riconducibile alle categorie utilizzate nei sistemi di classificazione delle patologie quali il DSM-5 e l'ICD-10) non è universalmente condiviso, come testimonia il saggio di Elliott e Grigorenko (2014). Il saggio fa riferimento a un possibile “mito diagnostico”, cui potrebbe essere contrapposta l'idea che le abilità di lettura si distribuiscono normalmente nella popolazione, dando luogo a una coda di cattivi lettori (per altro, unanimemente riconosciuta come assai eterogenea) impropriamente qualificabili come portatori di un disturbo specifico. Al di là della controversia sul significato delle difficoltà incontrate nell'apprendimento della lettura (Ramus, 2014), è ben più rilevante il sostanziale consenso sulla necessità che la valutazione delle abilità/difficoltà di lettura incontrate da una data persona sia focalizzata sulla strategia di intervento. In tale ottica, sono preziosi anche i contributi – parziali ma significativi – potenzialmente offerti da un attento controllo delle variabili tipografiche.

L. Perondi, W. Gerbino, B. Chia,
R. Arista, G. Pignoni, G. Gaudenzi

Questioni emergenti

Il lavoro prende le mosse da una serie di constatazioni emergenti nella comunità scientifica, sia tra chi opera per migliorare i supporti per la lettura sia tra chi studia i processi cognitivi sottostanti tale prestazione.

In sintesi le questioni emerse sono:

1. vanno valutati i vantaggi dell'ottimizzazione dell'aspetto macrotipografico rispetto a quello microtipografico o del carattere tipografico;
2. va valutato se l'opinione del lettore sulla "leggibilità" di un testo è un valido predittore della prestazione nella lettura; un numero rilevante di "caratteri per dislessici" (Read Regular – ora Zwijsen Dyslexiefont – di Nata-scha Frensch, Dyslexie font di Christian Boer, Open Dyslexic di Abelardo Gonzalez, Easy Reading di Federico Alfonsetti, Biancoenero di Riccardo Lorusso, Gro-ver di Sally Castle) si basa sull'assunto che la preferenza soggettiva di un lettore con diagnosi di DSA, in almeno tre casi l'autore stesso del disegno, coincida con l'effetti-va "leggibilità" di un carattere;
3. non esiste una soluzione generalizzabile al proble-ma "dislessia"; l'approccio migliore è la soluzione individuale, considerando comunque fattori come il crowding (Spinelli, 2002; Martelli et al., 2009; Chi-cherov et al., 2014; Manassi et al., 2013; Sayim, 2013) che, alla luce delle ricerche, sembrerebbero avere effetti negativi generalizzabili;
4. in letteratura si osserva poca (Zorzi et al., 2012; Ma-rinus, 2016; Perea et al., 2012; O'Brien et al., 2005) ricerca condotta isolando le variabili tipografiche che influenzano il processo di lettura (Lund, 1999; Legge & Bigelow, 2011), in particolare per quanto riguarda i DSA; alcune ricerche (Bachman, 2013; Leeuw, 2010; Marinus, 2016) riportano confronti tra testi differenti, non solo come carattere, ma anche per aspetti tipografici indipendenti dal carattere (dimensioni e interlinea), rendendo impossibile l'isolamento della variabile responsabile dell'eventuale miglioramento nella lettura;
5. anche se sulla questione esiste un ampio dibattito (Lund, 1999) sin dal Settecento (Kinross, 2005) manca in letteratura una definizione univoca di cosa sia la leg-gibilità (Unger, 2006); quello che può essere valutato è una *performance di lettura in un contesto specifico*;
6. tutti i caratteri presi in esame sono frutto di un pro-cesso a priori: si parte da un assunto su cui si basa il disegno di un carattere (ad esempio "lettere asimmetri-che") ed eventualmente si verifica alla fine del processo di realizzazione se il carattere è "migliore" di un carat-tere di riferimento, ma in questo modo la differenza in-

siste su più variabili, pertanto è impossibile dire quale variabile influenza e in che misura la performance;

7. si sono analizzati i caratteri, ponendo in evidenza, con prove appositamente congegnate, la distinzione tra preferenze espresse a colpo d'occhio, lettura ad alta voce, competenza lessicale, suscettibilità al *crowding*.

La dimensione del carattere

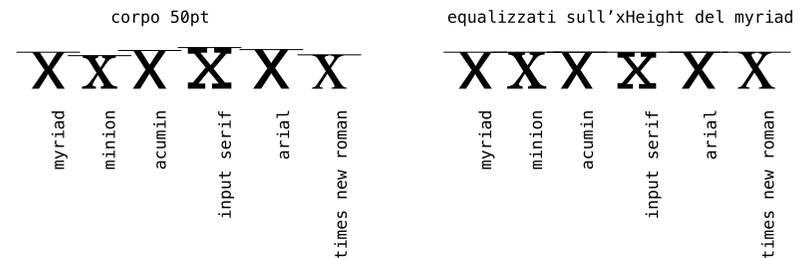
Un particolare fattore di distorsione è la misura della dimensione del carattere: tenendo conto che è stata identifi-cata una dimensione critica in cui i lettori raggiungono la massima velocità di lettura e che questa dimensione criti-ca è superiore nelle persone con diagnosi di DD (O'Brien et al., 2005; Legge et al., 2007), in particolare per i bambi-ni questo valore è superiore di circa il 32%.

In alcune ricerche menzionate in questo articolo i caratte-ri vengono comparati a parità di corpo senza tenere conto delle differenze in termini di altezza della x (Marinus, 2016; Bachmann, 2013; de Leeuw, 2010) e quindi con di-mensioni diverse [fig. 01].

Il corpo è retaggio di una modalità di produzione in cui il carattere è costituito da un blocco solido indeformabile da cui protrude la sagoma della lettera. Quindi il corpo ha una ineludibile dimensione fisica che determina lo spazio occupato da un carattere.

Per i caratteri digitali il corpo è l'area di riferimento sulla cui base viene riscalato il glifo per adattarsi alle varie di-mensioni: il corpo non ha più nessun effetto pratico sullo spazio occupato da un carattere, tanto che i caratteri si possono sovrapporre. Quindi il corpo non è un valido in-dicatore delle dimensioni di un carattere.

La dimensione del carattere è materia anche di normativa, come si evince dalle regolamentazioni europee in materia di packaging alimentare (regolamento UE N. 1169/2011 e successive modifiche) e medica (direttiva 2001/83/EC e successive modifiche). È ormai prassi comune usare l'altezza della x invece del corpo come riferimento per la



01

misura, si assume quindi che essa sia il fattore principale che determina la dimensione apparente del carattere.

Per il nostro esperimento, essendo molto ridotte le variazioni tra un carattere e l'altro e non variando la lingua nei test (Unger, 2006), riteniamo che l'altezza della x possa ritenersi una sufficiente approssimazione delle dimensioni apparenti di un carattere.

Elaborazione caratteri per l'esperimento

Il team dell'ISIA di Urbino ha sviluppato un software che permette di generare una varietà di caratteri a partire da variabili quantitative. Il riferimento è stato il Times New Roman (TNR) di Microsoft, ampiamente usato in letteratura (Bachmann, 2013; Rello et al., 2013; Zorzi et al., 2012). In questo modo si poteva disporre di risultati sperimentali confrontabili con quelli prodotti dalla nostra ricerca.

Sono state quindi usate le dimensioni del TNR, cercando di mantenerne il più possibile disegno e proporzioni, anche se, per automatizzare il processo e isolare le variabili, si sono rese necessarie alcune modifiche (ad esempio le grazie non raccordate).

Il software è stato sviluppato in modo da isolare la manipolazione di una variabile quantitativa alla volta, mantenendo – per quanto possibile – le altre variabili costanti. Tra le variabili in esame si sono inserite alcune di quelle che nei progetti citati vengono considerate assunti per una progettazione “dyslexic friendly”.

In particolare:

- asimmetria delle lettere, per ridurre la presunta tendenza a specchiare le lettere pbdq nei lettori con diagnosi di DD (Fisher, Liberman, & Shankweiler, 1978; Marinus, 2016);
- assenza delle grazie (spesso è contraddittorio: per rendere le lettere meno simmetriche talvolta vengono aggiunte proprio delle grazie);
- la presenza di ascendenti e discendenti più o meno pronunciate;
- accorgimenti per aumentare la dimensione apparente di un carattere, desunti dalla pratica tipografica.

Non si è indagato il “tutto maiuscolo” in quanto presenta difficoltà di comparazione dimensionale con il minuscolo e comporta problemi per i lettori senza diagnosi di DD (Arditi & Cho, 2007).

1. Variabili tipografiche individuate, comprese quelle escluse nella seconda fase

Per una descrizione completa delle variabili, vedere al seguente link: <https://goo.gl/vVooNt>

- Monolinearità
- Asimmetria del grado monolinearità. Per quanto insolita nel mondo della tipografia, questa variabile è utilizzata in almeno due caratteri “per dislessici”. Essa è stata oggetto di esperimenti (Leeuw, 2010), risponde a uno degli assunti tipici della progettazione di caratteri per dislessici (l'asimmetria delle lettere) e interessava valutare l'effetto di questa variabile isolata dalle altre.
- Apertura
- Disallineamento
- Altezza maiuscole
- Altezza ascendenti e discendenti
- Rapporto di espansione n-o (nor)
- Rapporto di espansione R-O (ROR)
- Squadratura
- Peso
- Espansione
- Tipologia innesto
- Profondità innesti
- Grazie e speroni
- Monolinearità delle grazie
- Lettere “dyslexic friendly. Dall'analisi dei caratteri “per dislessici” abbiamo individuato una serie di variazioni su alcuni glifi, in genere volte a differenziare glifi simili o simmetrici. In particolare i gruppi: 1 I L , p b q d (Fisher, Liberman & Shankweiler, 1978), o e. Tali glifi sono declinabili secondo tutte le variabili prese in esame. Tale variabile non è in genere prevista nel disegno dei caratteri, ma era rilevante in quanto è basata su uno degli assunti più comuni.

2. Selezione delle variabili

Partendo dalle variabili elencate, sono state individuate 6 variabili da sottoporre ai test:

Monolinearità (che corrisponde a F1, F3, F4)

Lettere dyslexic (F1, F2)

Squadratura (F4, F5)

Serif (F1, F3, F4)

Ascendenti (F1, F6)

Asimmetria della monolinearità (F4, F7)

Le variabili hanno portato alla generazione di sette caratteri:

- F1 Contrastato Serif (simil TNR)
- F2 Dyslexic Friendly Serif
- F3 Monolineare Serif
- F4 Monolineare Non Squadrato Sans

- F5 Monolineare Squadrato Sans
- F6 Serif Ascendenti Lunghe
- F7 Asimmetrico Sans.

Il carattere di partenza ha valori vicini al TNR per tutte le variabili metriche: peso, monolinearità, squadratura, ascendenti e discendenti, espansione.

I caratteri sono preparati con una spaziatura con scostamenti entro il 5% del corpo rispetto a quella del TNR e in una versione con spaziatura ampliata per ogni glifo del 100% del corpo. La spaziatura è stata ridotta rispetto a Zorzi et al. (2012) – in cui erano aumentati del 250% tra le lettere e del 750% tra le parole – per minimizzare l'effetto "eccentricità" menzionato da Rosen & Pelli (2012). Ulteriori sviluppi potrebbero essere volti a individuare il limen critico tra spaziatura ed eccentricità per lettori con e senza diagnosi di DD.

Per ridurre il numero delle variabili nell'analisi sono stati esclusi il Rapporto n-o (che portava a caratteri poco distinguibili e avrebbe vanificato i risultati dell'esperimento 1) e l'Apertura, che avrebbe comportato un'interazione troppo forte tra più variabili, non permettendo di isolare la variabile in oggetto.

Tutte le variabili indipendenti escluse dall'esperimento sono state impostate sui valori metrici del TNR.

Il software di generazione dei caratteri

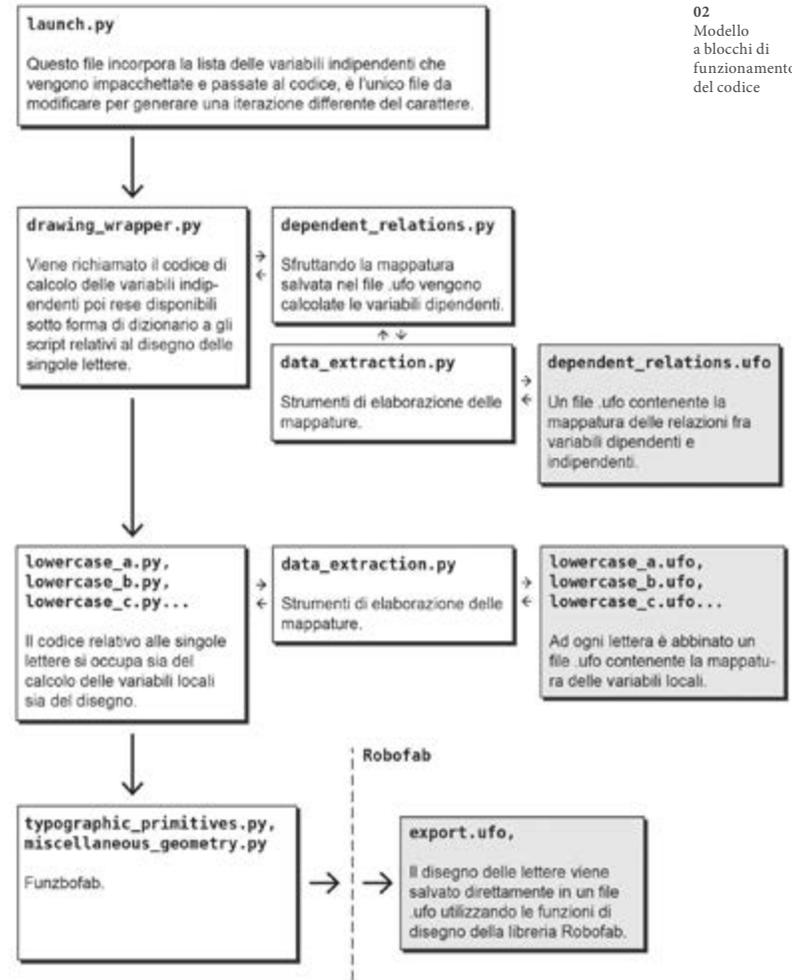
Il software è scritto in linguaggio Python e si appoggia sulla libreria di gestione dati font Robofab, sviluppata dal 2003 da E. van Blokland, T. Leming e J. van Rossum. Si è deciso di generare i caratteri con uno script invece di disegnarli: la struttura dello script permette una variazione indipendente di tutte le variabili considerate, entro un ragionevole spettro, in modo da poter produrre campioni di analisi validi.

La quantità di variabili prese in esame ci avrebbe costretto a disegnare diverse decine di caratteri differenti, pari a tutte le combinazioni di interesse ai fini della ricerca.

1. Il modello di funzionamento

Le componenti. Il codice è strutturato secondo un criterio di astrazione che mira raggruppare procedure che devono essere richiamate di frequente. Ciò permette di rendere la manutenzione del codice più sostenibile. I tre moduli richiamati più di frequente sono:

- miscellaneous_geometry.py funzioni di calcolo geometrico, offset, operazioni su matrici di punti, calcolo di intersezioni, manipolazione di forme geometriche;
- typographic_primitives.py procedure di disegno di fi-



02
Modello
a blocchi di
funzionamento
del codice

02

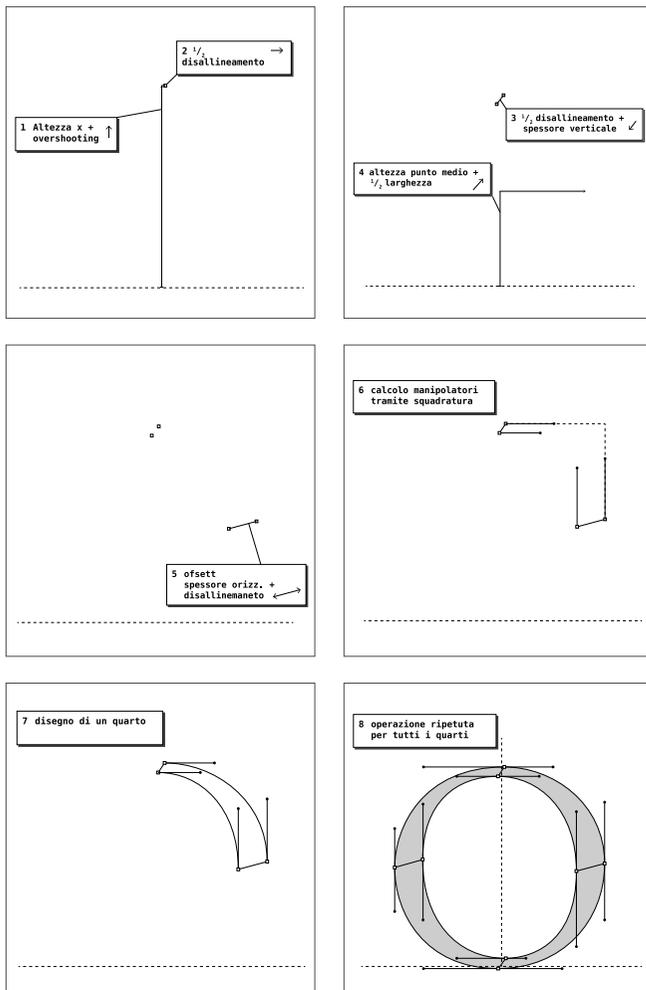
gure primitive rilevanti dal punto di vista tipografico: aste, punti, ciambelle, grazie;

- data_extraction.py funzioni di elaborazione delle variabili, interpolazione lineare o tramite curva di Bézier oltre a funzioni di lettura degli andamenti salvati sotto forma di file .ufo (Leming & al., 2012) [fig. 02].

Procedure di disegno. Le funzioni principali di disegno presenti nella libreria Robofab sono modellate sopra lo standard PostScript per il disegno vettoriale (Berlaen & Ferreira, 2015).

Per facilitare il disegno di forme complesse – che presentano dei manipolatori con orientamento non ortogonale – e per evitare di dover operare dei tagli booleani, si sono disegnati tutti i tratti curvi a partire da “quarti di ciambella”, primitive tipografiche definite da due curve cubiche alternate a due segmenti [fig. 03].

Variabili dipendenti e indipendenti. Si sono individuate le variabili dipendenti in relazione alle variabili tipografiche indipendenti scelte.



03 Fasi del disegno, dall'individuazione dei punti al disegno di un "quarto"

03

Ad esempio: dato un particolare valore nominale della Monolinearità, abbiamo ricavato i valori degli spessori di lettere meno simmetriche della 'o' per cui gli spessori effettivi dipendono dall'interazione delle forme. Si sono quindi individuati dei fattori di correzione che interagissero in maniera specifica su ogni variabile. La Monolinearità di una 'n' o di una 'a' viene espressa in funzione di fattori di distorsione locale e la stessa variabile Monolinearità Effettiva non corrisponde al valore nominale perché viene sottoposta a fattori di distorsione dipendenti da altre variabili, quali ad esempio il Grado di Espansione, il Rapporto n-o e il Peso.

Dato – ad esempio – il seguente set di variabili: *monolinearità* = 0.79, *peso* = 0.25 la Monolinearità Effettiva – in questo caso influenzata direttamente dal Peso – sarà di 0.73. Portando il peso a 0.32 e lasciando il valore nominale della Monolinearità invariato, la Monolinearità Effettiva sarà invece di 0.67.

In questo modo ogni variabile risulta influenzata in maniera ponderata dalle altre attraverso un sistema di correzioni descritto nel software. Tanto più i valori si discostano dai valori nominali, tanto più un carattere si discosta in termini dimensionali dal punto di partenza standard, che in questo caso corrisponde in termini metrici al TNR (entro una tolleranza massima del 5%).

Δ e fattori. I Δ (delta) e i Fattori sono le correzioni necessarie per ottenere un disegno corretto bilanciando l'interazione fra le variabili indipendenti, li abbiamo trattati come valori separati per gestire l'interazione di una singola variabile indipendente sulle variabili dipendenti. Abbiamo impropriamente chiamato Δ una variabile dipendente influenzata da una singola variabile indipendente che va a sommarsi algebricamente a una specifica variabile, mentre un Fattore è anch'esso una variabile dipendente, ma che va a moltiplicarsi. L'uso delle due tipologie di correzione dipende dalla variabile su cui insistono; si osserva una prevalenza dei Δ rispetto ai Fattori, perché tutte le variabili indipendenti, salvo la x-height, sono state ridotte a fattori.

La correzione è calcolata dinamicamente a partire da una mappa creata tramite attente misurazioni, la mappa contiene l'andamento del rapporto fra i valori in entrata (variabili) e quelli in uscita (Δ o Fattori).

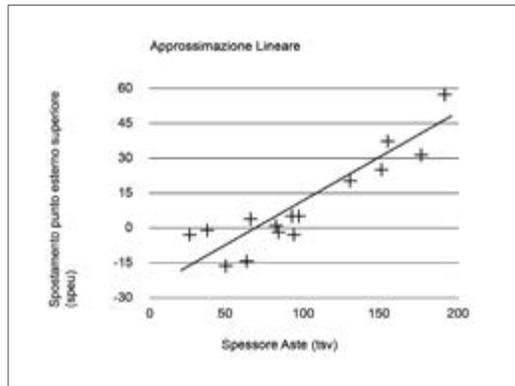
Nella fase iniziale di progettazione del software ci si è affidati ad una interpolazione lineare a due estremi per codificare i rapporti fra variabili. Si è osservato che questo sistema non è sufficientemente flessibile per rappresentare i rapporti più complessi [fig. 04] [fig. 05].

97

2. Descrizione di relazioni non lineari

Al fine di gestire agilmente delle relazioni non lineari fra grandezze, abbiamo creato dei file font in cui abbiamo archiviato in forma di glifo tali relazioni, sfruttando il sistema di riferimento cartesiano.

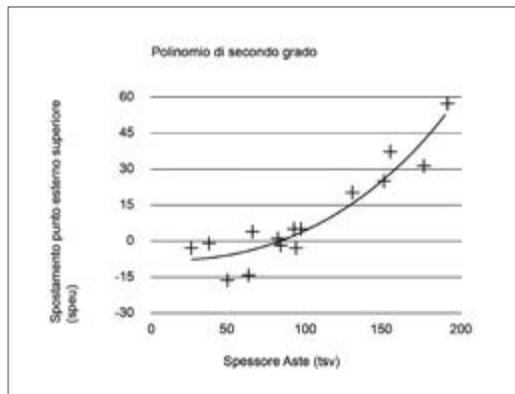
04



04-05

Esempio di come un andamento possa essere rappresentato con diversi gradi di precisione. Sia perché con andamenti non sempre assimilabili ad un rapporto lineare, sia perché spesso rapporti a più di due dimensioni (più di una variabile in ingresso per un solo Δ in uscita)

05

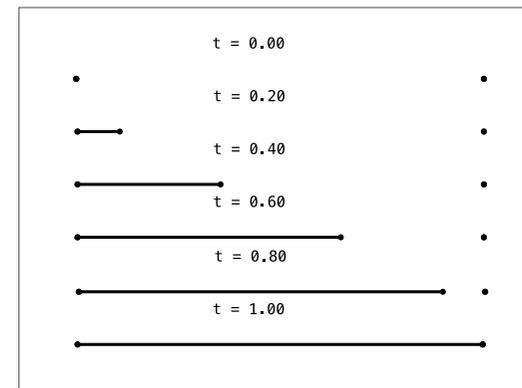


L'uso di curve di Bézier per definire gli andamenti soddisfa sia i requisiti matematici, permettendo la rappresentazione di curve complesse, sia di programmazione, e risulta un metodo efficiente di codifica delle relazioni. Inoltre il font editor (Robofont), consente di manipolare e visualizzare istantaneamente le modifiche apportate. Una combinazione lineare [fig. 06] ha formula: $P=P_0+(P_1-P_0)*t$; il parametro si muove da 0 a 1, permettendo di calcolare tutti i possibili valori di P compresi fra P_0 (ponendo $t=0$) e P_1 (ponendo $t=1$).

Una combinazione lineare a due punti permette di rappresentare parametricamente un segmento, usando quattro punti – due punti di ancoraggio con relativi manipolatori – è possibile invece rappresentare una curva con un ottimo livello di dettaglio. L'interfaccia di disegno Robofont è limitata a curve cubiche, comunque adeguate per lo scopo ed eventualmente combinabili per rappresentare gli andamenti più complessi [fig. 07].

Per permettere multiple variabili in ingresso, ogni grafico può contenere più di una curva [fig. 08], ognuna di esse rappresentante il rapporto fra il Δ in uscita in condizioni estreme.

06

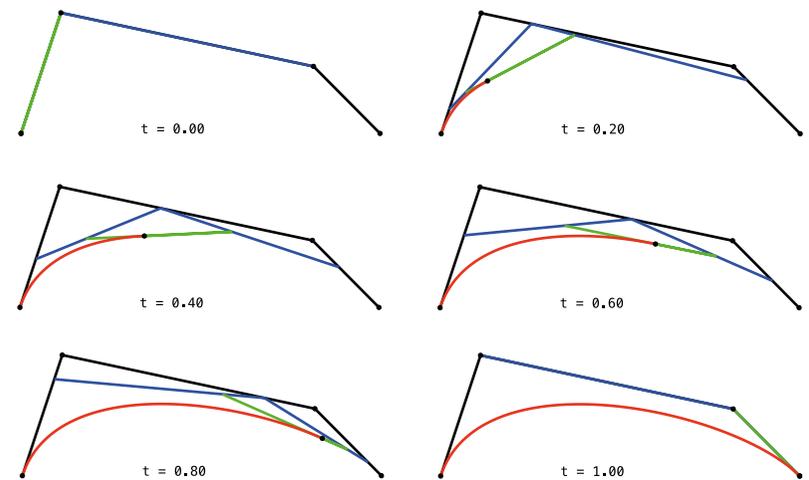


06

Disegno di un segmento in base al parametro "t"

07

Disegno di una curva di Bézier cubica in base al parametro "t"



07

Fase sperimentale

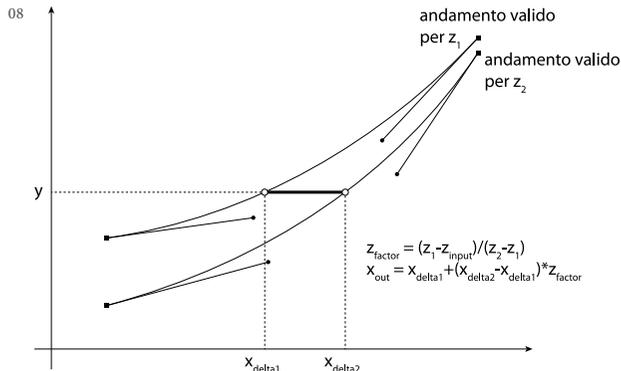
Durante la fase di elaborazione dello script il team di Trieste ha definito il disegno sperimentale e predisposto quanto necessario alla produzione dei materiali sperimentali e alla raccolta dati.

Cura particolare è stata posta nel produrre versioni dei materiali sperimentali che fossero equivalenti dal punto di vista psicolinguistico, in modo che le variabili tipografiche oggetto di indagine fossero isolate nel modo più efficace.

Terminata la fase di elaborazione dei prototipi, si è proceduto a comporre tipograficamente i materiali definitive per le varie prove, raccolti in Appendice 1.

Nel novembre 2014 il progetto ha ottenuto il parere favorevole del Comitato Etico dell'Università di Trieste, relativamente alla raccolta dati su studenti universitari e giovani adulti, con DD e normolettori. Analogo parere favorevole, riferito alla ricerca su ragazze/i di 11-14 anni, è stato ottenuto nel settembre 2015 dal Comitato Etico dell'IRCCS "Burlo Garofolo".

Al termine del primo anno della ricerca (fine 2015) erano stati raccolti dati relativi a preferenze soggettive e prestazioni oggettive di giovani adulti (in prevalenza studenti universitari), 31 normolettori e 8 con diagnosi di dislessia evolutiva (DD). Gli esiti di questa prima fase erano stati oggetto di una presentazione a un congresso (Barbiero et. al. 2015).



08

Rappresentazione grafica di una mappa a due variabili in ingresso. La curva n1 rappresenta il rapporto fra Disallineamento e il Δ di correzione della Monolinearità a Peso 0.179 e curva n2 rappresenta lo stesso rapporto a Peso 0.32. Lo script calcola il valore dei Δ

per ogni curva, per poi combinarli linearmente nel fascio di curve avente per estremi le due curve definite: il Peso di 0.25, a metà fra gli estremi associati alle curve, corrisponderebbe ad un parametro $t=0.5$ e produrrebbe una media fra i due valori di Δ

La raccolta dati è poi continuata, somministrando le stesse prove a un campione di 15 ragazze/i con diagnosi di DD, frequentanti la scuola secondaria di primo grado, nonché ad altri 6 giovani adulti con DD, portando la numerosità di questo campione a 14 unità.

Metodo

1. I tre campioni

I dati qui presentati si riferiscono a:

- 31 normolettori reclutati tra gli iscritti ai corsi di laurea dell'Università di Trieste, di età compresa tra 19 e 33 anni (età media 23.5 anni, 18 femmine);
- 14 partecipanti con diagnosi di DD, tutti con diploma di scuola secondaria di secondo grado, di cui 5 studenti universitari, di età compresa tra 17 e 25 anni (età media 20.0 anni, 8 femmine);
- 15 partecipanti con diagnosi di DD, di età compresa tra 11 e 14 anni (età media 12.5 anni, 7 femmine);
- I dati sono stati raccolti nel corso di sedute individuali, in cui fungeva da sperimentatrice la dott.ssa Chiara Barbiero (iscritta al dottorato in Neuroscienze e Scienze Cognitive dell'Università di Trieste, titolare di una borsa cofinanziata dall'IRCCS "Burlo Garofolo"), che aveva curato anche il reclutamento. Le sedute si sono tenute in luoghi diversi, ma sempre in una stanza confortevole e priva di disturbi, nella quale il partecipante svolgeva le prove in presenza della sola sperimentatrice. Sono state adottate le opportune misure a tutela della privacy e a garanzia dell'anonimato.

2. Obiettivo della ricerca

La ricerca si proponeva di:

- confrontare le font in base alla facilità di lettura percepita;
- valutare l'effetto della facilità percepita delle font su varie prestazioni connesse con la lettura.
- rilevare eventuali differenze fra i tre campioni di partecipanti.

3. Prove

Le prove (indicate con 1, 2, 3.1, 3.2) sono state somministrate a tutti i partecipanti nella stessa sequenza, nell'ambito di una sessione che durava non più di 40 minuti. Al termine venivano raccolte osservazioni e dati biografici di potenziale interesse. Obiettivo della prova 1 era l'identificazione, per il singolo partecipante, della "font migliore" (M) e della "font peggiore" (P), poi utilizzate per individualizzare le prove 2, 3.1, 3.2.

Prova 1 (ordinamento). A ciascun partecipante venivano presentate 7 versioni dello stesso brano. Ogni versione era stampata su foglio A4 verticale con una diversa font (Appendice 1). La sperimentatrice consegnava al partecipante un blocco di 7 fogli, il primo dei quali conteneva il brano stampato con la font F1 (simil TNR). Il partecipante doveva disporre in fila i 7 fogli sul tavolo, sulla base della “facilità di lettura, valutata a prima vista”, senza leggere il testo (o comunque senza leggerlo a voce alta). Veniva chiarito che il giudizio doveva basarsi su un’impressione soggettiva globale e che non esistevano risposte giuste/sbagliate. Il metodo dell’ordinamento (rank order method) riflette situazioni quotidiane in cui gli individui producono una graduatoria tra opzioni, non sempre utilizzando criteri omogenei. Il testo utilizzato per i giovani adulti (Appendice 1) era lungo 17 righe (187 parole); quello utilizzato per i ragazzi consisteva in una riduzione del precedente (prime 8 righe, corrispondenti a 69 parole).

Prova 2 (lettura). Il partecipante doveva leggere ad alta voce 4 brani composti dal concatenamento casuale di 12 brevi frasi, ciascuna dotata di senso. Ciascuno dei 4 brani letti da uno stesso partecipante derivava da un diverso sottoinsieme, composto da frasi di complessità equivalente. Tutti i brani contenevano 160 sillabe, per un numero di parole variabile da 87 a 89. Per uno stesso partecipante, nelle 4 condizioni del disegno within-subjects: Spaziatura (standard, aumentata) × Font (M, P) i brani erano sempre diversi. La sequenza delle 4 condizioni presentate a un dato partecipante derivava da un’estrazione casuale senza rimpiazzamento, fino a esaurimento delle 6 combinazioni di frasi prestampate (Appendice 2), da cui la sperimentatrice attingeva dopo che il partecipante aveva indicato, nella prova 1, le font M e P. Per ogni brano la sperimentatrice registrava il numero di parole errate e il tempo complessivo di lettura.

Prova 3.1 (decisione lessicale). Ciascun partecipante completava due test di decisione lessicale in versione cartacea positiva (“Barra le parole della lingua italiana”), uno con font M e uno con font P. Per ciascun test il materiale consisteva in un foglio A4 contenente 24 parole (12 ad alta e 12 a bassa frequenza) e 24 pseudoparole (ciascuna derivata da una parola mediante sostituzione di una o due lettere), stampate su tre colonne. Per ogni partecipante i 48 item presentati con la font M erano diversi dai 48 item presentati con la font P. Erano state prestampate 3 versioni, con sequenze diverse, degli item stampati rispettivamente con le font M e P, dalle quali la sperimentatrice

attingeva a rotazione (Appendice 3). Ogni partecipante valutava 96 item ordinati a caso, 12 per ciascuna cella del disegno within-subjects Frequenza (alta, bassa) × Lessicalità (parola, pseudoparola) nel foglio stampato con font M (un foglio A4) e altrettanti nel foglio stampato con font P. All’interno dei tre campioni l’ordine delle font era assegnato casualmente, con il seguente esito: 16 MP vs. 15 PM nei giovani adulti normolettori; 8 MP vs. 6 PM nei giovani adulti DD; 8 MP vs. 7 PM nei ragazzi DD). Tutti gli item erano stampati sempre con la spaziatura standard. Per ogni foglio la sperimentatrice registrava i valori dei seguenti indici: numero degli Hit (parole barrate), numero dei Falsi Allarmi (pseudoparole barrate), tempo impiegato in secondi.

Prova 3.2 (confronto di stringhe). Ciascun partecipante completava due test concepiti per valutare la suscettibilità individuale al crowding, cioè all’interferenza esercitata su ciascuna lettera dalle lettere vicine. Venivano presentati due fogli A4 stampati fronte/retro, uno con font M e uno con font P. In ciascun test il partecipante doveva confrontare 48 coppie di stringhe di lettere, presentate all’interno di un riquadro, e giudicare se queste erano uguali/diverse (same/different matching task). Erano state prestampate due versioni del test, con stringhe differenti ma bilanciate per difficoltà, dalle quali la sperimentatrice attingeva a rotazione (Appendice 4). Tutte le stringhe erano composte da 7 lettere; le due stringhe all’interno della coppia erano o uguali o diverse per una sola lettera in posizione 3, 4 o 5. Il partecipante doveva barrare le coppie uguali. All’interno dei tre campioni l’ordine delle font (salvo in due casi di giovani adulti, per un errore di somministrazione) era opposto rispetto a quello utilizzato nella prova 3.1, con il seguente esito (16 MP vs. 15 PM nei giovani adulti normolettori; 6 MP vs. 8 PM nei giovani adulti DD; 7 MP vs. 8 PM nei ragazzi DD). Per ogni foglio la sperimentatrice registrava i valori dei seguenti indici: numero degli Hit (coppie di stringhe uguali barrate), numero dei Falsi Allarmi (coppie di stringhe diverse barrate), tempo impiegato in secondi.

4. Risultati

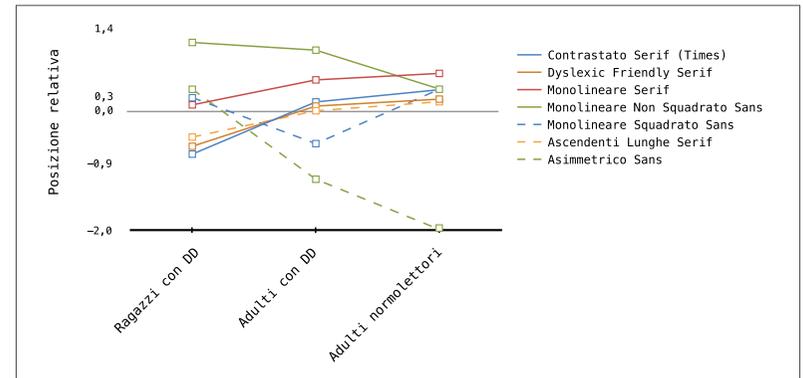
Prova 1 (ordinamento) Tabella 1. Ordinamento delle 7 font. Per tutti i campioni le posizioni fanno riferimento a uno stesso valore medio convenzionale, pari a 5, su una scala standardizzata con range massimo da 2.07 a 7.93 (nell’ipotesi tutti i partecipanti concordino su uno stesso ordinamento), secondo il metodo proposto da Guilford (1954). Le posizioni vanno da 3.01 a 5.61 per i giovani

adulti normolettori, da 3.85 a 6.00 per i giovani adulti con DD, da 4.40 a 6.13 per i ragazzi con DD.

Il grafico [fig. 09] illustra la posizione relativa delle 7 font nei tre campioni. I valori che esprimono la posizione relativa (in ordinata) sono riscalati in modo da far corrispondere il valore centrale originario (5) allo zero. La distanza dal punto di neutralità è una trasformazione della frequenza con cui ciascuna font è stata collocata nelle diverse posizioni da ciascun campione (dati grezzi in Tabella 1). Si evidenzia la sostanziale omogeneità, nei tre campioni, delle 4 font Serif. Il risultato saliente è il diverso grado di leggibilità percepita attribuito alla font F7 dai tre campioni (da relativamente elevato nei ragazzi con DD a decisamente basso nei giovani adulti normolettori).

			Contrastato Serif (Times)	Dyslexic Friendly Serif	Monolineare Serif	Monolineare Non Squadrato Sans	Monolineare Squadrato Sans	Ascendenti Lunghe Serif	Asimmetrico Sans
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Giovani adulti normolettori	M	1	6	3	8	4	6	2	2
		2	4	8	6	5	3	4	1
	ranghi intermedi	3	1	5	3	5	7	8	2
		4	8	2	5	6	3	6	1
		5	9	3	1	6	6	6	0
	P	6	1	9	6	5	4	4	2
		7	2	1	2	0	2	1	23
N			31	31	31	31	31	31	31
Posizione (media 5)			5.34	5.19	5.61	5.35	5.35	5.14	3.01
Giovani adulti con DD	M	1	0	1	4	5	1	1	2
		2	5	3	1	2	2	0	1
	ranghi intermedi	3	0	3	2	2	1	6	0
		4	5	2	3	2	0	1	1
		5	2	2	0	1	3	4	2
	P	6	1	1	3	1	6	1	1
		7	1	2	1	1	1	1	7
N			14	14	14	14	14	14	14
Posizione (media 5)			5.14	5.07	5.51	6.00	4.44	4.99	3.85
Ragazzi con DD	M	1	1	1	1	5	2	1	4
		2	1	1	2	3	4	2	2
	ranghi intermedi	3	1	2	6	1	1	2	2
		4	0	3	0	4	3	3	2
		5	8	2	2	0	1	1	1
	P	6	1	3	3	2	2	3	1
		7	3	3	1	0	2	3	3
N			15	15	15	15	15	15	15
Posizione (media 5)			4.27	4.40	5.09	6.13	5.21	4.55	5.35

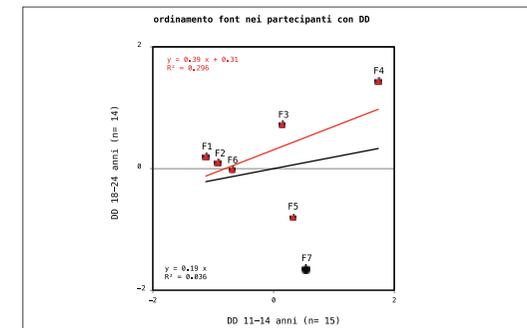
Tabella 1



09

Il grafico [fig. 10] illustra la rappresentazione grafica della relazione tra gli ordinamenti delle 7 font prodotti dai due campioni di partecipanti con DD. La font F7 risulta disomogenea rispetto alle altre sei, come dimostrato dal valore dell'indice di correlazione, che sale da 0.19 a 0.54 nel momento in cui si elimina tale font.

10



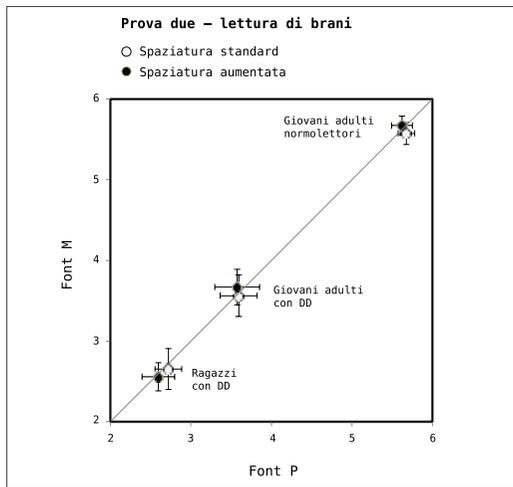
Prova 2 (Lettura di brani) Tabella 2. Accuratezza e velocità di lettura di brani nei tre campioni. I valori si riferiscono alle medie complessive, indipendentemente da spaziatura e font. L'accuratezza degli adulti normolettori è virtualmente perfetta e significativamente superiore a quella dei due campioni di lettori con DD. Per i lettori con DD la velocità di lettura aumenta in funzione dell'età, ma rimane nettamente inferiore a quella dei normolettori adulti. Il grafico [fig. 11] illustra la prestazione dei tre campioni nello spazio definito dalla font P in ascissa e dalla font M in ordinata. La diagonale maggiore è il luogo dei punti in cui la prestazione non è influenzata dalla font. Su

Tabella 2

Prestazione complessiva nella lettura di brani			
	n(parole errate) su 354	p(corrette)	sillabe/s
ragazzi DD	6.8	98.1	2.68
adulti DD	3.8	98.9	3.64
adulti normolettori	0.2	99.9	5.64

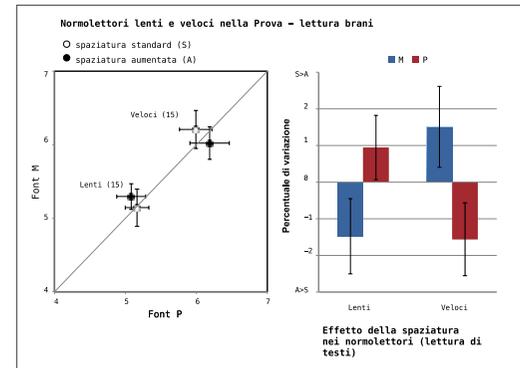
entrambi gli assi i valori rappresentano l'efficienza della prestazione, espressa come velocità di lettura ad alta voce senza errori: $E = p(\text{corrette}) \times \text{sillabe/s}$. I tre campioni sono diversi tra loro (come evidenziato nell'analisi dei dati riportati nella Tabella 2) ma non è presente alcun effetto della Spaziatura e della Font, né sistematico né relativo a un particolare campione.

11



Il grafico [fig. 12] a sinistra, su coordinate PM come quello della Figura 3, evidenzia un diverso effetto di interazione tra Spaziatura e Font nei due gruppi di normolettori. L'effetto è evidenziato anche dal calcolo della percentuale di superiorità relativa $100 \times (S-A)/(S+A)$. I valori di detto indice sono riportati nell'ordinata dell'istogramma di destra per le due font M e P, per i due gruppi di normolettori (lenti, veloci). La variazione più ampia è comunque piccola, nell'ordine dei 3 punti percentuali (scarto totale tra la superiorità della spaziatura standard con la font M e quello per la spaziatura aumentata per la font P, nei normolettori veloci).

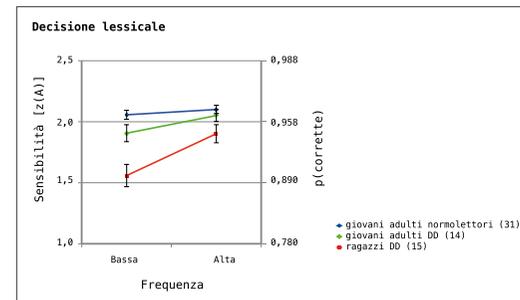
12



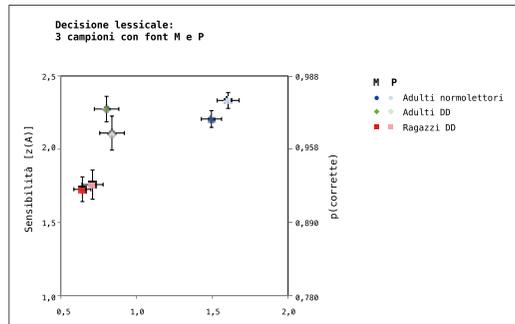
Prova 3.1 (decisione lessicale)

Il grafico [fig. 13] illustra la distribuzione della sensibilità discriminativa – misurata dall'indice $z(A)$ – nei tre campioni, in funzione della frequenza delle parole. L'ordinata a destra riporta le proporzioni di risposte corrette equivalenti al valore $z(A)$ per un partecipante ideale (privo di bias verso barrare/non barrare gli item). Il vantaggio per le parole ad alta frequenza, presente nei ragazzi con DD, mediamente meno accurati, tende a svanire nei partecipanti mediamente più accurati.

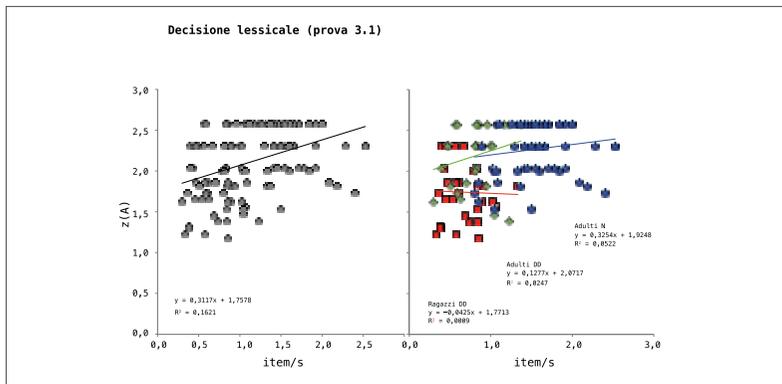
13



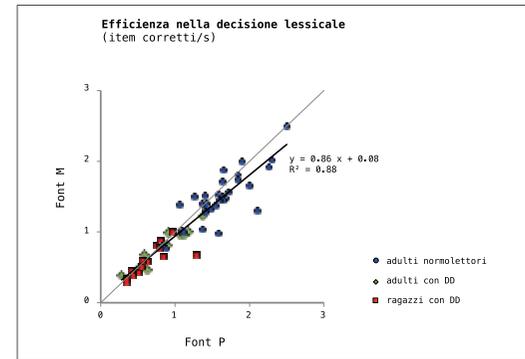
Il grafico [fig. 14] illustra le prestazioni dei tre campioni nel compito di decisione lessicale (prova 3.1), svolto sul materiale scritto con font M e P. Le varie prestazioni sono rappresentate da una particolare posizione nello spazio bidimensionale definito dalla velocità di esecuzione in ascissa e dalla sensibilità discriminativa in ordinata. Come nella Figura 5 l'ordinata di destra riporta i valori delle proporzioni di risposte corrette equivalenti al valore $z(A)$ per un partecipante ideale (privo di bias verso barrare/non barrare gli item).



Il grafico [fig. 15] illustra la velocità di esecuzione e sensibilità discriminativa nel compito di decisione lessicale (prova 3.1). Il grafico a sinistra illustra la correlazione positiva ($r = 0.40$; test a due code, $p = 0.0014$) tra le due misure ottenute aggregando i tre campioni. Tale correlazione è tuttavia in gran parte attribuibile all'andamento della prestazione nei tre campioni, illustrato nella Figura 6. All'interno di ciascun campione (grafico a destra) solo nel caso degli adulti DD c'è una debole correlazione positiva ($r = 0.23$; test a due code, $p = 0.24$) tra velocità e sensibilità.

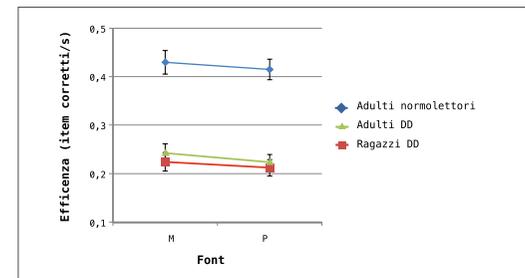


Il grafico [fig. 16] illustra l'efficienza nel compito di decisione lessicale (prova 3.1) con le font M e P, per i partecipanti DD e per i normolettori. Ferma restando l'attesa correlazione lineare tra le prestazioni con le due font, confermata in entrambi i gruppi, nei normolettori si osserva un'inattesa superiorità della prestazione sul materiale con la font P.



Prova 3.2 (confronto di stringhe)

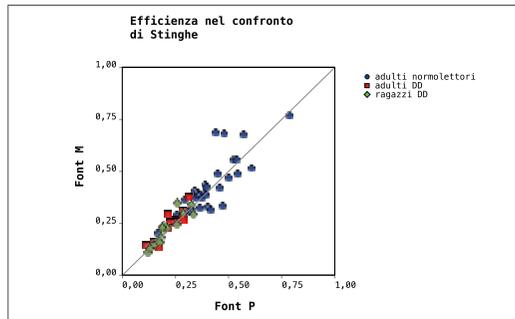
Il grafico [fig. 17] illustra l'efficienza (prodotto di velocità, in item/s, e A, misura non parametrica della sensibilità) nel confronto di stringhe nei tre campioni, in funzione della font utilizzato per stampare il materiale. La superiorità della font M è debole ma sistematica.



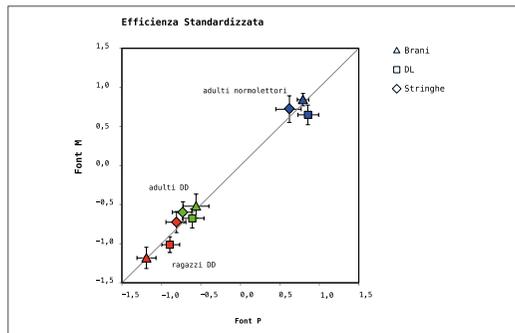
Il grafico [fig. 18] illustra l'efficienza nel confronto di stringhe (prova 3.2) con font M e P nei tre campioni. Nel complesso, la correlazione nelle prestazioni con i materiali stampati con i due font è molto elevata ($r = 0.92$). Si noti l'elevata variabilità delle prestazioni all'interno di ciascun campione.

5. Efficienza standardizzata Il grafico [fig. 19] illustra l'efficienza standardizzata nei tre compiti oggettivi, rappresentata nello spazio con coordinate [P, M], nei tre campioni. Si noti l'omogeneità delle prestazioni nei tre compiti nei partecipanti adulti, fatta salva la marcata differenza nel livello assoluto della prestazione tra normolettori e partecipanti con DD. Diverso il pattern nei ragazzi con DD.

18



19



6. *Correlazioni tra le prove* Tabella 3. Correlazioni tra efficienza nella lettura di brani a voce alta (prova 2), decisione lessicale (prova 3.1) e confronto di stringhe prive di senso (prova 3.2) nei tre campioni. Il numero di osservazioni su cui sono calcolati i valori del coefficiente di correlazione corrispondono al doppio del numero di partecipanti in ciascun campione, in quanto sono stati utilizzati separatamente i valori relativi alla prestazione con il materiale M e con il materiale P.

Tabella 3

r di Pearson	ragazzi DD (30)		adulti DD (28)		adulti N (62)	
	DL	stringhe	DL	stringhe	DL	stringhe
brani	-0.167	0.183	-0.099	-0.059	0.353	0.372
DL		0.407		0.251		0.479

Conclusioni parte sperimentale

Non sono emersi dati oggettivi e chiari che spingano verso l'adozione di una particolare font per il miglioramento delle performance di lettura.

I dati raccolti consentono di trarre una serie di conclusioni:

a) I giudizi soggettivi sulla semplicità percepita delle font (prova 1) non sembrano dipendere dagli stessi fattori che

rendono oggettivamente facili o difficili i compiti connessi con la lettura, quando la prestazione viene misurata attraverso indici di accuratezza/sensibilità e velocità di esecuzione. In altri termini, le preferenze individuali verso una font non sembrano, in generale, un forte predittore delle prestazioni oggettive.

b) Le misure raccolte nella prova 2 con i normolettori suggeriscono che l'effetto della font può combinarsi con l'effetto della spaziatura. Questa possibile interazione va studiata meglio, ma l'effetto della spaziatura è minimo. I risultati ottenuti da Zorzi et al. (2012) sono attribuibili al minor numero di battute per riga, piuttosto che all'aumento della spaziatura, come evidenziato da Schneps (2013). Negli esperimenti precedenti l'aumento della spaziatura corrispondeva a un minor numero di battute per riga, mentre in quello attuale le battute per riga rimanevano costanti.

c) Nel compito di decisione lessicale (prova 3.1), si è osservato un inatteso vantaggio globale – piccolo ma sistematico – per la font P, attribuibile a una maggiore attivazione, indipendente dalla piacevolezza che domina l'ordinamento nel compito di scelta soggettiva. Tale ipotesi andrebbe controllata chiedendo ai partecipanti di valutare separatamente le due dimensioni estetiche fondamentali: valenza e *arousal*.

d) Nel confronto di stringhe è stato evidenziato un effetto sistematico a favore della font M. Tale compito, che coinvolge l'abilità del lettore di contrastare il crowding, si dimostra adatto a valutare le differenze oggettive di prestazione conseguenti all'utilizzo di una specifica font.

e) Nel complesso, i compiti prescelti si sono rivelati in grado di evidenziare differenze significative fra i tre campioni nel pattern di prestazioni connesse con la lettura.

Conclusioni

Le variabili tipografiche manipolate nella ricerca hanno avuto un'influenza minima sui compiti prescelti. Più influenti potrebbero essere gli aspetti macrotipografici, come l'uso di righe brevi impaginate a bandiera (Schneps, 2013) o la stessa spaziatura aumentata (Zorzi et al., 2012; O'Brien et al., 2005; Perea et al., 2012; Marinus, 2016), anche se Rosen & Pelli (2012) puntualizzano che i vantaggi della spaziatura aumentata potrebbero essere neutralizzati o ridotti dalla composizione "eccentrica" (troppo spaziata) e posto quanto già detto (punto "b" del precedente paragrafo) sulla riduzione del numero di battute per riga; oppure l'organizzazione stessa del testo scritto, anche in chiave sinsemica e, per alcuni casi, gli aspetti posturali (Fischer, 2009), con l'idea che un approccio molto per-

sonalizzato, tra chi segue il percorso riabilitativo e le persone con diagnosi di DD, possa dare risultati più significativi. I dispositivi elettronici personalizzabili potrebbero essere utilizzati per valorizzare la riconosciuta importanza della forma visiva della parola, in relazione alle abilità di riconoscimento di oggetti complessi (Deahene & Cohen, 2011), ponendo attenzione a una gestione accurata di tutti gli aspetti della scrittura.

Lo sviluppo di testi ad hoc sulla base di specifici bisogni può essere un'utile strategia in un contesto clinico, ma in un contesto produttivo da un lato un testo deve cercare di rispondere alle esigenze di un numero più ampio possibile di lettori, dall'altro evitare di ghettizzare chi ha una diagnosi di DD.

REFERENCES

- Guilford Joy Paul, *Psychometric Methods*, New York, McGraw-Hill, **1954** [1936], pp. 597.
- Fisher F. William, Liberman Isabelle Y., Shankw Eiler Donald, "Reading reversals and developmental dyslexia: A further study", *Cortex*, n. 14, **1978**, pp. 496-510.
- Spinelli Donatella, De Luca Maria, Judica Anna, Zoccolotti Pierluigi, "Crowding Effects on Word Identification in Developmental Dyslexia", *Cortex*, n. 38(2), **2002**, pp. 179-200.
- Kinross Robin, *Tipografia moderna*, Viterbo, Nuovi Equilibri, **2005** [1992], pp. 301.
- O'Brien Beth A., Mansfield J. Stephen, Legge Gordon E., "The effect of print size on reading speed in dyslexia", *Journal of Research in Reading*, n. 28, **2005**, pp. 332-349.
- Unger Gerard, *Il gioco della lettura*, Viterbo, Nuovi Equilibri, **2006**, pp. 221.
- Legge Gordon E., *Psychophysics of Reading in Normal and Low Vision*. Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, **2007**, pp. 248.
- Arditi Aries, Cho Jianna, "Letter case and text legibility in normal and low vision", *Vision Res*, n. 47(19), **2007**, pp. 2499-2505.
- Fischer Burkhart, Hartnegg Klaus, "Instability of fixation in dyslexia: Development – deficits – training", *Optometry & Vision Development*, n. 40(4), **2009**, pp. 21-228.
- Martelli Marialuisa, Di Filippo Gloria, Spinelli Donatella, Zoccolotti Pierluigi, "Crowding, reading, and developmental dyslexia", *Journal of Vision* n. 9(4), **2009**, pp. 1-18.
- de Leeuw Renske, *Special font for dyslexia?* (Master Thesis), University of Twente, Enschede, the Netherlands, **2010**, pp. 32.
- Dehaene Stanislas, Cohen Laurent, "The unique role of the visual word form area in reading", *Trends in Cognitive Sciences*, n. 15(6), **2011**, pp. 254-262.
- Legge Gordon E., Bigelow Charles A., "Does print size matter for reading? A review of findings from vision science and typography" *Journal of Vision*, n. 11, **2011**, pp. 1-22.
- Perea Manuel, Panadero Victoria, Moret-Tatay Carmen, Gómez Pablo, "The effects of inter-letter spacing in visual-word recognition: Evidence with young normal readers and developmental dyslexics", *Learning and Instruction*, n. 22, **2012**, pp. 420-430.
- Zorzi Marco, Barbiero Chiara, Facchetti Andrea, Lonciari Isabella, Carozzi Marco, Montico Marcella, Bravar Laura, George Florence, Pech-Georgel Catherine, Ziegler Johannes C., "Extra-large letter spacing improves reading in dyslexia", pp. 11455-11459, in Proceedings of the National Academy of Sciences 109(28), **2012**.
- Sayim Bilge, Cavanagh Patrick, "Grouping and crowding effect target appearance over different spatial scales", *PLoS ONE*, Vol. 8, n. 8, **2013**, pp. 1-11.
- Schneps Matthew H., Thomson Jenny M., Sonnert Gerhard, Pomplun Marc, Chen Chen, Heffner-Wong Amanda, "Shorter Lines Facilitate Reading in Those Who Struggle", *PLoS ONE*, n. 8(8), **2013**, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3734020/> [giugno 2017]
- Bachmann Christina "Può un font essere uno strumento compensativo per i lettori con dislessia? Gradimento e prestazione nella lettura in Times New Roman e in EasyReading® di alunni dislessici e normolettori della classe quarta primaria", *Dislessia*, n. 10(2), **2013**, pp. 243-262.
- Manassi Mauro, Sayim Bilge, Herzog Michael H., "When crowding of crowding leads to uncrowding", *Journal of Vision*, n. 13(13), **2013**, pp. 1-10.
- Rello Luz, Baeza-Yates Ricardo, "Good Fonts for Dyslexia", in ASSETS '13: Proceedings of the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, **2013**.
- Ramus Franck, "Should there really be a "Dyslexia debate"?", *Brain*, n. 137, **2014**, p. 12.
- Chicherov Vitaly, Plomp Gijs, Herzog Michael H., "Neural correlates of visual crowding", *NeuroImage*, n. 93, **2014**, pp. 23-31.
- Elliott Julian G., Grigorenko Elena L., *The Dyslexia Debate*, Cambridge, Cambridge University Press, **2014**, pp. 285.
- Barbiero Chiara, Burani Cristina, Ronfani Luca, Gerbino Walter, "Typography and dyslexia: A preliminary study on university students", p. 32, in (a cura di) Bernardis Paolo, Fantoni Carlo, Gerbino Walter, **2015**, *TSPC2015: Proceedings of the Trieste Symposium on Perception and Cognition*, EUT Edizioni Università di Trieste, Trieste, pp. 44.
- Berlaen, Frederik, Ferreira, Gustavo (2015). *How to use pens*. http://www.robotdocs.info/roboFabDocs/source/howtos/use_pens.html#drawing-stuff-in-glyphs [giugno 2017]
- Doron Adi, Manassi Mauro, Herzog Michael H., Ahissar Merav, "Intact crowding and temporal masking in dyslexia", *Journal of Vision*, n. 15(14), **2015**, pp. 1-17.
- Marinus Eva, Mostard Michelle, Segers Eliane, Schubert Teresa M., Madelaine Alison, Wheldall Kevin "A special font for people with dyslexia: Does it work and, if so, why?" *Dyslexia*, n. 22(3), **2016**, pp. 233-244.
- Leming Tal, Van Blokland Erik, Van Rossum Just, *Unified Font Object (UFO)*. <http://unifiedfontobject.org> [giugno 2017]

Tutte le appendici sono consultabili al seguente link:
<https://goo.gl/qepbsH>

Forma e colore nei modelli parametrici

Adattività progettuale tra processi neo-artigianali
e modelli digitali

Annalisa Di Roma Politecnico di Bari
annalisa.diroma@poliba.it

Alessandra Scarcelli Politecnico di Bari
alessandra.scarcelli@poliba.it

Il saggio [1], attraverso alcune sperimentazioni riferite alla produzione di manufatti ceramici, vuole dimostrare la valenza adattiva del progetto e dei metodi della realizzazione nell'ambito dell'artigianato digitale. La disamina è incentrata sulla relazione tra gli strumenti parametrici a supporto del progetto, dedicati alla "forma" e al "colore", e gli esiti formali e tecnici. Il metodo pre-progettuale tipico del "fare" dell'artigiano – basato sul trasferimento informale dei modelli alla produzione – condivide l'approccio adattivo e reiterabile proprio delle logiche di sviluppo del progetto parametrico informatico. Pertanto, attraverso le specifiche dei materiali, delle tecniche e degli strumenti di realizzazione, si perviene, senza soluzione di continuità al processo di conformazione.

Artigianato digitale, Industria artistica, Design parametrico, Teoria del colore, Approccio adattivo

The paper [1] aims at demonstrate the adaptive value of the digital crafts, regarding design and realization methods. In order to achieve some outcomes from a practical approach, some experiments are described. The discussion focuses on the relationship between the parametric tools supporting the design process, (devoted to "form" and "color") and the aesthetical and technical outcomes. The typical way in which the craftsman "makes" - based on the informal transfer of models to production - shares the adaptive and repeatable approach of the parametric design. Therefore, through the specifications of the materials, the techniques and the realization tools, the seamless process is achieved.

Erosion, Biomimicry, Fashion design, Swarm Behaviour, Stigmery agents simulation

Introduzione

Parallelamente alla storia del prodotto industriale (sviluppata attraverso la definizione di principi di forma utile, produzione seriale, ergonomia, ecc.) l'automazione dei processi produttivi e l'evoluzione degli strumenti per la realizzazione, all'indomani della seconda rivoluzione industriale, hanno svolto un ruolo cruciale anche negli ambiti dell'industria artistica [2]. Ne da testimonianza il dibattito culturale di fine Ottocento, incentrato sul rapporto che arte e tecnica stabiliscono in relazione alle teorie che attendono alla forma, al colore, ai metodi e alle tecniche di produzione [3].

Lo sviluppo degli strumenti tecnico-ideativi e dei sistemi di prototipazione e produzione digitale crea nella logica informatizzata una nuova relazione tra teoria del progetto e prassi di produzione e riproduzione: la tecnica non risiede più in maniera esclusiva nell'oggetto compiuto, bensì nella sua concezione prefigurativa. Difatti la gestione della forma e del colore nell'ambito dell'industria artistica in antico non assumeva mediazioni tra la fase d'ideazione e la fase di realizzazione; l'autore della conformazione del prodotto spesso s'identificava con chi tecnicamente ne eseguiva la produzione. La divisione in fasi, già in seno allo sviluppo dei processi seriali di realizzazione dell'industria artistica, ha reso necessaria l'elaborazione di modelli geometrici a supporto della trasmissibilità dell'idea ai diversi esecutori materiali.

I modellatori elettronici – che nell'ultimo ventennio hanno reso possibile la cosiddetta rivoluzione digitale come questione legata al tema della rappresentazione e della comunicazione del progetto, attraverso la sua restituzione virtuale – assumono oggi un ruolo centrale nel processo di prefigurazione dell'artefatto, in quanto si dimostrano strumenti di controllo tecnico-formale in grado di gestire sinteticamente tutte le principali fasi di ideazione e prototipazione, fornendo chiavi decisionali per l'ottimizzazione della forma e del suo processo realizzativo.

La definizione geometrica degli artefatti e dei valori cromatici, unita alle implementazioni dei software parametrici e alle logiche generative di alcuni applicativi cad e raster, favoriscono lo sviluppo di nuove espressioni formali; il processo ideativo diventa, così, «un vero e proprio sistema di informazioni: informazione culturale del prodotto, informazione sul suo uso, informazione linguistica e informazione visiva» (Branzi, 1984, p. 117).

Design parametrico e artigianato digitale

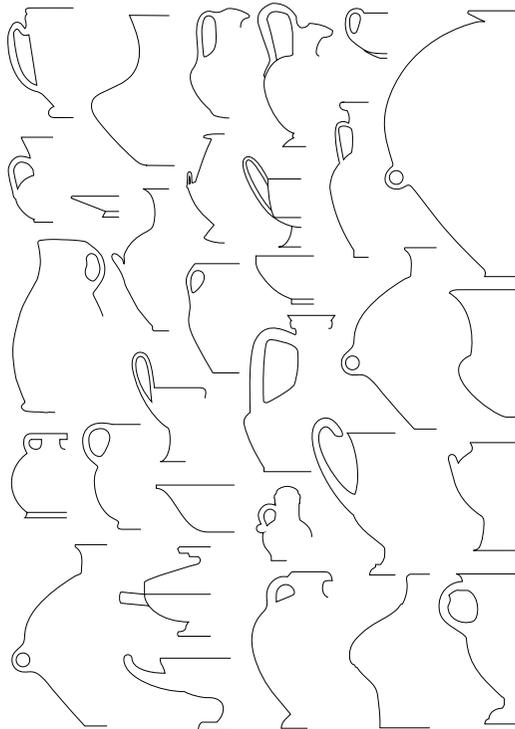
La traduzione della forma ideale in forma tecnica materiale nell'ambito dell'industria artistica si è sempre espres-

sa attraverso l'uso di strumenti in grado di realizzare il modello concettuale e rendere ripetibile il gesto dell'artigiano nella serie di oggetti da riprodurre, adattando di volta in volta il modello ideale alle necessità contestuali, al dimensionamento o a funzionalità specifiche.

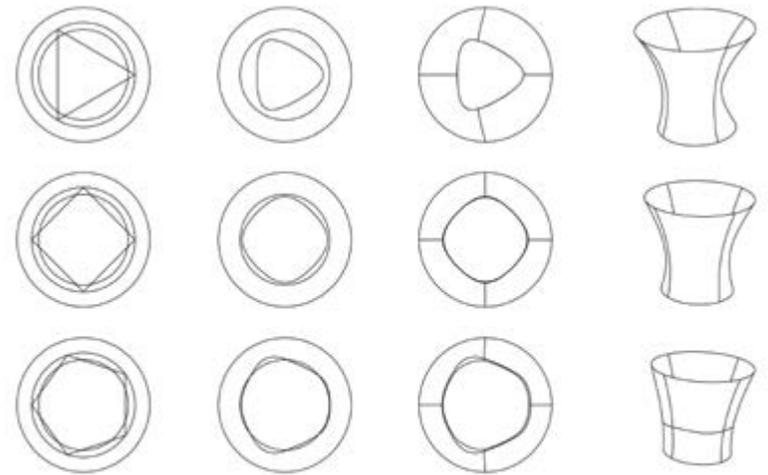
Alla base del processo informale d'interazione tra ideazione e produzione si poneva il modello matematico che gestiva la proporzione tra le parti, la variazione dei raggi e la continuità di tangenza delle curve, i gruppi di simmetria del piano. Non è un caso che nell'ambito dell'arte ornamentale (Carboni, 2000, p. 79) le diverse civiltà storiche abbiano espresso il linguaggio sulla base del proprio codice matematico [fig. 01].

Sul piano strumentale la questione della riproducibilità tecnica è caratterizzata dall'uso di sagome, modini, sigilli (di repertorio oppure progettati ad hoc dallo stesso artefice del lavoro) necessari al trasferimento della "forma"; oppure da quegli ausili meccanici (come ad esempio il tornio, il trapano e le ruote dei vasai) utili al processo di produzione in serie (Benjamin, 1955, p. 20).

01



01
Abaco dei profili dei manufatti ceramici, riferiti a differenti epoche storiche e provenienze geografiche



02

Questa commistione tra il possesso del modello matematico e il sapere come produrre è alla base della libertà artistica e dell'azione manuale – Riegl (1893), Focillon (1939), Panofsky (1961) – e si esprime attraverso l'estrema flessibilità dei metodi produttivi d'industria pre-informatizzati, in opposizione a quanto sanciscono le tecniche della produzione industriale meccanizzata di fine Ottocento.

In riferimento alla intenzionalità estetica da parte dell'artigiano-artista, Hauser afferma che «la soluzione tecnica è essa stessa parte o variante della soluzione estetico visuale» (Hauser, 1978, p. 95). Pertanto, l'evoluzione tecnico strumentale della contemporaneità in ambito digitale favorisce un nuovo rapporto tra arte e tecnica, tra ideazione formale e realizzazione, riattualizzando quei processi di serie limitate dell'artigianato, interrotti nella loro tradizione millenaria dall'industria (Branzi, 2008, pp. 10-11), all'interno del cosiddetto artigianato 2.0.

In riferimento al vasellame ceramico tradizionale, ad esempio, la regola di conformazione seguiva l'impostazione di una geometria costruita, per rivoluzione attorno all'asse fisso del tornio [fig. 02], e il repertorio formale si differenziava e si articolava sulla base della sequenza delle linee curve vincolate, nella sequenza, dalla condizione di tangenza interna e/o esterna [4]. Il presupposto di una produzione mediante stampa tridimensionale consente l'impostazione del progetto attraverso una nuova sequenza geometrica, che vincola sull'asse delle z sezioni trasversali parametrizzate. Nella sperimentazione documentata

02
Processo di conformazione tridimensionale e parametrizzazione delle sezioni trasversali di un manufatto ceramico



03

03
 Prototipi di ceramica digitale.
 Sandra Diaz, con 3dBoxCreativeLab

04
 Dettagli dei prototipi di ceramica
 digitale. Sandra Diaz, con
 3dBoxCreativeLab



04



05
 Palette dei colori che hanno caratterizzato nella storia l'industria artistica ceramica, suddivise per aree geografiche

attraverso le immagini [fig. 03] [fig. 04] il sistema parametrico ha determinato un processo di conformazione tridimensionale mediante il loft di tre sezioni trasversali. La sezione mediana è stata parametrizzata consentendo di modificare il numero dei vertici del poligono (3, 4, 5), il grado della curvatura (2, 3, 4), il numero dei punti di controllo (da n a $n+(1+m)$). La prototipazione è stata eseguita mediante estrusore fisso con macchina tipo Fdm per argilla, producendo esiti di caratterizzazione della superficie paragonabili a quelli prodotti dalla tecnica del "colombino". L'approccio descritto consente di ipotizzare nuovi esiti per il settore della manifattura ceramica basato sulla definizione della forma tridimensionale attraverso la specifica transizione di geometrie adattabili parametricamente. La modellazione generativa, grazie al contributo del coding, ha dato grande sviluppo al tema del design di nuova concezione e allo stesso artigianato digitale. Questo nuovo processo di modellazione ha la caratteristica di avvicinarsi alla programmazione informatica, ma con un approccio facilitato grazie ai componenti visuali. Il sistema consente di implementare le normali operazioni di generazione, trasformazione ed evoluzione – anche sostanziali – dei modelli attraverso sequenze operative reversibili, conservando la memoria delle geometrie originarie.

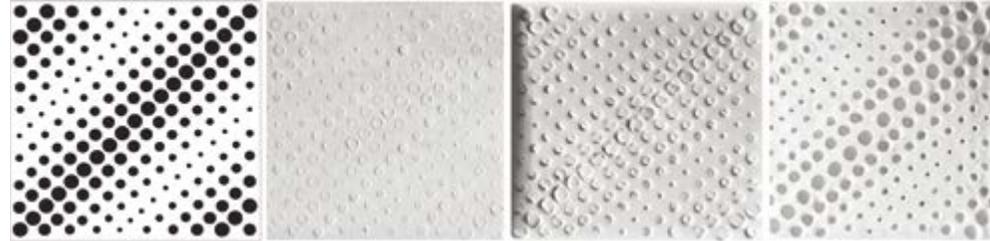
Il progetto parametrico del colore

Nell'atto progettuale di un artefatto il colore ha sempre assunto un ruolo ambiguo, sia per la complessità di gestione di una teoria molto articolata [5], sia per la difficoltà strumentale nell'individuare e riportare fedelmente le tinte selezionate.

Nei processi produttivi tradizionali l'artigiano sceglie le varianti cromatiche del suo prodotto tra una gamma di tinture (o di semilavorati già colorati) all'interno di un catalogo commerciale; anche il designer ha le stesse restrizioni: deve scegliere in base a una gamma predefinita, influenzata dalle leggi del mercato che condizionano quelle del gusto (color matching) [6], o viceversa.

Se dovessimo identificare e quantificare numericamente i colori esistenti, scopriremmo che sono infiniti. Per poterli classificare sono stati introdotti sistemi molto eterogenei fra loro: nelle forme, piane o tridimensionali, più diverse; dal cerchio delle tinte di Itten all'albero di Munsell. Attualmente, la scelta di un sistema colore rispetto a un altro dipende essenzialmente dall'ambito di applicazione e dai processi di trasformazione che attribuiscono qualità percettive al materiale: tintura in pasta del materiale attraverso coloranti (fibre plastiche e tessuti) o deposito superficiale di pigmenti mediante vernici o inchiostri (processi di stampa e di verniciatura) [fig. 05].

06
Codice parametrico in Grasshopper ed esito cromatico su maglia geometrica



07

07
Fase 1: individuazione della composizione grafico-visiva e trasposizione al supporto materico

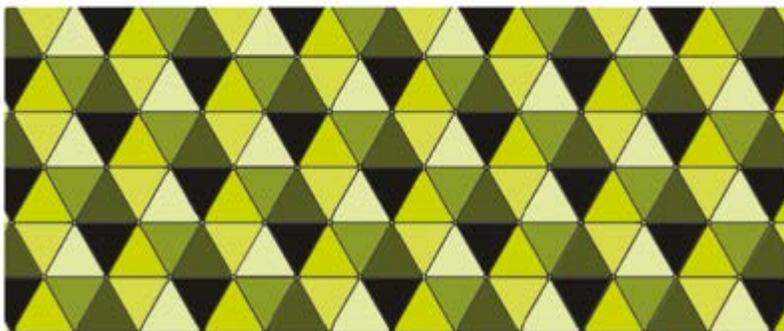
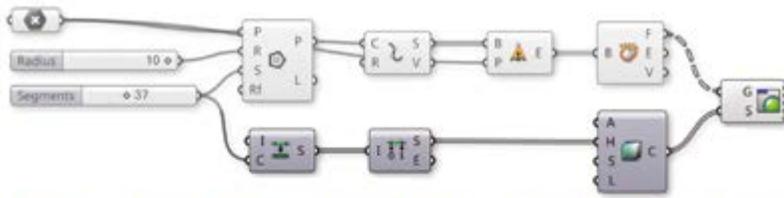
L'adozione di sistemi di disegno informatizzato ha moltiplicato gli strumenti di gestione e controllo del progetto, anche dal punto di vista cromatico: ogni software dedicato presenta un selettore colore. Questo strumento associa a ogni tinta un codice numerico, che la identifica e la rende unica e distinguibile universalmente, all'interno del proprio sistema di codifica. Infatti i diversi sistemi adottano linguaggi differenti, quindi allo stesso colore vengono associati più codici: il sistema HLS ha una triade di numeri specifica, come l'RGB e lo spazio Lab; il CMYK attribuisce a ogni colore quattro valori; il sistema esadecimale Html adotta invece un codice alfanumerico.

Le possibilità combinatorie associate ai vari sistemi possono restituire 16.000 colori (e anche oltre). In assoluto molti di più rispetto a quanto l'occhio umano sia capace di distinguere.

La codifica di una tinta attraverso un codice numerico contraddistingue il carattere parametrico della variazione cromatica: variando un solo numero si è in grado di modificare la qualità spettrale superficiale dell'artefatto nella sua definizione virtuale. Questo processo, ormai consolidato nella prassi progettuale del design, in particolare modo nell'ambito grafico, subisce continui aggiornamenti, dovuti alle implementazioni di codici matematici all'interno degli ambienti di sviluppo digitale.

Similarmente ai sistemi di definizione delle forme e dei pattern, suscettibili di mutamenti sulla base di algoritmi che ne controllano le geometrie, anche il colore può essere gestito digitalmente, attraverso la scrittura di codici parametrici che legano ogni singolo valore cromatico a uno specifico punto/pixel dello spazio fisico/grafico.

In particolare, mediante lo strumento del patterning parametrico, incluso fra i tools di applicativi cad come Grasshopper, è possibile interpolare una immagine predefinita con una griglia geometrica, in modo tale da associare ciascun valore cromatico RGB della mappa al corrispondente punto-posizione nella griglia. L'immagine, in definitiva, viene discretizzata in punti con valori numerici



06

ci, e quindi tradotta in una geometria vettoriale. Un diverso tool consente tale associazione tra i poligoni di una maglia reticolare – organica o geometrica – con colori a scelta, potendo variare in maniera parametrica i valori tonali, di luminosità o di saturazione. In questo modo sono possibili risultati sia continui che discreti, che si concretizzano in una grafica raster, non più vettoriale [fig. 06].

Questo approccio presenta sviluppi interessanti relativamente alle operazioni di transizione fra i diversi colori, che può avvenire per gradiente (sfumatura) – dando origine a matrici organiche – o per contrasto, rispetto a geometrie discontinue. L'applicazione parametrica adottata per le transizioni non è solo di tipo lineare, ma presenta soluzioni articolate legate alla complessità dei codici matematici utilizzati.

La misura delle potenzialità dei sistemi parametrici cromatici nei processi digitali di progettazione è riscontrabile negli esiti della Digital Art [7]: se la cultura artistica abbandona i propri attrezzi da lavoro per sperimentare le opportunità dei nuovi dispositivi informatici, è il segno di un mutamento non solo strumentale, ma soprattutto linguistico.

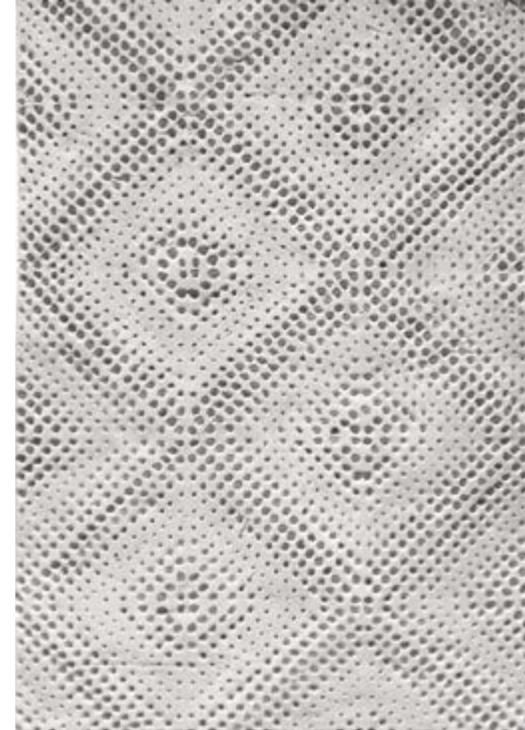
Sperimentazioni estetiche di superficie

In questo paragrafo si riportano gli esiti di alcune sperimentazioni volte alla implementazione dei sistemi informatici parametrici per lo sviluppo del pattern decorativo e per lo sviluppo del gradiente del colore [8]. In particolare il percorso è stato incentrato sulla comprensione e innovazione dei processi d'artigianato artistico, median-do l'ambito degli artefatti unici (o delle serie limitate) con l'ambito di produzione industriale di grande serie.

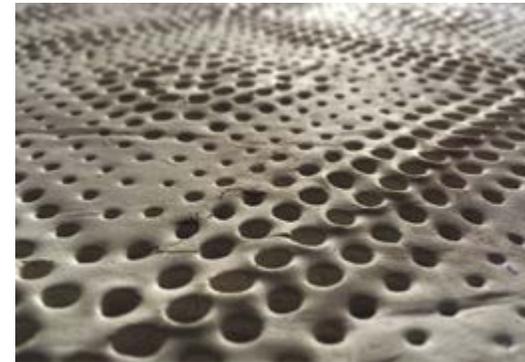
In particolare, con riferimento al tema del materiale e dei processi di conformazione del manufatto, si è focalizzato l'interesse verso la produzione tradizionale, giungendo all'integrazione delle tecnologie abilitanti verso la produttività artigianale di tipo 2.0, attraverso l'uso della stampa 3d finalizzata alla realizzazione degli stampi (lavori in scavo, in rilievo, embossy, impressione grafica, ecc.).

Il tema di sperimentazione è stato indirizzato alla caratterizzazione estetica dell'argilla; la metodologia adottata ha scandito il processo in cinque fasi progettuali e realizzative. L'approccio adottato ha teso alla definizione delle potenzialità espressive e comunicative di una superficie ceramica, tramite considerazioni grafico-visive, tattili e cromatiche, in relazione alla triade costituita da materiale, strumenti e processo produttivo. Il tema grafico affrontato ha riguardato il tema del "gradiente".

08



08
Fase 2:
composizione
di un artefatto
elementare in
pasta sintetica
a base minerale,
texturizzata
attraverso la
reiterazione
per riflessione
del modulo

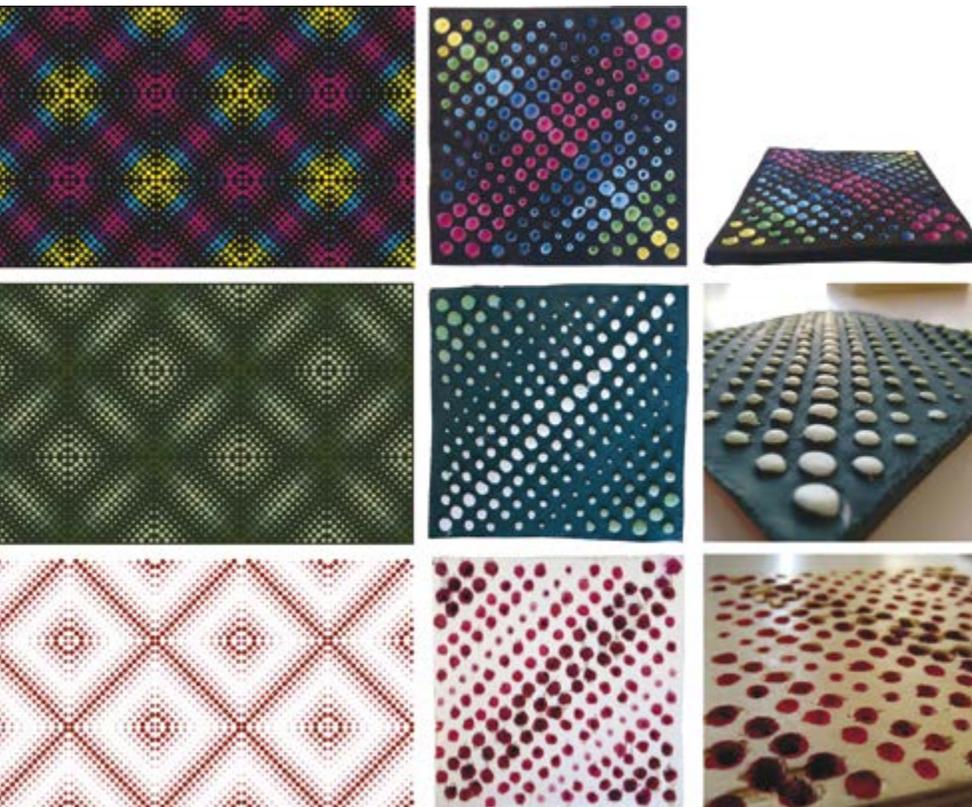


Nella prima fase viene sviluppata una composizione grafica visiva, rispondente a precisi principi di natura percettiva come "rarefazione e addensamento", "direzione", "ordine". Tale concept viene sviluppato mediante elaboratori digitali, per poi essere applicato per trasposizione concettuale su diversi supporti materici, di dimensione modulare 10x10 cm [fig. 07].

Nella seconda fase avviene la composizione di un artefatto elementare, un pannello 30x60 cm realizzato in argilla. Il principio compositivo originario è così implementato su una superficie a correre, attraverso operazioni di ite-

razione del modulo (per riflessione, rotazione o transizione) [fig. 08].

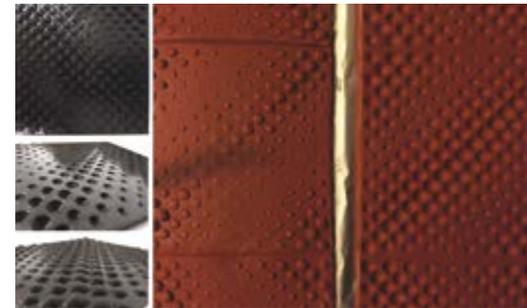
La terza fase riguarda l'associazione di valori cromatici di scala tonale e di contrasto alla composizione grafico-visiva, e la successiva trasposizione sul supporto materico [fig. 09]. L'implementazione processuale di strumenti avviene nelle ultime due fasi: la composizione grafica viene modellata informaticamente per la produzione di file utili alla realizzazione di stampi negativo-positivo, utilizzando processi di stampa tridimensionale a deposizione di filamento in PLA. Gli stampi così ottenuti sono utilizzati per definire la qualità superficiale del pannello fisico, sperimentando procedure di stampaggio su supporti rigidi [fig. 10].



09

09
Fase 3: associazione di valori cromatici per gradiente di scala tonale o contrasto, e trasposizione al supporto materico

10



10
Fase 4 e 5: modellazione e produzione di matrici in stampa 3D, FDM in PLA nero; utilizzo degli stampi per la produzione di pannelli argilla

Conclusioni

Il design parametrico, unito alla produzione di modelli mediante output di stampa e/o lavorazione controllata elettronicamente, rappresenta una fase di evoluzione della industria artistica contemporanea legata agli esiti del digitale. Gli applicativi software vettoriali e bitmap, attraverso la logica generativa, offrono nuovi strumenti operativi e possibilità di elaborare linguaggi formali innovativi, coerenti con i modelli matematici che li sostengono attraverso gli algoritmi. In accordo con la Kunstwollen riegeliana, la dotazione tecnico-strumentale sostiene la volontà d'arte e configura nuove modalità operative in cui il designer, il tecnico informatico e l'operatore di macchina condividono il processo artistico di messa in forma della materia.

NOTE

[1] L'essay è scritto dalle autrici confrontando e condividendo scenario, metodi, conclusioni e letteratura. Tuttavia si attribuisce il primo paragrafo ad Annalisa Di Roma, il secondo ad Alessandra Scarcelli.

[2] Con "industria artistica" qui si intende quanto definito da Alois Riegl nel testo *Spätromische Kunst-Industrie* (1901) come la produzione di oggetti d'uso (dalla gioielleria alla porcellana, ai tappeti). La riflessione sviluppata da Riegl comprende l'indipendenza della volontà d'arte (Kunstwollen) dalla evoluzione tecnologica di materiali, dalle tecniche e dai processi di conformazione della forma.

[3] Ci si riferisce al dibattito di fine Ottocento che ha visto contrapporre le teorie sull'ornamento espresse rispettivamente da Alois Riegl e da Gottfried Semper; la contrapposizione tra le forme della produzione seriale meccanizzata e la produzione artistica artigianale espresse da Henry Cole e da William Morris.

[4] Alla base della conformazione delle modanature di origine classica vi è il postulato dovuto a Euclide che individua la relazione di tangenza interna o esterna tra circonferenze. Questa relazione considera le circonferenze raccordate nell'unico punto per cui passa la tangente, esternamente o l'una interna all'altra. Questa relazione garantisce la continuità di curvatura in tangenza.

[5] Per un approfondimento delle varie teorie del colore applicate al mondo del disegno del prodotto industriale, è fondamentale un confronto con i testi pionieristici di Itten e Albers, nei quali l'apparato critico è sempre accompagnato da sperimentazioni grafiche.

[6] «Il controllo qualitativo del colore è uno dei problemi centrali della cultura ambientale moderna. Prima ancora che della forma o della funzione di un oggetto, noi ne percepiamo l'identità cromatica, a tal punto che l'insieme dei colori che ci circondano costituisce uno specifico livello d'uso dell'ambiente stesso. All'interno di questa problematica, il colore deve essere oggi inteso come oggetto di una ricerca progettuale autonoma; fino ad ora il colore è stato l'ultimo attributo del prodotto industriale: il designer, dopo averne progettato la forma e la funzione, sceglie il colore come ultimo segno da collocare su di una struttura che possiede già tutte le qualità fondamentali.» (Andrea Branzi, *La Casa Calda*, Milano, Idea Books, 1999, p. 102).

[7] Il primo software a svolgere operazioni grafiche in ambito artistico è Processing, un linguaggio di programmazione visuale sviluppato nel 2001 all'interno del MIT Media Lab di Boston. L'applicazione è Open source, e presenta un'interfaccia semplificata studiata specificatamente per i non addetti al lavoro, al fine di spingere gli artisti visivi a confrontarsi con la programmazione informatica e sperimentare nuove forme di comunicazione.

[8] Le sperimentazioni presentate rappresentano alcune ricadute della ricerca delle autrici nell'ambito della didattica. In particolare si riferiscono ad alcune esercitazioni svolte nei corsi di Realizzazione 2, prof.ssa Annalisa Di Roma, collaboratrice prof.ssa Alessandra Scarcelli, A.A. 2015-17.

REFERENCES

- Chevreul Michel Eugène, *Des couleurs et de leurs applications aux arts industriels à l'aide des cercles chromatiques*, Parigi, J.B. Baillière, **1864**, pp. 94.
- Riegl Alois, *Stilfragen: Grundlegungen zu einer Geschichte der Ornamentik*, Berlin, G. Siemens, **1893**, pp. 387.
- Focillon Henri, *Vie de formes*, Parigi, Presses Universitaires de France, **1939**, pp. 131.
- Hauser Arnold, *Storia sociale dell'arte*, vol. III, Torino, Einaudi, **1955**, pp. 232.
- Panofsky Erwin, *La prospettiva come forma simbolica*, Miano, Feltrinelli, **1961**, pp. 220.
- Benjamin Walter, *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproduzione tecnica*, Torino, Einaudi, **1966**, pp. 184.
- Albers Josef, *Interaction of color*, New Haven, Yale Univ. Press, **1971**, pp. 194.
- Bologna Ferdinando, *Dalle arti minori all'industrial design: storia di una ideologia*, Bari, Laterza, **1972**, pp. 309.
- Itten Johannes, *Arte del colore*, Milano, Il Saggiatore, **1982**, pp. 95.
- Riley Charles A., *Color Codes: Modern Theories of Color in Philosophy, Painting and Architecture, Literature, Music, and Psychology*, Lebanon, UPNE, **1995**, pp. 373.
- Branzi Andrea, *La casa calda. Esperienze del Nuovo Design Italiano*, Milano, Idea Books, **1999**, pp. 156.

Brusatin Manlio, *Storia dei colori*, Torino, Einaudi, **2000**, pp. 133.

Carboni Massimo, *L'ornamentale: tra arte e decorazione*, Milano, Jaca Book, **2000**, pp. 193.

Ceccarelli Nicolò, *Progettare nell'era del digitale*, Milano, Marsilio, **2000**, pp. 150.

Ball Philip, *Colore. Una biografia. Tra arte storia e chimica, la bellezza e i misteri del mondo del colore*, Milano, BUR, **2001**, pp. 378.

Oxman Neri, Rosenberg Jesse Louis, "Material-based Design Computation", in *International Journal of Architectural Computation*, n. 1 vol. 5, **2007**, pp. 26-44.

Oxman Neri, "Digital Craft: Fabrication Based Design in the Age of Digital Production", in *Workshop Proceedings for Ubicomp*, pp. 534-538 (International Conference on Ubiquitous Computing. September, Innsbruck, Austria, **2007**).

Branzi Andrea, *Introduzione al Design Italiano, una modernità incompleta*, Milano, Baldini e Castoldi, **2008**, pp. 210.

Di Roma Annalisa, *La produzione in serie dell'ornato architettonico: dall'industria artistica ellenistica alla prototipazione con processi cad-cam*, Roma, Aracne, **2008**, pp. 188.

Bertagna Giulio, Bottoli Aldo, *Scienza del colore per il design*, Santarcangelo di Romagna, Maggioli Editore, **2013**, pp. 145.

Di Roma Annalisa, "La cultura materiale tra tradizione e innovazione", in *Cultura materiale e Design*, Bari, Favia, **2016**, pp. 11-30.

Gadaleta Ignazio (a cura di), *Dialoghi di colore*, Roma, Gangemi, **2016**, pp. 111.

Scarcelli Alessandra, "Il colore materiale del progetto", in *Cultura materiale e Design*, Bari, Favia, **2016**, pp. 31-44.

Hack the Brain.

Il pensiero che in-forma l'oggetto

Chiara Scarpitti Università degli Studi della Campania, Dipartimento DICDEA
 chiaraскарpitti@gmail.com

In opposizione a un uso della stampante 3D che talvolta esonera l'uomo da un pensiero creativo e indipendente, si configura l'esigenza di un approccio diverso, in grado di dirigere questo strumento digitale verso una nuova evoluzione, più umana in rapporto alla produzione degli oggetti. Partendo dall'analisi di alcuni testi filosofici di Guattari, Maturana e Flusser, il paper illustra il risultato della sperimentazione laboratoriale svolta presso il Waag Society, istituto di arte, design e tecnologia con sede ad Amsterdam in Olanda. L'obiettivo della ricerca è stato quello di decodificare alcuni segnali biologici del corpo, come le onde cerebrali, per trasformarli in parametri formali per la costruzione di nuovi processi produttivi postdigitali.

Design parametrico, Design postdigitale BCI (Brain Computer Interface), Manifattura 3D, Processi produttivi

In opposition to an use of 3D printer that sometimes exempts man from a creative and independent thought, it configures the need for a divergent approach, able to lead this digital tool to a new evolution, more human in relation to the objects production. Starting from the analysis of some philosophical texts by Guattari, Maturana and Flusser, the paper illustrates the result of laboratory experiments carried out at the Waag Society, Institute of art, design and technology based in Amsterdam in the Netherlands. The research aim has been to decode some biological signals of our body, such as brain waves, in order to transform them into formal parameters for the construction of new postdigital productive processes.

Parametric design, Postdigital design, BCI (Brain Computer Interface), 3D manufacturing, Productive processes

Riportare la macchina a un principio umanistico

In *L'uomo artigiano* Richard Sennett (2008, p. 58) afferma: «quando la testa e la mano vengono separate, l'effetto che ne deriva è una mutilazione dell'intelligenza; un esito particolarmente evidente nel caso di una tecnologia come il CAD, quando la sua utilizzazione inibisce il tempo di apprendimento che avviene attraverso il disegno manuale». In relazione al pensiero di Sennett, il seguente contributo prova a riflettere sul rischio tangibile di rimanere testimoni passivi di un'evoluzione tecnologica che sembra relegare alle macchine il controllo sia sugli aspetti tecnico-operativi, che su quelli ideativi e creativi. L'istanza è dovuta all'assistere graduale di una velocizzazione produttiva che pone l'uomo in una sorta di subordinazione al processo, non consentendogli più di definirne il tempo e il senso.

Nel capitolo "L'Eterogenesi Macchinica" all'interno del volume *Chaosmose*, Felix Guattari (1992) parla della «sovradeterminazione della macchina sulla tecnica», in antitesi alla normale concezione secondo cui le macchine sono un sottoinsieme della tecnica ed espressione da essa scaturente. Guattari ci fa notare come «fin dalle origini della filosofia, il rapporto dell'uomo con la macchina sia stato fonte d'interrogazione» e come nel corso del loro processo evolutivo, queste si siano sempre più affinate, affinché possano acquisire maggior vita e autonomia. Nel corso del testo, Guattari riflette, inoltre, su come l'anima umana sia in realtà la forza ideatrice della tecnologia e l'elemento costitutivo del suo processo evolutivo.

Nel tentativo di tracciare un possibile orizzonte per l'evoluzione tecnologica in corso, la sfida è quella di far riconciliare i valori umanistici con i principi del digitale, secondo una logica autopoietica e di co-creazione sistemica tra soggetto e oggetto. In relazione alle teorie sull'autopoiESI di Humberto Maturana e Francis Varela (1987, p. 62), Felix Guattari (1992, p. 44) afferma che «l'autopoiESI anziché restare chiusa in sé stessa, meriterebbe di essere ripensata in funzione di entità evolutive e collettive che intrattengono reciprocamente diversi tipi di relazione di alterità. In tal modo, istituzioni come le macchine tecniche, rubricate in un primo momento sotto il segno dell'*allopoiESI*, se considerate nel quadro dei concatenamenti macchinici che intrattengono con gli esseri umani, diventano *ipso facto autopoietiche*».

Se il progetto lavora in questo senso, allora, il carattere riproduttivo proprio di una stampante 3D non sarà pura ripetizione programmata, ma un lavoro di co-creazione continua, che genera, sulla base di input biologici diversi, output sempre nuovi e singolari.



01

Attraverso l'acquisizione di adeguate conoscenze tecniche è possibile interagire con queste macchine, modificarne il tipo di produzione, le velocità, le qualità, i materiali estrusi. L'uso di materiali organici fa sì, ad esempio, che gli oggetti prodotti seguano le logiche di autosufficienza, autoriparazione e metabolismo, proprie degli organismi viventi. Ma, per far ciò, è necessario ripensare in maniera radicale alle tecnologie e ai processi produttivi, al fine di renderli capaci di una produzione diversa, più vicino alle logiche con cui opera la natura. Da queste basi teoriche è nata la volontà di coniugare il mondo della fabbricazione digitale e la realtà della *DIY Biology* (Delfanti, 2013) che opera nell'ambito delle BCI (Brain Computer Interfaces). In questa direzione la progettazione dei processi produttivi è stata intesa come un'espansione delle possibilità tecnologiche, laddove l'aspetto più interessante è il cambiamento di dominio della macchina, che apre scenari processuali del tutto ignoti, al confine tra digitale e organico.

Solo per citarne qualcuno, tra i progetti che hanno indagato questa dimensione *antropologica* della tecnologia, segnaliamo *Measuring. The Magic of Mutual Gaze* [fig. 01] dell'artista performer Marina Abramovic, che, attraverso una collaborazione tra la Fondazione MAI (Marina Abramovic Institute) [1] da lei stessa diretta con sede a New York e i due neuroscienziati Suzanne Dikker e Matthias Oostrik, ha esplorato le connessioni neuronali che intercorrono tra due persone che si guardano negli occhi. L'esperimento al confine tra scienza e arte ha interessato varie coppie che, indossando le BCI, si sono po-

01
The Mutual Gaze,
2012, Marina
Abramovic.
Seduta
sperimentale in
laboratorio tra
l'artista e una
collaboratrice
per misurare
l'intensità
dell'onda
connettiva tra
due persone.
Website:
[http://www.
immaterial.org/
content/2014/6/9/
out-of-the-lab](http://www.immaterial.org/content/2014/6/9/out-of-the-lab)
[marzo 2017]

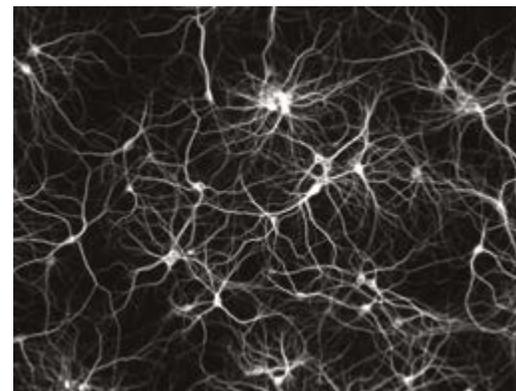
ste a distanza ravvicinata per alcuni minuti. Quello che le interfacce digitali hanno rivelato non è stata la sola sequenza numerica, connessa alle varie onde cerebrali, ma la visualizzazione di un'interconnessione neuronale [fig. 02] delle stesse aree del cervello, perfettamente in linea con la teoria scientifica dei neuroni specchio formulata dallo scienziato Giacomo Rizzolatti.

Ma, al di là dei dati che le apparecchiature digitali stanno ottenendo in maniera sempre più precisa, la vera sfida progettuale sta nel dare valore e significato a queste informazioni affinché ci rivelino nuove realtà e percezioni dell'essenza umana. In questa prospettiva, con il suo porsi al confine tra saperi tecnico-scientifici e umanistico-artistici (Langella, Ranzo, 2007), il Design si configura come un settore privilegiato per una visione diversa, in grado di esplorare le intersezioni possibili tra le conoscenze.

Hack The Brain: un approccio transdisciplinare

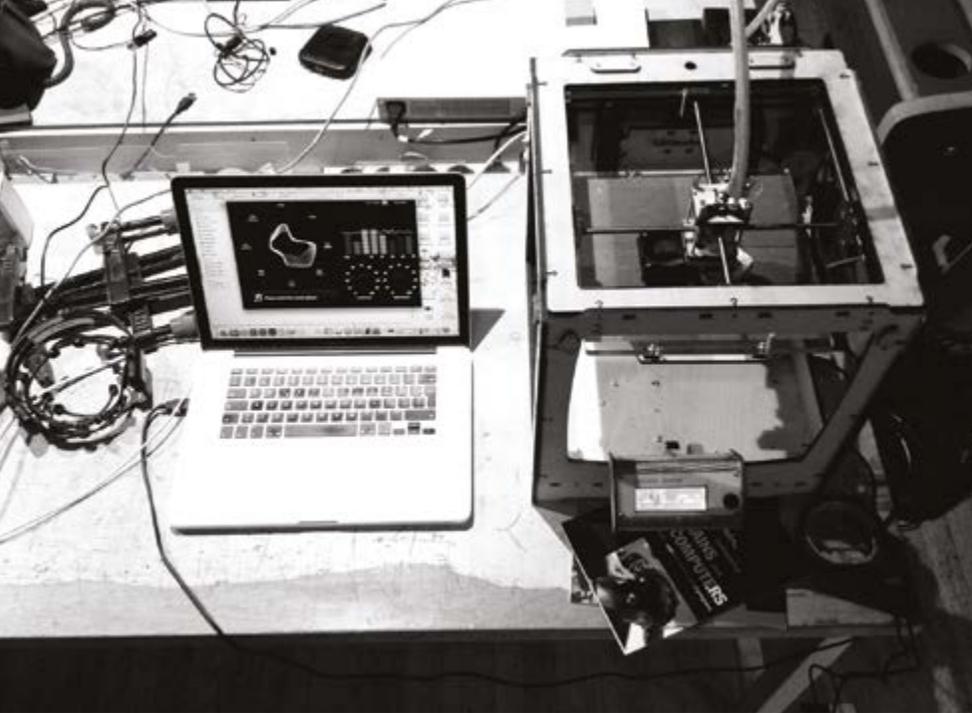
Il workshop *Hack the Brain*, che ha avuto luogo presso gli spazi del Waag Society di Amsterdam nel 2014 [2], è stato il primo *hackaton* [3] transdisciplinare in Europa nel suo genere e ha coinvolto diverse figure professionali: scienziati, programmatori e artisti. L'intensa collaborazione di tre giorni, che ha visto sperimentare e riflettere sulle possibilità tecnologiche dalle BCI, ha avuto come scopo primario quello di capire quale potesse essere il futuro di queste applicazioni.

Tra le diverse interfacce cervello-macchina esistenti, sono state utilizzate nello specifico il *MindWave* con due canali della *Neurosky*, l'*Interaxon Muse* con quattro canali, l'*Epoc* della *Emotiv* con quattordici, fino a sistemi



02

02
Rete neuronale
in real time, 2003.
Image courtesy of
Paul de Koninck,
Université Laval.
Applicazione
di tecnologia
fotonica
e ingegneria
ottica



03

più complessi come il *TIMSita Mobita*, usato anche in ambito medico. Ma oltre ai numerosi hardware messi a disposizione dal Waag, uno staff di scienziati ha supportato i vari gruppi di lavoro al fine di migliorarne le analisi dati e le applicazioni scientifiche [fig. 03] [fig. 04]. Tuttavia, nonostante l'attendibilità di tali dispositivi sia ormai molto precisa, i segnali neuronali sono ancora difficili da decifrare in maniera completa, e inoltre possono cambiare da persona a persona, così da rendere necessario il bilanciamento dell'interfaccia prima di ogni singola sessione. Per questo motivo, ciascuna BCI segue un suo preciso protocollo d'uso e si abbina a specifici software di rilevamento dati.

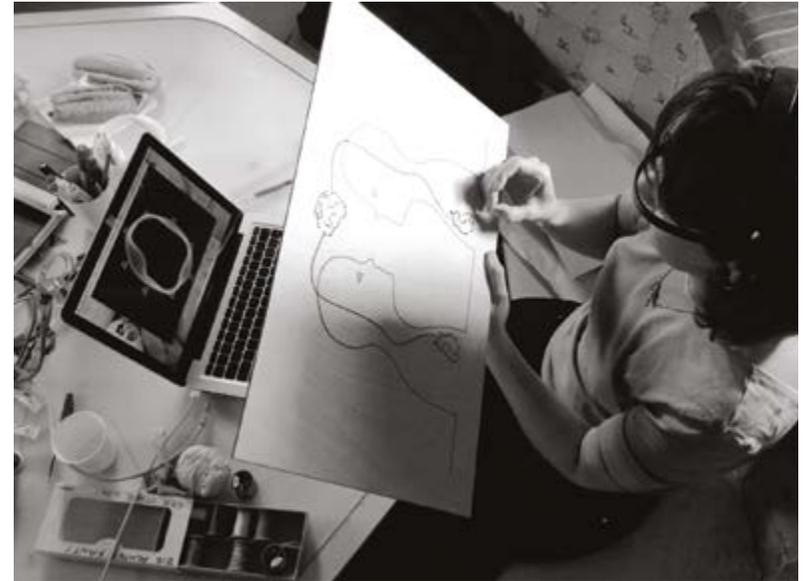
Da notare la mancanza quasi assoluta di designer all'evento: dato che ha messo in evidenza come queste ibridazioni transdisciplinari siano campi di ricerca ancora sconosciuti e in questo senso fertili da un punto di vista progettuale. Compito dei designer potrebbe essere nel caso specifico non tanto un'ottimizzazione tecnologica dei dispositivi e del rilevamento dei segnali neuronali (sui quali stanno già lavorando neurologi e ingegneri) ma una rielaborazione critica e creativa di questi apparati tecnologici (Dunne, 1999), affinché possano essere conosciuti e fruiti anche dal largo pubblico (Evers, 2014).

03

Hack the Brain, Waag Society, 2014. Elaborazione dati e sviluppo algoritmo. Foto a cura dell'autore

04

Hack the Brain, Waag Society, 2014. Seduta BCI con l'artista Leonie Mijndieff. Foto a cura dell'autore



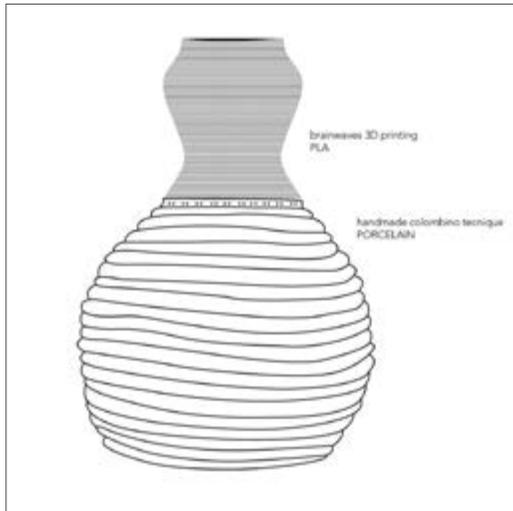
04

Sincronizzazione parametrica tra pensiero e oggetto

Dall'osservazione del processo di stampa additiva, la progettazione qui portata come caso studio ha messo in comparazione estetica la tecnica di depositazione del materiale, strato su strato, con la tecnica primitiva del colombino, usata dagli artigiani vasai per costruire gli oggetti [fig. 05]. Questa tecnica, diffusasi in Mesopotamia, ha preceduto l'invenzione del tornio girevole: il movimento circolare delle mani costruisce in altezza le forme cave utilizzando un cordone sottilissimo in argilla, detto appunto colombino, e lo arrotola seguendo una spirale su di una base circolare [fig. 06]. Quello che emerge da questo confronto è che la stampante digitale si comporta allo stesso modo, seguendo però, diversamente dalla mano, gli algoritmi matematici decisi dalla macchina.

Dall'analisi di ambedue i processi costruttivi, il movimento della stampante 3D è stato così riprogrammato attraverso un algoritmo in maniera più fluida e naturale, minimizzando ogni tipo di automatismo macchinico. In questo modo l'estrusore esegue un percorso lento e avvolgente, utilizzando come strumento direttamente la frequenza celebrale.

In questa sperimentazione, ciascun segnale neurologico, inteso come un insieme matematico di frequenze elettriche, è stato riparametrizzato attraverso l'uso dell'interfaccia



Disegno di studio a cura dell'autore che mette in comparazione estetica strutturale la tecnica del colombino con quella di stampa additiva 3D

BCI *MindWave* della *Neurosky*, che ha tradotto le attività di attenzione e rilassamento in parametri, ai quali hanno poi corrisposto diverse configurazioni spaziali.

Per visualizzare in maniera più chiara l'attività neuronale, sono state definite poi alcune curve che s'interrompono bruscamente e che rappresentano in maniera "interrotta" le onde alfa e le onde beta. Attraverso questo tipo di riproduzione è stato più facile comprendere le dinamiche neuronali e ipotizzare gli sviluppi futuri, adottando, ad esempio, anche altre onde, come la più complessa onda teta che restituisce dati direttamente dalle nostre emozioni.

Riguardo la scelta della forma da realizzare, si è fatto riferimento al vaso, sia perché la tecnica originale del colombino lo prediligeva, sia per la sua forma archetipica, densa di significati antropologici. Nel saggio "Vasi", contenuto in *Filosofia del design*, Vilém Flusser (1993, p. 111) scrive: «I vasi sono considerate forme vuote. E lo sono. Non si tratta in questo caso di ridurre un tema complesso a qualcosa di semplice come un vaso. Al contrario si tratta di guardare alla pura forma in termini fenomenologici e allora la si vedrà come un vaso. Un vaso (...) è uno strumento epistemologico (che riguarda la teoria della conoscenza)».

Tra le caratteristiche più innovative dell'algoritmo vi è quella di aver costruito delle forme senza alcun uso della modellazione 3D, ma attraverso la sola adozione degli impulsi neuronali di ciascun individuo. Tuttavia, le circonferenze e le ellissi di partenza possono essere scelte dalla persona e sono volontariamente semplici, per non creare sovrastrut-

ture complesse che possono interferire con il movimento fluido della macchina [fig. 07].

L'algoritmo, creato in collaborazione con il programmatore olandese Frido Emans, lavora in tempo reale e costruisce le curve in maniera immediata utilizzando, come punti di struttura, i parametri stessi dell'attività celebrale. Le altezze sono direttamente proporzionali alla durata della sessione di lettura delle onde e i valori sono sempre diversi per ciascun individuo, così come la loro sequenza elettrica che, di fatto, ne scolpisce la forma. Le strutture che piano piano si compongono hanno delle piccole scanalature organiche, difformi in ogni punto [fig. 08]. Pertanto questi oggetti, nel loro essere realizzati da quella specifica e singolare attività neuronale, sono irripetibili e strettamente legati alla persona che li ha generati. Si tratta di prototipi *biodigitali* realizzati attraverso la proiezione di un'attività neurologica imperfetta, propriamente umana.

Verso una manifattura postdigitale

L'indagine, sia di natura progettuale che di riflessione critica sulla tematica delle BCI, ha affrontato in termini procedurali e strumentali le diverse fasi del progetto parametrico, provando a definire un nuovo modello produttivo *postdigitale* (Alexenberg, 2011), altamente tecnologico e al contempo legato all'uomo.

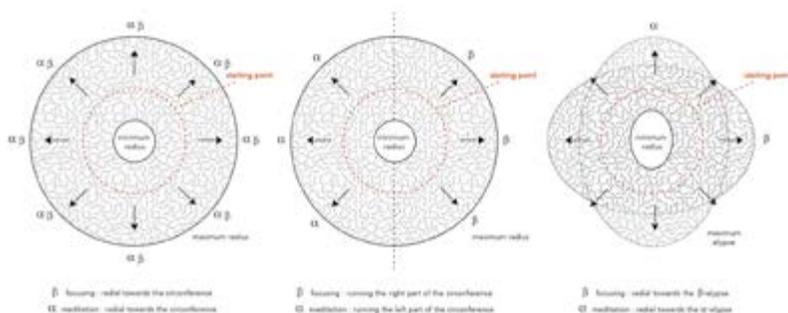
Il senso della ricerca, tuttora in corso, sta nel tentativo di costruire nuovi modelli postdigitali, che si muovono al confine tra le discipline e che partono dall'uomo per ri-

06
Vasaio, 2006.
Credit photo:
R. Di
Bartolomeo





07



08

08
Grafico di studio a cura dell'autore riguardante l'accrescimento delle forme in relazione ai parametri di attenzione e rilassamento lungo il diametro base della circonferenza

07
Primo prototipo realizzato in PLA bianco elastico, tramite il processo di stampa 3D con le BCI.
Foto a cura dell'autore

tornare sull'uomo, sottoforma di dispositivi di un pensiero progettuale più ampio e complesso. Gli artefatti realizzati non adempiono il loro ruolo nel rispondere a una precisa funzione pratica, ma piuttosto aprono una direzione progettuale per un diverso approccio alla manifattura 3D.

In senso più ampio, l'obiettivo dell'indagine è l'adozione delle conoscenze scientifiche più avanzate come strumento per una riflessione umanistica, capace di rivelare una diversa interazione tra uomo e tecnologia. Questo perché «il design contemporaneo non pone più l'attenzione soltanto sull'oggetto fisico in sé, ma sull'intero processo generativo, il cui risultato può concludersi o meno con la realizzazione materica dell'oggetto. In questa prospettiva, il risultato progettuale può configurarsi in maniera diversa, come ombra, luce, bits o pensiero puro» (Scarpitti, 2016, p. 151).

NOTE

[1] Fondazione MAI. Marina Abramovic Institute. *Measuring the Magic of Mutual Gaze. Out of the Lab. A short film*. Website: <http://www.immaterial.org/content/2014/6/9/out-of-the-lab> [marzo 2017]

[2] Waag Society. Website: <http://waag.org/en> [marzo 2017]

[3] Hack the Brain Project. Website: <http://hackthebrain.nl> [marzo 2017]

REFERENCES

Maturana Humberto, Varela Francisco, *The Tree of Knowledge, 1987* (tr. it. *L'albero della conoscenza*, Milano, Garzanti, 1999, pp. 216).

Guattari Felix, *Chaosmose, 1992* (tr. it. *Caosmosi*, Genova, Costa e Nolan, 1996, pp. 160).

Flusser Vilém, *Das Undig I, Das Undig II, Teppiche, Töpfer, Räder, 1993* (tr. it. *Filosofia del design*, Milano, Mondadori, 2003, pp. 160).

Dunne Antony, *Hertzian Tales. Eletronic Products, Aesthetic Experience, and Critical Design*, Cambridge, MIT Press, 1999, pp. 192.

Langella Carla, Ranzo Patrizia, *Design Intersections*, Milano, FrancoAngeli, 2007, pp. 160.

Sennett Richard, *The Craftsman, 2008* (tr. it. *L'uomo artigiano*, Milano, Feltrinelli, 2008, pp. 311).

Alexenberg Mel, *The Future of Art in a Postdigital Age*, Bristol, Intellect Ltd. 2011, pp. 270.

Delfanti Alessandro, *Biohacker. Scienza aperta e società dell'informazione*, Milano, Elèuthera, 2013, pp. 120.

Evers Lucas, *Bioart Special*, Amsterdam, Waag Society, 2014, pp. 32.

Scarpitti Chiara, "L'assente. Gli oggetti", pp. 151-152, in La Rocca Francesca, *Design e delitto. Critica e metamorfosi dell'oggetto contemporaneo*, Roma, Franco Angeli, 2016, pp. 165.

Re-Coding Fashion

Paradigmi emergenti e scenari computazionali
a servizio di una nuova couture digitale

Michela Musto Università della Campania “Luigi Vanvitelli”, Dipartimento di Ingegneria
michela.musto@unina2.it

L'evoluzione del design della moda è favorita dalla disponibilità di nuovi strumenti progettuali e tecnologie produttive che sono divenuti a poco a poco parte integrante del processo creativo. L'approccio computazionale alla progettazione, che si caratterizza per l'avvento di strumenti di disegno con base algoritmica in grado di basare il flusso progettuale sulla riproduzione e sulla conseguente iterazione di sistemi di tipo biologico ed evolutivo, trova in questo contesto un ruolo specifico, caratterizzando, guidando e dirigendo sempre più spesso il processo di astrazione formale e di concettualizzazione del prodotto.

Design computazionale, Fabbricazione digitale, Open source, Programmazione, Moda

The improvement in fashion design and the availability of new design and production technologies tools, has gained a starring role thus becoming part of the creative process. Because the advent of algorithmic drawing tools, which base their design flow on the reproduction and on the iteration of biological and evolutionary systems, the computational approach to design, acquires a substantial role and characterizes, increasingly guiding and directing, the formal abstraction and conceptualization of the project and the subsequent design product.

Computational design, Digital Fabrication, Open Source, Coding, Fashion

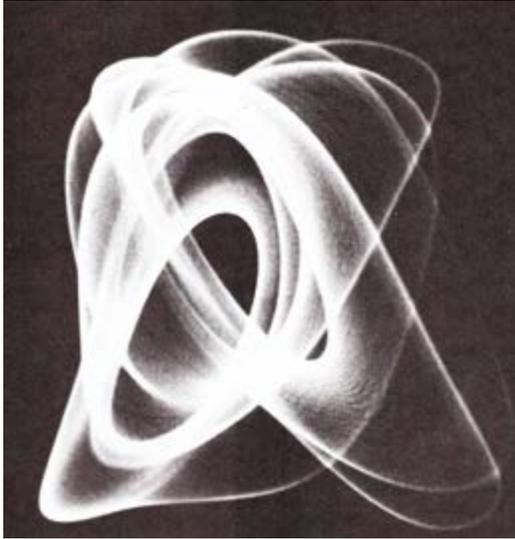
Ri-Programmare la Moda

L'analisi del contesto produttivo legato al mondo del design, del tessile e della moda, rivela uno scenario di profondo rinnovamento in cui le relazioni tra i nuovi strumenti progettuali e operativi, mezzi computazionali e di fabbricazione avanzata estendono ogni possibilità espressiva, formale e realizzativa. Le tecnologie digitali travalicano il loro ambito di applicazione tradizionale per introdursi, con diverse declinazioni, tanto nel processo ideativo, quanto divenendo componente integrante del prodotto stesso. Come dimostra Neil Gershenfield, Direttore del Center for Bits and Atoms del Massachusetts Institute of Technology, padre della rete mondiale dei FabLab [1], nel contesto storico e culturale della Digital Fabrication Revolution (Gershenfield, 2012) il design computazionale, così come la fabbricazione digitale che ne fornisce il supporto realizzativo, trovano il loro naturale orientamento nel settore della moda. Infatti tra i primissimi prototipi realizzati nel *Fabrication Laboratory* del MIT nel 2001, vi è proprio un abito, il *Defensible Dress*, ideato dalla docente di architettura statunitense Meejin Yoon, che include per la prima volta dispositivi elettronici indossabili, i cosiddetti *wearable*, in un capo di moda. Il progetto ha carattere sperimentale, poiché costituisce la prima espressione della fusione tra *personal fabrication* e l'utilizzo di strumenti di progettazione digitali, codici di programmazione e tecnologie applicate alla *couture*. Il capo integra nella sua struttura sensori di prossimità che consentono di valutare la distanza e generare una reazione associata a essa. Mediante un meccanismo dalla morfologia umanoide, questi componenti elettronici, programmati con degli *script* basilari in linguaggio Java, conferiscono sostanza all'idea di riguadagnare e preservare il proprio spazio vitale grazie alla possibilità del prototipo di assumere configurazioni spaziali mutevoli. I circuiti integrati, formati da un oscillatore LC, un raddrizzatore e una bobina alimentata con tensione sinusoidale, superata una certa frequenza, commutano il segnale d'uscita attivando i *micro controller* che conferiscono all'abito la possibilità di determinare un accrescimento del volume occupato impedendo così che altri individui possano invadere lo spazio personale del fruitore.

Couture, Declinazioni e digitali

Dal secondo decennio del Novecento la progettazione attraverso linguaggi tecnico-matematici e non più figurativi fa sì che si documentino le prime testimonianze relative alla sperimentazione di dispositivi elettronici integrati nel prodotto tessile. Con la formulazione di alcuni bozzetti

01



01
Ben F. Laposky,
Oscillon numero
34, electronic
Abstraction, 1954

da parte di Fortunato Depero, già nel 1917 si iniziano a formulare studi per la realizzazione di costumi elettrici. Nel 1950 invece Ben Laposky e Manfred Frank, due matematici e programmatori, realizzarono un oscillogramma che, attraverso l'utilizzo di formule algebriche, consentì loro di ottenere la base per una proiezione grafica con distorsioni controllate: si iniziò così a parlare di *digital art* [fig. 01]. È con questo episodio che prende il via l'utilizzo diffuso della tecnologia e dei processi progettuali computazionali come mezzi non più relegati all'ambito tecnico e industriale ma quali effettivi strumenti di produzione artistica, anche e soprattutto nell'ambito della moda.

Già nel 1984 Jana Sterbak metteva in mostra il suo primo abito elettronico compiuto e completamente funzionante e a oggi sono numerosi i progettisti che si confrontano con questo tema. Progettisti, ma soprattutto pionieri di un nuovo paradigma della moda e dell'estetica che trovano nelle scene dello show business il loro più grande apprezzamento, nonostante la costante ricerca dell'integrazione degli apparati elettronici nel più quotidiano *prêt-à-porter*. Questi *device*, la maggior parte dei quali è ancora in fase di sperimentazione, prendono come riferimento strumenti e materiali caratteristici del mondo della robotica e dell'informatica. Il pubblico di riferimento cambia radicalmente e l'idea di attribuire delle funzioni interattive specifiche ai prodotti di moda non è più appannaggio di pochi. Così come non è più prerogativa di

pochi la realizzazione di abiti su misura, intesa come *personal tailoring*.

Tecniche di modellazione parametrica, che consentono una gestione delle geometrie rapida ed estremamente accurata, unite alla possibilità di ricavare dati numerici dalla scansione del corpo dell'utente, sono possibilità che consentono, almeno quantitativamente, alla tradizionale sartoria *made in Italy* di dar vita a un significativo circuito di evoluzione storica della produzione dei capi d'abbigliamento. Stilisti, designers e programmatori come Gareth Pugh, Vega Wang, Anouk Wipprecht, Francesca Rosella e Ryan Genz, al pari del celebre Hussein Chalayan, (Valeriani 2004) si sono cimentati nell'elaborazione di prodotti che includono la tecnologia nell'abito stesso, mentre altri come gli statunitensi Nervous System hanno puntato sull'utilizzo della digitalizzazione nel processo generativo dell'abito. Altri ancora come Iris Van Herpen, Julia Koerner, Mingjing Lin, Issey Miyake hanno investito sulla fab-

02



02
Iris van Herpen,
Haute Couture-
Paris, 2017.

bricazione digitale e sulla prototipazione rapida abbracciando così il design della moda a trecentosessanta gradi [fig. 02]. La loro è una *couture* sperimentale, sospesa tra dimensione artistica, abilità artigianale e tecnologie d'avanguardia, sapientemente unite alla capacità di gestire la progettazione caratterizzata da geometrie complesse e da una computerizzazione ubiqua (*ubiquitous computing*). Ultimi gli esperimenti di Neri Oxman che rende sapientemente l'abito in grado di incorporare materia vivente, batteri nello specifico; forme di vita ibride, coltivate sullo schermo di un computer, prodotte mediante prototipazione avanzata e allevate biologicamente [fig. 03]. Il design viene quindi generato, fatto emergere in maniera controllata e non più assemblato (Murakami, 2000). La base di partenza, conseguentemente, non è più formale, ma logico-matematica: l'insieme di dati e costrutti sintattici, formulati dal progettista e successivamente elaborati dal *software*, genereranno un ingente numero di risultati possibili, tutti totalmente ottimizzati in accordo con i parametri inizialmente impostati.

Processi generativi, moda e disegno computazionale

Approfondendo l'aspetto della digitalizzazione dei sistemi progettuali nella *couture* contemporanea, è palese la co-presenza di molteplici sperimentazioni di modellazione e generazione delle geometrie caratterizzanti il prodotto. La tassellazione delle superfici diviene un tema centrale nella progettazione contemporanea, e pone l'accento su quanto la tecnologia influenzi il risultato della produzione. La possibilità di trasformare gli atomi in bit e i bit in atomi (Gershenfeld, 2007) è la più semplice astrazione di un processo che fa della complessità della superficie dinamica del corpo umano un terreno di sperimentazione. L'opportunità di ottenere, attraverso scansioni integrali, modelli digitali affidabili consente sia l'ottimizzazione della struttura quanto la personalizzazione totale del prodotto di moda in termini di geometrie e performance. L'approccio computazionale trova in questo contesto un ruolo guida, dirigendo – a volte fortemente – il processo di ideazione formale quanto quello di realizzazione materiale (Romero, 2014). Contemporaneamente, la codificazione di regole matematiche e strategie evolutive che consentano di emulare sistemi complessi esistenti in natura, abilitano il creativo a simulare e iterare processi fino ad ora non formalmente decodificabili e quindi riproducibili. L'utilizzo di origami è un esempio di biomimesi applicata frequentemente riscontrato nella produzione odierna così come la trasposizione matematica di strategie generative di ottimizzazione delle geometrie.

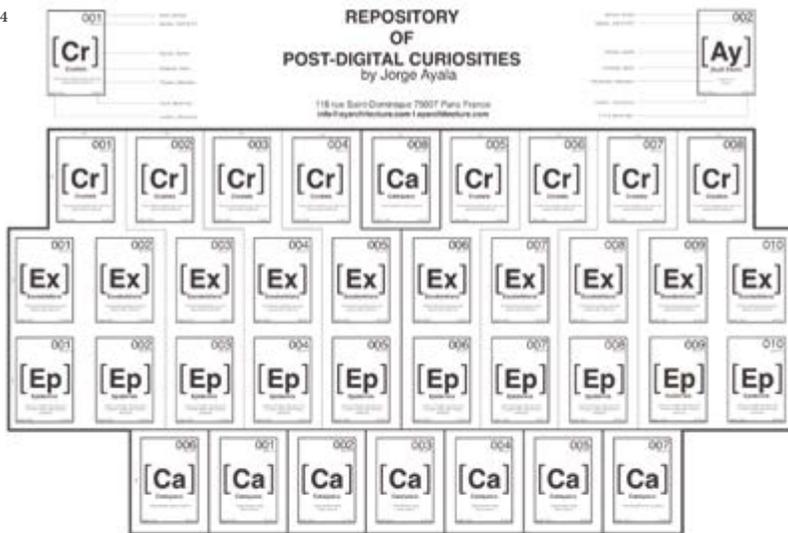


03

Selezionate piegature, combinate opportunamente tra loro, creano modelli estremamente complessi ed efficienti. Una delle testimonianze più caratterizzanti di tali processi progettuali è data dalla sapiente ricerca di Jorge Ayala, fondatore dello studio AYALA Paris che, nella sua Collection Un (diretta nel 2015 da Miguel Alva, Anna Fusoni, Gabriela Figueroa, Vivian Baron) attraverso *pattern* di ispirazione digitale, frutto di elaborazioni geometriche avanzate, [fig. 04] cristallizza i modelli e le stampe per abiti usando processi di modellazione avanzati e tecniche analogiche creando un nuovo paradigma per una inedita estetica digitale.

Le diverse tecniche di disegno computazionale consentono l'utilizzo di modelli che provengono da mondi eterogenei e di confrontarsi con approcci molteplici. La biologia e la genetica sono tra i principali ambiti di ricerca che influenzano il pensiero di artisti, progettisti e di programmatori, impegnati nell'estrapolare le logiche matematiche di funzionamento dei sistemi naturali a una scala molecolare e cellulare. L'avvento di software che abilitano il disegnatore ad avvalersi di processi generativi, sta creando nuovi paradigmi dove moda, architettura, design, tecnologia e arte parlano tutte un unico linguaggio, quello della programmazione (Tito, 2008), ove il controllo numerico caratterizza fortemente le realizzazioni contemporanee indirizzandole verso l'affermazione di una nuova estetica formale. La facoltà di avvalersi della manipolazione di dati numerici (e quindi accuratamente

03
Neri Oxman,
3d printed death masks, studio delle diverse configurazioni possibili emerse dal software di modellazione generativa



04
Jorge Ayala's
Post-Digital Curiosities

misurabili) diventa non solo funzionale, ma addirittura determinante nell'abilitare il progettista alla genesi, alla gestione e al controllo omnicomprendivo del progetto. L'affermazione del disegno computazionale come strumento di modellazione di manufatti legati al mondo della moda, ha consentito che forme astratte sorprendentemente complesse emergessero: geometrie non euclidee, automi cellulari, rappresentazione di sistemi non lineari, frattali; tutte configurazioni che fino ad oggi non avevano modo di essere tradotte in oggetti reali. Ogni limitazione tecnica di fabbricazione è superata grazie a dispositivi a controllo numerico che permettono una prototipazione rapida e il trasferimento dalla sfera virtuale a quella fisica. Le potenzialità del *Genetic Space* – lo spazio degli infiniti mondi possibili generabili dalla computazione, narrato da Karl S. Chu, Codirettore del Genetic Architecture Program e direttore del dipartimento di Computazione e Metafisica dell'Architettura all'EASRQ (Chu, 2004) – superano il loro stato di simulazione virtuale per raggiungere la sublimazione materica nel mondo reale.

Architettura e moda verso un'estetica condivisa

Architettura e moda si affacciano con lo stesso interesse all'avvento del design generativo e della fabbricazione digitale trovando ancora una volta nella storia un punto di scambio, alternanza e profonda simbiosi. Interessanti sono le analogie formali, le inaspettate influenze e contaminazioni che si vanno a creare nell'utilizzo di un medesimo strumento di progettazione. La trasversalità moda-architettura passa attraverso un linguaggio estetico e formale comune che dota entrambe delle medesime possibilità espressive coadiuvandone l'interazione. Numerosi sono gli architetti che attraverso il codice comune di una sperimentazione *hands-on*, iniziano a testare con macchinari a controllo numerico processi che consentono di prototipare morfologie generate da sistemi matematici a base algoritmica. È proprio un architetto newyorchese, Francis Bitonti, a essere infatti, con Michael Schmidt, il primo ideatore di un abito interamente stampato in 3D. Presentato per la prima volta presso l'Ace Hotel di New York City nel 2013, l'abito espressamente confezionato per l'attrice Dita Von Teese è stato completamente realizzato con una stampante SLS ed è il risultato dell'assemblaggio di più di 3.000 componenti interconnessi prototipati in polvere di nylon, poi adornato con più di 13.000 cristalli Swarovski neri applicati su un tessuto di nuova generazione, ideato per avvolgere le curve e seguire i movimenti del corpo. Il design è generato, seguendo le proporzioni auree, tramite un software di ge-

stione parametrica delle geometrie che assolve anche alla funzione di suddividere la superficie in singoli elementi. Il concetto di tassellare e ridurre in elementi semplici una superficie complessa come quella del corpo umano trova riscontro in un ambito più concettuale, nell'esplicazione dei processi genetico-biologici. La biomimesi si rivela così come aspetto caratterizzante nell'architettura quanto nel vasto mondo della moda, sia per la ricerca condivisa di componenti strutturati componibili sia per studio delle variazioni dei loro parametri geometrici in relazione alla complessità dell'aggregato finale, esattamente come si osserva in natura a scala molecolare.

Altro esperimento interessante dello stesso progettista è il design innovativo di calzature generate digitalmente il cui processo emergente è basato sulla simulazione del modello matematico dell'automa cellulare (Spezzano, 1999) in grado di descrivere l'evoluzione di sistemi complessi discreti. Ideato dal matematico inglese John Conway, l'algoritmo evolve autonomamente, secondo limiti e regole prestabilite fino a comporre l'intera calzatura. Tale operazione progettuale e conformativa trova spazio per la sperimentazione e apre il dibattito anche su consistenti speculazioni architettoniche e urbanistiche [fig. 05].

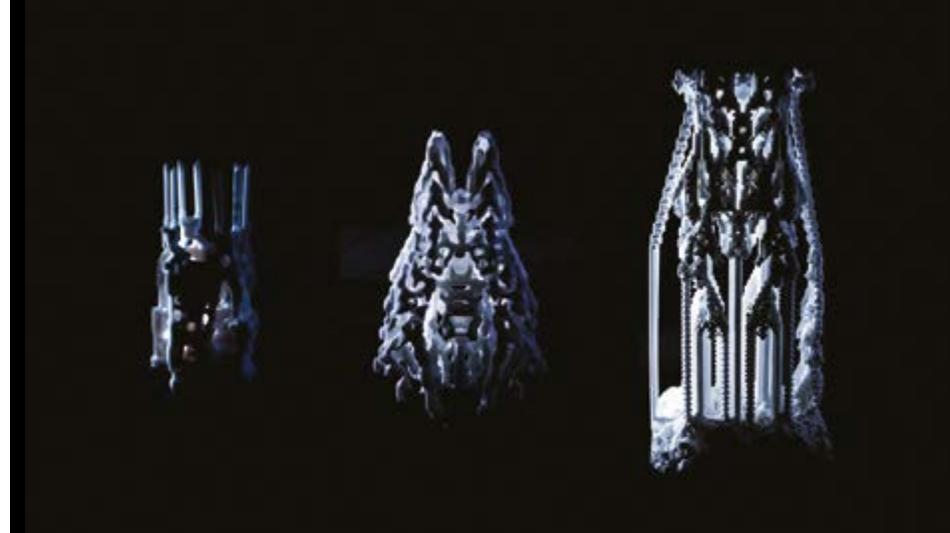
Le testimonianze e le analogie con l'ambito dell'architettura sono molteplici, così come molteplici sono gli architetti che hanno dato il loro contributo alla nascita di un *design parametrico* relativo alla moda. Ben van Berkel, Zaha Hadid, Rem D. Koolhaas e, in Italia, Arturo Tedeschi, Alessandro Zomparelli, sono solo alcuni dei progettisti che si sono impegnati nella sperimentazione di approcci computazionali al mondo della moda.

Nuovi modelli di sperimentazione

La vera innovazione della *Digital Fabrication Revolution* in atto è la possibilità per chiunque, dotato degli strumenti di progettazione e di visione realizzativa, di creare capi totalmente customizzati in tempi brevi e di prototiparli in autonomia (Longo & Vaccaro 2014). Il vantaggio di prefigurare manufatti finiti estremamente dettagliati e personalizzabili, ottenuti con processi economicamente sempre più accessibili e vantaggiosi, sposta determinate produzioni dalle sue sedi più tradizionali, trasferendole nelle case, negli uffici, negli studi, nelle botteghe, atelier.

È interessante come tale fenomeno si registri anche all'ambito della didattica e della formazione, dove le conoscenze sono scambiate dal basso indipendentemente dalle dinamiche globali.

Nascono in questo contesto esperimenti creativi estemporanei come il *Re-coding Couture* o il *PARA(metric)-*



05

FASHION workshop [2] tenuto a Teheran nel 2014 incentrato nello specifico su metodi di progettazione computazionale come tecniche di ampliamento di un'intelligenza creativa designando nuove espressioni di design della moda. Il *workshop* immerge gli studenti nel mondo del *computational design thinking* offrendo loro l'opportunità di sfidare i limiti della nuova sartoria digitale [fig. 06]. Sistemi generativi applicati alla *couture* e l'ausilio di strumenti di produzione assistita da computer hanno consentito che prendessero forma i modelli digitali realizzati durante l'evento. Gli output innovativi non riguardano solo l'aspetto formale, ma abbracciano la funzionalità stessa del prodotto di moda. Tagli al laser accuratamente studiati consentono inedite dinamicità oltre che eliminare il lungo e spesso oneroso processo di rifinitura. Nuove tecniche di origami, che emergono da costrutti logico-computazionali, consentono all'abito di esplorare le capacità scultoree del prodotto moda dimenticate da secoli. Le testimonianze di queste esperienze di contaminazione legate alla sperimentazione formale sono ormai diffuse e aprono la strada a un nuovo concetto di *couture*, ove la ricerca e il design della moda divengono due elementi di uno stesso sistema.

NOTE

[1] Abbreviazione di Fabrication Laboratory, officina dedicata alla fabbricazione digitale.

[2] *PARA(metric)-FASHION* workshops è stato diretto e organizzato dagli architetti Michela Musto, Arian Hakimi Nejad e Vahid Eshraghi.

05

D. Aranchi,
P. Bart, Y. Jiang,
F. Santos,
Tutor Mostafa
el Sayed,
Theodore
Spyropoulos
Studio. AADR
L Thesis, 2013-15



06

REFERENCES

- Spezzano Giandomenico, Domenico Talia, *Calcolo parallelo, automi cellulari e modelli per sistemi complessi*, Milano, Franco Angeli, **1999**, pp. 204.
- Murakami Takashi, *Superflat*, Tokyo, Madra, **2000**, pp. 162.
- Chu Karl, "Metaphysics of Genetic Architecture and Computation", *Perspecta*, vol. 35, **2004**, pp. 74-97
- McQuaid Matida, *Extreme Textile: Designing for High Performance* (catalogo della mostra Extreme textile 8 aprile-23 ottobre **2005**, Cooper Hevitt National Design Museum), New York, Princeton Architectural press, 2005, pp. 228.
- Sass Larry, Oxman Rivka, *Materializing design: the implications of rapid prototyping in digital design*, *Design Studies*, vol. 27, Issue 3, **2006**, pp. 355.

06

Il progetto del team della studentessa Hanieh Khaleghian durante il PARA(metric)-FASHION workshop, Tehran, Iran

Gershenfeld Neil, *Fab: The Coming Revolution on Your Desktop-from Personal Computers to Personal Fabrication*, Lebanon, IN, Basic Books, **2007**, pp. 288.

Oxman Neri, *Digital Craft: Fabrication Based Design in the age of digital production*, International Conference on Ubiquitous Computing, Innsbruck, Austria, **2007**, pp. 540.

Seymour Sabine, *Fashionable Technology: The Intersection of Design, Fashion, Science and Technology*, New York, Ambra Verlag, **2008**, pp. 249.

Tito Clementina, *Strategy and organization design in the fashion industry*, Tesi di Laurea magistrale (A.A. 2007-2008) in Business organization, LUISS Guido Carli, **2008**, relatore Luca Giustiniano, pp. 110.

Darwin Charles, *On the Origins of species*, 150th anniversary Edition, Bridges-Logos foundation, **2009**, pp. 496.

Shiffman Daniel, *The nature of code, simulating natural systems with processing*, New York, Daniel Shiffman edition, **2012**, pp. 498.

Gershenfeld Neil, "How to Make Almost Anything The Digital Fabrication Revolution", *Foreign Affairs*, n. 6, vol. 91, **2012**, pp. 43-57.

Xilcox Claire, *Alexander McQueen*, London, V&A publishing, **2013**, pp. 347.

Minuto Andrea, Pittarello Fabio, Nijholt Anton, *New materials = new expressive powers: smart materials interfaces and arts, an interactive experience made possible thanks to smart materials*, New York, International Working Conference on Advanced Visual Interfaces, **2014**, pp. 420.

Eyebeam Studio, *Computational Fashion, Topics in fashion and wearable technology*, New York, Paul Amitai and Sabine Seymour, **2014**, pp. 114.

Romero Maximiliano Ernesto, *Physical Computing. Strumento progettuale per i designer di oggi*, Milano, Design & Cultures-Dipartimento di Design Politecnico di Milano, **2014**, pp. 125.

Longo Giulio, Vaccaro Andrea, "La Nascita della Filosofia Digitale!", *Mondo Digitale* n. 52, **2014**, pp. 1-19.

Bolton Andrew, (a cura di), *Manus x Machina, Fashion in the age of technology (The Metropolitan Museum of Art)*, New York, **2016**, pp. 247.

Kupferman Judy, Sternthal Ian, Lang-Raz Andrea, Shachar Ran (a cura di), *LifeObject, Merging Biology and architecture*, Tel Aviv, Yael Eylal Van-Essen, **2016**, pp. 167.

Pailles-Friedman Rebecca, *Smart Textiles for designers*, London, Laurence King Publishing, **2016**, pp. 192.

Nuovi interni di luce

Un approccio parametrico al lighting design
di superfici architettoniche luminose

Daria Casciani Politecnico di Milano, Dipartimento di Design, Laboratorio Luce
daria.casciani@polimi.it

L'illuminazione architettonica sta attraversando un periodo di significativa trasformazione a livello tecnologico, progettuale e produttivo. La tecnologia LED, il design parametrico e la fabbricazione digitale permettono di progettare nuovi paesaggi luminosi integrati nelle superfici architettoniche bidimensionali e tridimensionali e sono in grado di generare pattern e dinamiche luminose utili al benessere psicofisiologico dell'individuo e alla personalizzazione dell'esperienza luminosa. L'approccio parametrico al lighting design inoltre definisce una libertà e flessibilità progettuale in termini di nuovi linguaggi espressivo-formali, nuove modalità di vendita on-demand su piccola scala che estendono l'autorialità del progetto anche al consumatore finale.

Lighting design, Fabbricazione digitale, Illuminazione integrata, LED lighting, Design parametrico

The architectural lighting is undergoing a period of meaningful transformation at the technological, design and productive level. LED technology, parametric design and digital manufacturing allow to design new luminous landscapes integrated into architectural surfaces and able to generate patterns and dynamics that are useful for the psycho-physiological well-being of the individuals and the personalization of the light experience. The parametric approach to lighting design defines a design freedom and flexibility in terms of new expressive-formal languages, new on-demand and small-scale sales modes extending the authorship of the project to the final user.

Lighting design, Digital fabrication, Embedded lighting, LED lighting, Parametric design

Il settore dell'illuminazione architettonica sta attraversando un periodo di significativa trasformazione grazie alla combinazione di approcci innovativi a livello tecnologico, progettuale e produttivo. Infatti la LEDificazione [1] e la digitalizzazione dell'illuminazione (Karlicek, 2012), la metodologia progettuale parametrica e la fabbricazione digitale permettono oggi di concepire sistemi di illuminazione completamente diversi rispetto ai tradizionali apparecchi per interni. Se la prima fase di applicazione tecnologica del LED si è concentrata sul retrofit (sostituzione) di tecnologie di illuminazione tradizionali (Moec et al., 2015), la nuova fase progettuale oggi tende ad abbandonare gli stereotipi e le tipologie classiche di apparecchi di illuminazione (definite, ad esempio, in funzione della modalità di installazione: a sospensione, a incasso, a soffitto, etc.) indirizzandosi verso paesaggi di luce differenti dal punto di vista formale, funzionale e illuminotecnico (Casciani et al. 2011). La riduzione dei costi, la miniaturizzazione delle componenti e l'inserimento di sistemi di monitoraggio con capacità computazionali sempre maggiori favoriscono la progettazione di sistemi di illuminazione sotto forma di membrane luminose ed elettroniche che si integrano nell'architettura (Koerner, 2017), si mimetizzano nello spazio abitato (Weiser, 1991) e sono digitalmente connesse tramite l'Internet delle cose (IoT) [2].

Agevolati dal cambiamento tecnologico, questi nuovi paesaggi di luce esprimono una modalità di illuminazione formalmente più coerente con le architetture contemporanee, in particolare quelle caratterizzate da geometrie complesse concepite mediante metodi di progettazione parametrici e digitali (Kolarevik, 2000; Dino, 2012). Se gli apparecchi di illuminazione tradizionali si rivelano inadeguati alla complessità della costruzione volumetrica di questi interni, l'approccio parametrico all'illuminazione si configura in sistemi di luce smaterializzati e incorporati in maniera discreta e personalizzata nei dettagli architettonici contemporanei.

Questo articolo esplora, mediante la selezione di una serie di esempi progettuali, le metodologie di design parametrico applicate al design di superfici architettoniche luminose, ovvero le caratteristiche e le variabili che influenzano parametricamente il progetto di questi nuovi sistemi di illuminazione per interni.

Nuovi approcci di integrazione della luce in superfici e architetture d'interni

Il progetto di superficie luminosa, sotto forma di scatola di luce, non è una novità nella storia dell'illuminazione d'interni [3]: i soffitti luminosi tradizionali, ad esempio,

sebbene utili a ottenere illuminamenti uniformi sui campi visivi orizzontali presentando basse luminanze, contribuiscono spesso a determinare un'atmosfera luministica statica che risulta monotona (Egan, 1983). Diversamente, avvalendosi di un approccio di design generativo, è possibile realizzare ampie pareti e soffitti luminosi complessi, integrati alle geometrie architettoniche, esprimendo non solo nuove possibilità estetico-formali ma soprattutto dinamiche prestazioni, modificabili in funzione di algoritmi generativi.

A livello formale, la leggerezza di segno viene spinta fino al limite dell'invisibilità del prodotto di illuminazione simbioticamente integrato all'architettura (Casciani, 2011) mediante le caratteristiche di modularità e differenziazione: la progettazione parametrica conduce al design di sistemi luminosi modulari differenti tra di loro in termini materici, formali e luminosi, la cui configurazione associativa permette soluzioni modificabili, adattabili e scalabili in funzione delle dimensioni e del contesto architettonico d'installazione. Infatti, mediante la definizione di una serie di funzioni matematiche e relazioni geometriche tra i parametri formali di tali sistemi di illuminazione (come ad esempio le dimensioni e l'orientamento nello spazio) è possibile costruire complessi assiami luminosi costituiti da variazioni progettuali di moduli differenti tra di loro per forma e funzione (Saad, 2002).

L'algoritmo che consente di calcolare e definire le funzioni luminose di queste superfici, nella maggior parte dei casi, deriva da dati in input molto semplici (poco legati alla progettazione illuminotecnica classica) determinati da una sequenza finita e logica di istruzioni elementari; quanta luce viene diffusa nello spazio e quale sia l'effetto luminoso visibile deriva dalla manipolazione generativa dei diversi parametri formali del pattern geometrico da cui viene emessa la luce (forma, dimensione e composizione spaziale delle forature) nonché dagli algoritmi utilizzati per variare le caratteristiche di intensità, colore e dinamica della luce. L'assegnazione di diversi valori a tali parametri determina la creazione di diversi stili visivi, configurazioni e coreografie luminose nello spazio.

Al fine di approfondire l'approccio parametrico al lighting design di superfici architettoniche luminose, sono stati selezionati una serie di esempi progettuali realizzati in un periodo relativamente recente (2011-2016) assunti a casi studio rappresentativi delle seguenti caratteristiche:

- superfici luminose bidimensionali (applicate in verticale e/o in orizzontale);
- superfici luminose tridimensionali e/o non planari;



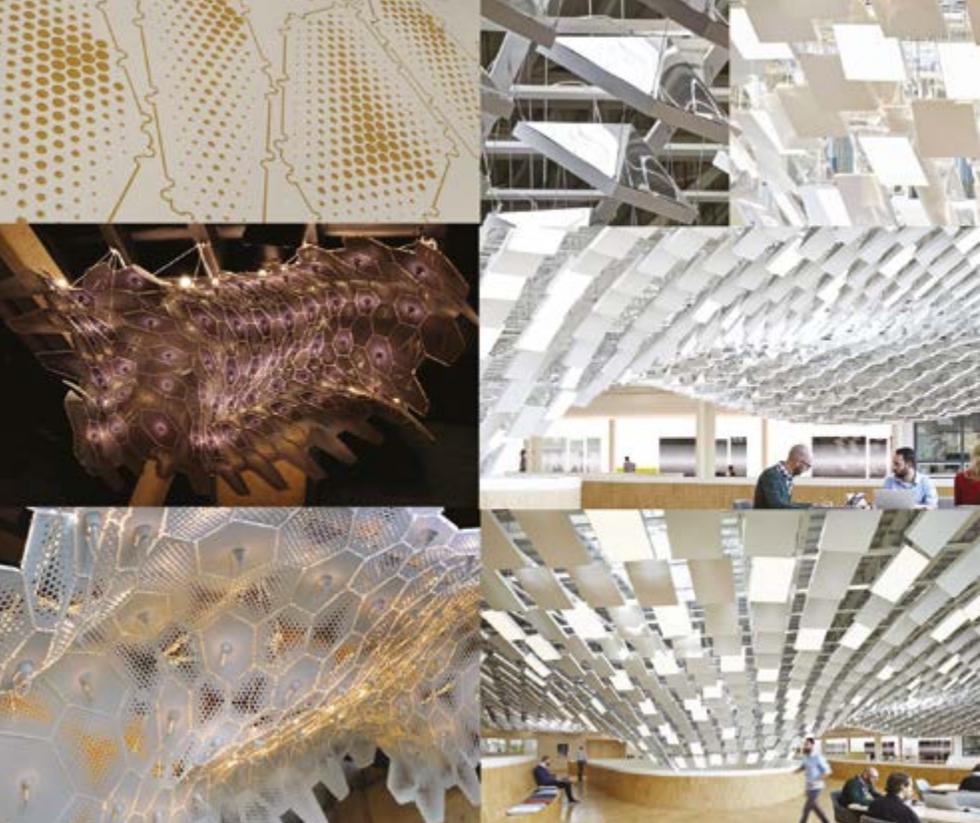
01

- architetture luminose discontinue caratterizzate da pattern parametricamente configurabili;
- architetture luminose continue senza interruzioni visibili tra moduli.

Le superfici luminose bidimensionali configurate parametricamente per adattare la modularità e l'effetto luminoso a seconda di contesto ed esigenze sono gli esempi progettuali più diffusi. Applicati a soffitto o a parete, i pannelli sono generalmente realizzati con tecniche di fabbricazione digitale come fresatura, taglio laser e piegatura a controllo numerico (CNC) di laminati plastici e metallici caratterizzati da finiture epidermiche personalizzate in termini cromatici mediante stampa e inserimento di pellicole adesive. La luce è solitamente emessa tramite la tecnica di "backlighting" attraverso plastiche opaline in corrispondenza di fori e aperture che possono variare da modulo a modulo seguendo un principio geometrico algoritmico che conduce alla creazione di morfologie complesse tramite astrazione [fig. 01]. Benché caratterizzati da un linguaggio classico, perché molto simili ad alcune applicazioni di backlighting tradizionale, questi sistemi di illuminazione risultano maggiormente flessibili in termini di variazione geometrica, dimensionale, luminosa effettivamente realizzabile su larga scala tramite progettazione e fabbricazione digitale.

Applicazioni più avanzate della progettazione parametrica si configurano in sistemi luminosi tridimensionali e non planari indirizzati a creare vere e proprie archi-

01
Superfici luminose a LED progettate parametricamente per la customizzazione del sistema modulare e dell'effetto luminoso: da sinistra a destra Isomi (2012) e Luminous Patterns (2016)



02

tetture di luce. Caratterizzati da una elevata quantità di moduli luminosi singoli (a LED o OLED) interconnessi tra di loro tridimensionalmente, questi sistemi di illuminazione evidenziano un processo costruttivo basato su strumenti di progettazione e fabbricazione digitale, che guidano non solo l'atto ideativo e l'effettiva producibilità, ma determinano anche il linguaggio espressivo con cui queste "sculture di luce" si manifestano. Gli esempi di questa tipologia esprimono un nuovo modo di pensare l'illuminazione integrata nell'architettura, spesso realizzati (su piccola e grande scala) in singole applicazioni che dimostrano in maniera esemplare la gestione della complessità del sistema mediante algoritmi di progettazione e fabbricazione digitale delle diverse componenti [fig. 02]. Un'ulteriore applicazione parametrica consiste nella definizione dell'illuminazione che, da strettamente funzionale alla visione, diventa elemento espressivo, comunicativo e informativo tramite l'utilizzo di moduli luminosi funzionanti come schermi a bassa, media e alta risoluzione in grado di generare luci e colori, immagini, scene in movimento, con un'elevata flessibilità di

02
Architetture
luminose
parametriche
caratterizzate
da materiali
e componenti
luminose
semplici integrate
in moduli e
configurazioni
tridimensionali
complesse: da
sinistra a destra
EXOtique (2011)
e Let There Be
(Intelligent)
Light, LAVA
(2016)

scenari luminosi e di contenuti multimediali. Gli effetti sono altresì programmati mediante algoritmi generativi manipolando diversi parametri di illuminazione come ad esempio intensità, colore, animazione e dinamica in funzione di diversi parametri quali il tempo (ora, mese, stagione), gli eventi locali (movimento, presenza e attività svolte dalle persone) o alcune variabili ambientali (temperatura, velocità del vento) [fig. 03].

Influenze psico-fisiologiche dei nuovi paesaggi luminosi

Oltre a garantire la quantità di luce necessaria per la corretta visione e l'orientamento nello spazio, i nuovi paesaggi di luce sono progettati e programmati in maniera da creare un'atmosfera luminosa dinamica, adattabile alle necessità psichiche (funzioni cognitive e inconscie) dell'uomo, al fine di determinare effetti positivi sull'attenzione e sulla rigenerazione mentale degli individui e avere un impatto positivo sullo stato d'animo, sul livello di concentrazione, sulla riduzione dello stress psico-fisiologico grazie alla creazione di una varietà luminosa simile a quella naturale in un contesto artificiale di un interno (Veitch and Newsham, 1996).

Gli effetti ricercati, potenzialmente programmabili per questi scopi, si ispirano alla natura, basandosi sulle teorie dell'attenzione rigenerata (ART) e della Biofilia (Wilson, 1993; Kaplan, 1995; Ulrich, 1986); si generano stimoli visivi di luci, colori e ombre che variano in maniera non ritmica nel tempo (Browning, Ryan, Clancy, 2014) [fig. 04] e fanno riferimento a una qualità non misurabile della luce a cui Richard Kelly (1952) ha dato il nome di "play of brilliant" [4]. Tale ricchezza percettiva della luce deriva dalla programmazione di scenari non predittivi, ma algoritmicamente riprodotti in cui le variabili di luminosità, contrasto, colore e direzionalità della luce si trasformano secondo funzioni matematiche casuali o causali relative a eventi legati al contesto.

Conclusioni

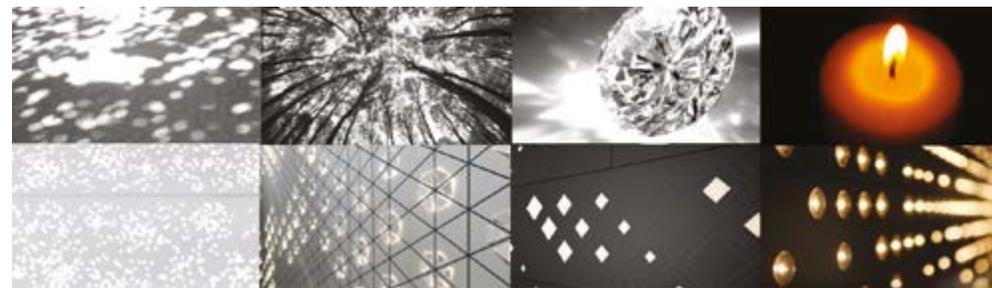
La creazione di nuovi sistemi luminosi bidimensionali e tridimensionali integrati nell'architettura è una delle innovazioni progettuali recenti più importanti nel settore dell'illuminazione; tale approccio sintetizza la gestione della complessità del lighting design parametrico a livello tecnologico, progettuale e produttivo per ottenere un livello di dettaglio, di accuratezza e di coerenza architettonica con gli interni progettati in maniera generativa.

Se il design computazionale in quanto strumento (Madrado, 1998) contribuisce a definire e variare le caratteristiche formali degli artefatti di luce e, di conseguenza,

l'atmosfera luminosa degli ambienti, risulta tuttavia ancora limitato in termini di calcolo funzionale della luce. Ad oggi infatti non è possibile gestire, con lo stesso strumento, il progetto formale e il progetto illuminotecnico di questi sistemi di illuminazione in maniera parametrica, ovvero definendo i parametri desiderati come valori di illuminamento e uniformità degli illuminamenti, luminanza e abbagliamento a partire da informazioni di flusso e di distribuzione fotometrica della luce secondo una logica di propagazione delle modifiche. Diversamente è oggi possibile definire in maniera generativa gli effetti dinamici della luce utilizzando gli stessi strumenti che permettono la modellazione parametrica della geometria: ciò rende possibile la visualizzazione delle variazioni di intensità, colore, velocità e direzione della luce nei diversi moduli dell'assieme. Uno scenario di progettazione futuribile darà la possibilità di definire l'illuminazione insieme alle altre componenti (strutturale, elet-



03



04

trica, idraulica) tramite uno strumento gestionale unico (Aghemo et al., 2013) per definire previsionalmente le prestazioni luminose anche funzionali.

Gli esempi selezionati mostrano che il successo applicativo del design parametrico è direttamente correlato al successivo processo di fabbricazione digitale tramite tecniche di manifattura rapida, prevalentemente sottrattive, che determinano non solo la fattibilità del progetto con un eventuale risparmio economico, ma anche una produzione più sostenibile di piccole serie on-demand. Inoltre, la flessibilità espressiva e produttiva che consente infinite varianti formali, materiche e luminose presenta ricadute innovative anche nel sistema di vendita. Nuovi cataloghi dinamici su piattaforme digitali (Luminous Pattern Design, 2016) consentono di visualizzare e personalizzare il sistema di illuminazione, sperimentando diverse configurazioni. Tramite questi strumenti si estende il concetto di autorialità del progetto di illuminazione che, da esclusiva prerogativa del designer, include il suo utilizzatore finale al quale è conferito il controllo, seppure parziale, di alcune variabili per la realizzazione di prodotti individualizzati e quindi percepiti come esclusivi.

03
Architetture luminose multimediali con luci espressive, comunicative e informative tramite l'utilizzo di schermi a bassa, media e alta risoluzione: Dynamic Performance of Nature (Brownell, 2012), Aurora di Electroland (2013) e il tunnel di IFA 2016 LG OLED (2016)

04
Effetti di illuminazione bio-ispirata: materiali naturali, effetti di luce naturali, pattern biomorfi

NOTE

[1] Per LEDificazione s'intende il processo di sviluppo ed espansione dell'illuminazione LED che sta emergendo nel settore dell'illuminazione. Secondo alcune previsioni, entro il 2020, il 70% degli apparecchi sarà realizzato a LED. Fonte: McKinsey & Company, "Lighting the way: Perspectives on the global lighting market", 2012, https://www.mckinsey.de/files/Lighting_the_way_Perspectives_on_global_lighting_market_2012.pdf [Aprile 2017]

[2] Internet delle cose (IoT) indica l'infrastruttura digitale e fisica di connessione e trasmissione di tutte le informazioni monitorate, scambiate, archiviate – nello specifico – negli apparecchi di illuminazione.

[3] Le tecniche più comuni per creare pareti e soffitti luminosi prevedono l'utilizzo di "wallwashing", "cove lighting" e "backlighting". I soffitti luminosi sono storicamente apparsi intorno al 1930, insieme alle lampade fluorescenti lineari, installate all'interno di apparecchi a plafone e caratterizzati da materiali diffondenti. Fonte: Ganslandt Rüdiger and Hofmann Harald, *Handbook of Lighting Design ERCO Leuchten GmbH, Lüdenscheid Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden*, 1992, pp. 101; 132; 136-141. Kohler Walter, *Lighting in Architecture*, New York, Reinhold Publishing Corporation, 1959, pp. 149.

[4] «Play of brilliants excites the optic nerves, and in turn stimulates the body and spirit, quickens the appetite, awakens curiosity, sharpens the wit...». Richard Kelly, "Lighting as an integral part of Architecture", *College Art Journal*, vol. 12, n. 1, 1942, pp. 24-30.

REFERENCES

- Egan David M., *Concepts in Architectural Lighting*, USA, Mc Graw-Hill, **1983**, pp. 107
- Ulrich Roger S., "Human Responses to vegetation and landscapes", *Landscape and Urban Planning* n. 13, **1986**, pp. 29-44.
- Weiser Mark, "The Computer for the 21st Century", *ACM SIG-MOBILE Mobile Computing and Communications Review*, vol. 3, n. 3, **1999**, pp. 3-11.
- Wilson Edward O., "Biophilia and the conservation ethic", pp. 31-41, in Kellert Stephen R., Wilson Edward O., *The Biophilia Hypothesis*, Washington D.C., Island Press, **1993**, pp. 484.
- Kaplan Stephan, "The restorative benefits of nature: toward an integrative framework", *Journal of Environmental Psychology* n. 15, **1995**, pp. 169-182.
- Veitch Jennifer, Newsham Guy, "Determinants of Lighting Quality II: Research and Recommendations", pp. 1-38, in *Proceedings of the 104th Annual Convention of the American Psychological Association*, (Toronto, Ontario, Canada August 12, 1996), **1996**.
- Madrazo Leandro, "Computers and Architectural Design: Going Beyond the Tool.", pp. 44-57, in *Digital Design Studios: Do Computers Make a Difference? ACADIA Conference Proceedings*, ACADIA. Cincinnati, Ohio, University of Cincinnati, **1998**.
- Kolarevic Branko, "Digital Architectures", pp. 251-256, in Clayton Mark J., Vasquez de Velasco Guillermo P. (a cura di), *Acadia 2000. Eternity, Infinity and Virtuality in Architecture*, Association for Computer-Aided Design in Architecture, Virtualbookworm.com Publishing, **2002**, pp. 284.

Saad Rita, *Parametric tools and digital fabrication for the design of luminous ceilings*, *Tesi di laurea*, Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Architecture, Relatori Sass Lawrence, Lyman Porter William, **2004**, pp. 92.

Projectione, *EXOTique*, **2011**, <http://www.projectione.com/exotique/>, sito dello studio del progetto [Aprile 2017]

Casciani Daria, Paleari Danilo, Rossi Maurizio, "Il design del Solid State Lighting: una sperimentazione continua", *LUCE*, n. 295, **2011**, pp. 58-64.

Casciani Daria, "LEDscape: il design alla ricerca di una nuova grammatica della luce", *LEDin*, n. 5, **2011**, pp. 19-21.

Blaine Brownell, "Light in an Expanding Field: New Technologies Dissolve Disciplinary Boundaries", *New technologies dissolve disciplinary boundaries*, **2012**. http://www.archlighting.com/technology/light-in-an-expanding-field-new-technologies-dissolve-disciplinary-boundaries_o [Marzo 2017]

Gürsel Dino Ipek, "Creative design exploration by parametric generative systems in architecture", *METU JFA*, n.1, **2012**, pp. 207-224.

Isomi, **2012**, <http://isomi.com/products/light-wall>, sito di azienda produttrice di pannelli luminosi [Aprile 2017]

Karlicek Robert, "Smart Lighting. More than Illumination", in *ACP technical Digest 2012 Communications and Photonics Conference (ACP)*, **2012**, Asia OSA (7-10 November 2012).

Chiara Aghemo, Laura Blaso, Daniele Dalmasso, David Erba, Matteo Del Giudice, Anna Osello, Giovanni Fracastoro, Anna Pellegrino, Pablo Ruffino, "Interoperability between building information models and software for lighting analysis", pp. 69-78, in *Contributo in Atti di Convegno Bozen-Bolzano University Press, Building Simulation Applications BSA*, 1th IBSA Italy Conference, Bolzano, **2013**.

Electroland, *Aurora*, **2013**. <https://www.electroland.net/aurora/> [Aprile 2017]

Browning William, Ryan Catherine, Clancy Joseph, *14 Patterns of Biophilic Design*, New York, Terrapin Bright Green Inc., **2014**, pp. 64.

Moec Martin, Weiss Herbert, Noll Thomas, Holts Friedhelm, "New Form Factor Luminaires and New Light Effects", *LED professional*, n. 48, Luger Research e.U., **2015**, pp. 16-21.

Luminous Patterns, **2016**. <http://www.lighting.philips.com/main/systems/package-offerings/retail-and-hospitality/luminous-patterns> [Aprile 2017]

Ifa 2016 LG OLED, **2016**. <http://www.lg.com/global/about-lg/lg-videos/ifa-2016-lg-the-lg-oled-tunnel> [Aprile 2017]

Luminous Pattern Design, **2016**, <http://luminouspatternsdesign.com/> [Aprile 2017]

Koerner Brad, "Embedded Lighting The future of integrating lighting into architectural materials", **2017**. https://energy.gov/sites/prod/files/2017/02/f34/koerner_embedded_longbeach2017_1.pdf [Aprile 2017]

La poetica delle forze

Marco Carratelli Università di Firenze, DIDA – Dipartimento di Architettura Firenze
office@ayimstudio.com

Lucia Lunghi Università di Firenze, DIDA – Dipartimento di Architettura Firenze
office@ayimstudio.com

In natura ogni organismo, sia questo organico o inorganico, si sviluppa seguendo un processo che vede legati in modo sinergico Crescita e Forma, in cui i singoli componenti (materiale, struttura e spazio) sono interconnessi e interdipendenti. Tramite processi di ottimizzazione guidati dall'azione di forze, l'organismo architettonico può diventare la risultante di questo processo; il linguaggio che emergerà avrà una propria espressione estetica.

Sinergia, Forze, Morfogenesi, Ottimizzazione, Estetica

In nature each organism, be it organic or inorganic, follows a process that sees linked synergistically growth and form, where the individual components, material, structure and space are interconnected and interdependent. Through an optimization scheme, driven by the action of forces, the architectural organism can become the result of this process, and the language that will emerge will own aesthetic expression.

Synergy, Force, Morphogenesis, Optimization, Aesthetics

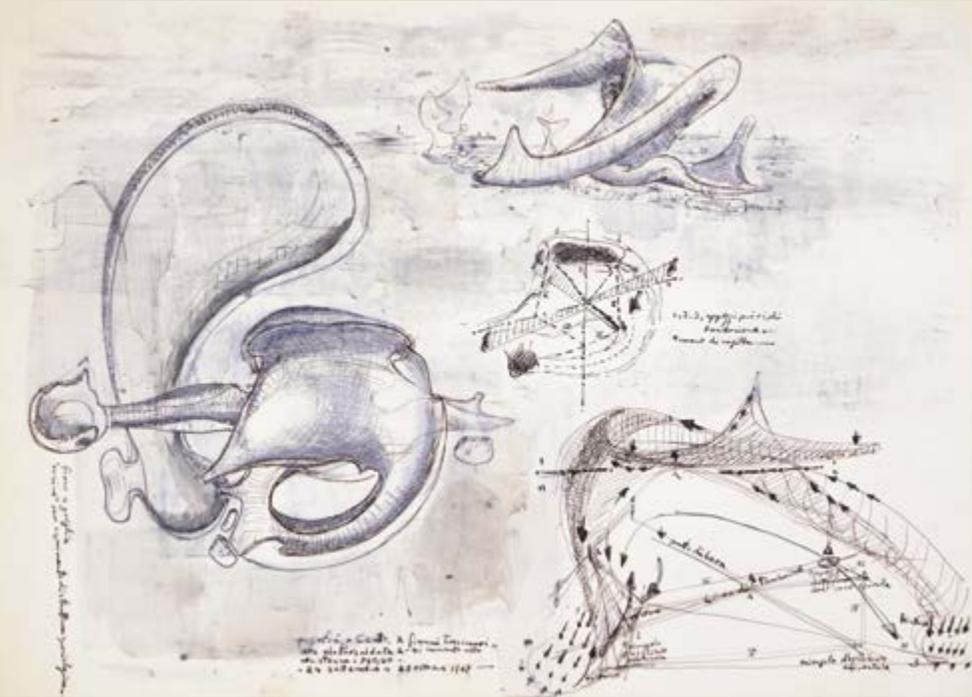
Verso una visione sistemica

La nascita di una visione sistemica della vita ha origine a partire dalla filosofia greca, Aristotele afferma «il tutto è maggiore della sommatoria delle parti» (Aristotele, 1973, pp. 454), principio sul quale nei primi decenni del XX secolo si fonda il pensiero olistico [1].

Nel secolo scorso, la nascita e lo sviluppo della matematica della complessità (teoria del caos, teoria dei frattali, matematica topologica), insieme al concetto di auto-organizzazione [2], principio innovativo nato nelle prime discussioni dei cibernetici [3], ha consentito di rivolgere lo sguardo verso il concetto di forma, inteso come studio dello schema. Invece di cercare di comprendere la sostanza, nel tentativo di capire di cosa è fatta la materia e arrivare ai suoi costituenti ultimi, la visione sistemica pone alla base della comprensione dei sistemi viventi lo schema, o rete di relazioni, quel qualcosa di non materiale e non riducibile che lega le parti. Fritjof Capra, in *La rete della vita* (Capra, 1989), reputa che i due aspetti fondamentali per ottenere una conoscenza completa di un sistema vivente (e non), sono la sintesi tra “schema” (forma, ordine, qualità) e “struttura” (sostanza, materia, quantità), entrambi legati indissolubilmente dal “processo”, l'attività necessaria alla materializzazione continua dello schema di organizzazione del sistema.

Introducendo tali aspetti in un organismo architettonico possiamo pensare di trovare la stessa rete di relazioni. Lo schema è dato da una serie di parametri progettuali (funzionali, strutturali, qualitativi) e le loro relazioni; la struttura è da intendersi come la materializzazione morfologica dello schema, ossia la rappresentazione dei reali componenti fisici del sistema caratterizzati da una forma e dal materiale applicato, in definitiva le possibili invarianti architettoniche [4]. Il processo è il linguaggio di crescita attraverso il quale lo schema si traduce in struttura.

All'interno di questo sistema, il risultato finale è una delle tante possibilità, assumendo il ruolo di esperienza che, tramite processi ricorsivi, viene immessa nuovamente all'interno del ciclo per portare a soluzioni evolutive più adatte. Schema, struttura e processo rappresentano le caratteristiche essenziali di un nuovo modo di approcciarsi all'architettura. Gli strumenti digitali, l'evoluzione tecnologico-costruttiva e la ricerca di nuovi materiali, offrono l'opportunità di una visione sistemica della progettazione, dove l'organismo architettonico non è scomponibile per parti, emergendo da un processo dove tutti gli elementi sono interconnessi.



01

La Natura come Modello

In natura ogni organismo, sia esso organico che inorganico, si sviluppa seguendo un processo che vede legati in modo sinergico Crescita e Forma. Alla base di questo ragionamento troviamo un importante concetto tohmpsoniano: «la forma di ogni porzione di materia, sia essa viva o morta, e i cambiamenti di forma che appaiono nei suoi moti e nella crescita, possono sempre venir descritti come l'effetto dell'azione di una forza. In breve la forma di un oggetto è un diagramma di forze.» (Tohompson D'Arcy, 1969, p. 9)

Henry Focillon sostiene che la materia ha una “vocazione alla forma” (Focillon, 1943): i diagrammi che visualizzano le direzioni e le tensioni lungo le quali agiscono le forze formatrici altro non sono che la figurazione dei principi che governano i processi di generazione, formazione e in-formazione delle incipienze morfologiche, inscritte nella materia, tendenti ad auto-organizzarla, spingendola ad assumere una determinata struttura. La natura come modello ha stimolato il lavoro di molti architetti, i quali hanno cercato di trasferire logiche presenti in natura in processi architettonici.

Buckminster Fuller è stato, forse, il primo a cogliere l'importanza delle relazioni, proponendo una «geometria sinergica» (Fuller, 1962, p. 116). Il principio sul quale si struttura questo pensiero nasce dalla volontà di indagare il mondo della natura con l'intento di risalire alle logiche

01
Vittorio Giorgini
“Scultura gioco da giardino”, 1969.
Committente:
Famiglia Tassinari
Luogo: Cento
(Ferrara)
© Archivio
Vittorio Giorgini

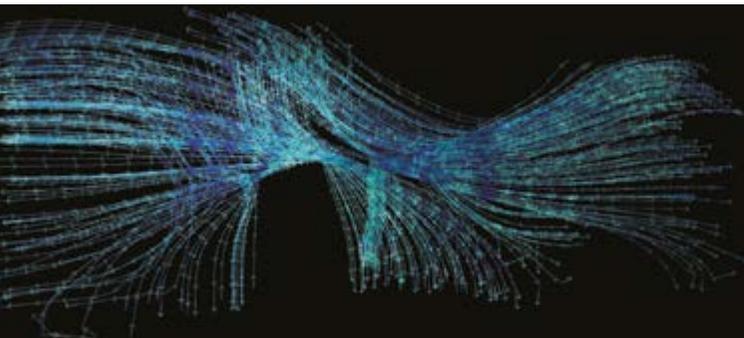
e alle relazioni che sono alla base dei principi formativi: la forma non è data ma si forma, è cioè sempre generata da un processo morfogenetico. La natura si organizza seguendo precise strutture disegnate dall'azione delle forze seguendo il principio del minimo dispendio di energia, base del concetto di ottimizzazione. In tal senso il linguaggio di crescita con cui la natura traduce lo schema in struttura è quello delle forze formatrici.

Per Vittorio Giorgini, architetto fiorentino attivo negli anni Sessanta del secolo scorso, «cercare di capire la forma della natura, vuol dire indagare all'interno di essa svelandone i funzionamenti, i cambiamenti, la loro genesi e la struttura, intendendo con quest' ultima il modo con il quale gli elementi e le parti si relazionano» (Del Francia, 2000, p. 39); un pensiero che lo ha portato a sviluppare metodologie architettoniche dove materiale, struttura, spazio si fondono come le note all'interno di una composizione musicale. Nelle sue sperimentazioni il segno e la forza diventano generatori primi di sistemi il cui grado di complessità si sviluppa aggiungendo alle tre dimensioni dello spazio una quarta, rappresentata dalla forza o energia [fig. 01].

È indubbio che l'architettura si sta muovendo su binari studiati già da tempo da architetti illuminati, e oggi grazie alla rivoluzione tecnologica in atto, è forse possibile codificare in modo più evoluto questo tipo di pensiero.

La Poetica delle Forze

Da queste esperienze si stanno delineando scenari di ricerca che portano a un nuovo modo di concepire l'architettura. Negli ultimi decenni, il design computazionale ha permesso di trovare processi generativi che legati allo sviluppo di nuove tecnologie (stampa 3D, macchine CNC, bracci robotici) e alla ricerca di nuovi materiali, hanno permesso l'evolversi di schemi in grado di indagare le potenzialità di una architettura sistemica. Il progetto assume un ordine complesso, le singole parti e il tutto sono costantemente relazionati; il risultato è un radicale cambiamento dell'approccio al progetto. La volontà di rendere un'idea una realtà formale, si afferma con lo stabilire i parametri di uno schema; la forma è il risultato che emerge dalle relazioni e dalle interazioni che scaturiscono tra le parti, attraverso diagrammi di forze [fig. 02]. All'interno di questo panorama si persegue l'intento di esplorare il potenziale di una progettazione – dall'architettura al design di tipo performativo – attraverso l'interconnessione tra le parti (spazio, struttura, materia) e la loro efficienza rispetto a determinate condizioni ambientali e strutturali, al fine di generare un organismo architettonico ecologico.



02

02
Diagramma di forze generato attraverso iterazioni di ottimizzazione di un sistema generico.
(Design: AyimStudio, 2016)

L'approccio ecologico rappresenta la via ottimale con cui le parti architettoniche entrano in relazione in modo da ottimizzare l'intero processo progettuale: un insieme di economie dall'idea alla realizzazione. L'organismo architettonico cresce generato da un codice genetico, che parte da uno schema in cui i parametri (condizioni ambientali, spazio e funzioni, staticità e tipologia di materiale) fanno emergere una struttura.

Fly-Around, *Balance* ed *Etere* sono i progetti che più rappresentano il nuovo scenario, esplorando le possibilità suggerite dalla generazione di un ordine spaziale attraverso processi di morfogenesi che trovano in specifiche forze i loro principi formativi. La poetica che le forze generano nel plasmare la materia, assume il ruolo di processo creativo, un principio formativo che mette in relazione i parametri progettuali creando una sinergia tra forma, spazio, struttura e materia.

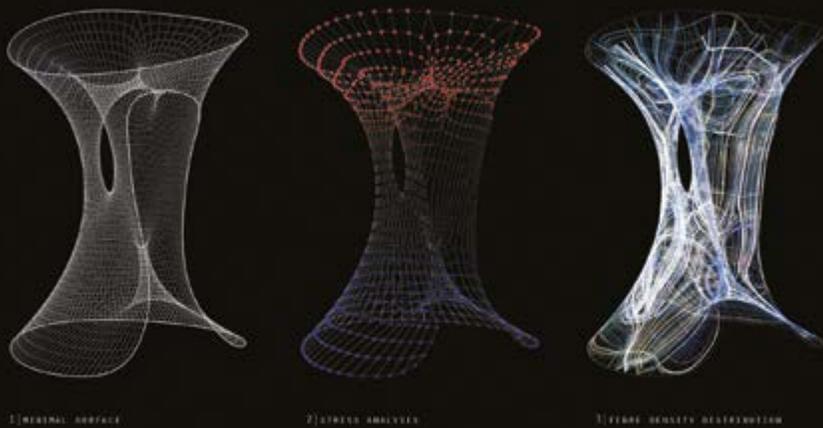
Il progetto *Fly-Around* [fig. 03] esplora la generazione di una scultura indossabile che si adatta al corpo attraverso la simulazione di uno *swarm intelligence* (intelligenza collettiva). Gestito da semplici regole come coesione, repulsione e allineamento, ne emerge un sistema in cui il comportamento collettivo di agenti interagisce con il corpo, producendo l'emergere di una scultura adattiva. I vettori di relazione tra gli agenti generano campi di forze che imprimono una conformazione spaziale. Sfruttando le isosuperfici, tale schema di connessioni assume densità materica. *Fly-Around* rappresenta il volo di uno stormo intorno a un corpo, una simulazione dinamica in grado di adattarsi e generare continuamente nuove configurazioni. Ovunque c'è una forma, agiscono (o hanno agito) delle spinte, delle tensioni, dei vettori, che a seconda del campo in cui operano si dispongono nello spazio dando origine a diverse modalità di morfogenesi.

Le tensioni che si generano sulle superfici sottoposte all'azione della gravità – o ai carichi – creano un diagramma di forze, il quale si configura come linee di stress che rappresentano la loro distribuzione, evidenziando le

03
Fly-Around, progetto di Art/Design realizzato con tecnologia Select-Laser-Sintering e galvanizzato in argento.
(Design: AyimStudio, 2015)



03



1) MINIMAL SURFACE

2) STRESS ANALYSIS

● FORCE → CONSTRAINT

3) FORCE DENSITY DISTRIBUTION

04

04

Balance: studio delle fasi progettuali; dalla forma al diagramma di forze. (Design: AyimStudio, 2014)



05

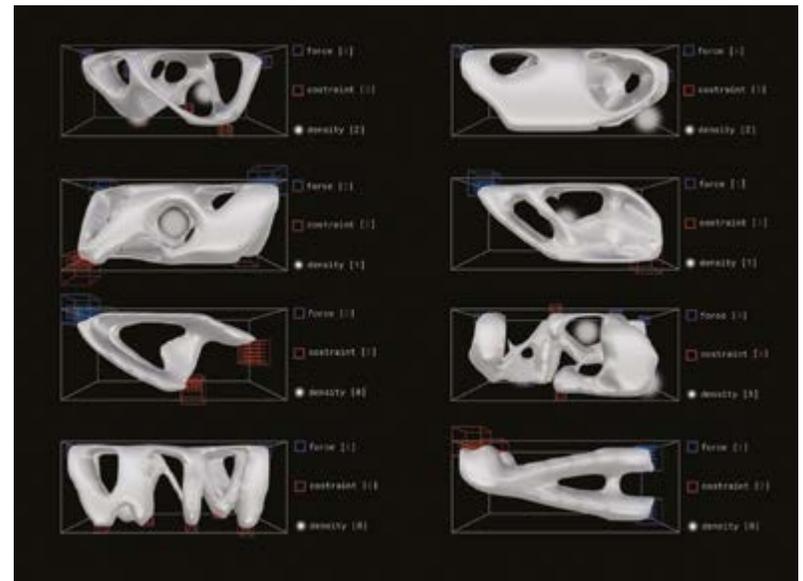
05

Balance: prototipo realizzato in resina trasparente con tecnologia SLA. (Design: AyimStudio, 2014. Foto di Micheli Mattia)

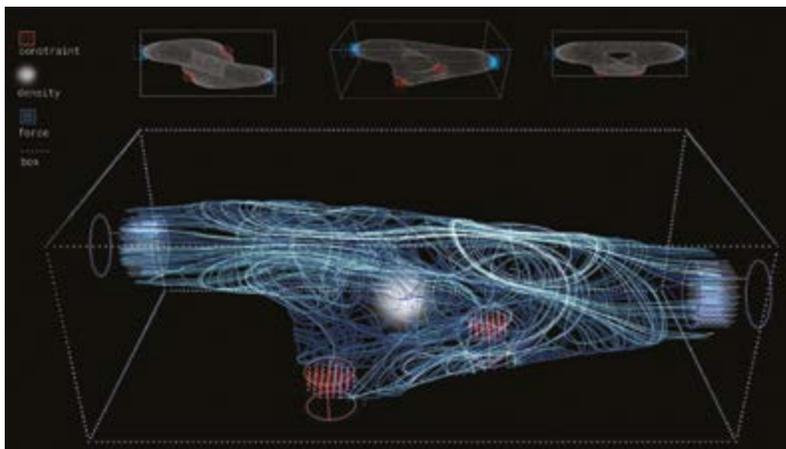
aree maggiormente sottoposte alle loro azioni. Le linee di stress creano una gerarchia che può essere tradotta a livello progettuale con parametri di densità, spessori e trasparenze. Questo ha portato a riflettere su come tale processo progettuale e i sistemi di fabbricazione (quale la stampa 3D) possano collaborare al fine di unificare in modo sinergico forma, materiale e struttura.

Lo sviluppo di questa ricerca ha portato alla progettazione di *Balance*, una seduta realizzata interamente in resina trasparente con tecnologia SLA (stereolitografia), dove le forze assumono un ruolo performativo, informando la superficie e generando un design ottimizzato. La geometria di partenza è data da una superficie minima, struttura che in natura presenta in ogni punto la curvatura media uguale a zero e quindi particolarmente stabile, generata seguendo requisiti funzionali propri di una seduta. Una volta definita la geometria di base sono stati applicati dei vincoli a terra e una forza verticale corrispondente al peso medio di una persona, in modo da analizzare le tensioni superficiali che si generano [fig. 04]. Lo spessore della membrana viene quindi ridotto al minimo, ottimizzando il materiale dove necessario, mentre il diagramma di forze diventa materia attraverso lo spessore degli irrigidimenti, che non conferiscono solo resistenza ma diventano anche espressione estetica [fig. 05].

06
Atlas di forme ottimizzate ottenute dalla variazione dei parametri, applicati a un box di progettazione. (Design: AyimStudio, 2016)



06



07

Se le forze formatrici possono essere gli agenti che legano schema e struttura, l'ottimizzazione topologica può essere il principio della loro materializzazione. Con l'ottimizzazione topologica, utilizzando software che sfruttano processi di *simulation driven* [4], è possibile verificare come varia la forma della struttura al variare dello spazio di progettazione e delle forze applicate. Utilizzando come parametri di studio densità, vincoli, carichi e caratteristiche del materiale utilizzato, è possibile ottenere un vero e proprio atlante di configurazioni spaziali, che variano al variare di questi parametri [fig. 06].

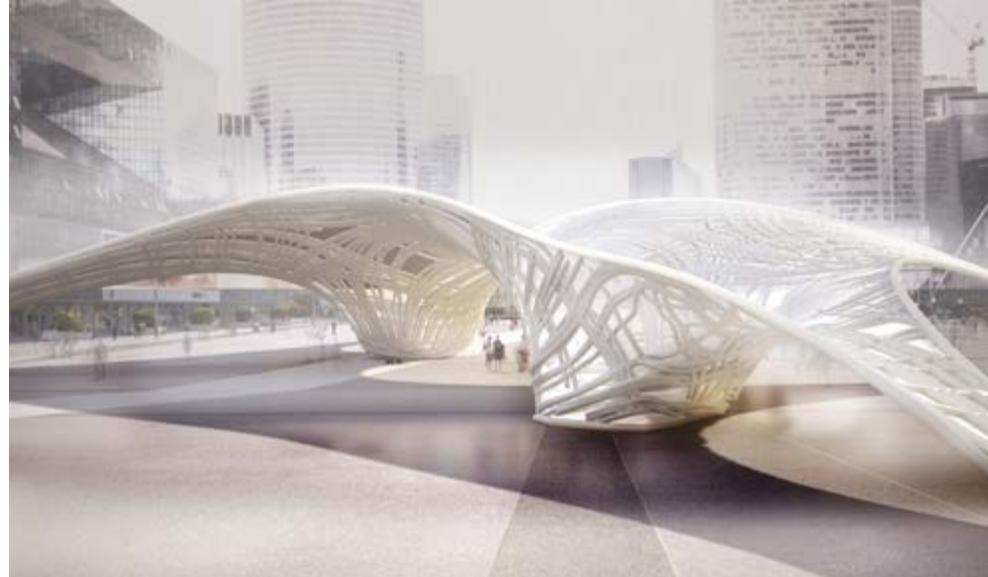
Etere rappresenta l'inizio di un percorso mirato a sviluppare esplorazioni spaziali finalizzate alla realizzazione di un'installazione architettonica, dove le forze applicate modellano la materia assumendo il ruolo di forze formatrici. Lo schema deriva dalla scelta di parametri come il



08

07
Etere-T1: Studio delle fasi progettuali; dalla configurazione del sistema di vincoli e forze all'ottimizzazione topologica. (Design: AyimStudio, 2017)

08
Etere-T1: Prototipo di un organismo architettonico, realizzato in poliammide con tecnologia Selective Laser Sintering. (Design: AyimStudio, 2017)



09

posizionamento di vincoli a terra, carichi, peso proprio dell'organismo e scelte spaziali tradotte in densità. Tale ricerca trova applicazione sfruttando plug-in di Rhino (Grasshopper+Millipede) che permettono di simulare come la materia, sottoposta a forze, si distribuisce all'interno di un box seguendo processi di ottimizzazione topologica [fig. 07] [fig. 08]. Vincoli, forze e densità diventano i parametri del sistema, i quali – relazionati da logiche progettuali spaziali – portano alla materializzazione di possibili morfologie che assumono come DNA evolutivo questi parametri. La materia si concentra nelle aree più sottoposte alle forze, generando parti ad alta densità e parti a bassa densità o nulla, definendo una gerarchia tra struttura e spazio. Le forze o meglio i loro diagrammi determinano come occupare lo spazio con la minor quantità di materia senza inficiare la staticità dell'organismo architettonico. Non si cercherà di definire quale struttura si possa meglio adattare a una data forma perché entrambe saranno il risultato di una reciproca influenza [fig. 09]. Il processo di ottimizzazione topologica mira a rendere la struttura più leggera e resistente possibile, individuando la disposizione migliore di materiale ed evitandone l'impiego non necessario, senza sacrificare la resistenza e sfruttando al meglio le risorse in visione di un modo di pensare ecologico dell'intero processo progettuale. I sistemi FDM (Fused Deposition Modeling), sia su Stampa 3D sia su Braccio Robotico, offrono la possibilità di stampare direttamente da modelli tridimensionali affiancandosi all'innovazione legata all'utilizzo dei materiali da costruzione

09
Etere-T2: Esplorazione spaziale per un'installazione architettonica; geometria generata da operazioni di FormFinding e ottimizzazione strutturale



10

come carbonio, plastiche, cementi, metalli, avvicinando sempre di più l'interazione diretta tra le fasi progettuali e quelle costruttive.

Etere ha come scopo quello di generare sistemi architettonici che si adattino al luogo e sfruttino le risorse in modo ottimale in relazione alle caratteristiche ambientali, morfologiche, strutturali e materiche. Un sistema architettonico che vede spazio, struttura e materia interconnessi e interdipendenti, uniti da un linguaggio risultante che avrà una propria espressione estetica [fig. 10].

10

Etere-T1:
Prototipo di un organismo architettonico, che vede spazio, struttura e materia interconnessi e interdipendenti

NOTE

[1] Il pensiero olistico, nato nel XVII secolo con il panteismo di Spinoza, è una posizione teorica basata sull'idea che le proprietà di un sistema non possono essere spiegate esclusivamente tramite le sue componenti.

[2] Nella teoria dei sistemi, l'auto-organizzazione è principalmente una forma di sviluppo del sistema attraverso influenze ordinanti e limitative provenienti dagli stessi elementi che costituiscono il sistema oggetto di studio e che permettono di raggiungere un maggior livello di complessità, esibendo proprietà emergenti.

[3] Il termine cibernetica ha indicato un vasto programma di ricerca interdisciplinare, rivolto allo studio matematico unitario degli organismi viventi e di sistemi sia naturali che artificiali, basato sugli strumenti concettuali sviluppati dalle tecnologie dell'autoregolazione, della comunicazione e del calcolo automatico, che sta alla base degli studi sull'intelligenza artificiale.

[4] L'ottimizzazione topologica è il processo matematico per ottimizzare la distribuzione del materiale, che sfrutta il processo di simulation-driven per generare processi di ottimizzazione.

REFERENCES

- Tohompson D'Arcy W., *Crescita e forma. La geometria della natura*, Torino, Boringhieri, 1969 (ed. or. **1917**), pp. 360.
- Focillon Henri, *Vita delle forme*, Torino, Einaudi, 1990 (ed. or. **1943**), pp. 134.
- Fuller R. Buckminster, *More Second Hand God*, Carbondale, Southern Illinois University Press, **1962**, pp. 145.
- Aristotele, *Metafisica*, in *Opere*, vol. VI, Roma-Bari, Laterza, **1973**, pp. 454.
- Fritjof Capra, *La rete della vita*, Milano, BUR-Rizzoli, 2005 (ed. or. **1989**), pp. 368.
- Otto Frei, *Finding Form*, Berlin, Edition Axel Menges, **1995**, pp. 240.
- Del Francia Marco, *Vittorio Giorgini*, Firenze, Angelo Pontecorboli Editore, **2000**, pp. 191.
- Lynn Greg, Rappolt Mark (a cura di), *Greg Lynn Form*, Bologna, Rizzoli, **2008**, pp. 204.
- Andrasek Alisa, *Biothing*, Paris, Frac Center, **2009**, pp. 144.
- Erioli Alessio, "Beyond Simulation", *DISEGNARE CON* n. 5, **2010**, pp. 63-82.
- De Toni Alberto, Comello Luca, Ioan Lorenzo, *Auto-Organizzazioni*, Venezia, Marsilio Editori, **2011**, pp. 279.
- Pawlyn Michael, *Biomimicry in Architecture*, London, Riba, **2011**, pp. 130.
- Achim Menges, *Computational Design Thinking*, New York, John Wiley & Sons, **2011**, pp. 224.
- Di Napoli Giuseppe, *I principi della forma*, Torino, Einaudi, **2011**, pp. 464.
- Oxman Neri, "Material Computation: Higher Integration in Morphogenetic Design", *AD Architectural Design* n. 82, **2012**, pp. 88-95.
- Di Raimo Antonio, Francois Roche-Eresie, *Macchiniche e architetture viventi di New-Territories*, Roma, EdilStampa, 2014, pp. 94.
- Macapia Peter, "Un détail de ce qui change Function of a function", *AD Architectural Design* n. 230, **2014**, pp. 68-77.
- Martelloni Gabriele, *Comunicazione privata*, <https://scholar.google.it/citations?user=ukulYHMAAAA&hl=it> [30 aprile 2016]

Enneper Pavilion

La fabbricazione digitale tra utopia progettuale
e pragmatica artigianale

Amleto Picerno Ceraso Medaarch, Mediterranean Fablab
amletocerno@gmail.com

L'architettura e il design sono chiamati a rivedere dal profondo le possibilità, abilitate dal digitale, riguardanti la realizzazione dei manufatti.

Solo oggi il digitale disvela in questi ambiti l'immenso potenziale che porta con sé, lasciando il seminato delle sue prime speculazioni, per affermarsi come strumento d'indagine per nuove metodologie progettuali e pratiche costruttive. È possibile utilizzare un approccio computazionale alla progettazione che fa della fabbricazione digitale il link tra nuove possibilità compositive, migliori performance e bisogni antichi? Le esperienze progettuali che si presentano in questo articolo, come l'Enneper Pavilion, sono da intendersi come il prodotto di una ricerca che opera per ridefinire i margini di questa enorme sfida che appassiona progettisti di varie estrazioni e ambiti culturali.

Fabbricazione digitale, Progettazione computazionale, Artigianato, Padiglione, Architettura

Architecture and design are called to revise from the depth the possibilities, enabled by digital tools, regarding the realization of different artifacts.

Only today, in these areas, digital reveals its great potential, affirming itself as a tool for investigating new design methodologies and constructive practices. It is possible to use a computational approach to design that makes digital fabrication the link between new compositional possibilities, better performance and ancient needs? The design experiences that appear in this article, such as the Enneper Pavilion, are intended as a product of a research that redefines the margins of this huge challenge that inspires designers from various extras and cultural ambitions.

Digital fabrication, Computational design, Craft, pavilion, Architecture

Cogliere lo spirito del tempo, lo *Zeitgeist*, così come inteso da Hegel nel suo saggio *Lezioni sulla filosofia della storia* (Hegel, 1840), è una delle aspirazioni più alte a cui ogni professionista fa tendere il proprio lavoro e le pratiche a esso legate.

Ovunque esso si nasconda al giorno d'oggi, e con tutte le dovute cautele, sembra emergere una strada, quella del digitale, che inevitabilmente va battuta affinché barlumi di quello Spirito possano affiorare. L'architettura, il design, le pratiche costruttive a loro conseguenti e i professionisti coinvolti lungo tutto il processo sono chiamati a rivedere dal profondo le possibilità alle quali il digitale stesso ha dischiuso la realizzazione di differenti manufatti. Il suo impatto in architettura sta, solo oggi, mostrando l'immenso potenziale che porta con sé, evolvendo le sue prime speculazioni più concettuali, per affermarsi come strumento d'indagine di nuovi approcci e pratiche.

Nuove prospettive del digitale fra design e architettura

Essendo il concetto di digitale annoverato nell'ambito delle tecnologie, anche per esso si attua quel mutamento per cui a un significativo aumento di aspetti quantitativi – in questo caso riferiti alla potenza di calcolo – se ne produce uno di tipo qualitativo riguardante il fine per cui la tecnologia è stata creata. Il mezzo travalica il fine e l'obiettivo per cui è nata la tecnologia stessa si trasmuta da strumento ad ambiente. Questa modificazione si è riversata nei due ambiti legati alle discipline citate: uno riguardante l'aspetto progettuale e l'altro che concerne le possibilità realizzative, attuando un riavvicinamento dei due ambiti che ne fa già ora intravedere nuovi margini d'azione e che, probabilmente, produrrà in futuro la nascita di una figura professionale ibrida, e per alcuni aspetti già delineata. Una figura artigianale nuova capace di essere sintesi di tutti gli aspetti legati al digitale in design e in architettura. Si è scelto di descrivere nel dettaglio l'opera realizzata dalla Medaarch e dal suo Mediterranean FabLab, in maniera da non slegare l'aspetto progettuale da quello sperimentale a quello realizzativo, proprio perché è nella loro fusione che si è raggiunta la realizzazione di Enneper Pavilion. Importante però, prima di citare i suddetti esempi, è tracciare in maniera separata le modalità con cui il digitale interviene in ambito progettuale e quelle in cui lo fa per la fabbricazione, così da penetrare fino in fondo quali sono i modi in cui si ottiene la sintesi sopra citata.

Quando e come il design interviene nella progettazione

Per quel che riguarda l'approccio alla progettazione di manufatti, i sistemi CAD ormai hanno perso il loro carat-

01



01
Enneper Pavilion
vista laterale

tere di “aiuto” al disegno e, attraverso tale eliminazione, si è giunti a identificare nell’acronimo CD (che sta per Computational Design) quelle pratiche progettuali possibili grazie all’uso di tale strumento. Infatti, sia per quel che concerne l’approccio parametrico gestito da software visuali di manipolazione delle informazioni attraverso algoritmi, come ad esempio Grasshopper [1], sia per quanto riguarda l’approccio generativo effettuato attraverso lo stesso Grasshopper (in un utilizzo spinto o con software più propriamente adatti alla gestione di un grande quantitativo di informazioni, con cui si attua un tipo di programmazione orientata agli oggetti [2]) si è di fronte a strumenti che non potrebbero essere sostituiti da una versione “analogica” degli stessi, così come invece accadeva con strumenti CAD.

Proprio nella programmazione orientata agli oggetti per il design generativo, messa in pratica a esempio attraverso Processing [3], si attua quel principio emulativo in ambito computazionale con cui si realizza appieno l’utilizzo degli strumenti digitali intesi come mezzo di indagine in ambito progettuale. Precise informazioni da attribuire a enormi quantità di oggetti – intesi come elementi generici (punti, linee, sfere, geometrie), in modo da definirne caratteristiche proprie e comportamentali all’interno di un ambiente di cui possiamo precisare dimensioni, caratteristiche puntuali e relazionali – permettono a esempio di emulare le dinamiche di sistemi complessi come i c.a.s. (sistemi complessi adattivi [4]), che evolvono e organizzano la materia di cui dispongono in determinate condizioni.

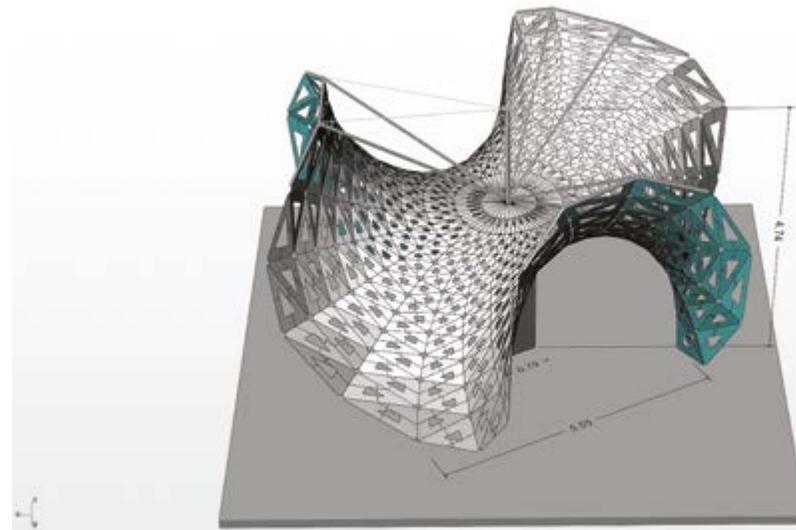
Tale studio ci porta alla generazione di forme che sono il risultato di un continuo ciclo di negoziazioni tra istanze informative in continua evoluzione. Ciò avviene in modo simile ai processi che mettono in essere gli sciami di api

per la costruzione del proprio alveare. Tale struttura, dotata di performance qualitative altissime non ha un disegno predeterminato ed è plausibile l’ipotesi che essa venga generata da un continuo scambio di informazioni tra gli agenti all’interno dello sciame e le condizioni dell’ambiente esterno. Si realizza così un programma biologico, una routine che dona la capacità a tutto il sistema di adattare e coordinare, in tempo reale, le proprie attività, comprese quelle costruttive. L’alveare, nella sua risposta formale e funzionale posta in essere dalle api, è frutto di un complesso sistema che agisce a livello locale attraverso regole semplici, reiterate per un numero elevatissimo di volte capaci di produrre un risultato che, nella sua qualità, è più articolato e performante della somma delle singole informazioni scambiate puntualmente dalle stesse api.

Questi risultati sono tipici all’interno dei sistemi complessi e vengono chiamati “comportamenti emergenti”. Non esiste un’ape architetto, bensì le caratteristiche di tutto il sistema complesso “sciame” con le quali esso comunica, vive e organizza le proprie attività, permettono la nascita di una risposta “ambientale” (intesa nella duplice veste di relazione e modificazione dello spazio in cui la api vivono) che si manifesta attraverso la costruzione di un alveare.

Sistemi computazionali che emulano comportamenti su descritti, trovano applicazione nella generazione di forme le quali seguono un processo progettuale cosiddetto *bot-*

02
Modello digitale
tridimensionale



02

tom-up, contrapposto a quello *top down* in cui la forma è in qualche modo pre-fornita.

Alla luce delle possibilità che un tale approccio computazionale offre all'ambito del progetto architettonico e di design, sembra una naturale conseguenza lo spostamento di alcuni paradigmi progettuali verso temi conosciuti, come quello della natura, o verso pratiche note come quella del *form-finding*, ma esercitate con un'attenzione non più concentrata solo sul prodotto finale, bensì focalizzata maggiormente sui processi capaci di generare non un singolo risultato, ma una famiglia allargata di possibili prodotti, un cultura fenotipica all'interno di un genotipo.

Digital Fabrication: design, materiali e processo

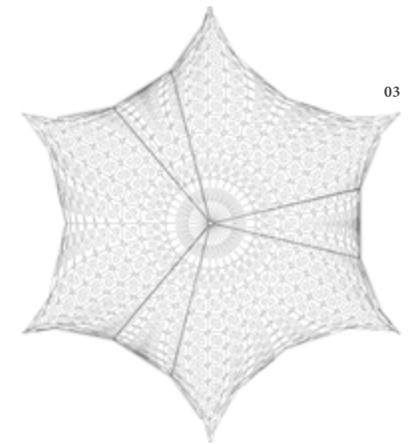
Per quel che concerne, invece, l'impatto del digitale sulle pratiche costruttive e sulle tecniche manifatturiere in generale, esso comprende tutte le attività che vanno sotto il nome di *digital fabrication*.

In particolare la fabbricazione attraverso l'uso di macchine a controllo numerico, sempre più preformanti e flessibili, da un lato abilita alla realizzazione di morfologie che altrimenti sarebbero restate solo in versione bidimensionale, dall'altro sprona l'approccio progettuale verso la massimizzazione delle potenzialità lavorative delle stesse macchine. L'aspetto interessante di questo approccio è legato al fatto che le suddette potenzialità non riguardano solo tecnologie nuove, come a esempio la stampa 3D, ma sono allargate a tutta la gamma di lavorazioni che potrebbero essere attuate attraverso l'uso del digitale.

Come spiega Neil Gershenfeld, direttore del Center for Bits and Atoms del MIT: «Il futuro è trasformare i dati nelle cose, e non è né un sistema additivo né sottrattivo. Nel 1952 è stato collegato il primo computer a una fresatrice. Quello che si è sviluppato dal 1952 in avanti è una rivoluzione digitale nel fare le cose» (Gershenfeld, 2005, p. 43). Per Gershenfeld, la vera rivoluzione della fabbricazione è molto più profonda: consiste nell'aggiungere programmabilità al mondo fisico. In un esempio per esplicitare questo concetto, egli ha suggerito di confrontare le prestazioni di una stampante 3D a un bambino che assembla costruzioni Lego. L'assemblaggio della costruzione da parte del bambino sarà più accurato rispetto alle capacità motorie dello stesso, in quanto i pezzi sono progettati per montarsi insieme in allineamento. Il processo di stampa 3D, invece, accumula errori magari a causa di un'adesione imperfetta negli strati inferiori. Una materia capace di essere programmata, funzionerebbe come i mattoni della Lego.

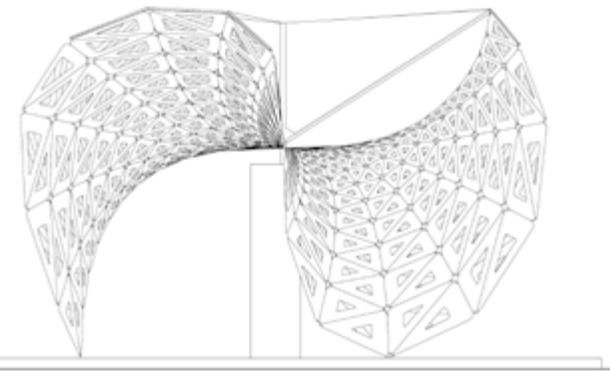
Neil Gershenfeld ha spiegato come il sistema di costruzione della Lego rappresenti la digitalizzazione del materiale,

03
Modello digitale: vista dall'alto

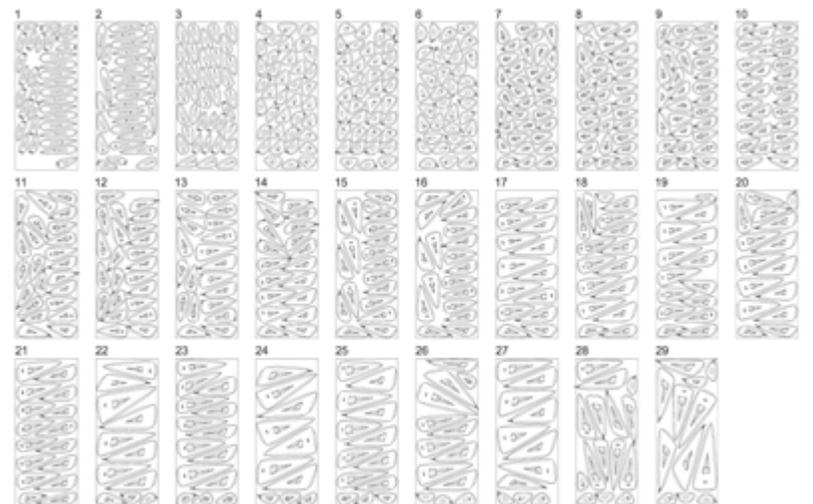


03

04
Modello digitale: vista frontale



04



05

mentre la stampa 3D è ancora un processo analogico che attinge a strumenti digitali e, proprio come è stato fatto con i Lego, risulta necessario cominciare a digitalizzare la fabbricazione imparando a programmare la crescita dei materiali in modo che «il codice sia immesso in loro e non li descriva solamente, ma diventi esso stesso materiale» (Gershenfeld, 2005).

«La fabbricazione digitale è digitalizzare non solo la fabbricazione ma il design, i materiali e il processo» (Solon, 2013, p. 51). Essa è, quindi, un processo di più lavorazioni che usa strumenti digitali per programmare la materia a diverse scale, indirizzato a ottenere un manufatto dalle prestazioni più elevate.

Il fine ultimo, sia dell'approccio progettuale legato al computational design, sia delle pratiche di fabbricazione digitale, risiede quindi nella possibilità di informare la materia, di renderla programmabile, di progettare non più il prodotto ma il processo e gli strumenti che portano all'aggregazione della materia in differenti stati e che può avvenire a più scale, da quella molecolare a quella macroscopica, con materiali che a oggi non sono considerati propri delle discipline sopra citate, ma che in futuro saranno sempre più vicini a quelli "vivi".

L'Enneper Pavilion: un approccio alla digital fabrication

All'interno della sperimentazione che la Medaarch e il Mediterranean FabLab hanno sviluppato, è proprio la fabbricazione digitale a creare un loop tra la tensione progettuale e i limiti della materia. Una delle ultime realizzazioni portate avanti dal primo FabLab del Sud Italia è l'Enneper Pavilion, un padiglione commissionato da Artigiancassa Gruppo BNP Paribas in occasione della Maker Faire Rome 2016 [5].

La superficie di Enneper [fig. 01] [fig. 02], in geometria e in matematica, è una superficie che può essere descritta in forma parametrica e la sua peculiarità è quella di avere, in ogni suo punto, una curvatura media pari a zero; pertanto, rientra nella famiglia delle Superfici Minime. In



06

07

06
Struttura
di supporto

07
Fasi di
assemblaggio
degli elementi
in Alucobond

08



08
Particolare
della superficie
interna

09



09
Visione
di dettaglio

architettura le superfici minime sono state utilizzate per realizzare opere mirabili, basti pensare a Eero Saarinen per il TWA Terminal, o Sergio Musmeci per il Ponte sul Basento. Grazie agli spazi articolati dalle superfici minime, gli architetti hanno potuto lavorare sulla sperimentazione di membrane portanti capaci di risolvere in uno "spazio minimo" la connessione di forme libere.

Per la realizzazione dell'Enneper Pavilion [fig. 03], la Medaarch ha progettato e creato un'area espositiva che si sviluppasse come connessione interna a una curva di bordo chiusa nello spazio. Una superficie minima che potesse dare risposta, nella sua continuità geometrica, sia agli spazi d'accoglienza, sia alle zone riservate per incontri privati, così come richiesto dalla committenza. Le esigenze espresse dal cliente hanno portato all'individuazione di uno schema funzionale racchiuso in una curva circolare, che contenesse tre zone per gli incontri privati e tre ingressi al padiglione. La stessa curva è stata, poi, dimensionata ottenendo un cerchio piano di 9 m di diametro.

Per il disegno della curva perimetrale chiusa nello spazio, sulla quale sviluppare la superficie minima, è stato diviso il cerchio in sei parti uguali spostando una metà delle stesse di 2,5 m verso l'alto e l'altra metà di ulteriori 2,5 m verso il basso. Le parti sono state, poi, raccordate in modo da ricostruire la continuità geometrica. La curva, infine, è stata rastremata verso l'alto, per aumentarne la tensione verticale; su tale curva è stata sviluppata una superficie minima successivamente discretizzata e planarizzata in seicento pannelli triangolari [fig. 04].

Le dimensioni e il conseguente numero dei pannelli triangolari che compongono la superficie, tengono conto sia di fattori estetici, utili per conferire morbidezza all'intera forma, sia di fattori strutturali, relativi al possibile sbandamento planare delle superfici, sia di fattori costruttivi, inerenti le dimensioni massime delle comuni macchine di fresatura CNC [fig. 05].

Il materiale scelto per la costruzione del padiglione è il Dibond, un sandwich di alluminio-plastica-alluminio dello spessore totale di 3 mm. Il Dibond conferisce alla struttura leggerezza e, al contempo, rigidità planare; inoltre, la capacità di questo materiale di mantenere la forma una volta piegato, è stata utilizzata per realizzare un sistema di alettatura perimetrale che ha fatto da alloggio per la bulleria di fissaggio dei diversi pannelli. La fase di lavorazione ha visto l'utilizzo di 60 mq di Dibond e più di 100 ore di utilizzo macchina.

Dato l'esiguo spessore del materiale, è stata progettata una struttura di sostegno in acciaio [fig. 06] che ha un solo punto di aggancio a terra (nella parte centrale della superficie) e tre stralli che si ancorano alle parti del padiglione configurandone l'ingresso [fig. 07].

Ciascun pannello triangolare è stato svuotato al suo interno per aumentare il senso di leggerezza e trasparenza dell'intera struttura espositiva. Il padiglione è stato, poi, dotato di un sistema domotico capace di movimentare le alette interne ricavate grazie alla suddetta azione di alleggerimento di ciascun pannello triangolare [fig. 08] [fig. 09]. L'utilizzo di schede per la prototipazione elettronica, di sensoristica e di attuatori lineari, ha permesso la movimentazione di alcune parti della struttura in relazione alla presenza dei visitatori.

Gli arredi, anch'essi in Dibond, seguono la stessa logica della progettazione del padiglione, che ricava l'oggetto a partire da una lastra piana di materiale per poi arrivare alla forma finale attraverso successive piegature [fig. 10]. Gli strumenti per la progettazione, la verifica e la fabbricazione della struttura del padiglione realizzato per Artigiancassa Gruppo BNP Paribas, fanno parte di quella



10

famiglia di software utilizzati per un approccio computazionale al design.

Interessante è stato verificare come l'utilizzo di questi tools è stato costantemente accompagnato da un approccio artigianale che ha operato con le più classiche (ma altrettanto efficaci) tecnologie per la realizzazione di apparati architettonici. Gli arredi e la struttura del Padiglione Eneper hanno dato vita a un'esperienza espositiva innovativa e unica, che il pubblico e la committenza hanno potuto apprezzare all'interno di uno spazio elegante, leggero e dalle forme ardite [fig. 11].

NOTE

[1] Grasshopper è uno dei più potenti strumenti parametrici per la generazione e il controllo di forme complesse a qualsiasi scala: dall'architettura al design. Distribuito gratuitamente come plug-in di Rhinoceros, Grasshopper è in grado di generare forme tridimensionali complesse attraverso la definizione di un diagramma a nodi che descrive le relazioni tra le parti (logica associativa) di un qualsiasi progetto.

[2] La programmazione orientata agli oggetti (OOP, Object Oriented Programming) è un paradigma di programmazione che permette di definire oggetti software in grado di interagire reciprocamente attraverso lo scambio di messaggi.

10
Sistema per
l'ospitalità



11

[3] Processing è un linguaggio di programmazione che consente di sviluppare diverse applicazioni come giochi, animazioni e contenuti interattivi. Eredita la sintassi, i comandi e il paradigma di programmazione orientata agli oggetti dal linguaggio Java aggiungendo numerose funzioni di alto livello per gestire facilmente gli aspetti grafici e multimediali. È distribuito sotto la licenza libera GNU General Public License ed è supportato dai sistemi operativi Linux, Mac OS X e Microsoft Windows. Processing può interagire con la scheda Arduino.

[4] I Sistemi adattivi complessi sono una "raccolta macroscopica complessa" di "microstrutture simili e parzialmente connesse tra di loro", formate in modo da adattarsi all'ambiente che cambia, aumentando la sua capacità di sopravvivenza come macrostruttura. Essi sono complessi in quanto sono reti dinamiche di interazione; le loro relazioni non sono aggregazioni delle singole entità statiche; adattivi in quanto il comportamento individuale e collettivo muta e si auto-organizza rispetto al cambiamento del micro-evento o dell'insieme di eventi.

[5] Enneper Pavilion è un progetto di Medaarch s.r.l. s.t.p. – Mediterranean Fablab. Designed by: Ing. Gianpiero Picerno Ceraso, Arch. Amleto Picerno Ceraso; Arch. Giuseppe Luciano. Progettazione elettronica per la domotica: D.RE.A.M. FabLab, Città della Scienza. Building by: Salvatore Bisogno s.n.c. Comunicazione, immagini e coordinamento Enneper Pavilion: Dott.ssa Francesca Luciano.

11
Enneper pavilion:
vista frontale

REFERENCES

Hegel Friederich, *Vorlesungen über die Philosophie der Geschichte*, 1840 (tr. it. *Lezioni sulla filosofia della storia*, Bari-Roma, Laterza, 2010, pp. 514).

Frazer John, *An Evolutionary Architecture*, Londra, Architectural Association, 1995, pp. 127.

Benyus Janine M., *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, New York, William Morrow & Co., 1997, pp. 308.

Tsui Eugene, *Evolutionary Architecture: Nature as a Basis for Design*, New York, John Wiley, 1999, pp. 342.

Weinstock Michael, "Morphogenesis and the Mathematics of Emergence", *Architectural Design*, vol. 74. Part. 3, 2004, pp. 10-17.

Gershenfeld Neil, *Fab. Dal personal computer al personal fabbricatore*, Torino, Codice Edizioni, 2005, pp. 253.

Reiser Jesse, Umemoto Nanako, *Atlas of Nouvel Tectonics*, New York, Princeton Architectural Press, 2006, pp. 261.

Steadman Philip, *The Evolution of Designs: Biological Analogy in Architecture and the Applied Arts*, New York-Londra, Routledge, 2008, pp. 302.

Lloyd Andreas, *Bootstrapping Complexity*, Distributed with permission under a Creative Commons license, 2009, pp. 155.

Herreman JuliaWalter, *FABLAB of a machine makers and inventors*, Wetzlar, Maiuskel Medienproduktion, 2013, pp. 261.

Solon Olivia, "Digital fabrication is so much more than 3D printing", 2013 <http://www.wired.co.uk/news/archive/2013-03/13/digital-fabrication> [maggio 2017]

http://www.arturotedeschi.com/wordpress/?page_id=4559#sthash.emmR3RLJ.dpu [maggio 2017]

Il progetto della rivista scientifica in Open Access di *MD Journal*, indirizzata a disseminare e far circolare i contributi della ricerca sul design, è sostenuto – per l'anno 2016, in relazione a una visione di responsabilità sociale d'impresa nei confronti della ricerca universitaria intesa quale leva di crescita e di stimolo all'innovazione – da Aretè & Cocchi Technology.



Aretè & Cocchi Technology è un gruppo industriale dedicato a innovazione, tecnologia e crescita.

A&CT è costituito da otto aziende che impiegano una forza lavoro totale di 350 persone di 15 nazionalità, con produzione in Italia, Francia, Stati Uniti e Cina; i centri tecnici sono dislocati in sette paesi e la rete di vendita copre ben novanta nazioni.

La presenza internazionale permette al gruppo di istituire forti relazioni con i mercati globali e con i clienti, pur proseguendo gli investimenti e le acquisizioni per svilupparsi ulteriormente in termini di geografia, prodotti, tecnologie e know-how.



www.aretecocchitechnology.com

