

# Manifattura digitale e produzione su misura a distanza

Nuovi orizzonti dell'esperienza d'uso  
e dei processi progettuali

**Annalisa Di Roma** Politecnico di Bari, Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura DICAR [annalisa.diroma@poliba.it](mailto:annalisa.diroma@poliba.it)

**Alessandra Scarcelli** Politecnico di Bari, Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura DICAR [alessandra.scarcelli@poliba.it](mailto:alessandra.scarcelli@poliba.it)

Il paper [1] propone la riflessione maturata nell'ambito disciplinare del Disegno Industriale in riferimento ai metodi del progetto, l'innovazione di prodotto e la definizione di nuove modalità di interazione del prodotto e del processo da parte dell'utente finale.

L'obiettivo principale è contribuire alla definizione dello scenario del design contemporaneo, focalizzando il ruolo degli strumenti digitali e delle reti di comunicazione IoT che attraverso il virtual prototyping, il digital manufacturing e lo sviluppo degli smart materials apre a nuovi significati sociali e culturali dell'artefatto di design.

*Esperienza utente, Manifattura digitale, Sistemi di progetto e produzione cad/cam, Tecnologie indossabili, Materiali tessili intelligenti*

The present paper proposes a theoretical reflection on projects methods, product design innovation and new user centred methods for interactive experience both related with product use and with design and production process. The main objective is to contribute to the definition of the contemporary design scene, focusing on the role of digital tools and the IoT communications networks, with a particular reference to social and cultural new meanings of the artifact associated to the virtual prototyping, digital manufacturing and smart materials.

*User experience, Digital manufacturing, Cad/cam production systems, Wearable tech, Smart textiles*

### Smart/Active: il design della interazione

Cultura tecnologica, cultura materiale e arte sono alla base della forma sensibile del tempo (Kubler, 1976); al design è assegnato il ruolo di definire codici di linguaggio coerenti e lo sviluppo di scenari per l'interazione tra l'uomo, le cose [2] e l'ambiente.

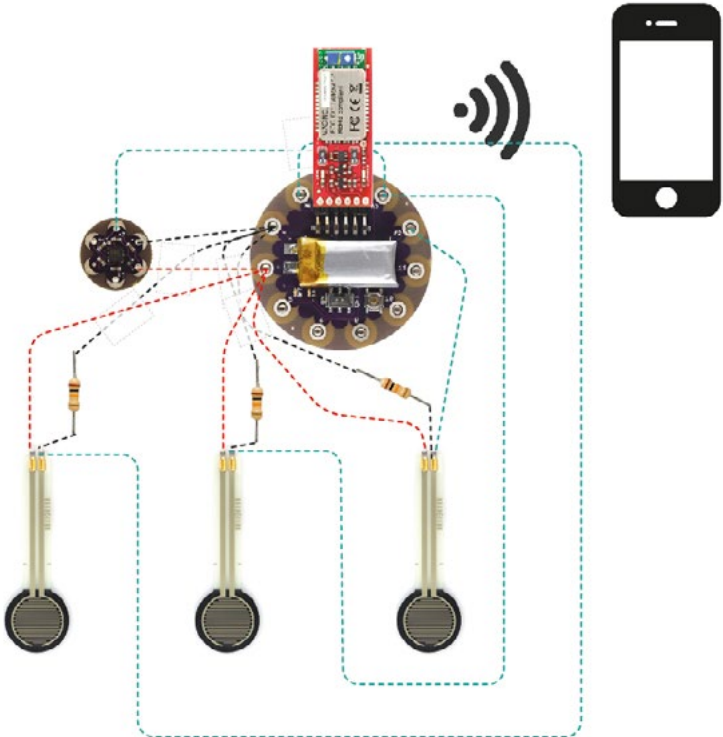
La quarta rivoluzione industriale ha avuto effetto tanto sui processi produttivi e sui materiali avanzati quanto sulla nascita di oggetti portatori di nuovi significati culturali e funzionalità inedite, abilitate dallo sviluppo di architetture di rete e protocolli di comunicazione (IoT). Questi aspetti hanno supportato l'arricchimento strumentale della realtà (Maldonado, 1992) abilitando sempre più il corpo umano ad essere una periferica di scambio attivo e passivo di dati, interconnesso attraverso sensori, protocolli di comunicazione e dispositivi di trasmissione alle capacità computazionali del terminale tecnologico. Questo processo, avviato con la rivoluzione digitale agli inizi degli anni '80, ha al principio determinato la concezione di una classe di artefatti intesi come *protesi*, abilitanti il potenziamento o la sostituzione delle capacità prestazionali del corpo umano, attraverso i cosiddetti *medical device*; oggi ha sempre maggiore rilievo il tema della *customizzazione*, focalizzando nuove prestazioni che attengono al *life style*, alla *performance artistica* e alla *comunicazione visiva*.

La miniaturizzazione della tecnologia (micro e nano elettronica, nano materiali) ha, di fatto, reso possibile l'implementazione dei sistemi di interazione ed interscambio dati, in grado di interconnettere l'uomo alla macchina, attraverso il clothing (Fortunati et al., 2003). In campo medico, l'applicazione della sensoristica ai *device* è stata rivolta allo sviluppo dei "ricettori di dati" in grado di comunicare lo stato di salute (battito cardiaco, pressione sanguigna, livello insulinico, ecc.). Ma i più interessanti sviluppi contemporanei risiedono nella possibilità di gestire i dati di input e di output agendo direttamente sulla informazione digitale. Questa rivoluzione, dovuta alla diffusione su larga scala dei prodotti *open source* (Boldrini, Levine, 2012, pp. 22-24), ha offerto nuove opportunità, permettendo all'utilizzatore di intervenire in qualsiasi fase del processo di ideazione di artefatti di fatto aperti ad infinite possibilità di customizzazione, definendo una nuova cultura del design, mediatore delle istanze tecnologiche e delle istanze sociali e culturali, e alimentando una nuova epoca delle industrie culturali e creative.

A questo proposito si pensi alle potenzialità di sviluppo nel campo delle performance visive del progetto di laurea *E-Traces* di Lesia Tugba [3]. Le scarpe da ballo [fig. 01]



01



02

01-03  
E-Trace progetto di una scarpa  
da ballo di Lesia Tugba  
([http://www.domusweb.it/it/notizie/2014/11/20/lesia\\_trubat\\_e-traces.html](http://www.domusweb.it/it/notizie/2014/11/20/lesia_trubat_e-traces.html))

[fig. 02] [fig. 03] progettate da Lesia ragionano intorno ad un nuovo concetto del design dell'artefatto: si tratta dell'implementazione di dispositivi sensoristici di pressione e movimento alla scarpa da ballo tradizionale, in grado di trasportare la performance artistica nel campo delle arti visive. Lo sviluppo del concept è stato possibile grazie all'utilizzo di una scheda elettronica Arduino in grado di convertire gli input di movimento in output grafici, linee luminose, che *tracciano* le evoluzioni della performance di movimento in tempo reale. Le tracce luminose della danza diventano nuovi input customizzabili attraverso l'uso di uno smartphone, grazie alle funzionalità dell'App dedicata che consente la rielaborazione delle immagini e dei video prodotti.

L'impatto sociale delle smart technology è il punto di partenza dell'applicazione al progetto di calzatura le Chal [fig. 04] del designer indiano Anirudh Sharma. La scarpa, dotata di sensori di movimento e attuatori direzionali attraverso Arduino, collega la posizione dell'utente ai sistemi di navigazione GPS e contemporaneamente acquisisce mediante l'attuatore gli input (vibrazione) di direzione. Questo sistema è pensato per una utenza ipovedente ed agisce attivando la percezione aptica mediante impulsi (vibrazioni) in grado di orientare il movimento.

03



Tra performance artistica e riflessione attorno ai temi climatici ambientali nasce il progetto Climate Dress del 2009, dello studio danese Diffus Design. L'abito, [fig. 05] realizzato in collaborazione con l'azienda Forster Rohner, l'Alexandra Institute e la Danish School of Design, è dotato di un apparato decorativo ricamato al cui interno sono incorporate e evidentemente visibili delle schede Arduino, collegate a sensori di CO<sub>2</sub> e programmate per attivare un circuito luminoso a LED: dallo scambio di informazioni con l'ambiente risulta un gioco di luci dinamico, che mostra la sensibilità dell'uomo ai differenti livelli di anidride carbonica presenti nell'aria che respira.

### Custom fit shoes design

Tra i dispositivi indossabili quello che più degli altri si presta ad un aggiornamento tecnologico, in termini di miglioramento delle prestazioni fisiche ma anche di implementazione di funzionalità del tutto innovative, è la calzatura.

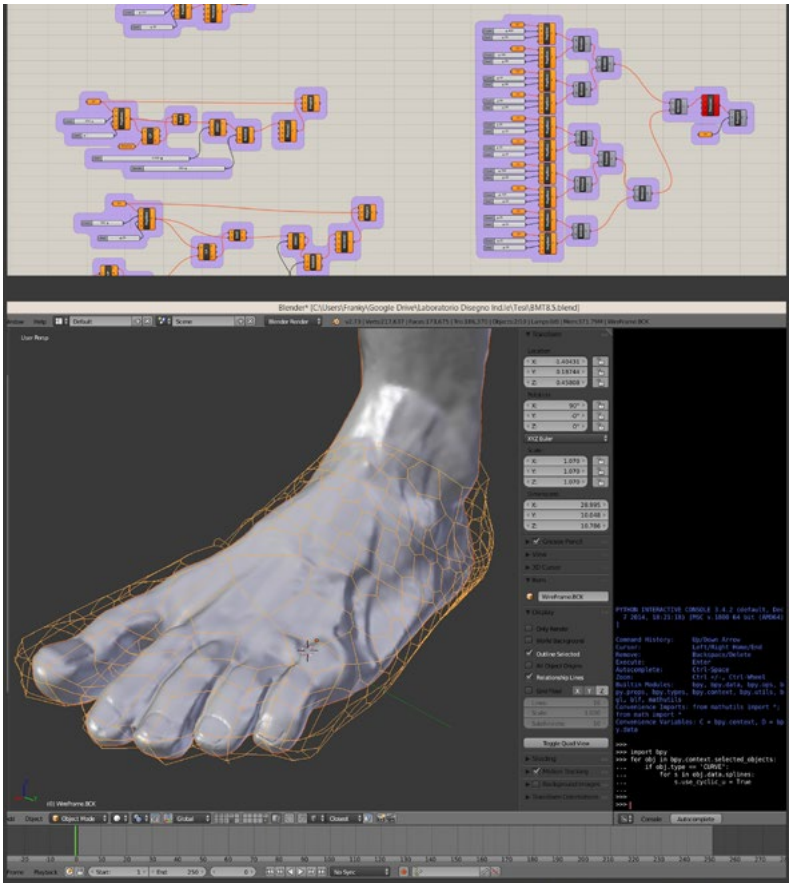
La possibilità di interfacciare il mondo della ricerca in fase di sperimentazione progettuale, con il mondo della produzione industriale, mediante processi di *virtual prototyping*, definisce una delle più importanti innovazioni sul piano della forma e delle performance tecniche del prodotto e configura nuovi protocolli operativi destinati a ridefinire il sistema manifatturiero. Le prassi artigianali di produzione su misura, un tempo destinate a prodotti di alto pregio, attraverso gli strumenti di acquisizione digitale dei dati antropometrici, mediante laser scanner e strumenti di acquisizione del dato posturale e baropodometrico, configurano una nuova epoca dei dispositivi indossabili [fig. 06]. La possibilità che questa fase di acquisizione dati avvenga, poi, a distanza, e attraverso un semplice invio di file vettoriali giunga in qualsiasi luogo, immettendosi nella fase di sviluppo di processo del prodotto dalla progettazione sino alla produzione delle componenti e del sistema assemblato, rivoluziona la stessa concezione in fase di progetto. In linea con le tenden-



04  
Le Chal, scarpa progettata dal designer indiano Anirudh Sharma. (<http://www.lechal.com/>)

05  
Climate Dress, Diffuse Design. (<http://www.diffus.dk/climate-dress/>)





06

ze all'allungamento dell'età media, al *lifestyle* informale e confortevole, oltre che alla necessità di implementare prestazioni di correzione medica, il mercato delle calzature in particolare si orienta sempre più verso soluzioni customizzabili. Questo aspetto costituisce una evoluzione dell'apporto disciplinare ai temi della progettazione poiché consente non solo la simulazione teorica del processo, ma anche la sperimentazione pedissequa delle fasi produttive. La consapevolezza del governo del processo progettuale e produttivo consente di offrire un contributo completo alle ipotesi di sviluppo dei modelli teorici. Ciò comporta da una parte l'individuazione dello scenario di riferimento, attraverso un'ampia riflessione che attiene alla evoluzione storica del design della calzatura

06  
BMT shoes.  
Progetto di tesi di laurea di Francesco Fieni, a.a. 2014-15, relatore prof. ssa Annalisa Di Roma, correlatore Alessandra Scarcelli. Fase di rilievo ed impostazione del progetto parametrico

nei diversi ambiti; dall'altra parte lo sviluppo degli aspetti tecnici della progettazione di design attraverso processi digitali di progetto e produzione (attraverso l'interfaccia cad-cam dei dispositivi software strumentali al governo della fase ideativa e della fase di progettazione tecnica dei processi produttivi controllati elettronicamente) [fig. 07]. La complessità dello scenario che attiene al design della calzatura prevede la tendenza a conciliare tradizione e innovazione dei modelli culturali, dei sistemi tecnico produttivi. Si assiste, oggi, ad un radicale cambiamento del sistema calzaturiero che passa dalla concorrenza fondata sui fattori di prezzo (bassi costi di produzione) alla competizione fondata sulla qualità dei prodotti, sul loro valore simbolico e sulla qualità dell'esperienza che essi consentono.

Sul piano del linguaggio uno degli apporti più complessi si deve alla introduzione dei processi digitali-parametrico generativi a cui si associano la prototipazione rapida e le tecniche di produzione controllate elettronicamente.

La rivoluzione digitale, infatti, nell'ultimo ventennio ha contribuito all'accelerazione dei processi di modifica degli strumenti del design al punto da incidere sia sulla prassi sia sull'intero corpus disciplinare che si è dovuto confrontare con le possibilità offerte dalla progettazione e produzione digitale sui processi di produzione in serie, di fatto customizzabili con estrema flessibilità sia sul dato produttivo, sia sul dato del prodotto finale [fig. 08] [fig. 09].

Inoltre, le tecniche di produzione digitalizzate hanno aperto nuovi orizzonti alle cosiddette produzioni artistiche, un tempo affidate alla manualità artigiana, tanto da riaprire il dibattito culturale sul ruolo dell'ornamento e sull'artigianato digitale, nel complesso delle più ampie prospettive delle industrie creative contemporanee.

07



07  
BMT shoes.  
Progetto di  
tesi di laurea  
di Francesco  
Fieni. Fase di  
produzione per  
stampa rapida  
a deposizione  
di fluido





08

Il linguaggio degli artefatti, infatti, evolve in relazione al progresso scientifico e tecnologico e la metafora biologica, definibile matematicamente attraverso codici non euclidei, diventa emblema di una ricerca di mimesi (Langella, 2007, p. 160) verso la natura e di possibilità virtuose dei processi di modellazione e prototipazione attraverso sistemi additivi.

La tendenza a conciliare una rinnovata sensibilità biologica che pone al centro della dimensione estetica l'uomo e l'ambiente, la cosiddetta biomimicry, ha generato una tendenza alla progettazione di oggetti indossabili concepiti come seconda pelle. In questo ambito si colloca il progetto di calzature di Earl Stewart XYZ [fig. 10]. La scansione del piede restituisce la perfetta ergonomia ed un sistema di progettazione che definisce la forma della calzatura a partire dal proprio arto virtuale sviluppa una scarpa su misura grazie ad una diretta produzione additiva del medesimo file di progetto. La metafora biologica è alla base del linguaggio scelto. La scarpa XYZ di Earl Stewart, tesi di Master presso la Victoria University di Wellington mette insieme aspetti di ergonomia, tecnica e sintassi digitale. Utilizzando la stampante multi materiale 3D di Objects Connex si è conferita flessibilità e rigidità

08  
BMT shoes di  
Francesco Fieni.  
Realizzazione  
della suola in  
TPU

09  
BMT shoes di  
Francesco Fieni.  
Allestimento  
completo della  
calzatura



09

in un unico modulo con soluzione di continuità, il che significa che la scarpa può soddisfare tutte le esigenze biomeccaniche e anatomiche. Il processo di progettazione utilizza scansioni 3D del piede, sul quale si innesta un processo di progettazione parametrica di suola e tomaia.

#### **Wearable technology**

I dispositivi indossabili hanno avviato la loro diffusione a partire dagli anni '90, con scopi prevalentemente medici, o militari, sotto forma di protesi rigide con ingombri invadenti, collegate via cavo ad un computer che registrava dati sensibili legati agli utenti che vestivano l'apparecchio elettronico. Da allora l'attenzione alla "wearable technology" si è amplificata, coinvolgendo enti di ricerca e aziende private, nello studio e sviluppo di prodotti finalizzati a migliorare le normali attività dell'uomo, fornendo supporto in ogni ambito, da quello sociale e di relazione a quello lavorativo, dalla scuola al tempo libero, dalla salute alla sicurezza, dall'economia all'ambiente.

La realizzazione di dispositivi indossabili è resa possibile dalla integrazione tra il supporto fisico, a diretto contatto con l'epidermide umana, e il circuito elettronico, che attraverso sensori di varia natura registra dati fisici umani

o ambientali. Questa integrazione ha caratterizzato la nascita degli *smart textiles*.

Infatti, se da una parte artefatti come braccialetti, orologi, gioielli, cinture o occhiali, sostanzialmente non modificano la loro natura formale e “semplicemente” aggiungono una funzione, integrando al loro interno un circuito elettronico, dall'altra parte si sta sviluppando una nuova categoria di materiali che ha dato vita agli *e-textiles*, tessuti intelligenti che condividono con i circuiti elettronici la loro natura in fili e fibre, evolvendosi in classi di materiali innovativi (*soft circuits*).

Gli *smart textiles* sono di diversa natura, che può dipendere dalla tipologia produttiva oppure dall'origine della fibra che genera il tessuto. Infatti alla fibra tessile possono essere implementate funzioni aggiuntive, quali per esempio la conducibilità elettrica o ottica, in un processo che anticipa la produzione finale del tessuto.

In altri casi la funzionalizzazione avviene sovrapponendo componenti OTS (*off-the-shelf*, disponibili sul mercato) sul tessuto già prodotto, come ad esempio LED, circuiti integrati o schede Arduino. I sistemi di accoppiamento sono anch'essi molteplici, e comprendono metodi tradizionali legati alla tessitura, come la cucitura o il ricamo, e tecniche industriali, di incollaggio o stampa.

In entrambi i casi la specializzazione del materiale coinvolge gli aspetti produttivi, interviene sulla struttura industriale di produzione e ne modifica l'assetto, riportando il sistema ad un approccio più artigianale. Questo processo è stato agevolato dalla similitudine tra i metodi di fabbricazione dei tessuti, come la tessitura e il ricamo, e i sistemi di produzione dei circuiti stampati.

L'evoluzione naturale degli *e-textile* ha portato ad una integrazione fra sistemi produttivi, tra fibre tessili e elettriche, o ottiche, configurando i primi esperimenti di tecnologia indossabile. Al 1998 risalgono i circuiti ricamati sull'organza di seta dell'abito Firefly, sviluppate da Maggie Orth, che attraverso il movimento determinavano la chiusura dei circuiti e l'attivazione di LED sulla superficie della gonna.

I primi esempi di *e-textile* ottenuti per applicazione di circuiti sono invece rappresentati da LilyPad, un insieme di moduli Arduino disegnati e reimpostati secondo le necessità tessili, che possono essere cuciti liberamente sugli indumenti, usando fili conduttori, configurabili e programmabili per interagire con l'utente e con l'ambiente [4].

Dal 2007, anno di introduzione sul mercato del primo iPhone della Apple, la connettività a portata di mano è diventata una esigenza collettiva, che ha comportato una tendenza sempre maggiore dell'utente di poter accedere

a ogni tipo di informazione, in ogni momento e in ogni luogo. Risulta facilmente intuibile che la *wearable technology* abbia orientato la sua ricerca all'implementazione di sistemi di connessione, eliminando ogni sorta di collegamento fisico e attivando antenne di collegamento wireless, di fatto incorporando la tecnologia mobile all'interno del *clothing*.

### Conclusioni

La filosofia del design di prodotto *all'epoca in cui tutti progettano* e realizzano, attraverso sistemi in rete, sposta il focus d'interesse della ricerca progettuale verso lo sviluppo di quegli strumenti volti al potenziamento esperienziale, rilevabile tanto nelle performance dell'artefatto finito, quanto nelle fasi di sviluppo del processo progettuale e del processo produttivo. Ne consegue l'interesse allo sviluppo di progetti "aperti" alle molteplici possibilità espressive e realizzative del design. La rivoluzione digitale, infatti, ha impattato il mondo del design industriale nell'accezione che attribuiva al prodotto i caratteri della produzione di serie, incidendo sia sul processo progettuale sia sul processo produttivo: gli strumenti del progetto sviluppati in ambiente digitale interfacciano le dinamiche della manifattura elettronicamente assistita in un flusso continuo di dati, gestito a partire dalla definizione del prototipo virtuale (ambiente cad) sino alla predisposizione della dinamica di produzione assistita elettronicamente (ambiente cam).

10  
XYZ Shoes  
di Earl Stewart.  
(<http://www.designindaba.com/articles/interviews/contemporary-cobbler>)



La cosiddetta quarta rivoluzione industriale, associabile all'accezione 4.0 dell'industria contemporanea, esprime gli orizzonti di una nuova e più complessa *adattività* e *interattività* del prodotto e del processo progettuale e produttivo connessi, all'interno delle architetture di rete e dei protocolli di comunicazione (IoT), direttamente all'utilizzatore finale e all'ambiente. Le *smart e wearable tech*, di fatto, non solo consentono la diretta gestione di input da parte dell'utente esperto, ma traducono le dinamiche esperienziali e le abitudini dell'utente finale non necessariamente esperto, sviluppando ulteriormente nuovi e sempre aggiornati output. In tal senso è possibile pensare una nuova professionalità del design associabile alla natura 4.0 degli artefatti orientata ad offrire un contributo di servizio alle tecnologie e ai metodi di analisi per la selezione e la codifica dei *big data*.

#### NOTE

[1] Il testo è scritto dalle autrici confrontando e condividendo scenario, metodi, conclusioni e letteratura. Tuttavia si attribuiscono i paragrafi primo e secondo ad Annalisa Di Roma, terzo ad Alessandra Scarcelli.

[2] «Pensare agli artefatti in termini di design significa concepirli sempre meno come oggetti modernisti e pensarli sempre più come cose. Utilizzando il mio linguaggio, gli artefatti stanno diventando concepibili come complessi assemblaggi di questioni contraddittorie – ricordo che questo è il significato etimologico della parola "cosa", thing, in inglese, così come in altre lingue europee. Nel momento in cui le cose sono prese in considerazione per verificare se sono ben o male progettate, allora esse non appaiono più come "materie di fatto". E così, dal momento che il loro apparire come "materie di fatto" si indebolisce, il loro posto tra le molte "materie in questione" che sono discusse si rafforza.» (Latour Bruno, "Un Prometeo cauto? Primi passi verso una filosofia del design", *E/C: rivista dell'Associazione Italiana di Studi Semiotici*, 2015).

[3] *E-traces* è il progetto di laurea svolto presso l'Elisava di Barcellona – School of Design and Engineering, da Lesia Tugba nel 2014.

[4] *LilyPad* è un progetto della ricercatrice Leah Buechley, sviluppato presso l'Università del Colorado, e realizzato nel 2007 in collaborazione con SparkFun Elettronica.

## REFERENCES

- Kubler George, *The Shape of Time: Remarks on the History of Things*, **1962** (tr. it. La forma del tempo, Einaudi [1976] 2002, Torino, pp.182).
- Riccò Dina, *Sinestesie per il Design. Le interazioni sensoriali nell'epoca dei multimedia*, Milano, Etas, **1999**, pp. 242.
- Fortunati Leopoldina, Katz James E., Riccini Raimonda, *Mediating the Human Body: Technology, Communication, and Fashion*, Londra, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, **2003**, pp. 392.
- Addington Michelle, Schodek Daniel, *Smart materials. New technologies for the architecture design profession*, Londra, Routledge, **2004**, pp. 241.
- Bertola Paola, Manzini Ezio, *Design multiverso. Appunti di fenomenologia del design*, Milano, Edizioni Polidesign, **2004**, pp. 252.
- Maldonado Thomás, *Reale virtuale*, Milano, Feltrinelli, **2005**, pp. 186.
- Langella Carla, *Hybrid design. Progettare tra tecnologia e natura*, Milano, Franco Angeli, **2007**, pp. 160.
- 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**).
- Micelli Stefano, *Futuro artigiano. L'innovazione nelle mani degli italiani*, Venezia, Marsilio, **2011**, pp. 220.
- Boldrini Michele, Levine David K., *Abolire la proprietà intellettuale*, Roma-Bari, Laterza, **2012**, pp. 242.
- Menichinelli Massimo, "Artigiani e designer: per una comunità dei makers", *Domus Web*, **2012**. <http://www.domusweb.it/it/opinioni/2012/03/14/artigiani-e-designer-per-una-comunita-dei-maker.html> [14 marzo 2012].
- Di Roma Annalisa, *L'ornato di serie. Dalle arti tecniche al design digitale*, Firenze, Alinea, **2013**, pp. 84.
- Tedeschi Arturo, *AAD\_Algorithms Aided Design - Parametric Strategies using Grasshopper*, Brienza, Le Penseur Publisher, **2014**, pp. 496.
- Branzi Andrea, "Design after design", *Interni* n. 10, **2015**, pp.14-15.
- Gauntlett David, *La società dei Makers. La creatività dal fai da te al Web 2.0*, Venezia, Marsilio, **2015**, pp. 320.
- Manzini Ezio, *Design when everybody design*, Cambridge, MIT Press, **2015**, pp. 256.
- Milone Carlo, *Pelle e calzature del futuro tra sfide sociali ed economia mondiale*, Vigevano, Assomac edizioni, **2015**, pp. 274.
- Celaschi Flaviano, *Non industrial design. Contributi al discorso progettuale*, Bologna, Luca Sossella Editore, **2016**, pp. 112.
- Di Roma Annalisa, *Footwear design: tra nuova artigianalità e procedimenti di design e manifattura digitale*, Bari, Favia Ed., **2016**, pp. 88.