

## Silvia Pizzocarò

Professore ordinario di Disegno industriale al Politecnico di Milano. Nata a Milano, dove si è laureata in Architettura, è Dottore di ricerca in Disegno industriale. È membro della Sezione "Design e culture" del Dipartimento di Design e fa parte del Collegio di Dottorato in Design, presso lo stesso Ateneo. Per il quadriennio 2012/2015 è stata Presidente del Consiglio di Corso di Studi in Design del Prodotto Industriale e del relativo Corso di Laurea Magistrale in Design del Prodotto per l'Innovazione. Presso la Scuola del Design insegna "Elementi di Progettazione" e "Lezioni di Design". Per il Dottorato di ricerca in Design tiene il corso di "Design Research Methodologies".

I suoi principali interessi di studio comprendono i fondamenti teorici del disegno industriale, i metodi di ricerca per il design e le metodologie di didattica del progetto. Tra le pubblicazioni recenti figurano "Introduzione agli studi sull'utente. Conoscere gli utenti tra ricerca e design dei prodotti" (Milano, Unicopli, 2015) e "Artefatti concreti. Temi di fondamento per il design di prodotto" (Milano, Unicopli, 2016).



# La ricerca guarda alla natura: analogie, modelli, confronti

Silvia Pizzocarò | [silvia.pizzocarò@polimi.it](mailto:silvia.pizzocarò@polimi.it)



“Privilegiare un metodo di ricerca che esalti le componenti associative, apparentemente gratuite, consente di porre in risalto quegli aspetti dell'attività mentale comuni ad ogni tipo di pensiero, al di là delle varie forme che esso può assumere e delle differenti specializzazioni che lo rappresentano.”

L. Preta

## [UNA RICERCA DI DOTTORATO COME INIZIO]

La mia ricerca di dottorato [1], che risale ai primi anni Novanta, ha rappresentato il primo avvicinamento ad una riflessione a metà strada tra tecnologia e biologia, focalizzandosi sulle teorie “evolutive” degli artefatti e sulla sistematizzazione di alcuni dei molti contributi sviluppati come approcci evolutivi all'analisi del cambiamento tecnologico. Per i diversi livelli dei singoli manufatti, delle popolazioni di prodotti ma anche per i sistemi tecnici e per i sistemi socio-culturali sono molto frequenti le interpretazioni in chiave evolutiva, in grado di rileggerne le dinamiche sulla base di modelli mutuati dalle scienze naturali in generale e dalle teorie dell'evoluzione in particolare. Le ragioni che sostengono questo approccio sono essenzialmente legate alla ricerca di punti di vista integrativi e alternativi, che possano affiancare le prospettive più ortodosse. La letteratura sullo sviluppo tecnico secondo un'ottica evolutiva è radicata e molto vasta [2], e l'inquadramento che la contemporaneità continua a offrire a questa prospettiva è incomparabilmente più profondo di qualsiasi lettura meramente metaforica: la progressiva consapevolezza delle stringenti relazioni tra il naturale e l'artificiale, tra gli ambienti naturali e gli ambienti artificiali, tra i corpi e gli artefatti, gli effetti e le retroazioni che si generano tra gli uni e gli altri, descrivono infatti un modello di progresso come coevoluzione tra sistemi artificiali e naturali che sostiene e motiva fortemente la ricerca di strumenti concettuali in comune.

Né le tesi sostenute in passato né tantomeno la prospettiva riportata al presente sono in sé nuovi, anzi: la legittimità del ricorso ad un approccio evolutivo passa proprio dal riconoscimento dei numerosi filoni di studio e delle tradizioni di ricerca che hanno continuato a confluirci. Il tratto rinnovato di un continuo interesse per l'approccio evolutivo sta pertanto nell'accordargli – nel corso de tempo e con sguardo retrospettivo – maggiore e consolidata unitarietà.

## [TRA BIOLOGIA E TECNOLOGIA: ANALOGIE, MODELLI, CONFRONTI]

La ricerca svolta molti anni fa, confluita nella dissertazione del triennio di dottorato, aveva inoltre consentito – ai tempi – di esperire un metodo comparativo, ricorrendo all'analogia: da una parte si fa riferimento alle teorie con le quali le scienze della natura hanno cercato e cercano di spiegare i fenomeni evolutivi del vivente, dall'altra si guarda all'evoluzione degli artefatti e della cultura materiale e alle possibili corrispondenze. Il ricorso ad un paradigma evolutivo – pur in assenza di una effettiva teoria unificante cui fare riferimento – agisce in tal senso come una fonte di suggestioni e di interrogativi che possono essere trasferiti allo studio dello sviluppo degli artefatti. Questo non significa ammettere alcuna identità tra tecnologia e biologia, o tra storia della tecnica e paleontologia, ma solo osservare similitudini e differenze tra i rispettivi fondamenti concettuali. Il ricorso alle analogie nella ricerca mantiene, da parte sua, la funzione di uno straordinario dispositivo creativo, in grado di «ampliare le possibilità di visione contenute nelle normali risorse del nostro linguaggio» [3], inventando similitudini tra cose normalmente separate, superando le divisioni canoniche tra campi

[1] S. Pizzocarò, *Approcci evolutivi all'analisi dei prodotti e dei sistemi tecnici*, Dissertazione di dottorato, Dottorato di ricerca in disegno industriale, Curriculum di Disegno industriale e ambiente, tutor Ezio Manzini, Coordinatore Tomás Maldonado, Dipartimento di Programmazione, progettazione e produzione edilizia, 5° Ciclo 1990-93, Politecnico di Milano, Milano, 1994.

[2] Cfr. fra i molti P. Steadman, *The Evolution of Designs*, Cambridge University Press, Cambridge, 1979; Y. Deforge, *Technologie et génétique de l'objet industriel*, Maloigne, Paris, 1985; oppure G. Basalla, *The Evolution of Technology*, Cambridge University Press, Cambridge, 1988.

[3] F. Carmagnola, *La visibilità. Per un'estetica di fenomeni complessi*, Guerini e Associati, Milano 1989, 1989, p. 219.



scientifici distanti. L'uso delle metafore e delle analogie è generalmente riconosciuto come uno strumento euristico, in grado di fornire una conoscenza additiva e non sostitutiva. La metafora, tuttavia, non è semplicemente una modalità espressiva ma può avere anche, e soprattutto, un valore conoscitivo [4]. Infatti la sua funzione non si riduce al cambiamento di senso di alcune parole – che passano appunto dal senso letterale a quello metaforico – ma è parte di una complessa operazione «che ha per effetto finale di mostrare certe cose in un certo modo» [5].

### [STUDIARE E PROGETTARE ALL'INSEGNA DI UN USO NOMADICO DEI CONCETTI]

Se l'uso delle metafore nella ricerca scientifica è da sempre testimoniato da una letteratura sterminata, in tempi correnti si conferma, sia nel campo delle scienze umane che in quelle della natura, la tendenza consolidata ad uscire dai confini disciplinari tradizionali, a rompere gli steccati, ricorrendo quasi di default alla suggestione metaforica per individuare passaggi transdisciplinari.

Il procedimento metaforico si è avviato in tal senso a costituire una delle forme di crisi dei metodi canonici della ricerca scientifica, operando una contaminazione tra campi del sapere tradizionalmente separati. Come la metafora, anche l'analogia è a sua volta riconducibile in senso stretto ad una proporzione, vale a dire il rapporto d'uguaglianza simmetrica che nella matematica consente di mettere in relazione grandezze omogenee appartenenti allo stesso dominio [6].

Ma diversamente dalla proporzione matematica, l'analogia consente di confrontare domini eterogenei, di cui interessa chiarire o valutare l'uno rispetto all'altro: l'analogia rappresenta in questo senso una forma del ragionamento indispensabile al pensiero creativo, capace di scoprire attributi inaspettati nel fenomeno osservato grazie proprio al confronto tra elementi appartenenti a campi senza apparente legame.

Se sul valore euristico dell'analogia è possibile assumere che «quando si tratta di esplorare un dominio sconosciuto, di suggerire l'idea di ciò che è inconoscibile, un modello preso da un dominio conosciuto fornisce uno strumento indispensabile per guidare la ricerca e l'immaginazione» [7], il riconoscimento di questa funzione ne evidenzia anche il compito ausiliario: l'analogia rappresenta una sorta di impalcatura, una struttura che può sorreggere il lavoro di ricerca; la stessa può essere rimossa, una volta raggiunti i risultati che inizialmente suggeriva. Nella loro funzione euristica, analogie e metafore appaiono frequentemente intercambiabili, implicando entrambe la produzione di una diversa interpretazione della realtà osservata, a prescindere dalla rigorosa corrispondenza tra i termini considerati.

Nel suo significato di artificio logico-linguistico che può guidare la riflessione, il procedimento analogico rappresenta anche una definizione del processo conoscitivo basato sui modelli [8], dove si cerca di conoscere una situazione in modo indiretto, cioè agendo e operando su un suo analogo. Il sapere ottenuto per analogia assume in questo modo quella struttura di impalcatura provvisoria che consente di vedere aspetti nuovi di un fenomeno osservato, pur in assenza di una effettiva formalizzazione. Il procedimento conoscitivo basato sulla suggestione metaforica ha come risultato l'interazione tra due pensieri – o due campi disciplinari – dove dal campo più conosciuto e formalmente strutturato si traggono implicazioni da proiettare sul soggetto principale: questa proiezione può mettere in luce le identità di struttura tra i campi considerati.

La conseguenza di portata più generale che quindi può accomunare i metodi di ricerca e i metodi per progettare fondati sulle componenti associative sta nella capacità che tali metodi dimostrano di far risaltare «aspetti dell'attività mentale comuni ad ogni tipo di pensiero, al di là delle varie forme che esso può assumere e delle differenti specializzazioni che lo rappresentano» [9]. Lorena Preta chiama questi momenti di nascita del pensiero ibridi di passaggio [10], risultato fruttuoso di intersezioni, analogie e contaminazioni che appaiono in tal senso strumenti necessari per guardare alle cose in modo diverso, favorendo quello che è stato definito un uso viaggiante e nomadico dei concetti [11].

[4] Cfr. U. Eco, "Metafora", Enciclopedia, Vol. IX, Einaudi, Torino, 1980, p. 192.

[5] L. Muraro, "Prefazione", in R. Boyd e T. S. Kuhn (1983), *La metafora nella scienza*, Feltrinelli, Milano, 1983, p. 9.

[6] Cfr. C. Perelman, "Analogia e metafora", Enciclopedia, Vol. I, Einaudi, Torino, 1977, p. 523.

[7] Ivi, p. 524.

[8] G. Bateson, *Mente e natura*, Adelphi, Milano, 1984, p. 216.

[9] L. Preta, "Pensare immaginando", in L. Preta, a cura di, *Immagini e metafore della scienza*, Laterza, Bari, 1992, p. IX.

[10] Ivi, p. X.

[11] Cfr. I. Stengers, a cura di, *Da una scienza all'altra*, Hopefulmonster, Firenze, 1989.





## [NOTE A MARGINE TRA NATURALE E ARTIFICIALE]

### [INTRODUZIONE]

Questo contributo prende le mosse da interessi di studio sviluppati lungo un arco temporale molto lungo, avviati molti anni fa con l'esperienza specifica del dottorato di ricerca [1], poi disseminati e divulgati nel tempo attraverso pubblicazioni di vario genere [2], e contemporaneamente confluiti – direttamente o indirettamente – nelle esperienze di didattica universitaria presso la Scuola del Design del Politecnico di Milano. Il nucleo centrale di questi interessi di studio è stato e continua ad essere la riflessione sui molti contributi teorici diretti ad un approccio evolutivo nell'analisi degli artefatti (ad una scala micro) e dei sistemi tecnici (ad una scala macro). L'avvicinamento (prima) e lo sviluppo (poi) di queste tematiche di ricerca ha comportato l'approfondimento e in alcuni casi anche la revisione di alcune aree di studio che tuttora godono di grande attenzione e sviluppo nella cultura del disegno industriale: la riflessione teorica tra ciò che è prodotto dalla natura e quanto è frutto della progettazione intenzionale dall'uomo, la costruzione dell'analogia tra evoluzione degli organismi e evoluzione degli artefatti, l'analisi dei processi di generazione della variabilità tipologica e morfologica degli oggetti, le interpretazioni genealogiche dei prodotti artificiali, lo studio delle dinamiche di stabilità, permanenza e scomparsa delle tipologie, finanche a includere la tematica classica del confronto tra attività inventiva e innovativa, o tra tesi continuiste e discontinuiste del cambiamento tecnologico. Il punto in comune tra queste aree di riflessione molto eterogenee sta nella premessa: l'adozione di un punto di vista che possa procedere per analogie e metafore, facendo riferimento da una parte alle teorie con le quali le scienze della natura hanno cercato e cercano di spiegare i fenomeni del vivente, dall'altra ai processi e alle modalità di evoluzione degli artefatti. L'articolazione di quello che – un po' enfaticamente – qui potremmo indicare come un paradigma evolutivo sui generis, agisce in tal senso come una fonte di suggestioni e di interrogativi che possono essere trasferiti dall'ambito dei processi naturali a quello della cultura materiale. Questo non significa ammettere alcuna identità tra prodotti della natura e prodotti dell'attività dell'uomo, o tra storia della tecnica e paleontologia, ma solo osservare similitudini e differenze tra alcuni rispettivi fondamenti concettuali. L'unica tesi da percorrere, condivisa con i risultati degli studi epistemologici sulla natura generale del cambiamento non solo nei sistemi biologici ma anche in quelli culturali, implica semmai – come osserva Gould – che «alla base di sistemi strutturalmente affini che procedono per mezzo di regole palesi diverse, ci siano principi generali. La vera unità non risiede in applicazioni sbagliate di queste regole palesi (come la selezione naturale) ad ambiti estranei (come il mutamento tecnologico) ma nella ricerca delle più generali regole di struttura e di mutamento» [3].

### [ARTIFICIALE VERSUS NATURALE E VICEVERSA]

Artificiale è detto di ciò che è prodotto o ottenuto con artificio in contrapposizione a naturale, o di quanto è fatto a imitazione della natura con un procedimento tecnico [4]. Il termine presenta una sfumatura peggiorativa che risalta se si guarda ai sinonimi più generici come non naturale, artificioso, artefatto, finto, fittizio, falsificato, contraffatto, non spontaneo. Nell'apertura del suo *Le scienze dell'artificiale*, Herbert Simon alla voce artificiale scriveva: «prodotto con artificio, in opposizione a ciò che è opera di natura; non genuino o naturale; artificioso, che non riguarda l'essenza. I suoi sinonimi sono: affettato, fittizio, manufatto, falso, finto, simulato, spurio, inventato, innaturale» [5]. Pur affrancato dalla sfumatura peggiorativa, artificiale si definisce in contrasto a naturale [6], sicché artificiale può essere inteso come «fatto dall'uomo in opposizione a naturale» [7].

[1] S. Pizzocaro, *Approcci evolutivi all'analisi dei prodotti e dei sistemi tecnici*, Dissertazione di dottorato, Dottorato di ricerca in disegno industriale, Curriculum di Disegno industriale e ambiente, tutor Ezio Manzini, Coordinatore Tomás Maldonado, Dipartimento di Programmazione, progettazione e produzione edilizia, 5° Ciclo 1990-93, Politecnico di Milano, Milano, 1994.

[2] S. Pizzocaro, *In evoluzione. Per una storia quasi naturale degli artefatti*, Unicopli, Milano, 2015; S. Pizzocaro, "Naturale/artificiale", in S. Pizzocaro, M. Figiani, *Argomenti di ergonomia. Un glossario (vol. 2)*, FrancoAngeli, Milano, 2010, pp. 129-145; S. Pizzocaro, "Darwinian Metaphors. Objects and Technical Systems in Evolutionary Perspectives", in *Design System Evolution: 6th European Academy of Design Conference*, Bremen, Germany, 29-31 Marzo 2005, pp. 1-16; S. Pizzocaro, "Pensare insieme 'corpi e macchine', 'tecnica e cultura', 'natura e artificio'", in M. Bertoldini, *La cultura politecnica*, Bruno Modadori, Milano, 2004, pp.103-110; S. Pizzocaro, "Approcci evolutivi e cambiamento tecnologico", *Pluriverso*, Vol. 2, 1999, pp. 95-105; S. Pizzocaro, "Steps to industrial ecology: reflections on theoretical aspects", *The International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, Vol. 5, 1998, pp. 229-237; S. Pizzocaro, "Prospettive genealogiche", *Pluriverso*, Vol. 1, 1995, pp. 94-95; S. Pizzocaro, "Una metafora darwiniana. Objectes, sistems artificials i mutacions tecnològiques en una perspectiva evolutiva", *Temes de Disseny*, Vol. 10, Settembre de 1994, pp. 53-92.

[3] S. J. Gould, *Bravo Brontosauero*, Feltrinelli, Milano, 1992, p. 64.

[4] Cfr. N. Zingarelli, *Vocabolario della lingua italiana*, XII ed., Zanichelli, Bologna, 1994, pp. 148-149.

[5] H. Simon, *Le scienze dell'artificiale*, Il Mulino, Bologna, 1988, p. 24.

[6] Herbert Simon sottolinea anche la distinzione tra artificiale e sintetico: «In certi contesti – scrive – noi facciamo una distinzione tra artificiale e sintetico. Ad esempio, una gemma di vetro colorato che assomiglia ad uno zaffiro viene detta artificiale, mentre una gemma prodotta dall'uomo e chimicamente non distinguibile dallo zaffiro è detta sintetica. (...) Dunque certi oggetti artificiali sono imitazioni di cose esistenti in natura e per l'imitazione si possono usare le stesse materie prime della natura o materiali del tutto diversi. Introducendo il concetto di sintesi e di artefatto entriamo nel regno della tecnica». Cfr. H. Simon, *op. cit.*, p. 24.

[7] Ivi. In particolare si veda anche la voce "Naturale/artificiale", di Stefan Amsterdamski, in *Enciclopedia*, Einaudi, Torino, 1980 e anche *Naturale e artificiale*, di Vittorio Somenzi, *Relazione per la LXIII Riunione della Società Italiana per il Progresso delle Scienze*, Urbino, 5-7 ottobre 1995, manoscritto.



La riflessione sulla possibilità di riconoscere con immediatezza tra cose naturali e cose artificiali apriva un famoso libro di Jacques Monod [8] che, nel domandarsi come distinguere a prima vista tra oggetti naturali e oggetti artificiali, osservava: «Tutti noi siamo convinti di saper distinguere immediatamente e senza ambiguità, tra vari oggetti, quelli naturali e quelli artificiali: una roccia, una montagna, un fiume o una nube sono oggetti naturali; un coltello, un fazzoletto, un'automobile sono oggetti artificiali, artefatti. Ma appena si analizzano tali giudizi ci si accorge che essi non sono né immediati né del tutto obiettivi» [9].

Se infatti si volessero definire delle categorie oggettive di riconoscibilità, per esempio da applicare per un programma al computer, ci si troverebbe in difficoltà. Si provi a pensare ai criteri della regolarità e della ripetizione, teoricamente adeguati per distinguere con immediatezza tra oggetti artificiali e naturali: gli oggetti che si trovano in natura – si potrebbe osservare – infatti difficilmente presentano strutture semplici dal punto di vista geometrico, mentre le simmetrie perfette, così come gli spigoli rettilinei e in generale le forme geometriche pure, possono invece essere caratteristici degli artefatti, anche se solo in forma approssimativa o rudimentale. L'applicazione di questo criterio ad un programma al computer si rivelerebbe tuttavia fallace: applicando il criterio della regolarità tra un sasso e un cristallo, il primo sarebbe riconosciuto come naturale e il secondo, in virtù di una regolarità strutturale macroscopica che riflette quella microscopica, come artificiale. L'esame di un favo per api, con le sue strutture semplici e ripetitive, a sua volta indurrebbe ad un identico errore: il favo verrebbe classificato come artificiale pur essendo in realtà il prodotto dell'attività di un essere naturale [10].

### **[DICOTOMIE O CONTIGUITÀ?]**

Un primo nodo sul quale si richiama l'attenzione del lettore è quindi proprio quello della criticità di un pensiero costruito sulle dicotomie invece che sulla continuità tra natura e artificio. Qui si coglie lo spunto per osservare che questa criticità costituisce un elemento da aggiornare più che realmente nuovo, innestandosi su un pensiero storico dove non è affatto estranea l'idea di contiguità tra naturale e artificiale, tra vivente e non vivente, tra esseri e cose.

Storicamente, la contiguità tra fenomeni del mondo vivente e di quello non vivente trova una sua giustificazione nel riconoscimento che le categorie che descrivono il mondo ne restituiscono contemporaneamente l'intrinseca unitarietà. Almeno fino a tutto il Settecento non è leggibile una vera e propria linea di demarcazione fra esseri viventi e cose: il vivente, come ricorda François Jacob, «si prolunga negli oggetti inanimati senza soluzione di continuità. (...) L'abituale distinzione tra minerali, vegetali e animali serve, più che altro, a fissare alcune grandi categorie all'interno del corpo unitario del mondo» [11]. In questa visione non vi è ragione di riservare un posto specifico ai corpi viventi e di separarli dal meccanismo dell'universo: tutta la natura è in questo senso macchina, come la macchina è a sua volta natura [12]. I secoli che separano la visione settecentesca dalla prospettiva novecentesca testimoniano un allontanamento e un ritorno: un allontanamento, poiché l'unitarietà del mondo sembra in prima istanza frantumarsi nella modernità delle dicotomie tra vivente e non vivente, naturale e artificiale, organico e non organico; un ritorno perché la contemporaneità più vicina a noi, oltre la soglia del millennio, sembra cancellare nuovamente le linee di demarcazione nette, riappropriandosi di un quadro unitario in cui si ridelinea un principio di continuità tra natura e artificio, tra materia animata e inanimata, tra essere vivente e macchina.

Il concetto di intelligenza artificiale si innesta nell'unitarietà di questo quadro e si presenta come un punto di partenza per la disciplina il cui scopo sarebbe quello di ottenere dalle macchine ciò che richiederebbe intelligenza se fosse fatto dagli uomini [13]. Con il termine, abbreviato nell'acronimo Ai (Artificial Intelligence), si intende una branca della scienza informatica e ingegneristica rivolta ai meccanismi alla base delle facoltà cognitive degli esseri umani e alla loro riproduzione per mezzo di computer opportunamente programmati.

La Vita Artificiale (AI o Alife) ha anch'essa come obiettivo la generazione di comportamenti simili a quelli di organismi viventi naturali utilizzando simulazioni su calcolatore. Mentre, tuttavia, l'intelligenza artificiale si propone di riprodurre su calcolatore le capacità intelligenti degli esseri umani, la vita artificiale cerca di simulare tutti i fenomeni biologici (crescita, riproduzione, evoluzione, apprendimento) ad ogni livello, dalle molecole alle società di organismi. La simulazione su calcolatore della vita artificiale cerca quindi di riprodurre la vita e i suoi fenomeni biologici (la nuova biologia

[8] Il libro cui si fa riferimento è di J. Monod, *Il caso e la necessità. Saggio sulla filosofia naturale della biologia contemporanea*, Mondadori, Milano, 1976.

[9] J. Monod, *op. cit.*, p. 10.

[10] *Ibidem*.

[11] F. Jacob, *La logica del vivente*, Einaudi, Torino, 1971, p. 44.

[12] *Ibidem*.

[13] Il termine intelligenza artificiale fu introdotto nel 1956 dal matematico americano John McCarthy.



simulativa e computazionale) ma anche di realizzare fenomeni biologici inediti (la biologia del possibile) [14].

### [L'UOMO COME MACCHINA E VICEVERSA]

Molto prima del concetto di macchina cibernetica, una forma primitiva di corpo-meccanico o macchina-con-un-corpo si era concretizzata nella prima tecnologia degli automi meccanici [15]. Il termine automa deriva dal greco αὐτόματος, *automatos*, che agisce di propria volontà. Un automa è una macchina capace di operare autonomamente e il termine è talvolta usato per indicare un robot, più precisamente un robot [16] autonomo; più spesso esso descrive una macchina semovente meccanica, specialmente quelle costruite per assomigliare ad esseri umani o ad animali. L'androide, a sua volta derivato dal greco ἀνδρ-, *andròs*, uomo, è più specificamente un automa con sembianze umane, un essere artificiale a forma d'uomo. L'idea delle macchine antropomorfe percorre l'intera storia della scienza e della tecnologia e spesso dà forma alla convinzione che «le macchine, per mostrare qualche tratto d'intelligenza, debbano possedere un corpo» [17].

Il moderno concetto di cyborg [18] amplifica l'idea di corpo artificiale, consentendo l'integrazione di parti biologiche e artificiali. Del cyborg esistono molte definizioni, in massima parte derivate dalla formulazione originale del 1960 di Clynes e Kline [19] come sistema uomo-macchina autoregolatore, forma di uomo potenziato in grado di sopravvivere in ambienti estremi. Cyborg, al pari di sistema bionico, si estende quindi a comprendere quelle forme di accoppiamento uomo-macchina che elidono le tradizionali distinzioni «tra umano e strumento, umano e macchina, vivo e morto, organico e inorganico, presente e distante, naturale e artificiale» [20] e inaugurano la sfera del post-umano, del trans-umano, l'era della *vital machine*, il mondo del dopo-umanesimo.

Testimonianza della fusione naturale/artificiale, l'immagine del cyborg esemplifica la fase avanzata dell'evoluzione bioculturale o biotecnologica: la fase delle creature ibride, dei corpi come incrocio di codici genetici e di codici informatici, insiemi di biologia e di tecnologia, vere e proprie chimere uomo-macchina, rivoluzione ibridativa sui cui esiti Giuseppe Longo ha elaborato il concetto di *simbionte* [21], sviluppo estremo dell'*homo technologicus* [22].

La microsfera del corpo umano è investita in modo pervasivo dal processo di progressiva tecnicizzazione che investe il vivente. Ancora entità naturale, ma in parte anche artefatto, il corpo umano è oggetto di un'artificializzazione progressiva, processo che si costruisce sullo straordinario sviluppo delle protesi, sugli sviluppi dell'ingegneria genetica, sui meccanismi che prospettano una riproduzione del vivente disgiunta dall'atto naturale e assimilata alla produzione di cose. Da qui la plausibilità degli sviluppi di quel processo di ricostruzione complessa dell'uomo che fa appunto del cyborg – come si anticipava più sopra – l'ipotesi di collaborazione più stretta tra l'organismo vivente e la macchina, in vista di possibili forme di adattamento ad ambienti diversi da quello naturale. Gilbert Hottois ha in questo senso osservato che «la nozione di cyborg spinge semplicemente fino in fondo le conseguenze della totale dipendenza dell'uomo nei confronti della tecnica nel momento in cui si allontana dal suo ambiente naturale – nel momento in cui lascia il “mondo” – suggerendo così una tecnicizzazione effettiva dell'uomo» [23].

Gli aspetti più rilevanti della progressiva artificializzazione del corpo non risiedono naturalmente nelle dimensioni fantastiche che questa prospettiva apre, ma nel lasciar intravedere tutta la portata della possibilità di indurre modificazioni del corpo umano che, seppur ottenute diversamente dalle vie biologiche naturali della speciazione e della mutazione, possono costituire gli equivalenti di salti evolutivi in risposta a specifiche esigenze di adattamento all'ambiente.

[14] Cfr. P. Borgna, “Tecnologie del post-umano: la fusione dell'organico e dell'artificiale”, in P. Ceri, P. Borgna, a cura di, *La tecnologia per il XXI secolo*, Einaudi, Torino, 1998, pp. 238-263.

[15] Sugli automi meccanici esiste una letteratura sterminata. Tra le indicazioni al lettore italiano ci si limita a V. Pratt, *Macchine pensanti*, Il Mulino, Bologna, 1990.

[16] Nel linguaggio comune, un robot è un'apparecchiatura artificiale che compie determinate azioni sia in base ad una supervisione diretta dell'uomo, sia autonomamente. Il termine robot deriva dal termine ceco *robota*, lavoro pesante o lavoro forzato. Indica una qualsiasi macchina, non necessariamente antropomorfa, in grado di svolgere più o meno indipendentemente un lavoro al posto dell'uomo. In base a questa definizione, il concetto di robot può comprendere quasi tutti gli apparati automatizzati. In alternativa, il termine robot viene usato per indicare un essere artificiale, un automa o androide, somigliante o replicante un animale (reale o immaginario) o un uomo.

[17] P. Borgna, op. cit., p. 258.

[18] Per un approfondimento si veda per esempio A. Caronia, *Il cyborg. Saggio sull'uomo artificiale*, Teoria, Roma-Napoli, 1985.

[19] Vedi N. S. Kline and M. Clynes, “Psychophysiological aspects of space flight”, in B. E. Flaherty, Ed., *Drugs, Space and Cybernetics: Evolution to Cyborgs*, Columbia University Press, New York, 1961, pp. 355-371 e M. Clyne and N. S. Kline, “Cyborgs and space”, in *Astronautics*, 74-75, American Rocket Society Inc., New York, N.Y., September 1960, pp. 26-27.

[20] P. Borgna, op. cit., pp. 238-239.

[21] Cfr. G. O. Longo, *Il simbionte. Prove di umanità futura*, Meltemi, Roma, 2003.

[22] Cfr. G. O. Longo, *Homo technologicus*, Meltemi, Roma, 2001.

[23] G. Hottois, *Le signe et la technique. La philosophie à l'épreuve de la technique*, Aubier Montaigne, Paris, 1984, p. 98.



La natura stessa della protesi, storicamente legata al concetto di prolungamento e potenziamento dell'organo biologico, di sostituzione dell'arto carente o mancante, di ripristino meccanico di funzionalità compromesse, è andata sviluppandosi lungo un percorso che per un verso la integra profondamente ai meccanismi della vita, per l'altro apre la strada del potenziamento delle facoltà umane. In un senso, nella sua funzione classica di restauro dell'infermità fisiologica, la protesi diventa infatti parte attiva e integrante del funzionamento del corpo umano, fino a sostituirne parti vitali. Dall'altro, nel ruolo di strumento di valorizzazione e potenziamento delle capacità della mente, degli organi e dei sensi, la protesi estende le sue possibilità, tanto da competere e anche superare le facoltà biologiche [24]. Da qui quelli che si annunciano come gli scenari del corpo protesico e dell'immaginario del post-umano. Riprendendo quanto accennato nel paragrafo dedicato ai corpi-macchina, l'immagine del cyborg – uomo-macchina in parte organico e in parte artificiale – si candida a riformulare il corpo come incrocio di codici d'informazione, da quello genetico a quello informatico [25]: la commistione tra corporeità naturale e corporeità artificiale si esalta nelle possibilità delle tecnologie biomediche, riscrivendo, come ha osservato Paola Borgna, il corpo (post-)umano [26].

È significativo ricordare come proprio il corpo, nella sua finitezza, diventi la frontiera sempre più estesa della penetrazione della tecnologia dentro il corpo (con le parole di Paola Borgna): invasività della strumentazione diagnostica, terapie geniche, innesti, tecnologie della riproduzione, applicazioni che rappresentano processi di testualizzazione [27], cioè di lettura e di riscrittura del corpo, che confluiscono nei protocolli della ricerca scientifica e tecnologica. Alla tecnologia dentro il corpo, si affianca un percorso parallelo, che conduce il corpo dentro la macchina: nell'immagine del corpo dentro la tecnologia viene fatta confluire non solo la ricerca intorno alle macchine antropomorfe ma anche gli studi sulla vita artificiale e gli sviluppi del pensiero androide, nel neo filone di studi dell'epistemologia androide [28], dove il robot di natura biologica si sostituisce al mito meccanico e elettronico della macchina.

#### [MODELLI DALLA NATURA: DALLA BIONICA ALLA BIOMIMESI]

Negli sviluppi molteplici delle eterogenee riflessioni qui sintetizzate, per l'autore è stato inevitabile incrociare il campo di studio della bionica, pur se mantenuto sullo sfondo di interessi di ricerca orientati su altri fronti. Rubricabile tra gli ambiti in cui la relazione tra naturale e artificiale è stringente, la bionica costituisce la disciplina che studia le analogie strutturali e funzionali tra organismi viventi e dispositivi artificiali, per progettare sistemi realizzati dall'uomo basati sulle proprietà (struttura, processi, funzioni, organizzazione, relazioni) dei sistemi biologici [29]. Originariamente proposta come la scienza di quei sistemi artificiali basati sui sistemi viventi o simili nelle caratteristiche [30], la metodologia della bionica considera il sistema biologico preso in esame come il prototipo da cui derivare un modello che viene successivamente interpretato nel progetto di un dispositivo artificiale. A partire dagli anni Sessanta, i primi studi della bionica sono stati avviati sulla considerazione che ogni organismo vivente costituisce il risultato di milioni di anni di evoluzione e che la selezione ha operato in quest'arco temporale l'eliminazione di quanto si presentava come inadatto a funzioni specifiche. Da questo l'ipotesi che la progettazione di sistemi artificiali destinati agli stessi ambienti degli organismi viventi possa trarre utili indicazioni proprio dal modo in cui la natura si è evoluta.

Tra i limiti intrinseci di questo approccio sta la considerazione che ogni sistema naturale possa essere perfetto, proprio in virtù dell'esperienza evolutiva; di fatto, la selezione naturale non produce necessariamente sistemi o organismi efficienti in assoluto, ma solo in relazione a condizioni contingenti, ciò che è dimostrato dalla coesistenza in natura di soluzioni molto diverse a problemi simili. La natura, in breve, non produce l'ottimo ma l'adatto.

[24] Cfr. J. Guillerme, "Tesi sulla protesi: il pretesto dei bisogni latenti", *Ottagono*, n. 96 (settembre 1990), p. 112. Nel considerare le implicazioni dell'imitazione del naturale, si ricorda al lettore anche il concetto di naturoide, proposto da Massimo Negrotti: entità che rifacendosi al naturale in un primo tempo, se ne distacca in seguito assumendo proprietà nuove rispetto all'originale. Questo varrebbe per la stessa intelligenza artificiale, che nei suoi risultati applicativi si allontana dalle prestazioni ottenibili dalla natura umana. A cura di M. Negrotti si vedano in particolare *Capire l'artificiale*, Bollati Boringhieri, Torino, 1990 e *Artificialia*, CLUEB, Bologna, 1995.

[25] P. Borgna, op. cit., p. 238.

[26] *Ibidem*.

[27] *Ibidem*.

[28] Filone di studi che comprende non solo robotica ma intelligenza artificiale, linguistica, filosofia, psicologia cognitiva. Vedi P. Borgna, op. cit., p. 260.

[29] Cfr. K. Yeang, "Bionics: the use of biological analogies for design", *Architectural Association Quarterly*, Vol. 6, 1974, p. 48. Per una raccolta di saggi sulla relazione tra natura, innovazione e progetto si veda per esempio il tutto numero monografico di *Temes de Disseny*. *Disseny Comunicació Cultura*, n. 10, Settembre de 1994, Barcelona, con contributi di Yves Coineau, Biruta Kresling, Gillo Dorfles e altri.

[30] Il termine bionica fu formalmente introdotto da J. E. Steele nel 1958, come risultato di un programma di ricerca del Centro Wright Patterson dell'aeronautica degli Stati Uniti. Cfr. J. C. Robinette, *Living Prototypes - The Key to New Technology: Bionics Symposium*, WADD-TR, Wright Air Development Division, Wright Patterson Air Force Base, Ohio, 13-15 September 1960. Per approfondimenti, tra i contributi più datati si vedano i classici H. Hertel, *Struktur-Form-Bewegung*, Biologie und Technik, Kransskopf-Verlag, Mainz, 1963 (English edition 1966: *Structure, Form and Movement*, Reinhold, New York); P. Steadman, *The Evolution of Designs*, Cambridge University Press, Cambridge, 1979; oppure Y. Coineau and B. Kresling, *Les inventions de la*



Il progetto di un sistema artificiale, realizzato a partire dall'analisi e dall'applicazione di un modello derivato da un sistema biologico, non fornisce direttamente la soluzione di un problema tecnologico: una volta individuato un principio biologico che appare utile, esso può suggerire uno schema orientativo, una sorta di impalcatura per la soluzione progettuale. Si presume poi che gli sviluppi successivi producano una soluzione autonoma rispetto al sistema biologico originario cui ci si è ispirati [31].

Pertanto la reale utilità della bionica viene ricondotta alla intrinseca capacità di fornire una fonte di idee e di schemi risolutivi, orientando la soluzione di problemi inerenti i sistemi artificiali analizzando il modo in cui la natura risolve problemi simili, di migliorare la prestazione dei sistemi artificiali studiando sistemi biologici dalle proprietà confrontabili, consentendo in alcuni casi anche nuove conoscenze sul sistema biologico che è stato usato come prototipo.

La biologia offre un apparato concettuale che si presenta straordinariamente ricco per l'individuazione di analogie ispiratrici: varietà e cambiamenti morfologici, modelli di accrescimento, comportamento di sistemi dinamici, trasmissione di informazioni, come anche i concetti di completezza, coerenza, correlazione, integrazione. Il costante riferimento operato dalla bionica al concetto di sistema biologico (preferito a sistema vivente o organico), trova una sua ragione nell'ampiezza di significato della disciplina della biologia, considerata come scienza degli esseri organizzati animali o vegetali, della loro morfologia, della loro distribuzione [32].

Alla base della scelta di un prototipo biologico per applicazioni artificiali si colloca quindi il riconoscimento di un'analogia che può interessare solo un componente fisico o un'intera struttura, la morfologia, una funzione o un processo, la distribuzione nel tempo e nello spazio di un sistema, le influenze reciproche tra ambiente e sistema: la realizzazione del progetto artificiale sulla base del modello biologico rappresenta la verifica di quell'analogia e l'accettabilità o meno del modello derivato. L'uso dell'analogia nella bionica svolge in questo senso un ruolo fortemente euristico: il modello si identifica infatti con un possibile metodo di risoluzione di un problema. La definizione del modello biologico di riferimento dà forma pertanto solo ad uno schema ridotto e astratto, a un insieme di relazioni sul quale impostare la soluzione artificiale, che è poi destinata a sviluppi completamente autonomi. D'altra parte l'interpretazione del prototipo biologico in un progetto artificiale difficilmente potrebbe dare origine ad una replica: i sistemi biologici, infatti, hanno un grado di complessità non completamente replicabile [33].

La biomimesi può essere considerata uno degli sviluppi più recenti sul filone di studi che originano dalla bionica. Con la biomimesi si estende ulteriormente lo studio consapevole dei processi biologici e biomeccanici in natura, come fonte di ispirazione per il miglioramento delle attività e tecnologie umane. La natura si propone nuovamente come modello e si consolida nei termini di misura e guida nella progettazione degli artefatti [34].

## **[BIBLIOGRAFIA]**

Basalla G. (1988), *The Evolution of Technology*, Cambridge University Press, Cambridge (tr. it. *L'evoluzione della tecnologia*, Rizzoli, Milano, 1991).

Borgna P. (1998), "Tecnologie del post-umano: la fusione dell'organico e dell'artificiale", in Ceri P. e Borgna P., a cura di (1998), *La tecnologia per il XXI secolo*, Einaudi, Torino, pp. 238-263.

Caronia A. (1985), *Il cyborg. Saggio sull'uomo artificiale*, Teoria, Roma-Napoli.

Ceri P. e Borgna P., a cura di (1998), *La tecnologia per il XXI secolo*, Einaudi, Torino.

Deforge Y. (1985), *Technologie et génétique de l'objet industriel*, Maloine, Paris.

Gould S. J. (1991), *Bully for Brontosaurus. Reflections in Natural History*, Norton & Company, New York and London (tr. it. *Bravo Brontosaurus*, Feltrinelli, Milano, 1992, 1993).

Hertel H. (1963), *Struktur-Form-Bewegung. Biologie und Technik*, Kransskopf-Verlag, Mainz (English translation *Structure, Form and Movement: Biology and Technology*, Van Nostrand-Reinhold, New York, 1966).

Hotois G. (1984), *Le signe et la technique. La philosophie à l'épreuve de la technique*, Aubier Mouton, Paris.

Jacob F. (1981), *Le jeu des possibles*, Fayard, Paris (tr. it. *Il gioco dei possibili*, Mondadori, Milano, 1983).

Longo G. O. (2001), *Homo technologicus*, Meltemi, Roma.

Longo G. O. (2003), *Il simbiote. Prove di umanità futura*, Meltemi, Roma.

Monod J. (1970), *Le hazard et la nécessité*, Editions du Seuil, Paris (tr. it. *Il caso e la necessità. Saggio sulla filosofia*

[31] Cfr. K. Yeang, *op. cit.*, p. 53.

[32] Ivi.

[33] Si veda sempre K. Yeang, *op. cit.*, p. 55.

[34] Si veda per esempio G. Salvia, V. Rognoli, M. Levi, *Il progetto della natura. Gli strumenti della biomimesi per il design*, FrancoAngeli, Milano, 2009.



- naturale della biologia contemporanea, Mondadori, Milano, 1976).
- Negrotti M., a cura di (1990), *Capire l'artificiale*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Negrotti M., a cura di (1995), *Artificialia*, CLUEB, Bologna.
- Negrotti M. (1995a), *Per una teoria dell'artificiale. Tra natura, cultura e tecnologia*, FrancoAngeli, Milano.
- Pearce P. (1978), *Structure in Nature is a Strategy for Design*, The MIT Press, Cambridge MA.
- Perelman C. (1977), "Analogia e metafora", *Enciclopedia*, Vol. I, Einaudi, Torino, pp. 523-534.
- Pizzocaro S. (1994), "Una metàfora darwiniana. Objectes, sistemas artificials i mutacions tecnològiques en una perspectiva evolutiva", *Temes de Disseny*, Barcelona, No. 10 (setembre 1994), pp. 53-92 .
- Pizzocaro S. (1995), "Prospettive genealogiche", *Pluriverso*, No. 1, Dicembre 1995, pp. 94-95.
- Pizzocaro S. (1998), "Steps to industrial ecology: reflections on theoretical aspects", *The International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, Vol. 5, No. 4, December 1998, pp. 229-237.
- Pizzocaro S. (1999), "Approcci evolutivi e cambiamento tecnologico", *Pluriverso*, Anno IV, No. 2, Giugno 1999, pp. 95-105.
- Pizzocaro S. (2004). "Pensare insieme corpi e macchine, tecnica e cultura, natura e artificio", in M. Bertoldini, a cura di (2004), *La cultura politecnica*, Bruno Mondadori, Milano, pp. 103-110.
- Pizzocaro S. (2005), "Darwinian Metaphors. Objects and Technical Systems in Evolutionary Perspectives", *Design System Evolution: 6th European Academy of Design Conference proceedings*, 29-31 March 2005, Bremen, Germany, pp. 1-16.
- Pizzocaro S. (2010), "Naturale/artificiale", in S. Pizzocaro, M. Figiani, a cura di (2010), *Argomenti di ergonomia. Un glossario (Vol. 2)*, FrancoAngeli, Milano, pp. 129-145.
- Preta L., a cura di (1992), *Immagini e metafore della scienza*, Laterza, Bari.
- Robinette, J. C. (1960), *Living Prototypes - The Key to New Technology: Bionics Symposium*, WADD-TR, Wright Air Development Division, Wright Patterson Air Force Base, Ohio, 13-15 September 1960.
- Salvia G., Rognoli V., Levi M. (2009), *Il progetto della natura. Gli strumenti della biomimesi per il design*, FrancoAngeli, Milano.
- Simon H. A. (1969, 1981), *The Sciences of The Artificial*, The MIT Press, Cambridge, MA, and London (tr. it. *Le scienze dell'artificiale*, Il Mulino, Bologna, 1988).
- Simondon G. (1958, 1969, 1989), *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier Montaigne, Paris.
- Somenzi V. (1995), *Naturale e artificiale, Relazione per la LXIII Riunione della Società Italiana per il Progresso delle Scienze*, Urbino, 5-7 ottobre 1995, manoscritto.
- Somenzi V., Cordeschi R., a cura di (1994), *La filosofia degli automi: origini dell'intelligenza artificiale*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Steadman P. (1979), *The Evolution of Designs*, Cambridge University Press, Cambridge (tr. it. *L'evoluzione del design. L'analogia biologica in architettura e nelle arti applicate*, Liguori, Napoli, 1988).
- Stengers, I., a cura di (1989), *Da una scienza all'altra*, Hopefulmonster, Firenze.
- Yeang K. (1974), "Bionics: the use of biological analogies for design", *Architectural Association Quarterly*, Vol. VI, No. 2, pp. 48-57.