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-accrescitive 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

C. Langella Orcid id 0000-0002-4346-656X
C. Santulli Orcid id 0000-0002-1686-4271

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

Biomimesi parametrica

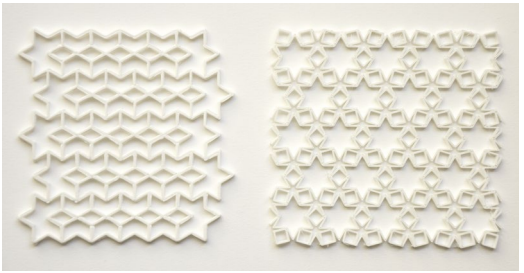
Il processo di crescita naturale può essere considerato come un design non intenzionale, nel senso che, mentre nel caso della progettazione l'obiettivo è quello di ottenere un oggetto con determinate caratteristiche, la natura procede attraverso un processo evolutivo ininterrotto. Di conseguenza, un 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 "somiglianza", 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

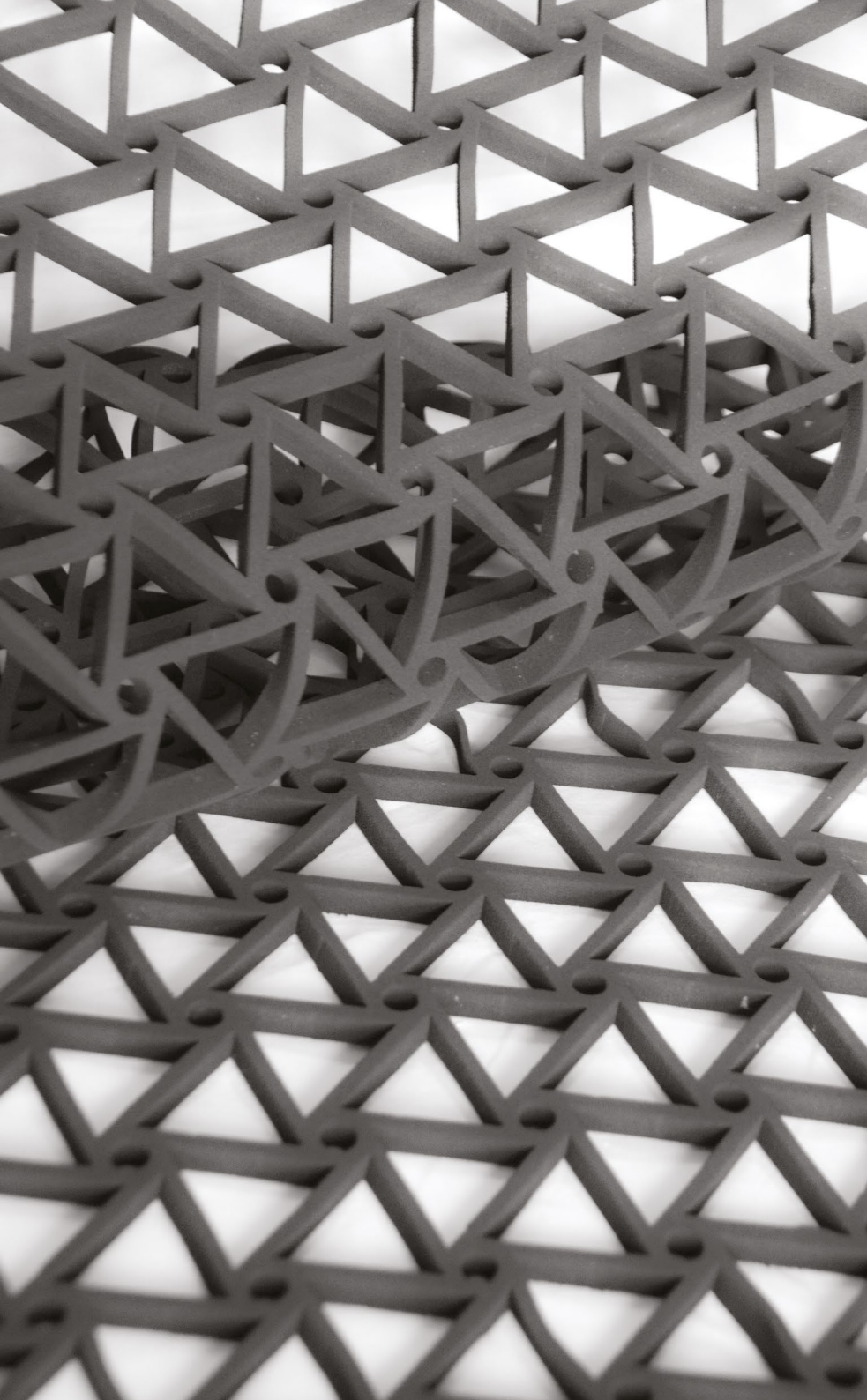
Il risultato è che tassellazioni e alveoli ricoprono, in modo indifferenziato e poco espressivo, superfici di oggetti di bassa qualità con effetti di ridondanza visiva che inducono quasi a rimpiangere la *flatness* degli oggetti tutti uguali e bianchi da cui il design parametrico prometteva di sfuggire.
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 spiraliformi 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 mutuare 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 anatomie. Design: Martina Panico, relatore: Carla Langella, correlatore: Carlo Santulli

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

03



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 poterlo 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

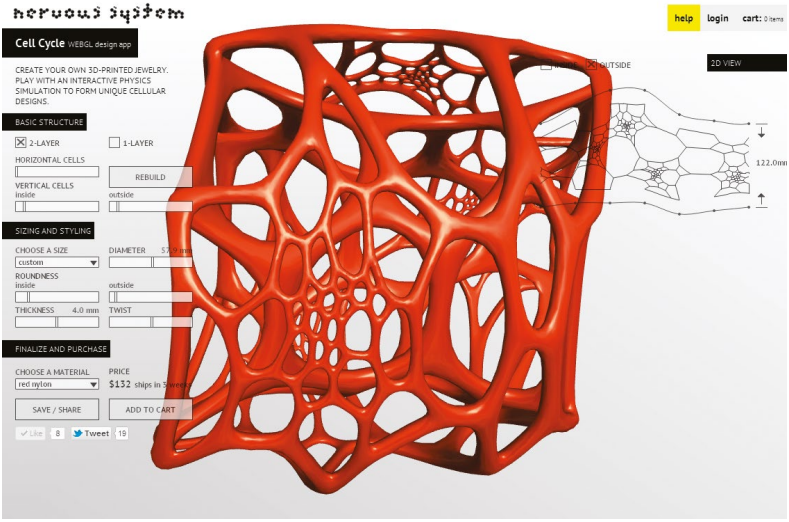
05

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 consenta 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 "spersonalizzazione" 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

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

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

08b

in cui l'algoritmo assume una motivazione funzionale. Esempio di questa possibilità sono le scarpe progettate per New Balance, in cui le suole 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