

ABSTRACT TESI: La ricerca esplora la trasformazione della condizione umana nell'era dell'Umanesimo artificiale, un tempo in cui la relazione tra corpo e tecnologia non è più soltanto strumentale ma diventa intima, simbiotica e co-evolutiva. Il lavoro prende avvio da una rilettura storica e filosofica: dall'umanesimo rinascimentale, che poneva l'uomo come misura di tutte le cose, fino al postumanesimo e al transumanesimo, che ne decostruiscono l'eccezionalismo per aprire a un paradigma plurale e tecnologicamente mediato. Il corpo viene così indagato non più come parametro universale ma come campo di negoziazione culturale, identitaria e politica, segnato da fenomenologia, ergonomia e design contemporaneo. Da qui la riflessione si sposta sul concetto di cyborg: figura nata nella fantascienza ma oggi realtà tangibile grazie a protesi intelligenti, interfacce neurali e biotecnologie, inserita nel più ampio orizzonte della cybercultura e delle teorie critiche sul potere e sulla soggettività. Il cuore della ricerca è la Human Augmentation, intesa come continuum di pratiche – sostitutive, assistive, aumentative – che ridefiniscono i limiti del corpo e la stessa idea di umano. Per affrontare tali sfide, la tesi propone un Cyborg Design Framework, un metodo aperto e speculativo che privilegia empatia, prototipazione incarnata e riflessione critica. La sperimentazione culmina in Preemie, un prototipo di incubatrice indossabile per neonati prematuri, che diventa dispositivo narrativo per interrogare etica e futuro delle tecnologie di supporto alla vita. In questo percorso, il design si afferma come pratica capace non solo di risolvere problemi, ma di aprire scenari, sollecitare domande e orientare la co-evoluzione umano-macchina..

THESIS ABSTRACT: The research explores the transformation of the human condition in the age of Artificial Humanism, a time in which the relationship between body and technology is no longer merely instrumental but becomes intimate, symbiotic, and co-evolutionary. The work begins with a historical and philosophical reinterpretation: from Renaissance humanism, which placed man as the measure of all things, to posthumanism and transhumanism, which deconstruct such exceptionalism in order to open toward a plural, technologically mediated paradigm. The body is thus examined not as a universal parameter but as a site of cultural, identity-related, and political negotiation, shaped by phenomenology, ergonomics, and contemporary design. From here, the reflection turns to the concept of the cyborg: a figure born in science fiction but now a tangible reality thanks to intelligent prosthetics, neural interfaces, and biotechnologies, situated within the broader horizon of cyberculture and critical theories of power and subjectivity. At the core of the research lies Human Augmentation, understood as a continuum of practices – substitutive, assistive, augmentative – that redefine the limits of the body and the very idea of the human. To address these challenges, the thesis proposes a Cyborg Design Framework, an open and speculative method privileging empathy, embodied prototyping, and critical reflection. The experimentation culminates in Preemie, a prototype of a wearable incubator for premature infants, which becomes a narrative device to interrogate the ethics and futures of life-support technologies. Along this trajectory, design emerges as a practice capable not only of solving problems but of opening scenarios, eliciting questions, and guiding the co-evolution of human and machine.

Towards Cyborg Design. A Practice-Based Design
Research for an Augmented Posthuman Condition

DOTTORANDA
Camilla Gironi

Dottorato di Ricerca
Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura

Sapienza Università di Roma | SAPIENZA UNIVERSITY OF ROME | ciclo CYCLE XXXVII | nov. 2021 - oct. 2024
Scuola di Dottorato in Ingegneria Civile e Architettura | DOCTORAL SCHOOL IN CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE
Dipartimento di 'Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura' | 'PLANNING, DESIGN, TECHNOLOGY OF ARCHITECTURE' DEPARTMENT



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Dottorato di Ricerca PIANIFICAZIONE, DESIGN, TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA
PHD PLANNING, DESIGN, TECHNOLOGY OF ARCHITECTURE

Coordinatore | Director
Prof.ssa Laura Ricci

Curriculum DESIGN
Curriculum DESIGN

Coordinatore Curriculum | Curriculum Chair
Prof. Carlo Martino

Towards Cyborg Design. A Practice-Based Design Research for an Augmented Posthuman Condition

Dottoranda | PhD Candidate Camilla Gironi
Supervisore | Supervisor Prof. Loredana Di Lucchio
Co-Supervisore | Co-Supervisor Prof. Angela Giambattista

Ciclo | Cycle XXXVII
Novembre 2021 - Ottobre 2024



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

DOTTORATO DI RICERCA

Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura

COORDINATORE

Prof.ssa Laura Ricci

CURRICULUM

Design

COORDINATORE CURRICULUM

Prof. Carlo Martino

Towards Cyborg Design. A Practice-Based Design Research for an Augmented Posthuman Condition

DOTTORANDA

Camilla Gironi

SUPERVISORE

Prof. Loredana Di Lucchio

CO-SUPERVISORE

Prof. Angela Giambattista

CICLO XXXVII

Novembre 2021 - Ottobre 2024

INDICE

QUADRO LOGICO

- p. 13 Introduzione
- p. 15 Contesto di Ricerca
- p. 18 Problema e Domande di Ricerca
- p. 21 Obiettivi di Ricerca
- p. 23 Risultati Attesi
- p. 25 Destinatari della Ricerca
- p. 26 Metodologia e Fasi di Ricerca

PARTE I L'ERA DEL CYBORG

CAPITOLO 1 IL NUOVO UMANESIMO TECNOLOGICO

- p. 35 1.1 L'Era dell'Umanesimo Artificiale
 - 1.1.1 Nuovi Modelli di Umanesimo
 - Postumanesimo VS Transumanesimo
 - 1.1.2 Decostruire per Ridefinire l'Umano
 - Le Fondazioni Filosofiche del Postumanesimo
 - Un'Ecologia Postumana
- p. 51 1.2 Verso un Design Post-Antropocentrico
 - 1.2.1 Decostruire per Ridefinire il Design
 - Progettare Per l'Alterità
 - Progettare Con l'Alterità
- p. 56 Approfondimento: il Progetto Continuity
- p. 61 *References*

CAPITOLO 2 CORPO UMANO E PROGETTO

- p. 69 2.1 Il Corpo Modello e Misura
 - 2.1.1 Il Corpo Umano nel Progetto
 - 2.1.2 La Nuova Centralità del Corpo
- p. 79 2.2 Il Corpo Utente e Agente
 - 2.2.1 Teoria dei Bisogni
 - 2.2.2 Teoria dell'Abilità
 - Tassonomia delle Abilità
 - Abilismo VS Disabilità
 - Internet of Abilities
- p. 99 2.3 Il Corpo Dato e Progetto
 - 2.3.1 Il Sé Quantificato
 - 2.3.2 Il Progetto del Corpo Umano
 - Estensione della Vita
 - Organi Artificiali
 - Robot Umanoidi
- p. 108 Approfondimento: Il Sustainable Technology Goals (STGs) Working Group
- p. 113 *References*

CAPITOLO 3 OLTRE IL CONFINE UMANO: TEORIA E PRATICA DEL CYBORG

- p. 125 3.1 Cyborg: da Science Fiction a Science Fact

	3.1.1 Cyber-Tecno-Cultura
	3.1.2 Teoria Cyborg
P. 139	3.2 Verso l'Integrazione Umano-Macchina
	3.2.1 Integrazione Tipologica: Wearable Technology
	3.2.2 Integrazione Significativa: Assistive Technology
	3.2.3 Oltre l'Integrazione
p. 148	Approfondimento: il progetto SPHeaD - Smart Personal Healthcare Devices
p. 153	<i>References</i>

PARTE II UN AMBITO DI INDAGINE PER LA DESIGN RESEARCH

CAPITOLO 4 LA CONDIZIONE UMANA AUMENTATA

p. 163	4.1 Human Augmentation
	4.1.1 Definizioni e Inquadramento
	4.1.2 Livelli e Dimensioni
	Cognitivo
	Fisico
	Sensoriale
	Verso la Multidimensionalità
	4.1.3 Identificare Best Practices: Analisi Casi Studio
	Criteri di Analisi
	Schede di Analisi di Casi Studio
	Considerazioni
p. 223	4.2 Rintracciare il Ruolo del Design nella Human Augmentation
	4.2.1 Approcci Metodologici Tradizionali di Design
	4.2.2 Nuove Prospettive per il Design
p. 233	<i>References</i>

PARTE III DESIGN PER LO SVILUPPO TECNOLOGICO

CAPITOLO 5 RICOSTRUIRE UN METODO DI DESIGN

p. 247	5.1 Costruire un Metodo di Design per la Human Augmentation
	5.1.1 Critical Design per l'Experimental Research Through Design
p.251	5.2 Inventare il Cyborg
	5.2.1 Metodo: Design Fiction
	5.2.2 Sperimentazione: Co-Progettare Attraverso Design Fiction Cards
	Workshop 1
	Workshop 2
	5.2.3 Osservazioni
p. 271	5.3 Capire il Cyborg
	5.3.1 Metodo: Human-Centered Design
	5.3.2 Sperimentazione: Trovare Principi di UX in Applicazioni per il Mondo Reale (Industriale)
	Test Basato su Task
	Test Dinamico

	5.3.3 Osservazioni
p. 291	5.4 Considerazioni
p. 295	<i>References</i>

PARTE IV PRODUZIONE E VALIDAZIONE DI UN FRAMEWORK METODOLOGICO

CAPITOLO 6 CYBORG DESIGN FRAMEWORK

p. 303	6.1 Definizione di Cyborg Design e Configurazione Metodologica
	6.1.1 Fasi del Processo Progettuale
	Empatia Amplificata
	Definizione Potenziale
	Ideazione Divergente
	Prototipazione Incarnata
	Speculazione Riflessiva
	Integrazione Strategica
	6.1.2 Raccomandazioni per Cyborg Designer
	6.1.3 Cyborg Design Manifesto

CAPITOLO 7 UNO STUDIO PILOTA PER IL CYBORG DESIGN FRAMEWORK: IL PROGETTO PREEMIE

p. 317	7.1 Inquadramento della Sperimentazione
	7.1.1 Tecnologie di Supporto alla Vita: dall'Incubatrice all'Artificial Womb
	7.1.2 Opportunità per uno Studio Pilota di Cyborg Design
	7.2 Processo di Cyborg Design
	7.2.1 Empatia Amplificata
	Interviste Semi-Strutturate con Genitori
	Analisi della Letteratura e Conversazioni con Esperti
	7.2.2 Definizione Potenziale
	Principi Chiave
	Tensioni e Convergenze
	7.2.3 Ideazione Divergente
	Co-Ideazione Umana e Non-Umana
	7.2.4 Prototipazione Incorporata
	Traduzione Materica
	Incorporazione dell'Esperienza
	7.2.5 Speculazione Riflessiva
	7.2.6 Integrazione Strategica
p. 340	7.3 Riflessioni e Sviluppi Futuri
p. 345	<i>References</i>

CONCLUSIONI

p. 352	Risposte alle Domande di Ricerca
p. 355	Raggiungimento degli Obiettivi di Ricerca
p. 358	Risultati
p. 362	Limitazioni della Ricerca
p. 363	Riflessioni e Prospettive Future

Per Papà.

INTRODUZIONE

LOGICAL FRAMEWORK

ABSTRACT (INGLESE)

This section outlines the logical framework of the research, structured into seven main parts. The Introduction situates the topic within the current context of technological transformations and the progressive integration between the human body and wearable devices. The Research Context explores the development of Human Augmentation as an emerging field, highlighting its cultural, social, and ethical implications. The Problem Statement and the Research Questions are defined with the aim of identifying the challenges that this study seeks to address, particularly concerning the still marginal role of Design in this domain. Guiding questions are formulated regarding the evolution of human nature, the state of the art in technology, and the methodological perspectives of the project. The Research Objectives, divided into General and Specific, define the trajectory of the investigation towards the development of a conceptual and operational framework. These are followed by the Expected Outcomes and the Target Audience of the Research. Finally, the Methodology and the research phases describe the approach adopted in pursuing the stated objectives.

QUADRO LOGICO

ABSTRACT

In questa sezione viene delineato il quadro logico della ricerca, articolato in sette sezioni principali. L'Introduzione colloca il tema nell'attuale scenario di trasformazioni tecnologiche e di progressiva integrazione tra corpo e dispositivi indossabili. Il Contesto di ricerca approfondisce lo sviluppo della Human Augmentation come campo emergente, evidenziando le sue implicazioni culturali, sociali ed etiche. Il Problema e le Domande di ricerca vengono definite al fine di identificare le sfide che la presente ricerca si è posta di affrontare, in particolare riguardo le criticità legate al ruolo ancora marginale del Design in questo ambito, formulando domande guida sull'evoluzione della natura umana, sullo stato dell'arte tecnologico e sulle prospettive metodologiche del progetto. Gli Obiettivi di ricerca, divisi in Generali e Specifici, definiscono la traiettoria di sviluppo dell'indagine, verso l'elaborazione di un framework concettuale e operativo. Seguono i Risultati Attesi e i Destinatari della Ricerca. Infine, la Metodologia e le fasi di ricerca descrivono l'approccio che questa indagine ha seguito nel perseguire gli obiettivi prefissati.

Introduzione

I recenti avanzamenti tecnologici stanno ridefinendo sostanzialmente l'esperienza umana, sempre più mediata da sistemi di dispositivi pervasivi. Se finora l'interazione tra umani e tecnologie è stata fiorente oggetto di esplorazione, sviluppo e speculazione attraverso molteplici discipline, incluse quelle del Design, oggi la sua evoluzione determina una relazione orientata all'integrazione. L'oggetto tecnologico non è più solo uno strumento, ma sta diventando parte dell'esperienza umana, che si trasforma attraverso un augmentation layer fatto di capacità computazionali che emulano, superano o sostituiscono quelle naturali degli esseri umani. A fronte della crescente affermazione di questa nuova relazione tra componente organica e componente sintetica, non più fatta solo di interazione, bensì di collaborazione, co-evoluzione e simbiosi, lo spazio di azione dei dispositivi tecnologici sta progressivamente conquistando a vari livelli la dimensione corporea dell'umano.

Indagando lo stato dell'arte delle tecnologie indossabili e di come queste si inseriscono nella quotidianità degli individui fino ad arrivare a una ibridazione dell'esperienza umana con le capacità amplificate dei sistemi artificiali, si delinea una traiettoria di sviluppo orientata alla concretizzazione del concetto di cyborg, non solo come organismo di congiunzione tra cibernetica e biologia, ma come agente biopolitico di trasformazione. Nello studio delle tecnologie contemporanee e dei trend di sviluppo futuro, il ruolo del design come motore di innovazione etica nella convergenza umano-macchina è indagato attraverso l'individuazione di casi studio in cui l'esperienza e l'identità umane sono al centro della trasformazione mediata dall'integrazione della tecnologia con il corpo.

Nel tentativo di rafforzare la posizionalità del design come pratica di innovazione responsabile nello sviluppo delle tecnologie di potenziamento della natura umana, la ricerca offre una panoramica sulle trasformazioni dell'era post-moderna, sulla rinnovata attenzione per il corpo e il suo potere sociale, politico e biologico e su

come questo sia in evoluzione con le integrazioni tecnologiche, puntando l'attenzione su come ciò stia contribuendo alla nascita di una nuova condizione postumana in cui i concetti di controllo, identità, auto-determinazione sono sempre più decentrati in una continua negoziazione tra organico e sintetico. La ricerca si propone pertanto di delineare un approccio di design che possa rispondere alle sfide progettuali di questa nuova era di convergenze e tensioni, in cui l'umano, il postumano e il non-umano sono intrecciati in una co-evoluzione di sé, senso e significato.

Proponendo un framework di Cyborg Design, la presente ricerca si interroga sulle nuove prospettive per il design, partendo dai suoi approcci di Human-Centered Design e Design Fiction e tracciando una traiettoria che unisce osservazione critica e pratica speculativa con l'obiettivo di interpretare le attuali esigenze legate all'integrazione tecnologica e di prevedere i suoi futuri desiderabili in un approccio centrato sulla dimensione dell'esperienza umana.

Contesto di Ricerca

Il miglioramento e il potenziamento delle capacità umane attraverso la tecnologia sono pratiche che hanno da sempre caratterizzato la storia dello sviluppo umano sin dalle sue origini, attraverso la costruzione di strumenti, utensili e oggetti utili a compiere lavoro in modo più efficiente ed efficace. Tuttavia, tali pratiche stanno oggi acquisendo un nuovo significato in un contesto di rapidi progressi tecnologici, che stanno iniziando a portare le capacità umane anche oltre i loro limiti naturali. L'impiego di tecnologie indossabili per modificare le capacità umane naturali è il fulcro della Human Augmentation (HA). Definita anche "Augmented Humanity" e "Human 2.0", la Human Augmentation è un campo di ricerca relativamente giovane. Sebbene la quantità di contributi scientifici provenienti da varie discipline sia cresciuta negli ultimi anni, una definizione formalmente riconosciuta di questo ambito è ancora oggetto di dibattito nella comunità scientifica. In generale, può essere descritto come l'insieme di pratiche e discipline che si concentrano sul miglioramento, l'ausilio o la sostituzione delle capacità umane attraverso l'integrazione di dispositivi tecnologici con il corpo umano. Questi interventi possono riguardare le sfere sensoriali (come il miglioramento della vista e dell'udito), motorie (come la forza fisica, la velocità e l'agilità), cognitive (come la memoria e la capacità di apprendimento) e sociali (come la capacità di isolarsi fisicamente dalle altre persone). Alcuni ricercatori si riferiscono a questo campo anche come Human Enhancement, sebbene tale denominazione sia spesso riferita a modifiche con effetto permanente sul corpo umano eseguite mediante interventi farmaceutici, genetici o chirurgici, che pertanto non possono essere intese come potenziamenti per mezzo di estensioni esterne. L'integrazione della componente umana e della componente tecnologica si traduce in un ibrido a cui spesso si fa riferimento attraverso il termine "cyborg", che connota una distinta tipologia di individuo in cui la natura biologica e il potenziamento tecnologico sono profondamente interconnessi e in simbiosi.

Nonostante più recenti sviluppi nei campi delle biotecnologie, delle

scienze computazionali e ingegneristiche stanno apportando nuove prospettive progettuali al settore HCI, il concetto di ibridazione di esseri umani e dispositivi tecnologici rimane oggetto di numerosi dibattiti e alimenta opinioni divergenti, soprattutto in considerazione delle possibili implicazioni etiche e sociali di tale pratica, alla luce della quale si sta evidenziando allo stesso tempo la necessità di dover riconsiderare cosa significhi essere “umani”. Seppure esista in parte una certa resistenza ad accettare le pratiche di Human Augmentation, questo settore è destinato a crescere e conta oggi diversi esempi, non solo di sperimentazione e di ricerca, ma anche di prodotti già disponibili sul mercato. Lo sviluppo delle tecnologie di potenziamento è di fatto oggetto di interesse strategico per vari settori, soprattutto a livello militare, clinico e industriale. In Italia, secondo i dati diffusi dall'Osservatorio Transizione Industria 4.0 della School of Management del Politecnico di Milano, il valore del mercato italiano dei prodotti e servizi per l'Industria 4.0 è di 3,9 miliardi di euro (valore assoluto che rappresenta una crescita del 22% rispetto all'anno precedente), tra i quali rientrano gli investimenti dedicati allo sviluppo e all'implementazione di Advanced Human-Machine Interfaces (55 milioni), che includono dispositivi indossabili di potenziamento (2021). Nel mercato globale, secondo un report di Markets and Markets del 2022, il valore di mercato delle tecnologie di Human Augmentation è stimato in 131,7 miliardi di dollari nel 2021, con una previsione di crescita che raggiungerà i 341,2 miliardi di dollari entro il 2026. Queste tendenze di crescita significativa sono riscontrabili nella diffusione sempre più accentuata di varie categorie di prodotto destinate al largo pubblico. Tra gli esempi di prodotti aumentativi rientrano ad esempio alcune categorie di protesi, che tradizionalmente sostituiscono una parte del corpo, soprattutto gli arti superiori e inferiori in misura più o meno estesa. Alcune moderne protesi – altamente sofisticate e tecnologicamente avanzate – infatti si spingono oltre la sola funzionalità, aumentando la capacità fisica, riproducendo movimenti e sensazioni naturali, o investigando la concezione stessa di forma umana. Un

altro esempio, in significativo sviluppo, è costituito dagli esoscheletri, strutture esterne additive indossate sul corpo per amplificare la forza e le capacità fisiche dell'utente. Spesso utilizzati in settori come l'industria pesante e la costruzione per ridurre il rischio di lesioni da sforzo ripetitivo, sono generalmente caratterizzate da componenti robotiche che vanno a supportare diverse parti del corpo. Queste possono essere controllate attraverso tradizionali interfacce di input o, nei casi più avanzati, attraverso interazioni naturali come movimento, input muscolare o addirittura usando interfacce cervello-computer. Un'altra categoria di prodotti, che recentemente sta attraversando significativi sviluppi e avanzamenti in termini di tecnologia ed esperienza utente, è quella dei dispositivi di eXtended Reality (XR). L'uso di questi dispositivi, che permettono agli utenti di immergersi in un ambiente virtuale (VR), aumentato (AR) o misto (MR), è in grado di offrire diverse esperienze sensoriali, di accedere a nuovi layer di informazione e di interazione con oggetti, persone e sistemi, nonché di svolgere attività lavorative e ricreative secondo nuove modalità. Inoltre, grazie al continuo progresso scientifico-tecnologico dal punto di vista delle neuroscienze, in questo mercato in rapida espansione stanno emergendo nuove tipologie di prodotto, tra i quali dispositivi per il supporto e il potenziamento delle capacità cognitive, come la memoria, la concentrazione e la creatività, anche attraverso l'integrazione di sistemi di intelligenza artificiale.

Considerata la grande varietà di uso, delle nuove modalità di interazione, dell'innovazione nella relazione umano-tecnologia, la Human Augmentation rappresenta un interessante campo di esplorazione per il Design. Le opportunità offerte da quest'area di ricerca in costante crescita riguardano non solo il coinvolgimento del Design a livello di progettazione del prodotto aumentativo, ma soprattutto una nuova possibile evoluzione della disciplina stessa, sia come strumento di investigazione sia dal punto di vista dell'approccio metodologico.

Problema e Domande di Ricerca

Per sua definizione, l'area di ricerca della Human Augmentation è molto affine al campo della protesica, che negli ultimi anni ha visto un significativo sviluppo, non solo dal punto di vista ingegneristico, con l'implementazione di protesi robotiche intuitive e interattive, ma anche dal punto di vista sociale, con una più ampia democratizzazione dell'accesso e della personalizzazione. Nonostante questa notevole crescita, il contributo della disciplina del Design nell'area di ricerca della Human Augmentation è ancora limitato.

Le principali ragioni di questa disparità sono duplici. Un primo fattore è legato alla novità di questo ambito di ricerca, che è ancora molto frammentato e in una fase di esplorazione. I principali contributi scientifici in questa materia infatti provengono in ampia parte da aree di ricerca quali Computer Science, Engineering e Robotics, e sono dedicati specialmente a risolvere le problematiche e gli ostacoli di natura scientifico-ingegneristica legati alla progettazione e alla realizzazione di dispositivi indossabili complessi. Un secondo fattore è riconducibile alla difficoltà di identificare i confini e le caratteristiche della Human Augmentation, nonché di associare questa terminologia a pratiche che spesso esistono solo sotto forma di sperimentazione e, talvolta, di pura provocazione artistica.

L'avanzamento di questo settore, pertanto, si muove in due direzioni parallele.

Da un lato, attraverso la ricerca e lo sviluppo di prodotti aumentativi funzionali destinati soprattutto a settori strategici, come quello militare, medico e industriale. Tali prodotti sono dunque il risultato di uno sforzo tecnico-scientifico rivolto a rispondere a esigenze molto specifiche come la produttività, la riabilitazione e la performance fisica. Questa direzione potrebbe essere definita come utilitaristica, in quanto concentrata sull'ottimizzazione e sul miglioramento delle capacità umane al solo fine dello svolgimento di attività lavorative e sul recupero delle stesse nei casi di impedimenti fisico-motori temporanei.

Dall'altro lato, questo ambito di ricerca rappresenta un terreno fer-

tile di sperimentazione in chiave critica e speculativa, particolarmente rilevante in considerazione delle implicazioni etiche e sociali delle tecnologie aumentative. Questa direzione si concentra sull'indagine dei rischi e dei benefici che le pratiche di Human Augmentation possono apportare alla società, alle abitudini delle persone e al significato stesso di essere "umani", offrendo pertanto molteplici visioni e stimolando la riflessione su quali possano essere gli scenari desiderabili per l'umanità (e, più ampiamente, dei suoi equilibri con gli ecosistemi naturali secondo il concetto di "more-than-human") e quelli che dovrebbero invece essere evitati (ad esempio, nell'ottica del duplice uso di queste tecnologie per fini non etici).

Questa separazione tra le due principali direzioni di sviluppo conferma la difficoltà a conciliare la sperimentazione con la quotidianità, ovvero il problema del trasferimento tecnologico dagli ambienti di laboratorio al mondo esterno (e dunque, al mercato), criticità comune a molti settori di ricerca tecnico-scientifici e in generale di tutte le disruptive technologies.

Tuttavia, entrambe le direzioni rappresentano uno spazio di opportunità per il Design, che nel primo caso spesso viene incluso solo nelle fasi finali del processo di progettazione (limitandone il contributo al livello estetico), mentre nel secondo si identifica come strumento di esplorazione di scenari alternativi, ad esempio attraverso le metodologie di Design Fiction.

In particolare, l'opportunità che la presenta ricerca vuole investigare è la possibilità di instaurare nuovi approcci di progettazione per l'area di ricerca della Human Augmentation, attraverso una ibridazione e una evoluzione di metodologie consolidate come lo Human-Centered Design e il Design Fiction. Questo possibile approccio ibrido ha come scopo quello di contribuire a questo nuovo ambito di ricerca attraverso il Design, e allo stesso tempo di proporre nuovi strumenti che possano rispondere alle sfide che questo ambito presenta alla disciplina del Design, sia nella teoria sia nella

pratica. Questa assunzione vuole esplorare la necessità di interrogarsi su cosa si intenda per “user needs” in un contesto slegato dalla pura funzionalità dei dispositivi e anzi dedicato alla progettazione di nuove modalità dell’essere umani.

Pertanto, la ricerca si è sviluppata a partire da tre Domande di Ricerca che hanno guidato il processo di indagine, così delineate:

- DR1 – Come sta evolvendo la natura umana in questa era di sviluppo tecnologico? Quali sono le tendenze e gli effetti oggi osservabili di questa trasformazione?
- DR2 – Quale è lo stato dell’arte dei progetti e dei prodotti di tecnologie indossabili in grado di modificare le capacità umane? Quale è il ruolo del Design nello sviluppo di queste tecnologie?
- DR3 – Può il Design fornire un framework concettuale e metodologico che possa guidare lo sviluppo delle tecnologie indossabili?

Obiettivi di Ricerca

La presente ricerca si propone di indagare l'evoluzione della natura umana nell'attuale contesto di rapido sviluppo tecnologico, con particolare attenzione alle implicazioni dell'integrazione delle tecnologie indossabili orientate al potenziamento delle capacità fisiche, cognitive e sensoriali umane.

Tale indagine mira a contribuire al dibattito sulla legittimità dello sviluppo di tali tecnologie proponendo l'approccio proiettato al futuro ma con pragmatica attenzione alle dinamiche del presente che caratterizzano le discipline del Design. A tal proposito, la ricerca intende inserirsi nel recente interesse di questo campo nella permeazione delle tematiche del potenziamento umano, dei nuovi modelli di umanesimo e dell'avanzamento accelerato delle tecnologie trasformative nella società umana.

Sulla base di tali premesse, la ricerca si pone i seguenti Obiettivi Generali:

- OG1. Analizzare l'evoluzione della natura umana nell'era dello sviluppo tecnologico, esplorando in che modo i progressi tecnologici, in particolare quelli legati alle tecnologie indossabili, stiano influenzando le capacità fisiche, cognitive, sociali ed emotive dell'essere umano.
- OG2. Indagare lo stato dell'arte delle tecnologie indossabili per il potenziamento umano, raccogliendo, organizzando e valutando criticamente esempi attuali di progetti, prodotti e prototipi di tecnologie indossabili capaci di modificare o ampliare le capacità umane, con un'attenzione particolare al ruolo del Design nel loro sviluppo.
- OG3. Definire un quadro teorico-metodologico per il Design di tecnologie indossabili, elaborando un framework concettuale e operativo che possa orientare progettisti, ricercatori e aziende nello sviluppo etico, sostenibile e user-centered di tecnologie indossabili di potenziamento.

In linea con quanto delineato in merito agli Obiettivi Generali e in risposta alle Domande di Ricerca, l'indagine è stata strutturata nei seguenti Obiettivi Specifici:

- OS1. Comprendere e analizzare la trasformazione umana mediata dalla tecnologia.

1. Identificare le principali trasformazioni antropologiche e sociali connesse all'integrazione crescente della tecnologia nella vita umana.

2. Indagare le origini storiche e individuare le principali tendenze attuali ed emergenti dell'integrazione della tecnologia con il corpo umano.

3. Identificare i principali aspetti culturali, teorici e filosofici nell'uso di tecnologie che interagiscono con le capacità umane.

- OS2. Indagare l'ambito di ricerca del potenziamento umano.

1. Condurre una revisione critica della letteratura in materia di Human Augmentation, rilevando le principali categorie di prodotto associate.

2. Effettuare un'analisi critica di casi studio di tecnologie indossabili orientate al potenziamento delle capacità umane, individuando nuove tendenze e fattori di innovazione responsabile.

3. Analizzare il ruolo del Design nei processi di sviluppo di tali tecnologie, individuando approcci, metodologie e strumenti utilizzati.

- OS3. Promuovere l'inclusione del Design nelle strategie di sviluppo di tecnologie indossabili di potenziamento umano.

1. Impiegare e testare approcci di Design per l'ideazione di tecnologie innovative e per la comprensione delle esigenze umane in relazione all'integrazione con esse.

2. Proporre e testare un framework integrato, e linee guida operative e metodologiche per designer e team di sviluppo, applicabili in contesti reali di progettazione.

Risultati Attesi

Alla luce degli obiettivi delineati, la presente indagine mira a raggiungere i seguenti Risultati Attesi:

- Raccogliere e indagare conoscenze utili ai progettisti per comprendere le attuali trasformazioni culturali, sociali e politiche mediate dall'avanzamento tecnologico, con l'obiettivo di innescare un dialogo critico sulla desiderabilità o sulla necessità di mitigazione di determinate innovazioni tecnologiche che stanno caratterizzando il nostro tempo e quello prossimo.

Si auspica che la raccolta e l'analisi dei fondamenti filosofici e sociologici dell'evoluzione umana mediata dalla tecnologia possa fornire ai progettisti un quadro ontologico di riferimento a cui rivolgersi nell'approcciare le tematiche relative alla progettazione di dispositivi di potenziamento umano.

- Costruire una sistematizzazione delle conoscenze relative all'ambito di ricerca del potenziamento umano, ricercando e analizzando le tendenze, le tensioni e le convergenze intrinseche nello sviluppo dei dispositivi a esso dedicati, individuando esempi pratici in cui è manifesta la volontà di riportare la dimensione umana, in una sua nuova evoluzione, al centro degli obiettivi di sviluppo tecnologico.

Si auspica di contribuire al recente interesse delle discipline umanistiche e del progetto in questa vasta area di ricerca, con l'obiettivo di fornire considerazioni dalla prospettiva del Design in un ambito generalmente slegato da approcci umano-centrici e dalla speculazione critica.

- Enfatizzare l'importanza di includere il Design come strumento di indagine e provocazione culturale, sociale, politica, e come sistema di approcci utili a orientare le scelte di sviluppo in team multidisciplinari e nel policy-making, attraverso la formalizzazione di speculazione pratica e la costruzione di dispositivi in grado di aprire la discussione sul tema della legittimità e della responsabilità etica dell'operato dei progettisti nella plasmazione del futuro.

Si auspica in tal senso di incoraggiare designer e ricercatori di design a invadere gli spazi tradizionalmente guidati da un approccio allo sviluppo orientato solo alla dimostrazione tecnica, con la speranza di amplificare e democratizzare il dibattito e la pratica progettuale in una prospettiva più aperta e umano-centrica.

Destinatari della Ricerca

La presente ricerca è rivolta principalmente agli attori dei processi progettuali di dispositivi indossabili per il potenziamento umano, conservando tuttavia un respiro sufficientemente ampio e aperto tale da rivolgersi, in generale, a chiunque voglia implementare un approccio design-driven alle pratiche della convergenza umano-macchina che stanno caratterizzando la nostra epoca.

In primo luogo, i contenuti di questa ricerca si rivolgono ai Designer di prodotto integrato, che abbiano o meno familiarità con le tematiche di Human Augmentation, e che si siano mai interrogati sulla nostra epoca di co-evoluzione di umani e non umani e su come il design possa intervenire positivamente per orientare e ispirare i processi decisionali e progettuali di costruzione delle tecnologie trasformative. Parallelamente, il presente contributo mira a inserirsi nel crescente interesse di ricerca in ambito di Human Augmentation delle materie più umanistiche e artistiche, con l'obiettivo di partecipare al tentativo di identificare gli spazi di intervento del Design, ma allo stesso tempo di mettere in discussione la disciplina stessa e i suoi approcci tradizionali e di enfatizzare la sua capacità di ibridarsi e di trasformarsi in armonia con le esigenze emergenti dei processi di sviluppo e degli utenti.

In secondo luogo, la ricerca ha inoltre l'ambizione di ispirare la costruzione di startup con un approccio design-driven in grado di fornire consulenza strategica alle realtà progettuali e produttive già affermate nell'ambito delle tecnologie indossabili, e in grado di costituire un hub di speculazione e progettazione delle stesse in un'attitudine alla sperimentazione pratica e al coinvolgimento nel dibattito pubblico sul futuro dell'evoluzione umana mediata dalla tecnologia.

Infine, a tal proposito, il presente contributo si rivolge anche ai policy-makers, con lo scopo di dimostrare come il Design possa aiutare a formulare decisioni informate attraverso modalità di dibattito aperte e basate su esperimenti, provocazioni ma anche cristallizzazioni plausibili e desiderabili dei "what-if" che animano il dibattito sulle traiettorie del futuro dell'umanità.

Metodologia e Fasi di Ricerca

Il presente lavoro di ricerca ha seguito un percorso metodologico che ha unito momenti di Desk Research a momenti di Field Research, con l'obiettivo di offrire da un lato un contributo teorico dal punto di vista di sistematizzazione e analisi critica delle conoscenze dello stato dell'arte della letterature rilevante, e dall'altro lato un contributo pratico di speculazione sperimentale con il duplice obiettivo di confutare le conoscenze teoriche e di costruirne di nuove sulla base di quanto osservato.

Pertanto, l'approccio metodologico impiegato si basa sulla Ricerca-Azione, dove teoria e pratica si intrecciano in un ciclo continuo di iterazione.

Attraversando diversi settori disciplinari, la Desk Research ha indagato la letteratura relativa al rapporto tra umani e tecnologia, a come questo sta evolvendo in un'era di interazione sempre più orientata all'integrazione tra i due componenti, alle spinte culturali verso un futuro dominato dalla cibernetica e allo stesso tempo da nuovi movimenti sociali di rivalorizzazione dell'identità umana, fino ad arrivare a una analisi dei recenti sviluppi di dispositivi tecnologici volti al potenziamento delle capacità umane e alla loro sistematizzazione per una lettura critica di indagine delle tendenze emergenti nella progettazione di una nuova condizione umana.

La Field Research si è composta di sperimentazioni e iniziative applicative volte da un lato all'approfondimento delle tematiche affrontate nell'analisi della letteratura, e dall'altro volte alla speculazione pratica per la costruzione di un framework basato sulle osservazioni empiriche.

Le finalità del presente lavoro di ricerca possono essere ricondotte a un approccio di Research For Design, in quanto l'obiettivo principale è quello di contribuire allo sviluppo di metodologie di Design specifiche per la costruzione di futuri della nuova condizione umana aumentata e mediata dalla tecnologia, nonché di fornire a designer e ricercatori un tassello che si auspica possa innescare ulteriori sperimentazioni. Più specificamente in merito alle applicazioni pratiche, è possibile ricondurre le modalità seguite a un approccio

di Research Through Design, in quanto il Design è stato impiegato sia come lente di lettura di fenomeni esistenti, sia come strumento di plasmazione di nuove possibili traiettorie per l'ideazione e per la costruzione di artefatti di potenziamento umano in grado di innescare il dibattito intorno alla convergenza verso un futuro desiderabile.

In particolare, il percorso di ricerca si è articolato in quattro fasi distinte ma interconnesse, delineate di seguito:

- Fase 1 – La prima fase ha riguardato l'analisi della letteratura generale in tema di rapporto umano-tecnologia, con un approccio multidisciplinare volto a inquadrare il fenomeno oggetto di studio all'interno di differenti prospettive teoriche. Tale esplorazione preliminare ha consentito di individuare i principali orientamenti concettuali e le cornici epistemologiche rilevanti, ponendo le basi per una successiva focalizzazione del campo di indagine.
- Fase 2 – Nella seconda fase l'attenzione è stata rivolta alla letteratura specifica relativa alla Human Augmentation, con l'obiettivo di approfondire i contributi più recenti in ambito tecnologico, ergonomico e socio-culturale, al fine di delineare un quadro aggiornato e critico delle pratiche e delle implicazioni connesse al potenziamento umano.
- Fase 3 – A partire dalle acquisizioni teoriche, la terza fase ha riguardato la formulazione di un'ipotesi metodologica attraverso una indagine sperimentale per costruire un metodo di ideazione e per raccogliere dati attraverso l'osservazione dello stato dell'arte, al fine di gettare le basi per la costruzione di un framework metodologico, con la sua successiva applicazione in uno studio pilota, concepito come momento di verifica preliminare e come restituzione pratica delle conoscenze acquisite.

Fig. 1. Diagramma di relazione tra Domande di Ricerca, Obiettivi Generali e Obiettivi Specifici del quadro logico.
[© Camilla Gironi]

Fig. 2. Diagramma di sintesi delle Fasi della ricerca.
[© Camilla Gironi]

Fig. 1

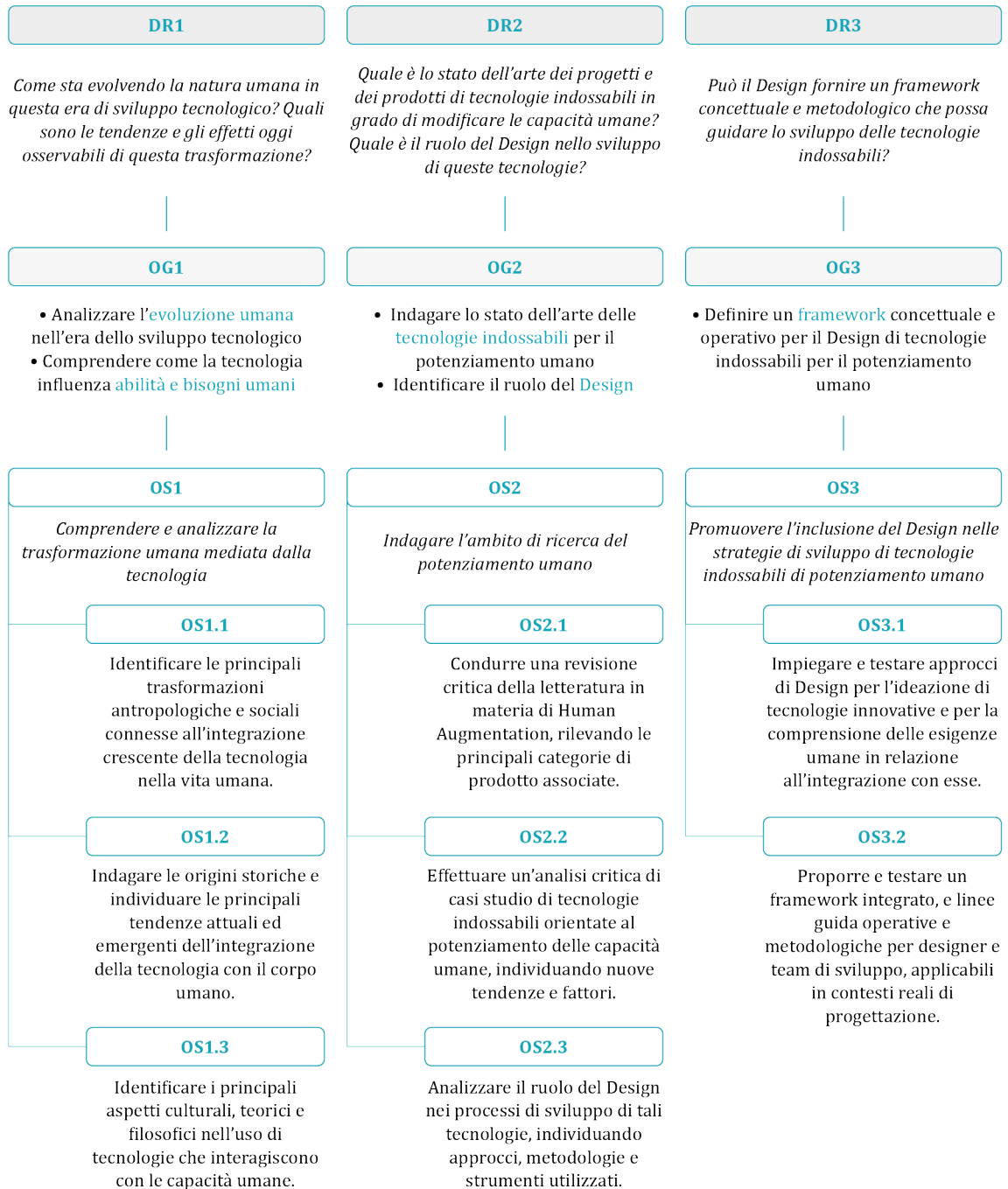


Fig. 2



PARTE I

L'ERA DEL CYBORG

THE NEW TECHNOLOGICAL HUMANISM

ABSTRACT (INGLESE)

The chapter explores the transformation of the relationship between human beings and technology, outlining the advent of an "Artificial Humanism" in which machines are no longer mere tools but cognitive, affective, and decision-making co-agents. This condition marks a historical phase in which the boundaries between the natural and the artificial, the biological and the synthetic, become increasingly blurred. Within this framework, different theoretical models are compared: Transhumanism, which advocates a radical enhancement of the human with a view to its perfect evolution, and Posthumanism, which instead deconstructs anthropocentrism, questioning the centrality of the human and opening up to an ecological and relational perspective. While the former tends toward an optimistic vision of overcoming biological limits - though at the risk of generating new socio-economic inequalities - the latter proposes a rethinking of the very categories of identity, subjectivity, and agency. The chapter also examines the role of post-anthropocentric design, conceived as a critical and speculative practice aimed at imagining scenarios of coexistence between the human and the non-human.

CAPITOLO 1 IL NUOVO UMANESIMO TECNOLOGICO

ABSTRACT

Il capitolo esplora la trasformazione del rapporto tra essere umano e tecnologia, delineando l'avvento di un "Umanesimo Artificiale" in cui le macchine non sono più meri strumenti, ma co-agenti cognitivi, affettivi e decisionali. Questa condizione segna una fase storica in cui i confini tra naturale e artificiale, biologico e sintetico si fanno sempre più sfumati. In tale cornice si confrontano diversi modelli teorici: il Transumanesimo, che promuove un potenziamento radicale dell'umano nell'ottica di una sua evoluzione perfetta, e il Postumanesimo, che invece decostruisce l'antropocentrismo, ponendo in discussione la centralità dell'umano e aprendo a una prospettiva ecologica e relazionale. Se il primo tende a un'ottimistica visione di superamento dei limiti biologici, rischiando però nuove disuguaglianze socio-economiche, il secondo propone un ripensamento delle categorie stesse di identità, soggettività e agency. Il capitolo esplora inoltre il ruolo del design post-antropocentrico, concepito come pratica critica e speculativa volta a immaginare scenari di coesistenza tra umano e non-umano.

1.1 L'Era dell'Umanesimo Artificiale

La trasformazione profonda nel rapporto tra l'essere umano e la tecnologia nell'epoca corrente rappresenta una nuova fase storica in cui l'essere umano viene ripensato non più come misura di tutte le cose, ma come nodo dinamico in una rete di relazioni umano-macchina sempre più intime, pervasive e simbiotiche. È possibile definire questo momento storico come l'Era dell'Umanesimo Artificiale, un contesto in cui le tecnologie emergenti – che includono intelligenza artificiale, interfacce neurali, robotica indossabile, biotecnologie e realtà estese – non sono più solo semplici strumenti da usare, ma diventano co-agenti nei processi cognitivi, decisionali e persino affettivi dell'individuo (Floridi and Chiriatti, 2020), come vere e proprie estensioni attive e trasformative del corpo e della mente umana (Harari, 2018; Clark, 2024).

L'Umanesimo Artificiale incapsula una prospettiva che valorizza un'integrazione etica, epistemologica e sociale delle macchine intelligenti nei sistemi umani (Coeckelbergh, 2020), proponendo uno sviluppo tecnologico che rifiuta l'alienazione dell'umano, ma che anzi ne amplifica le capacità, con profonde implicazioni etiche e ontologiche (Ihde, 2019). Questa fase di trasformazione richiede una riflessione interdisciplinare, che coinvolga non solo l'informatica e le neuroscienze, ma anche la filosofia, la sociologia e il design, per comprendere come preservare l'umano in un mondo sempre più mediato da sistemi autonomi (Cave, Coughlan and Dihal, 2019) e attuare strategie di revisione critica dei concetti tradizionali di identità, soggettività e agency, alla luce di un'evoluzione tecnico-culturale che rende sempre più sfumati i confini tra naturale e artificiale, biologico e sintetico (Hayles, 2017). L'Umanesimo Artificiale non è solo un paradigma teorico, ma una lente critica attraverso cui leggere la trasformazione della condizione umana e la sua co-evoluzione attraverso l'integrazione tecnologica nell'epoca post-digitale.

1.1.1 Nuovi Modelli di Umanesimo

L'Umanesimo tradizionale racchiude un'ampia gamma di movimenti filosofici ed etici, unificati da un quadro concettuale incentrato sui valori dell'autonomia, della ragione e della scienza come manifestazione della supremazia morale degli esseri umani. La visione umanista del mondo ha posizionato l'umanità al vertice, relegando la natura a mero oggetto primariamente destinato alla manipolazione umana attraverso l'indagine scientifica. Emerso dal Rinascimento italiano, l'umanesimo si è instaurato come un movimento di reazione contro la superstizione e l'autoritarismo religioso dell'Europa medievale dal XIV al XVI secolo, un tentativo di strappare il controllo del destino umano ai capricci di una divinità trascendente e metterlo nelle mani di individui razionali.

A partire dal XX secolo, stimolata dagli sviluppi onto-epistemologici e dai progressi scientifici e biotecnologici, una nuova consapevolezza della concezione di umano e del suo ruolo nel mondo è andata delineandosi, fino a radicarsi come caratterizzazione delle trasformazioni del XXI secolo. In contrasto con i valori dell'Umanesimo e delle sue conseguenze (ad esempio, l'antropocentrismo), si è instaurato nel dibattito filosofico un nuovo movimento di pensiero, fino a permeare una vasta gamma di discipline – dagli studi culturali, agli studi scientifici – influenzando le moderne traiettorie di sviluppo e di trasformazione economica, politica e sociale: il Postumanesimo.

Postumanesimo VS Transumanesimo

Similmente a quanto accaduto nell'instaurazione dell'Umanesimo, la traiettoria storica verso il Postumanesimo non è riducibile a una semplice progressione lineare, ma piuttosto a una reazione rizomatica, significativamente accelerata dai fallimenti percepiti del pensiero antropocentrico. L'enfasi umanista sulla centralità e sulla padronanza umana sulla natura è stata sempre più identificata come una causa profonda delle crisi globali contemporanee. Gli avvenimenti dei primi venti anni del Duemila – dalle emergenze ambientali, politiche, etiche e culturali, ai cambiamenti climatici e alla scarsità di cibo, fino alla più drammatica rivelazione della fragilità del corpo umano a seguito della pandemia di COVID-19 – sfidano direttamente l'illusione umanista dell'eccezionalismo e dell'infalibilità del controllo umano. Il Postumanesimo, dunque, si delinea come risposta critica e decostruzionista all'Umanesimo, inaugurando quello che viene definito "Postumanesimo Critico" (Braidotti, 2016), un approccio teorico dedicato alla "continua decostruzione dell'Umanesimo" (Herbrechter et al., 2022).

Questa pratica critica postumana implica che il nostro presente (e ancora più certamente il futuro) tecnologicamente mediato necessiti di un urgente passaggio da paradigmi di gerarchie e dicotomie ad approcci di interconnessione e pluriversità.

Nell'interrogazione critica delle assunzioni derivanti dal concetto di umano come entità centrata, singolare, razionale e autonoma, il Postumanesimo Critico scardina l'idea stessa di una "condizione umana" fissa e immutabile. Al contrario, propone che l'esperienza umana sia plurale, intrinsecamente diversificata e in continua evoluzione, strettamente legata allo sviluppo delle società e delle tecnologie (Herbrechter et al., 2022; Prescott, Robillard and Murray, 2024). Pur costituendosi come una lente di lettura, analisi e ricostruzione di ciò che definiamo "umano", la teoria postumana non intende promuovere un'attitudine antiumanista, ma piuttosto un'evoluzione del concetto attraverso l'apertura alle trasformazioni radicali del cambiamento tecno-culturale di questo primo periodo del Terzo Millennio.

Il panorama filosofico che si è delineato in questa teoria e pratica del Postumano è vasto e comprende diverse scuole di pensiero. Il termine stesso viene a volte impiegato in modo generico e onnicomprensivo, arrivando a far confluire prospettive anche molto divergenti tra loro (Ferrando, 1932). Tra queste, il Transumanesimo si

1. Il Techno-Optimism è la profonda convinzione che la scienza e la tecnologia abbiano la capacità di risolvere i maggiori problemi sociali, economici e ambientali che l'umanità deve affrontare, nonché che siano la chiave per il raggiungimento di una condizione umana ottimale. Il techno-optimism spesso sfocia in una vera e propria devozione all'avanzamento tecnologico, soprattutto negli ambienti dove questo costituisce la fonte primaria di benessere (si pensi ad esempio alla Silicon Valley). L'origine del termine non è associabile a un singolo individuo, in quanto la speranza nella tecnologia come strumento di emancipazione e miglioramento della qualità della vita ha sempre permeato l'indole al progresso degli esseri umani. Tuttavia, i recenti sviluppi trasformativi della tecnologia (a partire dall'invenzione di Internet fino alla più recente espansione dei sistemi di Intelligenza Artificiale) hanno alimentato una rinnovata fiducia nel progresso tecno-ottimista. Un'interessante manifestazione di ciò è concretizzata nel Techno-Optimism Manifesto, pubblicato dal noto venture capitalist Marc Andreessen, che ha avuto un'ampia risonanza e ha contribuito a cristallizzare e dare una forma più definita a questa corrente di pensiero.

instaura come il principale modello di superamento, o di esasperazione, dei valori espressi dall'Umanesimo, nonché una deriva tecnocentrica del Postumanesimo.

Spesso equiparato al Postumanesimo, il Transumanesimo si configura come un movimento intellettuale e socio-politico che propone l'impiego della scienza e della tecnologia per un miglioramento radicale della condizione umana (Hopkins, 2012). Max More, tra le figure più influenti e tra i fondatori della teoria transumanista, lo ha caratterizzato come "una classe di filosofie che cercano di guidarci verso una condizione postumana" (More, 1990). E ancora secondo More, "Applicando la tecnologia a noi stessi in modo ponderato, attento e audace, possiamo diventare qualcosa che non è più accuratamente descritto come umano, possiamo diventare postumani" (More and Vita-More, 2013). L'obiettivo primario alla base di questa integrazione con la tecnologia è il superamento delle limitazioni biologiche intrinseche della natura umana, quali la malattia, l'invecchiamento e la mortalità (Porter, 2017). Questa aspirazione mira a una transizione verso uno stato di "superumano", un individuo con capacità notevolmente superiori a quelle attuali. Il movimento transumanista è spesso etichettato come "tecnoprogressivo" (Porter, 2017), in quanto fondato su convinzioni di tecno-ottimismo¹, ovvero la fiducia – così radicata da diventare ideologia – nel progresso tecnologico come motore di trasformazione e di salvezza (Andreessen, 2023). La designazione di transumanesimo non solo come corrente intellettuale ma anche come movimento socio-politico indica che le sue ambizioni non si limitano alla sfera teorica, ma cercano attivamente di modellare la politica pubblica e la società. Tanto che un termine alternativo per riferirsi al Transumanesimo è Technological Human Enhancement Advocacy (THEA) (MacFarlane, 2020). Questa dimensione di advocacy implica una potenziale frizione con le strutture normative esistenti, rendendo l'analisi delle sue idee inscindibile dalle sue implicazioni pratiche e dal suo potenziale di generare tensioni sociali (Kutleša, 2023).

Il Transumanesimo emerge come una evoluzione estrema dell'Umanesimo e della sua attenzione per il miglioramento individuale. Pur condividendo valori umanisti come il rispetto per la ragione e la scienza e l'impegno per il progresso, si distingue per la sua enfasi sull'applicazione diretta di tecnologie avanzate per alterare la natura umana stessa.

Le radici storiche di questo pensiero possono essere rintracciate

fino all'Illuminismo, periodo in cui si consolidò l'idea della perfezionabilità umana e una fiducia crescente nella capacità della scienza di riconfigurare la natura (Thomas, 2024). Un'influenza significativa proviene dalla teoria evolutiva di Darwin, che ha contribuito a concepire l'umanità non come uno stato finale, ma come una fase temporanea in un processo evolutivo continuo. Questa prospettiva ha aperto la strada all'idea di un'evoluzione auto-diretta, alla base del concetto di Estropianesimo, dove l'essere umano può attivamente guidare il proprio sviluppo evolutivo attraverso la tecnologia (More, 1990). Il focus sul miglioramento biologico e tecnologico apre la strada a vasti e profondi dibattiti etici. Questa ambizione di perfezionamento dell'essere umano è spesso denunciata come un desiderio di "giocare a fare Dio", sia perché si propone di rendere gli umani da "Sapiens" a "Dèi" (Harari, 2014, 2018), sia perché allude alla possibilità di concretizzare la creazione (potere tradizionalmente associato alla dimensione divina) attraverso la pratica dell'avanzamento tecnologico. Ciò implica un cambiamento radicale nella relazione dell'umanità con la natura e con il proprio corpo, trasformando la percezione dei limiti da dati immutabili a problemi risolvibili tramite l'ingegneria (Bostrom, 2005). Questa aspirazione a un'esistenza "rigenerativa" e, in ultima istanza, all'immortalità, rese possibili dall'applicazione di tecnologie avanzate, accende motivati timori verso la diversità: rifiutando l'imperfezione di un corpo naturale, la filosofia transumanista è stata spesso al centro di numerosi dibattiti sulla sua legittimità, in quanto promotrice di pratiche escludenti, che vedono, ad esempio, nella disabilità un problema da estirpare nell'inseguimento dell'evoluzione umana tendente a una sola visione di perfezione. La trasformazione tecnologicamente mediata (More and Vita-More, 2013) viene letta in una duplice forma di Transumanesimo: quello definito "debole", secondo il quale l'umanità è già transumana in quanto permeata dalla tecnologia, e quello definito "forte", che invece promuove una trasformazione radicale del corpo, della società e della politica (Sorgner, 2020). Il Transumanesimo forte auspica il raggiungimento della Singolarità Tecnologica (Vinge, 2013), un punto in cui lo sviluppo esponenziale della tecnologia arriva a cambiare radicalmente e irreversibilmente l'esistenza umana, fino a raggiungere una Super Intelligenza Artificiale (Artificial Super-Intelligence – ASI) (Bostrom, 2003), un'intelligenza macchina che supera la nostra attuale comprensione. L'aspirazione alla Singolarità Tecnologica rivela una fiducia quasi messianica nel potere trasformativo della tecnologia, che assume

2. YouTube – Mohammad Al Gergawi in a conversation with Elon Musk during WGS17

3. Bryan Johnson è un imprenditore americano noto per i suoi investimenti ingenti nella ricerca dell'immortalità e nel rallentamento del processo di invecchiamento. Oltre al finanziamento della ricerca, Johnson ha integrato uno stile di vita estremamente rigoroso sulla base di fondamenti scientifici da lui sostenuti. Seppure discutibile, questo suo stile di vita è stato tradotto in un vero e proprio business, chiamato Blueprint, basato sull'uso di integratori, cibi arricchiti di sostanze nutritive e prodotti per la rilevazione di biomarker che conta oggi migliaia di utenti. Integrando questo stile di vita con trattamenti per la longevità, Johnson ha l'obiettivo di riportare tutti i suoi organi, cervello compreso, all'età di 18 anni, in una vera e propria "ribellione all'invecchiamento".

le caratteristiche di un'escatologia secolare, promettendo una trasformazione radicale della realtà e dell'esperienza umana. Tale prospettiva, pur stimolando l'innovazione, può tuttavia portare a trascurare o addirittura a esacerbare le problematiche attuali, prime fra tutte le disuguaglianze sociali ed economiche. A differenza del Postumanesimo, infatti, il Transumanesimo implica la formazione di una classe sociale superiore, poiché l'accesso alle trasformazioni mediate dalla tecnologia (ad esempio, l'estensione della vita, l'eradicazione delle malattie) sarà possibile solo agli individui con maggiore capacità finanziaria. Non è un caso che il Transumanesimo trovi nelle figure di spicco della Silicon Valley dei tecno-guru che ne perseguono le aspirazioni. Si pensi, ad esempio, al controverso Elon Musk, che già nel 2017 in un talk al World Government Summit di Dubai affermava che per sopravvivere l'umanità dovrà accettare di doversi fondere con le macchine per non essere sopraffatta da esse nell'era dell'Intelligenza Artificiale². Oppure, si pensi al discusso Bryan Johnson, che promuove uno stile di vita in grado di modificare e invertire l'invecchiamento biologico al motto di "Don't Die"³. Queste figure e molte altre, insieme a scrittori e filosofi transumanisti, spesso promuovono politiche libertarie e un allentamento delle normative sull'innovazione tecnologica. L'associazione del Transumanesimo con personalità di spicco dell'industria tecnologica e le loro inclinazioni libertarie indica una significativa influenza sul capitale e sulla politica, il che solleva interrogativi sulla democratizzazione dell'accesso alle tecnologie di miglioramento e sul rischio di creare una "separazione dell'umanità" tra coloro che possono permettersi gli avanzamenti e coloro che non possono, amplificando così le disuguaglianze socio-economiche già esistenti. La possibilità di una tale divisione tra umani e postumani o transumani rappresenta una conseguenza diretta di questa concentrazione di potere e risorse (Huberman, 2021).

La definizione di postumani figli del Transumanesimo come esseri che vengono dopo gli esseri umani e che hanno maggiori capacità, ad esempio in termini di durata della salute, di cognizione ed emozioni (Bostrom, 2009), è diversa da quella di molti studi accademici sul postumano. La teoria postumana infatti sostiene che gli esseri umani sono sempre stati parte di diverse ecologie di entità, tanto che, per dirla con Latour, "non siamo mai stati umani" (Latour, 1994), o che i significati e gli esseri umani emergono in complesse reti eterogenee.

Mentre il Transumanesimo promuove implicitamente una nuova spinta dell'antropocentrismo, il Postumanesimo critica la visione della centralità dell'umano sulla realtà, indagando le profonde implicazioni dei progressi tecnologici sulla nostra comprensione stessa di umanità. Se da un lato il Transumanesimo si concentra sul miglioramento dell'essere umano esistente attraverso la tecnologia, il Postumanesimo si interroga sul significato stesso di umano e tecnologia in un'era in cui i confini tra l'uno e "l'altro" (tecnologico, biologico, ambientale) si stanno erodendo. Se il Transumanesimo è spesso descritto come più "attivista" e orientato all'azione, focalizzato sul miglioramento dell'umano esistente verso un futuro postumano, il Postumanesimo rappresenta una critica più ampia dell'antropocentrismo. Questa dialettica evidenzia una tensione intrinseca tra l'aspirazione al progresso tecnologico e una riflessione critica più profonda sulle categorie stesse di "umano" e "non-umano", che invita a considerare non solo le implicazioni funzionali del cambiamento, ma anche quelle ontologiche, ovvero la natura stessa dell'essere e dell'identità in un mondo sempre più ibrido. È importante notare come il Postumanesimo non implichi un rifiuto della tecnologia, bensì una sua reinterpretazione come alterità con cui gli umani sono chiamati a interagire, convivere e collaborare.

1.1.2 Decostruire per Ridefinire l'Umano

La divergenza tra la critica nei confronti della tradizione umanistica e l'attenzione nei confronti della tecnologia evidenzia la complessità del pensiero postumano, che comprende sia lo scetticismo sia la fiducia nel progresso tecnologico e scientifico (Falcon, 2022). Il prefisso "post-" nel "Postumanesimo" è spesso interpretato in modo errato come un'indicazione di una semplice successione cronologica o di un rifiuto totale dell'Umanesimo. Tuttavia, la letteratura in materia rivela un significato più sfumato. Il prefisso segnala che "le definizioni esistenti del suo oggetto non sono più valide e che il consenso non è più sicuro" (Herbrechter et al., 2022). Ciò significa che il postumanesimo non mira a superare definitivamente l'Umanesimo, ma piuttosto a "elaborarlo" (Prescott, Robillard and Murray, 2024), impegnandosi in una continua reinterpretazione di cosa significhi essere umani. Aniché migliorare l'individuo umano, rafforzando così alcune delle sue assunzioni fondamentali, il Postumanesimo Critico mira a decostruire e riconfigurare le fondamenta stesse di ciò che costituisce l'umano. Questa differenza sottile ma profonda evidenzia l'atteggiamento critico continuo del Postumanesimo verso le proprie radici storiche e concettuali, enfatizzando un impegno trasformativo piuttosto che una rottura netta.

Le Fondazioni Filosofiche del Postumanesimo

La filosofia postumanista è estremamente ricca e sfaccettata. Tra le figure centrali nella formazione del pensiero postumanista, Rosi Braidotti, filosofa e teorica femminista contemporanea, in una delle sue opere fondamentali esplora meticolosamente come una prospettiva postumanista sposti la nozione umanistica tradizionale di un soggetto unificato e stabile (Braidotti, 2013). Crucialmente, Braidotti non considera questo spostamento come un deficit o una “perdita di padronanza cognitiva e morale”, ma piuttosto come un’opportunità. Secondo il suo pensiero, la lente critica postumana, che lei definisce Posthuman Critical Theory, fornisce strumenti essenziali per comprendere e navigare le nostre identità sempre più flessibili e multiple nel mondo contemporaneo (Braidotti, 2013, 2016). Questa critica estende la sua analisi agli impatti crescenti del pensiero post-antropocentrico, che amplia il suo campo d’azione oltre le altre specie, al fine di comprendere la sostenibilità olistica del nostro pianeta. Braidotti denuncia come le economie di mercato contemporanee, attraverso il controllo e la mercificazione di tutte le forme di vita, portino inevitabilmente all’ibridazione, sfumando così le distinzioni categoriali tradizionali tra esseri umani e altre specie, inclusi piante, animali e batteri (Braidotti, 2013). Nella sua opera, Braidotti articola attivamente nuove forme di neo-umanesimo cosmopolita, che identifica come emergenti dalle intersezioni degli studi post-coloniali e razziali, dell’analisi di genere e dell’ambientalismo. La sfida centrale della condizione postumana (Pepperell, 1995) secondo Braidotti risiede nel cogliere efficacemente le opportunità per nuove forme di legame sociale e costruzione di comunità, perseguendo al contempo con fermezza gli obiettivi di sostenibilità ed empowerment. Il suo quadro teorico per le “post-umanità critiche” è un un materialismo vitalista, solidamente costruito “sull’ontologia politica neo-spinozista del monismo e dell’immanenza radicale” (Braidotti, 2019b). Questa fondazione filosofica enfatizza il primato della materia intelligente e auto-organizzante che si incarna nell’esistenza di tutte le entità, umane e non-umane. Secondo questo inquadramento, il soggetto postumano viene riconcettualizzato non semplicemente come una coscienza trascendentale, ma come un’entità relazionale, incarnata, inserita, affettiva e responsabile, profondamente interconnessa con il suo ambiente e con le alterità non-umane.

La formulazione di questo pensiero è centrata su due nozioni in-

terconnesse: il continuum mente-corpo (l'“incorporazione del corpo e l'incarnazione della mente”) e il continuum natura-cultura (il “legame trasversale natura-cultura” e “umano-animale”). Seguendo l'influenza monista che rifiuta le dicotomie, questi concetti sfumano attivamente le distinzioni categoriali tradizionali tra Bios (la vita come prerogativa esclusiva dell'Anthropos) e Zoe (la vita più ampia di animali e non-umani), portando in primo piano nuove connessioni umano-non-umano e complesse interfacce tecnologicamente mediate (Braidotti, 2019a). Per Braidotti, il postumano funziona meno come un'entità sostanziale e più come una “figurazione” o “persona concettuale” – uno strumento cartografico teoricamente potente progettato per facilitare la comprensione dei processi in corso di “disfacimento dell'umano” e la successiva ricomposizione di ciò che significa essere umani nei nostri tempi in rapido cambiamento (Braidotti, 2013). In sostanza, Braidotti sostiene un “egualitarismo zoe-centrato”, una posizione filosofica che abbraccia e valorizza ogni forma di vita e non-vita in quanto soggettività incarnate. Se, come suggerisce questa ontologia, tutta la materia o sostanza è fondamentalmente una e possiede intelligenza e capacità di auto-organizzazione intrinseche, allora le distinzioni gerarchiche tradizionali che privilegiano gli esseri umani rispetto agli animali, alle piante o persino alla materia inorganica (come le macchine) diventano ontologicamente infondate. La conseguenza logica è che le considerazioni etiche e politiche devono estendersi ben oltre i confini antropocentrici, riconoscendo il valore intrinseco, l'agency e l'interconnessione in tutte le forme di esistenza. Questa inclusività radicale propone un superamento del pensiero dualistico per favorire “nuovi legami sociali e costruzione di comunità” che tengano esplicitamente conto della “ibridazione” e della “cancellazione delle distinzioni categoriali” (Braidotti, 2013) che caratterizzano le culture e le economie globalizzate contemporanee.

I temi della ibridità e della relazione con le alterità non-umane sono largamente condivise tra gli esponenti più influenti del Postumanesimo. In particolare, questi temi sono ampiamente esplorati da Roberto Marchesini, etologo e filosofo, figura di riferimento per la filosofia postumanista in Italia. Marchesini incentra la sua opera filosofica su una ridefinizione radicale dell'essere umano come entità intrinsecamente ibrida, sostenendo che l'umanità non può più essere considerata la sola misura del mondo, né tantomeno di sé stessa, muovendo una profonda critica al pensiero antropocentrico. Il Po-

stumanesimo di Marchesini è profondamente impegnato a smantellare la “secolare illusione” che gli esseri umani siano distinti dal regno animale ed enfatizza i nostri “profondi legami costitutivi con gli altri animali”, sostenendo il riconoscimento della nostra intrinseca animalità. Oltre alla profonda attenzione per la zooantropologia, la filosofia di Marchesini indaga il rapporto dell’essere umano con l’alterità artificiale, identificando nella *Techne* lo strumento di apertura proprio verso l’altro non-umano (Marchesini, 2016). Una delle sue opere maggiori esplora meticolosamente i profondi cambiamenti apportati dalle rivoluzioni dell’informazione e della biotecnologia, che hanno rimodellato la nostra comprensione fondamentale dell’esistenza biologica e dei suoi modelli (Marchesini, 2002). In questa visione, macchine e animali costituiscono i due principali punti di orientamento nella costruzione contemporanea dell’identità umana (Sax, 2010), e ciò che convenzionalmente percepiamo come cultura e tecnologia “umana” è, in realtà, il prodotto di relazioni reciproche con un intorno più ampio, che Marchesini definisce appunto alterità non-umana, sia essa organica o inorganica. Particolarmente interessante è notare come questa attiva accettazione dell’alterità sia associata a una conseguente interdipendenza nei confronti della stessa. In forte contrapposizione con sfida la nozione umanista fondamentale di autonomia ed eccezionalismo umano, questa osservazione implica che la tecnologia, piuttosto che servire semplicemente come strumento per espandere il potere umano, in un certo senso pone anche delle minacce all’autonomia dello stesso, poiché favorisce una crescente dipendenza dall’assistenza meccanica innescata da un ciclo causale: man mano che l’integrazione tecnologica avanza, la nostra percepita indipendenza diminuisce, rendendo così necessaria una rivalutazione fondamentale di cosa significhi “umano” all’interno di un contesto interdipendente (Marchesini, 2002). In una prospettiva neo-totemica, la filosofia postumanista di Marchesini suggerisce pertanto un ritorno a una relazione più integrata e meno gerarchica con il mondo non-umano, dove l’identità è definita “per riferimento a” piuttosto che “per opposizione a” altre entità: questo implica un necessario superamento dei concetti di autosufficienza e sovranità dell’essere umano, e la conseguente constatazione della sua relazionalità intrinseca e della sua co-costituzione insieme al suo ambiente e alle estensioni tecnologiche (Marchesini, 2002).

La relazionalità e la co-costituzione della condizione postumana sono rintracciabili anche nel pensiero filosofico di Leonardo Caffo,

che afferma che è in corso una vera e propria speciazione di Homo Sapiens verso una sua forma postumana, immersa in e partecipe di un ecosistema di alterità (Caffo, 2017). Caffo definisce l'umanità come "fragile", sottolineando come proprio la fragilità sia in realtà un tratto distintivo della specie umana, che la rende più sensibile al mondo che la circonda e la spinge verso una nuova era di evoluzione, di speciazione appunto. Questa, nella sua visione, è possibile solo riconoscendo l'inconsistenza del concetto umanista di singolarità antropocentrica: Caffo presenta il concetto di Postumano come un nuovo *modus operandi* che incoraggia la coesistenza di una pluralità di fenomenologie che si estendono oltre la prospettiva umana. Particolarmente interessante è questo approccio al Postumanesimo che suggerisce una sorta di rotta da seguire non solo a livello di sviluppo ontologico della condizione umana, ma soprattutto a livello di costruzione pratica di realtà futuribili per la popolazione postumana. Caffo sottolinea in particolare come l'ibridazione di filosofia, arte, design e architettura siano motori indispensabili per concretizzare la visione postumanista (Caffo and Muzzonigro, 2018), esortando un significativo passaggio dalla pura decostruzione teorica del mondo umanista e antropocentrico a una filosofia più pragmatica e orientata all'azione. Con il "Manifesto in 10 Punti", vengono delineati principi concreti per la costruzione dei futuri desiderabili, come la promozione di un'etica basata sul corpo, la promozione dell'intelligenza collettiva e l'abbandono dell'antropocentrismo per formare alleanze tra diverse forme di vita (Caffo and Muzzonigro, 2018). Questa enfasi sull'applicazione pratica e sulla "operazionalizzazione della filosofia" evidenzia una tendenza all'interno del Postumanesimo a tradurre intuizioni teoriche astratte in strategie tangibili per la creazione del futuro, che devono necessariamente nascere da una profonda collaborazione interdisciplinare. Proprio le discipline del progetto si configurano come le direttrici di questa necessità di azione e trasposizione concreta della filosofia postumanista, che apre la strada a innumerevoli opportunità di indagine, speculazione e innovazione per la nuova condizione umana.

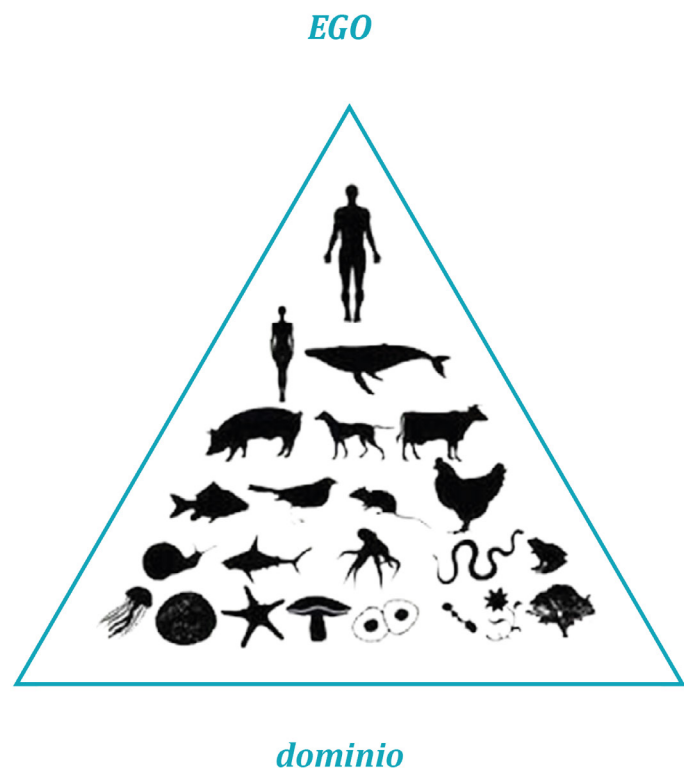
Un'Ecologia Postumana

Le fondazioni concettuali filosofiche del Postumanesimo suggeriscono come sia necessario ridefinire come l'umano sia integrato e partecipe di un ecosistema di entità che non sono più ascrivibili a meri oggetti il cui unico scopo sia quello di essere usati, bensì a soggettività con cui l'umano deve relazionarsi alla pari. In tal senso, il concetto stesso di ecologia subisce una trasformazione significativa nella prospettiva postumana. Si delinea la configurazione di una Ecologia Postumana, che mette in discussione la visione antropocentrica tradizionale della natura come qualcosa a unico beneficio degli esseri umani, sottolineando invece l'interconnessione di tutti gli esseri – umani, non umani e ambiente – e riconoscendo la loro reciproca dipendenza e influenza sul proprio sviluppo, sulla salute pubblica e sul benessere (Cohn and Lynch, 2017; Huttunen and Heikkinen, 2024). Il termine emerge all'incrocio tra teoria postumanista, studi ecologici e critica della tecnologia, in particolare nei lavori di pensatori come Timothy Morton, che ha introdotto il concetto di "ecologia oscura" (dark ecology) per descrivere un'ecologia che riconosce l'intreccio inestricabile tra esseri viventi, oggetti tecnologici e ambienti (Morton, 2010, 2012), e Rosi Braidotti, che ha elaborato una visione dell'ecologia come spazio politico, affettivo e relazionale oltre il soggetto umano-centrico (Braidotti, 2013). Integrando concetti tratti dalla nuova materialità, dalla biosemiotica, dall'Actor-Network Theory, dalla critica ecologica e dagli studi di biocultura, il paradigma di Ecologia Postumana iscrive la co-presenza di umani, piante, animali, tecnologie e ambienti in "assemblaggi" dinamici, enfatizzando premesse ontologiche e affettive condivise fra entità di diversa natura (Fig. 1). Seguendo Latour e Barad, l'Ecologia Postumana sostiene che ogni oggetto od organismo – dai microbi ai software – agisce come agente portatore di agency, relazionandosi e influenzando reti complesse proprio attraverso il proprio agito. Pertanto, da un punto di vista bioetico e biopolitico, questa soggettività plurale e interconnessa impone la necessità di riconoscere una giustizia multispecie e multidimensionale, che si estende oltre la sola moralità umana (Graham, 2004). Se da un lato l'Ecologia Postumana mette in risalto l'importanza di riconoscere una vera e propria intelligenza naturale fatta di fenomeni ecologici (ad esempio, il cambiamento climatico), definiti da Morton come "iperoggetti" (Morton, 2012), come entità distribuite nello spazio-tempo, dall'altro evidenzia l'urgenza di considerare la co-dipendenza delle

Fig. 1. Diagramma dell'evoluzione del posizionamento dell'umano nell'ecologia, da una gerarchia di dominio (EGO) a un decentramento (ECO) fino all'interdipendenza con le alterità (ECO +), non più solo organiche, ma anche sintetiche. [Immagine riadattata dall'originale di Steffen Lehmann, 2010 - © Camilla Gironi]

entità ibride umano-tecnologiche (Łukaszewicz Alcaraz, 2021). Nella prospettiva di Ecologia Postumana, il design non è più visto come un atto di controllo o ottimizzazione funzionale, ma come un gesto situato, speculativo e responsabile, capace di generare nuove forme di co-esistenza tra esseri viventi e non viventi. Inoltre, l'atto progettuale non è più solo ascrivibile ad attività dell'umano, ma a un'azione co-partecipata di diverse entità. Pertanto, si rende evidente come sia necessario innanzitutto decostruire il Design per ricostruirlo attraverso una lente post-antropocentrica.

Fig. 1



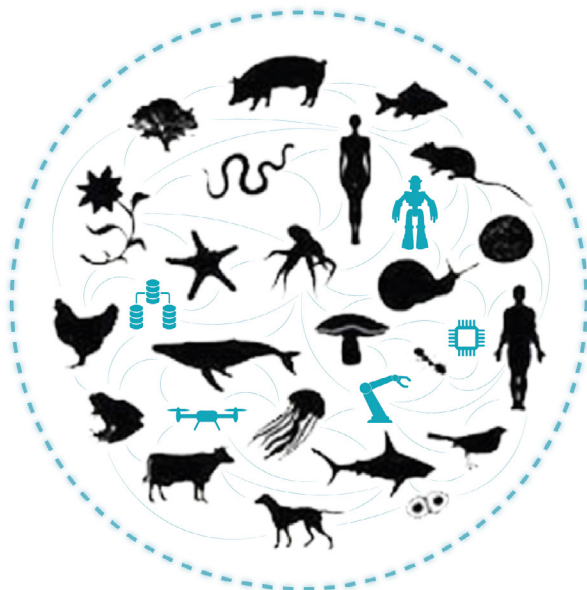
evoluzione del posizionamento umano nell'ecologia

ECO



decentramento

ECO +



interdipendenza



1.2 Verso un Design Post-Antropocentrico

Nel contesto di una transizione epocale che vede il passaggio dalla modernità alla postmodernità liquida (Bauman, 2002), il design si confronta con l'urgenza di ripensare i propri paradigmi in risposta a mutamenti profondi della condizione umana e delle sue relazioni con il mondo. L'avvento dell'homo technologicus, figura evolutiva in continua trasformazione e ibridazione con la tecnologia (Longo, 2003), ridefinisce le frontiere dell'organico e dell'artificiale, rendendo sempre più sfumati i confini tra umano e non-umano, organico e sintetico. Le teorie postumane, secondo cui l'essere umano è radicalmente incorporato in un ecosistema tecnologico esteso (Pepperell, 1995), offrono una chiave interpretativa per comprendere scenari progettuali emergenti in cui biologia e tecnologia si contaminano reciprocamente.

In tale quadro, il design post-anthropocentrico si configura non solo come una pratica speculativa e critica, ma anche come uno strumento di ridefinizione del ruolo stesso del designer. La crescente consapevolezza dell'inadeguatezza del sistema consumistico su cui si è storicamente fondato il design nei contesti a economia matura impone un necessario cambiamento di paradigma. Questo cambiamento non si limita alla riflessione teorica – ormai ampiamente riconosciuta – ma si manifesta anche nella dimensione operativa della pratica progettuale, dove il designer assume un ruolo trasformativo, diventando agente di riorganizzazione positiva e ricostruzione sensibile. Emergono così esperienze in cui il progetto diventa “campo di sperimentazione” e il designer un attore critico e rigenerativo, capace di generare nuovi significati attraverso pratiche resilienti, intese non come mera resistenza, ma come valorizzazione dell'identità e risposta proattiva ai cambiamenti in atto (Di Lucchio and Giambattista, 2020). In questa prospettiva, il design non è più un semplice strumento di produzione di forme, ma un dispositivo culturale e sociale per reimmaginare il futuro prossimo, secondo la logica della responsabilità ecologica e dell'interdipendenza sistemica.

4. Il More-Than-Human Design conta oggi numerose iniziative, progetti e contributi scientifici della comunità internazionale di designer, maker, artisti che traducono attraverso la propria pratica e la propria ricerca i concetti espressi da questo approccio. Tra le iniziative più recenti e di maggiore impatto è interessante riportare il DESIGN + POSTHUMANISM NETWORK, una rete internazionale, nata in Svezia nel 2018, che unisce designer, artisti, educatori e studiosi interessati a esplorare il postumanesimo critico tramite pratiche progettuali, didattiche e di ricerca. L'obiettivo del network è interrogare i pregiudizi antropocentrici presenti nel design, i meccanismi con cui questo rafforza visioni "normali" dell'essere umano e contribuisce a rafforzare strutture di potere, proponendo al contempo una maggiore sensibilità verso entità "più-che-umane" – piante, animali, elementi e oltre. Il network promuove una riflessione condivisa su come le pratiche di design possano evolvere accogliendo il postumanesimo – e viceversa – integrando approcci artistici e progettuali nella teoria, integrando orientamenti teorici e pratici come gender studies, queer theory, ecofemminismo, disability studies e critical race theory. Il network si serve di diverse forme di disseminazione e di collaborazione, attraverso riflessioni personali, saggi brevi su pratiche critiche e pedagogie, inviti e call per conferenze, workshop e simposi, condivisione di progetti e best practices, segnalazioni di libri, articoli, podcast, mostre, ed eventi di networking.

1.2.1 Decostruire per Ridefinire il Design

La lente critica del Postumanesimo rende evidente quanto le discipline progettuali, dall'architettura al design, abbiano contribuito a plasmare il mondo secondo la prospettiva antropocentrica dell'Umanesimo. Il design, in particolare, è un vero e proprio "umanismo" (Quinz, 2020), una pratica volta a costruire soluzioni che rispondono esclusivamente ai bisogni umani, piegando la realtà a misura e piacere dell'umano, spesso non considerando o nuocendo alle alterità non-umane. Come evidenziato nel concetto di Ecologia Postumana, il cambiamento di paradigma del progetto postumano implica innanzitutto la necessità di definire le entità animali, vegetali, artificiali non più come oggetti, ma come soggetti co-partecipi nella costruzione del mondo e delle società. Pertanto si rende necessaria una profonda attenzione alla comprensione delle funzioni intrinseche, delle agentività e delle interazioni dinamiche di tutte le entità, andando oltre l'idea di una loro esistenza statica e decostruendo qualsiasi gerarchia ontologica stabilita, con l'obiettivo di creare una rete multidimensionale di esseri intrecciati e superare la perpetuazione della rigida dicotomia umano-altro.

Con l'affermarsi della filosofia postumana, le discipline del progetto hanno cominciato a incorporare questi principi in nuovi approcci, tra i quali il More-Than-Human Design⁴, in rapida crescita e affermazione. Il More-Than-Human Design si innesta come "intruso" nelle pratiche tradizionalmente antropocentriche del progetto, tra cui soprattutto lo Human-Centered Design (HCD) (Tarcan, Pettersen and Edwards, 2022), che si è instaurato dagli anni Ottanta come teoria principale del Design ponendo l'umano e le sue esigenze di "utente" al centro del processo progettuale (Forlano, 2017).

Pensare un design "più che umano", "oltre l'umano" implica considerare la pratica progettuale come un atto aperto e condiviso, in cui le alterità diventano partecipi, sia attori sia destinatari del processo trasformativo. Il design post-antropocentrico dunque si apre verso una progettazione non più guidata né destinata solo ed esclusivamente all'essere umano, ma una progettazione per l'alterità e con l'alterità.

Progettare Per l'Alterità

Progettare per l'alterità non-umana implica riconoscere alla molteplicità di soggetti non-umani una forma propria di agentività, sensibilità e relazionalità, spesso eterogenee rispetto ai parametri umani di razionalità e intenzionalità.

La teoria delle “companion species” (Haraway, 2003) costituisce un punto di riferimento fondamentale per questa riconfigurazione del ruolo del non-umano nel design, proponendo una visione simbiotica e co-evolutiva delle relazioni tra specie. Ad esempio, l'approccio Animal-Aided Design (Hauck and Weisser, 2021) propone di includere sistematicamente gli interessi etologici degli animali selvatici nella progettazione dello spazio urbano, trattandoli come veri e propri stakeholder nel processo decisionale.

Questa prospettiva trova applicazione in pratiche progettuali orientate alla coabitazione multispecie, come il progetto “Bee Brick”⁵, che integra elementi abitativi per insetti impollinatori all'interno di infrastrutture urbane, suggerendo un'integrazione funzionale tra l'architettura umana e i bisogni ecologici delle altre specie. Questo approccio progettuale invita a riformulare il rapporto epistemico con gli animali non a partire da un sapere dominante, ma attraverso l'ascolto attento delle modalità con cui essi stessi definiscono le condizioni della relazione. Ne deriva una pratica progettuale che non si limita a parlare per l'altro, ma tenta piuttosto di “lasciarlo parlare” nei termini propri della sua esistenza (Vinciane, 2016).

Ciò avviene anche per le alterità vegetali, che hanno ispirato e ispirano tuttora innumerevoli sperimentazioni artistiche e soluzioni progettuali. Tra gli esempi più recenti è importante citare PlantWave⁶, un sistema di tecnologie sensoriali in grado di tradurre l'attività elettrofisiologica delle piante in segnali audiovisivi, configurando nuove forme di interazione e riconoscimento tra regni biologici.



Bee Brick in vista di insieme (in alto) e in vista di dettaglio (in basso). [© Green & Blue]

5. Bee Brick è un mattone dotato di forature alveolari appositamente progettate per ospitare insetti come le api, integrando il rispetto per gli ecosistemi con le esigenze costruttive degli insediamenti rurali e urbani. Il progetto nasce dall'azienda britannica Green&Blue, fondata nel 2005 con l'obiettivo di integrare design e sostenibilità per creare habitat per la fauna selvatica, anche negli spazi urbani. L'azienda promuove un approccio etico alla progettazione su tutti i livelli, producendo localmente nelle Cotswolds oggetti funzionali come nidi per uccelli e rifugi per insetti. Invitando tutti a “dare una casa alla natura”, l'azienda si ispira a essa per fornire soluzioni e strategie progettuali volte a incoraggiare la coesistenza tra esseri umani e biodiversità.



Dispositivo PlantWave con pattern e segnale luminoso. [© Data Garden]

6. PlantWave è un dispositivo elettronico che trasforma i segnali bioelettrici delle piante in musica ambientale in tempo reale. Applicando due elettrodi sulle foglie, il dispositivo rileva microfluttuazioni di conduttività causate da idratazione, luce e fotosintesi, le converte in onde sonore e le riproduce tramite strumenti virtuali scelti nell'app dedicata. PlantWave è una soluzione portatile e user-friendly per la casa, lo studio o la meditazione, con la missione di creare una connessione sensoriale tra esseri umani e natura attraverso il suono. L'innovatività di questo prodotto ha avviato un vero e proprio movimento internazionale di riscoperta della natura nella quotidianità, educando gli utenti all'ascolto delle alterità vegetali più variegata.

Progettare Con l'Alterità

Nel decentramento immaginativo e creativo dell'umano e nella fondazione di attitudini di ascolto, cura e responsabilità interspecie, le alterità assumono una nuova soggettività. La riconfigurazione in chiave postumana degli approcci metodologici del design implica l'inclusione delle alterità non-umane nel processo progettuale. Questo è già oggi osservabile non solo nel More-Than-Human Design incentrato sulle alterità animali, batteriche e vegetali, ma nell'uso sempre più diffuso di Intelligenze Artificiali (IA) non solo come semplici strumenti progettuali, ma come veri e propri co-attanti del progetto (Yu, 2025). La collaborazione tra umani e IA, sempre più affermata, sta oggi offrendo importanti prospettive nella costruzione di sinergie ibride per il design thinking, evidenziando come la progettazione con l'alterità possa offrire stimoli per una rinnovata creatività e supporti per il decision-making progettuale (Sreenivasan and Suresh, 2024). Questa forma di collaborazione apre la strada a un approccio progettuale basato sulla valorizzazione di dinamiche di intelligenza collettiva e di responsabilità decentrata, allontanando la tradizionale concezione del designer come unico agente del progetto. L'addestramento di modelli di IA permette ai designer di reiterare fasi progettuali, visualizzare variazioni possibili e raggiungere soluzioni che non avrebbero immaginato altrimenti (German et al., 2020). Operando come veri e propri soggetti postumani, le IA partecipano al processo progettuale come partner creativi in grado di adattarsi al gusto personale del designer umano e di supportarlo nelle varie fasi (German et al., 2020). La concezione di IA come soggetto creativo con cui interagire e collaborare ha dimostrato di offrire maggiori possibilità di raggiungere risultati innovativi rispetto a un suo uso puramente strumentale (Zhao, 2024).

I progressi dell'IA sfidano ampiamente le assunzioni radicate sull'unicità umana, le capacità cognitive e lo status morale, anche degli stessi designer. Ciò apre nuove strade per ripensare la capacità e l'identità umana all'interno di un mondo tecnologicamente integrato. Da una prospettiva postumanista, la distinzione dicotomica umano/macchina è attivamente minata dall'approccio etico che considera l'IA come una forma di intelligenza simile a qualsiasi altra, pertanto partecipe dell'ecologia umana e non-umana (Al-Omari and Al-Omari, 2025). Il passaggio dal concetto di designer come unico attore del processo creativo alla creazione di progetti co-partecipativi dell'IA,

fino alla definizione di una conoscenza collettiva ibrida, implica una ridefinizione fondamentale dell'agency all'interno del processo di progettazione. Se l'IA può effettivamente agire come un soggetto produttore, ciò implica un profondo spostamento verso un'agency distribuita, dove creatività, risoluzione dei problemi e processo decisionale non sono più prerogative esclusivamente umane. Ciò si allinea perfettamente con l'enfasi di Caffo sull'"intelligenza collettiva" che opera orizzontalmente ed è condivisa tra varie entità, piuttosto che essere confinata a strutture gerarchiche e antropocentriche (Caffo and Muzzonigro, 2018). L'implicazione più ampia qui è che, man mano che l'IA diventa un co-creatore, le questioni tradizionali di autorialità, responsabilità e la natura stessa dell'"intelligenza" diventano significativamente più complesse e distribuite, promuovendo una nuova comprensione del design come un'impresa collaborativa tra intelligenze umane e non-umane.

Approfondimento: il Progetto Continuity

Seguendo una chiave postumana di progettazione, produrre artefatti per l'alterità può talvolta coincidere con un approccio ibrido di collaborazione con l'alterità stessa. È il caso del progetto Continuity, che incapsula un processo progettuale con e per l'alterità microbiologica e vegetale. Il progetto Continuity esplora il potenziale delle superfici ceramiche bioricettive come strumenti di rigenerazione ecologica e coesistenza multispecie, integrando sperimentazione materiale, design sostenibile e teoria critica in un contesto di ricerca transdisciplinare (Rotondi et al., 2024). L'indagine si è sviluppata all'interno del centro Saperi&Co dell'Università Sapienza di Roma, e si colloca nell'ambito della Responsible Research and Innovation (RRI), con l'obiettivo di produrre conoscenze situate e operative che contribuiscano alla transizione ecologica attraverso l'ibridazione tra tecnologie, ecologie e culture materiali. Il progetto si è proposto di contribuire allo sviluppo di pratiche progettuali capaci di attivare dinamiche di

simbiosi tra materia inerte e vivente, affrontando la questione della transizione ecologica e dell'economia circolare in modo interdisciplinare. L'inquadramento teorico del progetto si ispira alle prospettive postumaniste e post-antropocentriche che mettono in discussione la centralità dell'umano nel processo progettuale. In particolare, si richiama alla nozione di Design come pratica multispecie (Haraway, 2008; Tsing, 2015; de La Bellacasa, 2017), dove la materia progettata non è più intesa come passiva o neutra, ma come attante in una rete ecologica relazionale. La biorecettività viene letta, in questa chiave, non solo come proprietà tecnico-biologica, ma come apertura ontologica al co-progetto con l'alterità non-umana: alghe, cianobatteri, licheni e muschi diventano co-autori del processo di significazione e trasformazione ambientale. Il concetto di "Ecological Augmentation", centrale in questo progetto di ricerca, è riformulato in senso simpoietico (Haraway, 2016), come ampliamento delle capacità ecologiche di un

sistema attraverso l'integrazione consapevole di agenti viventi, materiali e ambientali. A differenza di un potenziamento tecnologico antropocentrico, l'ecological augmentation proposta qui privilegia la coabitazione e la cura anziché il controllo, proponendo dispositivi progettati per favorire la proliferazione della vita e la rigenerazione sistemica.

A partire da queste premesse, il progetto indaga la possibilità di progettare superfici ceramiche – tradizionalmente considerate materiali inerti – come substrati "vivi", in grado di accogliere la crescita spontanea o indotta di microrganismi fotosintetici attraverso interventi di design mirati alla modifica delle caratteristiche fisiche e compositive del materiale. L'argilla, materiale arcaico e culturalmente stratificato, viene riletto come supporto attivo per processi simbiotici, attraverso la modifica delle sue caratteristiche fisiche e morfologiche mediante l'integrazione di scarti organici. Le superfici progettate mirano a diventare "infrastrutture ecologiche" in grado di

Fig. 2

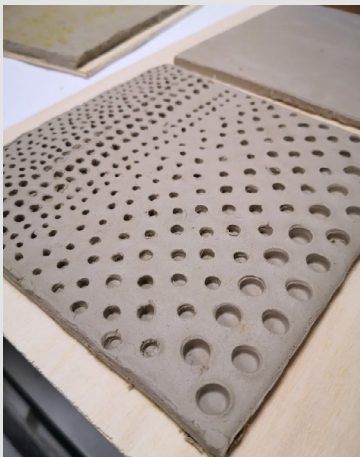


Fig. 2. Fasi di preparazione della sperimentazione materica. Dopo la frantumazione e l'essiccazione dell'argilla bianca, questa è stata misurata per ottenere quantità di campione uguali (in alto). Successivamente, l'argilla è stata lavorata fino a ottenere un impasto compatto, che è stato successivamente lavorato applicando diversi pattern geometrici (in basso) prima di applicare pattern naturali attraverso l'impressione di polpa di cartone. [© Camilla Gironi]

attivare funzioni estetiche, ambientali e simboliche nello spazio urbano, contribuendo a una riflessione critica sulla rigenerazione degli ecosistemi costruiti. L'idea di biorecettività, mutuata dalla biologia e dalla scienza dei materiali, è qui applicata al contesto urbano e architettonico, con l'obiettivo di trasformare superfici edilizie in dispositivi capaci di favorire l'insediamento di specie pionieristiche, come cianobatteri e microalghe, contribuendo così all'assorbimento di CO₂, alla mitigazione degli effetti delle isole di calore urbane e alla definizione di nuovi linguaggi estetici e performativi. Obiettivo principale del progetto è stato quello di esplorare in modo pratico e applicativo i concetti di "terzo paesaggio" (Clément, 2005) della tradizione postumana, un contesto urbano idealmente rilevato negli spazi abbandonati delle grandi città, dove l'urbanizzazione tende a sgretolarsi per lasciare spazio alla vegetazione e alla fauna, un contesto dove l'umano inizia il suo cammino di speciazione verso il postumano (Caffo, 2017). La sperimentazione è stata condotta in relazione al contesto territoriale di Roma, con particolare riferimento all'area del fiume Tevere, influenzando le scelte di ispirazione estetica, di produzione e di selezione degli scarti organici utilizzati (fondi di caffè e polpa

di cartone, abbondantemente disponibili nella regione Lazio).

L'approccio metodologico alla base del progetto si inquadra nel framework del Research through Design (RtD) (Frayling, 1993), articolato in cicli iterativi di ipotesi, fabbricazione, crescita e validazione. La sperimentazione è stata strutturata in due fasi principali:

- Fase analitica (top-down): Revisione della letteratura scientifica delle condizioni che favoriscono la biorecettività e dei riferimenti progettuali esistenti attraverso l'analisi di casi studio, identificazione dei requisiti biologici di specie come *Spirulina platensis*, e analisi delle caratteristiche dei materiali argillosi (in particolare terracotta bianca) e delle proprietà degli scarti organici selezionati (fondi di caffè e polpa di cartone, ovvero morfologia fibrosa vs granulare).
- Fase sperimentale (bottom-up): Realizzazione di 12 campioni ceramici, su cui sono state testate diverse combinazioni di impasto e texture per modulare la porosità a tre livelli:
 - Micro-porosità: ottenuta tramite miscelazione di

scarti organici all'impasto ceramico (in concentrazioni variabili tra il 4 - 20%), al fine di influenzare permeabilità, ruvidità e capacità di ritenzione idrica. Durante la cottura, si è osservato che la combustione dello scarto organico comporta la formazione di microvuoti, che favoriscono l'adesione dei microrganismi.

- Meso-porosità: generata tramite texture superficiali ispirate a morfologie naturali (per esempio, il travertino), per modulare il flusso di umidità e la distribuzione della crescita.

- Macro-porosità: definizione della geometria del modulo (mattonelle 15x15 cm), per isolare e valutare l'effetto delle micro e meso-variabili, con ipotesi di evoluzione tramite fabbricazione digitale, funzionale a future applicazioni modulari in contesti architettonici.

I campioni sono stati sottoposti a una coltura controllata di *Spirulina* in laboratorio, predisponendo un sistema a immersione con cicli regolari di luce e buio, nutrienti bilanciati e condizioni di umidità costante. L'osservazione ha permesso di valutare l'effetto delle diverse configurazioni materiche sulla colonizzazione biologica, evidenziando variazioni

nell'adesione, nella distribuzione e nella vitalità della biomassa in relazione ai parametri progettuali.

L'analisi dei campioni ha mostrato una chiara relazione tra la composizione materica, la morfologia superficiale e il grado di colonizzazione biologica. In particolare, la distribuzione e la morfologia delle porosità hanno permesso di guidare la colonizzazione in modo intenzionale, aprendo a scenari in cui il design diventa strumento di gestione dei processi ecologici. I risultati confermano l'ipotesi che sia possibile progettare condizioni favorevoli alla vita, rendendo il design una pratica di mediazione tra agenti umani e non-umani. La porosità, da caratteristica tecnica, diventa così condizione relazionale, spazio d'incontro tra materia e organismo, tra intenzione progettuale e contingenza ecologica.

In una prospettiva teorica, il progetto propone una ridefinizione dell'agency progettuale, che non risiede più esclusivamente nel designer umano, ma si distribuisce lungo una rete di relazioni materiali e vitali. Questo orientamento si allinea a una visione del design come atto di cura ecologica (de La Bellacasa, 2017), dove l'alterità vegetale e microbica è riconosciuta non solo come

oggetto di studio, ma come partner attivo nella produzione di senso e trasformazione del territorio.

Il lavoro si inserisce nella più ampia riflessione sul ruolo del design nella transizione ecologica e nella costruzione di futuri desiderabili, dove la rigenerazione non è solo un fatto tecnico ma anche culturale, politico ed estetico. In prospettiva, si prevede l'implementazione di tecniche di fabbricazione digitale, l'integrazione in sistemi modulari di facciata, e l'applicazione in contesti urbani degradati, promuovendo micro-produzioni circolari e forme locali di simbiosi industriale.

Fig. 3

Fig. 3. Foto di dettaglio dell'applicazione della polpa di cartone sulla superficie del campione di impasto di argilla (a sinistra), e successivo risultato del pattern impresso a seguito della cottura del campione in forno (a destra). [© Camilla Gironi]



Fig. 4. Foto di dettaglio dei campioni con diverse applicazioni di pattern impressi tramite polpa di cartone, immersi in coltura a seguito dell'inserimento di materiale biologico. [© Camilla Gironi]

Fig. 4



References

- Al-Omari, O. and Al-Omari, T. (2025) 'Artificial Intelligence and Posthumanism: A Philosophical Inquiry into Consciousness, Ethics, and Human Identity', *Journal of Posthumanism*, 5(2). Available at: <https://doi.org/10.63332/joph.v5i2.432>.
- Andreessen, M. (2023) *The Techno-Optimist Manifesto*. Available at: <https://a16z.com/the-techno-optimist-manifesto/>.
- Bauman, Z. (2002) *Liquid modernity*.
- Bostrom, N. (ed.) (2003) *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford University Press.
- Bostrom, N. (2005) 'Transhumanist Values', *Journal of Philosophical Research*, 30(Supplement), pp. 3–14. Available at: <https://doi.org/10.5840/jpr\emph200526>.
- Bostrom, N. (2009) 'Why I Want to be a Posthuman when I Grow Up', in B. Gordijn and R. Chadwick (eds) *Medical Enhancement and Posthumanity*. Dordrecht: Springer Netherlands (The International Library of Ethics, Law and Technology), pp. 107–136. Available at: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8852-0_8.
- Braidotti, R. (2013) *The posthuman*. Cambridge, UK ; Malden, MA, USA: Polity Press.
- Braidotti, R. (2016) 'Posthuman Critical Theory', in D. Banerji and M.R. Paranjape (eds) *Critical Posthumanism and Planetary Futures*. New Delhi: Springer India, pp. 13–32. Available at: https://doi.org/10.1007/978-81-322-3637-5_2.
- Braidotti, R. (2019a) 'A Theoretical Framework for the Critical Posthumanities', *Theory, Culture & Society*, 36(6), pp. 31–61. Available at: <https://doi.org/10.1177/0263276418771486>.
- Braidotti, R. (2019b) *Materialismo radicale: itinerari etici per cyborg e cattive ragazze*. Translated by A. Balzano. Milano: Meltemi.
- Caffo, L. (2017) *Fragile Umanità: Il Postumano Contemporaneo*. Torino: Giulio Einaudi editore.
- Caffo, L. and Muzzonigro, A. (2018) *Costruire futuri. Migrazioni, città, immaginazioni*.
- Cave, S., Coughlan, K. and Dihal, K. (2019) "'Scary Robots": Examining Public Responses to AI', in *Proceedings of the 2019 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society. AIES '19: AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society*, Honolulu HI USA: ACM, pp. 331–337. Available at: <https://doi.org/10.1145/3306618.3314232>.

- Clark, A. (2024) *The experience machine: How our minds predict and shape reality*. Random House.
- Clément, G. (2005) *Manifesto del Terzo Paesaggio*. Macerata: Quodlibet.
- Coeckelbergh, M. (2020) *AI ethics*. Mit Press.
- Cohn, S. and Lynch, R. (2017) 'Posthuman perspectives: relevance for a global public health', *Critical Public Health*, 27(3), pp. 285–292. Available at: <https://doi.org/10.1080/09581596.2017.1302557>.
- Di Lucchio, L. and Giambattista, A. (2020) 'Resilient Professions. When Design practices become responsible', in *Design 2030: Practice*. LIStLab, pp. 18–25.
- Falcon, J. (2022) 'Toward a critical posthuman geography', *Cultural Geographies*, 30(1), pp. 19–34. Available at: <https://doi.org/10.1177/14744740221110579>.
- Ferrando, F. (1932) 'Posthumanism, Transhumanism, Antihumanism, Metahumanism, and New Materialisms: Differences and Relations', PDF). *Existenz: An International Journal in Philosophy, Religion, Politics, and the Arts*. ISSN, 1066.
- Floridi, L. and Chiriatti, M. (2020) 'GPT-3: Its Nature, Scope, Limits, and Consequences', *Minds and Machines*, 30(4), pp. 681–694. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11023-020-09548-1>.
- Forlano, L. (2017) 'Posthumanism and Design', *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 3(1), pp. 16–29. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2017.08.001>.
- Frayling, C. (1993) *Research in art and design*. London: Royal College of Art.
- German, K. et al. (2020) 'Co-designing Object Shapes with Artificial Intelligence', in A. Brooks and E.I. Brooks (eds) *Interactivity, Game Creation, Design, Learning, and Innovation*. Cham: Springer International Publishing (Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering), pp. 309–327. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-53294-9_21.
- Graham, E. (2004) 'Bioethics after Posthumanism: Natural Law, Communicative Action and the Problem of Self-Design', *Journal for the Study of Religion, Nature and Culture*, pp. 178–198. Available at: <https://doi.org/10.1558/ecot.9.2.178.38068>.
- Harari, Y.N. (2014) *Da Animali a Dèi: Breve Storia dell'Umanità*. Translated by G. Bernardi. Milano: Bompiani.

Harari, Y.N. (2018) *Homo Deus: Breve Storia del Futuro*. 6. ed. Milano: Bompiani.

Haraway, D. (2003) *The companion species manifesto: Dogs, people, and significant otherness*. Prickly paradigm press Chicago.

Haraway, D. (2008) *When Species Meet*. University of Minnesota Press, Minneapolis.

Haraway, D. (2016) *Staying with the Trouble: Making Kin in the Chthulucene*. Duke University Press, p. dup;9780822373780/1. Available at: <https://doi.org/10.1215/9780822373780>.

Hauck, T. and Weisser, W.W. (2021) 'Animal-Aided Design'.

Hayles, N.K. (2017) *Unthought: The power of the cognitive nonconscious*. University of Chicago Press.

Herbrechter, S. et al. (2022) 'Critical Posthumanism: An Overview', in S. Herbrechter et al. (eds) *Palgrave Handbook of Critical Posthumanism*. Cham: Springer International Publishing, pp. 3–26. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-04958-3_66.

Hopkins, P.D. (2012) 'Transhumanism', in *Encyclopedia of Applied Ethics*. Elsevier, pp. 414–422. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373932-2.00243-X>.

Huberman, J. (2021) *Transhumanism: from ancestors to avatars*. Cambridge: Cambridge University Press (New departures in Anthropology).

Huttunen, R. and Heikkinen, H.L.T. (2024) 'Whose Well-Being? Deep-Ecological and Posthuman Perspectives on "World Worth Living In"', in K.E. Reimer et al. (eds) *Living Well in a World Worth Living in for All*. Singapore: Springer Nature Singapore, pp. 21–30. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-97-1848-1_3.

Ihde, D. (2019) *Medical technics*. U of Minnesota Press.

Kutleša, S. (2023) 'Traps of Transhumanism and Posthumanism—From Human Being to Nonhuman Being: Affirmation or Negation of Humanity?', *Science, Art and Religion* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-11005-0044>.

de La Bellacasa, M.P. (2017) *Matters of care: Speculative ethics in more than human worlds*. U of Minnesota Press.

Latour, B. (1994) *We have never been modern*. 3. print. Cambridge, Mass: Harvard Univ. Press.

Longo, G. (2003) 'Body and technology: Continuity or discontinuity?', in *Mediating the Human Body*. Routledge, pp. 43–50.

Łukaszewicz Alcaraz, A. (2021) 'Vitalist, Posthuman, and Environmental Ethics', in Łukaszewicz Alcaraz, A., *Are Cyborgs Persons?* Cham: Springer International Publishing, pp. 99–116. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-60315-1_7.

MacFarlane, J.M. (2020) *Transhumanism as a New Social Movement: The Techno-Centred Imagination*. Cham: Springer International Publishing. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-40090-3>.

Marchesini, R. (2002) *Post-human: verso nuovi modelli di esistenza*. 1. ed. Torino: Bollati Boringhieri (Saggi. Scienze).

Marchesini, R. (2016) 'Praising Hybridization: Techne as Openness to Otherness'. NYU Glocal Symposium POSTHUMAN FUTURES 2016, 23 April. Available at: https://www.academia.edu/24975053/Praising_Hybridization_Techne_as_Openness_to_Otherness.

More, M. (1990) 'Transhumanism: Toward a Futurist Philosophy', *Extropy*, 6, pp. 6–12.

More, M. and Vita-More, N. (2013) *The transhumanist reader: Classical and contemporary essays on the science, technology, and philosophy of the human future*. John Wiley & Sons.

Morton, T. (2010) *The ecological thought*. Harvard University Press.

Morton, T. (2012) 'Dark Ecology: Philosophy in the Anthropocene', Center for the Humanities [Preprint].

Pepperell, R. (1995) *The post-human condition*. Intellect Oxford.

Porter, A. (2017) 'Bioethics and Transhumanism', *The Journal of Medicine and Philosophy: A Forum for Bioethics and Philosophy of Medicine*, 42(3), pp. 237–260. Available at: <https://doi.org/10.1093/jmp/jhx001>.

Prescott, T., Robillard, J.M. and Murray, S. (2024) 'Towards a critical posthumanist perspective on participatory design', *Medical Humanities*, 50(4), pp. 715–716. Available at: <https://doi.org/10.1136/medhum-2024-013078>.

Quinz, E. (2020) *Contro l'oggetto: conversazioni sul design*. Prima edizione. Macerata: Quodlibet (Habitat, 26).

Rotondi, C. et al. (2024) 'Bioreceptive Ceramic Surfaces: Material Experimentations for Responsible Research and

Design Innovation in Circular Economy Transition and “Ecological Augmentation”, *Sustainability*, 16(8), p. 3208. Available at: <https://doi.org/10.3390/su16083208>.

Sax, B. (2010) ‘The Posthumanism of Roberto Marchesini’, *Humanimalia*, 1(2), pp. 86–90. Available at: <https://doi.org/10.52537/humanimalia.10104>.

Sorgner, S.L. (2020) *On Transhumanism*. Penn State University Press.

Sreenivasan, A. and Suresh, M. (2024) ‘Design thinking and artificial intelligence: A systematic literature review exploring synergies’, *International Journal of Innovation Studies*, 8(3), pp. 297–312. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2024.05.001>.

Tarcan, B., Pettersen, I. and Edwards, F. (2022) ‘Making-with the environment through more-than-human design’, in. *DRS2022: Bilbao*. Available at: <https://doi.org/10.21606/drs.2022.347>.

Thomas, A. (2024) *The Politics and Ethics of Transhumanism: Techno-Human Evolution and Advanced Capitalism*. Bristol University Press. Available at: <https://doi.org/10.51952/9781529239669>.

Tsing, A.L. (2015) ‘The Mushroom at the End of the World: On the Possibility of Life in Capitalist Ruins’. Princeton University Press.

Vinciane, D. (2016) ‘What would animals say if we asked the right questions?’

Vinge, V. (2013) ‘Technological Singularity’, in M. More and N. Vita-More (eds) *The Transhumanist Reader*. 1st edn. Wiley, pp. 365–375. Available at: <https://doi.org/10.1002/9781118555927.ch35>.

Yu, W.F. (2025) ‘AI as a co-creator and a design material: Transforming the design process’, *Design Studies*, 97, p. 101303. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2025.101303>.

Zhao, Y. (2024) ‘The creative cosmos beyond humans: a symphony of participatory design and visual artificial intelligence’, *Frontiers in Communication*, 9, p. 1440384. Available at: <https://doi.org/10.3389/fcomm.2024.1440384>.

HUMAN BODY AND DESIGN

ABSTRACT (INGLESE)

The chapter analyzes the role of the human body as measure, model, and agent in design, tracing its historical, philosophical, and cultural evolution up to current critical perspectives. From the classical roots of Western thought, the body emerges as a cognitive and formal parameter, embodying the synthesis of harmony between microcosm and macrocosm. Modernity introduces Cartesian dualism and a mechanistic worldview, which lead to scientific standardization and design tools that place the body at the center of creative reference, while phenomenological perspectives reaffirm the body as a perceptual subject. With ergonomics and anthropometry, the body becomes an operational reference for the optimization of systems, anticipating methodological approaches such as User-Centered and Human-Centered Design. In contemporary thought, the body stands at the core of biopolitical, posthumanist, and performative dynamics, which highlight its cultural, plural, and situated nature. Within this framework, design must engage with the inclusion and overcoming of ableism, through approaches such as Universal, Inclusive, Participatory, and Disability-Led Design, culminating in the most recent orientations of Critical Disability Studies. The chapter concludes with the concept of the Internet of Abilities, which redefines human abilities as technologically interconnected and amplified, envisioning a future in which the body acts as a transformative agent and co-creator of systems and environments.

CAPITOLO 2 CORPO UMANO E PROGETTO

ABSTRACT

Il capitolo analizza il ruolo del corpo umano come misura, modello e agente nel progetto, tracciandone l'evoluzione storica, filosofica e culturale fino alle attuali prospettive critiche. Dalle radici classiche del pensiero occidentale, il corpo emerge come parametro conoscitivo e formale quale sintesi di armonia tra microcosmo e macrocosmo. La modernità introduce il dualismo cartesiano e la visione meccanicistica, da cui derivano la standardizzazione scientifica e strumenti progettuali che pongono il corpo al centro del riferimento creativo, mentre prospettive fenomenologiche riaffermano il corpo come soggetto percettivo. Con l'ergonomia e l'antropometria, il corpo diviene riferimento operativo per l'ottimizzazione dei sistemi, anticipando approcci metodologici quali User-Centered e Human-Centered Design. Nel pensiero contemporaneo, il corpo è al centro di dinamiche biopolitiche, postumaniste e performative, che ne evidenziano la natura culturale, plurale e situata. In questo quadro, il progetto deve confrontarsi con l'inclusione e il superamento dell'abilismo, attraverso approcci come Universal, Inclusive, Participatory e Disability-Led Design, fino ai più recenti orientamenti dei Critical Disability Studies. Il capitolo si chiude con il concetto di Internet of Abilities, che ridefinisce le abilità umane come interconnesse e amplificate tecnologicamente, configurando un futuro in cui il corpo è agente trasformativo e co-creatore di sistemi e ambienti.

2.1 Il Corpo Modello e Misura

«L'uomo è misura di tutte le cose, di quelle che sono per ciò che sono, e di quelle che non sono per ciò che non sono.»

Questa celebre affermazione di Protagora racchiude la concezione del corpo umano come parametro fondante della conoscenza e della progettazione del mondo. Il corpo umano ha da sempre rappresentato il punto di incontro tra natura e cultura, tra proporzione e soggettività. Attraverso i secoli, la figura del corpo umano è stata assunta come misura dell'universo e dell'opera umana, incarnando ideali estetici, filosofici, tecnici e simbolici. Tale concezione è profondamente radicata nell'antropocentrismo occidentale, che ha elevato l'essere umano – in particolare il corpo maschile, bianco, abile – a modello universale di perfezione e razionalità, proiettando questa immagine idealizzata nella costruzione del mondo e dei suoi oggetti. Il concetto di corpo ha attraversato numerose evoluzioni nel contesto del progetto, evidenziando come la sua centralità si sia oggi trasformata da parametro oggettivo di riferimento a luogo di negoziazione culturale, identitaria, politica e tecnologica, in un processo di progressiva decostruzione dell'antropocentrismo stesso.

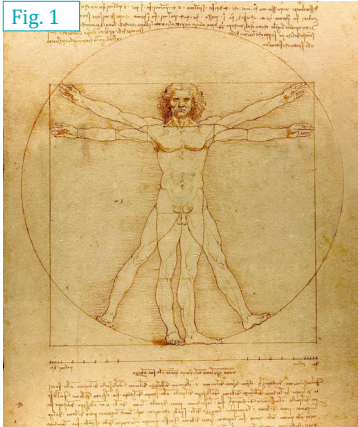


Fig. 1. “Le proporzioni del corpo umano secondo Vitruvio” è il titolo originale del disegno a penna e inchiostro su carta, realizzato da Leonardo Da Vinci intorno al 1492, che raffigura l’Uomo Vitruviano. [Foto del disegno originale esposto presso le Gallerie dell’Accademia in Venezia - © Luc Viatour]

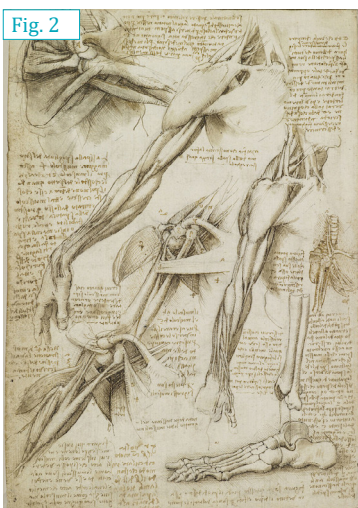


Fig. 2. “I muscoli della spalla e del braccio e le ossa del piede”, in inchiostro e carboncino su carta realizzato intorno al 1510 da Leonardo. [© Royal Collection Trust]

2.1.1 Il Corpo Umano nel Progetto

Già nell’antichità Protagora (V secolo a.C.) affermava che «l’uomo è la misura di tutte le cose» (*homo mensura*), sottolineando il ruolo del corpo come parametro conoscitivo e formale. Aristotele (IV secolo a.C.), distinguendo tra corpo e anima (*soma-psyche*), ne ha delineato la natura biologica e la finalità telica, concependo l’anima non come entità separata, ma come forma del corpo vivente, principio della sua organizzazione e funzione vitale. In questa prospettiva ileomorfica, il corpo è materia (*hyle*) che riceve forma (*morphè*) dall’anima, e dunque l’essere vivente è un’unità inscindibile di entrambe. L’anima umana, dotata della capacità razionale (*nous*), rappresenta per Aristotele la massima espressione della teleologia naturale: ogni parte del corpo è strutturata in funzione di una finalità, rispondendo a una logica di efficienza e scopo intrinseco. Questo approccio ha profondamente influenzato la visione del corpo come organismo ordinato e gerarchico, dove ogni elemento assume senso in relazione al tutto.

Dopo il fondamento del concetto di corpo-anima di Aristotele, importanti sviluppi si trovano nella filosofia ellenistica e nella scolastica medievale, che in qualche modo hanno influenzato l’evoluzione della medicina, della spiritualità e dell’ingegneria occidentale (soprattutto europea). A Galeno (II sec. d.C.), medico greco antico, è attribuita l’elaborazione di una complessa teoria medico-filosofica del corpo, fondata sull’equilibrio dei quattro umori, in cui l’anatomia e la fisiologia sono strettamente collegate a un ordine cosmico razionale. Con Plotino (III sec. d.C.), neoplatonico, il corpo viene concepito come ombra dell’anima, ma allo stesso tempo come strumento necessario all’esperienza terrena. Nel Medioevo, Tommaso d’Aquino ripercorre la concezione aristotelica dell’anima come forma del corpo, integrandola con la dottrina cristiana e sottolineando la dignità del corpo umano come creatura divina, finalizzata alla resurrezione. L’interesse per lo studio e la definizione del corpo umano come entità ordinata e finalizzata si è concretizzato e ulteriormente rafforzato nella sua identificazione come modello di progetto, sia architettonico sia artistico. La centralità dell’umano come destinatario e artefice della conoscenza trova la sua massima affermazione nel Rinascimento e attraverso i suoi esponenti più illustri. Primo fra tutti, è senza dubbio Leonardo da Vinci, che incarna tali principi nel celebre Uomo Vitruviano (Fig. 1), inscritto in cerchio e quadrato secon-

do le proporzioni di Vitruvio, simbolo di armonia tra matematica e corporeità. L'Uomo Vitruviano rappresenta una delle espressioni più emblematiche della visione dell'umano come fusione ideale tra microcosmo e macrocosmo, tra individuo e ordine universale. Leonardo utilizza questa immagine per dimostrare l'armonia geometrica del corpo e la sua conformità a leggi matematiche e cosmiche, ribadendo così l'idea del corpo come chiave interpretativa del mondo. Tuttavia, l'interesse di Leonardo per il corpo umano non si esaurisce nella sua iconicità simbolica: esso si traduce infatti anche in una rigorosa pratica empirica. Tra il 1487 e il 1515, Leonardo condusse dissezioni sistematiche su cadaveri umani presso ospedali di Firenze, Milano e Roma, annotando minuziosamente le sue osservazioni con oltre 240 disegni anatomici, che includono studi di muscoli, ossa, sistema vascolare e organi interni (O'Malley and de Saunders, 1982). L'approccio di Leonardo fonda osservazione diretta, interesse per il funzionamento biomeccanico e curiosità artistica, anticipando una visione scientifica del corpo come macchina complessa e integrata. Per Leonardo, comprendere l'anatomia significava penetrare l'ordine naturale sottostante alla bellezza visibile, in un atto di profonda connessione tra arte, scienza e spiritualità. I suoi studi rivelano una concezione dinamica e tridimensionale del corpo, distante dalle idealizzazioni statiche medievali, e profondamente influenzata dalla sua concezione della natura come sistema interconnesso e organico. I suoi disegni anatomici più noti includono lo studio dei muscoli del braccio e della spalla (Fig. 2), la sezione del cranio e dei seni nasali (Fig. 3), l'anatomia dell'utero in gravidanza (Fig. 4), e il celebre studio degli organi e dei vasi sanguigni principali (Fig. 5). Rispetto ai suoi contemporanei, come il medico fiorentino Marcantonio della Torre (con cui Leonardo collaborò brevemente) e l'anatomista Berengario da Carpi, Leonardo si distingue per un approccio olistico e grafico alla rappresentazione corporea, con una precisione osservativa che precorre i futuri atlanti medici.

Sulla scia della prospettiva scientifica, razionale e fenomenologica del corpo umano, nel XVII è René Descartes – o Cartesio – a introdurre alcuni concetti fondanti della filosofia moderna. La filosofia cartesiana propone una netta separazione tra mente e corpo, concependo quest'ultimo come meccanismo governato da leggi fisiche (Descartes, 1641). Secondo il dualismo cartesiano, la *res cogitans* (mente) e la *res extensa* (corpo) sono due sostanze ontologicamente distinte, e in particolare il corpo, privo di coscienza, funziona

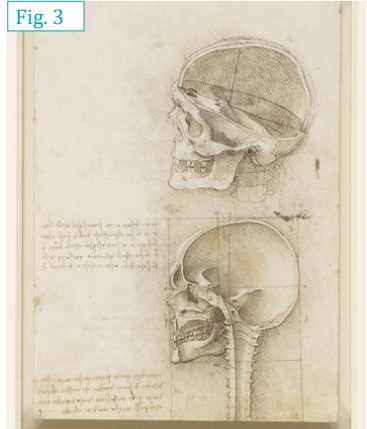


Fig. 3. "Il cranio sezionato", in inchiostro e carboncino su carta realizzato nel 1489 da Leonardo. [© Royal Collection Trust]

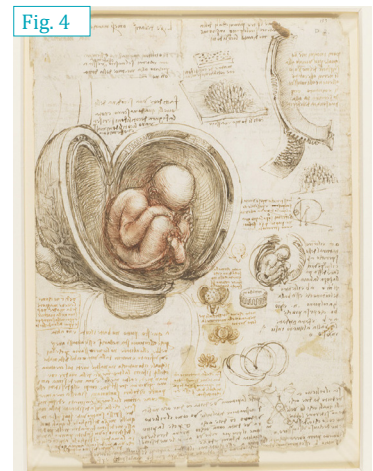


Fig. 4. "Il feto nell'utero; schizzi e appunti sulla riproduzione", in inchiostro e carboncino su carta realizzato intorno al 1511 da Leonardo. [© Royal Collection Trust]

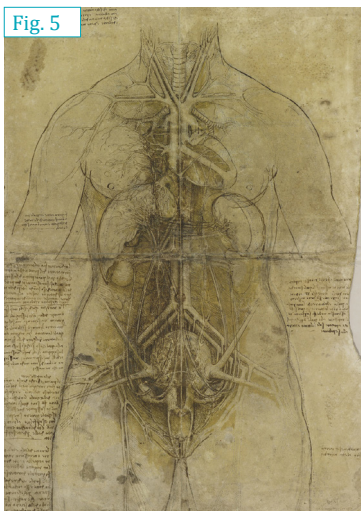


Fig. 5. “Il sistema cardiovascolare e gli organi principali della donna”, realizzato da Leonardo Da Vinci intorno al 1510 a penna, inchiostro, e acquerello giallo su carta colorata traforata. [© Royal Collection Trust]

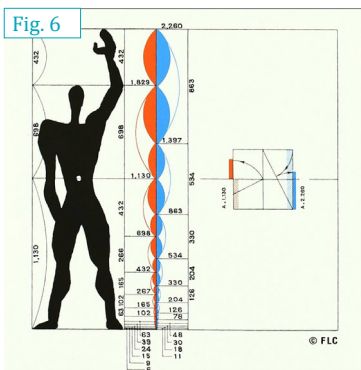


Fig. 6. Rappresentazione del concetto di Modulor introdotto da Le Corbusier nel 1950, che riporta graficamente la relazione matematica della sezione aurea e dei numeri di Fibonacci con le dimensioni fisiche dell'essere umano medio. [© FLC]

secondo principi meccanici, analoghi a quelli degli automi. Questa visione inaugura un approccio riduzionista allo studio dell'organismo umano, favorendo la nascita della medicina sperimentale e della fisiologia come scienze autonome. La fisiologia ottocentesca, in particolare, contribuisce ulteriormente allo sviluppo di tale paradigma. Nel XIX secolo, Henry Gray, celebre anatomista e chirurgo inglese, rende accessibile attraverso un ricco manuale scientifico con illustrazioni accurate una prima rappresentazione sistematica e dettagliata del corpo umano, contribuendo alla standardizzazione del sapere anatomico (Gray, 1858).

Nella crescente razionalizzazione e standardizzazione del corpo umano, si inserisce l'opera di Le Corbusier, che riprende l'ideale rinascimentale e lo adatta all'architettura moderna. Nel XX secolo, Le Corbusier elabora il Modulor (Fig. 6), un sistema modulare basato sulle misure del corpo maschile medio, come guida per l'architettura e l'urbanistica moderna secondo una “scala armoniosa” (Le Corbusier, 1948, 1955). Ispirato all'Uomo Vitruviano di Leonardo, il Modulor è uno dei primi strumenti operativi di standardizzazione del progetto secondo proporzioni tradizionalmente considerate perfette e universalmente applicabili. Se da un lato, tuttavia, il concetto di Modulor impone una prospettiva progettuale intrinsecamente escludente, dall'altro è una dei primi esempi di progettazione centrata sull'utente. Infatti, l'utente stesso è misura dell'ambiente in cui vive, e che deve essere pertanto costruito a sua misura per garantire il più alto livello di ottimizzazione progettuale.

Nello stesso periodo, un altro fondamentale punto di vista sul corpo e di come questo si inserisce nel mondo è delineato dalla filosofia di Maurice Merleau-Ponty, che elabora una fenomenologia della percezione, sottolineando l'unità vissuta di corpo e mondo (Merleau-Ponty, 1945). In opposizione al dualismo cartesiano, la sua filosofia si fonda sull'esperienza incarnata, affermando che la percezione non è un atto astratto della mente, ma un'attività corporea che ci mette in relazione diretta con il mondo. Il corpo, secondo Merleau-Ponty, è “soggetto percettivo” e non semplice oggetto biologico, poiché è attraverso di esso che si costruisce il significato e si abita lo spazio. Tale prospettiva ha influenzato profondamente il design contemporaneo, richiamando l'attenzione sull'esperienza sensoriale, sull'interazione situata e sulla dimensione vissuta dell'ambiente costruito.

L'importanza di considerare il corpo umano in tutte le sue dimensioni e come questo interagisce con l'ambiente circostante, con gli oggetti e con i sistemi è il principio fondante dell'Ergonomia (o Human Factors), uno dei pilastri fondamentali delle pratiche progettuali, le cui origini risalgono già ai tempi dell'Antica Grecia, e secondo alcuni addirittura della preistoria (Dart, 1960). L'ergonomia è una disciplina interdisciplinare volta a ottimizzare il rapporto tra l'umano, le sue attività lavorative e l'ambiente, con l'obiettivo di preservare la sua salute, la sicurezza del contesto e l'efficienza delle operazioni. Nonostante le sue origini antiche (legate alla necessità naturale e imprescindibile degli umani di adattare il contesto al proprio corpo per massimizzare usabilità e comfort), verso la fine del XIX secolo si è affermato come campo di indagine scientifica e di applicazione pratica attraverso le prime valutazioni sull'adattamento delle armi al corpo del soldato, arrivando a essere strutturato in modo sistematico negli anni Quaranta e Cinquanta in ambito militare per ridurre errori umani nei cockpit e migliorare le prestazioni degli equipaggi (Bridger, 2017).

Dal decennio successivo, grazie all'influenza congiunta di psicologia, fisiologia e ingegneria (Sanders and McCormick, 1998), l'ergonomia si è estesa a settori civili e industriali, sviluppando principi fondamentali quali l'adattamento del lavoro all'uomo, l'analisi di fattori fisici (postura, movimenti ripetitivi, distribuzione dei carichi), cognitivi (attenzione, memoria, decision making) e organizzativi (turni, pause, flussi informativi) (Dul et al., 2012).

L'ergonomia non solo si concentra sul corpo come modello, ma anche come strumento di misura della compliance del contesto costruito (sia quello ambientale sia quello fatto di oggetti), attraverso tecniche strumentali come ad esempio l'analisi del movimento, l'elettromiografia e l'eye-tracking per quantificare sforzo muscolare e carico visivo. Alla base degli studi ergonomici vi è una profonda attenzione per il corpo come soggetto che si trasforma, è variabile e interagisce plasticamente con l'esterno.

Questa concezione si traduce nell'Antropometria, che misura e analizza le dimensioni del corpo umano per informare la progettazione di prodotti e ambienti (Pheasant and Haslegrave, 2006). La disciplina antropometrica offre un'importante distinzione tra corpo statico (considerato con misure fisse come altezza, lunghezza degli arti e circonferenze) e corpo dinamico (che considera posture e movimenti in azione), permettendo di definire range dimensionali appropriati per diverse popolazioni (Roebuck, 1995).

Il corpo umano viene misurato e modellato attraverso stadiometri, antropometri e pelotte, seguendo protocolli standardizzati per garantire riproducibilità, ma comunque tenendo in considerazione le variabilità legate a età, genere ed etnia (Chaffin, Andersson and Martin, 2006). Ciò che rende fondamentali gli studi antropometrici ed ergonomici nelle discipline del progetto, soprattutto nella nostra contemporaneità che si sta popolando di sistemi sempre più complessi e di interazioni sempre più profonde, è certamente come il corpo viene usato per usare altro.

Particolarmente evidente come sia centrale nelle discipline del design (dagli oggetti alle interfacce digitali), il corpo umano sancisce l'usabilità di un artefatto, ovvero la facilità con cui esso può essere usato da un individuo per raggiungere i propri obiettivi in modo efficace, efficiente e soddisfacente.

Da questi concetti si sviluppa l'approccio dello User-Centered Design (UCD) (Norman and Draper, 1986), che riveste il corpo umano dell'accezione di utente, di individuo che usufruisce della realtà costruita, e mira a valorizzarne le esigenze, le aspettative e le esperienze come linee guida per la progettazione. Concepito soprattutto come approccio metodologico nel campo della Human-Computer Interaction (HCI), lo UCD si è ulteriormente evoluto in una visione dell'umano più olistica, non solo riferita alla concezione di utente, ma di individuo complesso che interagisce con ogni cosa attraverso i propri sensi, i propri bias e i propri modelli mentali. Lo stesso Norman, a cui si deve l'instaurazione dell'approccio User-Centered come fondamento teorico del design contemporaneo, riconosce le limitazioni imposte dalla riduzione dell'umano a semplice fruitore del mondo – e in particolare delle tecnologie –, ampliando il concetto alla visione più comprensiva dello Human-Centered Design (HCD) (Norman, 1988; Cooley, 1989).

Centrando l'atto progettuale sul requisito di offrire un alto livello di User Experience (UX), questo approccio olistico considera l'umano nella sua interezza, non solo come individuo, ma come soggetto partecipe di contesti sociali e culturali che possono influenzarne il comportamento, le abitudini e le modalità di interazione. Questo passaggio è fondamentale nella concezione contemporanea di umano (con il suo corpo come insieme di proprietà cognitive, emotive, sensoriali, fisiche, spirituali) nel progetto, ma che riflette le profonde trasformazioni sociali, culturali e tecnologiche che stanno caratterizzando il nostro secolo.

2.1.2 La Nuova Centralità del Corpo

Nel dibattito contemporaneo, il corpo non è più solo misura oggettiva, ma “il principale campo di attività politica e culturale”, tanto da arrivare a definire una “Società Somatica” (Turner, 2008). Le fondamentali filosofiche alla base di questo paradigma sono riconducibili a Michel Foucault, che ha analizzato il corpo come sede di biopolitica e disciplina, il punto in cui si incrociano i dispositivi di potere e i saperi (Foucault, 1975, 1985). La sua prospettiva descrive il passaggio da una società del castigo spettacolare a una società disciplinare, dove il corpo è sorvegliato, addestrato, normalizzato. Disciplinato e regolamentato dalla società e dalle istituzioni (prigioni, scuole, ospedali), il corpo è soggiogato dalla biopolitica, ovvero la gestione politica, culturale e sociale della vita biologica dei corpi, sottolineando come il potere moderno si concentri non solo sulla repressione, ma anche sull’organizzazione della salute, della sessualità, della riproduzione e della morte. Per Foucault, il corpo non è solo oggetto del potere, ma anche superficie su cui si scrivono norme, regole e identità. In tal modo il corpo umano, pur avendo un aspetto biologico (corpo naturale), viene plasmato dal potere, dalla cultura e dalle pratiche sociali, diventando un corpo culturale sottoposto a norme e regolamentazioni (Foucault, 1995). In continuità con questo approccio, ma spostandosi su un piano postumanista, Marchesini approfondisce la corporeità come intreccio di fattualità biologica e narrazione simbolica (Marchesini, 2002). Questa concezione bidimensionale del corpo sottolinea come questo sia oggetto di una tensione intrinseca tra la sua interpretazione oggettiva, “naturale”, e la sua interpretazione soggettiva, “culturale”.

Questa dicotomia del corpo è un tema centrale in molte discipline, dall’antropologia alla filosofia, dalla sociologia agli studi di genere. Secondo Judith Butler, il corpo stesso non è semplicemente un dato biologico, ma è prodotto attraverso atti e discorsi culturali. Per tale teoria il genere (e, per estensione, il corpo) è di per sé performativo e costruito socialmente, pertanto il corpo naturale non esiste mai in modo del tutto neutrale rispetto alla cultura, in quanto esso è sempre interpretato e significato dalla cultura stessa. Con questo presupposto, Butler introduce il concetto di performatività del genere, affermando che il genere non è innato, ma viene costruito attraverso atti ripetuti e discorsi culturali (Butler, 1990). Similmente, Thomas Laqueur esplora la storia del corpo e del genere, mostrando

come le interpretazioni del corpo umano siano cambiate nel corso della storia. Laqueur sostiene che i corpi non sono semplicemente dati naturali, ma vengono costantemente reinterpretati in base ai contesti culturali e scientifici (Laqueur, 1990). Il concetto di identità come sostanza mutabile ripercorre lo scetticismo del filosofo David Hume, secondo il quale non percepiamo mai un “sé” fisso, ma solo un insieme di percezioni in continuo cambiamento (Hume, 1739). Questa visione, nota come “Bundle Theory”, mette in discussione la nozione tradizionale di identità personale.

Il tema della percezione come fonte di costruzione della conoscenza e del significato è ampliato da Thomas Csordas, che esplora l’incarnazione (embodiment) come fondamento dell’esperienza culturale, enfatizzando il vissuto sensoriale (Csordas, 1994). La sua proposta di un’antropologia fenomenologica segna un passaggio decisivo verso una comprensione incarnata della cultura, in cui il corpo non è solo oggetto dell’esperienza, ma soggetto attivo e situato, capace di generare significato. L’embodiment, per Csordas, non è una mera metafora, ma una modalità concreta di essere-nel-mondo, che sfida le separazioni cartesiane tra mente e corpo e consente una lettura più complessa delle pratiche culturali, simboliche e religiose. Questo approccio, in dialogo con la fenomenologia di Merleau-Ponty, ha aperto nuove prospettive nella comprensione delle identità corporee e delle dinamiche di costruzione del sé attraverso il corpo. Tra queste, l’imposizione politica e culturale che spesso caratterizza la concezione del corpo femminile (Grosz, 1994), storicamente legato a una idealizzazione estetica e comportamentale maschilista che Susan Bordo definisce “tirannia dell’aspetto” (Bordo, 1993). Negli ultimi anni, i movimenti di rivendicazione dell’autonomia corporea, soprattutto quella delle donne, stanno tentando di scardinare il “mito della bellezza” come strumento di controllo sociale (Wolf, 1991). L’idealizzazione del corpo perfetto, abile, performante si scontra oggi con una rinnovata consapevolezza del corpo, che rifiuta l’influenza dell’immagine ideale sulla percezione del sé – che spesso comporta l’insorgenza di veri e propri disturbi come la “body dysmorphia” (Phillips, 2005) – e valorizza voci diverse (delle comunità LGBTQA+, delle persone con disabilità, delle minoranze etniche) attraverso movimenti di espressione come la “body positivity” con l’obiettivo di promuovere l’inclusione nella normalizzazione del corpo.

Seppure tradizionalmente considerati distinti, il corpo naturale e

il corpo culturale sono in continua interazione e co-costruzione. Il passaggio da corpo come oggetto fisso con caratteristiche universali e generalizzabili a corpo come soggetto trasformativo e plurale è alla base del dibattito moderno su cosa significhi essere “umani”. L’individuo non è più solo il destinatario di imposizioni esterne, ma attore della propria essenza. Questo concetto si sta oggi ulteriormente rafforzando attraverso l’avanzamento tecnologico, esso stesso fattore di trasformazione della condizione umana.

2.2 Il Corpo Utente e Agente

Nell'era attuale, la percezione dell'essere umano nel contesto dell'interazione con la tecnologia e l'ambiente circostante si è profondamente trasformata, delineando un passaggio dall'individuo inteso come utente (che riceve in modo passivo l'alterità rimanendo immutato) a individuo inteso come agente (che trasforma attivamente l'alterità e se stesso). L'essere umano si riconosce come un soggetto dinamico che, attraverso le proprie azioni e interazioni, plasma la realtà circostante, e i cui bisogni, aspirazioni, comportamenti si trasformano nel tempo. Questo cambio di paradigma implica che l'ambiente e gli strumenti non sono più entità statiche, ma sistemi che si adattano e interagiscono continuamente con l'evolversi della condizione umana. La progettazione, quindi, non mira a fornire risposte esatte a problemi preesistenti, bensì a creare sistemi flessibili e reattivi che possano evolvere e co-crearsi insieme all'agire umano, riflettendo una comprensione più profonda della nostra capacità di influenzare e trasformare il mondo in cui viviamo. Pertanto, è necessario considerare la necessità per le discipline progettuali di superare il solo obiettivo di rispondere alle esigenze degli utenti – gli “user needs” – per esplorare e valorizzare l'agire trasformativo degli agenti – le loro abilità.

2.2.1 Teoria dei Bisogni

Il bisogno è una condizione di carenza avvertita dall'individuo, che genera uno stato di tensione volto a ristabilire l'equilibrio interno ed esterno. Questa condizione spinge l'essere umano ad adottare comportamenti finalizzati al soddisfacimento della carenza percepita, con l'obiettivo di ripristinare il benessere psicofisiologico.

Nella definizione di una teoria dei bisogni, è necessario innanzitutto riportare quella fornita da Abraham Maslow, che ancora oggi – con diverse reinterpretazioni – risulta fondamentale nello studio del comportamento umano e in particolare della motivazione. Secondo Maslow, i bisogni umani possono essere disposti secondo una struttura gerarchica (Fig. 7), composta da cinque livelli fondamentali (Maslow, 1943), ordinati dal basso verso l'alto in una piramide:

- Bisogni fisiologici: esigenze primarie quali alimentazione, idratazione, sonno e riparo.
- Bisogni di sicurezza: protezione da pericoli fisici e psicologici, stabilità economica e sanitaria.
- Bisogni di appartenenza e amore: relazioni affettive, amicizia e partecipazione a gruppi sociali.
- Bisogni di stima: ricerca di riconoscimento, autostima e rispetto da parte degli altri.
- Bisogni di autorealizzazione: realizzazione del potenziale personale attraverso la creatività, la crescita personale e la ricerca di significato.

Secondo questa struttura, ogni livello diventa prioritario solo dopo il soddisfacimento di quelli sottostanti, generando un processo dinamico di motivazione umana (Maslow, 1954).

A partire dagli anni Sessanta, diverse correnti psicologiche hanno avanzato critiche alla rigidità gerarchica di Maslow, proponendo modelli più flessibili in cui i bisogni si influenzano reciprocamente e possono coesistere (Wahba and Bridwell, 1976). Alcuni autori hanno inoltre ampliato la gerarchia includendo la dimensione cognitiva (bisogni di conoscenza) e trascendente (bisogni spirituali e altruistici) (Wahba and Bridwell, 1976; Kenrick et al., 2010).

In particolare, gli avanzamenti tecnologici dell'ultimo decennio – considerando, ad esempio, la proliferazione dei social network, l'espansione del mercato dei dispositivi elettronici personali, la co-

struzione di realtà digitali virtuali parallele o integrate con la realtà – hanno sostanzialmente riconfigurato ciò che viene percepito come un bisogno.

Si assiste infatti a una vera e propria trasformazione delle modalità attraverso le quali gli individui percepiscono e soddisfano i propri bisogni. Si pensi ad esempio a come i bisogni fisiologici come l'alimentazione e l'idratazione siano oggi immediatamente soddisfatti attraverso i servizi di delivery, o come il sonno sia monitorato e controllato attraverso applicazioni mobili e dispositivi indossabili (Lupton, 2016).

Con la necessità sempre crescente di garantire la sicurezza dei propri dati, al bisogno di tutela fisica si affianca la protezione delle informazioni personali online, con la nascita di leggi sulla privacy e strumenti di cybersecurity (Solove, 2008).

L'appartenenza virtuale supera il concetto tradizionale di relazione, con community online e social media che offrono nuove forme di aggregazione, amplificando il bisogno di connessione e riconoscimento sociale attraverso like, follower e badge digitali (Boyd, 2010). Questi ultimi contribuiscono alla costruzione del senso di autostima e dell'identità digitale, che si alimentano anche attraverso la gestione dell'immagine virtuale e la reputazione online, generando dinamiche di competizione e self-branding (Marwick, 2013).

Infine, l'autorealizzazione spesso viene raggiunta attraverso piattaforme creative (es. blog, podcast, social media) che permettono l'espressione di sé e lo sviluppo di competenze, generando veri e propri flussi di successo attraverso la condivisione della propria esperienza di quotidianità (Csikszentmihalyi, 1990).

Contestualmente, emergono bisogni post-gerarchici quali la connettività continua, ovvero l'aspettativa di accesso istantaneo a servizi e informazioni, e la partecipazione attiva in ecosistemi digitali collaborativi (Rheingold, 2000).

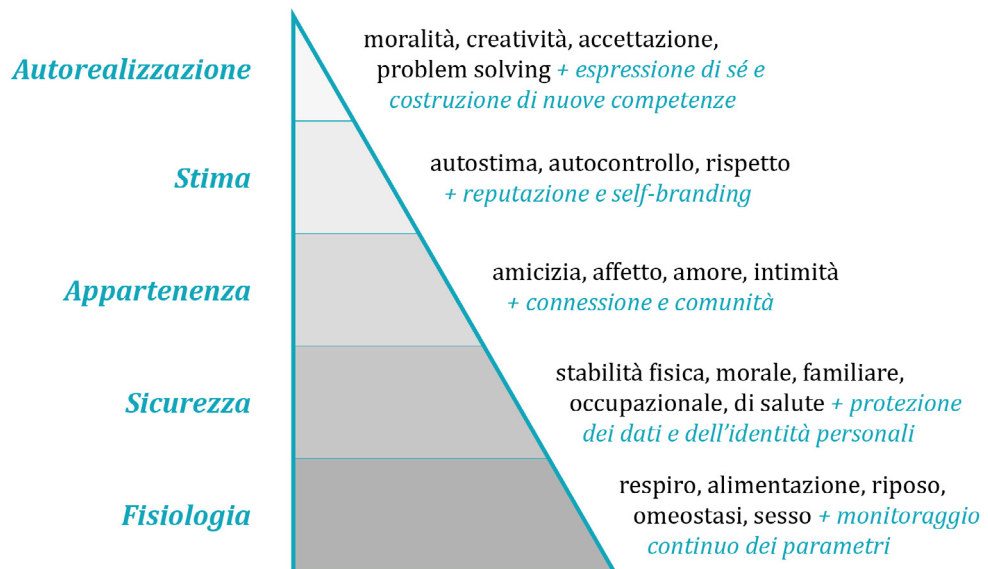
Alla luce dei cambiamenti odierni, la teoria dei bisogni sta evolvendo verso un paradigma non lineare, ma multi-dimensionale e interconnesso, dove vari livelli coesistono e si influenzano reciprocamente. Il design, che nei suoi approcci centrati sull'utente si instaura come elemento di indagine profonda dei bisogni, deve di conseguenza ridefinire i propri processi di lettura e comprensione di ciò che viene percepito come "necessità".

Tuttavia, proprio a causa della natura estremamente variabile e in continua trasformazione – come conseguenza delle trasformazioni

Fig. 7. Diagramma piramidale della scala dei bisogni umani formulata da Maslow.
[Immagine riadattata dall'originale di Maslow, 1943 - © Camilla Gironi]

sociali, culturali, tecnologiche che stanno caratterizzando il nostro secolo – dei nuovi bisogni umani, il design deve anche operare una indagine delle possibili esigenze future (anche non remote, ma prossime, considerata la velocità del cambiamento) per prefigurarle alla luce di una sempre maggiore integrazione di bisogni fisici e digitali, il potenziamento delle relazioni tra bisogni individuali e collettivi mediate dalla rete, e l'instaurazione di cicli di soddisfacimento continuo e adattivo, in risposta all'innovazione tecnologica.

Fig. 7



2.2.2 Teoria dell'Abilità

Nell'esplorazione della natura umana e di come questa stia co-evolvendo con il progredire delle capacità tecnologiche, è utile soffermarsi su cosa si intende per abilità umane. Il dibattito filosofico e ontologico intorno a questo concetto è molto ampio, data la sua natura profonda e sfaccettata. Al fine di offrire un inquadramento del significato del concetto nella sua accezione più generale, è possibile definire il concetto di abilità come il potere che un agente ha di eseguire diverse azioni. Un'abilità è, più precisamente, un "potere intelligente", poiché è guidato dall'intenzionalità dell'agente che esercita l'abilità. Questa caratteristica non è comune a tutti i tipi di potere. Difatti i poteri che non riguardano un'azione non sono identificabili come abilità, in quanto un'azione è un evento che risulta dall'esecuzione di una specifica intenzione (ovvero seguendo uno specifico scopo) dell'agente. Dunque un potere è definibile una abilità qualora si verifichi la compresenza di due condizioni: del suo soggetto, ovvero l'agente, e del suo oggetto, ovvero l'azione (Maier, 2022).

L'indagine filosofica sul concetto di abilità è molto vasta e ha origini antiche, riconducibili alle scuole filosofiche dell'Antica Grecia. Aristotele è ampiamente riconosciuto come il filosofo precursore di questa indagine sistematica sul concetto di abilità. Al suo lavoro si deve la distinzione tra potenzialità (*dunamis*) e attualità (*energeia*), che spiega come le abilità facciano parte della potenzialità di un individuo, che può o che potrebbe esercitarle, ma che si manifestano nella attualità solo se mosse da una spinta intenzionale dell'individuo stesso e sotto determinate condizioni, ovvero solo se tramutate in azioni. Aristotele ha inaugurato un filone di indagine filosofica ancora oggi molto attivo, e che ha dato vita negli anni a una pluralità di teorie dell'abilità, che propongono ciascuna una articolazione specifica di questo concetto così esteso.

L'Analisi Condizionale è il modello teorico tradizionalmente dominante. Definisce le abilità in termini di cosa un individuo farebbe se volesse, provasse o avesse la volontà di farlo.

Questa prospettiva è storicamente attribuita a Hume, appartenente alla scuola di pensiero empirista, secondo la quale la conoscenza umana deriva esclusivamente dai sensi e dall'esperienza. Rigettando l'idea razionalista che la conoscenza del mondo potesse derivare dalla sola ragione, Hume ha dedicato la sua indagine filosofica alla comprensione della natura umana attraversando la sua dimensione

perceptiva ed esperienziale, e ponendo quest'ultima come la chiave di lettura della realtà. In particolare introduce il concetto di libertà come potere di agire o di non agire, secondo le determinazioni della volontà dell'individuo (Hume, 1748). Come riportato da Wolf, questa prospettiva distingue l'abilità di fare qualcosa e la possibilità che un individuo faccia qualcosa: avere solo l'abilità implica pertanto che l'agente possa far accadere qualcosa a seconda della propria volontà (Wolf, 1990). Un controesempio a questo è il caso in cui una persona è in grado di compiere un'azione, ma a causa di una forte avversione interiore o esteriore non riesce a formare la volontà di compiere quella azione (per esempio, una persona con aracnofobia potrebbe toccare un ragno in trappola se volesse, ma non ci riuscirebbe perché la sua fobia glielo impedirebbe). Facendo una distinzione tra requisiti psicologici e non psicologici delle abilità, si può usare l'analisi condizionale come una analisi parziale applicata solo ai requisiti non psicologici.

L'Approccio Modale definisce le abilità come ciò che rientra nelle possibilità dell'agente. A questa prospettiva si associa il concetto dei mondi possibili: l'agente può possedere una abilità senza eseguirla nel mondo reale, ma esiste un mondo possibile dove la esegue. Una limitazione di questa prospettiva è data dalla generalizzazione del "possibile", pertanto occorre restringere il concetto di mondi possibili sensati per valutare le abilità (per esempio, i casi fortuiti non possono essere inclusi, perché un principiante golfista può fare buca al primo colpo per puro caso, e non perché ha effettivamente l'abilità tecnica di farlo intenzionalmente).

L'Approccio Disposizionale definisce le abilità concentrandosi sulle disposizioni, ovvero tendenze e inclinazioni di un individuo a comportarsi in un certo modo in certe circostanze. Secondo questa prospettiva, un agente ha una abilità in circostanze specifiche se ha la disposizione a eseguire l'azione in quelle circostanze. Questo approccio è simile alla prospettiva dell'analisi condizionale, ma considera i casi in cui la manifestazione della disposizione (ovvero l'azione) è impedita da fattori esterni come il mascheramento. Nonostante la manifestazione sia fallita, la disposizione è ancora presente.

L'Approccio Potenziale definisce le abilità come una forma di potenziale di fare qualcosa. Il potenziale è definito solo dalla sua manifestazione, ed esprime l'inclinazione di un agente a eseguire una determinata azione in specifiche circostanze.

Tassonomia delle Abilità

Nel delineare un inquadramento delle abilità umane – così varie e numerose che sarebbe quasi impossibile inserirle in un elenco esaustivo –, si rivela necessario tentare di costruire una tassonomia delle abilità, tematica su cui la ricerca filosofica si è ampiamente concentrata, convergendo in una generalizzazione che distingue due classi principali: le abilità generali e le abilità specifiche (Honoré, 1964; Mele, 2003). Secondo diverse prospettive filosofiche, le abilità generali operano indipendentemente da opportunità speciali in contesti ampi e non necessariamente strettamente definiti, mentre le abilità specifiche dipendono dal dominio e sono legate al contesto.

Una netta distinzione tra le due tipologie è tuttavia messa in discussione in varie prospettive filosofiche, secondo le quali le abilità appartengono in realtà a uno spettro di capacità organiche generali e di capacità specificamente definite per un determinato scopo (Johnson, 1981; Braude, 1992). Allo stesso modo, la differenza tra abilità generali e specifiche è soggetta a mutamenti che dipendono non solo dal contesto, che ha un ruolo predominante nella definizione delle due tipologie (Greco, 2012; Kittle, 2022), ma anche dall'agente, dalle condizioni in cui questi opera, dalla sua intenzionalità e dalle sue prestazioni cognitive (Perkins, Jay and Tishman, 1993; Moore, 2004) – secondo questa prospettiva, le abilità sono più simili a processi dinamici, trasformativi e graduabili, piuttosto che tratti fissi (Das, Kirby and Jarman, 1975; Jaster, 2020).

Queste posizioni chiariscono che le differenze tra abilità generali e specifiche risiedono nella loro portata, nella dipendenza dal contesto e nell'architettura fisico-cognitiva sottostante. Tuttavia, la letteratura accademica non sempre traccia una distinzione esplicita. L'idea che esista una bipartizione tra le abilità è stata un tema di rilievo nel lavoro contemporaneo intorno a questo tema; sostenuta e sviluppata da varie prospettive filosofiche (Whittle, 2010; Glick, 2012; Vihvelin, 2013), se questa distinzione sia in realtà riconducibile a una unica definizione rimane tuttora una questione aperta.

Sulla base di quanto sin qui delineato, per enunciare il concetto di abilità è imprescindibile innanzitutto includere alcuni elementi fondamentali, che verranno di seguito descritti individualmente al fine di generare una schematizzazione utile a definire un framework logico di abilità per il presente lavoro di ricerca.

In sintesi, una abilità è l'espressione dell'intenzione di un agente

che si manifesta attraverso una azione nella circostanza di uno specifico contesto (Fig. 8).

Intenzione – è legata alla condizione cognitiva dell'agente, in quanto è costituita dalla partecipazione della volontà e dell'intelligenza dello stesso nel decidere e compiere un'azione. Dunque l'agente deve volere eseguire la propria intenzione per poter affermare di avere una determinata abilità: questa prospettiva esclude che un agente abbia una abilità solo perché è stato in grado di eseguire una specifica azione in una determinata circostanza in maniera del tutto casuale (per esempio, un principiante che centra un bersaglio a cento metri di distanza senza aver mai fatto pratica di tiro prima). È interessante notare inoltre che nella filosofia contemporanea, all'intenzione viene associata ogni nozione mentale caratterizzata dalla direzione verso l'oggetto: in questo senso, l'intenzione può contenere il piano d'uso di uno specifico oggetto, ovvero il modello mentale dell'azione che può essere applicata su o attraverso di esso.

Agente – è il soggetto che possiede l'intenzione di eseguire un'azione che esprime una specifica abilità. Calato nell'ambito del design, ogni agente è un utente, in quanto esercita la propria intenzione nell'attualità performando un'azione, che può coinvolgere altri agenti, oggetti, spazi. È interessante notare che il concetto di agente amplifica quello di utente, che semanticamente è definito come un individuo che usufruisce di qualcosa. Questo è legato al piano d'uso accennato in precedenza, a cui si aggiunge il concetto di capacità di prendere una decisione e di agire di conseguenza che contraddistingue l'agente. Impostando questa lente di lettura, l'utente non è il destinatario passivo del piano d'uso immaginato dal progettista, ma è soprattutto il soggetto che agisce secondo il piano d'uso che nasce dal proprio modello mentale degli oggetti con cui interagisce. L'interazione è l'intervento attuale che l'agente esercita sull'oggetto, sullo spazio o sugli altri agenti attraverso l'espressione della propria intenzione.

Azione – è la manifestazione nell'attualità dell'intenzione dell'agente. Generalmente, si considera una azione un evento manifesto, che si verifica nella realtà ed è immediatamente identificabile. La traduzione dell'intenzione in azione avviene sempre attraverso un medium, che è, in primo luogo, il corpo dell'agente stesso. Molte azioni, nonché abilità, possono essere eseguite con il solo uso del corpo;

l'agente può eseguire molte altre azioni servendosi di media aggiuntivi, ad esempio oggetti. Tra questi, di particolare rilevanza per il presente lavoro di ricerca sono gli oggetti tecnologici che possono essere considerati essi stessi, in qualche modo, agenti, e gli oggetti che sono intesi come estensioni protesiche del corpo. L'azione in sé racchiude le possibilità offerte dal medium che la veicola e in qualche modo influenza, pertanto l'abilità varia sulla base della condizione sottostante dell'agente, e può essere amplificata o limitata sia dalla natura del medium impiegato sia dall'uso che l'agente fa dello stesso.

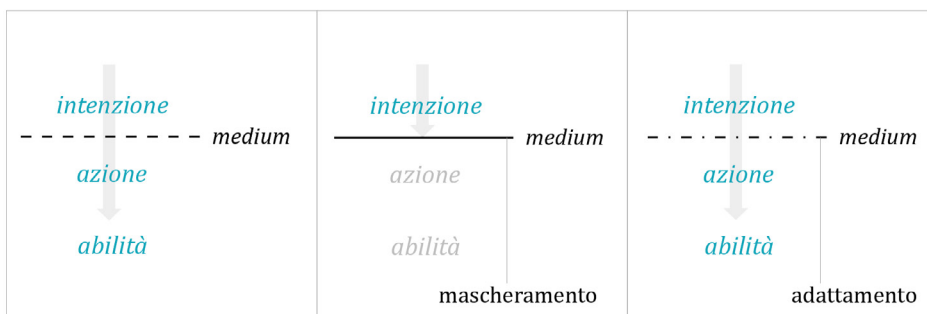
Contesto – include in senso ampio lo spazio che circonda l'agente, ma anche altri soggetti e oggetti – anche intesi come società e sistemi – che popolano quello spazio. In senso più trasversale, il contesto identifica anche le condizioni interne ed esterne che influenzano o meno la manifestazione dell'intenzione. Poiché tali condizioni possono mutare, non sarebbe opportuno identificare una abilità in senso assoluto, essendo questa soggetta a variazioni di temporalità, casualità e opportunità, ovvero l'insieme di circostanze (non tutte prevedibili o definite) che compongono il contesto. Pertanto è utile considerare una abilità come circoscritta nel contesto in cui viene manifestata da un agente.

Destrutturare il concetto di abilità è fondamentale per stabilire un inquadramento logico che permetta di introdurre i temi di abilismo e disabilità, ampiamente discussi nel dibattito odierno.

Fig. 8. Schematizzazione del concetto di abilità in un determinato contesto, quando viene espressa immediatamente (a sinistra), quando viene mascherata da un impedimento intrinseco o estrinseco (al centro), e quando viene espressa superando l'impedimento attraverso un adattamento naturale o artificiale (a destra).

[© Camilla Gironi]

Fig. 8



Abilismo VS Disabilità

L'abilismo è un sistema di discriminazione nei confronti delle persone con disabilità, che presuppone che tutti gli individui siano dotati di corpo e mente "abili" e che dunque siano identificabili come lo "standard" corporeo accettabile (Campbell, 2001) e "legittimo" (Shilling, 2012). Evolutosi dai movimenti per i diritti dei disabili negli Stati Uniti e in Gran Bretagna durante gli anni Sessanta e Settanta, il termine abilismo è stato coniato negli anni Ottanta dal movimento femminista statunitense, e usato per la prima volta in maniera ufficiale in un documento pubblico del Consiglio del London Borough of Haringey in un comunicato stampa del 1986.

In questo sistema discriminatorio, che permea la società a diversi livelli, la disabilità non viene considerata una parte della natura umana, bensì una compromissione di quella che spesso viene definita "normalità" dai sostenitori di questa prospettiva. La discriminazione abilista si è manifestata, e continua a manifestarsi ancora oggi, sotto varie forme, tra cui atteggiamenti sociali di stigmatizzazione, politiche di esclusione a livello di istruzione, accesso al lavoro e alla sanità, e servizi pubblici e privati non inclusivi che precludono alle persone con disabilità la piena partecipazione alla vita quotidiana e un coinvolgimento attivo nella società. I movimenti in difesa dei diritti delle persone con disabilità hanno spesso denunciato come conseguenza del dover vivere in società abiliste l'involontaria interiorizzazione di una visione negativa di sé, sviluppando sentimenti di bassa autostima e di insuccesso (Loja et al., 2013).

Il concetto stesso di disabilità è stato ampiamente criticato nella letteratura e nei movimenti sociali, in quanto connotato come etichetta di deficit, mentre eufemismi come "bisogni speciali" sono stati ritenuti inadeguati se non addirittura offensivi (Gernsbacher et al., 2016). Le definizioni di disabilità variano a seconda delle scuole di pensiero e degli scopi istituzionali (Iezzoni and Freedman, 2008), pertanto è difficile stabilire una definizione univoca. In generale, il termine disabilità è di solito usato come assenza a lungo termine di una abilità generale umana che incide in modo significativo in quali attività una persona può essere coinvolta e su come può interagire con il mondo (United Nations General Assembly, 2007). Ciò evidenzia come non tutte le mancanze di un'abilità costituiscano una disabilità, e che una disabilità non possa essere associata inevitabilmente a una inabilità, definita come "qualsiasi cosa un individuo non può fare" (Perry et al., 1997).

Tuttavia, quando si affronta il tema della disabilità, è fondamentale riconoscere che essa rappresenta una condizione intrinseca alla natura umana. Piuttosto che una possibilità remota, la disabilità va considerata come un evento inevitabile nel corso della vita di ogni individuo, una questione di “quando” si manifesterà, piuttosto che di “se” accadrà. Questa necessaria consapevolezza è ben documentata in letteratura accademica, soprattutto nel contesto dell’invecchiamento e della conseguente perdita progressiva di capacità funzionali, che costituisce un vero e proprio “processo di disabilitazione” (Verbrugge and Jette, 1994). L’aumento della speranza di vita inevitabilmente porta a un aumento della disabilità legata all’età, confermando come la disabilità sia più diffusa di quanto si possa pensare (Crimmins and Beltran-Sanchez, 2011; Prince et al., 2015). Alcune proiezioni affermano che i neonati attuali, la cui aspettativa di vita media è pari a 75 anni, vivranno mediamente 11 anni con disabilità (Nario-Redmond, 2019), a cui possono aggiungersene altri 4-5 nel caso di aspettativa di vita maggiore e di condizioni socio-economiche più svantaggiate anche in paesi industrializzati (Melzer, 2000). La disabilità ha una natura “aperta”, poiché le caratteristiche che definiscono un individuo cambiano a seconda della fonte, del contesto e del periodo storico, nonché dei cambiamenti a cui è soggetto l’individuo stesso, a seconda di quando, dove e con chi interagisce. La disabilità pertanto esiste in modo fluido all’interno dei contesti socio-culturali, le cui configurazioni – anch’esse mutevoli – possono favorire od ostacolare la qualità di vita di un individuo.

Nello specifico delle discipline del progetto, la prospettiva abilista si concretizza nella mancanza di considerazioni inclusive: tra gli esempi più efficaci vanno a inserirsi le barriere architettoniche in edifici, spazi pubblici e infrastrutture, fino a una scala minore di progetto, come quella che include le interfacce digitali e i dispositivi tecnologici non rispondenti ai requisiti di accessibilità.

Le discipline del progetto, in effetti, sono state ampiamente riconosciute responsabili di una progressione del concetto di abilismo attraverso la pratica concreta che vede un mondo costruito su misura dello “standard abile” a discapito della diversità della natura umana.

Gran parte degli svantaggi denunciati dalle persone con disabilità non derivano infatti dal loro stato biomedico, ma dal pregiudizio sociale e dalle barriere ambientali che hanno guidato la mano progettista e costruttrice del mondo che le circonda (Amundson and Taira, 2005). Il pregiudizio abilista comporta una “svalutazione della di-

1. Il Disability Visibility Project (DVP) è una comunità online fondata dalla famosa attivista per i diritti delle persone con disabilità Alice Wong nel 2014, e dedicata alla creazione, registrazione, condivisione e amplificazione della cultura, delle storie e dei media sulla disabilità. La comunità si serve di diverse piattaforme e di varie forme di comunicazione multimediale, tra cui il podcast Disability Visibility che conta oggi 100 episodi.

2. Documentario BBC – Silenced: The Hidden Story of Disabled Britain

sabilità” sistematica radicata anche in ambito educativo, a partire già dalla prima età formativa, che vede tra le sue conseguenze più diffuse la discriminazione di abilità non considerate socialmente accettabili, ad esempio leggere il Braille rispetto a leggere su carta stampata (Hehir, 2002).

Campbell propone una reinterpretazione e un ampliamento degli studi sulla disabilità riconcettualizzandoli come “studi sull’abilismo”, sfidando le nozioni di ciò che costituisce i corpi “abili” e “disabili”. Riconoscendo nel tema del transumanesimo, che definisce “il progetto transumano”, – con tutte le sue implicazioni su ontologia, umanità e tecnologia – un terreno adatto a questo scopo, Campbell afferma che questo si fonda su una forma sfrenata di abilismo combinata con una “ossessiva compulsione tecnologica” (Campbell, 2009).

La consapevolezza corporea delle persone con disabilità è spesso prodotta e vissuta all’interno di un contesto abilista caratterizzato da uno sguardo caritatevole che sminuisce il corpo con disabilità e da quello che i movimenti per le persone con disabilità ha definito “modello medico” che non favorisce il riconoscimento dell’identità disabile (Loja et al., 2013), ma che anzi associa al corpo con disabilità solo un problema clinico (Goering, 2015). In questa era post-moderna, il corpo ha assunto un ruolo centrale nella determinazione del senso di autoidentità di ogni individuo (Shilling, 2012). Su quest’onda, il dibattito sul tema del corpo è riemerso con forza all’interno dei movimenti per la disabilità (French, 1993), dove in passato ha dominato un discorso sulla disabilità che ha escluso il corpo per concentrarsi sugli impedimenti imposti dal contesto ambientale e sociale (Hancock et al., 2000). In risposta a questa prospettiva, attivisti e studiosi della disabilità hanno proposto un “modello sociale” di disabilità (Oliver, 2018), che si basa su una distinzione tra impedimento e disabilità, dove il primo è una constatazione oggettiva della corporeità dell’individuo, e la seconda è la condizione di svantaggio socialmente imposta a causa dell’impedimento (Goering, 2015). Il disvelamento del corpo negli studi sulla disabilità trova una sua espressione pratica significativa nel lavoro di Alice Wong, una attivista, scrittrice e editrice con disabilità, fondatrice del Disability Visibility Project (DVP)¹, una comunità online dedicata alla creazione, alla condivisione e all’amplificazione dei media e della cultura della disabilità, fornendo un archivio della cultura e della storia della disabilità attraverso la raccolta di interviste, testimonianze e iniziative (Wong, 2018, 2020). Oltre a supportare

una politica del riconoscimento e di visibilità, i movimenti per la disabilità propongono una prospettiva di valorizzazione e sviluppo delle diversità, che non sempre sono immediatamente riconoscibili e spesso sono celate per timore del pregiudizio sociale².

Nel contesto delle discipline del progetto, dall'architettura al design, la prospettiva abilista si è spesso manifestata in prodotti, sistemi e ambienti sviluppati partendo dal presupposto che tutti gli utenti abbiano le stesse capacità fisiche, cognitive e sensoriali. A queste discipline si è pertanto spesso riconosciuta una significativa responsabilità nella proliferazione della standardizzazione abilista delle esigenze degli utenti, escludendo o minimizzando le diversità della natura umana per focalizzarsi sulla fetta di mercato maggioritaria. Ancora oggi, gli stessi progettisti identificano nella pratica del design un ruolo centrale nella fruibilità quanto più accessibile e inclusiva possibile non solo di prodotti e servizi, ma anche, ad esempio, dell'exhibit design per gli spazi museali (Eardley and Jones, 2025), del design urbano degli spazi pubblici (Harpur and Stafford, 2025). Tuttavia, soprattutto negli ultimi decenni, a partire dai movimenti per i diritti delle persone con disabilità che hanno portato l'attenzione – in particolare, dei progettisti – sull'importanza della visibilità e del riconoscimento delle disabilità nella vita quotidiana, che si esprime inevitabilmente attraverso l'interazione con e la fruizione di oggetti, sistemi e spazi, le discipline del progetto hanno dato vita a numerose innovazioni metodologiche e pratiche in favore di una progettazione più ampia e inclusiva.

L'individuazione delle metodologie di design risulta centrale nella costruzione di soluzioni adeguate. Per questo motivo particolare rilevanza viene riconosciuta al processo evolutivo che le metodologie progettuali hanno attraversato nella svolta human-centered del design del prodotto e dei sistemi.

Un primo stadio del design inclusivo è riconducibile ai principi dell'Universal Design (UD). Il termine Universal Design è stato coniato negli anni Ottanta dall'architetto Ronald L. Mace, che lo ha definito come l'approccio di progettazione finalizzato a creare "tutti i prodotti e l'ambiente costruito in modo da essere esteticamente piacevoli e utilizzabili il più possibile da tutti, indipendentemente dall'età, dalle abilità e dalla situazione socio-economica, senza necessità di adattamento o di progettazione specializzata" (Mace et al., 1990). Sebbene il termine sia apparso solo più tardi con il lavoro di

3. The Universal Design Project è una organizzazione no-profit guidata da Scott e Sarah Pruett, dedita alla consulenza di design accessibile per le nuove costruzioni a uso abitativo negli Stati Uniti d'America, dove risulta particolarmente difficile per le persone con disabilità accedere a soluzioni abitative adatte alle proprie esigenze.

4. L'Institute for Human Centered Design è una organizzazione no-profit originata da un programma universitario di design nel Massachusetts (USA) che mira a promuovere il ruolo del design nell'ampliare le opportunità e migliorare l'esperienza di persone di tutte le età, abilità e culture attraverso l'eccellenza del design.

Mace, i concetti alla base dell'Universal Design sono riconducibili al lavoro di scienziati, ricercatori, ingegneri e designer degli anni Quaranta, dediti alla ricerca di soluzioni progettuali per molti dei problemi ingegneristici che la Seconda Guerra Mondiale aveva portato alla luce (Mitrassinovic, 2008). Sebbene questo approccio abbia portato una vera e propria rivoluzione nella progettazione, negli anni è stato criticato e messo in discussione poiché, pur concentrando l'attenzione sull'accessibilità a prescindere dalle capacità dell'utente, ha identificato nella generalizzazione (dunque, in un certo senso, la standardizzazione) della soluzione progettuale la risposta univoca a varie esigenze diverse e specifiche. In una reinterpretazione più moderna del concetto di Universal Design, sono stati introdotti concetti aggiuntivi che mirano a indirizzare questo paradosso, riconoscendo come alcune persone hanno esigenze funzionali significative che richiedono una progettazione specializzata non riducibile a una soluzione unica "per tutti" (Stephanidis, 2001).

Come evidenziato dal The Universal Design Project³, adottare un approccio progettuale universale come base di partenza non può esimersi dal tenere in considerazione e integrare caratteristiche specializzate (ovvero, "adattamenti") secondo le diverse necessità degli utenti. In questa direzione si delinea il concetto di Inclusive Design, spesso associato e sovrapposto allo Universal Design, che tuttavia presenta una differenziazione concettuale di progettazione inclusiva. Infatti, mentre l'Universal Design mira a creare una soluzione per tutti, l'Inclusive Design si concentra sulla diversità delle esigenze specifiche dei singoli utenti, puntando a creare soluzioni che considerano varie prospettive e si traducono in prodotti, sistemi e spazi personalizzabili (Imrie and Hall, 2003).

Lo stesso Mace, insieme a organizzazioni tra cui l'Institute for Human Centered Design⁴, ha riscritto il linguaggio dei principi da lui fondati da una sfumatura "universale" a una più "inclusiva", evidenziando l'importanza di questa evoluzione della progettazione verso una realtà costruita a misura di persona, celebrando le diversità anziché comprimerle.

Ciò che è interessante notare in questa evoluzione delle metodologie progettuali rispettose della diversità della natura umana è che in molti casi sono state guidate da esponenti attivi delle comunità in difesa dei diritti delle persone con disabilità, come ad esempio i sopracitati Alice Wong e Ronald L. Mace, tra molti altri. Difatti la conoscenza esperienziale acquisita dalle persone con disabilità nella

quotidianità rappresenta una risorsa inestimabile per l'innovazione dei processi progettuali. Tuttavia, questa risorsa è rimasta a lungo inascoltata (Boys, 2014; Wong, 2020).

In questa evoluzione, una metodologia di design che è andata affermandosi particolarmente negli ultimi decenni è il Participatory Design (Muller and Kuhn, 1993; Schuler and Namioka, 1993; Spinuzzi, 2005), un approccio che sposta l'attenzione dalla progettazione "per" gli utenti disabili alla progettazione "con" loro.

Coinvolgendo le persone con disabilità nel processo di progettazione, questo approccio assicura che le loro esperienze e le strategie che adottano per affrontare le sfide a cui sono quotidianamente sottoposti siano direttamente integrate nelle soluzioni progettuali, in una prospettiva Human-Centered che valorizza i bisogni specifici. In questo caso, il progettista collabora con l'utente nell'analizzare le esigenze e nel formulare ipotesi di soluzioni attraverso una vera e propria co-progettazione che permette all'utente con disabilità di vedere la propria voce riconosciuta e ascoltata. Particolarmente importante in questo tipo di approccio è la capacità del progettista di guidare empaticamente il processo progettuale anche immedesimandosi nella vita dell'utente, in una sorta di collaborazione attiva allo stesso livello.

Spesso costrette a doversi confrontare con un mondo costruito in ottica abilista, le persone con disabilità adottano strategie innovative che in alcuni casi si manifestano in veri e propri approcci progettuali, spesso nati da un impulso di "autoprogettazione". Nell'evoluzione guidata da una sempre più attiva partecipazione delle persone con disabilità nei processi progettuali e produttivi, il Disability-Led Design (DLD) si configura come la più recente innovazione metodologica.

Mentre negli approcci di Universal Design, poi Inclusive Design, e di Participatory Design il progettista ha il ruolo di ascoltatore, interprete e traduttore delle esigenze espresse dagli utenti con disabilità, nel Disability-Led Design sono gli utenti con disabilità a guidare il progettista attraverso la condivisione della propria conoscenza esperienziale, talvolta arrivando a una convergenza delle due figure di progettista e utente.

Si delinea pertanto una tendenza che ribalta le soluzioni di design come scelte imposte "top-down" verso una attitudine alla progettazione che parte dall'utente stesso, seguendo una traiettoria "bottom-up".

La ribellione alla marginalizzazione è uno dei cardini di questo cambio di paradigma, che ha come obiettivo quello di affermare il valore della diversità contro le imposizioni di standardizzazioni socialmente e politicamente radicate.

Questa valorizzazione della diversità non solo coinvolge le persone con disabilità, ma anche gruppi storicamente marginalizzati sulla base di genere, razza, orientamento sessuale, età, ed estrazione sociale. Questa intersezionalità della marginalizzazione viene analizzata nei Critical Disability Studies (CDS), che analizzano come la disabilità interagisca con altri assi di oppressione (Goodley, 2014). I Critical Disability Studies rappresentano un campo interdisciplinare che decostruisce le concezioni tradizionali della disabilità, rifiutando la visione medicalizzata e individualistica per concentrarsi invece sulle dimensioni sociali, culturali e politiche dell'esperienza disabile.

Radicati nei movimenti per i diritti civili e influenzati da approcci post-strutturalisti, femministi e postcoloniali, gli studi critici sulla disabilità considerano la disabilità non come un deficit intrinseco al corpo, ma come una costruzione sociale e discorsiva che riflette e rafforza relazioni di potere.

Adottando una posizione etico-politica volta a trasformare le strutture normative e abiliste della società, il paradigma critico promuove forme alternative di conoscenza, soggettività e agency, mirando non solo a includere le persone con disabilità e marginalizzate, ma a riformulare radicalmente le nozioni di normalità e capacità (Titchkosky, 2007; Kafer, 2013).

Internet of Abilities

In questa epoca segnata da profondi cambiamenti sull'onda dell'avanzamento delle avanguardie tecnologiche, le abilità umane stanno assumendo confini sempre più sfocati, soprattutto alla luce di quanto la tecnologia possa influenzare – in senso positivo, ma talvolta anche con risvolti negativi – le capacità umane naturali. In particolare, con l'avvento del World Wide Web e con l'affermazione e la proliferazione della comunicazione via rete di sistemi e dispositivi, il tema della connessione è diventato centrale in questa epoca di trasformazioni tecnologiche.

Se fino a qualche anno fa l'Internet of Things (IoT) ha rappresentato una svolta decisiva nella progettazione di dispositivi non più standalone, ma interconnessi, oggi si delinea un nuovo cambio di paradigma, soprattutto in seguito all'espansione e alla diffusione dei dispositivi tecnologici indossabili (wearables), la Internet of Abilities (IoA).

Teorizzata da Jun Rekimoto, rinomato ricercatore nei campi della Human-Computer Interaction (HCI), della realtà aumentata e della telepresenza, la Internet of Abilities prevede una rete in cui le capacità umane, dalle funzioni sensoriali e cognitive alle abilità motorie e all'intelligenza emotiva, sono interconnesse e potenziate attraverso sistemi digitali e fisici (Fig. 9).

Le prime innovazioni di Rekimoto, oggi Vicedirettore dell'Interaction Laboratory presso la Sony Computer Sciences Laboratories e professore presso la Interfaculty Initiative in Information Studies della University of Tokyo, tra cui il lavoro pionieristico sulle interfacce tangibili, la realtà aumentata basata sui marcatori (CyberCode) e i sistemi multi-touch (SmartSkin), hanno gettato le basi per la sua successiva visione dell'IoA, in cui non solo i dispositivi ma anche le abilità umane possono essere condivise e aumentate attraverso la connettività. L'Internet of Things (IoT) è tradizionalmente incentrato sull'interconnessione di sensori, dispositivi e apparecchi per raccogliere dati e automatizzare le attività.

L'Internet of Abilities (IoA), invece, reimmagina la connettività concentrandosi sulle capacità insite sia nella tecnologia sia nel corpo umano. In questo caso, le abilità non si riferiscono solo alle funzioni computazionali o sensoriali dei dispositivi, ma anche alle facoltà umane - come la percezione, la cognizione e le abilità motorie - che possono essere misurate, condivise o addirittura trasferite attraver-

Fig. 9. Rappresentazione grafica del concetto di potenziamento delle capacità umane attraverso l'integrazione di dispositivi tecnologici in un ecosistema di Internet of Abilities. [© Rekimoto Lab]

Fig. 10. Schematizzazione della interrelazione tra umano e non-umano sintetico verso una convergenza di ecologia postumana.
[Sintesi grafica delle slide presentate dal prof. Jun Rekimoto durante il suo intervento "Human Augmentation and the Future of Human-AI Integration", organizzato dalla Camera di Commercio di Roma, e tenutosi presso la Sala del Tempio di Vibia Sabina e Adriano il 20 giugno 2023 - © Camilla Gironi]

so i sistemi in rete. Il concetto di IoA di Rekimoto mira a un cambiamento di paradigma in cui le reti non si limitano a trasmettere dati, ma distribuiscono e aumentano le capacità umane attraverso l'interazione collaborativa tra persone e macchine (Rekimoto, 2017).

L'Internet of Abilities (IoA) si basa sui principi dell'integrazione umano-computer (HInt) e della cibernetica. Rekimoto afferma che, con l'evoluzione dei sistemi informatici, questi non devono sostituire le capacità umane, ma estenderle. Questa visione si basa su teorie HCI precedenti che enfatizzano la manipolazione diretta e l'interazione tangibile, dove le informazioni digitali sono incorporate nel nostro mondo fisico.

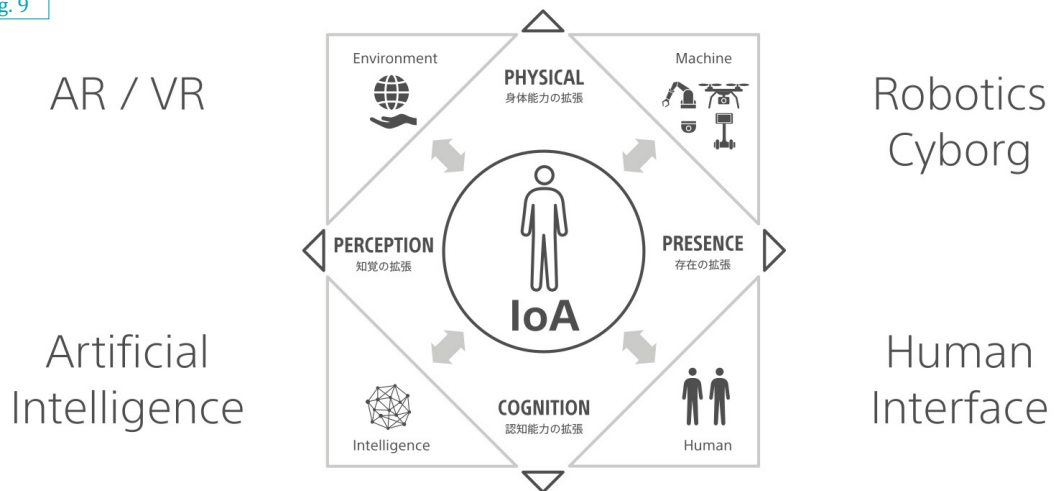
Trattando le abilità come risorse in rete – alla stregua dei pacchetti di dati su Internet – il framework IoA sostiene che l'intelligenza collettiva può essere notevolmente potenziata sfruttando la sinergia tra l'intelligenza umana e la precisione delle macchine (Fig. 10). Di conseguenza, l'agency (la capacità degli individui di agire intenzionalmente e di esercitare influenza sulle proprie vite e sull'ambiente sociale in cui sono inseriti) non è più esclusivamente localizzata nell'individuo, ma è co-costruita attraverso l'interazione tra esseri umani e tecnologie connettive che permettono la condivisione e il trasferimento di abilità cognitive, sensoriali e motorie tra soggetti anche geograficamente distanti.

Il paradigma di Internet of Abilities dunque prefigura un ecosistema in cui le abilità possono essere "trasmesse" o "attivate" remotamente, portando a una riconfigurazione dell'agency come proprietà emergente di reti socio-tecniche (Rekimoto, 2017).

In tal senso, l'agency non è più solo la capacità individuale di agire, ma diventa un attributo relazionale e distribuito, legato alla capacità di accedere, mediare e integrare abilità altrui attraverso l'infrastruttura digitale.

Questo implica una ridefinizione dei concetti di autonomia e competenza personale, poiché l'azione è sempre più mediata da interfacce che rendono fluide le barriere tra sé e l'altro, tra locale e remoto.

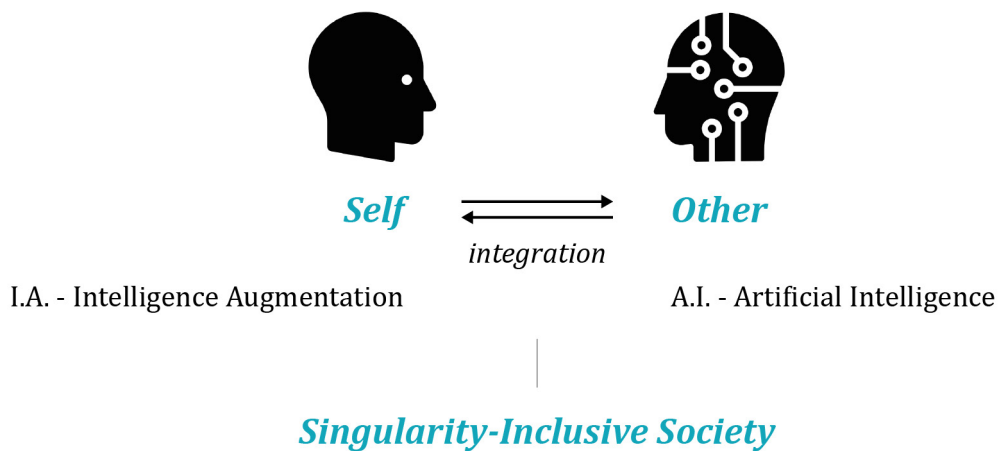
Fig. 9



HUMAN AUGMENTATION

ヒューマンオーグメンテーション学

Fig. 10



2.3 Il Corpo Dato e Progetto

L'estensione delle abilità e dell'agency oltre il limite corporeo, in una deriva espansiva che coinvolge anche altri soggetti oltre "il soggetto" agente, sottintende una riconfigurazione delle stesse attraverso una mediazione tecnologica. In questo senso, il corpo umano diventa una piattaforma estesa, che non si ferma solamente alla sua fisicità e alle sue manifestazioni nel contesto, ma che si protrae in una sua rappresentazione digitale e algoritmica.

Il corpo umano viene disaggregato in flussi informativi, metriche biometriche e tracciamenti sensoriali, implicando un'estensione dell'identità corporea, non più inscritta nella materia biologica, ma anche nel suo corrispettivo digitale. Il corpo diventa un progetto aperto in cui i flussi di informazione vengono letti dall'interno, misurati, analizzati e trasformati.

Esso mutua ed evolve anche in funzione dell'interazione con il suo sé amplificato, che si traduce in una incorporazione delle tecnologie, in una sorta di tendenza alla convergenza.

Il corpo contemporaneo è dunque simultaneamente informatizzato e modellato, inserito in una rete di relazioni tecno-sociali che ne ridefiniscono i confini, l'autonomia e la percezione soggettiva.

5. Quantified Self – Self Knowledge Through Numbers è una comunità internazionale di utenti, ricercatori e maker attivamente impegnati nell'uso e nello sviluppo (o semplicemente interessati) di sistemi e dispositivi di auto-monitoraggio, condividendo l'interesse per la "conoscenza di sé attraverso i numeri". Lo scopo di questa iniziativa è quello di supportare chiunque desideri utilizzare metodi empirici nell'esplorazione personale del proprio corpo, secondo una pratica di "scienza quotidiana".

2.3.1 Il Sé Quantificato

Il concetto di sé quantificato (Quantified Self) si riferisce all'uso di dispositivi, tecnologie e metodi analitici per misurare e monitorare vari aspetti della vita quotidiana umana, con l'obiettivo di ottenere una comprensione più approfondita della salute, del comportamento e delle prestazioni individuali (Lupton, 2016).

Nonostante il termine sia diventato particolarmente attuale, soprattutto a seguito della proliferazione delle tecnologie di monitoraggio della salute e della performance sportiva, il concetto di raccolta dei dati personali del proprio corpo ha una tradizione storica che è stata ricondotta al XVIII secolo.

Tra gli obiettivi principali di questa pratica di annotazione, effettuata, ad esempio, su taccuini di diaristica che documentavano alimentazione, esercizio e sintomi (Ruckenstein, 2014), vi era il desiderio di raggiungere un miglioramento personale, attraverso l'auto-osservazione per una maggiore consapevolezza dei propri comportamenti corporei e dello stato di salute. Questa tendenza testimonia la visione del corpo come oggetto di conoscenza e controllo individuale antecedente al più recente sviluppo del quantified self come vero e proprio movimento globale⁵.

Questo ha cominciato ad affermarsi in seguito all'introduzione, nel XIX secolo, di misurazioni sistematiche di parametri vitali grazie agli sviluppi in ambiti come la medicina sperimentale e la fisiologia applicata, rendendo la salute e le prestazioni fisiche più oggettivamente valutabili e comparabili nel tempo. L'introduzione del chimo-grafo nel 1847 da parte del cardiologo e fisiologo Carl Ludwig ha permesso di registrare variazioni di pressione sanguigna in tempo reale, trasformando processi fisiologici in dati quantitativi ripetibili e confrontabili.

Contemporaneamente, scienziati come Angelo Mosso iniziano a misurare la variazione del volume del polso durante l'attività fisica o in stati di stress emotivo, cercando un legame tra funzioni fisiologiche e stato psicologico (Mosso, 1891). A cavallo tra XIX e XX secolo, l'introduzione della misurazione non invasiva della pressione arteriosa con il metodo auscultatorio (Riva-Rocci, 1896; Korotkoff, 1905) segna l'ingresso di misure oggettive in clinica, sostituendo diagnosi basate su osservazione con dati misurabili.

Nell'era contemporanea, una grande varietà di dispositivi per la misurazione continua della pressione sanguigna, della frequenza car-

diaca e della variabilità della frequenza cardiaca hanno rivoluzionato la gestione delle malattie cardiovascolari, trasferendo parte del potere di osservazione clinica direttamente nelle mani del paziente (Topol, 2015).

La miniaturizzazione dei sensori e l'avvento della connettività wireless hanno reso la raccolta dati ubiqua (Patel et al., 2012), favorendo questo cambio di paradigma nella misurazione della salute e della performance fisica da pratica puramente clinica a strumento di autodeterminazione.

Questa capacità di accesso continuo ai dati biometrici comporta una nuova forma di sorveglianza (e di potere) di sé stessi, con impatti sul concetto di salute e di agency individuale (Lupton, 2020). Da una visione olistica, il corpo diventa un insieme di metriche da ottimizzare, generando sia empowerment che potenziali ansie legate alla dipendenza dai numeri (Ruckenstein and Pantzar, 2017). Questa trasformazione dell'identità e del concetto di sé attraverso la tecnologia conferma come il corpo sia ancora oggi governato da dinamiche biopolitiche della tradizione filosofica di Foucault, pur mascherate da un maggiore senso di controllo.

2.3.2 Il Progetto del Corpo Umano

Il controllo sul corpo come piattaforma di generazione, elaborazione e trasmissione di informazioni raggiunge oggi livelli che vanno ben oltre la sola osservazione e la quantificazione. Il corpo sta diventando sempre di più una piattaforma progettuale, modulabile, soggetta a continue rielaborazioni funzionali ed estetiche.

L'emergere di discipline convergenti quali la bioingegneria, la cibernetica, la robotica e la neuroprotesica ha permesso di avviare un intenso processo di progettazione, replicazione, modifica, potenziamento e integrazione del corpo o parti di esso attraverso componenti sintetiche.

Questo processo coinvolge sia approcci medicalizzati e riabilitativi, come nel caso degli organi artificiali, sia pratiche artistiche e speculative, che interrogano i confini tra naturale e artificiale, come nei casi del body hacking e della robotica umanoide.

Estensione della Vita

Le tecnologie volte a estendere la durata e la qualità della vita si basano ormai su un'approfondita comprensione dei "nove aspetti" dell'invecchiamento, dall'accumulo di danni al DNA alla disfunzione mitocondriale, passando per la senescenza cellulare (López-Otín et al., 2013).

Tra gli approcci più promettenti vi sono i senolitici, molecole capaci di eliminare selettivamente le cellule senescenti responsabili di infiammazione cronica e deterioramento tissutale (Kirkland and Tchkonja, 2017).

Parallelamente, interventi epigenetici basati su una riprogrammazione cellulare parziale hanno dimostrato di ripristinare profili di metilazione (meccanismo epigenetico che regola l'espressione genica senza alterare la sequenza del DNA) tipici di cellule giovani, suggerendo la possibilità di "ringiovanire" tessuti invecchiati (Ocampo et al., 2016). Un altro filone significativo riguarda la supplementazione di coenzimi per la riparazione del DNA e il corretto funzionamento mitocondriale, in grado di rallentare la perdita di massa muscolare e il declino cognitivo (Zhang et al., 2016).

Il settore biotech è in rapida crescita ed espansione, e il settore dell'allungamento della vita (sia in termini di prolungamento della stessa, sia di preservazione o ripristino di un ottimo stato di salute più alungo) non è solo uno sforzo del mondo della ricerca molecolare e farmacologica, ma un obiettivo condiviso anche da molte organizzazioni e aziende di elevato livello tecnologico. Ad esempio, organizzazioni come la SENS Research Foundation⁶ promuovono progetti rigenerativi focalizzati sulla rimozione dei danni tissutali, e aziende come Calico⁷ – iniziativa di Google dedicata alla longevità – sfruttano metodi genetici e bioinformatici per identificare nuove terapie anti-invecchiamento.

La riprogettazione del corpo umano, dunque, include l'ambizioso obiettivo di riscrivere le regole della vita come la conosciamo, agendo sui suoi meccanismi biologici profondi.

6. La SENS (Strategies for Engineered Negligible Senescence) Research Foundation è un'organizzazione no-profit focalizzata sullo sviluppo di terapie per riparare i danni cellulari e molecolari che si accumulano con l'età. Il suo obiettivo è prevenire e invertire le malattie legate all'età attraverso un approccio di riparazione del danno, utilizzando essenzialmente la medicina rigenerativa per affrontare le cause profonde dell'invecchiamento, operando attraverso attività di ricerca, formazione e sensibilizzazione.

7. Calico, acronimo di "California Life Company", è un'azienda di ricerca e sviluppo nel campo delle biotecnologie fondata da Google nel 2013. L'obiettivo principale di Calico è quello di comprendere i processi biologici dell'invecchiamento e delle malattie a esso correlate, al fine di combatterli e di permettere lo sviluppo di interventi volti a prolungare la durata della vita umana, nonché migliorare la salute e il benessere.



Fig. 11. Il BiVACOR utilizza un singolo rotore bifacciale, fatto levitare e ruotare da un motore elettromagnetico per pompare il sangue sia nella circolazione sistemica che in quella polmonare. Questo design mira a ridurre al minimo l'usura e i traumi ematici grazie alla sospensione senza contatto e agli ampi spazi vuoti. [© Claire Usmar/BiVACOR]

Organi Artificiali

Se con le tecnologie di estensione della vita si punta a rigenerare il corpo sul piano cellulare, i progressi dell'ingegneria biomedica stanno permettendo di agire su parti di esso attraverso la costruzione di veri e propri organi artificiali che possano sostituire quelli ormai troppo degradati per un trattamento di ringiovanimento, oppure particolarmente a rischio, o che possano addirittura aggiungerne di nuovi per permettere agli umani di sopravvivere in spazi estremi. Tra i casi più comuni di sostituzione vi è senza dubbio l'implementazione di protesi articolari in leghe di titanio, soprattutto per anca e ginocchio. In particolare, queste hanno mostrato di essere estremamente integrabili e compatibili con il corpo, arrivando a garantire la sopravvivenza oltre il 99% a 10 anni grazie alle proprietà biomeccaniche ottimali e ai rivestimenti bioattivi che migliorano l'osteointegrazione (Takaoka et al., 2020; Morano et al., 2025), dimostrandosi efficaci nel prolungamento di un buono stato di salute lungo l'arco della vita. Se le protesi articolari sono diventate ormai uno degli impianti di organi artificiali più diffuso, la costruzione di sostitutivi sintetici degli organi più complessi, seppure ancora limitati dalla necessità di avanzamenti nella ricerca e nello sviluppo, sono una delle più grandi sfide della biomedicina.

Recentemente, un cuore completamente artificiale è stato impiantato in un essere umano rimanendo in funzione per oltre 100 giorni, aprendo la strada a un vero e proprio breakthrough tecno-scientifico. È il caso del BiVACOR Total Artificial Heart (Fig. 11), un cuore artificiale totale basato su un rotore centrifugo a levitazione magnetica, che si configura come soluzione di "bridge-to-transplant" (termine utilizzato in medicina, specificatamente per i pazienti con grave insufficienza cardiaca o polmonare, che identifica le terapie meccaniche o di altro tipo al fine di sostenere il paziente in attesa di un trapianto di organo).

Sebbene questa tecnologia sia stata usata altre volte (Shah, 2024), questo caso particolare ha segnato un punto di svolta poiché ha permesso al paziente di vivere ben oltre il tempo solitamente previsto da questo tipo di impianto (in genere da una settimana a un mese), consentendogli addirittura di lasciare l'ospedale e aspettare il momento del trapianto vero e proprio tornando alla sua quotidianità domiciliare (Mallapaty, 2025).

Gli organi artificiali sono un esempio di come il corpo umano stia diventando una piattaforma progettuale che si presta anche alla sperimentazione e alla sfida dei limiti naturali. L'artista Neil Harbisson, ad esempio, si è dotato di una antenna impiantata nel cranio che gli consente di "sentire" i colori, al di là delle sue capacità visive naturali (Jeffries, 2014). Chiamata "eyeborg" (Fig. 12), l'antenna consiste in un dispositivo osseointegrato che trasforma le frequenze luminose in suoni percepibili tramite conduzione ossea: l'antenna cattura i colori nello spettro visibile e, grazie a un chip impiantato, li converte in toni differenti entro un'ottava musicale, regolando anche il volume in base alla saturazione cromatica (Ronchi, 2009).

Nei successivi sviluppi, l'eyeborg ha ampliato la gamma percettiva fino a includere infrarossi e ultravioletti, e ha integrato una connessione wireless a Internet e a sensori remoti, permettendo ad Harbisson di "ascoltare" colori inviati dai satelliti o da apparecchi mobili in tempo reale.



Fig. 12. L'eyeborg è un dispositivo montato sulla testa che cattura le frequenze luminose e le converte in frequenze sonore, trasformando pertanto input visivi in input sonori trasmessi all'orecchio interno attraverso conduzione ossea. [© Lars Norgaard/SWNS.com]

Un altro esempio di sistema organico artificiale che estende i limiti naturali umani è il progetto CyberBiome (Fig. 13). Sviluppato dal MIT Media Lab, CyberBiome è una piattaforma indossabile di sintesi biologica programmabile che integra biologia sintetica e ingegneria dei materiali per consentire la produzione in loco, su richiesta, di molecole terapeutiche durante missioni spaziali. Al cuore del sistema vi sono unità di bioreattori millifluidici stampati in 3D, ciascuna contenente cellule ingegnerizzate dotate di circuiti optogenetici su tre canali (RGB), che rispondono a specifiche lunghezze d'onda luminose per attivare la sintesi di diversi composti biochimici. Un microcontrollore coordina la sequenza di illuminazione, regola la circolazione del mezzo di coltura e mantiene la temperatura ottimale, mentre un'interfaccia digitale fornisce feedback in tempo reale sullo stato del processo, come un vero e proprio "laboratorio sul corpo" (Pataranutaporn et al., 2019). Grazie a questo design modulare, un singolo dispositivo può produrre piccole quantità di peptide terapeutici (per esempio insulina o fattori di crescita), vaccini o metaboliti antinfiammatori, con un'architettura "closed-loop" che combina sensori biometrici e biochimici per adattare la produzione alle esigenze fisiologiche degli astronauti.



Fig. 13. Simulando un sistema organico sintetico, il CyberBiome è composto di moduli che imitano gli organi umani esistenti ma con una reinterpretazione tecnologica, richiamando le nuove capacità che il sistema offre. [© MIT Media Lab]

Fig. 14



Fig. 14. Figure 02 si presenta come “un corpo per l’AI”, con un fattore forma umanoide che ha lo scopo principale di inserirsi negli ambienti e nei contesti sociali, da quelli domestici a quelli industriali, in modo naturale e human-friendly. [© Figure AI]

Fig. 15



Fig. 15. Optimus è un robot multiuso, capace di camminare, sollevare oggetti e interagire con l’ambiente circostante, con l’obiettivo principale di automatizzare compiti ripetitivi, pericolosi o noiosi, pur dimostrando estrema agilità anche in attività più leggere (ad esempio, ballare). [© Tesla]

Robot Umanoidi

Negli ultimi anni si sta assistendo a una vera e propria rivoluzione nello sviluppo della robotica umanoide, che sottolinea una tendenza tecnologica volta a emulare, sostituire, o evolvere il corpo umano. I robot umanoidi, soprattutto alcuni tra quelli più recenti, evidenziano questa tendenza attraverso strategie progettuali divergenti, come l’antropomorfismo sociale, l’efficienza funzionale e operativa, e l’esplorazione dinamica e biomeccanica della performatività corporea.

Nonostante si possano notare varie differenze nello sviluppo dei robot umanoidi, fortemente influenzato dal contesto d’uso prefigurato o dall’obiettivo di ricerca prefissato, esso si concentra fondamentalmente nell’integrazione di apprendimento adattivo, modularità e bioispirazione, verso un’evoluzione della robotica in chiave cognitiva, sociale e bio-ibrida (Cangelosi and Schlesinger, 2015).

La crescita del settore della robotica umanoide, oltre a essere dovuta a un significativo balzo dei breakthrough tecnologici propedeutici, trova ampia applicazione nel settore industriale, dove si osserva una tendenza a integrare meccanismi di collaborazione o di sostituzione con gli operatori umani.

La robotica umanoide industriale infatti conta molti esempi, con alcuni dei più sofisticati e avanzati che promettono un avvicinamento del futuro in cui gli umani si interfacceranno con loro simili sintetici e collaboreranno con loro, ad esempio, in ambito lavorativo.

Tra questi, Figure 02 (Fig. 14), realizzato dalla startup californiana Figure, è un robot umanoide con l’obiettivo principale di fungere da piattaforma umanoide generalista in grado di operare in ambienti progettati per l’uomo, come fabbriche, magazzini e spazi domestici. Orientato all’autonomia funzionale e alla produttività, Figure 02 combina apprendimento automatico tramite imitazione e rinforzo, controllo motorio avanzato e capacità di percezione sensoriale multimodale.

Un esempio simile è Optimus, anche conosciuto come Tesla Bot (Fig. 15), un robot umanoide realizzato da Tesla con l’obiettivo di sostituire gli operatori umani nei compiti ripetitivi o pericolosi. Il robot è concepito per integrare la suite di algoritmi di visione artificiale e intelligenza artificiale già implementata nei veicoli Tesla, in particolare il sistema di rete neurale per la navigazione autonoma, mi-

rando a trasferire queste capacità computazionali dalla strada agli ambienti industriali e domestici.

Un altro esempio applicato al mondo industriale è il robot umanoide Atlas (Fig. 16), sviluppato da Boston Dynamics, inizialmente con il supporto della Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). Progettato per testare la locomozione bipede ad alte prestazioni in contesti non strutturati, Atlas implementa una cinematica altamente articolata e un sistema di attuazione idraulica, che gli permettono di eseguire salti, capriole e percorsi ostacolati, dimostrando capacità di equilibrio dinamico assolutamente straordinarie.

Sebbene l'ambito industriale sia quello che sta assistendo a una più rapida accelerazione, la robotica umanoide conta un sempre più variegato panorama di robot focalizzati su aspetti sociali di interazione, comunicazione e assistenza.

Tra gli esempi più famosi, Ameca (Fig. 17), sviluppato da Engineered Arts, è un robot umanoide dotato di intelligenza artificiale conversazionale che si distingue per il suo design altamente realistico e per la sua sofisticata mimica facciale, che consente di esprimere un'ampia gamma di emozioni umane e di offrire un'esperienza di interazione verosimilmente naturale. Il sistema muscolo-scheletrico facciale è basato su un'architettura meccatronica modulare, che consente fluidità nei movimenti e interazioni sociali naturali, con un'enfasi sull'espressività piuttosto che sulla locomozione autonoma.

Il tentativo di restituire naturalezza al corpo robotico umanoide è notevolmente rappresentato da Protoclone (Fig. 18), un prototipo sperimentale sviluppato dalla startup Clone Robotics, focalizzato sulla replicazione della biomeccanica umana tramite attuatori artificiali ispirati al funzionamento dei muscoli biologici. Nonostante sia ancora in fase preliminare, Protoclone ha ricevuto un significativo riconoscimento globale per il suo approccio bio-ispirato dei fasci di muscoli artificiali pneumatici ed elettromeccanici che simulano la contrazione muscolare naturale.

Fig. 16



Fig. 16. Atlas è in grado di compiere attività altamente performanti, anche oltre le normali capacità umane. [© Boston Dynamics]

Fig. 17

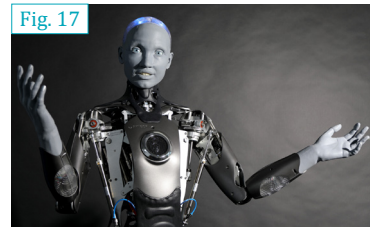


Fig. 17. Ameca è in grado di esprimere emozioni attraverso il suo volto e il suo linguaggio del corpo, interagendo in modo realistico con le persone. [© Engineered Arts]

Fig. 18



Fig. 18. Protoclone è dotato di un vero e proprio sistema muscolo-scheletrico sintetico che imita il movimento dei muscoli umani. [© Clone Robotics]

Approfondimento: il Sustainable Technology Goals (STGs) Working Group

La permeazione della tecnologia nella vita quotidiana e nelle società umane è da sempre il centro di numerosi dibattiti soprattutto dal punto di vista delle sue implicazioni etiche. Le recenti rivoluzioni tecnologiche, che stanno permettendo una penetrazione sempre più profonda dei dispositivi e delle infrastrutture digitali nelle modalità di interazione, negli stili di vita, e nella regolazione degli equilibri politici, economici e sociali, costituiscono tuttavia driver di cambiamento radicale che richiedono una significativa attenzione. L'uso o l'abuso di tecnologie per finalità non etiche (in tal caso, tali tecnologie vengono generalmente definite "dual use"), come ad esempio i sistemi di Intelligenza Artificiale, o le tecniche di editing genetico o ancora le reti di sorveglianza, rappresenta oggi una delle più gravi minacce per il benessere e la prosperità delle società umane, a diversi livelli e diverse realtà geopolitiche. Ridefinire l'umano, in questa era di convergenza tecnologica, significa pertanto costruire nuove strategie di sviluppo, controllo e mitigazione

del nostro rapporto con le alterità non-umane sintetiche e sul grado di potere che in qualche modo viene concesso a quest'ultime.

Il tema del rischio di una deriva tecnologica verso un futuro governato dalle macchine è uno dei cardini principali del dibattito odierno sulla legittimità dello sviluppo di determinate tecnologie. A rendere questo rischio, percepito in modo più o meno grave a seconda della posizionalità di istituzioni, governi, comunità e altri stakeholder nei confronti della tecnologia (che oscilla da ottimista a pessimista), più preoccupante risiede nel fatto che i processi di sviluppo di determinati sistemi o dispositivi – soprattutto se estremamente potenti – sono nella quasi totalità dei casi appannaggio di ristretti gruppi di decision-makers, sviluppatori, e produttori, a discapito di una necessaria democratizzazione del dibattito sulla loro legittimità. Si pensi ad esempio a OpenAI o Tesla (per citarne solo un paio), i cui prodotti (per esempio, rispettivamente ChatGPT, sistema chatbot di generative AI, e Autopilot, sistema

di guida autonoma di alto livello anche per veicoli civili) si sono spesso scontrati con l'illiceità di alcune loro funzionalità, soprattutto a livello europeo, in quanto non rispondenti a standard di privacy, sicurezza e tutela dei diritti di cittadini e consumatori. Il dissenso verso queste modalità di sviluppo poco trasparenti tuttavia spesso si verifica non solo formalmente a livello istituzionale, ma anche informalmente a livello civile con proteste, call to action o tentativi di boicottaggio del pubblico generale.

In questo quadro si innesta la necessità di istituire forme di collaborazione, dialogo e mediazione internazionale non solo a livello governativo, ma in una struttura che includa anche sviluppatori, largo pubblico in generale, comitati etici, centri di ricerca, aziende, e ogni stakeholder in qualche modo interessato o influenzato dagli effetti della trasformazione tecnologica. In quest'ottica si inquadra il Sustainable Technology Goals (STGs) Working Group. Iniziativa fondata nel 2023 dall'Augmentation Lab, gruppo

interdisciplinare basato in Boston (Massachusetts, USA), esso si ispira – seppure in dimensione più modesta – al modello dei Sustainable Development Goals (SDGs) definiti nel 2015 dall’Organizzazione delle Nazioni Unite come strategia “per ottenere un futuro migliore e più sostenibile per tutti”, con uno specifico focus sullo sviluppo di tecnologie etiche, desiderabili e responsabili. Partendo dall’assunto della necessità di una democratizzazione del dibattito sullo sviluppo delle tecnologie più trasformative, il Working Group consta di diverse aree disciplinari di interesse (Fig. 19), e si basa sulla costruzione di sessioni internazionali di brainstorming, speculazione, e produzione editoriale.

Il Working Group raccoglie sviluppatori, designer, filosofi, ingegneri, policymakers, ricercatori, aziende e chiunque abbia un interesse nelle tematiche dello sviluppo tecnologico sostenibile. Basato su un’impronta “open”, le sessioni del Working Group hanno cadenza bisettimanale, e l’accesso è riservato ai membri che hanno presentato domanda di ammissione al gruppo, che si serve della piattaforma online Discord al fine di organizzare i dibattiti secondo le diverse aree tematiche. Le sessioni di brainstorming hanno come obiettivo quello di

Fig. 19

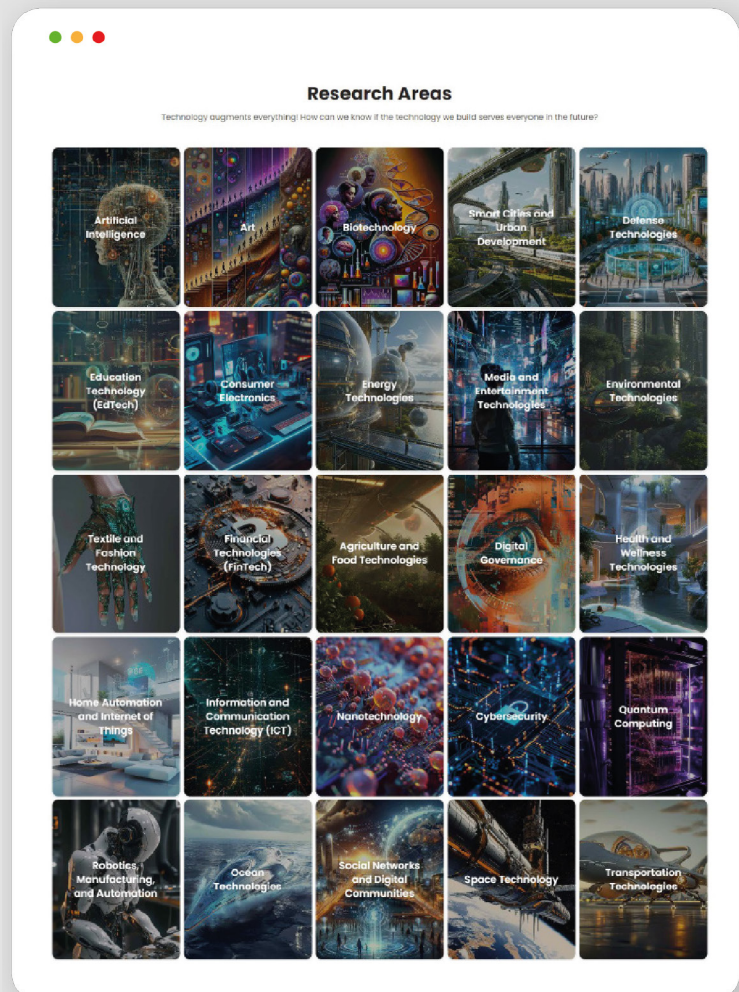


Fig. 19. Lista delle aree di ricerca transdisciplinare di interesse del Sustainable Technology Goals Working Group (2024). Link al sito web: augmentationlab.org [© Augmentation Lab]

identificare una o più tematiche di particolare rilevanza, anche sulla base degli eventi di attualità registrati nell'arco delle due settimane tra un incontro e l'altro, e di raccogliere i feedback, le prospettive, e le idee di tutti i partecipanti. Generalmente, questo garantisce dibattiti che esplorano le tematiche in profondità e attraverso molteplici lenti di lettura, possibili grazie alla transdisciplinarietà dei partecipanti. L'obiettivo principale delle sessioni del Working Group è quello di produrre contenuti editoriali originali in cui una specifica parte di una tematica viene discussa attraverso la forma editoriale dell'Op-Ed, particolarmente usato nei paesi anglosassoni, ovvero la "Opposite the Editorial page", che consiste in un contenuto scritto che esprime l'opinione personale dell'autore, e che di solito è stampato su un giornale di fronte alla pagina su cui è stampato l'editoriale (da qui la terminologia). Al fine di garantire il respiro internazionale e sostenibile promosso dal Working Group, questi Op-Ed tuttavia non vengono stampati su carta, ma condivisi sulla celebre piattaforma Substack, che consente di iscriversi a veri e propri canali editoriali e seguirne gli aggiornamenti.

Tra le tematiche di interesse esplorate, quella della longevità umana mediata dai dispositivi

tecnologici è stata oggetto di diversi dibattiti, che hanno evidenziato la tendenza – sempre più affermata – di una inversione dell'invecchiamento che rispecchia una volontà sempre più diffusa (soprattutto nelle società altamente industrializzate) di mantenere il proprio stato di giovinezza e salute per un periodo di tempo più esteso del normale, e spesso di conseguenza una durata della vita più lunga. Alla luce di una umanità mediamente sempre più longeva (con Italia e Giappone a detenere il primato mondiale per numero di cittadini centenari) grazie soprattutto all'avanzamento tecnologico – e alle sue ripercussioni, ad esempio, sulla medicina, sulla farmacologia, sulle infrastrutture civili, sulla sicurezza alimentare –, una delle sfide di questo millennio è quello di identificare e ottimizzare i fattori che permettono una vita lunga in salute. Questo tema tuttavia presenta diverse implicazioni etiche e sociali, che devono necessariamente essere considerate in qualsiasi processo di sviluppo di tecnologie ad esso orientate. Nel corso dei dibattiti è emerso come questa tendenza stia venendo commercializzata come una promessa all'immortalità, evidenziando come uno dei rischi etici principali sia quello di un disequilibrio dell'accesso ai trattamenti medici, clinici, farmacologici o alle tecnologie

per la salvaguardia della salute e l'allungamento della durata della vita, che potrebbero rimanere appannaggio di ristretti gruppi di popolazione. Un altro rischio rilevato è quello di arrivare a uno scenario opposto, in cui la longevità è accessibile alla gran parte della popolazione mondiale, con conseguenze sulla sopravvivenza del pianeta (e, di riflesso, dell'umanità), che non sarebbe più in grado di soddisfare le esigenze di miliardi di persone che vivono più a lungo e dunque, probabilmente, riescono a riprodursi per un arco di tempo più lungo rispetto al solito. Le osservazioni emerse dai dibattiti sul tema della longevità mediata dalla tecnologia hanno ispirato la stesura di un Op-Ed (Fig. 20), in cui si invita alla riflessione su tali rischi associati a questa tematica, puntando ad avviare una discussione più ampia sul ruolo delle tecnologie, soprattutto quelle indossabili e quelle impiantabili, nella trasformazione (e, in alcuni casi, del controllo) della vita umana.

Fig. 20. Op-Ed sul tema della longevità mediata dalla tecnologia. Disponibile al link: https://open.substack.com/pub/sustainabletechnologygoals/p/its-my-life-and-its-now-or-forever?utm_campaign=post&utm_medium=web [© Camilla Gironi]

Fig. 20

It's my Life and it's Now or Forever

Embracing life transitions rather than chasing immortality will help us develop better technologies

CAMILIA
JUN 06, 2024



Share



made with Dall-E 3 - make an image with three female humans representing the three stages of life - child, adult and elderly - realistic, with wearable devices

A couple of years ago I saw a 92-year-old woman collapse and die. Before my body and mind could process what to do, the woman was literally brought back to life by the double pacemaker she had implanted in her chest. She awoke almost completely lucid and was all but impressed.

This shocking event happened some months into my PhD research at the intersection of product design and human augmentation after joining a research project developing wearable technology for the elderly. The project I worked on aimed to build a longevity-assisting device to support independent living and active aging, a concept suggesting that staying physically and mentally active ensures well-being throughout aging. Partaking in this project made me realize that longevity, with its immortality-related connotation, is an intrinsically unsustainable challenge for humanity. And considering how upset the elderly woman was after being brought back to life, it is an undesirable achievement for some.

Focusing on only extending the human lifespan is a shortsighted strategy.

What is missing from such a vision is taking into account that we live in a world of limited resources shared within complex ecosystems. Not by chance, longer human life expectancy appears to be directly **correlated to wildlife extinctions**. Human population growth and permanence represent a significant **threat to Earth**.

Nevertheless, **tech giants** like Sam Altman have been investing **billions** in lifespan expansion research for years, and what appeared to be a niche fantasy is now set to become a mass-market phenomenon.

Longevity technology available today includes various applications, which can be framed within two main trajectories. On the one hand, it includes products such as implants that support people's lives through **prediction** with real-time monitoring and assistance, leading to higher chances of a longer lifespan. On the other hand, it involves **interventions** in people's biology, for example, through clinical treatments and gene editing. Both methods aim to prevent, avoid, and repair damage caused by natural aging and ultimately to expand health span – that is, the period of your life when you are healthy, while life span refers to how long you are alive.

Approaches to longevity can vary greatly. While the elderly woman I saw seemed content in being old and at the final stages of her life, some are going the extra mile to stay young and delay death. For example, biotech founder Bryan Johnson has been

exchanging his blood with his teenage son's to reverse his own aging and has been doing the same with his father. If you're interested in less extreme options, there are already some basic habits you can perform every day to give yourself a chance to live longer and healthier. Doing physical activities, staying hydrated, and sticking to a balanced diet are just some examples of a responsible and farsighted lifestyle, assuming you're not breathing polluted air or eating contaminated vegetables. Wouldn't it be hilarious to drink a full glass of water rich in microplastics while swallowing anti-aging supplement pills?

While the project I was involved in was framed as wearable technology for longevity, it did not aim at providing solutions to slow down or reverse aging. Instead, it consisted of a personal health device monitoring key parameters such as heartbeat, gait, and movement, building a health profile of the user, and highlighting any changes or recurring patterns over time. It aimed to identify significant variations in the lifestyle of elderly users to predict and prevent some undesirable consequences of aging, such as losing autonomy in performing activities of daily living (ADL). We monitor such changes with the objective of informing caregivers to propose new lifestyles, activities, or medical interventions to guarantee a consistent quality of life throughout aging. I would now refer to it as a "life transitions-centered" technology.

This project made me realize that avoiding or eliminating human aging will not help us develop a better future for humans, but will instead guide us towards making technologies that are progressively blind to natural life cycles.

We should restructure our efforts to build technologies that are first of all life-centered instead of immortality-centered. So how do we teach technology how we humans live? These are some key takeaways I consider as a start:

- **Adaptive:** technology must adapt as seamlessly as possible to human life, both at the hardware (for example, using soft or bio-compatible materials in wearables) and software (for example, with regular fine-tuning of data analytics) levels.
- **Empathic:** technology must be engaging, enriching, and foster a sense of self and ownership in users, integrating into the human experience.
- **Informative:** technology must explain data in such a way that not only experts (for example, physicians or specialists) can build knowledge, but also end users that might have lower familiarity with technology (for example, elderly people).

This list is far from being exhaustive, but it aims to open a wider discussion on what we consider "good" technology, what we value in life, and all that falls at the intersection of these pursuits.

Subscribe to Sustainable Technology Goals

Launched a year ago

Inspired by the United Nations' Sustainable Development Goals, we are uniting international developers from diverse backgrounds and disciplines to co-create guideposts for technological development: Sustainable Technology Goals.

Type your email...

By subscribing, I agree to Substack's [Terms of Use](#), and acknowledge its [Information Collection Notice](#) and [Privacy Policy](#).



4 Likes

Discussion about this post

Comments



Write a comment...

References

- Amundson, R. and Taira, G. (2005) 'Our lives and ideologies: The effect of life experience on the perceived morality of the policy of physician-assisted suicide', *Journal of Disability Policy Studies*, 16(1), pp. 53–57.
- Bordo, S. (1993) *Unbearable Weight: Feminism, Western Culture, and the Body*. University of California Press.
- Boyd, D. (2010) 'Social network sites as networked publics: Affordances, dynamics, and implications', in *A networked self*. Routledge, pp. 47–66.
- Boys, J. (2014) *Doing Disability Differently*. 0 edn. Routledge. Available at: <https://doi.org/10.4324/9781315777559>.
- Braude, S.E. (1992) 'Psi and the Nature of Abilities', *Journal of Parapsychology*, 56, pp. 205–228.
- Bridger, R. (2017) *Introduction to human factors and ergonomics*. CRC press.
- Butler, J. (1990) *Gender trouble*. Routledge.
- Campbell, F. (2009) *Contours of ableism: The production of disability and abledness*. Springer.
- Campbell, F.A. (2001) 'Inciting legal fictions: 'Disability's' date with ontology and the ableist body of the law', *Griffith L. Rev.*, 10, p. 42.
- Cangelosi, A. and Schlesinger, M. (2015) *Developmental robotics: From babies to robots*. MIT press.
- Chaffin, D.B., Andersson, G.B.J. and Martin, B.J. (2006) *Occupational Biomechanics*. John Wiley & Sons.
- Cooley, M. (1989) 'Human-centred Systems', in H. Rosenbrock (ed.) *Designing Human-centred Technology*. London: Springer London (The Springer Series on Artificial Intelligence and Society), pp. 133–143. Available at: https://doi.org/10.1007/978-1-4471-1717-9_10.
- Crimmins, E.M. and Beltran-Sanchez, H. (2011) 'Mortality and Morbidity Trends: Is There Compression of Morbidity?', *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 66B(1), pp. 75–86. Available at: <https://doi.org/10.1093/geronb/gbq088>.
- Csikszentmihalyi, M. (1990) *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper & Row New York.
- Csordas, T.J. (1994) *Embodiment and experience: The existential ground of culture and self*. Cambridge University Press.

- Dart, R.A. (1960) 'The Bone Tool-Manufacturing Ability of Australopithecus Prometheus', *American Anthropologist*, 62(1), pp. 134–138. Available at: <https://doi.org/10.1525/aa.1960.62.1.02a00080>.
- Das, J.P., Kirby, J. and Jarman, R.F. (1975) 'Simultaneous and successive synthesis: An alternative model for cognitive abilities', *Psychological Bulletin*, 82(1), pp. 87–103. Available at: <https://doi.org/10.1037/h0076163>.
- Descartes, R. (1641) *Meditationes de prima philosophia, in qua Dei existentia et animæ immortalitas demonstratur*.
- Dul, J. et al. (2012) 'A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession', *Ergonomics*, 55(4), pp. 377–395.
- Eardley, A.F. and Jones, V.E. (eds) (2025) *Museum Accessibility Spectrum: re-imagining access and inclusion*. S.l.: Routledge (Museum Meanings). Available at: <https://doi.org/10.4324/9781003382713>.
- Foucault, M. (1975) 'Surveiller et Punir', Paris, France: Gallimard [Preprint].
- Foucault, M. (1985) *La volontà di sapere: storia della sessualità*. 4. ed. Milano: Feltrinelli.
- Foucault, M. (1995) *Discipline and punish: the birth of the prison*. Second Vintage Books edition. Translated by A. Sheridan. New York, NY: Vintage Books.
- French, S. (1993) 'Disability, impairment or something in between?', in. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:221974955>.
- Gernsbacher, M.A. et al. (2016) "'Special needs" is an ineffective euphemism', *Cognitive research: principles and implications*, 1, pp. 1–13.
- Glick, E. (2012) 'Abilities and Know-How Attributions', in J. Brown and M. Gerken (eds) *Knowledge Ascriptions*. Oxford University Press.
- Goering, S. (2015) 'Rethinking disability: the social model of disability and chronic disease', *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 8(2), pp. 134–138. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12178-015-9273-z>.
- Goodley, D. (2014) *Dis/ability studies: Theorising disablism and ableism*. Routledge.
- Gray, H. (1858) *Gray's Anatomy: Descriptive and Surgical*.

Greco, J. (2012) 'A (Different) Virtue Epistemology', *Philosophy and Phenomenological Research*, 85(1), pp. 1–26. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1933-1592.2011.00567.x>.

Grosz, E. (1994) 'Volatile bodies: Toward a corporeal feminism', Indiana University Press [Preprint].

Hancock, P. et al. (2000) *The body culture and society*. Open University Press Buckingham.

Harpur, P. and Stafford, L. (2025) 'Leveraging universal design and work health and safety laws to promote and progress SDG 11.7: access to public spaces for people with disabilities', in J. Dolley, K. Hardy, and T. Matthews (eds) *Public Space and the Sustainable Development Goals*. Edward Elgar Publishing, pp. 30–44. Available at: <https://doi.org/10.4337/9781035322411.00008>.

Hehir, T. (2002) 'Eliminating Ableism in Education', *Harvard Educational Review*, 72(1), pp. 1–33. Available at: <https://doi.org/10.17763/haer.72.1.03866528702g2105>.

Honoré, A.M. (1964) 'Can and Can't', *Mind*, 73(292), pp. 463–479.

Hume, D. (1739) *A Treatise of Human Nature: Being an Attempt to Introduce the Experimental Method of Reasoning into Moral Subjects*.

Hume, D. (1748) *An enquiry concerning human understanding*.

Iezzoni, L.I. and Freedman, V.A. (2008) 'Turning the Disability Tide: The Importance of Definitions', *JAMA*, 299(3). Available at: <https://doi.org/10.1001/jama.299.3.332>.

Imrie, R. and Hall, P. (2003) *Inclusive Design*. 0 edn. Taylor & Francis. Available at: <https://doi.org/10.4324/9780203362501>.

Jaster, R. (2020) *Agents' Abilities*. Berlin, New York: De Gruyter.

Jeffries, S. (2014) 'Neil Harbisson: the world's first cyborg artist', *The Guardian*, 6.

Johnson, D.W. (1981) 'Ability and Task Difficulty in Cognitive Psychology', *Educational Researcher*, 10, pp. 11–21.

Kafer, A. (2013) *Feminist, queer, crip*. Indiana University Press.

Kenrick, D.T. et al. (2010) 'Renovating the pyramid of needs: Contemporary extensions built upon ancient foundations', *Perspectives on psychological science*, 5(3), pp. 292–314.

Kirkland, J.L. and Tchkonja, T. (2017) 'Cellular Senescence: A Translational Perspective', *EBioMedicine*, 21, pp. 21–28. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2017.04.013>.

Kittle, S. (2022) 'On General and Non-General Abilities', *Pacific Philosophical Quarterly*, 104(1), pp. 124–144. Available at: <https://doi.org/10.1111/papq.12424>.

Korotkoff, N. (1905) 'To the question of methods of determining the blood pressure', *Reports of the Imperial Military Academy*, 11, pp. 365–367.

Laqueur, T. (1990) 'Making Sex: Body and Gender from the Greeks to Freud', Harvard UP [Preprint].

Le Corbusier (1948) *Le Modulor*.

Le Corbusier (1955) *Modulor 2*.

Loja, E. et al. (2013) 'Disability, embodiment and ableism: stories of resistance', *Disability & Society*, 28(2), pp. 190–203. Available at: <https://doi.org/10.1080/09687599.2012.705057>.

López-Otín, C. et al. (2013) 'The Hallmarks of Aging', *Cell*, 153(6), pp. 1194–1217. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.05.039>.

Lupton, D. (2016) *The Quantified Self: A Sociology of Self-Tracking*.

Lupton, D. (2020) *Data selves: more-than-human perspectives*. Cambridge Medford, Mass: Polity press.

Mace, R.L. et al. (1990) *Accessible environments : toward universal design*. Raleigh, NC: Center for Accessible Housing, North Carolina State University.

Maier, J. (2022) 'Abilities', in E.N. Zalta and U. Nodelman (eds) *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Fall 2022. Metaphysics Research Lab, Stanford University. Available at: <https://plato.stanford.edu/archives/fall2022/entries/abilities/>.

Mallapaty, S. (2025) 'Man survives with titanium heart for 100 days — a world first', *Nature*, 639(8056), pp. 848–849. Available at: <https://doi.org/10.1038/d41586-025-00782-0>.

Marchesini, R. (2002) *Post-human: verso nuovi modelli di esistenza*. 1. ed. Torino: Bollati Boringhieri (Saggi. Scienze).

Marwick, A.E. (2013) *Status update: Celebrity, publicity, and branding in the social media age*. Yale University Press.

Maslow, A.H. (1943) 'A Theory of Human Motivation', *Psychological review*, 50(4), p. 370.

Maslow, A.H. (1954) *Motivation and Personality*.

Mele, A.R. (2003) 'Agents' Abilities', *Noûs*, 37(3), pp. 447–470. Available at: <https://doi.org/10.1111/1468-0068.00446>.

Melzer, D. (2000) 'Socioeconomic status and the expectation of disability in old age: estimates for England', *Journal of Epidemiology & Community Health*, 54(4), pp. 286–292. Available at: <https://doi.org/10.1136/jech.54.4.286>.

Merleau-Ponty, M. (1945) *Phénoménologie de la perception*. Gallimard.

Mitrassinovic, M. (2008) 'Universal Design', in M. Erlhoff and T. Marshall (eds) *Design Dictionary*. Basel: Birkhäuser Basel (Board of International Research in Design), pp. 419–422. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8140-0_290.

Moore, T. (2004) 'The critical thinking debate: how general are general thinking skills?', *Higher Education Research & Development*, 23(1), pp. 3–18. Available at: <https://doi.org/10.1080/0729436032000168469>.

Morano, C. et al. (2025) 'A Comprehensive Literature Review of Total Hip Arthroplasty (THA): Part 1—Biomaterials', *Journal of Functional Biomaterials*, 16(5), p. 179. Available at: <https://doi.org/10.3390/jfb16050179>.

Mosso, A. (1891) *La Fatica*.

Muller, M.J. and Kuhn, S. (1993) 'Participatory design', *Communications of the ACM*, 36(6), pp. 24–28.

Nario-Redmond, M.R. (2019) *Ableism: The causes and consequences of disability prejudice*. John Wiley & Sons.

Norman, D. (1988) *The Psychology of Everyday Things*. Basic books.

Norman, D. and Draper, S.W. (1986) *User Centered System Design. New Perspectives on Human-Computer Interaction*. L. Erlbaum Associates Inc.

Ocampo, A. et al. (2016) 'In Vivo Amelioration of Age-Associated Hallmarks by Partial Reprogramming', *Cell*, 167(7), pp. 1719-1733.e12. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.11.052>.

Oliver, M. (2018) *Understanding disability: From theory to practice*. Bloomsbury publishing.

O'Malley, C.D. and de Saunders, J.B. (1982) 'Leonardo da Vinci on the human body: the anatomical, physiological, and embryological drawings of Leonardo da Vinci: with translations, emendations and a biographical introduction'.

Pataranutaporn, P. et al. (2019) 'Wearable Lab on Body: Combining Sensing of Biochemical and Digital Markers in a Wearable Device', in 2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). 2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC), Berlin, Germany: IEEE, pp. 3327-3332. Available at: <https://doi.org/10.1109/EMBC.2019.8857479>.

Patel, S. et al. (2012) 'A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation', *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 9(1), p. 21. Available at: <https://doi.org/10.1186/1743-0003-9-21>.

Perkins, D., Jay, E. and Tishman, S. (1993) 'Beyond Abilities: A Dispositional Theory of Thinking', *Merrill-Palmer Quarterly*, 39, pp. 1-21.

Perry, J. et al. (1997) 'Disability, inability and cyberspace', *Human Values and the Design of Technology*, CSLI Publications & Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 65-89.

Pheasant, S. and Haslegrave, C.M. (2006) 'Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work'. CRS Press, Florida.

Phillips, K.A. (2005) *The Broken Mirror: Understanding and Treating Body Dysmorphic Disorder*. Oxford University Press.

Prince, M.J. et al. (2015) 'The burden of disease in older people and implications for health policy and practice', *The Lancet*, 385(9967), pp. 549-562. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61347-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61347-7).

Rekimoto, J. (2017) 'Internet of abilities: Human augmentation, and beyond', in 2017 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI). 2017 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI), Los Angeles, CA, USA: IEEE, pp. 1-1. Available at: <https://doi.org/10.1109/3DUI.2017.7893310>.

Rheingold, H. (2000) *The virtual community: Homesteading on the electronic frontier*. The MIT Press.

Riva-Rocci, S. (1896) 'Un nuovo Sfigmomanometro', *Gazz Med Torino*, 47, pp. 981–1001.

Roebuck, J.A. (1995) 'Anthropometric Methods: Designing to Fit the Human Body', *Human Factors and Ergonomics Society* [Preprint].

Ronchi, A.M. (2009) *eCulture*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-75276-9>.

Ruckenstein, M. (2014) 'Visualized and interacted life: Personal analytics and engagements with data doubles', *Societies*, 4(1), pp. 68–84.

Ruckenstein, M. and Pantzar, M. (2017) 'Beyond the Quantified Self: Thematic exploration of a dataistic paradigm', *New Media & Society*, 19(3), pp. 401–418. Available at: <https://doi.org/10.1177/1461444815609081>.

Sanders, M.S. and McCormick, E.J. (1998) 'Human factors in engineering and design', *Industrial Robot: An International Journal*, 25(2), pp. 153–153.

Schuler, D. and Namioka, A. (1993) *Participatory design: Principles and practices*. CRC press.

Shah, A.M. (2024) 'First successful implant of BiVACOR's Total Artificial Heart', *Artificial Organs*, 48(10), pp. 1075–1076. Available at: <https://doi.org/10.1111/aor.14844>.

Shilling, C. (2012) 'The body and social theory'.

Solove, D.J. (2008) *Understanding Privacy*. Harvard University Press.

Spinuzzi, C. (2005) 'The methodology of participatory design', *Technical communication*, 52(2), pp. 163–174.
Stephanidis, C. (ed.) (2001) *User interfaces for all: concepts, methods, and tools*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Assoc (Human factors and ergonomics).

Takaoka, Y. et al. (2020) 'The Long-Term Results of Total Hip Arthroplasty With a Cemented β -Titanium Stem', *The Journal of Arthroplasty*, 35(8), pp. 2167–2172. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.03.050>.

Titchkosky, T. (2007) *Reading and writing disability differently: The textured life of embodiment*. University of Toronto Press.

Topol, E.J. (2015) 'The patient will see you now: the future of medicine is in your hands'.

Turner, B. (2008) *The Body & Society: Explorations in Social Theory*. 1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1SP United Kingdom: SAGE Publications Ltd. Available at: <https://doi.org/10.4135/9781446214329>.

United Nations General Assembly (2007) 'Convention on the Rights of Persons with Disabilities', Treaty Series, 2515.

Verbrugge, L.M. and Jette, A.M. (1994) 'The disablement process', *Social Science & Medicine*, 38(1), pp. 1–14. Available at: [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(94\)90294-1](https://doi.org/10.1016/0277-9536(94)90294-1).

Vihvelin, K. (2013) *Causes, Laws, and Free Will: Why Determinism Doesn't Matter*. New York, NY, USA: Oup Usa.

Wahba, M.A. and Bridwell, L.G. (1976) 'Maslow reconsidered: A review of research on the need hierarchy theory', *Organizational behavior and human performance*, 15(2), pp. 212–240.

Whittle, A. (2010) 'Dispositional Abilities', *Philosophers' Imprint*, 10.

Wolf, N. (1991) 'The Beauty Myth: How Images of Beauty Are Used Against Women.', New York: Harperperennial Library [Preprint].

Wolf, S. (1990) 'The Dilemma of Autonomy: (In Which the Problems of Responsibility and Free Will Are Presented)', in Wolf, S., *Freedom Within Reason*. Oxford University Press New York, NY, pp. 3–22. Available at: <https://doi.org/10.1093/oso/9780195056167.003.0001>.

Wong, A. (2018) *Resistance and hope: Essays by disabled people*. Alice Wong.

Wong, A. (2020) *Disability visibility: First-person stories from the twenty-first century*. Vintage.

Zhang, H. et al. (2016) 'NAD⁺ repletion improves mitochondrial and stem cell function and enhances life span in mice', *Science*, 352(6292), pp. 1436–1443. Available at: <https://doi.org/10.1126/science.aaf2693>.

BEYOND THE HUMAN: CYBORG THEORY AND PRACTICE

ABSTRACT (INGLESE)

The chapter explores the evolution of the concept of the cyborg from the domain of science fiction to that of technological and social reality. Originally introduced as a cybernetic organism designed for survival in outer space, the cyborg has today materialized through advanced prosthetics, brain-computer interfaces, and wearable technologies. This transition from “science fiction” to “science fact” raises ethical, ontological, and political questions concerning the boundaries between the human and the non-human. Cyberculture, which emerged between the 1970s and 1980s, is analyzed as an ecosystem of practices, narratives, and critical theories, where post-structuralist perspectives, technological feminism, and postcolonial trajectories converge. In parallel, the cyberpunk movement and its aesthetic derivations have shaped technological imaginaries and concretely influenced design practices, hacker culture, and open-source movements. Cyborg Theory is presented as a framework for interpreting human-machine integration, with implications for identity, embodiment, and social justice. Finally, the chapter examines assistive wearable technologies, outlining a continuum that extends from functional augmentation to symbiosis and transcendence.

OLTRE IL CONFINE UMANO: TEORIA E PRATICA DEL CYBORG

ABSTRACT

Il capitolo esplora l'evoluzione del concetto di cyborg dal dominio della fantascienza a quello della realtà tecnologica e sociale. Originariamente introdotto come organismo cibernetico per la sopravvivenza nello spazio, il cyborg è oggi concretizzato attraverso protesi avanzate, interfacce cervello-computer e wearable technologies. Tale transizione da "science fiction" a "science fact" solleva interrogativi etici, ontologici e politici sui confini tra umano e non-umano. La cybercultura, nata tra anni Settanta e Ottanta, viene analizzata come ecosistema di pratiche, narrazioni e teorie critiche, in cui convergono prospettive post-strutturaliste, femminismo tecnologico, e traiettorie postcoloniali. Parallelamente, il movimento cyberpunk e le sue derivazioni estetiche hanno plasmato immaginari tecnologici e influenzato concretamente pratiche di design, hacker culture e open source. La Cyborg Theory, è presentata come framework per interpretare l'integrazione umano-macchina, con implicazioni su identità, corporeità e giustizia sociale. Infine, il capitolo analizza le tecnologie indossabili assistive, delineando un continuum che va dall'aumento funzionale alla simbiosi e alla trascendenza.

3.1 Cyborg: da Science Fiction a Science Fact

Il concetto di Cyborg è emerso originariamente nell'ambito della fantascienza, per descrivere organismi ibridi composti da elementi biologici e dispositivi tecnologici, spesso proiettati in scenari futuristici di potenziamento umano o sopravvivenza in spazi ostili (Clynes and Kline, 1960). Tuttavia, negli ultimi decenni, questo immaginario culturale ha progressivamente assunto una dimensione concreta, grazie all'evoluzione delle neuroscienze, della biotecnologia e della robotica, che hanno reso possibile l'integrazione funzionale tra corpo umano e tecnologia. Dispositivi come impianti cocleari, protesi mioelettriche e interfacce cervello-computer testimoniano la transizione da un paradigma narrativo a uno empirico, in cui il cyborg non è più una mera speculazione teorica, ma una realtà clinica e sociale osservabile (Haraway, 1991; Warwick, 2003). Questo passaggio da science fiction a science fact solleva questioni etiche, epistemologiche e ontologiche fondamentali, interrogando i confini tra umano e postumano e la stessa definizione di identità corporea nell'epoca tecnologica.

3.1.1 Cyber-Tecno-Cultura

La cultura Cyber emerge tra gli anni Settanta e Ottanta come risposta culturale alla crescente informatizzazione del mondo, all'espansione delle reti digitali e alla miniaturizzazione dell'informatica personale. Questo sviluppo tecnologico si intreccia con un contesto socio-politico attraversato dalla Guerra Fredda, dalla corsa agli armamenti, dall'ascesa del neoliberismo e dalla privatizzazione dei sistemi informativi. In questo scenario, la tecnologia non è più solo uno strumento, ma diventa ambiente, linguaggio e orizzonte esistenziale.

Fin dalle sue origini, la cultura Cyber si configura come un ecosistema complesso di narrazioni, pratiche artistiche, riflessioni filosofiche e stili di vita che ruotano attorno all'interazione tra esseri umani e tecnologie digitali: reti informatiche, realtà virtuale, intelligenze artificiali e interfacce umano-macchina.

Nata negli Stati Uniti – in particolare nell'ambiente controculture della California con la sua Silicon Valley, cuore della trasformazione tecnologica – si diffonde rapidamente anche in Europa e Giappone, ibridandosi con estetiche futuriste e visioni tecnocratiche.

Alla base della Cybercultura si intrecciano molteplici tradizioni teoriche e di correnti di pensiero critiche. Una delle più influenti tra le tradizioni teoriche è la Teoria dei Media di Marshall McLuhan, il quale interpreta i media non semplicemente come strumenti di trasmissione dell'informazione, ma come estensioni delle capacità sensoriali e cognitive dell'essere umano. Nella sua opera più famosa, "Understanding Media: The Extensions of Man", divenuta un riferimento autorevole per tutte le scienze informatiche, McLuhan afferma che "ogni tecnologia estende qualche funzione del nostro corpo o della nostra psiche" e che "il medium è il messaggio", intendendo che è la forma del mezzo a trasformare la società più del contenuto che veicola (McLuhan, 1964).

Nella prospettiva di McLuhan, la tecnologia non è mai neutra: l'introduzione di un nuovo medium comporta sempre una alterazione – in modo positivo o negativo – delle condizioni della percezione, e una riconfigurazione del senso dell'identità e della socialità. Operando una distinzione tra media caldi (come la stampa o la radio), che estendono un solo senso e richiedono poca partecipazione, e media freddi (come la televisione o il telefono), che coinvolgono più sensi e maggiore interazione, McLuhan anticipa le riflessioni

contemporanee sull'interattività e l'immersività dei media digitali. Nella formulazione dell'idea di "villaggio globale", ovvero un mondo connesso istantaneamente attraverso i media elettronici, l'opera ontologica e critica di McLuhan prefigura l'avvento di Internet e la cultura delle reti, gettando i fondamenti della cultura cyber e le sue riflessioni sulla fusione tra corpo e macchina, sulla smaterializzazione dell'informazione, e sul passaggio da un'epoca lineare a una post-tipografica, reticolare.

Tra le scuole di pensiero che hanno influenzato l'emersione e l'affermazione della Cybercultura è utile includere anche la Scuola di Francoforte, soprattutto nel suo ultimo periodo che si è esteso negli anni Sessanta, che ha sviluppato una critica della razionalità tecnico-scientifica come strumento di dominio e standardizzazione, fortemente legata alla logica del capitalismo avanzato e all'industria culturale.

Tra i suoi esponenti più rilevanti, Theodor Ludwig Wiesengrund Adorno, insieme a Max Horkheimer, elabora il concetto di "industria culturale", che denuncia come i prodotti culturali, dalla radio al cinema, siano divenuti strumenti per la conservazione dell'ordine sociale dominante. In "Dialectica dell'Illuminismo", affermano che "la cultura oggi si presenta come una merce, il cui fine non è l'illuminazione, ma il mantenimento dello status quo" (Horkheimer and Adorno, 1947). Per Adorno, la razionalità tecnica, che avrebbe dovuto emancipare l'umanità, viene invece assoggettata alla logica del profitto e si trasforma in strumento di alienazione e omologazione. In modo simile, Herbert Marcuse, altro esponente di spicco della Scuola di Francoforte, denuncia l'assimilazione della tecnologia ai bisogni del capitalismo avanzato, affermando che "la tecnica è sempre un progetto sociale" e che "la razionalità tecnica è di per sé razionalità di dominio" (Marcuse, 1964). Egli vede nell'integrazione dell'individuo nel sistema tecnico-economico una perdita di capacità critica e immaginativa, definendo l'individuo moderno come "unidimensionale" proprio perché incapace di concepire alternative radicali allo status quo.

In questa prospettiva la tecnologia, invece di liberare, viene impiegata per rafforzare la coesione ideologica, mascherando la repressione sotto una falsa libertà di scelta.

Le filosofie critiche della Scuola di Francoforte risultano ancora oggi fondamentali nella riflessione cyber contemporanea, che spesso tematizza la trasformazione dei media digitali in strumenti di sorve-

glianza e conformismo, nonostante le loro apparenze di emancipazione e pluralismo.

Le dinamiche di potere e soggettivazione dell'epoca digitale mediate dalla tecnologia sono indagate nel post-strutturalismo francese, con Michel Foucault a fornire alcune delle chiavi di lettura più interessanti.

Introducendo il concetto di biopotere, Foucault descrive la forma di potere che si esercita sulla vita, sui corpi e sulle popolazioni, regolando i processi vitali attraverso istituzioni, pratiche e saperi. In "Sorvegliare e punire", analizza la transizione dalle punizioni spettacolari al potere disciplinare, descrivendo il panopticon come metafora del potere moderno: "La visibilità è una trappola" (Foucault, 1975). Questo modello, fondato sull'auto-sorveglianza indotta dalla percezione costante di essere osservati, anticipa la logica delle tecnologie digitali di controllo diffuso e invisibile, come i big data, la sorveglianza algoritmica e la profilazione degli utenti.

Foucault sottolinea che il potere non è solo repressivo, ma anche produttivo, in quanto crea soggetti, modella desideri, orienta comportamenti. In questo senso, la Cybercultura e le tecnologie digitali non solo sono uno strumento di controllo, ma sono anche inneschi di nuove soggettività, ridefinendo l'identità, il corpo e il desiderio attraverso interfacce, algoritmi e reti.

In evoluzione della filosofia di Foucault, Gilles Deleuze sviluppa l'idea di un passaggio dalla società disciplinare foucaultiana alla società di controllo, dove il potere non si esercita più attraverso istituzioni chiuse (scuole, carceri, fabbriche), ma in modo continuo e modulare, attraverso reti digitali e flussi informativi, affermando che "non siamo più in una società disciplinare, ma in una società di controllo" (Deleuze, 1990).

In questo nuovo regime, il controllo è flessibile, preventivo, e si manifesta nell'accesso regolato, nei codici numerici, nella sorveglianza integrata nelle infrastrutture tecnologiche.

In qualche modo, Deleuze anticipa le trasformazioni postmoderne del soggetto: non più un individuo stanziale e identitario, ma un "dividuo", frammentato, tracciato in ogni sua funzione e comportamento.

Il cyberspazio diventa così il teatro di nuove forme di assoggettamento e di resistenza, dove la soggettività è continuamente de- e ricostruita attraverso le interazioni con dispositivi intelligenti, piattaforme digitali e ambienti virtuali.

Un'altra corrente di pensiero critica alla base della Cybercultura è il Femminismo tecnologico, che ha svolto un ruolo cruciale nel decostruire l'apparente neutralità delle tecnologie, mostrando come esse riflettano e riproducano strutture di potere di genere (Balsamo, 1995).

Tra le sue figure di spicco vi è senza dubbio Donna Haraway, che introduce la figura del cyborg come metafora politica e ontologica per superare le dicotomie tradizionali tra natura e cultura, maschile e femminile, umano e macchina, una figura ibrida, che sfida le identità stabili e apre spazi per una soggettività postumana e femminista (Haraway, 1985).

Sadie Plant, tra le fondatrici della Cybernetic Culture Research Unit (CCRU)¹, ha esplorato il ruolo delle donne nell'informatica e nei sistemi digitali, sostenendo che la cibernetica e l'informatica, storicamente marginali e anti-disciplinari, possono essere letti come spazi di agency femminile e decostruzione patriarcale (Plant, 1997).

La preponderanza del genere maschile nello sviluppo tecnologico e dunque nella plasmatura della società è stata indagata anche da Judy Wajcman, che ha portato avanti un'analisi più sociologica e critica della tecnologia come costruito culturale maschilizzato, evidenziando come le tecnologie siano spesso progettate e sviluppate da soggetti maschi bianchi, con una conseguente esclusione implicita delle prospettive di genere (Wajcman, 2004).

La Tecnoscienza, intesa come intreccio indissolubile tra ricerca scientifica e potere economico-militare, è stata oggetto di ampie critiche nella Cybercultura.

Il pensiero critico sulla tecnoscienza si è sviluppato come risposta ai processi di accelerazione tecnologica, artificializzazione della vita e trasformazione radicale delle relazioni sociali innescati dalla modernità avanzata.

Diversi autori hanno contribuito a elaborare una riflessione radicale sul significato politico, epistemologico e antropologico della tecnica e della scienza, connettendo tali processi alla produzione di potere, disuguaglianza e forme di soggettivazione.

Bruno Latour, figura centrale negli Science and Technology Studies (STS), ha rivoluzionato la comprensione della scienza proponendo una prospettiva simmetrica che considera umani e non-umani come attanti all'interno di reti socio-tecniche.

Latour sostiene che la modernità si è fondata su una falsa separazione tra natura e società, laddove ogni oggetto scientifico è già un

1. La Cybernetic Culture Research Unit (CCRU) è stata un collettivo para-accademico di teorici culturali sperimentali formatosi a fine anni Novanta presso la Warwick University e scioltesi nei primi anni del Duemila. Caratterizzato da un approccio anticonvenzionale e sperimentale, il collettivo ha unito filosofia post-strutturalista, tecnoscienza, occultismo e fiction costruendo quello che viene definito accelerazionismo, filosofia tesa fra una tendenza a sradicare il capitalismo attraverso l'avanzamento tecnologico e un'altra tendenza a rafforzare il capitalismo proprio attraverso l'avanzamento tecnologico.

ibrido di fattori materiali, politici e simbolici. Nella visione di Latour, la scienza non è mai puramente oggettiva, e la società non è mai puramente soggettiva, in quanto entrambe sono una costante co-produzione l'una dell'altra (Latour, 1994). Questo decostruisce il mito della neutralità della tecnoscienza e ne evidenzia il carattere situato e contingente.

Nel solco della teoria critica, Andrew Feenberg ha sviluppato una teoria critica della tecnologia secondo cui la tecnica è una costruzione sociale e politica. Feenberg denuncia l'ideologia dell'efficienza e della razionalità strumentale che domina le scelte tecnologiche, proponendo invece una "democratizzazione" della tecnologia, affermando che la tecnologia può essere riconfigurata solo attraverso il coinvolgimento attivo del pubblico, dando voce ai valori che questo ritiene importanti e che devono guidare le decisioni per uno sviluppo responsabile dell'avanzamento tecnologico (Feenberg, 2006). Questa sua prospettiva mette in luce le possibilità di appropriazione, reinterpretazione e contestazione della tecnica da parte degli attori sociali.

Langdon Winner, rimarcando il ruolo politico non solo della tecnologia in sé, ma anche degli artefatti e le infrastrutture attraverso cui gli umani plasmano il mondo, sostiene che la tecnologia non è mai neutrale: gli artefatti possono avere implicazioni politiche incorporate, determinando distribuzioni di potere, accesso e controllo (Winner, 1980). Questa prospettiva è fondamentale per comprendere come le infrastrutture tecnologiche digitali (algoritmi, reti, interfacce) siano anch'esse sedi di potere.

Similmente, Sylvia Wynter, influente pensatrice afrofuturista e post-coloniale, ha indagato il modo in cui la tecnoscienza contribuisce a produrre gerarchie razziali e definizioni escludenti dell'umano. Secondo Wynter, la figura dominante dell'"homo oeconomicus" occidentale – bianco, maschile, razionale, produttivo – ha escluso le altre modalità di esistenza.

Attraverso la sua opera ontologica critica Wynter afferma che è necessario produrre un nuovo concetto di umanità, non più fondato sull'essere biologico o economico, ma sulla capacità narrativa e culturale, aprendo a una concezione plurale e decoloniale della tecnologia, in cui la scienza è riformulata come spazio di molteplici saperi e ontologie (Wynter, 2003).

La critica che si concentra sulla discriminazione razziale alla guida dello sviluppo tecnologico moderno è alla base della cultura dell'A-

frofuturismo (Dery, 1994), che si propone di offrire una voce alle culture e alle tradizioni sotto-rappresentate nella storia dell'avanzamento tecnologico.

Yuk Hui, filosofo della tecnica, propone una via alternativa tra la tecnofilia occidentale e la tecnofobia della tradizione critica. Hui introduce il concetto di diversità cosmotecnica, sostenendo che ogni cultura possiede un proprio modo di integrare tecnologia e cosmo, etica e sapere. Critica la visione unilineare dello sviluppo tecnologico occidentale, proponendo una pluralità di approcci che superino il riduzionismo tecnico-economico, affermando che "Ogni cosmologia produce una propria tecnicità" (Hui, 2022). In questa prospettiva, il pensiero critico sulla tecnoscienza si apre a un dialogo interculturale e pluriversale.

Nel complesso, le prospettive critiche mettono in discussione l'ideologia del progresso tecnico come processo inevitabile e benefico, sottolineando la necessità di pensare tecnologie situate, democratiche, plurali e orientate al bene comune. Esse offrono strumenti fondamentali per comprendere la Cybercultura non solo come estetica o fenomeno sociale, ma come campo di battaglia epistemico e politico, dove si giocano le forme future della soggettività, della conoscenza e della convivenza.

La Cybercultura si esprime in modo pregnante attraverso una vasta produzione estetica e immaginaria che spazia dalla letteratura alla musica, dal cinema all'arte digitale.

Queste forme creative non sono semplici rappresentazioni speculative, ma operano come vere e proprie matrici di senso, anticipando sviluppi tecnologici e generando dispositivi culturali con ricadute materiali sulla società contemporanea. In tal senso, le pratiche della Cybercultura e delle sue sottoculture, tra cui il Cyberpunk, agiscono come laboratori concettuali, transdisciplinari e speculativi che interrogano criticamente l'ideologia tecnoscientifica, rivelandone i potenziali alternativi attraverso incarnazioni pratiche delle tensioni intrinseche all'unione tra umani e tecnologie.

Il movimento Cyberpunk, nato tra la fine degli anni Settanta e i primi anni Ottanta, rappresenta uno dei nuclei più influenti dell'immaginario cyber. Il termine, risultato dell'unione dei termini Cybernetics e Punk, è stato coniato da Bruce Bethke nel 1983 (Bethke, 1983), con una sua successiva e definitiva consacrazione attraverso l'antologia *Mirrorshades*, curata dal pioniere della science fiction, Bruce

Sterling (Sterling, 1986). Il cyberpunk si caratterizza per l'intreccio tra alta tecnologia e degrado sociale ("high tech, low life"), per lo scenario urbano distopico, per protagonisti marginali e hacker, e per una visione profondamente ambivalente del rapporto umano-macchina.

Nel romanzo fondativo del genere letterario del Cyberpunk di William Gibson, vengono introdotti concetti come il cyberspazio – definito come "una allucinazione consensuale vissuta quotidianamente da miliardi di operatori legittimi" – (Gibson, 1984) e anticipate tematiche oggi centrali come la virtualizzazione dell'identità, la disincarnazione digitale e le reti neurali.

L'opera di Gibson ha profondamente influenzato il lessico e l'estetica delle tecnologie informatiche, contribuendo alla formazione di un'immaginazione tecnologica diffusa. Un altro autore fondamentale nell'affermazione del genere nel panorama letterario e culturale è senza dubbio Neal Stephenson, che nella sua opera più importante introduce per la prima volta il termine Metaverso (Stephenson, 1994), prefigurando l'avvento di mondi digitali come nuove dimensioni dell'esistenza.

Anche le arti visive e performative hanno avuto e hanno tuttora un ruolo cruciale nella rappresentazione dell'estetica del genere Cyberpunk e, in alcuni casi, anche delle altre correnti come il Solarpunk o il Biopunk, che immaginano, rispettivamente, futuri sostenibili fondati su greentech e futuri centrati sulla manipolazione genetica e biotech.

Nel cinema è necessario ricordare due film riconosciuti come pietre miliari del genere, *Blade Runner* (1982) e *Ghost in the Shell* (1995), in cui biologico e artificiale si fondono in modo così sinergico da rendere difficile fare una distinzione tra i due.

Nei futuri immaginati nelle opere di impronta Cyberpunk si osserva come l'avanzamento tecnologico fuori controllo abbia come conseguenza il declino della civiltà umana, con ripercussioni sociali, economiche e politiche in cui le disparità si fanno sempre più profonde, e l'inevitabile distruzione degli ecosistemi naturali a causa dell'irrefrenabile espansione di megalopoli intelligenti ma inquinate, affollate e degradate. Un esempio fra tutti, la *Night City* del videogioco *Cyberpunk 2077* sviluppato da CD Projekt RED (2020), una città-stato distopica in cui regnano corruzione, criminalità e dissolutezza morale.

A partire dagli anni Duemila, il genere si è evoluto in nuove forme

estetiche definite Post-Cyberpunk, caratterizzate da una nuova lente di lettura – più realistica ma comunque distopica – sulla tecnologia e sul rapporto che gli umani hanno con essa, con una maggiore attenzione alla quotidianità digitale, e a come tecnologie future possono essere immaginate in realtà del presente o del prossimo futuro. Uno degli esempi più significativi nell'ambito delle arti visive è l'acclamata serie televisiva *Black Mirror* (2011), che invita alla riflessione sulle conseguenze dell'introduzione di nuove tecnologie nella società e nella vita quotidiana degli individui, ponendo l'attenzione sui rischi dell'assuefazione all'uso della tecnologia nella mediazione dei rapporti inter-umani.

Nell'esprimere le paure, le suggestioni e le incognite derivanti da una permeazione quasi parassitica della tecnologia nella vita del futuro, la Cybercultura rappresenta una forma di anticipazione progettuale speculativa e critica.

Pur formulando scenari estremi e apparentemente irrealistici, essa ha avuto un'influenza concreta e duratura sullo sviluppo tecnologico. Le sue narrazioni, immagini e concetti hanno ispirato innovatori, hacker, ingegneri e designer, contribuendo alla definizione dei linguaggi e delle interfacce del mondo digitale contemporaneo. Da un lato, ha incoraggiato pratiche di sperimentazione creativa, alimentando movimenti di auto-determinazione e auto-produzione, ad esempio nella cultura maker, e dall'altro ha contribuito al processo di democratizzazione dello sviluppo tecnologico, ad esempio con la spinta verso la trasparenza del codice con il concetto di Open Source, la creazione di comunità online, la disobbedienza costruttiva dell'etica hacker e la produzione di software liberi.

L'influenza della Cybercultura ha inoltre promosso immaginari alternativi che hanno stimolato il Design Speculativo, l'Interaction Design e le pratiche artistiche digitali, che spesso hanno concretizzato i concetti di interfaccia, di avatar, di Realtà Virtuale e Aumentata in forma di artefatti, prodotti e suggestioni interattive.

Tuttavia, la Cybercultura, soprattutto nella sua deriva tecnocratica, ha anche accompagnato, e talvolta normalizzato, la crescente pervasività del controllo algoritmico, la mercificazione dei dati personali e la tendenza alla gamification della vita sociale.

Molti dei dispositivi e delle logiche immaginate in chiave distopica dal Cyberpunk si sono realizzate nella forma di piattaforme pervasive (ad esempio, i social network), sorveglianza predittiva (ad esempio, il marketing personalizzato), e quello che Shoshana Zu-

boff definisce “Capitalismo della Sorveglianza” (rappresentato dalle grandi corporazioni come Google, Amazon e Meta), dove gli utenti sono monitorati, misurati e manipolati per fini di profilazione volti a un consumismo sfrenato (Zuboff, 2021).

La Cybercultura pertanto costituisce un dispositivo culturale strategico, capace di orientare l'innovazione, interrogare il potere e produrre visioni alternative del mondo: si evidenzia come quello che fino a qualche decennio fa era relegato nell'immaginario della Science Fiction sta oggi diventando Science Fact incarnandosi in prodotti e sistemi tecnologici di trasformazione del potere.

In tal senso, è necessario riconoscere la natura molto pratica della Cybercultura come campo transdisciplinare e speculativo, che non si traduce solo in provocazioni artistiche e suggestioni letterarie, ma in sperimentazioni e produzioni di artefatti in grado di modellare la società e la soggettività umana.

Per tali motivi, sta emergendo sempre di più la necessità di definire inquadramenti teorici e metodologici in grado di incapsulare lo spirito critico e visionario della Cybercultura in modelli di elaborazione e cristallizzazione della conoscenza per incoraggiare il perseguimento di futuri desiderabili.

Recentemente, la Cyborg Theory, con la sua variazione in Critical Cyborg Theory, sta emergendo come framework teorico e metodologico volto a guidare la progettazione di realtà tecnologiche anti-distopiche.

3.1.2 Teoria Cyborg

Nell'esplorazione della Teoria Cyborg, è necessario innanzitutto soffermarsi sui fondamenti del concetto stesso di "Cyborg". Il termine, derivante da una contrazione dell'espressione "Cybernetic Organism", fu coniato nel 1960 da Manfred Clynes e Nathan Kline nel contesto della ricerca spaziale – da Ashley Shew ritenuta ideale per la nascita del concetto, in quanto nello spazio ogni umano è "disabile" (Shew, 2018) –, per descrivere un organismo umano modificato artificialmente al fine di sopravvivere in ambienti extraterrestri (Clynes and Kline, 1960).

Proprio nella concezione del termine cyborg è dunque racchiuso il ruolo trasformativo della tecnologia nell'evoluzione degli esseri umani, che grazie ad essa riescono ad espandere e a superare le proprie capacità naturali e i limiti biologici. Il contesto scientifico da cui scaturisce il concetto è, come ricorda il nome, la Cibernetica, sviluppata tra gli anni Quaranta e Cinquanta da Norbert Wiener, che studia i sistemi autoregolanti e i meccanismi di retroazione (feedback) nei sistemi biologici e tecnologici (Wiener, 1948).

In questo quadro, l'organismo e la macchina non sono più entità distinte, ma sistemi comparabili in termini di flussi informativi e controllo. Pertanto il cyborg, in quanto organismo ibrido, incarna perfettamente questa nuova ontologia della comunicazione e del controllo (Wiener, 1948).

Nel passaggio dalla modernità alla postmodernità, la figura del cyborg acquista una valenza filosofica più radicale. N. Katherine Hayles descrive la transizione da un "umanesimo liberal" a una condizione postumana, dove l'identità non è più fondata sull'autonomia individuale e sulla centralità del soggetto razionale, ma su un'interconnessione costitutiva tra il biologico, il tecnologico e l'informatico (Hayles, 1999).

La sua prospettiva evidenzia una relazione diretta tra la spinta filosofica del Postumanesimo e della sua valenza nella definizione delle applicazioni cibernetiche rivolte al concetto di cyborg, che non è da interpretarsi come solo un'estensione tecnica del corpo umano, ma un nuovo modo di concepire l'essere e l'agire nel mondo.

Tuttavia, è con Donna Haraway che il concetto di cyborg acquisisce una vera e propria connotazione teorica e ontologica. Il suo saggio più influente, "A Cyborg Manifesto", è riconosciuto come un testo

postmoderno fondamentale e una pietra miliare significativa nello sviluppo della teoria femminista postumanista. La premessa centrale del manifesto implica la sfida e la decostruzione di confini dicotomici rigidi, in particolare quello umano/macchina (Haraway, 1985). Haraway impiega la metafora del cyborg per sostenere politiche socialiste, postmoderne e anti-identitarie, affermando che essa rappresenta l'intrinseca plasticità dell'identità e serve a evidenziare i limiti imposti dalle sovrastrutture di senso socialmente costruite. Criticando rigorosamente le ideologie fatte di "dualismi antagonisti" (ad esempio, sé/altro, cultura/natura, maschile/femminile), il manifesto postula che la cultura high-tech, paradossalmente, offre un mezzo per sfidare e smantellare questi stessi dualismi grazie proprio all'ibridazione tra umano e non-umano artificiale.

In particolare, l'opera di Haraway nasce come un invito ai movimenti femministi a rifiutare la concezione della tecnologia come uno strumento di oppressione derivante dal dominio patriarcale, ma come uno strumento di liberazione e di potere per le donne, e di riflesso per tutte le altre minoranze. Tuttavia, questa stessa tendenza (tipica del femminismo) a creare una analogia concettuale tra minoranza del femminismo e sotto-rappresentazione razziale espressa da Haraway è spesso stata criticata in quanto troppo generalista, e non rispettosa della situazionalità e localizzazione della razza (Johar Schueller, 2005; DeCook, 2021).

Similmente, la sua rappresentazione delle persone con disabilità come "cyborg per eccellenza" è stata ampiamente criticata e ritenuta superficiale, in quanto priva di un'autentica esplorazione delle loro esperienze (Reeve, 2012; Kafer, 2013; Hamraie and Fritsch, 2019).

Nonostante le osservazioni critiche sul concetto di cyborg espresso dalla filosofia di Haraway, è importante sottolineare come questo abbia instaurato un movimento pratico e politico di applicazione della teoria postumana, con il suo rifiuto dei confini rigidi delle dicotomie per una reinterpretazione della condizione umana come immersa in un ecosistema ibrido organico e inorganico.

Nel proporre di reimmaginare le possibilità sociali, politiche ed etiche attraverso l'avanzamento tecnologico, la visione di Haraway, seppure in ottica ottimistica, involontariamente ha portato l'attenzione sulla considerazione consapevole di quanto le implicazioni nel mondo reale dell'integrazione tecnologica siano particolarmente intricate e complesse, specialmente per le popolazioni vulnerabili e storicamente meno rappresentate.

Recentemente, la filosofia di Haraway si è evoluta da quella proposta negli anni Ottanta, con nuove sfumature di significato che arricchiscono ulteriormente il concetto di cyborg e ne rafforzano l'impronta postumanista. Nei suoi lavori più recenti, Haraway si è spostata dal simbolo del cyborg a quello del Chthulucene², un'epoca immaginaria che contrappone all'Antropocene la possibilità di un mondo più interconnesso e multispecie (Haraway, 2016).

Questo passaggio rappresenta un'evoluzione dal concetto di cyborg come simbolo di ibridazione tra umano e macchina e di critica alle dicotomie al concetto di ecosistema tessuto da relazioni complesse tra umano, animale, vegetale, tecnologia e ambiente. Questa nuova concezione del cyborg come entità co-partecipe di un mondo fatto non solo da umani, umani-macchina e macchine, ma da entità intelligenti non umane e non macchine, bensì vegetali e animali. Con questa prospettiva, Haraway sposta l'enfasi su una relazionalità radicale, fatta di responsabilità reciproca tra specie e di ecologie del divenire.

Nel sottolineare l'interdipendenza materiale ed ecologica come condizione fondamentale dell'esistenza, questa nuova prospettiva rifiuta la soggettività sovrana (moderna e umanista) e propone soggettività situate, sempre in relazione, in divenire, e vulnerabili, tanto da arrivare a proporre una nuova concezione di parentela ("making kin", attraverso forme alternative di appartenenza tra esseri umani e non umani, sfidando strutture familiari e sociali normative (Haraway, 2016). Questa evoluzione della teoria cyborg di Haraway, se da un lato sembra essere nuovamente una visione ottimistica della realtà rinnovata in chiave green, dall'altro lato offre un interessante punto di partenza su come il concetto di vita – e, in particolare, di esistenza, di relazione, di legame affettivo – possa essere reinterpretato attraverso la lente postumana.

Obiettivo della Cyborg Theory è dunque comprendere i concetti di razza, disabilità, corpo, spazio, economia, relazioni tra umani e non umani, tra umani e tecnologia. Proponendo come fine ultimo dell'indagine ontologica e filosofica quello di fornire direzioni informate e consapevoli per costruire un futuro di libertà e prosperità per gli esseri umani e la tecnologia, essa invita a considerare il contesto sociale della tecnologia, con lo scopo di evitare di rafforzare strutture sociali dannose e oppressive proprio mediante lo sviluppo tecnologico. I

Il cyborg rimane comunque una figura posizionata in una "zona di

2. Il Chthulucene è definito come un'era in cui si riconosce la necessità di vivere e coesistere con la devastazione, non solo come esseri umani, ma in alleanza con tutte le altre specie e forme di vita. Costituisce l'arte di vivere in un tempo disturbato: non si tratta di tornare a un "stato di natura" o di negare i danni già fatti, ma di imparare a "restare con il problema", affrontando la complessità e la distruzione in atto, riconoscendo che la sopravvivenza e il benessere degli esseri umani sono intrinsecamente legati a quelli di animali, piante, microbi e macchine.

alta tensione", sospesa tra presente e futuro, oppressione e liberazione (Star, 1990).

Forlano e Glabau offrono un'evoluzione della Cyborg Theory, introducendo la Critical Cyborg Literacy, come sia un approccio critico sia un'espansione creativa del rapporto tra tecnologia, cultura e società, basata sugli studi femministi sulla tecnologia (Forlano and Glabau, 2024). Questa prospettiva mette in primo piano le dinamiche di potere, concentrandosi su come i fattori sociali e culturali – e le loro intersezioni – influenzino i tipi di tecnologie che vengono immaginate, sviluppate, utilizzate e contestate, riconoscendo al Design un ruolo strategico in questo inquadramento.

La Critical Cyborg Literacy viene introdotta e usata come lente per riflettere su questioni contemporanee riguardanti il futuro del lavoro, il significato di vivere come corpo umano, e il modo in cui la creatività e la cultura continuano ad espandersi. Rimarcando il concetto per il quale la tecnologia è direttamente legata all'umanità, alla società, alla cultura, alla politica e alla vita – affermando "technology is us" (Forlano and Glabau, 2024) –, la Critical Cyborg Literacy esamina come le tecnologie siano situate, politiche e incarnate. Per farlo, invita designer, ingegneri, decision-makers, a formulare innanzitutto una domanda per riflettere criticamente sui potenziali benefici e/o danni dello sviluppo di una determinata tecnologia: "Per chi?". Con questa domanda, i progettisti che operano in prospettiva cyborg devono identificare chi viene coinvolto dall'integrazione tecnologica (che non è mai solo l'utente finale, ma anche il suo contesto sociale – si pensi, ad esempio, al suo ruolo sul posto di lavoro o in famiglia), chi ha il potere di prendere decisioni, e chi può opporsi alla sua imposizione.

Nonostante l'evoluzione del concetto di cyborg sia rimasta a lungo fondata su sforzi teorici, filosofici e ontologici, oggi il suo significato si sta manifestando concretamente negli avanzamenti tecnologici che caratterizzano questo secolo, dimostrando come una convergenza tra umani e macchine sia effettivamente un fatto che trascende le più audaci speculazioni immaginative. Il cyborg si incarna oggi nel concetto di Integrazione Umano-Macchina (HMIInt), una sostanziale evoluzione della Human-Machine Interaction (HMI) che pone l'accento sulla simbiosi fisica, cognitiva e sensoriale tra componente umana e componente artificiale.

3.2 Verso l'Integrazione Umano-Macchina

I primi passi verso l'Integrazione Umano-Macchina sono identificabili oggi nella permeazione delle tecnologie nella vita quotidiana, nel caso specifico le tecnologie che si basano su una profonda interazione con il corpo umano. Nella definizione di questa traiettoria di ibridazione, è utile delineare in che forma questa sta accadendo (ovvero con quale tipologia) e che ruolo essa sta assumendo nella vita quotidiana umana (ovvero con quali obiettivi).

3.2.1 Integrazione Tipologica: Wearable Technology

Le Wearable Technologies (generalmente definite semplicemente wearable), per come le intendiamo oggi, sono dispositivi elettronici indossati sul corpo, generalmente dotati di sensori, trasduttori e moduli di elaborazione dati miniaturizzati e connettività wireless (Bluetooth, Wi-Fi, 5G). Queste tecnologie vengono impiegate principalmente per il monitoraggio continuo di parametri fisiologici e ambientali, ad esempio segni vitali come elettrocardiografia - ECG (cardiaco), elettromiografia - EMG (muscolare), elettroencefalografia - EEG (cerebrale) e elettrooculogramma - EOG (movimenti oculari), ma anche di attività, come ad esempio il numero dei passi, o il tempo di sedentarietà, fornendo dati in tempo reale per diagnosi mediche, telemedicina e prevenzione, ma anche per finalità di monitoraggio in ambito sportivo, industriale, militare, della moda e dell'intrattenimento.

La storia dei wearable affonda le sue radici in diversi secoli, evolvendosi da semplici ausili a complessi sistemi informatici integrati nel vestiario e negli accessori di uso quotidiano.

Questo percorso di innovazione è caratterizzato dalla progressiva miniaturizzazione, dall'aumento della connettività e dall'integrazione di funzionalità avanzate per il monitoraggio e l'interazione umana con la tecnologia. Infatti, sebbene il termine "Wearable Technology" sia moderno, i concetti su cui esso si fonda hanno in realtà radici storiche risalenti già al XIII Secolo, se si considerano gli occhiali da vista come una vera e propria tecnologia in grado di influenzare le capacità umane (Bhaltadak, Ghewade and Yelne, 2024). Nel XVI Secolo, il concetto di dispositivo indossabile come un accessorio si concretizzò per la prima volta negli orologi miniaturizzati da indossare come collane proposti dall'inventore tedesco Peter Henlein, che anticipò il concetto di orologio da tasca, divenuto popolare nel secolo successivo, fino ad arrivare agli orologi da polso affermatosi nel tardo XVII secolo (Guler, Gannon and Sicchio, 2016).

Fu l'avanzamento dell'elettronica nell'arco del XX Secolo tuttavia a portare significative innovazioni nei dispositivi indossabili, avviando la loro definitiva consacrazione che li rende tutt'oggi un campo estremamente attivo e in evoluzione dello sviluppo tecnologico.

Il primo wearable per il monitoraggio continuo della salute fu inventato da Norman Holter nel 1949 (Sivakumar, Mone and Abdu-

mukhtor, 2024).

La tendenza a introdurre funzionalità specifiche e capacità di calcolo nei dispositivi si trasformò rapidamente nella sfida di portare il concetto di “Computer” proprio sul corpo, dunque non più in oggetti esterni con cui interagire, bensì oggetti incorporati con cui integrarsi. I primi esempi più rilevanti, osservabili a partire dagli anni Novanta, sono rappresentati dai lavori di Steve Mann e dalla sua introduzione del concetto di “Wearable Computing” come “protesi della memoria visiva e potenziamento della percezione” (Mann, 1997), integrati nell’abbigliamento quotidiano (Mann, 1996).

Con l’inaugurazione dell’Annual International Symposium on Wearable Computing (ISWC) nel 1997, la ricerca e lo sviluppo dei wearable per diversi campi di applicazione si è confermata come uno sforzo internazionale di avanzamento delle conoscenze volte a migliorare la condizione umana attraverso la tecnologia.

Dispositivi elettronici con connessione Bluetooth, abbigliamento computerizzato, telecamere corporee furono solo alcuni esempi della tecnologia sviluppata fino agli anni Duemila (Rhodes and Mase, 2006), con tuttavia una crescente preoccupazione da parte della stessa comunità internazionale di ricerca in merito alla capacità di controllo e pervasività di questo inarrestabile progresso.

Sono proprio gli anni Duemila a vedere il più rapido e crescente sviluppo delle Wearable Technologies, con progressi rivoluzionari come l’Apple Watch e i Google Glass, e l’ascesa di dispositivi per il fitness e la salute come Fitbit e Garmin, fino ai più recenti smartwatch collegati agli smartphone come il Samsung Galaxy Gear e l’Apple Watch.

Con lo sviluppo recente della Realtà Virtuale (VR), della Realtà Aumentata (AR) e della Realtà Mista (XR), nuove tipologie di dispositivo indossabile hanno popolato il mercato consumer, ovvero gli Head-Mounted Displays (HMD) come l’Oculus Rift o il Microsoft Hololens, fino ad arrivare a accessori di uso comune come gli occhiali con Intelligenza Artificiale integrata, come i Ray-Ban Meta Glasses.

Come evidenziato, i wearable assumono fattori di forma estremamente diversi a seconda delle funzionalità e degli ambiti di applicazione, costituendo un vero e proprio ecosistema tecnologico.

In ambito clinico e di monitoraggio della salute, ad esempio, i wearable comprendono patch adesivi, tessuti intelligenti (e-textiles), cerotti (skin patches) e orologi smart che misurano in modo continuativo variabili fisiologiche, come ECG, glicemia o livello di PH nel sudore, pressione arteriosa, attività cerebrale e respirazione. In questo ambito le tecnologie indossabili stanno permettendo di raggiungere notevoli livelli di efficacia nel monitoraggio remoto di pazienti o utenti che hanno bisogno di monitoraggio continuo della salute, attraverso avvisi in tempo reale inviati automaticamente a medici e pazienti in tempo reale, anche in caso di rilevazione di anomalie (aritmie, iperglicemia, ecc.) (Iqbal et al., 2021).

Integrando sistemi di Internet of Things (IoT), i wearable rivestono il ruolo di “edge computers”, nodi nella rete che permettono di raccogliere dati, formulare statistiche e costruire diari elettronici personalizzati, aprendo la strada alla medicina predittiva e personalizzata che consente anche terapie farmacologiche avanzate (ad esempio, il dosaggio intelligente di farmaci su richiesta) e supporta interventi su misura (de-la-Fuente-Robles et al., 2022).

Le stesse tipologie di wearable vengono spesso usate anche in ambito sportivo, in cui sono diffusi maggiormente sensori flessibili che consentono di analizzare prestazioni e fisiologia in tempo reale anche durante movimento e sforzi in modo discreto (Liu and Zhang, 2022).

Misurando parametri come accelerazione, pressione, forza, frequenza cardiaca, saturazione e consumo energetico durante l'attività fisica, magliette biometriche e fasce cardio raccolgono dati di sforzo muscolare ed elettromiografici, mentre occhiali smart o bande elastiche possono monitorare i ritmi respiratori, e dispositivi palmari o indossati in prossimità degli arti calcolano spinta e potenza. Grazie all'uso di algoritmi di Machine Learning (ad esempio, Reti Neurali), i dati raccolti possono essere classificati per valutare tecnica e affaticamento dell'atleta, permettendo ad esempio di riconoscere movimenti specifici in sport come golf, tennis o corsa per personalizzare l'allenamento e la preparazione tecnica (Liu and Zhang, 2022).

Le capacità di monitoraggio e previsione dei wearable sono fondamentali anche in ambito industriale, in cui i dispositivi sono principalmente rivolti al monitoraggio della sicurezza dei lavoratori e

l'ottimizzazione dell'ergonomia sui luoghi di lavoro (Naranjo et al., 2025). Infatti, i dispositivi usati in questo ambito includono nella maggior parte dei casi sensori sul corpo (ad esempio, su spalle, schiena, polsi) che monitorano in tempo reale postura, movimenti ripetitivi, carico muscolare, stress termico e respirazione al fine di prevenire infortuni muscolo-scheletrici e affaticamento, personalizzando le postazioni di lavoro secondo le necessità di ciascun operatore.

Le tecnologie indossabili tuttavia non si limitano tutte solo a monitorare l'utente, ma sono in grado di condizionarlo attivamente, ad esempio includendo strategie di "nudge" (come nel caso diffuso di smartwatch che invitano l'utente a muoversi dopo aver rilevato un lungo periodo di inattività).

3.2.2 Integrazione Significativa: Assistive Technology

Mentre le tecnologie indossabili generalmente si riferiscono a dispositivi che si inseriscono sul corpo con l'obiettivo di quantificare lo stesso e restituire dati che possano informare le scelte dell'utente (ad esempio, in merito alla propria qualità della vita o dello stato di salute), alcuni tipi di dispositivi indossabili si inseriscono con lo scopo di agire attivamente sul corpo, modificandone il comportamento, le azioni e le interazioni con l'esterno. Questi dispositivi appartengono alla categoria delle Assistive Technologies.

Le tecnologie assistive indossabili comprendono nella maggior parte dei casi dispositivi progettati per supportare persone con disabilità motorie, cognitive o sensoriali. Questi si inseriscono sul corpo umano come vere e proprie estensioni artificiali che mirano ad assistere chi le indossa fornendo capacità tecnologicamente mediate. Questi sistemi integrano sensori, attuatori e moduli di controllo intelligenti che sono in grado, ad esempio, di estendere la mobilità, l'equilibrio o la forza dell'utente, ma anche di restituire la vista o l'udito, e di supportare l'attività cognitiva.

Per la loro natura di dispositivi di supporto, molte di queste tecnologie nascono in ambienti di laboratorio e spesso vengono impiegate in ambito clinico e riabilitativo, con l'obiettivo (nei casi opportuni) di essere usati come strumenti di preparazione o di recupero di determinate capacità perse o deteriorate per una grande varietà di cause.

Tuttavia, molti di questi dispositivi sono oggi disponibili sul mercato come prodotti consumer, inquadrati in rigide regolamentazioni in termini di sicurezza e compliance clinica, i cui effetti a lungo termine a seguito di un uso prolungato nella vita quotidiana incoraggiano la possibilità di poter decidere quando e per quanto integrare la tecnologia sul corpo.

Una review sui dispositivi di biofeedback per la deambulazione elenca numerosi sistemi commerciali e di ricerca, basati su plantari vibranti o stimolazione elettrica, mirati a migliorare l'equilibrio e la simmetria del passo in persone con Parkinson, neuropatie periferiche e post-ictus attraverso stimoli uditivi, tattili o visivi in tempo reale (Mate et al., 2023).

L'impiego di dispositivi con telecamere miniaturizzate e output vocali ha evidenziato un miglioramento significativo nella capacità di lettura di materiali quotidiani da parte di persone con visione

legalmente compromessa (Waisbourd et al., 2019). Dispositivi a conduzione ossea, che integrano sensori microfonici e trasduttori posizionati su montature simil-occhiali, permettono di sostituirsi agli organi di senso naturali come veri e propri bypass tecnologici per la trasmissione della comunicazione con l'ambiente circostante (Takaki et al., 2023).

La più recente evoluzione delle tecnologie assistive evidenzia come queste in realtà non siano solo strumenti che si sostituiscono a una specifica dimensione corporea dell'umano, ma anzi dotano lo stesso di capacità estese.

Questa accezione definisce la Assistive Augmentation, che si riferisce alla "progettazione e allo sviluppo di tecnologie assistive, interfacce utente e interazioni che si integrano perfettamente con la mente, il corpo e il comportamento dell'utente (...) fornendo capacità fisiche, sensoriali e cognitive migliorate" (Huber et al., 2018). Ripercorrendo il concetto di McLuhan di tecnologia digitale come estensione e, dunque, potenziamento (McLuhan, 1964), ogni tecnologia indossabile dedicata a sostituire o assistere determinate capacità umane in realtà è implicitamente anche un aumento di quelle stesse capacità, o l'innescio di altre.

In continuità con la Teoria Cyborg, si evidenzia un cambio di paradigma nella percezione delle tecnologie incorporate non più come strumenti "altri da sé", ma come entità con cui collaborare e co-evolvere. Proprio la natura trasformativa dell'integrazione tra umani e macchine (o computer) implica un passaggio dall'accezione di integrazione basata sull'uso a una integrazione basata sulla interdipendenza.

Ne consegue che le tecnologie di Assistive Augmentation cambiano continuamente il modo in cui percepiamo e interagiamo non solo con l'ambiente circostante, ma anche con noi stessi (Huber et al., 2018), aprendo nuovi scenari di dialogo sull'identità umana mediata artificialmente.

3.2.3 Oltre l'Integrazione

Esplorando questa integrazione sempre più profonda, Anderson (2003) delinea tre temi principali nel dialogo sull'identità umana e la tecnologia: aumento, simbiosi e trascendenza (Anderson, 2003).

- **Aumento:** si riferisce alla creazione di abilità non biologicamente inerenti al fenotipo. Tradizionalmente, l'aumento rafforza l'ego senza alterarlo.
- **Simbiosi:** descrive l'interazione tra due organismi o tra persone e macchine intelligenti a reciproco beneficio. Ciò può portare all'emergere di nuovi esseri con sensi di sé, identità e confini personali alterati.
- **Trascendenza:** implica "andare oltre" i confini attuali dell'identità per diventare parte di un'entità più grande, forse globale. Si associa a concetti come il "cervello globale" o il "superorganismo globale".

Sebbene queste categorie appaiano distinte tra loro, Anderson ne rileva la tendenza a "fondersi l'una nell'altra", suggerendo un continuum fluido piuttosto che divisioni rigide. La progressione dall'aumento alla simbiosi e poi alla trascendenza rappresenta un continuum di integrazione umano-tecnologia sempre più profondo, dove l'impatto sull'identità umana si sposta dal semplice potenziamento a una ridefinizione fondamentale e alla dissoluzione finale in entità collettive più ampie.

Questo continuum evidenzia l'escalation delle poste in gioco filosofiche e sociali man mano che la tecnologia si intreccia più intimamente con l'esistenza umana. Anderson descrive la "convergenza bionica" tra biologia ed elettronica come un motore chiave di questo processo. Questa progressione concettuale implica che i dibattiti etici e filosofici sull'integrazione tra umani e tecnologia non sono statici: con l'avanzare del progresso scientifico e dell'evoluzione umana lungo questo continuum, le domande si spostano da "cosa possiamo fare?" a "chi diventeremo?" e "cosa significa essere umani?".

Un dibattito socio-etico cruciale nel concetto di aumento dell'umano ruota attorno alla distinzione tra "terapia" e "potenziamento". La terapia mira a ripristinare il normale funzionamento curando malattie o lesioni, mentre il potenziamento cerca di migliorare abilità o caratteristiche oltre il normale funzionamento (Anderson, 2003).

Come evidenziato dal concetto di Assistive Augmentation, questa distinzione è spesso sfumata nella pratica. Molti dispositivi progettati per il ripristino (ad esempio, protesi, esoscheletri) possono anche potenziare le abilità oltre i limiti naturali umani.

Il caso di Oscar Pistorius, le cui protesi artificiali erano terapeutiche ma si sosteneva fornissero anche un vantaggio sleale nello sport, esemplifica questa ambiguità. Hughes osserva che molte tecnologie assistive e prodotti farmaceutici già “si collocano a cavallo del divario terapia-potenziamento” (Hughes, 2018).

Nell’analizzare il futuro (anche prossimo) dell’evoluzione delle tecnologie assistive di potenziamento, Hughes prevede che la crescente domanda di sofisticati aumenti da parte di individui che cercano spontaneamente soluzioni per aumentare le proprie capacità esporrà la natura arbitraria di questa distinzione, portando a una resistenza da parte dei “bioconservatori” contro le pressioni ad adottare le tecnologie aumentative. La definizione stessa di una distinzione tra i concetti di “salute” e “malattia” è complessa e varia, soprattutto alla luce di questa nuova arbitrarietà del bisogno di integrare o meno una determinata tecnologia sul corpo.

Queste tensioni pongono importanti quesiti etici sulla legittimità dello sviluppo di tecnologie che superano le capacità umane, tuttavia evidenziando come il concetto di bisogno di autodeterminazione passi anche attraverso queste tecnologie.

La sfumatura dei confini tra necessità medica e vantaggio competitivo suggerisce che il dibattito etico riguarda non solo la funzione intrinseca della tecnologia, ma soprattutto le norme sociali e i desideri individuali di una umanità che riscopre la sua condizione. Ciò implica che l’accettazione e la domanda sociale, guidate da fattori come i benefici percepiti (ad esempio, maggiore produttività, vantaggio competitivo nel lavoro o nella formazione personale), spingeranno sempre più i confini di ciò che è considerato umano “normale” (Hughes, 2018).

Approfondimento: il progetto SPHeaD - Smart Personal Healthcare Devices

Il progressivo invecchiamento della popolazione mondiale, con particolare incidenza in Europa e in Italia, pone sfide significative ai sistemi di assistenza a lungo termine (Long Term Care, LTC). L'aumento degli anziani non autosufficienti determina un carico crescente sulle Residenze Sanitarie Assistenziali (RSA), dove il personale si trova spesso ad affrontare condizioni lavorative gravose, burnout e scarsità di risorse. A questo scenario demografico e organizzativo si affianca la trasformazione digitale della sanità: negli ultimi due decenni, le tecnologie digitali hanno assunto un ruolo sempre più strategico nel settore sanitario, non solo come strumenti di supporto clinico, ma anche come infrastrutture essenziali per garantire la sostenibilità e l'efficienza del sistema.

L'utilizzo di dispositivi indossabili, piattaforme di telemedicina, sistemi di Electronic Health Record (EHR) e soluzioni di Artificial Intelligence (AI) si configura come risposta necessaria all'aumento della domanda di cure, permettendo una gestione

più tempestiva, sicura ed efficace dei pazienti. In particolare, la diffusione di tecnologie per il monitoraggio remoto e l'assistenza intelligente risponde a una duplice esigenza: da un lato quella dei pazienti e delle loro famiglie, che richiedono continuità, prossimità e qualità nelle cure; dall'altro quella del personale sanitario, che necessita di strumenti in grado di alleggerire il carico cognitivo e organizzativo, ridurre gli errori e ottimizzare l'impiego delle risorse. La tecnologia in questo senso diventa un potenziatore delle capacità umane, non un sostituto, contribuendo a creare un modello di cura più proattivo, integrato e sostenibile. Tuttavia, la sua adozione implica anche una profonda riflessione sulle implicazioni etiche e sociali, legate in particolare alla privacy dei dati, alla responsabilità decisionale e al mantenimento della centralità della relazione umana nella cura.

È all'interno di questo quadro che si colloca il progetto SPHeaD (Smart Personal Healthcare Devices), sviluppato in coerenza con la Regional Smart Specialization Strategy (S3)

della Regione Lazio, attraverso una collaborazione tra Sapienza Università di Roma, Università della Tuscia e Università di Tor Vergata, che mira a introdurre un sistema indossabile orientato ai caregiver per migliorare la qualità dell'assistenza nelle RSA attraverso l'integrazione di IoT, wearable e intelligenza artificiale (Giambattista et al., 2023).

In un'ottica di multidisciplinarietà, il progetto è stato fondato sulla collaborazione di più competenze provenienti da molteplici ambiti, dalla medicina al design, dall'ingegneria informatica al management. In continuità con la tematica di una sempre più necessaria re-umanizzazione della tecnologia, il sistema SPHeaD è concepito secondo un approccio di Human-Centered Design (HCD), ponendo al centro i bisogni degli utenti – pazienti e caregiver – e si avvale del quadro metodologico del Research through Design (RtD), che utilizza il processo progettuale come strumento per generare nuova conoscenza.

La fase iniziale del progetto (Discover) è consistita

Fig. 1

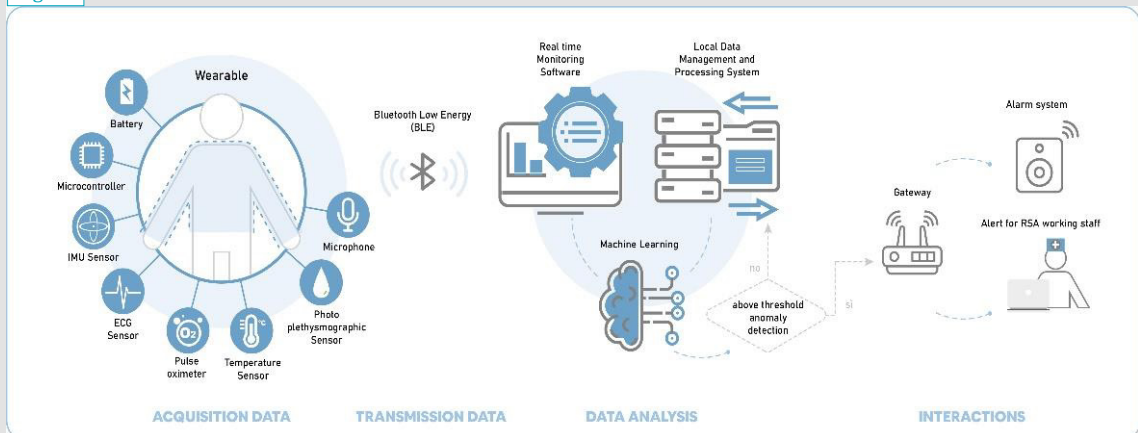


Fig. 1. Architettura e schema di funzionamento del sistema SPHead. Dal paper “Designing for Better Care in Nursing Homes: Improving Staff Experience through a Smart Caregiver-Oriented Wearable System” (doi.org/10.18848/2325-1328/CGP/v17i02/71-89).

[© Angela Giambattista, Elisa L’An-
giocola, Camilla Gironi, Loredana Di
Lucchio]

nell’analisi del contesto sanitario dell’assistenza agli anziani non autosufficienti, con un benchmarking delle soluzioni tecnologiche esistenti e la definizione dei parametri da monitorare, nello specifico variazioni cognitive e motorie, ed eventi critici come le cadute. L’individuazione dei requisiti progettuali (Define) ha sottolineato l’importanza di garantire non-intrusività, centralità dei caregiver, interoperabilità e sicurezza dei dati.

Sulla base di tali premesse, le fasi successive del progetto hanno portato allo sviluppo di scenari

d’uso, prototipi hardware e software, test di interfacce a bassa e alta fedeltà (Develop), con una conseguente fase di validazione preliminare (Deliver) del sistema in RSA, con coinvolgimento di operatori e manager attraverso focus group, interviste e prove pratiche.

Il sistema SPHead integra tre componenti principali (Fig. 1):

- Wearable device: un sensore indossabile posizionato sul torace, che rileva temperatura, frequenza cardiaca, saturazione, ritmo respiratorio, postura, attività fisica e stress.

- Infrastruttura cloud e algoritmi AI: raccolta e analisi dei dati tramite machine learning, con generazione di pattern predittivi e alert clinici.

- Interfacce multi-piattaforma (desktop e mobile): progettate secondo principi di ergonomia cognitiva, che permettono il monitoraggio in tempo reale, la gestione degli allarmi e la supervisione dei turni del personale.

L'obiettivo principale di questa architettura è quello di consentire una sorveglianza continua 24/7, attraverso la registrazione automatizzata dei dati clinici, la riduzione dei tempi di intervento e il supporto decisionale agli operatori.

Test pilota hanno mostrato la fattibilità tecnica del sistema e la sua utilità percepita dal personale di RSA nel territorio laziale (sotto NDA), che ha riconosciuto vantaggi nella gestione delle emergenze e nella supervisione attraverso l'uso delle componenti del sistema. Tuttavia, la sperimentazione è stata rallentata da questioni burocratiche relative alla conformità con le normative sulla privacy sanitaria, che rimane tutt'oggi uno dei temi centrali e più complessi nell'ambito dello sviluppo delle tecnologie

indossabili assistive, in quanto rivolte a gruppi di popolazione fragili e inquadrati in contesti che necessitano di una rispondenza coerente a numerosi checkpoint normativi. I risultati parziali ottenuti dai test preliminari, che hanno coinvolto personale specializzato operante in RSA, evidenziano la capacità del sistema di migliorare l'organizzazione del lavoro e di aumentare la sicurezza degli ospiti, pur lasciando aperte questioni relative all'accettazione della tecnologia da parte degli anziani stessi, e all'adattamento delle interfacce alle diverse competenze tecnologiche degli operatori.

Nella fase di validazione è stato possibile osservare alcuni punti di forza del sistema così progettato, prima fra tutti la centralità del caregiver nel processo di gestione della cura attraverso un potenziamento tecnologico: infatti, diversamente da molti sistemi di telemonitoraggio focalizzati solo sul paziente, SPHeaD si concentra sul miglioramento delle condizioni di lavoro degli operatori, fornendo una panoramica aggiornata, ordinata e predittiva dello stato di salute degli ospiti, delle attività da gestire, e delle opzioni di pianificazione.

Un secondo aspetto particolarmente importante è quello della integrazione sistemica, che prevede una progettazione di sinergia tra dispositivi indossabili,

infrastruttura IoT e Cloud sicuri, e interfacce utente in una logica di ecosistema scalabile. Tali aspetti dipendono fortemente dalle conoscenze ottenute non solo attraverso l'analisi della letteratura e il benchmarking delle soluzioni esistenti, ma soprattutto grazie al dialogo continuo con gli stakeholder e con il loro coinvolgimento nel processo progettuale secondo un approccio partecipativo.

Tuttavia, la validazione ha consentito di identificare anche criticità che richiedono una riflessione più ampia sul rapporto tra umani e tecnologia.

La criticità di maggior peso risulta quella dell'accettazione della tecnologia indossabile da parte degli anziani, che dipende principalmente dal senso di comfort, dignità e percezione di autonomia che la tecnologia impiegata è in grado di garantire. Dal punto di vista degli operatori, una possibile criticità è rappresentata dal rischio di sviluppare una forma di tecnodipendenza: un uso eccessivo di algoritmi predittivi potrebbe ridurre la capacità critica del personale sanitario, incorrendo nel rischio di sopravvalutare o sottovalutare dati restituiti dal sistema (che potrebbero scaturire in falsi negativi o falsi positivi). Attualmente, infatti, il grado di esperienza degli operatori

Fig. 2

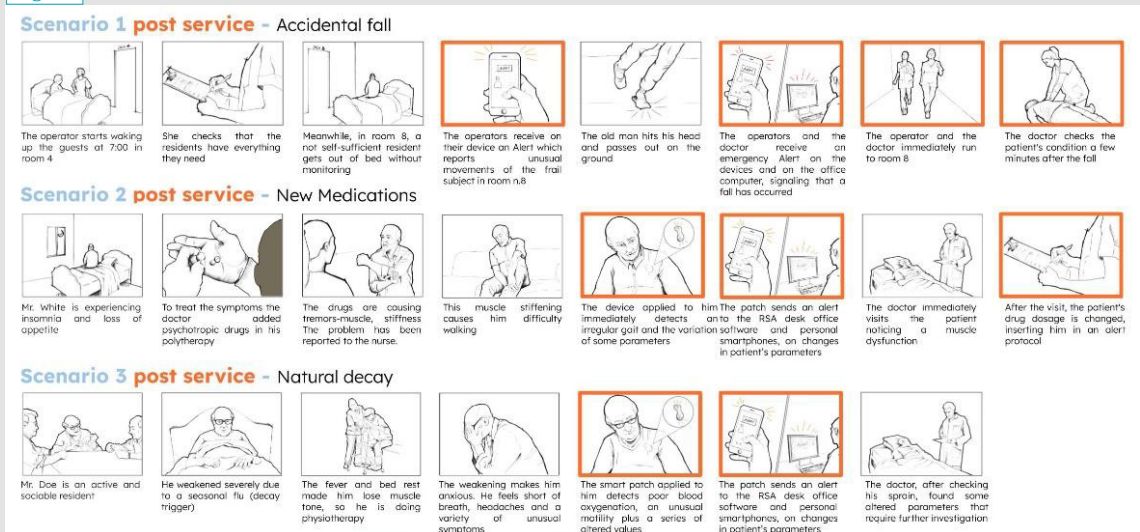


Fig. 2. Scenari d'impiego del sistema SPHead. Dal paper "Designing for Better Care in Nursing Homes: Improving Staff Experience through a Smart Caregiver-Oriented Wearable System" (doi.org/10.18848/2325-1328/CGP/v17i02/71-89).
[© Angela Giambattista, Elisa L'An-
giocola, Camilla Gironi, Loredana Di
Lucchio]

è uno degli elementi chiave che garantiscono la prontezza e l'efficacia di interventi volti al benessere degli ospiti, e demandare questa capacità a un sistema tecnologico potrebbe avere ripercussioni non desiderabili sull'effettiva capacità dell'operatore umano e sulla sua crescita professionale nel lungo termine. Inoltre, la governance dei dati richiede solide garanzie di sicurezza, interoperabilità e trasparenza, elementi che, se mancanti o compromessi, rappresentano uno dei principali fattori di resistenza o abbandono dell'uso di sistemi tecnologici nel contesto sanitario.

Alla luce di tali considerazioni, la sfida futura dell'ulteriore

sviluppo del progetto consisterà nel coniugare innovazione tecnologica ed equità sociale, assicurando che la sorveglianza digitale non comprometta privacy, autonomia e dignità, seguendo una prospettiva di sviluppo tecnologico di ecosistemi di cura centrati sulla persona, in cui la tecnologia diventa strumento di empowerment, non di controllo.

References

- Anderson, W.T. (2003) 'Augmentation, symbiosis, transcendence: technology and the future(s) of human identity', *Futures*, 35(5), pp. 535–546. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0016-3287\(02\)00097-6](https://doi.org/10.1016/S0016-3287(02)00097-6).
- Balsamo, A. (1995) *Technologies of the gendered body: reading cyborg women*. Durham, NC: Duke Univ. Press.
- Bethke, B. (1983) *Cyberpunk*.
- Bhaltadak, V., Ghewade, B. and Yelne, S. (2024) 'A Comprehensive Review on Advancements in Wearable Technologies: Revolutionizing Cardiovascular Medicine', *Cureus* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.7759/cureus.61312>.
- Clynes, M.E. and Kline, N.S. (1960) 'Cyborgs and Space', *Astronautics*, 14(9), pp. 26–27.
- DeCook, J.R. (2021) 'A [White] Cyborg's Manifesto: the overwhelmingly Western ideology driving technofeminist theory', *Media, Culture & Society*, 43(6), pp. 1158–1167. Available at: <https://doi.org/10.1177/0163443720957891>.
- Deleuze, G. (1990) 'Post-scriptum sur les sociétés de contrôle', *L'autre journal* [Preprint].
- Dery, M. (ed.) (1994) *Flame Wars: the Discourse of Cyberculture*. Durham, NC: Duke University Press.
- Feenberg, A. (2006) *Questioning Technology*. London: Routledge.
- Forlano, L. and Glabau, D. (2024) *Cyborg*. The MIT Press. Available at: <https://doi.org/10.7551/mitpress/13864.001.0001>.
- Foucault, M. (1975) 'Surveiller et Punir', Paris, France: Gallimard [Preprint].
- Gibson, W. (1984) *Neuromancer*.
- Giambattista, A. et al. (2023) 'Designing for Better Care in Nursing Homes: Improving Staff Experience through a Smart Caregiver-Oriented Wearable System', *The International Journal of Design in Society*, 17(2), pp. 71–89. Available at: <https://doi.org/10.18848/2325-1328/CGP/v17i02/71-89>.
- Guler, S.D., Gannon, M. and Sicchio, K. (2016) *Crafting Wearables*. Berkeley, CA: Apress. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-1808-2>.
- Hamraie, A. and Fritsch, K. (2019) 'Crip Technoscience Manifesto', *Catalyst: Feminism, Theory, Technoscience*,

5(1), pp. 1–33. Available at: <https://doi.org/10.28968/cftt.v5i1.29607>.

Haraway, D. (1985) 'A Manifesto for Cyborgs: Science, Technology, and Socialist Feminism in the 1980s', *Socialist Review*, 15.

Haraway, D. (1991) *Simians, cyborgs, and women: the reinvention of nature*. New York: Routledge.

Haraway, D. (2016) *Staying with the Trouble: Making Kin in the Chthulucene*. Duke University Press, p. dup;9780822373780/1. Available at: <https://doi.org/10.1215/9780822373780>.

Hayles, N.K. (1999) *How We Became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics*. University of Chicago Press.

Horkheimer, M. and Adorno, T.W. (1947) *Dialektik der Aufklärung: Philosophische Fragmente*.

Huber, J. et al. (2018) *Assistive augmentation*. Springer.

Hughes, J. (2018) 'Human Augmentation and the Age of the Transhuman', in T.J. Prescott, N. Lepora, and P.F.M.J. Verschure (eds) *Living Machines: A Handbook of Research in Biomimetic and Biohybrid Systems*. Oxford University Press.

Hui, Y. (2022) *The question concerning technology in China: an essay in cosmotechnics*. Third corrected edition. Falmouth: Urbanomic (Mono, 003).

Iqbal, S.M.A. et al. (2021) 'Advances in healthcare wearable devices', *npj Flexible Electronics*, 5(1), p. 9. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41528-021-00107-x>.

Johar Schueller, M. (2005) 'Analogy and (White) Feminist Theory: Thinking Race and the Color of the Cyborg Body', *Signs: Journal of Women in Culture and Society*, 31(1), pp. 63–92. Available at: <https://doi.org/10.1086/431372>.

Kafer, A. (2013) 'The Cyborg and the Crip: Critical Encounters', in *Feminist, Queer, Crip*. Indiana University Press, pp. 103–128. Available at: <http://www.jstor.org/stable/j.ctt16gz79x.10> (Accessed: 21 June 2025).

Latour, B. (1994) *We have never been modern*. 3. print. Cambridge, Mass: Harvard Univ. Press.

Liu, L. and Zhang, X. (2022) 'A Focused Review on the Flexible Wearable Sensors for Sports: From Kinematics to Physiologies', *Micromachines*, 13(8), p. 1356. Available at: <https://doi.org/10.3390/mi13081356>.

Mann, S. (1996) 'Smart clothing: the shift to wearable computing', *Communications of the ACM*, 39(8), pp. 23–24. Available at: <https://doi.org/10.1145/232014.232021>.

Mann, S. (1997) 'Wearable computing: a first step toward personal imaging', *Computer*, 30(2), pp. 25–32. Available at: <https://doi.org/10.1109/2.566147>.

Marcuse, H. (1964) *One-Dimensional Man. Studies in the Ideology of Advanced Industrial Society*. Beacon Press.

Mate, K.K.V. et al. (2023) 'Evidence for the Efficacy of Commercially Available Wearable Biofeedback Gait Devices: Consumer-Centered Review', *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, 10, p. e40680. Available at: <https://doi.org/10.2196/40680>.

McLuhan, M. (1964) *Understanding Media: The Extensions of Man*.

Naranjo, J.E. et al. (2025) 'Wearable Sensors in Industrial Ergonomics: Enhancing Safety and Productivity in Industry 4.0', *Sensors*, 25(5), p. 1526. Available at: <https://doi.org/10.3390/s25051526>.

Plant, S. (1997) *Zeros + Ones: Digital Women + the New Technoculture*.

Reeve, D. (2012) 'Cyborgs, Cripples and iCrip: Reflections on the Contribution of Haraway to Disability Studies', in D. Goodley, B. Hughes, and L. Davis (eds) *Disability and Social Theory*. London: Palgrave Macmillan UK, pp. 91–111. Available at: https://doi.org/10.1057/9781137023001_6.

Rhodes, B. and Mase, K. (2006) 'Wearables in 2005', *IEEE Pervasive Computing*, 5(1), pp. 92–95. Available at: <https://doi.org/10.1109/MPRV.2006.21>.

de-la-Fuente-Robles, Y.-M. et al. (2022) 'Past, Present and Future of Research on Wearable Technologies for Healthcare: A Bibliometric Analysis Using Scopus', *Sensors*, 22(22), p. 8599. Available at: <https://doi.org/10.3390/s22228599>.

Shew, A. (2018) 'Disabled People in Space – Becoming Interplanetary', *Technology and Disability*, October. Available at: <https://techanddisability.com/2018/10/14/disabled-people-in-space-becoming-interplanetary/>.

Sivakumar, C.L.V., Mone, V. and Abdumukhtor, R. (2024) 'Addressing privacy concerns with wearable health monitoring technology', *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 14(3), p. e1535. Available at: <https://doi.org/10.1002/widm.1535>.

Star, S.L. (1990) 'Power, Technology and the Phenomenology of Conventions: On being Allergic to Onions', *The Sociological Review*, 38(1_suppl), pp. 26–56. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1467-954X.1990.tb03347.x>.

Stephenson, N. (1994) *Snow Crash*. Penguin UK.

Sterling, B. (1986) *Mirrorshades: the Cyberpunk Anthology*. New York: Arbor House.

Takaki, K. et al. (2023) 'asEars: Designing and Evaluating the User Experience of Wearable Assistive Devices for Single-Sided Deafness', in *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI '23: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Hamburg Germany: ACM, pp. 1–17. Available at: <https://doi.org/10.1145/3544548.3580840>.

Waisbourd, M. et al. (2019) 'The Effect of an Innovative Vision Simulator (OrCam) on Quality of Life in Patients with Glaucoma', *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 113(4), pp. 332–340. Available at: <https://doi.org/10.1177/0145482X19869797>.

Wajcman, J. (2004) *TechnoFeminism*. Cambridge: Polity.

Warwick, K. (2003) 'Cyborg morals, cyborg values, cyborg ethics', *Ethics and Information Technology*, 5(3), pp. 131–137. Available at: <https://doi.org/10.1023/B:ETIN.0000006870.65865.cf>.

Wiener, N. (1948) *Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine*. John Wiley.

Winner, L. (1980) 'Do Artifacts Have Politics?', *Daedalus*, 109(1), pp. 121–136.

Wynter, S. (2003) 'Unsettling the Coloniality of Being/Power/Truth/Freedom: Towards the Human, After Man, Its Overrepresentation--An Argument', *CR: The New Centennial Review*, 3(3), pp. 257–337. Available at: <https://doi.org/10.1353/ncr.2004.0015>.

Zuboff, S. (2021) *Il Capitalismo della Sorveglianza. Il Futuro dell'Umanità nell'Era dei Nuovi Poteri*. Quarta ristampa. Translated by P. Bassotti. Roma: Luiss University Press.

PARTE II

UN AMBITO DI INDAGINE PER LA DESIGN RESEARCH

THE AUGMENTED HUMAN CONDITION

ABSTRACT (INGLESE)

The chapter addresses the theme of Human Augmentation, analyzing how emerging technologies – from brain-computer interfaces to exoskeletons – have transformed the human condition from a posthuman perspective. By investigating the historical roots of enhancement, from ancient prosthetic practices to pioneering concepts of the latest generation, the continuity of the human desire to transcend its own limits is highlighted. Human Augmentation is described as a multidimensional field, articulated into cognitive, physical, and sensory enhancements, yet inevitably interconnected with emotional, social, and spiritual dimensions. Through the analysis of case studies, the chapter shows how augmentative devices do not merely address functional needs, but are capable of reorganizing subjective experience, redrawing the boundaries between the natural and the artificial. Within this domain of human transformation, the role of Design – called upon to balance technological performance with usability, comfort, and ethical-social implications, thus overcoming merely engineering-driven approaches – is investigated, emphasizing how design is assuming an epistemological and political value, as it shapes not only practices and interactions but also the very ontology of the augmented body. The chapter therefore proposes to interpret Human Augmentation as a process of open, interdependent, and continuously evolving technological speciation.

CAPITOLO 4 LA CONDIZIONE UMANA AUMENTATA

ABSTRACT

Il capitolo affronta il tema della Human Augmentation, analizzando come le tecnologie emergenti – dalle interfacce cervello-computer agli esoscheletri – abbiano trasformato la condizione umana in una prospettiva postumana. Indagando le radici storiche del potenziamento, dalle pratiche protesiche antiche ai concetti pionieristici di ultima generazione, viene evidenziata la continuità del desiderio umano di superare i propri limiti. La Human Augmentation viene descritta come un campo multidimensionale, articolato in potenziamenti cognitivi, fisici e sensoriali, ma inevitabilmente interconnesso anche con le dimensioni emotive, sociali e spirituali. Attraverso l'analisi di casi studio, il capitolo mostra come i dispositivi aumentativi non si limitano a risolvere bisogni funzionali, ma sono in grado di riorganizzare l'esperienza soggettiva, ridisegnando i confini tra naturale e artificiale. Il ruolo del Design, chiamato a bilanciare performance tecnologiche con usabilità, comfort e implicazioni etico-sociali, superando approcci meramente ingegneristici, viene investigato in questo ambito di trasformazione umana, evidenziando come la progettazione stia assumendo un valore epistemologico e politico, in quanto capace di modellare non solo pratiche e interazioni, ma l'ontologia stessa del corpo aumentato. Il capitolo propone pertanto di interpretare la Human Augmentation come un processo di speciazione tecnologica aperta, interdependente e in continua evoluzione.

4.1 Human Augmentation

La nuova condizione cyborg in questa era di computazione pervasiva si innesta su avanzamenti tecnologici che stanno iniziando a portare le capacità umane oltre i loro limiti naturali (Caon, Menuz and Roduit, 2016). In realtà, il miglioramento e il potenziamento delle capacità umane sono pratiche insite nella natura umana, che da sempre ha cercato di modificare il proprio corpo e l'ambiente circostante per aumentare le proprie probabilità di successo. Come evidenziato da Alicea, la storia dello sviluppo umano è disseminata di esempi di interventi volti al potenziamento della propria condizione (Alicea, 2018).

Le pratiche del potenziamento diventano oggi decisamente più evidenti e assumono un nuovo significato alla luce dei rapidi progressi tecnologici che caratterizzano questa era cyborg. La modifica del corpo umano e il condizionamento delle sue abilità attraverso la tecnologia, in tutte le sue svariate forme, sono alla base di un campo di ricerca emergente che incapsula a livello pratico la definizione della condizione postumana di ibridi umano-macchina, la Human Augmentation.

Le radici di questo campo di ricerca affondano nella storia dell'umanità, con esempi che vanno dagli antichi dispositivi protesici alle lenti correttive. Tuttavia, è con l'avvento delle nanotecnologie, della bioingegneria e dell'intelligenza artificiale che questo campo ha acquisito una nuova dimensione, offrendo strumenti sempre più sofisticati per intervenire sul corpo e la sua complessità. Le recenti innovazioni tecnologiche, quali le interfacce cervello-computer (BCI), gli ambienti virtuali (VE) ad alta risoluzione, o i dispositivi biomeccatronici (per citare solo alcuni esempi), hanno reso il concetto di cyborg una realtà tecnologicamente esplicita.

L'evoluzione della Human Augmentation tuttavia non si configura come un improvviso balzo tecnologico, ma piuttosto come una traiettoria continua e accelerata, profondamente radicata nel desiderio millenario dell'umanità di espandere le proprie capacità. I primi quadri teorici emersi negli anni Sessanta, in particolare il concetto

di “Intelletto Aumentato” (Engelbart, 1962) e il concetto di “Memex” (Bush, 1945), hanno gettato le basi per un progetto concettuale che ha anticipato molti degli sviluppi moderni della Human Augmentation, dimostrando una notevole lungimiranza riguardo alla simbiosi umano-macchina, che nel secolo scorso si focalizzava principalmente sulla ibridazione con il computer.

In uno dei primi framework concettuali sul tema, Engelbart (1962) ha definito esplicitamente l’aumento dell’intelletto umano e ha dettagliato le fasi storiche delle capacità intellettuali umane, dalla manipolazione dei concetti alla manipolazione automatizzata dei simboli esterni, citando il “Memex” di Bush (1945) come precursore chiave della ibridazione con i sistemi computazionali, teorizzata per la prima volta da Licklider nel concetto di “Man-Computer Symbiosis” (Licklider, 1960).

La continuità della modificazione del corpo e delle sue abilità riscontrata nel corso della storia umana suggerisce che le sfide e le opportunità fondamentali in questo campo non sono esclusivamente legate alla tecnologia, ma anche profondamente concettuali e incentrate sulla natura umana, sul contesto e sulla società.

Comprendere questa discendenza storica aiuta a identificare temi persistenti, come il sovraccarico di informazioni, la gestione del carico cognitivo e la collaborazione umano-macchina, che rimangono centrali nella ricerca sulla Human Augmentation, indipendentemente dal mezzo tecnologico specifico.

Ciò implica altresì che il futuro sviluppo di dispositivi in grado di concretizzare il concetto di postumano come ibrido umano-tecnologia dovrà concentrarsi non solo su nuove tecnologie, ma anche sul perfezionamento dei metodi e dei linguaggi attraverso i quali gli esseri umani interagiscono e integrano tale condizione aumentata nel proprio sé.

La pratica della Human Augmentation abbraccia diverse discipline e numerosi approcci metodologici, e si configura come tema di ricerca “ombrello” che abbraccia moltissime aree, tanto da rendere difficile la convergenza su un’unica definizione.

4.1.1 Definizioni e Inquadramento

Sebbene la quantità di contributi scientifici provenienti da varie discipline sia aumentata negli ultimi anni, si discute ancora su una definizione formalmente riconosciuta (Guerrero et al., 2022). In generale, può essere descritta come l'insieme di pratiche e discipline che si concentrano sulla creazione di miglioramenti cognitivi e fisici come parte integrante del corpo umano, aumentando le sue capacità naturali attraverso l'implementazione di dispositivi tecnologici. Questi interventi possono riguardare la sfera sensoriale (come il miglioramento della vista e dell'udito), motoria (come la forza fisica, la velocità e l'agilità) e cognitiva (come la memoria e la capacità di apprendimento) (Raisamo et al., 2019).

Alcuni ricercatori si riferiscono a questo campo anche come Human Enhancement, sebbene tale denominazione sia spesso legata a modifiche permanenti del corpo umano eseguite mediante interventi farmaceutici, genetici o chirurgici (Anderson, 2003). Questo insieme di discipline, al crocevia tra biologia, ingegneria, etica e filosofia, si pone l'ambizioso obiettivo di superare i limiti naturali dell'organismo umano, aprendo nuove prospettive per le prestazioni di quest'ultimo, incidendo, ad esempio, su una nuova concezione di benessere.

La terminologia che circonda l'argomento è variegata e spesso utilizzata in modo intercambiabile, rendendo necessaria una chiara delineazione dei termini per una comprensione coerente del campo. Sebbene termini come Human Augmentation, Augmented Humanity e Human Enhancement siano spesso usati in modo intercambiabile, un'analisi più approfondita rivela differenze sottili ma significative nel loro scopo ed enfasi, in particolare per quanto riguarda il grado di integrazione con il corpo umano e il dominio target dell'aumento (Fig. 1). Prendendo in esame le più recenti literature review sul tema, emergono diverse prospettive e definizioni.

Human Augmentation (HA): Alicea (2018) descrive l'HA come un campo che abbraccia diverse aree tecniche e approcci metodologici volti a ottimizzare e controllare gli stati cognitivi, implicando una comprensione della plasticità biologica, dei processi cognitivi dinamici e dei sistemi adattivi (Alicea, 2018). Ho et al. (2022) definiscono le Human Augmentation Technologies (HAT) come tecnologie che migliorano le funzioni umane facilitando risultati che vanno oltre le capacità attuali (Ho et al., 2022). Fernandes (2016) distingue

la “vera” Human Augmentation come una tecnologia che penetra il corpo umano (ad esempio, attraverso impianti), contrapponendola ai dispositivi indossabili che offrono solo un “accesso aumentato” (Fernandes, 2016). Pur riferendosi al solo dominio cognitivo/intellettuale, Engelbart (1962) lo ha definito come “l’aumento della capacità di un uomo di affrontare una situazione problematica complessa, di acquisire una comprensione adatta alle sue particolari esigenze e di derivare soluzioni ai problemi”. Ciò implica un “modo di vivere in un dominio integrato” dove l’intuizione umana coesiste con concetti potenti e ausili elettronici (Engelbart, 1962).

Augmented Humanity (AH): Guerrero et al. (2022) propongono una definizione formale: “L’umanità aumentata è una tecnologia di integrazione umano-computer che si propone di migliorare la capacità e la produttività modificando o aumentando i normali intervalli della funzione umana attraverso il ripristino o l’estensione delle capacità fisiche, intellettuali e sociali umane” (Guerrero et al., 2022). Questa definizione risulta essere una delle più complete, tuttavia gli autori hanno notato che il termine AH è stato coniato nel 2010 per definire un campo interdisciplinare legato alla Realtà Aumentata (AR), ma distinto, dove l’AR potrebbe essere un mezzo per creare un essere umano aumentato. Anche Caon et al. (2016) utilizzano il termine Augmented Humanity nel contesto dei dibattiti socio-etici sulle tecnologie di potenziamento umano (Caon, Menuz and Roduit, 2016). Questa definizione è particolarmente interessante in quanto evidenzia la portata di questa evoluzione tecnologicamente mediata proprio a livello di umanità intesa come specie.

Human Enhancement (HE): Caon et al. (2016) definiscono genericamente l’HE come “il miglioramento, l’ampliamento o la creazione di capacità umane, prima o dopo la nascita, attraverso l’uso di vari tipi di tecnologie legate a molti campi della scienza” (Caon, Menuz and Roduit, 2016). Nella loro analisi, distinguono tra potenziamenti “tradizionali” (ad esempio, strumenti, formazione) e “moderni” (ad esempio, nanotecnologie, ingegneria genetica, robotica, scienze cognitive), riconoscendo in questi ultimi una particolare caratterizzazione di progressiva integrazione con il corpo umano.

La molteplicità delle definizioni evidenzia una sovrapposizione concettuale. Sebbene il filo conduttore sia il miglioramento o l’estensione delle capacità umane, l’enfasi di Fernandes sulla penetrazione

corporea e i potenziamenti moderni di Caon et al. introducono una distinzione critica riguardo al target dell'aumento (esterno VS interno). La definizione di Guerrero et al., sebbene esaustiva, è una proposta di formalizzazione, che tuttavia necessita ancora di una generale accettazione e adozione, il che evidenzia continuo flusso definitorio del campo continuo, e che probabilmente evolverà con l'evolvere delle tecnologie di aumento e, di conseguenza, della natura umana. Questo è evidente ad esempio considerando la definizione originale di Engelbart, che è limitata alla sfera cognitiva in quanto figlia del suo tempo, un'epoca in cui la computazione stava innescando una vera e propria rivoluzione. Le definizioni successive si espandono invece anche al dominio fisico, sensoriale e sociale, includendo le varie nuove tecnologie emerse negli ultimi anni che non si concentrano più solo su un nuovo concetto di cognizione basata sulla interazione con i computer, ma su una vera e propria integrazione corporea e olistica con le tecnologie.

L'ambiguità definitoria determina inevitabilmente una difficoltà nell'analisi completa e onnicomprensiva della letteratura affine al tema, soprattutto in considerazione del fatto che molti dei contributi in ambito Human Augmentation spesso non vengono esplicitamente inseriti sotto questo ombrello di conoscenze e pratiche. Pertanto, nella revisione della letteratura si è rivelato necessario indagare la letteratura sottostante delle varie categorie tecnologiche che vengono abbracciate da questo campo interdisciplinare di ricerca.

Fig. 1. Tabella comparativa delle principali differenze tra Human Augmentation e Human Enhancement.

Fig. 1

Categoria	Human Augmentation	Human Enhancement
Obiettivo primario	Estendere funzionalità generali o specifiche secondo le esigenze	Potenziare per raggiungere una versione perfetta dell'essere umano
Modalità di intervento	Esterna o meccatronica, con dispositivi che si interfacciano con il corpo	Interna o farmacologica, con interventi che agiscono su biologia e fisiologia
Ontologia del soggetto	Essere umano aumentato attraverso l'impiego di tecnologie	Essere umano modificato in modo irreversibile
Impronta filosofica	Postumanesimo funzionale (ampliare capacità attraverso artefatti)	Transumanesimo ontologico (creare capacità super-umane)

4.1.2 Livelli e Dimensioni

Le tecnologie di Human Augmentation vengono generalmente classificate sulla base del loro scopo, o livello specifico, ovvero sostituire, assistere o aumentare una o più capacità dell'essere umano. La sostituzione riguarda l'impiego di tecnologie con finalità restaurative che hanno lo scopo di rimpiazzare funzioni biologiche perdute, come nel caso delle protesi mioelettriche, degli impianti cocleari o delle retine artificiali. Il livello assistivo, invece, include dispositivi e sistemi progettati per supportare le capacità umane senza sostituirle, come esoscheletri industriali, bastoni intelligenti o interfacce adattative, con l'obiettivo di ridurre lo sforzo e incrementare l'efficienza. Il livello aumentativo si riferisce al potenziamento delle capacità oltre i limiti biologici naturali, mediante tecnologie come le interfacce cervello-computer, la neurostimolazione o gli esoscheletri ad alta prestazione, implicando una trasformazione dell'umano che solleva rilevanti questioni etiche e sociali. Questi tre livelli costituiscono una tassonomia funzionale utile per analizzare criticamente l'evoluzione tecnologica e le sue implicazioni, tuttavia mostrando talvolta una sfumatura nella categorizzazione netta – ad esempio, protesi degli arti inferiori ultra-performanti (si pensi al caso dell'atleta Oscar Pistorius) dimostrano come il livello sostitutivo, quello assistenziale e quello aumentativo possano convergere in un'unica soluzione tecnologica.

L'espansione delle abilità umane attraverso tecnologie di Human Augmentation attraversa inoltre una moltitudine di dimensioni, generalmente riconosciute in tre macro-categorie: cognitivo, fisico e sensoriale. Inoltre, di recente negli studi sul tema si comincia ad avanzare l'ipotesi che anche altre dimensioni vengono influenzate da queste tecnologie, come ad esempio quella sociale (De Boeck and Vaes, 2021). Nella logica del presente lavoro di ricerca, concentrato sulla prospettiva postumana della co-evoluzione delle tecnologie e dell'umanità, tuttavia si propone di superare il tentativo di categorizzare in maniera netta i dispositivi di Human Augmentation, in quanto l'applicazione di una tecnologia a una determinata dimensione dell'umano è inevitabilmente destinata a influenzare anche le altre dimensioni (tutte o una parte di esse), in quanto l'approccio postumano alla speciazione tecnologica è olistico, e il sistema umano è un progetto aperto, interdipendente e plurale. Infatti, il potenziamento umano non riguarda semplicemente mi-

glioramenti funzionali isolati, ma rappresenta una trasformazione olistica e multidimensionale della condizione umana, disintegrando i confini dicotomici tra corpo e mente. Il principale interesse del presente studio è evidenziare che il potenziamento di una o più dimensioni si espande in qualche misura anche ai domini emotivo, morale e spirituale dell'individuo, denotando un passaggio dal potenziamento puramente utilitaristico a una reingegnerizzazione dell'esperienza soggettiva e degli aspetti fondamentali dell'essere umano.

Al fine di mantenere una continuità logica e di nomenclatura con la letteratura sul tema, di seguito sono esplorate le tre principali dimensioni identificate e generalmente accettate dalla comunità scientifica, suggerendo tuttavia che le categorie di dimensione vengano considerate come un punto di partenza del potenziamento che, solitamente, sono indirizzate a una dimensione principale del sistema individuo.

1. Il Decennio del Cervello, o Decade of the Brain, è stato istituito per il periodo 1990-1999 dal presidente degli Stati Uniti George H. W. Bush nell'ambito di un più ampio progetto di sensibilizzazione sui benefici derivanti dalla ricerca sul cervello umano. L'iniziativa ha incluso una varietà di attività, tra cui pubblicazioni e programmi volti a presentare ai membri del Congresso, ai loro collaboratori e al grande pubblico la ricerca d'avanguardia sul cervello umano e a incoraggiare il dialogo pubblico sulle implicazioni etiche, filosofiche e umanistiche di queste scoperte.

Cognitivo

Il potenziamento delle capacità cognitive trova le sue fondamenta storiche nel lavoro di Douglas Engelbart, pioniere del concetto di Intelletto Aumentato (Engelbart, 1962), che avrebbe successivamente contribuito agli avanzamenti scientifici e tecnologici del cosiddetto “Decennio del Cervello”¹ negli anni Novanta. Engelbart immaginava la tecnologia come un mezzo per migliorare le capacità intellettuali umane, sostenendo che i computer potessero essere utilizzati non solo come strumenti di calcolo, ma come sistemi che potenziano i processi cognitivi come la memoria, la comprensione e il processo decisionale. Il suo lavoro ha introdotto concetti chiave come l'uso di interfacce interattive, l'ipertesto e la risoluzione collettiva dei problemi attraverso la collaborazione in rete, anticipando l'internet moderno e il personal computing. Temi visionari che avrebbero fondato le basi della moderna Interazione Umano-Computer (Human-Computer Interaction – HCI). La visione di Engelbart era radicata nella convinzione che la complessità delle sfide globali richiedesse strumenti intellettuali potenziati per essere gestite e risolte, rendendo il suo lavoro una pietra miliare nella continua ricerca di amplificare il potenziale umano attraverso la tecnologia. Questa prospettiva ha ispirato nuovi avanzamenti della conoscenza e sperimentazioni applicative negli anni Duemila, tra cui il programma di Cognizione Aumentata (Augmented Cognition – AugCog) della Defense Advance Research Projects Agency (DARPA), che mirava a migliorare le prestazioni cognitive umane sviluppando tecnologie che si adattassero e estendessero le capacità naturali del cervello (Schmorrow and Kruse, 2002; Stanney et al., 2009). Basato sulla neuroscienza e sul calcolo avanzato, il programma cercava di creare sistemi in grado di monitorare e interpretare in tempo reale gli stati cognitivi, come l'attenzione, il carico di memoria e l'affaticamento decisionale, al fine di ottimizzare l'interazione umano-computer. Integrando Interfacce Cervello-Computer (Brain-Computer Interfaces – BCI), software adattivi e sensori fisiologici, AugCog si proponeva di ridurre il sovraccarico cognitivo, migliorare la consapevolezza situazionale e ottimizzare il processo decisionale in contesti complessi come le operazioni militari. Le innovazioni del programma hanno contribuito a svolte importanti nel campo della neurotecnologia, aprendo la strada a una integrazione simbiotica tra umani e macchine. Questa integrazione ha permesso di tracciare nuove direzioni di ricerca anche nella comprensione della natura umana stes-

sa e della straordinaria profondità del cervello. Infatti, lo sviluppo di interfacce HCI basate su misurazioni cerebrali in tempo reale, di valutazioni dello stato cognitivo e l'adozione di un modello a ciclo chiuso formalizzato ha aperto nuove prospettive nella definizione delle prestazioni umane e dei meccanismi di funzionamento del cervello (Stanney et al., 2009), consentendo approcci adattivi all'allocazione dei compiti tramite sistemi computazionali (Prinzel et al., 2000). L'avanzamento della ricerca neuroscientifica in questi anni ha consentito un rapido e crescente sviluppo delle neurotecnologie, che spaziano oggi da dispositivi per il monitoraggio delle prestazioni cerebrali, per il controllo e l'interazione con computer e macchine, e addirittura per la fusione con sistemi di intelligenza esterne.

Brain-Computer Interfaces (BCI)

Il potenziamento delle capacità cognitive non si limita solo a espandere il ragionamento, la creatività o l'apprendimento. Infatti, è possibile identificare diversi approcci innovativi al potenziamento della cognizione umana a livello neurale. Tra questi, la possibilità di controllare ambienti virtuali attraverso misurazioni dell'elettroencefalogramma (EEG) (Wolpaw, 2002; Machado et al., 2010), manovrare arti virtuali (Ifft et al., 2013), dispositivi protesici (Hochberg et al., 2006; O'Doherty et al., 2011), e dispositivi per la mobilità assistita (Muhammad Kabeer, Megalingam and Sakthiprasad, 2024). Questo tipo di dispositivi è ancora in fase di crescita, con un sempre più attivo interesse negli sforzi per la loro ricerca e il loro sviluppo sia nella comunità scientifica sia nel mondo industriale. La principale sfida per questi dispositivi è quella di raggiungere un livello di sviluppo che gli permetta di superare l'ambiente di laboratorio ed entrare nel mercato. Questa difficoltà, che dipende largamente non solo dalle possibilità di trasferimento tecnologico piuttosto sfidanti, ma anche dalla complessità della ricerca in materia di cognizione umana. Pertanto, i dispositivi oggi disponibili agli utenti sono generalmente molto costosi, anche se si sta osservando un movimento di sviluppo open-source che mira ad abbattere i prezzi e portare nelle mani dei maker e dei ricercatori il potere di guidare l'evoluzione delle interfacce neurali, conosciute largamente come Brain-Computer Interfaces (BCI).

Un esempio fra tutti è quello di OpenBCI, un'azienda americana

Fig. 2



Fig. 2. Galea è una piattaforma hardware e software avanzata che unisce la realtà mista (MR) con la neurotecnologia, consentendo la misurazione simultanea di vari segnali fisiologici e neurologici attraverso la combinazione di sensori per EEG, EMG, EDA, PPG e eye tracking. [© OpenBCI]

Fig. 3

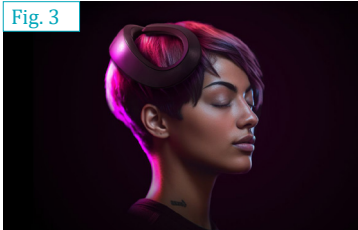


Fig. 3. The Crown crea un ciclo di feedback continuo tra il cervello umano e il dispositivo, utilizzando musica e altri suoni per guidare il raggiungimento di stati mentali desiderati. [© Neurosity]

che sviluppa hardware e software open-source per l'acquisizione e l'analisi dei segnali biopotenziali, sia basati su EEG (elettroencefalografia), sia su EMG (elettromiografia), ma anche su ECG (elettrocardiografia). Fondata con l'obiettivo di rendere la neurotecnologia accessibile, OpenBCI è molto popolare tra ricercatori, artisti, maker e sviluppatori che lavorano nel campo della Brain-Computer Interface, della neuroscienza sperimentale e delle applicazioni interattive proprio grazie alla sua natura aperta, e alla modularità e flessibilità d'uso dei suoi strumenti hardware e software. Alcuni suoi headset disponibili sul mercato, di cui Galea (Fig. 2) è uno dei più recenti, sono molto apprezzati nell'ambiente di ricerca e sviluppo a vari livelli, pur tuttavia riconoscendo alcune limitazioni nel loro approccio quali la necessità di una formazione molto specifica e profonda per il loro utilizzo e la forte dipendenza della qualità del segnale dal posizionamento e dalla configurazione degli elettrodi.

Attualmente, gran parte dei dispositivi BCI non invasivi disponibili sul mercato o con un livello di avanzamento sufficiente da permettere vari scenari d'uso si basa proprio sull'acquisizione di EEG come metodo di input. I sensori di EEG catturano l'attività elettrica del cervello, che costituisce appunto l'input per il sistema BCI, il quale interpreta questi dati utilizzando algoritmi e apprendimento automatico per determinare l'intento dell'utente. L'output del sistema è generalmente un'azione, come ad esempio spostare un cursore, selezionare una parola o interagire con un gioco. Questo chiarimento è importante in quanto sottolinea che, pur non avvenendo sempre nel mondo reale e fisico, un'azione mediata dalla tecnologia costituisce un'abilità. Infatti, il ragionamento, il linguaggio, l'attenzione sono azioni cognitive che possono essere potenziate, sostituite o supportate da dispositivi tecnologici.

Nel caso ad esempio della concentrazione, un esempio è costituito dal dispositivo The Crown (Fig. 3) prodotto da Neurosity. Questo BCI è stato progettato per sviluppatori, appassionati di produttività e ricercatori nel campo delle neurotecnologie. Attraverso otto sensori EEG che misurano in maniera continua l'attività cerebrale, The Crown impiega algoritmi di apprendimento automatico per interpretare stati mentali come la concentrazione e il rilassamento. Questo dispositivo è probabilmente tra quelli con una maggiore attenzione in termini di piacevolezza estetica, di accessibilità e di comfort di indossabilità, implementando un'estetica moderna (molto lontana dai tipici fattori di forma degli headset basati su EEG

tradizionali) e funzionalità wireless. Tuttavia, i suoi meccanismi di feedback chiuso sono orientati principalmente alla misurazione della produttività, il che implica una necessaria riflessione sulla possibile eccessiva quantificazione dell'attenzione e su un possibile sovraccarico cognitivo. Sebbene il dispositivo supporti lo sviluppo di applicazioni tramite codice open-source, la sua personalizzazione è limitata a utenti con competenze tecniche, pur tuttavia garantendo un certo grado di allineamento con lo specifico utente e le sue esigenze. È interessante notare come il monitoraggio costante degli stati neurali per aumentare la produttività possa tuttavia spostare l'attenzione dell'utente dalla consapevolezza di sé alla performance, una tensione al centro del dibattito sullo sviluppo di questo tipo di dispositivo.

Esistono inoltre numerosi tentativi di potenziamento di capacità cognitive non necessariamente incentrati sulla produttività, ma legati a esigenze di benessere, come ad esempio il sonno e la meditazione. Tra questi uno dei più celebri è il Muse S Athena (Fig. 4), prodotto dall'azienda Muse, una fascia multi-sensore che integra EEG, PPG (frequenza cardiaca) e accelerometri per fornire feedback in tempo reale e permettere all'utente di conoscere la qualità del proprio riposo e di allenare la capacità di meditare in sessioni programmabili. Il dispositivo guida l'utente attraverso sessioni meditative con segnali acustici legati all'attività cerebrale e corporea, con l'obiettivo di favorire la consapevolezza e ridurre lo stress. Tuttavia, proprio questa sua enfasi sulla misurazione della "buona" meditazione – basata su onde cerebrali "corrette" – può entrare in conflitto con i principi della mindfulness, che promuovono un'osservazione non giudicante. Benché sia commercializzato per il benessere generale, le implicazioni sulla privacy dei dati – soprattutto quelli neurali e fisiologici – sono ancora poco trasparenti. In chiave critica, Muse S Athena riflette le promesse e i rischi delle BCI consumer: se da un lato facilita l'auto-regolazione, dall'altro rischia di trasformare stati mentali profondi in cicli "gamificati" di feedback. Tra gli aspetti interessanti di questo dispositivo vi è l'introduzione di materiali flessibili e una morfologia adattabile (seppure estremamente minimale), caratteristica piuttosto rara nel mondo BCI e riconosciuta come uno dei principali fattori di resistenza all'adozione di queste tecnologie, generalmente rigide, ingombranti e poco confortevoli.

In linea generale, i dispositivi basati su misurazione e modulazione

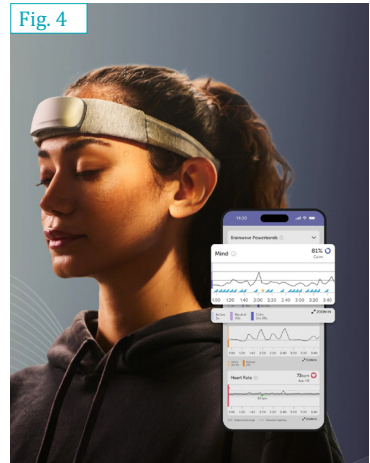


Fig. 4. Pensato come uno strumento di allenamento cognitivo, Athena S utilizza sensori avanzati per monitorare l'attività cerebrale, i livelli di ossigeno nel sangue, la frequenza cardiaca e il movimento, fornendo feedback in tempo reale e coaching personalizzato tramite l'app Muse. [© Muse]

Fig. 5



Fig. 5. MW75 Neuro sono le prime cuffie di livello consumer ad integrare sensori EEG e tecnologia BCI, consentendo di monitorare i livelli di concentrazione e fornire informazioni sull'attività cerebrale con un fattore forma largamente diffuso. [© Neurable]

di onde cerebrali e impulsi neurologici sono sempre stati progettati sulla base delle configurazioni sensoristiche possibili, nella gran parte dei casi necessariamente ridotte a veri e propri elmetti o caschi con elettrodi con vario grado di comfort. Gli avanzamenti più moderni stanno offrendo nuove possibilità di miniaturizzazione e di integrazione dei sensori in fattori di forma più ridotti, o anche più familiari per gli utenti. Un esempio di integrazione in questo senso sono le cuffie wireless MW75 Neuro (Fig. 5), nate dalla collaborazione tra Neurable e Master & Dynamic. Progettati per misurare in tempo reale il carico cognitivo e il livello di concentrazione dell'utente, i sensori EEG di questo dispositivo sono integrati in una forma familiare e di uso quotidiano, offrendo un significativo passo verso una neurotecnologia più invisibile e discreta. Il sistema di feedback, che può notificare cali di concentrazione e invitare l'utente a fare una pausa per "ricaricare il cervello", introduce forme di neuro-nudging che, se da un lato possono supportare la produttività, dall'altro possono aumentare la pressione sulla performance mentale. È importante notare come questo dispositivo, similmente agli altri BCI, sia principalmente ricercato e usato da utenti che hanno un particolare interesse personale nei confronti delle neurotecnologie, che faticano a espandersi nel mercato. L'inserimento della sorveglianza cognitiva in dispositivi di svago come questo potrebbe sollevare ulteriori resistenze all'adozione di questa tecnologia alla luce delle crescenti riflessioni etiche sulla privacy, il consenso e la normalizzazione del monitoraggio mentale.

Quello che è particolarmente interessante osservare nell'evoluzione dei dispositivi BCI è proprio questo tentativo di abbandonare la tradizionale morfologia di casco di sensori per sperimentare forme in grado di inaugurare una nuova direzione per il design del prodotto. Un esempio è AlterEgo (Fig. 6), un prototipo sviluppato dal MIT Media Lab, un'interfaccia vocale silenziosa che cattura segnali neuromuscolari da volto e mandibola quando l'utente sub-vocalizza, permettendo l'interazione con i computer senza parlare ad alta voce (Kapur, Kapur and Maes, 2018). A differenza delle tradizionali BCI basate su EEG, AlterEgo, progettato principalmente per persone con disabilità del linguaggio, funziona più come un'interfaccia periferica nervosa, appoggiandosi dietro l'orecchio fino al mento dell'utente in una forma sinuosa. Un dispositivo come questo mette in luce la necessità di personalizzare la tecnologia alla fisionomia dell'utente, ribadendo come il concetto di one-size-fits-all non sia

quasi mai applicabile all'ambito della Human Augmentation. Infatti, l'efficacia di questo dispositivo dipende da un posizionamento preciso e da un processo di addestramento, elementi che possono rappresentare ostacoli per utenti con anatomie facciali o condizioni neuromuscolari differenti. Un altro aspetto interessante da sottolineare è che la possibilità di comunicare senza parlare potrebbe instaurare dibattiti importanti sul confine tra pensiero e azione: AlterEgo infatti sfuma la linea tra dialogo interno e comando esterno, un dilemma progettuale che richiede attenzione per evitare affaticamento cognitivo o usi impropri.

Un altro esempio di forma innovativa è rappresentato dal progetto speculativo e artistico Agent Unicorn (Fig. 7) progettato da Anouk Wipprecht per bambini con ADHD. Il dispositivo combina sensori EEG con un corno di unicorno che si illumina in risposta ai livelli di attenzione, con l'obiettivo di rendere visibili e socialmente comprensibili le esperienze neurodivergenti. Come interfaccia espressiva, Agent Unicorn sfida l'inquadramento clinico dell'ADHD, esternalizzando gli stati cognitivi interni in modo giocoso e positivo, e rappresenta un esempio di progettazione empatica, che dà priorità alla consapevolezza del bambino e alla comprensione da parte dei coetanei. Dall'altro lato tuttavia, l'esternalizzazione dei dati di attenzione tramite segnali luminosi può portare a etichettamento sociale o stigma da parte degli altri bambini se non propriamente introdotta con un'attenta valorizzazione delle neurodivergenze. Nonostante il progetto non abbia come obiettivo una reale utilità clinica, il suo forte impatto visivo, il messaggio di inclusione, e la sua natura simbolica e artistica dimostrano il potenziale delle BCI come strumenti di empowerment più che di normalizzazione, una prospettiva estremamente interessante per il design del prodotto nel ripensare l'estetica e la dimensione sociale delle neurotecnologie.

Nella riflessione sui confini sfumati tra le dimensioni della Human Augmentation, è importante includere anche i sistemi BCI utilizzati per sostituire nervi e persino funzioni muscolari compromesse a seguito di lesioni. I più recenti avanzamenti tecnologici per il potenziamento umano manifestano una sfumatura tra le dimensioni corporee: il controllo di parti fisiche si sta sempre più spostando verso una evoluzione dei sistemi di comando a livello cerebrale per una sempre più naturale interazione e integrazione senza soluzioni di continuità con le componenti tecnologiche. Questo assotti-



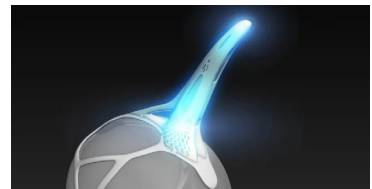
Fig. 6

Fig. 6. Interfaccia vocale silenziosa, AlterEgo consente agli utenti di comunicare con dispositivi e altre persone senza parlare o fare movimenti percepibili. [© MIT Media Lab]



Fig. 7

Fig. 7. Agent Unicorn attribuisce il concetto di fantasia e sogno al fattore forma di BCI, aprendo la strada a una categoria di prodotto più vicina ai bambini. [© Anouk Wipprecht e Igor Knezevic]



gliamento del confine tra dimensioni è evidenziato dallo sviluppo della Neuroprostetica, una branca delle Neuroscienze dedicata alla costruzione di protesi neurali, ovvero dispositivi indossabili o impiantabili che hanno lo scopo, ad esempio, di sostituire o assistere la funzionalità di organi sensoriali (la retina, il timpano, per citarne un paio) indebolita da eventuali compromissioni del sistema nervoso o del cervello. Si pensi ad esempio agli impianti cocleari, agli impianti retinici, o al pacemaker: questi dispositivi agiscono sull'impulso nervoso diretto agli organi, restituendo in modo parziale o totale la percezione dei rispettivi sensi. Tra gli esempi più emblematici vi è il sistema Neuralink che consiste in un chip impiantabile nel cervello, dotato di microfilamenti che si innestano nella materia cerebrale per captare gli impulsi e interagire con computer o macchine, tra cui protesi robotiche, attraverso il solo pensiero. Nella biomeccatronica in particolare si stanno osservando importanti avanzamenti per il controllo degli arti robotici attraverso input neuronali, senza ricorrere all'uso di impianti ma con sensori più sofisticati e integrati nell'arto stesso. Nuove strategie e avanguardie tecniche nella pratica biomedica, tra cui l'amputazione agonista-antagonista (sovrannominata "Ewing Amputation" in onore di Jim Ewing, il primo umano a subire questo innovativo tipo di amputazione) è un esempio che sta offrendo importanti prospettive nel campo della protesica e della neuroriabilitazione, aprendo la strada a opportunità di sviluppo di nuove tecnologie per la codifica e decodifica dei segnali cognitivi per il controllo di arti robotici, come in questo caso le interfacce mioneurali (AMI) (Clites et al., 2018; Herr and Carty, 2021).

Human-AI Integration

Come anticipato, il lavoro di Engelbart negli anni Sessanta ha gettato le basi della moderna concezione di Intelligenza Artificiale e di come questa possa costituire un potenziamento delle capacità cognitive umane. Con i recenti rapidi avanzamenti in questo campo di ricerca, nuove e diverse interazioni simbiotiche tra umano e IA stanno tracciando le linee di sviluppo di una integrazione volta non a sostituire l'umano, bensì a intercettare le debolezze intrinseche di una e dell'altra componente al fine di potenziarle per garantire un beneficio reciproco. Se fino agli inizi degli anni Duemila i campi della HCI e della AI sono stati considerati separati tra loro (Grudin,

2009), si osserva oggi come la capacità computazionale delle macchine si riveli particolarmente apprezzabile quando integrata in dispositivi, applicazioni e sistemi cibernetici in grado di dialogare con la componente umana in modo naturale e non intrusivo.

Gli ultimi progressi nel campo dell'Intelligenza Artificiale hanno portato sul mercato potenti applicazioni che rappresentano un primo sguardo al futuro dell'estensione della creatività umana attraverso la tecnologia. Sebbene non siano ancora integrati nel corpo umano, questi strumenti sono così potenti e le loro produzioni così efficaci che il concetto di creatività umana (*poiesis*) viene ora messo in discussione e il suo significato viene ridefinito alla luce di una condizione postumana (Marchesini, 2002). Il potenziamento della creatività umana è una delle possibilità offerte dalle tecnologie di integrazione con la IA, che possono essere considerate un risultato auspicabile se pensiamo alla creatività come a uno strumento che l'umano ha perfezionato per comunicare, risolvere problemi, prendere decisioni e progredire nella conoscenza. Tuttavia, è estremamente importante notare i più recenti sviluppi nella concezione di IA come un vero "companion", elevandola spesso alla stregua di mentore, voce della propria coscienza, partner, oracolo o persino una propria altra versione di se stessi. Ne è un esempio il progetto GPT-ME (Fig. 8) dell'artista Avital Meshi, iniziato nel 2023 e tuttora in corso: l'artista ha indossato il dispositivo ogni giorno per sei mesi nel periodo iniziale, impiegandolo in contesti quotidiani (treni, lezioni, conversazioni informali) così come in performance formali. Il dispositivo è dotato di microfono e pulsante attivabile, che registra brevi frammenti della realtà circostante, li trasforma in prompt e invia le risposte generate da GPT-4 direttamente all'orecchio dell'artista, che sceglie se pronunciarle o meno. Questo crea un vero e proprio "assemblaggio cognitivo umano-IA" (Meshi, 2024), dove Meshi diventa un corpo ibrido che interpreta, media, e incarna le parole della sua controparte artificiale, mettendo in discussione la distinzione tra pensiero indipendente e conoscenza generata da modelli statistici. Questo progetto è uno degli esempi più emblematici dell'evoluzione dell'identità umana mediata e incorporata dalle tecnologie, e invita a una riflessione multidisciplinare sulla convivenza tra intelligenze umane e non-umane sotto forma di corpo simbiotico come progetto aperto e in continua trasformazione. Tuttavia, evidenzia l'urgenza di costruire strategie di mitigazione e inquadramenti legislativi ed etici che permettano di guidare questa evoluzione verso realtà desiderabili.

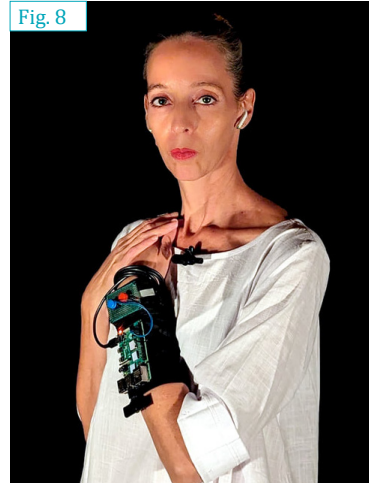


Fig. 8. GPT-Me si configura concettualmente come una sovrapposizione di identità artificiale e umana attraverso l'integrazione hardware-software con il corpo dell'artista. [© Avital Meshi]

Fisico

Il potenziamento fisico del corpo umano ha radici decisamente più antiche di quelle del potenziamento cognitivo, ma sta oggi acquisendo una nuova dimensione con l'avvento della scienza moderna e dell'avanzamento tecnologico. Dalle prime protesi rudimentali utilizzate nell'antico Egitto fino agli esoscheletri controllati elettronicamente sviluppati nel XXI secolo, l'obiettivo principale di questa dimensione delle Human Augmentation è sempre stato quello di superare i limiti biologici naturali, sia per compensare sia per amplificare capacità umane legate all'architettura corporea dell'agente. Nel contesto contemporaneo, il potenziamento fisico si articola attraverso discipline come la bionica, la biomeccatronica e la neuroingegneria, che collaborano per sviluppare dispositivi indossabili e impiantabili in grado di migliorare, tra le altre, forza, resistenza e precisione del movimento umano (Dollar and Herr, 2008; Herr, 2009). Le moderne interfacce umano-macchina permettono, ad esempio, il controllo neurale diretto di protesi robotiche, offrendo nuove opportunità non solo in ambito riabilitativo ma anche nel miglioramento umano non terapeutico (Lebedev and Nicolelis, 2006). Rispetto al passato, l'integrazione di componenti artificiali nel corpo umano sta diventando sempre di più uno statement anziché una necessità imposta. Questo cambio di paradigma è dimostrato da un sempre crescente movimento di auto-progettazione, personalizzazione e democratizzazione della progettazione di dispositivi di potenziamento fisico, primi fra tutti gli arti protesici.

Arti Proestetici

Le protesi robotiche articolari rappresentano una delle frontiere più avanzate della biorobotica e della medicina riabilitativa, con l'obiettivo principale di ripristinare funzioni motorie complesse negli individui amputati o affetti da disabilità motorie gravi. A differenza delle protesi tradizionali passive – generalmente non motorizzate, fisse e con scarsa mobilità delle articolazioni – le protesi robotiche sono dotate di attuatori, sensori e, in molti casi, sistemi di controllo avanzati che consentono movimenti più naturali, una maggiore funzionalità e un'interazione dinamica con l'ambiente circostante. Come anticipato in precedenza, la recente sempre più solida inte-

grazione tra robotica, neuroscienze e scienze computazionali ha portato allo sviluppo di dispositivi sempre più sofisticati, capaci di interpretare segnali mioelettrici (EMG), corticali o cinematici per il controllo in tempo reale. Le protesi mioelettriche, in particolare, utilizzano segnali derivati dall'attività muscolare residua per comandare movimenti di mani e braccia artificiali, rappresentando una delle soluzioni più diffuse per gli amputati degli arti superiori (Farina et al., 2017). Tuttavia, i limiti in termini di precisione, adattabilità e feedback sensoriale continuano a rappresentare una sfida aperta per la ricerca. I sistemi protesici più recenti utilizzano apprendimento automatico, reti neurali profonde e reinforcement learning per adattarsi all'intento dell'utente e all'ambiente. L'uso del reinforcement learning per le protesi permette di far apprendere ai dispositivi schemi complessi di locomozione in ambienti dinamici (Sharifi et al., 2025), garantendo all'utente una continuità fluida tra il proprio intento e l'azione manifestata. Inoltre, riprendendo quanto anticipato in relazione ai potenziamenti cognitivi, le BCI basate su EEG permettono un controllo fine degli arti robotici, specialmente se abbinate a modelli di Intelligenza Artificiale per la riduzione del rumore e l'interpretazione dei segnali (Sivasakthivel et al., 2025). Recenti avanzamenti tecnologici stanno inoltre promettendo di superare uno dei limiti principali delle protesi tradizionali, l'assenza di feedback sensoriale. La restituzione di una percezione sensoriale tattile risulta fondamentale per il controllo della presa, la manipolazione di oggetti e la percezione del sé. Tuttavia, le configurazioni tradizionali delle protesi articolari non integrano un sistema sensoristico che permetta di restituire le sensazioni legate al tatto (ad esempio, calore, attrito, texture, solo per citarne alcune), offrendo dunque una esperienza limitata del mondo.

Lo sviluppo tecnologico nell'ambito di ricerca robotica si sta oggi spingendo verso la costruzione di materiali e sistemi elettronici in grado di simulare la pelle umana con l'obiettivo di ricostruire il tocco nelle sue proprietà fisiche e fenomenologiche al fine di dotare gli arti robotici – non solo protesi, ma anche ad esempio robot collaborativi e sociali (Silvera-Tawil, Rye and Velonaki, 2015) – di una capacità percettiva sensoriale finora mai raggiunta, che permette agli utenti di percepire in modo più naturale la protesi come parte del proprio corpo (Raspopovic et al., 2014). Il caso di protesi articolari con sistema di controllo neurale o mioelettrico e con una restituzione del feedback tattile offrono un esempio pratico di come la Human Augmentation si stia muovendo in direzioni che sorpassano

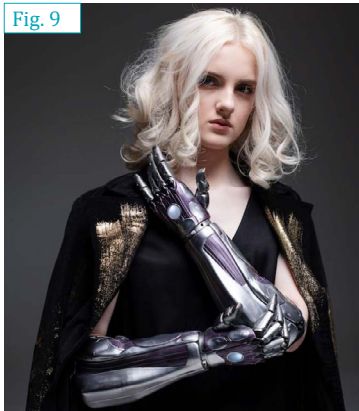


Fig. 9. Hero Arm combina funzionalità e personalizzazione celebrando il concetto di diversità come superpotere con un'estetica sintetica di tecnologia avanzata e futuristica.
[© Open Bionics e Christopher Owens]

i confini di categorizzazione in dimensioni corporee, dimostrando come il concetto di postumano ibridato con la tecnologia non si fonda su interventi puntuali e autoconclusivi sul corpo, bensì su una riconfigurazione dello stesso in una prospettiva multidimensionale. Le protesi articolari sono uno dei più longevi esempi di tecnologia di Human Augmentation. Poiché il movimento del corpo nello spazio è fondamentale nella vita di ciascun individuo, la presenza di impedimenti fisici è sempre stata vista come disarmante, in quanto causa di una impossibilità di interagire con il mondo. Camminare in posizione eretta e manipolare oggetti sono sempre state viste come le caratteristiche più significative nella natura umana e sintomo di una corretta funzionalità. Pertanto, menomazioni agli arti superiori o inferiori sono sempre state oggetto di intervento su cui concentrare l'attenzione al fine di ricostruire quello standard di funzionalità che permette di interagire con il mondo – standard che, tuttavia, come illustrato nel Capitolo II, è imposto da un'ottica abilista. Inoltre, la progettazione di protesi articolari, soprattutto negli ultimi anni, sta acquisendo un'importanza sempre maggiore nell'interazione del corpo con gli altri.

L'esigenza principale legata alla restituzione della funzionalità articolare si sta progressivamente trasformando nella necessità di restituire il senso di identità e di consapevolezza di sé degli utenti. Infatti, con il crescente progresso delle soluzioni tecnologiche disponibili per i dispositivi protesici l'attenzione si sta ora rivolgendo al bisogno di renderli esteticamente gradevoli, personalizzabili, allineati con la personalità dell'utente e adattabili ai diversi stili di vita e scenari d'uso. Uno dei primi e più celebri esempi di arto protesico in grado di rispondere sia a esigenze funzionali meccaniche sia a esigenze più "sociali" è certamente il Hero Arm (Fig. 9) sviluppato da Open Bionics. Hero Arm è nato con l'obiettivo primario di offrire un'alternativa a basso costo e open-source rispetto alle protesi tradizionali, generalmente costose e poco accessibili, e di garantire un elevato grado di personalizzazione. Prodotto tramite stampa 3D, questo dispositivo è particolarmente leggero e riesce oggi ad accomodare diverse configurazioni di amputazione e di essere usato da utenti di tutte le età, dai bambini di 8 anni. L'evoluzione di questo dispositivo ha inseguito l'obiettivo di rendere le protesi non più una mera sostituzione e replica dell'arto naturale, ma una vera e propria celebrazione della diversità e dell'ibridazione con la tecnologia. Le versioni più recenti di questo dispositivo introducono adattabilità

del materiale ai movimenti naturali della muscolatura, tecnologia wireless attraverso sensori mioelettrici, impermeabilità all'acqua e una elevata velocità di esecuzione delle azioni che garantiscono un livello di destrezza molto simile a quello naturale. Hero Arm rappresenta un esempio di avanguardia nel campo della protesica degli arti superiori soprattutto per il suo approccio centrato sull'utente, che pone l'accento sull'importanza della personalizzazione della tecnologia per garantire una continuità nella percezione di sé dell'agente. Questo dispositivo offre anche un'interessante prospettiva sulla trasformazione della disabilità in "superpotere": lo slogan del prodotto è concretizzato in alcune funzionalità che dotano l'agente di abilità non comuni agli umani, come ad esempio ruotare la mano a 360° o addirittura permettere di staccare la mano e controllarla a distanza attraverso gli impulsi dal braccio.

A conferma di questo trend nella progettazione di protesi come strumenti di espressione identitaria e agentività aumentata, il Vine Arm (Fig. 10) sviluppato da The Alternative Limb Project rappresenta un caso emblematico di protesi che trascende la mera funzione sostitutiva per diventare un'estensione estetica e concettuale del corpo. Creato per la modella Kelly Knox, nata senza l'avambraccio sinistro, il dispositivo è composto da vertebre stampate in 3D e controllate tramite sensori di forza posizionati nella scarpa, che permettono il movimento fluido del braccio in risposta alla pressione del piede. Il design, ispirato a forme organiche e al mondo vegetale, riflette l'intenzione di ridefinire la disabilità non come assenza, ma come presenza estetica, potente e trasformativa. Questo dispositivo, di grande impatto concettuale ed estetico, si configura come una protesi ibrida in cui arte, tecnologia e corporeità si fondono, aprendo spazi alternativi alla narrazione medicalizzata del corpo protesico e proponendo una visione in cui il dispositivo indossabile diventa strumento di auto-rappresentazione, soggettività e affermazione culturale. L'obiettivo centrale di questo dispositivo è inaugurare un approccio progettuale che scardini l'atteggiamento tradizionale di mascherare, nascondere o mimare la necessità di incorporare una tecnologia assistiva e al contrario celebrarne il potere sociale, sia nella concezione di sé dell'agente sia come questo interagisce con gli altri e viceversa. L'estetica anti-conformista del Vine Arm è uno statement di questo messaggio (Wordsworth, 2020).

Sulla stessa lunghezza d'onda di Vine Arm, un altro notevole esem-



Fig. 10. Il Vine Arm, con una struttura tentacolare personalizzata con un'estetica organica vegetale. [© The Alternative Limb Project]



Fig. 11. MusiArm integra una chitarra funzionante nel fattore forma della protesi per arto superiore. [© KMD Embodied Media]



Fig. 12. Spike (in alto) e Light Leg (in basso), indossate dall'artista Viktoria Modesta. [© The Alternative Limb Project]

pio di progettazione innovativa di protesi incentrata sull'espressione identitaria e artistica dell'agente è il progetto MusiArm (Fig. 11), ideato e realizzato da un gruppo di designer della Graduate School of Medial Design della Keio University (Hatakeyama, Saraiji and Minamizawa, 2019). Contrariamente agli approcci convenzionali che mirano a imitare l'anatomia e la funzionalità della mano umana, MusiArm propone una protesi che integra direttamente strumenti musicali nel corpo dell'utente, valorizzando le peculiarità fisiche di persone con amputazioni o malformazioni congenite. Il progetto si articola in tre prototipi: TronS, ispirato al trombone e controllato tramite movimenti di scorrimento; Eleee, una sorta di chitarra indossabile basata su sensori tattili e accelerometri; e D-knock, che consente di eseguire ritmi percussivi tramite colpi del palmo e delle dita. La progettazione di MusiArm è frutto di una co-creazione tra designer, ingegneri, protesisti e utenti finali, con un forte focus su comfort, leggerezza, espressività e possibilità di personalizzazione. I test di usabilità condotti con oltre 500 partecipanti – tra cui numerose persone con disabilità – hanno evidenziato non solo l'efficacia del sistema nel promuovere la partecipazione musicale, ma anche un cambiamento nella percezione della protesi stessa: da oggetto da nascondere a strumento identitario, estetico e comunicativo (Hatakeyama, Saraiji and Minamizawa, 2019).

Nonostante le protesi per arti superiori siano tra le più esplorate a livello di sperimentazione e speculazione artistica, anche le protesi per arti inferiori stanno acquisendo un sempre maggiore interesse nella svolta di innovazione che si spinge oltre la sola funzionalità. Tra gli esponenti di spicco di questo movimento, Sophie de Oliveira Barata, artista britannica e fondatrice dell'Alternative Limb Project, ha rivoluzionato il campo delle protesi trattando gli arti artificiali non come strumenti di occultamento, ma come piattaforme per un'autoespressione creativa (Fig. 12). I suoi progetti di arti inferiori spaziano da repliche iperrealistiche a pezzi surreali e scultorei che attirano deliberatamente l'attenzione anziché mimetizzarsi. Ad esempio, alcune delle sue creazioni incorporano cristalli, meccanismi di orologeria vintage o luci a LED, trasformando la protesi in un'opera d'arte indossabile. Ogni arto è realizzato su misura in stretta collaborazione con l'utente, spesso ispirato dai suoi interessi, dal suo background culturale o dalla sua sensibilità artistica. Tra i suoi clienti figurano artiste come Viktoria Modesta, le cui protesi visivamente sbalorditive sono state utilizzate in video musicali e

spettacoli dal vivo. Il lavoro di Barata sfida le convenzioni sociali relative a disabilità e bellezza, promuovendo le protesi come simboli di empowerment e identità personale, piuttosto che come oggetti di pietà o necessità medica. Colloca le protesi nello spazio culturale della moda e dell'arte, incoraggiando sia chi le indossa sia il pubblico a ripensare al significato di "completezza".

Un altro significativo esempio è Scott Summit, designer industriale e co-fondatore di Bespoke Innovations, che affronta la progettazione di protesi per arti inferiori attraverso la lente della personalizzazione, della tecnologia e dell'integrazione con lo stile di vita (Fig. 13). Il suo utilizzo innovativo delle tecnologie di scansione e stampa 3D consente la creazione di rivestimenti protesici personalizzati che si adattano alle curve del corpo dell'utente e ne riflettono la personalità. I progetti di Summit sono funzionali ma al tempo stesso profondamente estetici, spesso incorporando motivi incisi, texture personalizzate e materiali come pelle, titanio o polimeri leggeri. Questi rivestimenti non sono semplicemente decorativi; offrono anche protezione strutturale e maggiore comfort, rendendoli pratici ed esteticamente gradevoli. Summit ritiene che le protesi non debbano essere standardizzate, ma piuttosto riflettere le diverse identità e preferenze di chi le indossa. Il suo lavoro è stato esposto in istituzioni come il Cooper Hewitt Smithsonian Design Museum ed è ampiamente riconosciuto per aver colmato il divario tra ingegneria biomedica e design incentrato sull'umano. Ponendo l'estetica alla pari con la funzione, i contributi di Summit enfatizzano la dignità, l'azione e l'espressione di sé degli utenti di protesi.

In generale, le protesi rappresentano una delle tipologie di dispositivo di Human Augmentation con più ricchezza di sperimentazione, speculazione filosofica e di sfida allo status quo del concetto di disabilità. Poiché le protesi per gli arti superiori e inferiori sono probabilmente tra le tecnologie indossabili più longeve, la loro evoluzione fino agli esempi qui analizzati costituisce una fondamentale dimostrazione della necessità di ridefinire il corpo umano non più in un'ottica di funzionalità ma di sistema aperto in grado di integrarsi con la tecnologia, il contesto e con una nuova dimensione della percezione del sé che deriva da questa ibridazione cyborg.



Fig. 13. Protesi per arto inferiore progettate su misura per specifici utenti. [© Scott Summit]

Eesoscheletri

Gli esoscheletri attivi rappresentano una categoria in rapida evoluzione della robotica indossabile, progettata per aumentare, assistere o ripristinare le funzioni motorie umane. Questi sistemi motorizzati, che integrano attuatori, sensori e algoritmi di controllo, sono sempre più utilizzati in ambiti medici, industriali e riabilitativi. La traiettoria di sviluppo degli esoscheletri robotici si è orientata negli ultimi anni verso soluzioni progettuali più articolate che distinguono tra sistemi attivi, passivi, ibridi e quasi-passivi. Questa differenziazione si basa sul tipo di attuazione e supporto che vengono forniti dal dispositivo: gli esoscheletri attivi utilizzano attuatori motorizzati (motori elettrici, idraulici, pneumatici) per fornire movimento attivo e potenza all'utente; gli esoscheletri passivi, al contrario, non sono dotati di componenti motorizzati, pertanto sfruttano molle, leve, elastici o materiali flessibili per ridurre lo sforzo o guidare i movimenti; gli esoscheletri ibridi offrono una combinazione di elementi attivi e passivi, includendo ad esempio componenti motorizzate per alcune specifiche articolazioni e componenti a molle per altre; gli esoscheletri quasi-passivi sono simili a quelli passivi, ma includono elementi attivi a bassa potenza come freni elettromagnetici, frizioni o attuatori che si attivano solo in certi momenti per controllare la dinamica del sistema (Ding et al., 2023). L'evoluzione della progettazione di questo tipo di dispositivi evidenzia una crescente attenzione verso la modularità, il controllo adattivo e la personalizzazione in base all'utente, al fine di migliorare la funzionalità in una vasta gamma di applicazioni (Ding et al., 2023).

Gli esoscheletri, similmente a quanto avviene per gli arti protesici, si dividono in base all'area del corpo interessata. Si distinguono infatti esoscheletri per arti inferiori, per arti superiori – con sottocategorie che si rivolgono a caviglie, piedi, mani, polsi –, oltre a esoscheletri che coinvolgono l'intero corpo. La configurazione di questo tipo di dispositivi è necessariamente legata alle esigenze cui devono rispondere, soprattutto quando riferiti ad ambiti clinici e riabilitativi. Nel settore sanitario in particolare, la guida di terapisti, medici e tecnici esperti risulta vitale per una corretta progettazione dei dispositivi riabilitativi, determinante nella loro adozione a lungo termine. Una recente indagine che ha coinvolto terapisti in merito all'integrazione degli esoscheletri per gli arti inferiori nella neuroriabilitazione ha rilevato diversi punti di vista e aspettative nei riguardi dello sviluppo di queste tecnologie, con un generale ot-

timismo per il loro potenziale ma con preoccupazione legata alle limitazioni progettuali e i costi elevati (Postol et al., 2024).

Nei contesti industriali, l'usabilità e l'efficacia ergonomica sono fondamentali per garantire la riduzione dei rischi muscoloscheletrici legati al lavoro. In ambienti sempre più industrializzati e con maggiori requisiti di performance e produttività, si sta affermando sempre più l'esigenza di preservare il benessere psico-fisico dei lavoratori, soprattutto quelli esposti ad attività ad alto rischio o particolarmente usuranti. Questa esigenza è stata tradotta negli anni in esoscheletri passivi per il sostegno lombare, ma in sviluppi recenti l'impiego di esoscheletri attivi si è dimostrato superiore nella riduzione significativa dell'attività dei muscoli estensori del tronco durante la movimentazione manuale (Toxiri et al., 2019; Schwartz et al., 2023), evidenziando i benefici ergonomici dei sistemi attivi. Questo miglioramento è notevole anche ad esempio in soluzioni per attività "over-head", che tuttavia determinano la necessità di modelli funzionali più leggeri, che rimane un importante limite per i sistemi attivi a causa della presenza di componenti meccanizzate e di materiali generalmente rigidi. Tuttavia, la ricerca e lo sviluppo in questo ambito sta esplorando nuove possibilità morfologiche, con sperimentazioni materiche che aprono prospettive promettenti verso una nuova ergonomia della robotica indossabile, più rispettosa del corpo. Applicazioni specifiche stanno portando a differenti architetture progettuali, ad esempio con esoscheletri per la riabilitazione della mano che possono presentare componenti rigide, morbide e ibride a seconda dell'esigenza degli utenti (Achilli et al., 2023), con una sempre maggiore attenzione alla progettazione "su misura" che garantisca una simbiosi benefica con la tecnologia.

Strategie di controllo migliorate e materiali leggeri costituiscono i fattori chiave per il successo futuro dell'adozione degli esoscheletri robotici (Young and Ferris, 2017). Dal punto di vista dei sistemi di controllo, il rilevamento in tempo reale dell'intenzione dell'utente resta un ostacolo tecnico cruciale. Carvalho et al. (2023) hanno esaminato sistematicamente i metodi di rilevamento dell'avvio basati sull'elettromiografia (EMG), sottolineando l'affidabilità delle tecniche basate su soglie e mettendo in evidenza i modelli emergenti di apprendimento automatico, che promettono una maggiore reattività e precisione negli esoscheletri attivi (Carvalho et al., 2023), e che prevedono di integrare l'intenzione dell'utente nei modelli di controllo dei dispositivi stessi al fine di renderli dinamicamente adattivi (Xia et al., 2024). Dal punto di vista dei materiali, la Soft

Fig. 14



Fig. 14. Il WalkON Suit F1 si configura come la combinazione di un robot umanoide e un esoscheletro attivo. [© KAIST]

Robotics e la E-textile si stanno rivelando particolarmente promettenti nell'ambito dello sviluppo di esoscheletri, spaziando da exosuits (vere e proprie tute robotiche morbide e flessibili) (Xiloyannis et al., 2021), fino a interventi più puntuali su aree specifiche del corpo, come le mani (Luo et al., 2022), in grado di restituire anche feedback sensoriali.

La sfida principale degli esoscheletri negli ultimi anni è quella di lasciare gli spazi di laboratorio per entrare nella vita quotidiana delle persone attraverso soluzioni leggere, portabili, in grado di integrarsi nello stile di vita di diversi utenti oltre i soli scenari di riabilitazione clinica o sperimentazione scientifica. Tra i fattori che influenzano questo trasferimento vi è generalmente l'elevata complessità morfologica e funzionale degli esoscheletri, che si traduce in una minore indossabilità, e che diventa particolarmente significativa nei casi in cui il dispositivo non sia più solo assistivo, ma sostitutivo, come ad esempio quelli dedicati a persone paraplegiche. Questo è dovuto alla necessità di integrare meccanismi di motorizzazione e articolazione più sofisticati, che non solo mirano a restituire mobilità, ma anche a sorreggere e a movimentare gli agenti proprio come una sorta di sistema muscolo-scheletrico aggiuntivo. Nel passato, un altro grande limite era legato alla autosufficienza energetica di questi dispositivi, che spesso richiedevano un sistema di alimentazione cablato che rappresentava un ulteriore ostacolo alla loro implementazione nella vita quotidiana. Recentemente, alcuni modelli di esoscheletro ad elevata capacità di assistenza (ovvero in grado di sostituirsi al sistema muscolo-scheletrico dell'agente), nonostante la loro morfologia complessa e ingombrante, sono in grado di garantire una autosufficienza energetica apprezzabile grazie a sistemi di accumulo dell'energia e a più sofisticati algoritmi di controllo che limitano le dispersioni inutili. Tra i più recenti esempi di esoscheletro attivo di questo tipo vi è il WalkON Suit F1 (Fig. 14), sviluppato dal Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) e commercializzato tramite Angel Robotics, pensato per persone con paralisi completa degli arti inferiori. Contrariamente ai modelli precedenti, questo dispositivo è in grado di camminare autonomamente verso l'utente in sedia a rotelle, agganciarsi frontalmente al corpo e sollevarlo senza assistenza esterna. Gli attuatori motorizzati su anche, ginocchia e caviglie, combinati con avanzati algoritmi di equilibrio e sensori visivi, permettono all'esoscheletro di rilevare ostacoli, salire scale e camminare a passo d'uomo. Questo dispositivo rappresenta uno straordinario esempio di tecnologia al servizio dell'agente, di-

mostrando un interessante livello di interazione umano-macchina, dove la componente robotica si adatta dinamicamente alle esigenze personali e contestuali. Nonostante risulti ancora piuttosto ingombrante, il WalkON Suit F1 garantisce stabilità durante i movimenti e permette di eseguire, senza particolari ostacoli, varie attività della vita quotidiana. L'intelligenza integrata in questo esoscheletro lo rende uno dei più interessanti esempi dell'avanzamento tecnologico di questo tipo di dispositivi di Human Augmentation, sempre più orientati all'integrazione dell'intelligenza delle macchine con quella umana.

Fig. 15



Un altro significativo esempio di esoscheletro dedicato alla riabilitazione e all'autonomia personale è l'Ekso Indego Personal (Fig. 15) progettato da Ekso Bionics. Ideato con una particolare attenzione alla dimensione domestica e relazionale dell'esperienza utente, il dispositivo si rivolge a persone con lesioni midollari tra T3 e L5, integrando principi di accessibilità, modularità e leggerezza in una struttura indossabile decisamente meno ingombrante. La sua configurazione si articola in cinque moduli ad aggancio rapido che permettono una vestizione facilitata, evidenziando una riflessione progettuale non solo sulla funzionalità biomeccanica, ma anche sulla gestualità e sull'autonomia della vita quotidiana. Il sistema di controllo – basato su un'interfaccia iOS e su feedback multisensoriali (visivi, tattili, vibro-tattili) – restituisce all'utente un senso di agency attraverso un'interazione diretta e personalizzabile, attraverso algoritmi software che rilevano l'inclinazione del tronco per attivare la camminata, traducendo così il linguaggio corporeo in movimento artificiale senza soluzioni di continuità. Dal punto di vista del design sistemico, l'Indego Personal si inserisce in un ecosistema domestico e sociale che include caregiver, ambienti costruiti e dispositivi digitali, mirando a reintegrare l'utente nella rete delle sue attività significative. La sua recente inclusione nei programmi di rimborso Medicare e VA (Veterans Affairs) a partire dal 2024 non è solo un traguardo clinico, ma anche un riconoscimento della sua validità come artefatto progettuale capace di generare impatto sociale. In questo senso, Ekso Indego Personal non si limita a “far camminare” chi non può: è un prodotto del design inclusivo che ridefinisce la relazione tra corpo, tecnologia e ambiente, promuovendo una visione della disabilità come territorio di progetto e non di esclusione.



Fig. 15. Il WalkON Suit F1 si configura come la combinazione di un robot umanoide e un esoscheletro attivo. [© KAIST]

La sfida di integrare la tecnologia aumentativa nella vita di tutti i



Fig. 16. MO/GO si innesta sui capi di abbigliamento unendo robotica assistiva e praticità in una soluzione facilmente integrabile nell'uso quotidiano. [© Skip]

giorni si traduce anche nel tentativo di incorporarla in soluzioni familiari, non invasive, rispettose della percezione di se stessi degli utenti. In questa prospettiva si colloca MO/GO (Fig. 16), che rappresenta un nuovo paradigma di “movewear”, un ibrido tra abbigliamento tecnico e dispositivo robotico pensato per supportare l'attività motoria quotidiana in modo leggero, discreto e integrato all'esperienza utente. Sviluppato da Skip – spin-off di Google X – in collaborazione con Arc'teryx, MO/GO consiste in un sistema attivo applicato su pantaloni outdoor: leggere giunture motorizzate e infrastrutture in fibra di carbonio si agganciano a manicotti inseriti nella struttura del capo, offrendo fino al 40 % di potenziamento muscolare in salita e compatibile comfort discendente, rendendo la tecnologia percepita “come parte naturale del corpo”. Il sistema è sia controllabile manualmente, sia con algoritmi AI di automazione capaci di interpretare in tempo reale inclinazioni, passo e contesto ambientale, garantendo agilità con diversi livelli di assistenza a seconda dell'esigenza. Oltre all'integrazione con capi di abbigliamento – caratteristica che lo rende un primato nel settore –, un aspetto interessante di questo dispositivo risiede nell'approccio metodologico incentrato sull'utente attraverso interviste con utenti target, in particolare amanti del trekking che hanno manifestato problematiche a livello delle ginocchia, rischiando di dover rinunciare alla propria passione. Offrendo l'opportunità all'utente di decidere il grado di mimetizzazione delle componenti del dispositivo, MO/GO risulta dalla ibridazione tra robotica, AI, e performance dell'abbigliamento outdoor, con soluzioni sartoriali (fibra tecnica, spessori, sistemi di aggancio rapido) studiate per ridurre ingombri e enfatizzare l'indossabilità. Il risultato è un oggetto che sfida l'estetica medica degli esoscheletri rigidi, proponendosi come strumento inclusivo in grado di integrarsi nella quotidianità degli utenti in modo discreto proprio come un capo di abbigliamento.

Nel panorama dei dispositivi indossabili progettati per la riabilitazione e l'assistenza funzionale integrati in prodotti per la vita quotidiana, un esempio di assistenza per arti superiori è il guanto esoscheletrico Carbonhand (Fig. 17) sviluppato da Bioservo Technologies. Il sistema nasce con l'obiettivo di restituire forza e autonomia a persone con funzione di presa compromessa – a seguito di patologie come ictus, lesioni spinali, artrite o traumi – attraverso una struttura morbida e adattiva, capace di integrarsi armoniosamente con il corpo e con la gestualità quotidiana. Fondato su

una tecnologia che mira a imitare la struttura e la funzionalità della struttura muscolare del braccio e della mano, denominata Soft Extra Muscle (Nilsson et al., 2012), Carbonhand amplifica i movimenti volontari grazie a una rete di sensori di pressione e attuatori miniaturizzati che operano come muscoli artificiali sui tre dita principali (pollice, indice e medio), supportando la presa fino a 20 Newton per dito. Il dispositivo si compone di un guanto ergonomico disponibile in diverse taglie per accomodare esigenze di ogni età e struttura fisica, ed è connesso a un'unità di controllo indossabile in vita o su sedia a rotelle, configurabile via app o pulsanti fisici. Un aspetto interessante di questo dispositivo è la possibilità di personalizzazione che permette di calibrare sensibilità, soglie di attivazione e intensità della forza erogata, in base alle esigenze individuali e ai diversi contesti d'uso (domestico, lavorativo, sociale).



Fig. 17. Carbonhand si basa su materiali flessibili e tessuto per una indossabilità confortevole. [© Bioservo]

Proprio la possibilità di personalizzare la tecnologia è uno dei fattori che più sta influenzando l'avanzamento dei dispositivi di Human Augmentation, con un interesse crescente anche tra il pubblico generale. Tra i tentativi di portare queste tecnologie a una più ampia partecipazione è necessario citare EduExo Pro (Fig. 18) di Auxivo, un kit esoscheletrico avanzato progettato specificamente per l'educazione superiore e la ricerca, rappresentando un ponte tra teoria e pratica nel campo della robotica indossabile. Pensato come un vero e proprio oggetto di design partecipativo, dove utenti, studenti e docenti co-producono conoscenza attraverso il fare progettuale, il dispositivo promuove un'interazione attiva con l'oggetto tecnico: il processo di assemblaggio, programmazione e sperimentazione diventa così un terreno di apprendimento esperienziale, dove l'utente non è spettatore ma co-autore del sistema, costituito principalmente da componenti per il supporto della parte superiore del corpo, nello specifico sull'area spalla-braccio-polso. Seppure sia generalmente indirizzata a studenti e ricercatori interessati alla robotica indossabile, questa piattaforma si rivolge anche a persone con poca familiarità con questo tema, e anche a persone che potrebbero effettivamente beneficiare dell'uso di questa tecnologia, valorizzando la dimensione situata, collaborativa e trasformativa dell'atto progettuale, e riconoscendo all'utente la capacità di incidere sulle specifiche tecniche e funzionali dell'artefatto. In questo senso, EduExo Pro non è solo uno strumento per apprendere la biomeccanica o il controllo motorio, ma un artefatto generativo che abilita pratiche riflessive, negoziazioni progettuali e forme di appropriazione critica del

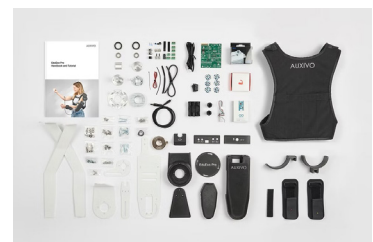


Fig. 18. Il kit EduExo Pro fornisce istruzioni, componenti e materiali per la diffusione della costruzione DIY di esoscheletri attivi. [© Auxivo]

sapere tecnologico. La struttura modulare del kit, la documentazione approfondita e il basso costo (rispetto a piattaforme industriali) amplificano l'accessibilità, consentendo a laboratori, makerspace e università di rimodularne l'uso in funzione dei contesti e delle comunità locali. Il caso di EduExo Pro dimostra come un oggetto di design possa essere piattaforma pedagogica e politica al tempo stesso, promuovendo alfabetizzazione tecnologica attraverso forme di agency distribuita e apprendimento condiviso.

Se fino a qualche decennio fa gli esoscheletri erano relegati agli ambienti di laboratorio, i moderni avanzamenti del loro sviluppo stanno offrendo nuove importanti prospettive per l'integrazione di questa tecnologia nella vita degli individui. La loro versatilità concettuale permette di concretizzare diverse soluzioni a una vasta gamma di esigenze, con applicazioni che spaziano dall'ambito medico a quello ricreativo. Tuttavia, uno dei grandi limiti che richiedono un intervento più profondo da parte del design è forse quello legato al comfort dell'integrazione di componenti rigide e meccanizzate con la biomeccanica del corpo umano, che pur contando su un sistema muscolo-scheletrico che potrebbe essere definito semi-rigido è caratterizzato da comportamenti cinetici con numerosi gradi di libertà che richiedono l'implementazione di materiali e strutture adattive, flessibili ed ergonomiche.

Supernumerary Robotic Limbs

I Supernumerary Robotic Limbs (SRLs – comunemente tradotti in “Arti Robotici Soprannumerari”) sono un'altra categoria di robotica indossabile, progettata per aumentare il corpo umano fornendo arti aggiuntivi, controllati in modo indipendente, allo scopo di migliorare le capacità fisiche, supportare l'esecuzione di compiti o consentire nuove forme di interazione. A differenza delle protesi, che sostituiscono gli arti o parti di essi, o degli esoscheletri, che amplificano o modificano la capacità di movimento preesistente, i SRLs funzionano come estensioni indipendenti ma coordinate del corpo, in grado di eseguire azioni concomitanti o complementari senza rispecchiare il movimento naturale degli arti. Secondo Parietti et al., i SRLs sono “arti meccanici attaccati al torso dell'utente o ad altri segmenti del corpo, che operano in parallelo con gli arti naturali dell'uomo

per fornire supporto funzionale, assistenza fisica o rinforzo strutturale” (Parietti, Chan and Asada, 2014). Analogamente, Sasaki et al. descrivono le SRL come “strumenti di incarnazione multipla”, in cui gli utenti utilizzano più modalità di controllo, come i piedi, lo sguardo o i segnali muscolari, per eseguire azioni simultanee e distribuite (Sasaki et al., 2017). Dal punto di vista dell’interazione umano-macchina, i SRLs rappresentano anche un’interfaccia cyber-fisica, che sfida i confini tradizionali del controllo motorio, della consapevolezza spaziale e dello schema corporeo, non solo replicando o rafforzando il movimento, ma introducendo possibilità completamente nuove di manipolazione, interazione ed espressione.

La più recente letteratura scientifica in materia di SRLs, estremamente attiva e in espansione, è composta da prospettive interdisciplinari che integrano, con profondità diverse, conoscenze negli ambiti della robotica, biomeccanica e neuroscienza (Hussain and Prattichizzo, 2020; Yang et al., 2021; Lisini Baldi et al., 2025), con un crescente interesse nei confronti delle discipline umanistiche, tra le quali il design incentrato sull’utente (Prattichizzo et al., 2021) e la filosofia (Di Stefano, Jarrassé and Valera, 2022). Una delle sfide principali rintracciate dalla letteratura è racchiusa nell’indossabilità di questo tipo di tecnologia, la cui ergonomia è riconosciuta come il principale bottleneck nella sua adozione in applicazioni del mondo reale. Oltre all’adozione a lungo termine, tra i problemi ancora aperti vengono evidenziati le sfide relative all’integrazione umano-macchina e al grado di intuitività delle interfacce di controllo di questo tipo di dispositivi.

Nell’ambito della robotica indossabile, le categorie di prodotto più ampiamente indagate dalla ricerca e dallo sviluppo sono quelle delle protesi robotiche e degli esoscheletri, dispositivi principalmente dedicati al miglioramento o alla risoluzione di impedimenti fisici. Negli ultimi decenni il tema dei SRLs ha guadagnato un significativo incremento di interesse come una nuova tipologia di robotica indossabile in grado di apportare miglioramenti o di complementare le abilità naturali degli utenti – generalmente senza significativi impedimenti fisici –, aumentandone il livello di interazione con il contesto circostante (Yang et al., 2021). A differenza dei dispositivi robotici indossabili più tradizionali, i SRLs presentano sfide significative nel garantire un sistema di controllo in real-time accurato, e nella ottimizzazione del coordinamento meccanico e cinematico tra essi e gli arti dell’agente. In quanto tali, i SRLs sono intrinsecamente legati a questioni di sinergia umano-macchina, carico cognitivo

e agency. Per garantire una integrazione di SRLs sul corpo umano, questi dispositivi devono essere “trasparenti”, ovvero perfettamente integrati nello schema corporeo, capaci di controllo condiviso e minimamente invasivi (Prattichizzo et al., 2021). Questa integrazione si fonda su una dettagliata analisi del corpo, sulla base della quale la ricerca sta proponendo diversi metodi di categorizzazione e contestualizzazione, al fine di costruire un panorama dell’evoluzione di questo tipo di tecnologia. Una possibile categorizzazione è data dalla suddivisione in architetture di controllo, meccanismi di attuazione e casi d’uso funzionali (Yang et al., 2021). Tra questi, ad esempio, sistemi di controllo basati sulla fusione di sensori, sfruttando i segnali elettromiografici (EMG), i dati di acquisizione del movimento e persino il tracciamento degli occhi per l’interazione multimodale. Recenti ricerche hanno esplorato il modo in cui la ridondanza corporea, ovvero la capacità del corpo umano di effettuare movimenti non sfruttati, può essere usata come sistema di controllo dei SRLs (Lisini Baldi et al., 2025). Questo suggerisce che gli utenti con una più avanzata esperienza con questi dispositivi possano imparare a utilizzarli come arti semi-indipendenti, sebbene questa capacità richieda un allenamento significativo e un adattamento neurale.

Un’altra possibile categorizzazione si basa sul posizionamento anatomico (ad esempio, su dita, braccia, mani, o gambe), definendo ulteriori sottocategorie come Supernumerary Robotic Fingers (SRFs) e Supernumerary Robotic Hands (SRHs). Questa prospettiva è particolarmente interessante per la sistematizzazione dei principi di progettazione, in quanto evidenzia come l’antropomorfismo, la distribuzione del peso e la conformità delle articolazioni influenzino l’usabilità (Prattichizzo et al., 2021).

Le attuali applicazioni dei SRLs spaziano nei settori industriale, riabilitativo e assistenziale. In ambito industriale, i SRLs sono proposti, ad esempio, come strumenti per migliorare la distribuzione ergonomica del carico, consentendo attività come l’assemblaggio sopraelevato o la manipolazione a due mani senza ulteriore lavoro umano (Parietti and Asada, 2016). In ambito riabilitativo, le dita soprannumerarie sono state utilizzate, ad esempio, per assistere i pazienti emiparetici nel recupero delle funzioni di presa (Hussain et al., 2017). Tuttavia, le implementazioni dei SRLs rimangono in gran parte sperimentali, soprattutto a causa della mancanza di studi di validazione su larga scala che forniscano modelli di valutazione multidimensionale per comprendere l’adattamento dell’utente, la fatica e le curve di apprendimento (Lisini Baldi et al., 2025).

I Supernumerary Robotic Limbs (SRLs) costituiscono un ampio terreno di esplorazione per le discipline di progetto e le arti performative. La loro natura offre interessanti opportunità di indagine da un punto di vista estetico, performativo o esperienziale, integrando concetti di cyborg art, interaction design e futuro speculativo. Tra gli esempi più recenti e più intriganti vi è il progetto JIZAI ARMS (Fig. 19), sviluppato da un team multidisciplinare di ricercatori e progettisti della University of Tokyo (Yamamura et al., 2023). Premiato nel 2023 con un Golden A' Design Award nella categoria Cybernetics & Prosthesis, JIZAI ARMS è un sistema modulare di arti cibernetici composto da un'unità di base indossabile che supporta fino a sei braccia robotiche, che possono essere attaccate o staccate in tempo reale. Il sistema è stato progettato per consentire l'interazione sociale tra più persone che lo indossano, come ad esempio lo scambio di braccia, ed esplorare le possibili interazioni tra cyborg digitali in una società cyborg. Ogni arto può essere controllato autonomamente o a distanza, introducendo l'idea della collaborazione sociale attraverso l'embodiment condiviso. Il sistema enfatizza l'eleganza estetica e l'equilibrio ergonomico, rendendo gli arti meno invadenti e più espressivi, al fine di permettere di concentrare l'attenzione sul momento di interazione tra i diversi agenti. Pur rimanendo un progetto sperimentale, JIZAI ARMS propone di instaurare una discussione sui temi dell'accettabilità emotiva e sociale, sollevando questioni relative all'identità, al consenso, al controllo e all'autonomia corporea condivisa, in un mondo in cui lo scambio di arti e l'embodiment a distanza sono la quotidianità.

I SRLs possono essere dunque immaginati come veri e propri organismi autonomi e indipendenti, che si inseriscono simbioticamente sul corpo umano, traducendo anche gli aspetti e le abilità non immediatamente apprezzabili o sfruttate. Questo concetto è stato sperimentato attraverso il progetto uTouch (Fig. 20) di un gruppo di progettisti e ricercatori della University of Calgary e della OCAD University. Questo progetto di design speculativo studia il modo in cui i SRLs – nello specifico, i Supernumerary Robotic Arms (SRAs) – possono svolgere attività di sfondo (ad esempio, scattare selfie o colorare) mentre l'agente umano si concentra su un compito primario, esplorando i modelli di controllo impliciti dei SRLs. Questa prospettiva di indagine apre la strada a dispositivi che lavorano in parallelo con l'agente, spostando l'attenzione dai SRLs che assistono il lavoro manuale all'aiuto in compiti sottili, ambientali o creativi

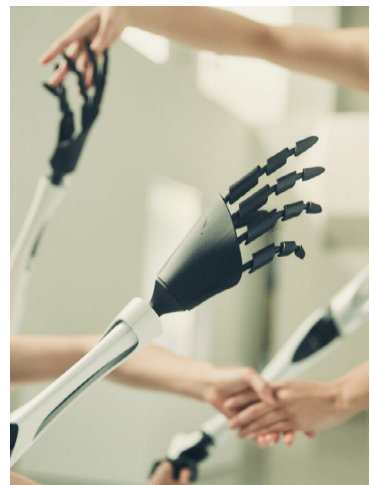


Fig. 19. Jizai Arms introduce il concetto di potenziamento fisico e sociale condiviso, estendendo il sé nella componente tecnologica come parte del corpo dell'agente e dell'altro con cui si instaura una relazione mediata. [© Kazuaki Koyama]

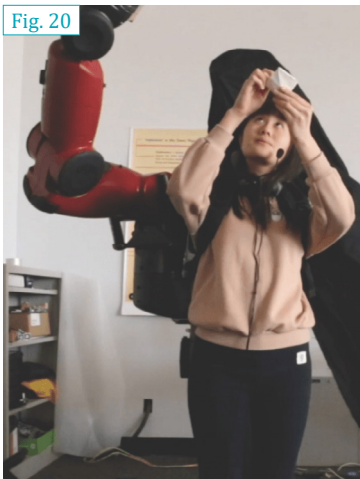


Fig. 20. Delegando l'esecuzione di attività secondarie alla componente robotica, U'Touch combina il concetto di automazione e di controllo umano. [© Anna Le Tran]

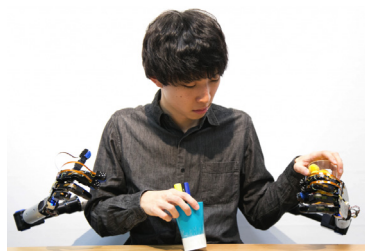
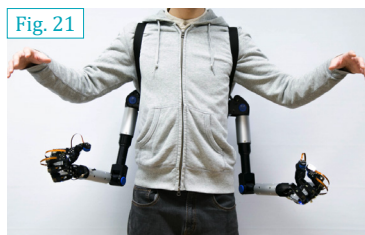


Fig. 21. MetaLimbs si configura come assistente robotico indossabile che permette l'esecuzione di molteplici attività nello stesso momento. [© Embodied Media]

che riflettono la collaborazione umano-robot nella vita quotidiana. Attraverso una metodologia di co-progettazione, il gruppo ha coinvolto gli utenti nella definizione di quali compiti di sfondo siano intuitivi o invasivi, simulando scenari della vita quotidiana attraverso tecniche di role-playing. La sperimentazione del prototipo ha evidenziato alcuni aspetti fondamentali da tenere in considerazione nella progettazione di SRAs, quali la bassa intrusività, la consapevolezza implicita e la personalizzazione, suggerendo come il futuro sviluppo degli arti robotici sia orientato all'assistività piuttosto che all'assertività.

Un'altra prospettiva interessante nello sviluppo di questa tipologia di robotica indossabile è rappresentata da un progetto frutto della collaborazione tra la Keio University Graduate School of Media Design e la University of Tokyo, MetaLimbs (Sasaki et al., 2017). Definito come una "Interfaccia Performativa Multiarticolare", MetaLimbs (Fig. 21) è un sistema di SRLs costituito da braccia/mani robotiche indossabili e da un sistema di tracciamento del movimento in grado di sincronizzare il dispositivo al movimento di gambe/piedi e alla postura dell'agente. La sua configurazione consente l'esecuzione simultanea di più azioni, come digitare mentre si afferra una tazza o gesticolare mentre si manipolano oggetti. MetaLimbs mappa in modo innovativo i canali motori inutilizzati (piedi) per il controllo degli arti, offrendo un'interazione non intrusiva. Tuttavia, il team di ricercatori ha evidenziato che la ripida curva di apprendimento e le richieste di coordinazione motoria ne limitano il comfort a lungo termine. Ciò lo rende adatto principalmente per le performance e le installazioni artistiche, speculative e interattive, piuttosto che per applicazioni di utilità.

Un celebre esempio di esplorazione progettuale dei SRLs è il progetto Third Thumb (Fig. 22) di Danielle Clode del The Plasticity Lab della University of Cambridge. Il dispositivo, appartenente alla sottocategoria di Supernumerary Robotic Fingers (SRFs), esplora il concetto di protesi come strumento di potenziamento piuttosto che di sostituzione, sfidando i concetti di aumento, adattabilità e identità. Prioritizzando un sistema di controllo meno invasivo, attraverso sensori posizionati sul piede, il Third Thumb privilegia principalmente l'accettazione del corpo e l'autonomia espressiva dell'agente al fine di migliorare l'embodiment, tuttavia presentando una limitazione a causa della necessità di una regolazione motoria fine dei piedi, che potrebbe non risultare fattibile da tutti gli utenti. Intento del progetto è di innescare un dialogo pubblico sulle

tecnologie aumentative e dissolvere il binomio tra corpi disabili e corpi potenziati. Pur rappresentando un oggetto di design simbolicamente potente che sfida l'etica della modificazione del corpo, questo dispositivo propone diversi scenari d'uso, e si instaura come un artefatto al servizio della ricerca scientifica. Infatti, sin dal suo esordio si è affermato un crescente interesse riguardo gli effetti che l'implementazione di robotica indossabile ha sul cervello umano, che risponde e si adatta in maniera plastica alla sua nuova condizione di individuo ibrido.

Tra gli esempi più conosciuti di riproduzione artistica dei SRLs vi è certamente The Third Hand (Fig. 23) realizzato da Stelarc negli anni Ottanta. All'intersezione di arte performativa e robotica, questo progetto, in modo simile a tutte le produzioni artistiche di Stelarc, si è instaurato come una provocazione speculativa sul concetto di simbiosi tra umani e macchine, mettendo alla prova le possibili forme di collaborazione e allineamento tra essi. Nel suscitare un discorso critico sul postumanesimo, sull'autonomia del corpo e sui confini culturali dell'anatomia umana, The Third Arm sfida lo spettatore a ripensare l'ontologia del corpo umano, distorcendo l'usabilità e l'integrazione nella vita quotidiana di queste tecnologie.

Questi esempi dalle pratiche artistiche e di design sui Supernumerary Robotic Limbs (SRLs) illustrano una interessante intersezione tra tecnologia, embodiment ed espressione personale, offrendo una lente di lettura multidimensionale su come l'aumento robotico possa rimodellare la nostra comprensione del corpo e delle sue capacità. Diverse visioni del futuro dello sviluppo di questo tipo di tecnologie aumentative sono possibili, da un futuro modulare in cui gli arti non sono solo funzionali, ma anche sociali e condivisibili (come in JIZAI ARMS), a un futuro in cui la collaborazione e la co-agency definiscono un nuovo livello di simbiosi umano-macchina (come in uTouch e MetaLimbs), fino a un futuro in cui la funzionalità non influisce sull'espressione dell'identità, provocando un'indagine più profonda sull'identità e sulla condizione postumana (come nel caso di The Third Arm). Collettivamente, queste opere sfidano i paradigmi utilitaristici della robotica, suggerendo che le SRL non sono solo strumenti di assistenza, ma anche strumenti di riflessione culturale, agenzia personale e immaginazione speculativa, esortando i progettisti del futuro a considerare non solo il funzionamento di queste tecnologie, ma anche il loro significato.

Fig. 22



Fig. 22. Il Third Thumb fornisce ulteriore mobilità alle mani, proponendo la protesi come strumento di plasticità del cervello umano. [© Danielle Clode]

Fig. 23

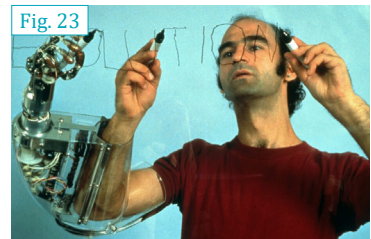


Fig. 23. Stelarc intento a scrivere la parola "Revolution" usando contemporaneamente le sue due mani e la sua protesi Third Arm. [© Keisuke Oki]

Sensoriale

Lo sviluppo di tecnologie di potenziamento sensoriale sta profondamente rimodellando la comprensione del concetto di “senso” e l’interazione tra l’essere umano e il suo ambiente. La possibilità di fornire nuove opportunità per ampliare la percezione umana, attraverso sensori esterni che registrano e trasmettono informazioni al di là della percezione naturale, o di creare un senso completamente nuovo, suggerisce una trascendenza dei confini sensoriali tradizionalmente definiti.

Questo implica che il cervello umano non è limitato a elaborare informazioni provenienti dai suoi organi sensoriali nativi, ma è in grado di adattarsi e integrare flussi di dati completamente nuovi, espandendo di fatto il “sensorio” (Mühlinghaus, Schmidt and König, 2024).

Tale evoluzione porta a una ridefinizione della percezione come un processo più dinamico ed estensibile, in cui i dispositivi indossabili diventano estensioni naturali dell’apparato sensoriale. Questa prospettiva conduce a un cambiamento di paradigma, passando da una ricezione sensoriale passiva a una costruzione di senso aumentata (“augmented sense-making”) (Witter and Calvi, 2018), dove gli esseri umani possono interagire con l’ambiente e comprenderlo in modi precedentemente inimmaginabili, spingendo i limiti della cognizione incarnata e dell’acquisizione di conoscenza spaziale (Schmidt et al., 2023).

I sensi umani che hanno da sempre avuto particolare attenzione nella ricerca scientifica e nello sviluppo di soluzioni tecnologiche per aumentarli, sostituirli o assisterli sono probabilmente la vista e l’udito, con il tatto che spesso si inserisce come ricanalizzazione modale di uno di essi. Poiché la vista e l’udito sono i principali organi sensoriali con cui l’umano percepisce il mondo che lo circonda, si orienta nello spazio ed entra in comunicazione con il contesto sociale e ambientale in cui è immerso, il loro indebolimento o la loro mancanza spesso sono riconosciuti particolarmente debilitanti per una partecipazione attiva e piena alla realtà. Per tale motivo, le tecnologie dedicate a sostituire o replicare vista e udito o che si basano su di questi per fornire nuove abilità sono quelle storicamente più esplorate e sviluppate.

Ascolto

La tecnologia principale dedicata alla sostituzione o alla replica delle capacità uditive umane è l'apparecchio acustico. Questo tipo di dispositivi, dalla lunga tradizione storica, sono generalmente basati sul principio di amplificazione del suono per renderlo percepibile a persone con limitazione della capacità uditiva. Mentre le prime versioni di apparecchio acustico (risalenti al XVII Secolo) consistevano in coni metallici di amplificazione passiva progettati per raccogliere le onde sonore e convogliarle nel condotto uditivo, le moderne versioni di questo tipo di dispositivo sono sistemi elettroacustici computerizzati che trasformano il suono ambientale secondo criteri audiometrici e cognitivi. Il segnale acustico viene oggi sottoposto a una sofisticata elaborazione digitale (che include, ad esempio, la gestione del feedback, la direzionalità, l'abbassamento della frequenza e la riduzione del rumore), con l'obiettivo di migliorare l'intelligibilità del parlato e il comfort per l'utente. Questi dispositivi sono sempre stati al centro del dibattito del design e degli studi sulla disabilità, in quanto spesso sono stati associati a una scarsa propensione da parte delle discipline del progetto di migliorarne l'esperienza utente o l'estetica, rimanendo a lungo soluzioni tecnologiche straightforward con minima valorizzazione dell'utente, vittima dello stigma verso questa tecnologia. I dispositivi più moderni offrono possibilità di mascheramento, attraverso materiali trasparenti o con rivestimenti che si mimetizzano con il colore della pelle dell'individuo. Tuttavia, questo approccio può essere visto come un ulteriore rafforzamento "by design" dello stigma nei confronti delle persone con disabilità uditiva.

In alcuni esempi recenti, il fattore di forma degli apparecchi acustici sta subendo significative trasformazioni, se non addirittura vere e proprie sovrascritture attraverso lo sviluppo di altre tipologie di dispositivo. Un esempio sono gli occhiali acustici di ultima generazione Nuance Audio (Fig. 24) sviluppati da EssilorLuxottica. Questo prodotto rappresenta una convergenza tra tecnologie ottiche e uditive, convogliate in un unico dispositivo ibrido che integra microfoni direzionali, amplificatori e trasduttori acustici all'interno della montatura di occhiali da vista o da sole. Pensato per adulti con perdita uditiva da lieve a moderata, questo occhiale acustico consente l'amplificazione del parlato senza necessità di prescrizione medica o fitting professionale, con possibilità di controllo e personalizzazione del livello uditivo tramite un'app mobile dedicata o un

Fig. 24



Fig. 24. Adottando un fattore forma familiare come quello degli occhiali, Nuance Audio si inserisce come potenziamento uditivo invisibile. [© Nuance Audio]

Fig. 25

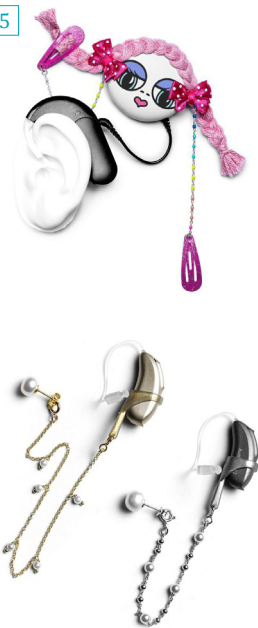


Fig. 25. Personalizzazioni su misura di impianti cocleari (in alto) e auricolari (in basso). [© DeafMetal]

telecomando associato al dispositivo. Questo approccio adotta una strategia di invisibilità tecnologica, portando l'apparecchio acustico a "sparire" all'interno di un oggetto socialmente più accettato come gli occhiali. Tuttavia, se da un lato questo vuole avere come obiettivo quello di evitare lo stigma, dall'altro lato lo rinforza, poiché promuove una medicalizzazione invisibile della normalità sensoriale mascherando l'unicità identitaria individuale.

Uno degli esempi più recenti di resistenza a questa tendenza è rappresentato da DeafMetal (Fig. 25), un sistema che coniuga estetica, sicurezza e personalizzazione per utenti di apparecchi acustici e impianti cocleari. Nato da un'esperienza personale – quella della designer finlandese Jenni Ahtiainen, dotata di impianto cocleare – il sistema consiste in una custodia in silicone anallergico (holster) che si applica sull'apparecchio acustico, fungendo da interfaccia per elementi ornamentali come catenelle od orecchini. Oltre al valore estetico, questi accessori riducono il rischio di perdita accidentale durante attività fisiche, offrendo anche una protezione parziale da urti o cadute. In termini socioculturali, DeafMetal si posiziona come una strategia di "reclaiming" delle assistive technology, riformulando l'apparecchio uditivo da simbolo di deficit a espressione identitaria. Tuttavia, l'efficacia di questo approccio dipende dal contesto: in ambiti culturali dove lo stigma legato alla disabilità è forte, la visibilità aggiuntiva potrebbe non essere sempre percepita positivamente. L'attenzione verso nuove forme di sensibilizzazione della disabilità uditiva apre scenari estremamente vasti di sviluppo tecnologico attraverso le discipline del progetto. Infatti, se fino a pochi anni fa le tecnologie acustiche sono rimaste un argomento di nicchia e perlopiù relegato al campo clinico, ingegneristico e medico, oggi assumono un ruolo centrale nella ridefinizione del "sentire" che va ben oltre la percezione dei suoni. Questo cambiamento si sta affermando con l'avanzare dei sistemi multisensoriali digitali che permettono di riconfigurare il suono sotto forma di altri segnali di input percepibili con modalità diverse, come ad esempio il feedback aptico tramite vibrazioni. Uno degli esempi più popolari di questa tecnologia è la SoundShirt (Fig. 26), progettata dalla fashion-tech company londinese CuteCircuit, un'interfaccia indossabile per la percezione multisensoriale della musica attraverso feedback aptico. Dotata di una rete di micro-attuatori distribuiti su torso, schiena e braccia, il sistema è in grado di ricevere segnali audio in tempo reale – spesso catturati da microfoni ambientali o da una soundboard – e di tradurli in pattern vibrotattili distinti. Originariamente concepita per rendere

l'esperienza musicale accessibile a persone non udenti o con ipoacusia, la SoundShirt si colloca oggi anche in ambiti performativi, come concerti sinfonici, videogiochi o installazioni artistiche. Questo tipo di dispositivo offre una forma alternativa di fruizione sensoriale introducendo interessanti implicazioni sul concetto di sinestesia artificiale, tuttavia rimanendo poco accessibile economicamente a causa della sua elevata complessità tecnologica e morfologica. L'esplorazione di diversi fattori di forma per dispositivi di potenziamento uditivo è rappresentata anche da NextEar, una cintura tattile che trasforma il suono in stimoli vibrotattili su 16 bande di frequenza, elaborate in tempo reale tramite processori di segnali digitali. Il dispositivo è concepito per utenti con disabilità uditiva e visivo-uditiva grave, e si propone come alternativa non invasiva alla percezione dei suoni sfruttando la neuroplasticità per "sentire" l'ambiente circostante. Questa percezione mediata permette all'utente anche di captare la presenza di altri soggetti, la direzione e il ritmo dei suoni, restituendo le informazioni sotto forma di input vibrotattile. Pur rimanendo ancora in fase di sviluppo, NextEar è un altro esempio di come la tecnologia indossabile, in questo caso l'apparecchio acustico, stia sempre più assumendo configurazioni che mirano a raccogliere le informazioni sensoriali della realtà anche oltre i limiti umani funzionando come veri e propri organi artificiali di senso.

Visione

La mediazione tecnologica della capacità visiva umana oggi non riguarda più solo "vedere meglio" ma "vedere diversamente". In un'epoca dominata dai contenuti visivi, l'avanzamento della percezione sensoriale mediata dalla tecnologia si sta sempre più concentrando sulla dotazione di forme di manifestazione di un layer aggiuntivo di input e informazioni attraverso la vista. Questo è evidenziato, ad esempio, dall'affermazione delle tecnologie indossabili per Realtà Virtuale, Aumentata e Mista, solitamente tradotte sotto forma di visori. In particolare, la Realtà Aumentata e Mista (AR/XR) sono tra le più promettenti nello sviluppo di tecnologie di miglioramento visivo. Se i visori possono difficilmente risultare associabili a questo tipo di tecnologia poiché non garantiscono una vera e propria simbiosi con il corpo, altre tipologie, maggiormente integrabili, stanno emergendo.



Fig. 26



Fig. 26. SoundShirt combina sensoristica e moda per amplificare il senso uditivo con segnali tattili e visivi. [© CuteCircuit]

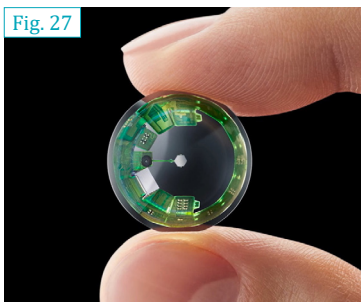


Fig. 27. Mojo Lens, le prime lenti a contatto con tecnologia AR integrata. [© Mojo Vision]

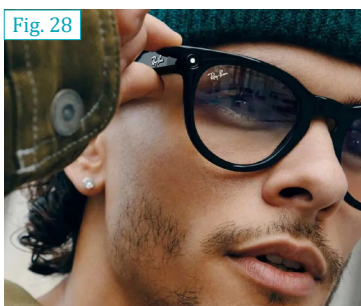


Fig. 28. La tecnologia AR di Meta si integra nel design iconico degli occhiali RayBan, con assistente AI e comandi vocali. [© RayBan / EssilorLuxottica]

Ne sono un esempio le Mojo Lens (Fig. 27), proposte dall'azienda Mojo Vision attraverso un prototipo avanzato ma che tuttavia è stato interrotto. Nonostante al momento sia rimasto solo un progetto, Mojo Lens consiste in un vero e proprio visore AR sotto forma di lenti a contatto. Eliminando completamente la necessità di una montatura – pur dovendo essere associate a una unità indossabile extra come accessorio per permettere connettività e comunicazione – queste lenti a contatto sono costituite da una interfaccia monocromatica verde controllabile tramite movimenti oculari. Proiettando un Head-Up Display (HUD) ai margini del campo visivo, le lenti permettono all'utente di eseguire zoom e selezione usando lo sguardo, dotando la capacità visiva di un ulteriore layer di potenzialità.

L'integrazione di sistemi AR/XR in dispositivi visivi si sta affermando sempre di più nella tipologia di prodotto più familiare degli occhiali. L'esempio più celebre sono i Ray-Ban Meta AI Glasses (Fig. 28), che integrano moda, tecnologia e interazione aumentata. Frutto della collaborazione tra Meta ed EssilorLuxottica, questi occhiali integrano capacità di visione artificiale, assistenza vocale e AR in un design che richiama le iconiche linee estetiche dei modelli Ray-Ban (Wayfarer e Headliner), preservandone l'identità culturale e riconoscibilità. L'esperienza utente è concepita per un'interazione "hands-free", grazie al sistema di comandi vocali ("Hey Meta"), che consente di attivare funzioni come registrazione video, scatto fotografico, traduzione in tempo reale e live-streaming sui social media. L'integrazione dell'IA consente inoltre un'elaborazione contestuale delle scene visive: l'utente può ricevere descrizioni ambientali, traduzioni di segnali testuali, riconoscimento di oggetti, luoghi e testi, nonché informazioni contestuali come ingredienti o istruzioni. I Ray-Ban Meta AI Glasses incarnano un approccio post-cyborg: tecnologie pervasive integrate in forme familiari e culturalmente accettate, in contrasto con l'estetica tradizionalmente associata al wearable computing.

L'aggiunta di nuovi layer alla capacità visiva non è tuttavia possibile solo in applicazioni di superamento dei limiti umani naturali, ma anche nei casi di sostituzione e assistenza a essi. Un esempio è il dispositivo AISee (Boldu et al., 2020) sviluppato dall'Augmented Human Lab della National University of Singapore (Fig. 29). Pensato principalmente come "compagno visivo" per persone con disabilità visive, AISee è un dispositivo indossabile che richiama la forma degli occhiali da vista, ma integrando Intelligenza Artificiale e computer vision per il riconoscimento di oggetti e testi – ad esempio etichette,

prodotti al supermercato – e rispondendo vocalmente ai comandi dell’utente, offrendo informazioni in tempo reale. Mantenendo un apparato leggero e piuttosto discreto, il dispositivo punta sull’interazione vocale e gesture-free, eliminando la necessità di menù complessi o controlli manuali per una più armoniosa interazione con l’ambiente, le persone e gli oggetti circostanti minimizzando l’invasività della tecnologia come mezzo di comunicazione.

Nonostante la ricerca sulla disabilità sensoriale e lo sviluppo di protesi tecnologiche si sia perlopiù concentrata sulla vista e sull’udito, anche gusto, olfatto e tatto possono essere gravemente compromessi, richiedendo soluzioni specifiche. La perdita o l’alterazione del gusto (ageusia, disgeusia) sono spesso conseguenza di neuropatie craniche, trattamenti chemioterapici o infezioni virali come il COVID-19, con impatti significativi su nutrizione e benessere psicosociale (Landis et al., 2009). L’olfatto (anosmia, iposmia) risulta invece compromesso da traumi cranici, rinosinusiti croniche o malattie neurodegenerative quali Parkinson e Alzheimer, esponendo l’individuo a rischi di ingestione di sostanze nocive e a una ridotta qualità della vita (Hummel et al., 2017, 2023). Il tatto può venire alterato in neuropatie periferiche – su tutte, la neuropatia diabetica – o a seguito di lesioni midollari, o malattie autoimmuni che danneggiano i recettori cutanei e le vie somatosensoriali, determinando ipotesia, allodinia e difficoltà nelle attività di vita quotidiana (Dahiya and Valle, 2013; Seifi et al., 2022). L’innovazione tecnologica sta già avanzando verso interfacce multisensoriali indossabili – partendo dallo sviluppo di sistemi computazionali definiti “nasi elettronici” (Gardner and Bartlett, 1999; Rabehi et al., 2024) per la rilevazione di odori e “artificial tongue” (Pannone et al., 2024; Chen et al., 2025) per la modulazione gustativa, fino a tessuti intelligenti per la modulazione tattile (Kay et al., 2024) – indicando una prospettiva futura in cui la mediazione tecnologica di ciascun senso sarà integrata in sistemi sinergici, in grado di ripristinare, amplificare o persino creare nuove esperienze sensoriali multilivello.



Fig. 29. AISee incorpora un assistente AI in grado di leggere il mondo circostante e descriverlo in tempo reale con linguaggio umano naturale. [© Augmented Human Lab]

Verso la Multidimensionalità

Pur risultando operativamente utile per l'analisi comparativa e la progettazione di interventi tecnologici, la suddivisione in dimensioni "fisico", "cognitivo" e "sensoriale" si rivela nel contempo una forzatura, che non permette di cogliere le dinamiche interattive e i confini concettuali sfumati che la tecnologia moderna introduce nella nuova condizione umana (Fig. 30). Se da un lato etichettare i Jizai Arms come potenziamento motorio o UTouch come dispositivo tattile offre un utile framework di riferimento, dall'altro fa perdere di vista le sovrapposizioni e le sinergie che emergono quando un singolo prodotto agisce su più piani: in questi esempi, il potenziamento fisico si fa veicolo di inclusione e di interazione sociale, e la stimolazione cognitiva si intreccia con nuove modalità di relazione intersoggettiva.

Questa ibridazione diventa ancora più radicale nel caso delle protesi a controllo neurale con feedback tattile, in cui – oltre al miglioramento della funzionalità meccanica – si attiva un processo di riorganizzazione plastica nella corteccia cerebrale, come evidenziano le ricerche di Dani Clode, e si spalanca la possibilità di percepire tipologie di stimoli fino a ieri inimmaginabili, ad esempio le sensazioni elettromagnetiche. In una prospettiva critica, ciò implica la necessità di interrogarsi non soltanto sull'efficacia e sull'etica di questi strumenti, ma anche sul paradigma stesso con cui essi vengono progettati: la tassonomia di prodotto, seppur pratica, rischia di diventare un vincolo interpretativo, mascherando questioni essenziali quali il potere strutturante delle tecnologie immersive sui rapporti di forza sociali, la governance dei dati cerebrali e i limiti della nozione di "normalità" corporea.

Come emerge da queste analisi, la tecnologia non è un semplice aggregato di funzionalità, ma un agente di trasformazione continua, e la sua fluidità esige paradigmi di analisi altrettanto variabili, capaci di abbracciare complessità, ambivalenze e tensioni etiche che scaturiscono al crocevia tra corpo, mente e società.

Fig. 30



Fig. 30. Grafico della multidimensionalità dei dispositivi di Human Augmentation: alcuni di questi superano la netta distinzione fisico/cognitivo/sensoriale, modificando più di una di queste dimensioni, anche se a diversi gradi. [© Camilla Gironi]

4.1.3 Identificare Best Practices: Analisi Casi Studio

Come evidenziato fin qui, la ridefinizione della condizione umana implica innanzitutto riscoprire la complessità dell'organismo nel suo insieme e di come questo si interfaccia con tecnologie e sistemi, seguendo un processo di evoluzione che la conduce verso una speciazione postumana, caratterizzata dall'integrazione crescente tra corpo biologico e tecnologie avanzate, con una ridefinizione dei confini e l'apertura di uno spazio di relazione inedito tra naturale e artificiale, umano e macchinico.

Parallelamente, la ricerca di una soluzione ottimizzata e ottimale a livello di standard performativi in ottica assistiva sta progressivamente evolvendo in una più sofisticata espansione delle modalità di interazione, espressione e rappresentazione personale che i dispositivi indossabili sono in grado di mediare, superando le sole esigenze di funzionalità e usabilità, e innescando nuove possibilità di connessione e mutua trasformazione.

Per comprendere questa duplice evoluzione dell'umano-macchina, sono stati definiti dei criteri di analisi e l'individuazione di casi studio in cui è possibile rintracciare le tendenze di questo fenomeno, in particolare individuati tra gli esempi introdotti nella definizione delle dimensioni della Human Augmentation.

Criteri di Analisi

Per analizzare un dispositivo di Human Augmentation, vengono di seguito elencati dei parametri (in un elenco non esaustivo e aperto) che possano guidare la lettura dell'integrazione umano-macchina. A tale scopo, l'analisi si sofferma sulla definizione tipologica della tecnologia (Classificazione), sulla comprensione dell'umano con cui essa si integra (Agente), sulla costituzione disposizionale della tecnologia (Affordance), e sull'allineamento tra l'umano e la tecnologia (Incorporazione).

Classificazione

Una serie di parametri è dedicata alla classificazione del dispositivo analizzato in termini di Categoria, Dimensione, Finalità e Contesto d'Uso. Questi elementi concorrono a identificare la tipologia di dispositivo secondo ciascuno specifico riferimento.

- **Categoria** – identifica il tipo di dispositivo riferito come prodotto (ad esempio, protesi, Head-Mounted Display, smart clothing).
- **Finalità** – è riferita al tipo di intervento sulle abilità su cui è incentrato il dispositivo. **Aumento** – potenzia abilità naturali oppure abilità che non sarebbero naturalmente possibili. **Sostituzione** – ripristina abilità perse (ad esempio, a causa di malattie o infortuni, siano essi congeniti o traumatici). **Assistenza** – supporta abilità deboli (anche in questo caso ad esempio, a causa di malattie o infortuni, siano essi congeniti o traumatici).
- **Dimensione** – è riferita al livello del corpo umano su cui il dispositivo agisce principalmente. **Fisica** – riferita alla dimensione puramente corporea dell'utente (ad esempio, movimento, velocità, forza). **Cognitiva** – riferita alla dimensione dei processi mentali e percettivi dell'utente (ad esempio, creatività, concentrazione, attenzione). **Sensoriale** – riferita alla dimensione della percezione sensoriale dell'utente (ad esempio, vista, udito, propriocezione).
- **Contesto d'Uso** – è riferita all'ambito di utilizzo primario per il quale il dispositivo è stato originariamente progettato. **Clinico** – riferito ad attività con finalità mediche (ad esempio, riabilitazione, trial clinici). **Lifestyle** – riferito all'uso in attività della vita quotidiana (ad esempio, sport, attività ricreative, cura della persona). **Lavorativo** – riferito all'uso in contesti occupazionali (ad esempio, industrie, uffici).

Agente

Una serie di parametri è dedicata alla comprensione dell'individuo umano a cui è dedicato il dispositivo tecnologico, ponendo attenzione a come questo si innesta sul suo schema corporeo, analizzando l'Architettura Corporea dell'agente, la Posizione sul Corpo su cui la

tecnologia è applicata, la sua Vestibilità, e il Livello di Integrazione tra i due componenti.

- Architettura Corporea – identifica la tipologia corporea dell'agente (ad esempio, conformazione fisica, sensoriale e cognitiva preesistente).
- Posizione sul Corpo – riferita al posizionamento del dispositivo su specifiche parti del corpo (ad esempio, testa, torso, arti superiori, arti inferiori – con un ulteriore grado di specificità, per esempio, occhi, mani, collo, schiena, piedi).
- Vestibilità – identifica l'eventuale possibilità di adattare il dispositivo all'indossamento personalizzato. Fissa (one-size) – il dispositivo non presenta un meccanismo di regolazione. Regolabile – il dispositivo è regolabile sul corpo dell'utente in tutte o alcune delle sue parti. Tailor-made – il dispositivo è progettato su misura dell'utente.
- Livello di Integrazione – fa riferimento al grado di sinergia tra la componente artificiale e quella umana, specificamente in merito alla tipologia di innesto. Meccatronica – riferita a meccanismi di integrazione principalmente fondati sulla morfologia del dispositivo dove questo incontra il corpo dell'utente (per esempio, per fattore forma, cinematica, ergonomia). Neurale – riferita a meccanismi di integrazione fondati sulla comunicazione neuro-sensoriale (ad esempio, con sensori avanzati in grado di decodificare input neurali).

Affordance

Una serie di parametri si concentra sulla definizione della tecnologia dal punto di vista di affordance visiva e funzionale a livello della sua Complessità Morfologica, Visibilità, Estetica e Intelligenza.

- Complessità Morfologica – riferita al numero e alla diversità di parti che compongono il dispositivo e che sono identificabili o che impattano l'usabilità e l'interazione dello stesso (ad esempio, a livello di forma, discontinuità di materiali, eventuali meccanismi di aggancio, interfacce). Alta – il dispositivo è composto da più di cinque parti principali. Media – il dispositivo è composto da due a cinque parti principali. Bassa – il dispositivo è

composto da una a due parti principali.

- **Visibilità** – identifica quanto il dispositivo sia mascherato o evidentemente visibile sul corpo dell'utente. **Visibile** – il dispositivo è immediatamente identificabile sul corpo. **Semi-visibile / Mimetico** – il dispositivo è parzialmente o completamente mascherabile, o replica fedelmente le parti del corpo su cui è applicato. **Non visibile** – il dispositivo è indistinguibile dal corpo.
- **Estetica** – identifica l'attributo estetico predominante del dispositivo. **Naturale** – l'estetica del dispositivo è ispirata a elementi organici (ad esempio, vegetale, animale, umana, materica). **Artificiale** – l'estetica del dispositivo è ispirata a elementi sintetici (ad esempio, robotica, macchinica, cibernetica).
- **Intelligenza** – riferita al grado di intelligenza integrata nel dispositivo. **Alta** – il dispositivo integra meccanismi di Intelligenza Artificiale (algoritmi di analisi, predizione, apprendimento, adattamento). **Media** – il dispositivo integra complessi meccanismi computazionali (algoritmi di analisi). **Bassa** – il dispositivo presenta meccanismi computazionali semplici (input/output).

Incorporazione

Una serie di parametri è dedicata alla comprensione di come l'umano e la tecnologia co-esistono e collaborano, identificando la Nuova Condizione, le Modalità di Interazione, i Feedback Loop, e l'Apprendibilità.

- **Nuova Condizione** – esprime la finalità perseguita o permessa dal dispositivo oltre alla funzionalità primaria.
- **Modalità di Interazione** – identifica il tipo di relazione interattiva tra l'utente e il dispositivo (ad esempio, gestuale, vocale, basata su decodifica di onde cerebrali).
- **Feedback Loop** – indica le modalità attraverso le quali il dispositivo comunica con l'utente. **Segnali** – il dispositivo impiega segnali sensoriali (ad esempio, luminosi, aptici, sonori). **Conversazione** – il dispositivo risponde con linguaggio trasparente.
- **Apprendibilità** – riferita al livello di intuitività del dispositivo. **Addestramento** – il dispositivo necessita di una fase di insegnamento preliminare all'utilizzo (ad esempio, tramite istruzioni o apposita formazione). **Intuitivo (auto-didattico)** – il dispositivo

può essere usato senza bisogno di istruzioni.

I criteri qui delineati vengono riportati in una scheda di analisi ordinata, con l'obiettivo di aiutare i progettisti a condensare in uno strumento informativo facilmente fruibile e scalabile le conoscenze derivate dall'analisi di ciascun criterio.

Schede di Analisi di Casi Studio

La scheda di analisi così delineata è stata usata per analizzare alcuni dei casi studio esplorati in precedenza, con l'obiettivo di sistematizzare i dati in uno strumento informativo compatto.

Fig. 31

TITOLO			
<i>(immagine)</i>		<i>(immagine)</i>	
Autori	Anno	Fonti	Definizione
Classificazione			
Categoria	Finalità	Dimensione	Contesto d'Uso
<i>(identifica la tipologia di prodotto)</i>	☐ Aumento ☐ Sostituzione ☐ Assistenza	☐ Fisica ☐ Cognitiva ☐ Sensoriale	☐ Clinico ☐ Lifestyle ☐ Lavorativo
Agente			
Architettura Corporea	Posizione sul Corpo	Vestibilità	Livello di Integrazione
<i>(identifica la tipologia corporea)</i>	<i>(indica il posizionamento sull'area del corpo)</i>	☐ Fissa ☐ Regolabile ☐ Tailor-made	☐ Meccatronica ☐ Neurale
Affordance			
Complessità Morfologica	Visibilità	Estetica	Intelligenza
☐ Alta ☐ Media ☐ Bassa	☐ Visibile ☐ Semi-visibile ☐ Non visibile	☐ Naturale ☐ Artificiale	☐ Alta ☐ Media ☐ Bassa
Incorporazione			
Nuova Condizione	Modalità di Interazione	Feedback Loop	Apprendibilità
<i>(descrive le nuove o diverse potenzialità abilitate dalla tecnologia)</i>	<i>(identifica la tipologia di relazione interattiva)</i>	☐ Segnali ☐ Conversazione	☐ Addestramento ☐ Intuitivo

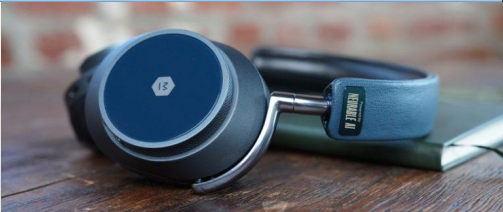
AISEE			
			
Augmented Human Lab	2020	ahlab.org/project/aisee	AI Visual Companion
Classificazione			
Categoria	Finalità	Dimensione	Contesto d'Uso
Headset per visione artificiale basata su AI	☐ Aumento ☒ Sostituzione ☒ Assistenza	☐ Fisica ☐ Cognitiva ☒ Sensoriale	☐ Clinico ☒ Lifestyle ☐ Lavorativo
Agente			
Architettura Corporea	Posizione sul Corpo	Vestibilità	Livello di Integrazione
Vista naturale molto bassa, mobilità sufficiente	Testa (orecchie, nuca)	☒ Fissa ☐ Regolabile ☐ Tailor-made	☒ Meccatronica ☐ Neurale
Affordance			
Complessità Morfologica	Visibilità	Estetica	Intelligenza
☐ Alta ☐ Media ☒ Bassa	☒ Visibile ☐ Semi-visibile ☐ Non visibile	☐ Naturale ☒ Artificiale	☒ Alta ☐ Media ☐ Bassa
Incorporazione			
Nuova Condizione	Modalità di Interazione	Feedback Loop	Apprendibilità
Percezione del contesto, integrazione di informazioni	Input gestuale e vocale Output vocale	☐ Segnali ☒ Conversazione	☐ Addestramento ☒ Intuitivo

MUSIARM			
			
Embodied Media	2017	embodiedmedia.org	Musical Prosthetic
Classificazione			
Categoria	Finalità	Dimensione	Contesto d'Uso
Arto protesico	☒ Aumento ☒ Sostituzione ☐ Assistenza	☒ Fisica ☐ Cognitiva ☐ Sensoriale	☐ Clinico ☒ Lifestyle ☐ Lavorativo
Agente			
Architettura Corporea	Posizione sul Corpo	Vestibilità	Livello di Integrazione
Braccio/a parziale/i (fino a sotto il gomito)	Braccio/a	☐ Fissa ☐ Regolabile ☒ Tailor-made	☒ Meccatronica ☐ Neurale
Affordance			
Complessità Morfologica	Visibilità	Estetica	Intelligenza
☒ Alta ☐ Media ☐ Bassa	☒ Visibile ☐ Semi-visibile ☐ Non visibile	☐ Naturale ☒ Artificiale	☐ Alta ☐ Media ☒ Bassa
Incorporazione			
Nuova Condizione	Modalità di Interazione	Feedback Loop	Apprendibilità
Espressione musicale incorporata	Manipolazione gestuale e tattile	☒ Segnali ☐ Conversazione	☐ Addestramento ☒ Intuitivo

VINE ARM			
			
Alternative Limb Project	2017	thealternativelimbproject.com/limbs/vine	Flora/Fauna Hybrid
Classificazione			
Categoria	Finalità	Dimensione	Contesto d'Uso
Arto protesico	☒ Aumento ☒ Sostituzione ☐ Assistenza	☒ Fisica ☐ Cognitiva ☐ Sensoriale	☐ Clinico ☒ Lifestyle ☐ Lavorativo
Agente			
Architettura Corporea	Posizione sul Corpo	Vestibilità	Livello di Integrazione
Braccio/a parziale/i (fino a sotto il gomito)	Braccio/a	☐ Fissa ☐ Regolabile ☒ Tailor-made	☒ Meccatronica ☐ Neurale
Affordance			
Complessità Morfologica	Visibilità	Estetica	Intelligenza
☒ Alta ☐ Media ☐ Bassa	☒ Visibile ☐ Semi-visibile ☐ Non visibile	☒ Naturale ☐ Artificiale	☐ Alta ☐ Media ☒ Bassa
Incorporazione			
Nuova Condizione	Modalità di Interazione	Feedback Loop	Apprendibilità
Espressione identitaria, nuovi gradi di libertà	Input gestuale Output cinematografico	☒ Segnali ☐ Conversazione	☐ Addestramento ☒ Intuitivo

JIZAI ARMS			
			
University of Tokyo	2023	jizai-arms.com	Digital Cyborg
Classificazione			
Categoria	Finalità	Dimensione	Contesto d'Uso
Arto sovrannumerario	☒ Aumento ☐ Sostituzione ☐ Assistenza	☒ Fisica ☐ Cognitiva ☒ Sensoriale	☐ Clinico ☒ Lifestyle ☐ Lavorativo
Agente			
Architettura Corporea	Posizione sul Corpo	Vestibilità	Livello di Integrazione
Braccio/a o gamba/e parziale/i o totale/i	Schiena	☒ Fissa ☐ Regolabile ☐ Tailor-made	☒ Meccatronica ☐ Neurale
Affordance			
Complessità Morfologica	Visibilità	Estetica	Intelligenza
☒ Alta ☐ Media ☐ Bassa	☒ Visibile ☐ Semi-visibile ☐ Non visibile	☐ Naturale ☒ Artificiale	☐ Alta ☒ Media ☐ Bassa
Incorporazione			
Nuova Condizione	Modalità di Interazione	Feedback Loop	Apprendibilità
Interazione estesa, nuovi gradi di libertà	Input gestuale Output cinematico	☒ Segnali ☐ Conversazione	☐ Addestramento ☒ Intuitivo

HERO ARM			
			
Open Bionics	2018	openbionics.com/en/hero-arm-overview	Bionic Arm
Classificazione			
Categoria	Finalità	Dimensione	Contesto d'Uso
<i>Arto protesico</i>	☐ Aumento ☒ Sostituzione ☐ Assistenza	☒ Fisica ☐ Cognitiva ☐ Sensoriale	☐ Clinico ☒ Lifestyle ☒ Lavorativo
Agente			
Architettura Corporea	Posizione sul Corpo	Vestibilità	Livello di Integrazione
<i>Braccio/a o gamba/e parziale/i o totale/i</i>	<i>Braccio/a</i>	☐ Fissa ☒ Regolabile ☒ Tailor-made	☒ Meccatronica ☐ Neurale
Affordance			
Complessità Morfologica	Visibilità	Estetica	Intelligenza
☒ Alta ☐ Media ☐ Bassa	☒ Visibile ☐ Semi-visibile ☐ Non visibile	☐ Naturale ☒ Artificiale	☐ Alta ☒ Media ☐ Bassa
Incorporazione			
Nuova Condizione	Modalità di Interazione	Feedback Loop	Apprendibilità
<i>Espressione identitaria, superpotere fisico</i>	<i>Input gestuale Output cinematico</i>	☒ Segnali ☐ Conversazione	☐ Addestramento ☒ Intuitivo

MW75 NEURO			
			
Neurable	2024	neurable.com/products	Modern Thinking Cap
Classificazione			
Categoria	Finalità	Dimensione	Contesto d'Uso
Interfaccia Cervello-Computer	☒ Aumento ☐ Sostituzione ☒ Assistenza	☐ Fisica ☒ Cognitiva ☐ Sensoriale	☐ Clinico ☒ Lifestyle ☒ Lavorativo
Agente			
Architettura Corporea	Posizione sul Corpo	Vestibilità	Livello di Integrazione
Stato cognitivo totale/i	Testa	☐ Fissa ☒ Regolabile ☐ Tailor-made	☐ Meccatronica ☒ Neurale
Affordance			
Complessità Morfologica	Visibilità	Estetica	Intelligenza
☒ Alta ☐ Media ☐ Bassa	☒ Visibile ☐ Semi-visibile ☐ Non visibile	☐ Naturale ☒ Artificiale	☒ Alta ☐ Media ☐ Bassa
Incorporazione			
Nuova Condizione	Modalità di Interazione	Feedback Loop	Apprendibilità
Gestione salute mentale, superpotere cognitivo	Input neurale Output sonoro	☒ Segnali ☐ Conversazione	☒ Addestramento ☐ Intuitivo

MO/GO			
			
Skip	2024	skipwithjoy.com	Powered Clothing
Classificazione			
Categoria	Finalità	Dimensione	Contesto d'Uso
Esoscheletro	☒ Aumento ☐ Sostituzione ☒ Assistenza	☒ Fisica ☐ Cognitiva ☐ Sensoriale	☐ Clinico ☒ Lifestyle ☐ Lavorativo
Agente			
Architettura Corporea	Posizione sul Corpo	Vestibilità	Livello di Integrazione
Gamba/e totale/i	Gamba/e	☐ Fissa ☒ Regolabile ☐ Tailor-made	☒ Meccatronica ☐ Neurale
Affordance			
Complessità Morfologica	Visibilità	Estetica	Intelligenza
☒ Alta ☐ Media ☐ Bassa	☐ Visibile ☒ Semi-visibile ☐ Non visibile	☐ Naturale ☒ Artificiale	☐ Alta ☒ Media ☐ Bassa
Incorporazione			
Nuova Condizione	Modalità di Interazione	Feedback Loop	Apprendibilità
Superpotere fisico	Input gestuale Output cinematografico	☒ Segnali ☐ Conversazione	☐ Addestramento ☒ Intuitivo

SOUNDSHIRT			
			
Cute Circuit	2023	cutecircuit.com/soundshirt	Musical Clothing
Classificazione			
Categoria	Finalità	Dimensione	Contesto d'Uso
Smart clothing	☒ Aumento ☐ Sostituzione ☒ Assistenza	☐ Fisica ☐ Cognitiva ☒ Sensoriale	☐ Clinico ☒ Lifestyle ☐ Lavorativo
Agente			
Architettura Corporea	Posizione sul Corpo	Vestibilità	Livello di Integrazione
Braccio/a totale/i	Torso e braccia	☐ Fissa ☒ Regolabile ☐ Tailor-made	☒ Meccatronica ☐ Neurale
Affordance			
Complessità Morfologica	Visibilità	Estetica	Intelligenza
☒ Alta ☐ Media ☐ Bassa	☒ Visibile ☐ Semi-visibile ☐ Non visibile	☐ Naturale ☒ Artificiale	☐ Alta ☒ Media ☐ Bassa
Incorporazione			
Nuova Condizione	Modalità di Interazione	Feedback Loop	Apprendibilità
Multisensorialità	Input sonoro Output aptico	☒ Segnali ☐ Conversazione	☐ Addestramento ☒ Intuitivo

Considerazioni

Nell'analizzare i recenti sviluppi di dispositivi di Human Augmentation, su diversi livelli e dimensioni, emergono tendenze e tensioni nell'evoluzione di queste tecnologie. L'esigenza di riportare l'umanità al centro del progresso tecnologico si rivela in una sempre più radicata consapevolezza che la tecnologia debba necessariamente adattarsi all'umano, e non viceversa. L'analisi dei casi studio ha permesso di individuare alcune di queste tensioni, nelle quali il Design si innesta come strumento di navigazione, indagine e sperimentazione.

• Mimetismo <> Enfasi

La progettazione delle tecnologie indossabili si è tradizionalmente orientata verso una mimesi del corpo umano naturale, specialmente nel campo delle protesi, al fine di ridurre lo stigma e promuovere l'accettazione sociale del corpo "ricostruito". Tale approccio, che riflette una concezione medicalizzata del corpo normale e sano come standard da ripristinare, nei recenti sviluppi delle tecnologie è stato progressivamente sfidato e sorpassato da una visione alternativa, in cui la presenza tecnologica è enfatizzata e stilizzata, contribuendo alla costruzione di un'estetica cyborg.

Questo aspetto è osservabile soprattutto negli esempi di protesi per arti superiori e inferiori, che vengono progettate ed esibite come segni di forza, potenziamento e trasformazione identitaria, ed è reso ancora più evidente dagli esempi di robotica indossabile, che accentuano la presenza di componenti sintetiche sul corpo.

Parallelamente, si osserva tuttavia un orientamento alla mimetizzazione della tecnologia in artefatti quotidiani, come gli occhiali acustici, che ibridano funzioni correttive e aumentative con l'estetica di accessori convenzionali, con l'obiettivo di rendere la tecnologia meno invasiva e più culturalmente accettabile, conferendo poteri "invisibili".

• Standardizzazione <> Personalizzazione

La tensione tra produzione standardizzata e customizzazione indi-

viduale è al centro delle dinamiche contemporanee dei dispositivi indossabili. Le logiche industriali spingono verso la replicabilità, l'interoperabilità e la compatibilità tra sistemi, facilitando la diffusione su larga scala.

Tuttavia, la crescente attenzione alla soggettività del corpo – inteso non solo come entità biologica ma come identità vissuta – porta a valorizzare soluzioni altamente personalizzate, sia dal punto di vista morfologico sia funzionale. Tecnologie come la stampa 3D, le scansioni biometriche e gli algoritmi adattivi permettono la realizzazione di dispositivi unici, adatti a specifiche conformazioni corporee o preferenze estetiche.

Ma se da un lato questo approccio rappresenta un importante passo verso una maggiore inclusività delle tecnologie, allo stesso tempo pone sfide non trascurabili in termini di sostenibilità economica e accessibilità, rischiando di contro di rafforzare le disuguaglianze tecnologiche. Pertanto si osserva una tendenza ad hackerare le tecnologie esistenti, ad esempio fornendo personalizzazioni modulari o rendendo il loro sviluppo open source e condiviso.

- Specificità <> Multifunzionalità

Generalmente, i dispositivi indossabili sono concepiti per funzioni strettamente delimitate (per esempio, una protesi per camminare, un apparecchio acustico per amplificare i suoni, un esoscheletro per sollevare pesi), il che rende la classificazione di queste tecnologie il più delle volte immediata e inequivocabile.

Tuttavia, si osserva una convergenza funzionale in dispositivi che integrano molteplici capacità sensoriali, cognitive e fisiche. Gli occhiali acustici, per esempio, non solo migliorano l'udito ma fungono anche da interfaccia per assistenti vocali, dispositivi di comunicazione o rilevatori ambientali.

Questo passaggio risponde al principio di seamless integration, in cui l'interazione tra umano e macchina diventa continua e contestualmente intelligente. Ciò richiede architetture tecnologiche più complesse e aumenta il rischio di obsolescenza funzionale o dipendenza sistemica, seppure permetta di evitare la necessità di includere varie componenti diverse per vari scopi specifici, che risulta parimenti complesso.

- Uso <> Incorporazione

In una prospettiva fenomenologica, si distingue tra la tecnologia come oggetto d'uso esterno e la tecnologia come estensione corporea incorporata, in cui quest'ultima cessa di essere uno strumento da impugnare o indossare e diventa parte dell'esperienza vissuta del corpo.

Un esoscheletro o una retina artificiale, per esempio, non vengono semplicemente utilizzati, ma agiscono come parte del soggetto, estendendo la percezione e l'agency a componenti del sé diffuse. In tal senso, si osserva una crescente esigenza di sistemi di controllo naturali come comandi vocali, muscolari o addirittura cerebrali che permettano una vera e propria fusione con l'artefatto tecnologico con il corpo.

- Stabilità <> Adattamento

L'idea di stabilità tecnologica – associata a design rigidi e funzioni predeterminate – è oggi messa in discussione da approcci che favoriscono l'adattabilità continua del dispositivo alle condizioni mutevoli del corpo e dell'ambiente. Le tecnologie emergenti incorporano materiali flessibili, sensori ambientali e algoritmi di apprendimento automatico che permettono l'auto-regolazione e l'evoluzione funzionale nel tempo.

Questo paradigma dinamico riflette una visione ecologica e relazionale del corpo aumentato, ma comporta anche nuove forme di vulnerabilità, legate alla dipendenza da software proprietari, alla manutenzione continua e al rischio di disallineamento tra manifestazione tecnologica e intenzionalità corporea.

Le tensioni evidenziate nell'analisi dell'evoluzione dei dispositivi indossabili in grado di modificare le abilità umane sono polarità che non si configurano come opposizioni dicotomiche, ma come gradienti lungo i quali si situano scelte progettuali differenti, a seconda dei contesti d'uso, delle culture corporee e delle infrastrutture socio-tecniche coinvolte.

Ogni tensione riflette una diversa modalità di intendere l'azione tecnologica: come potenziamento funzionale, come espressione identitaria, come estensione sensoriale o come pratica relazionale.

Il design, in questo quadro, opera come dispositivo di mediazione capace di articolare queste tensioni in forme materiali, sensibili e culturali. Riconoscere e analizzare le tensioni progettuali che attraversano i dispositivi indossabili di human augmentation permette di spostare l'attenzione dal cosa la tecnologia fa al come essa viene vissuta, incorporata e significata.

Il design non è soltanto un momento estetico o ergonomico, ma una pratica epistemologica e politica che plasma l'ontologia stessa del corpo tecnologicamente aumentato. In tal senso, progettare dispositivi indossabili non significa soltanto migliorare la performance o la funzionalità, ma interrogare criticamente il modo in cui questi artefatti co-producono soggettività, agency e normatività corporee.

4.2 Rintracciare il Ruolo del Design nella Human Augmentation

Nonostante la Human Augmentation sia fondata sullo sviluppo di dispositivi in grado di potenziare la condizione umana, e di conseguenza la sua esperienzialità nel mondo e nella società, questo campo di ricerca è prevalentemente popolato da contributi provenienti da discipline prettamente ingegneristiche, quali Computer Science, Ingegneria e Robotica (Guerrero et al., 2022). Tuttavia, il Design ha da sempre riguardato la cristallizzazione di bisogni espressi e inespressi degli utenti attraverso la progettazione di artefatti che mediano l'equilibrio tra la componente umana e l'ambiente circostante, sia esso costituito da ambiente costruito, o l'alterità umana o non-umana.

Seppure le discipline del Design forniscano logiche di processo ampie e olistiche, utili alla progettazione, i dispositivi di Human Augmentation sono spesso guidati da processi straightforward focalizzati sulla correlazione problema-soluzione incentrata sull'efficienza. Ciò significa che tali dispositivi, seppur ottimali nella risoluzione del problema specifico, spesso sono limitati a garantire funzionalità, tralasciando dimensioni del progetto riferite alla più complessa natura umana. In questo il Design può trovare spazio di intervento, in quanto non si limita a migliorare le capacità umane, ma lo fa tenendo conto dell'interazione simbiotica tra la componente umana e la componente tecnologica.

A tal fine, il Design deve muoversi secondo diverse direttrici di azione, che non sono limitate esclusivamente alla funzionalità dei dispositivi. Riprendendo la filosofia di Donald Norman, "un buon design è incentrato sulle persone e tiene conto delle loro esigenze fisiche e cognitive" (Norman, 1988); applicata alla Human Augmentation, essa deve guidare la progettazione nel bilanciamento dei potenziamenti tecnici con il comfort e la fruibilità.

Questo si traduce nell'ideazione di dispositivi che non siano solo performanti, ma intuitivi da usare, riducendo il carico cognitivo per l'utente. Ciò può essere reso possibile solo attraverso la creazione di interfacce che permettano una perfetta integrazione tra l'utente e la tecnologia aumentativa. L'interazione naturale è un aspetto chiave

per ridurre la separazione tra umano e macchina: in tal senso, Neal Stephenson descrive l'importanza di sistemi in cui l'interfaccia è "praticamente invisibile" all'utente, che può concentrarsi sull'azione, non sul mezzo tecnologico (Stephenson, 1994).

Come sottolineato da Peter-Paul Verbeek, il design "non è mai moralmente neutrale; modella il modo in cui le persone agiscono e interagiscono con il mondo" (Verbeek, 2011). Nel campo della Human Augmentation, questo si traduce nel considerare come i potenziamenti influiscano sulla percezione della persona e della società. Infatti, la progettazione di tecnologie di potenziamento deve interrogarsi sull'impatto che queste hanno sull'identità personale e sociale degli utenti. Questo è inevitabilmente connesso a livello di integrazione somaestetica della componente tecnologica e umana. Ciò vale a dire che la progettazione dei dispositivi deve tenere conto della necessità degli utenti di poter avere controllo su come apparire e di sentirsi a proprio agio.

Riprendendo le parole di Steve Mann, pioniere del concetto di wearable computing, "il design di una tecnologia indossabile deve fondersi con l'estetica personale per essere veramente accettabile" (Mann, 2012). La progettazione quindi deve occuparsi anche dell'aspetto simbolico ed estetico, integrando il potenziamento affinché diventi parte dell'identità dell'utente.

4.2.1 Approcci Metodologici Tradizionali di Design

Per ottenere una comprensione completa del campo della Human Augmentation e della sua relazione con la disciplina del Design, è stata condotta una revisione in due parti. In primo luogo, è stato esplorato l'ampio campo della Human Augmentation in diverse discipline, studiando la letteratura disponibile nei database accademici pertinenti, con particolare attenzione al coinvolgimento del design. In secondo luogo, il campo è stato esplorato all'interno della specifica disciplina del Design, studiando la letteratura disponibile nelle riviste di design pertinenti.

La ricerca è stata effettuata impostando i seguenti criteri di inclusione ed esclusione:

Criteri di inclusione:

- Articoli che fanno esplicito riferimento a Design e Human Augmentation, in particolare ad approcci design-driven nello sviluppo di tecnologie indossabili;
- Articoli inclusi nell'intervallo temporale compreso tra il 1° gennaio 2010 e il 31 dicembre 2022. La data di inizio è stata scelta in relazione all'anno di fondazione dell'Augmented Human International Conference Series.

Criteri di esclusione:

- Articoli scritti in una lingua diversa dall'inglese;
- Articoli non sottoposti a peer-review o non ad accesso aperto.

La ricerca è stata inizialmente condotta consultando alcuni database accademici pertinenti, in particolare Google Scholar, Scopus e Web of Science. Per massimizzare l'efficacia della ricerca sulla quantità di elementi indicizzati sull'argomento, la query di ricerca ha incluso i termini "human augmentation", "augmented humanity" e "human 2.0" come sinonimi, e i termini "design", "human-centered design" e "wearable". Ove possibile, sono stati utilizzati operatori booleani per impostare le relazioni tra i termini di ricerca.

Per quanto riguarda la disciplina del Design in particolare, la ricerca è stata condotta sulle riviste di design considerate più popolari tra gli accademici del design e importanti per la disciplina (Gemser et al., 2012). In particolare, queste sono suddivise in riviste di design generali e riviste specializzate:

- Design generale: Design Studies, Design Issues, Journal of Engineering Design, International Journal of Design, The Design Journal, Journal of Design Research.

- Specializzate: Human Factors, Human-Computer Interaction. Queste sono state selezionate tra le altre per la loro affinità al campo della Human Augmentation.

Per evitare confusione, la query di ricerca ha incluso solo i termini “human augmentation”, “augmented humanity” e “human 2.0” come sinonimi, trattandosi delle riviste dedicate specificamente alle discipline del design. Le riviste non dotate di un sistema di ricerca avanzato sono state ricercate singolarmente esplorando gli indici di ciascun numero pubblicato nell’intervallo di anni selezionato. Come primo passo per la selezione degli articoli utili allo scopo della ricerca, la totalità dei risultati raccolti è stata analizzata per rimuovere duplicati e risultati non pertinenti. Infatti, i risultati includono un numero maggiore di articoli dedicati a sperimentazioni di laboratorio di potenziamenti robotici del corpo, rapporti governativi su opportunità e minacce future, nonché articoli che propongono metodi per l’imbrigliamento o l’impianto di dispositivi sul corpo umano o che introducono miglioramenti tecnici e applicazioni digitali per visori AR esistenti. Questi risultati, inclusi articoli che facevano riferimento a interventi clinici, chirurgici, genetici e farmaceutici e articoli che non si riferivano alla tecnologia indossabile, sono stati esclusi. In secondo luogo, i risultati sono stati esaminati singolarmente analizzandone titolo, abstract e parole chiave dell’autore per identificare gli articoli che meglio corrispondevano ai requisiti di ricerca. Gli articoli selezionati sono stati quindi esaminati e analizzati singolarmente.

La revisione della letteratura ha evidenziato come il campo della Human Augmentation sia prevalentemente popolato da pratiche che utilizzano un approccio incentrato sulla tecnologia, con articoli provenienti da varie discipline e campi di ricerca come Informatica, Ingegneria e Robotica, a conferma di lavori precedenti (Guerrero et al., 2022). Sebbene alcuni facciano riferimento alla progettazione e ai test utente, la maggior parte degli articoli si concentra sulla dimostrazione della funzionalità di sensori e attuatori o di dispositivi di potenziamento indossabili progettati a partire da ipotesi basate sulla letteratura o da sfide tecnologiche. Ciò suggerisce come il

superamento delle sfide scientifiche e tecniche rappresenti ancora una priorità di ricerca nel progresso di questo campo interdisciplinare, che conta un contributo relativamente limitato in termini di ricerca e sviluppo basati sul design. La selezione ha preso in considerazione gli articoli che mostrano il coinvolgimento diretto degli utenti finali, l'utilizzo di metodi progettuali e l'inclusione di designer e altri professionisti nello sviluppo di tecnologie indossabili aumentative sin dalle prime fasi. Per ottenere una comprensione iniziale della connessione tra Human Augmentation e Design, sono stati selezionati 12 articoli come base per un'analisi approfondita. Questi articoli forniscono informazioni dettagliate sulle modalità, i metodi, gli strumenti e le persone coinvolte, e fanno riferimento allo Human-Centered Design e allo User-Centered Design.

Il campione è composto da due principali tipologie di contributi: articoli teorici che propongono metodi e approcci per designer e altri professionisti (Kymäläinen, Koskinen and Aromaa, 2016; Gandy, Baker and Zeagler, 2017; Witter et al., 2022), e articoli pratici che descrivono progetti o esplorazioni progettuali (Record et al., 2013; Kim et al., 2014; Orikasa et al., 2017; Hatakeyama, Saraiji and Minamizawa, 2019; Sadeghian and Hassenzahl, 2021; Vatsal and Hoffman, 2021). È interessante notare che diversi articoli sono collegati ad attività di workshop che coinvolgono designer e altri professionisti (Huber et al., 2014; Danry et al., 2021; Mencarini et al., 2022), utenti finali o entrambi. Questo suggerisce come la pratica del design sia legata a un approccio "hands-on" nel campo della Human Augmentation. Le parole chiave degli autori presenti negli articoli sono state raccolte per comprendere il "peso" attribuito al design nella classificazione dei contributi scientifici in questo ambito. La Fig. 32 riporta le parole chiave degli autori (in media 5 per articolo), raggruppando quelle che fanno esplicito riferimento al design o che presentano una correlazione consolidata (in termini di significato e pratica) con la disciplina del Design.

Nel complesso, ciascuna parola chiave dell'autore compare una sola volta nel campione, ad eccezione di Exoskeletons, Augmented Human, Wearable Computing, User Centered Design, Assistive Technology, Superhuman Sports, Wearable Robotics (ognuna delle quali compare due volte) e Human Augmentation (che compare cinque volte). Questo evidenzia una grande varietà di concetti associati al campo, così come percezioni e prospettive diversificate tra i ricercatori.

Fig. 32. Keywords raccolte dall'analisi della letteratura sul design nella Human Augmentation. In turchese, le keywords con esplicito riferimento alle discipline del design. [© Camilla Gironi]

Data la modesta quantità di articoli, è difficile definire una tendenza generale nell'uso di strumenti e metodi specifici nel campo, sebbene sia possibile individuare alcune somiglianze tra i casi studio analizzati. Concentrandosi sullo Human-Centered Design come lente per analizzare la progettazione di tecnologie di potenziamento umano, si prende come riferimento lo standard per l'ergonomia e l'interazione umano-macchina (ISO 9241-210 "Human-centered design for interactive systems") per definire le principali fasi di un processo di HCD. Da questa prospettiva, i metodi e gli strumenti implementati negli articoli selezionati sono stati raccolti e suddivisi in base alle fasi corrispondenti, come mostrato nella Fig. 33.

Fig. 32

Hacking • Prosthetics • Making • Prosthesis • Prosthetic Arm •
Situated Design • Workshop • Kit • Exoskeletons • Opportunity
Spaces • Critical Making • Advanced Human Augmentation •
Human Augmentation • Augmented Human • Human-Centered
Design • Human-Computer Interaction • Wearable Computing •
UI Design • Assistive Technology • Public Policy • Personas •
Superhuman Sports • Sports Creation • Congenital Defect •
Musical Instrument • Core-Task Design • Virtual Reality •
Superpowers • Design Method • Wearable Robotics • User
Centered Design • Robot Design and Control • Deaf-Hearing
Communication • Universal Design • Sensory Augmentation
Technology • Inclusive Design • Shared Experiences • Sensory
Gap • Community Design • Perception • Sensing • Co-creation •
Human-Computer Integration • Experiential Integration •
Interaction Design • Sense of Self • Sense of Body-Ownership •
Sense of Agency • Usability and Acceptance • Cognitive Science •
Phenomenology • Usability Evaluation • E-Sports • Exergames •
Sports • Design Science

Il Design Partecipativo, come metodo, è esplicitamente menzionato in quattro articoli del campione, coinvolgendo potenziali utenti finali nel processo. Gli utenti coinvolti includono sia persone senza disabilità sia persone con disabilità, con l’obiettivo di sviluppare tecnologie in grado sia di assistere che di potenziare le capacità umane. Questo suggerisce che un approccio di design aperto e condiviso può rappresentare uno strumento valido per affrontare lo sviluppo di tecnologie di Human Augmentation, soprattutto considerando la sua caratteristica intrinseca di coinvolgere una vasta gamma di attori (utenti, designer, ingegneri e altri) nel processo creativo. D’altro canto, apre alla discussione per ulteriori sviluppi, considerando le nuove sfide che emergono dall’ideazione, costruzione e iterazione di prodotti finalizzati al potenziamento delle capacità umane.

In linea generale, lo Human-Centered Design offre un approccio olistico ed empatico ai bisogni, agli atteggiamenti e alle aspettative umane, che può assumere significati differenti quando si tratta di sviluppare capacità intellettive, fisiche e sensoriali oltre i limiti umani. In questo senso, il ruolo del designer è cruciale nel guidare la creazione di tecnologie aumentative lungo l’intero processo, che può essere definito come “Human-Augmenting Design”.

Fig. 33. Tabella di sintesi degli strumenti e dei metodi individuati nell’analisi della letteratura, raggruppati secondo le fasi di Human-Centered Design. [© Camilla Gironi]

Fig. 33

Fasi	Comprensione	Specificazione	Ideazione	Valutazione
Metodi	Brainstorming Core-Task Design Future-based Design Future Studies Situated Design	Participatory Design Community Design	Critical Making Science Fiction Prototyping Concept Generation	Contextual Inquiry
Strumenti	Observations Scenario building	Personas Pre-testing Interviews Surveys Ethnography User Needs Analysis 2x2 Framing Matrix	Prototyping VR Simulation	In-person Usability Tests

4.2.2 Nuove Prospettive per il Design

Alla luce di quanto messo in evidenza, lo Human-Centered Design è stato assunto come lente per analizzare processi e strumenti ma anche per registrarne i limiti in presenza di tecnologie che ridefiniscono identità, intenzioni e contesti d'uso. Si rende così necessario un salto concettuale, dal progettare per un utente presunto stabile al progettare con e attraverso relazioni co-costitutive tra umani e artefatti. Questa transizione richiede di assumere il design come pratica di mediazione che configura azioni e moralità entro assemblaggi socio-tecnici, superando l'idea di interfacce come meri canali e riconoscendo il carattere performativo degli oggetti aumentativi sull'identità e l'azione degli agenti. In questa chiave, l'orientamento postfenomenologico e agenziale fornisce una cornice in cui i manufatti mediano e co-producono intenzionalità e valutazioni, e le identità emergono dall'intra-azione di elementi umani e non-umani. Ciò rende il progetto una pratica etico-ontologica oltre che tecnica.

Se la Human Augmentation promette estensioni cognitive, sensoriali e fisiche, le sue traiettorie consolidano una visione non solo di interazione, ma esplicitamente di integrazione umano-macchina, una simbiosi operativa in cui sistema umano e sistema tecnico co-adattano i propri modelli percettivi e decisionali. Questa idea si manifesta in dispositivi indossabili che spostano l'asse progettuale dal semplice fit funzionale alla co-progettazione dell'esperienza incorporata e dei suoi trade-off etici e sociali. Pertanto è utile evidenziare alcune priorità progettuali: adattività (l'artefatto apprende e si risincronizza con il corpo e il contesto), invisibilità pragmatica (l'interazione tende a scomparire per lasciare emergere l'azione), e plasticità morfologica (materiali e forme che si modulano su posture, sforzi e sensibilità).

Questa condizione richiede al design di integrare saperi neuro-ergonomici (misurare e modellare carico, vigilanza, agency) e saperi soma-estetici (progettare sulla/e sensazione/i e non solo sulla funzione), insieme a conoscenze di sperimentazione materica ed esperienziale. In tal senso, le tecnologie aumentative mettono in crisi sequenze lineari di progetto. Si rende necessario introdurre metodologie ibride in grado di combinare una componente critica capace di far emergere presupposti e implicazioni (moralità incorporata, normalizzazione dei corpi, politiche dei dati), e una componente speculativa per esplorare sistemi e usi non (ancora) dati, attraverso un approccio interventista di field trials e living labs che permetta

di negoziare configurazioni praticabili nel reale.

Operativamente, queste prospettive comportano l'introduzione nei processi progettuali di laboratori transdisciplinari che uniscano design, HCI, neuroscienze, etica, di approcci alla prototipazione che siano "corpocentrici" (ad esempio, attraverso bodystorming, o somaesthetic rehearsals) per far emergere requisiti sensoriali e micro-qualità dell'azione, di speculazioni strutturate (come design fiction e artefatti critici) per negoziare visioni, tensioni e convergenze, e di sperimentazioni longitudinali per osservare l'evoluzione co-adattiva e i suoi effetti identitari e sociali.

References

Achilli, G.M. et al. (2023) 'Soft, Rigid, and Hybrid Robotic Exoskeletons for Hand Rehabilitation: Roadmap with Impairment-Oriented Rationale for Devices Design and Selection', Applied Sciences [Preprint]. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:264137306>.

Alicea, B. (2018) 'An Integrative Introduction to Human Augmentation Science'. arXiv. Available at: <https://doi.org/10.48550/ARXIV.1804.10521>.

Anderson, W.T. (2003) 'Augmentation, symbiosis, transcendence: technology and the future(s) of human identity', Futures, 35(5), pp. 535–546. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0016-3287\(02\)00097-6](https://doi.org/10.1016/S0016-3287(02)00097-6).

Boldu, R. et al. (2020) 'AiSee: An Assistive Wearable Device to Support Visually Impaired Grocery Shoppers', Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies, 4(4), pp. 1–25. Available at: <https://doi.org/10.1145/3432196>.

Bush, V. (1945) As we may think.

Caon, M., Menuz, V. and Roduit, J.A.R. (2016) 'We Are Super-Humans: Towards a Democratisation of the Socio-Ethical Debate on Augmented Humanity', in Proceedings of the 7th Augmented Human International Conference 2016. AH '16: Augmented Human International Conference 2016, Geneva Switzerland: ACM, pp. 1–4. Available at: <https://doi.org/10.1145/2875194.2875223>.

Carvalho, C.R. et al. (2023) 'Review of electromyography onset detection methods for real-time control of robotic exoskeletons', Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 20(1), p. 141. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01268-8>.

Chen, S. et al. (2025) 'A sensor-actuator-coupled gustatory interface chemically connecting virtual and real environments for remote tasting', Science Advances, 11(9), p. eadr4797. Available at: <https://doi.org/10.1126/sciadv.adr4797>.

Clites, T.R. et al. (2018) 'The Ewing Amputation: The First Human Implementation of the Agonist-Antagonist Myoneural Interface', Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open, 6(11), p. e1997. Available at: <https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000001997>.

Dahiya, R.S. and Valle, M. (2013) Robotic Tactile Sensing. Dordrecht: Springer Netherlands. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0579-1>.

Danry, V. et al. (2021) 'Do Cyborgs dream of Electric Limbs? Experiential Factors in Human-Computer Integration

Design and Evaluation', in Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. CHI '21: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Yokohama Japan: ACM, pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.1145/3411763.3441355>.

De Boeck, M. and Vaes, K. (2021) 'Structuring Human Augmentation Within Product Design', Proceedings of the Design Society, 1, pp. 2731–2740. Available at: <https://doi.org/10.1017/pds.2021.534>.

Di Stefano, N., Jarrassé, N. and Valera, L. (2022) 'The Ethics of Supernumerary Robotic Limbs. An Enactivist Approach', Science and Engineering Ethics, 28(6), p. 57. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11948-022-00405-1>.

Ding, T.J. et al. (2023) 'Development Trend of Robotic Exoskeletons', in 2023 IEEE International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems (CIS) and IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics (RAM). 2023 IEEE International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems (CIS) and IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics (RAM), Penang, Malaysia: IEEE, pp. 114–121. Available at: <https://doi.org/10.1109/CIS-RAM55796.2023.10370016>.

Dollar, A.M. and Herr, H. (2008) 'Lower Extremity Exoskeletons and Active Orthoses: Challenges and State-of-the-Art', IEEE Transactions on Robotics, 24(1), pp. 144–158. Available at: <https://doi.org/10.1109/TRO.2008.915453>.

Engelbart, D.C. (1962) Augmenting human intellect; a conceptual framework. Menlo Park, Calif.: Stanford Research Institute.

Farina, D. et al. (2017) 'Man/machine interface based on the discharge timings of spinal motor neurons after targeted muscle reinnervation', Nature Biomedical Engineering, 1(2), p. 0025. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41551-016-0025>.

Fernandes, T. (2016) 'Human augmentation: beyond wearables', Interactions, 23(5), pp. 66–68. Available at: <https://doi.org/10.1145/2972228>.

Gandy, M., Baker, P.M.A. and Zeagler, C. (2017) 'Imagining futures: A collaborative policy/device design for wearable computing', Futures, 87, pp. 106–121. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.11.004>.

Gardner, J.W. and Bartlett, P.N. (1999) Electronic Noses: Principles and Applications. Oxford University PressOxford. Available at: <https://doi.org/10.1093/oso/9780198559559.001.0001>.

Gemser, G. et al. (2012) 'Quality perceptions of design journals: The design scholars' perspective', Design Studies,

33(1), pp. 4–23. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2011.09.001>.

Grudin, J. (2009) 'AI and HCI: Two Fields Divided by a Common Focus', *AI Magazine*, 30(4), pp. 48–57. Available at: <https://doi.org/10.1609/aimag.v30i4.2271>.

Guerrero, G. et al. (2022) 'Augmented Humanity: A Systematic Mapping Review', *Sensors*, 22(2), p. 514. Available at: <https://doi.org/10.3390/s22020514>.

Hatakeyama, K., Saraiji, M.Y. and Minamizawa, K. (2019) 'MusiArm: Extending Prosthesis to Musical Expression', in *Proceedings of the 10th Augmented Human International Conference 2019. AH2019: Augmented Human International Conference 2019, Reims France: ACM*, pp. 1–8. Available at: <https://doi.org/10.1145/3311823.3311873>.

Herr, H. (2009) 'Exoskeletons and orthoses: classification, design challenges and future directions', *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 6(1), p. 21. Available at: <https://doi.org/10.1186/1743-0003-6-21>.

Herr, H. and Carty, M.J. (2021) 'The Agonist-antagonist Myoneural Interface', *Techniques in Orthopaedics*, 36(4), pp. 337–344. Available at: <https://doi.org/10.1097/BTO.0000000000000552>.

Ho, B.Q. et al. (2022) 'Human Augmentation Technologies for Employee Well-Being: A Research and Development Agenda', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), p. 1195. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph19031195>.

Hochberg, L.R. et al. (2006) 'Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia', *Nature*, 442(7099), pp. 164–171. Available at: <https://doi.org/10.1038/nature04970>.

Huber, J. et al. (2014) 'Workshop on assistive augmentation', in *CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. CHI '14: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Toronto Ontario Canada: ACM*, pp. 103–106. Available at: <https://doi.org/10.1145/2559206.2560473>.

Hummel, T. et al. (2017) 'Position paper on olfactory dysfunction', *Rhinology journal*, 54(26), pp. 1–30. Available at: <https://doi.org/10.4193/Rhino16.248>.

Hummel, T. et al. (2023) 'Olfactory dysfunction: etiology, diagnosis, and treatment', *Deutsches Ärzteblatt international* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2022.0411>.

Hussain, I. et al. (2017) 'Toward wearable supernumerary robotic fingers to compensate missing grasping

abilities in hemiparetic upper limb', *The International Journal of Robotics Research*, 36(13–14), pp. 1414–1436. Available at: <https://doi.org/10.1177/0278364917712433>.

Hussain, I. and Prattichizzo, D. (2020) *Augmenting Human Manipulation Abilities with Supernumerary Robotic Limbs*. Cham: Springer International Publishing (Biosystems & Biorobotics). Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-52002-1>.

Ifft, P.J. et al. (2013) 'A Brain-Machine Interface Enables Bimanual Arm Movements in Monkeys', *Science Translational Medicine*, 5(210). Available at: <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3006159>.
Kapur, A., Kapur, S. and Maes, P. (2018) 'AlterEgo: A Personalized Wearable Silent Speech Interface', in 23rd International Conference on Intelligent User Interfaces. IUI'18: 23rd International Conference on Intelligent User Interfaces, Tokyo Japan: ACM, pp. 43–53. Available at: <https://doi.org/10.1145/3172944.3172977>.

Kay, E. et al. (2024) 'Sensory Considerations for Emerging Textile Applications', *Textiles*, 4(1), pp. 17–25. Available at: <https://doi.org/10.3390/textiles4010002>.

Kim, E. et al. (2014) 'Identifying design opportunity spaces in new user interfaces for exoskeleton mobility devices', in *DS 77: Proceedings of the DESIGN 2014 13th International Design Conference*.

Kymäläinen, T., Koskinen, H. and Aromaa, S. (2016) 'Design and research for advanced human augmentation in the industrial work context', in P. Novais and S. Konomi (eds) *Intelligent Environments 2016*. Netherlands: IOS Press (Ambient Intelligence and Smart Environments), pp. 608–614. Available at: <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-690-3-608>.

Landis, B.N. et al. (2009) "'Taste Strips" – A rapid, lateralized, gustatory bedside identification test based on impregnated filter papers', *Journal of Neurology*, 256(2), pp. 242–248. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00415-009-0088-y>.

Lebedev, M.A. and Nicolelis, M.A.L. (2006) 'Brain-machine interfaces: past, present and future', *Trends in Neurosciences*, 29(9), pp. 536–546. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tins.2006.07.004>.

Licklider, J.C.R. (1960) 'Man-Computer Symbiosis', *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, HFE-1(1), pp. 4–11. Available at: <https://doi.org/10.1109/THFE2.1960.4503259>.

Lisini Baldi, T. et al. (2025) 'Exploiting body redundancy to control supernumerary robotic limbs in human augmentation', *The International Journal of Robotics Research*, 44(2), pp. 291–316. Available at: <https://doi.org/10.1177/02783649241265451>.

Luo, Y. et al. (2022) 'Digital Fabrication of Pneumatic Actuators with Integrated Sensing by Machine Knitting', in CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. CHI '22: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, New Orleans LA USA: ACM, pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.1145/3491102.3517577>.

Machado, S. et al. (2010) 'EEG-based Brain-Computer Interfaces: An Overview of Basic Concepts and Clinical Applications in Neurorehabilitation', *Reviews in the Neurosciences*, 21(6). Available at: <https://doi.org/10.1515/REVNEURO.2010.21.6.451>.

Mann, S. (2012) 'Wearable computing', *Encyclopedia of Human-Computer Interaction* [Preprint].

Marchesini, R. (2002) *Post-human: verso nuovi modelli di esistenza*. 1. ed. Torino: Bollati Boringhieri (Saggi. Scienze).

Mencarini, E. et al. (2022) 'New Trends in HCI and Sports', in Adjunct Publication of the 24th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services. MobileHCI '22: 24th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, Vancouver BC Canada: ACM, pp. 1–5. Available at: <https://doi.org/10.1145/3528575.3551426>.

Meshi, A. (2024) 'GPT-ME: A Human-AI Cognitive Assemblage', *Proceedings of the ACM on Computer Graphics and Interactive Techniques*, 7(4), pp. 1–8.

Muhammad Kabeer, A., Megalingam, R.K. and Sakthiprasad, K.M. (2024) 'Brain-Computer Interfaces for Mobility Assistance: A Comparative Analysis of EEG-Based Classification Models for Brain-Controlled Wheelchairs', in P.K. Jha et al. (eds) *Proceedings of the Second Congress on Control, Robotics, and Mechatronics*. Singapore: Springer Nature Singapore (Smart Innovation, Systems and Technologies), pp. 245–256. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-97-6810-3_20.

Mühlinghaus, S., Schmidt, V. and König, P. (2024) 'The Three Stages of Learning to Master a Sensory Augmentation Device: Activation - Acquisition - Integration'. *Neuroscience*. Available at: <https://doi.org/10.1101/2024.07.17.603884>.

Nilsson, M. et al. (2012) 'The Soft Extra Muscle system for improving the grasping capability in neurological rehabilitation', in 2012 IEEE-EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences. 2012 IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES 2012), Langkawi, Malaysia: IEEE, pp. 412–417. Available at: <https://doi.org/10.1109/IECBES.2012.6498090>.

Norman, D. (1988) *The Psychology of Everyday Things*. Basic books.

O'Doherty, J.E. et al. (2011) 'Active tactile exploration using a brain-machine-brain interface', *Nature*, 479(7372), pp. 228–231. Available at: <https://doi.org/10.1038/nature10489>.

Orikasa, M. et al. (2017) 'Design of Sports Creation Workshop for Superhuman Sports', in *Proceedings of the Virtual Reality International Conference - Laval Virtual 2017. VRIC '17: Virtual Reality International Conference - Laval Virtual 2017*, Laval France: ACM, pp. 1–4. Available at: <https://doi.org/10.1145/3110292.3110305>.

Pannone, A. et al. (2024) 'Robust chemical analysis with graphene chemosensors and machine learning', *Nature*, 634(8034), pp. 572–578. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08003-w>.

Parietti, F. and Asada, H. (2016) 'Supernumerary Robotic Limbs for Human Body Support', *IEEE Transactions on Robotics*, 32(2), pp. 301–311. Available at: <https://doi.org/10.1109/TRO.2016.2520486>.

Parietti, F., Chan, K. and Asada, H.H. (2014) 'Bracing the human body with supernumerary Robotic Limbs for physical assistance and load reduction', in *2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pp. 141–148. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICRA.2014.6906601>.

Postol, N. et al. (2024) "Are we there yet?" expectations and experiences with lower limb robotic exoskeletons: a qualitative evaluation of the therapist perspective', *Disability and Rehabilitation*, 46(5), pp. 1023–1030. Available at: <https://doi.org/10.1080/09638288.2023.2183992>.

Prattichizzo, D. et al. (2021) 'Human augmentation by wearable supernumerary robotic limbs: review and perspectives', *Progress in Biomedical Engineering*, 3(4), p. 042005. Available at: <https://doi.org/10.1088/2516-1091/ac2294>.

Prinzel, L.J. et al. (2000) 'A Closed-Loop System for Examining Psychophysiological Measures for Adaptive Task Allocation', *The International Journal of Aviation Psychology*, 10(4), pp. 393–410. Available at: https://doi.org/10.1207/S15327108IJAP1004_6.

Rabehi, A. et al. (2024) 'Advancements and Prospects of Electronic Nose in Various Applications: A Comprehensive Review', *Applied Sciences*, 14(11), p. 4506. Available at: <https://doi.org/10.3390/app14114506>.

Raisamo, R. et al. (2019) 'Human augmentation: Past, present and future', *International Journal of Human-Computer Studies*, 131, pp. 131–143. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.05.008>.

Raspopovic, S. et al. (2014) 'Restoring Natural Sensory Feedback in Real-Time Bidirectional Hand Prostheses', *Science Translational Medicine*, 6(222). Available at: <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3006820>.

Record, I. et al. (2013) 'DIY Prosthetics Workshops: "critical making" for public understanding of human augmentation', in 2013 IEEE International Symposium on Technology and Society (ISTAS): Social Implications of Wearable Computing and Augmented Reality in Everyday Life. 2013 IEEE International Symposium on Technology and Society (ISTAS), Toronto, ON, Canada: IEEE, pp. 117–125. Available at: <https://doi.org/10.1109/ISTAS.2013.6613110>.

Sadeghian, S. and Hassenzahl, M. (2021) 'From Limitations to "Superpowers": A Design Approach to Better Focus on the Possibilities of Virtual Reality to Augment Human Capabilities', in Designing Interactive Systems Conference 2021. DIS '21: Designing Interactive Systems Conference 2021, Virtual Event USA: ACM, pp. 180–189. Available at: <https://doi.org/10.1145/3461778.3462111>.

Sasaki, T. et al. (2017) 'MetaLimbs: multiple arms interaction metamorphism', in ACM SIGGRAPH 2017 Emerging Technologies. SIGGRAPH '17: Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques Conference, Los Angeles California: ACM, pp. 1–2. Available at: <https://doi.org/10.1145/3084822.3084837>.

Schmidt, V. et al. (2023) 'Improved Spatial Knowledge Acquisition through Sensory Augmentation', *Brain Sciences*, 13(5), p. 720. Available at: <https://doi.org/10.3390/brainsci13050720>.

Schmorrow, D.D. and Kruse, A.A. (2002) 'DARPA's Augmented Cognition Program-tomorrow's human computer interaction from vision to reality: building cognitively aware computational systems', in Proceedings of the IEEE 7th Conference on Human Factors and Power Plants. New Century, New Trends. of the 2002 IEEE 7th Conference on Human Factors and Power Plants, Scottsdale, AZ, USA: IEEE, pp. 7-1-7-4. Available at: <https://doi.org/10.1109/HFPP.2002.1042859>.

Schwartz, M. et al. (2023) 'Biomechanical Consequences of Using Passive and Active Back-Support Exoskeletons during Different Manual Handling Tasks', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:260301549>.

Seifi, H. et al. (eds) (2022) *Haptics: Science, Technology, Applications: 13th International Conference on Human Haptic Sensing and Touch Enabled Computer Applications, EuroHaptics 2022, Hamburg, Germany, May 22–25, 2022, Proceedings*. Cham: Springer International Publishing (Lecture Notes in Computer Science). Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-06249-0>.

Sharifi, M. et al. (2025) 'Reinforcement Learning Methods for Assistive and Rehabilitation Robotic Systems:

A Survey', IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, pp. 1–18. Available at: <https://doi.org/10.1109/TSMC.2025.3555598>.

Silvera-Tawil, D., Rye, D. and Velonaki, M. (2015) 'Artificial skin and tactile sensing for socially interactive robots: A review', Robotics and Autonomous Systems, 63, pp. 230–243. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2014.09.008>.

Sivasakthivel, R. et al. (2025) 'A Systematic Review and Modern Approaches for Bio Signal Based BCI's', in 2025 International Conference on Computing for Sustainability and Intelligent Future (COMP-SIF). 2025 International Conference on Computing for Sustainability and Intelligent Future (COMP-SIF), Bangalore, India: IEEE, pp. 1–5. Available at: <https://doi.org/10.1109/COMP-SIF65618.2025.10969971>.

Stanney, K.M. et al. (2009) 'Augmented Cognition: An Overview', Reviews of Human Factors and Ergonomics, 5(1), pp. 195–224. Available at: <https://doi.org/10.1518/155723409X448062>.
Stephenson, N. (1994) Snow Crash. Penguin UK.

Toxiri, S. et al. (2019) 'Back-Support Exoskeletons for Occupational Use: An Overview of Technological Advances and Trends', IJSE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors, 7(3–4), pp. 237–249. Available at: <https://doi.org/10.1080/24725838.2019.1626303>.

Vatsal, V. and Hoffman, G. (2021) 'The Wearable Robotic Forearm: Design and Predictive Control of a Collaborative Supernumerary Robot', Robotics, 10(3), p. 91. Available at: <https://doi.org/10.3390/robotics10030091>.

Verbeek, P.-P. (2011) Moralizing technology: understanding and designing the morality of things. Chicago ; London: The University of Chicago Press.

Witter, M. et al. (2022) 'Bridging a sensory gap between deaf and hearing people—A plea for a situated design approach to sensory augmentation', Frontiers in Computer Science, 4, p. 991180. Available at: <https://doi.org/10.3389/fcomp.2022.991180>.

Witter, M. and Calvi, L. (2018) 'Enabling Augmented Sense-Making (and Pure Experience) with Wearable Technology', in Y. Chisik et al. (eds) Intelligent Technologies for Interactive Entertainment. Cham: Springer International Publishing (Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering), pp. 136–141. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-73062-2_11.

Wolpaw, J.R. (2002) 'Memory in Neuroscience: Rhetoric Versus Reality', Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews, 1(2), pp. 130–163. Available at: <https://doi.org/10.1177/1534582302001002003>.

Wordsworth, R. (2020) 'Design - Prosthetics. When prosthetics meet aesthetics', *Engineering & Technology*, 15(1), pp. 20–25. Available at: <https://doi.org/10.1049/et.2020.0100>.

Xia, H. et al. (2024) 'Shaping high-performance wearable robots for human motor and sensory reconstruction and enhancement', *Nature Communications*, 15(1), p. 1760. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46249-0>.

Xiloyannis, M. et al. (2021) 'Soft robotic suits: State of the art, core technologies and open challenges'. Available at: <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2105.10588>.

Yamamura, N. et al. (2023) 'Social Digital Cyborgs: The Collaborative Design Process of JIZAI ARMS', in *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI '23: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Hamburg Germany: ACM, pp. 1–19. Available at: <https://doi.org/10.1145/3544548.3581169>.

Yang, B. et al. (2021) 'Supernumerary robotic limbs: a review and future outlook', *IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics*, 3(3), pp. 623–639.

Young, A.J. and Ferris, D.P. (2017) 'State of the Art and Future Directions for Lower Limb Robotic Exoskeletons', *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 25(2), pp. 171–182. Available at: <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2016.2521160>.

PARTE III

DESIGN PER LO SVILUPPO TECNOLOGICO

REFRAMING A DESIGN METHOD

ABSTRACT (INGLESE)

The chapter addresses the complexity of defining a design method for Human Augmentation technologies, positioned at the intersection of biomedical engineering, interaction design, posthumanist studies, and the sociology of technology. The theoretical reflection is grounded in the figure of the cyborg as an epistemological entity, destabilizing the boundaries between natural and artificial, individual and environment. This entails moving beyond traditional models of Human-Centered Design, which presuppose a stable subject, in favor of a relational and intra-active approach. Design is thus conceived as a critical and experimental practice, capable of producing speculative artifacts that foster ethical, political, and existential awareness. Central to this is the use of Design Fiction, operationalized through a card-based toolkit to explore future scenarios of human augmentation, tested in workshops with students and researchers. The experiments revealed both creative potential and limitations: on the one hand, the ability to generate critical visions that go beyond immediate functionality; on the other, the risk of abstraction disconnected from real needs. Integration with Human-Centered Design, validated through an industrial case study on wearable exoskeletons, makes it possible to combine speculative imagination with responsiveness to use contexts. The chapter thus proposes a hybrid method, capable of merging posthuman visions with concrete design practices, oriented toward ethically sustainable futures.

RICOSTRUIRE UN METODO DI DESIGN

ABSTRACT

Il capitolo affronta la complessità di definire un metodo di design per le tecnologie di Human Augmentation, collocandosi all'incrocio tra ingegneria biomedica, interaction design, studi postumanisti e sociologia della tecnologia. La riflessione teorica si fonda sulla figura del cyborg come entità epistemologica, che destabilizza confini tra naturale e artificiale, individuo e ambiente. Ciò implica il superamento dei modelli tradizionali di Human-Centered Design, poiché presuppongono un soggetto stabile, a favore di un approccio relazionale e intra-attivo. Il design viene così inteso come pratica critica e sperimentale, capace di produrre artefatti speculativi che stimolino consapevolezza etica, politica ed esistenziale. Centrale è il ricorso al Design Fiction, operazionalizzato attraverso un kit di carte per esplorare scenari futuri di human augmentation, testato in workshop con studenti e ricercatori. Le sperimentazioni hanno rivelato potenzialità creative e limiti: da un lato la capacità di generare visioni critiche oltre la funzionalità immediata, dall'altro il rischio di astrazione scollegata dai bisogni reali. L'integrazione con lo Human-Centered Design, validata da un caso studio industriale su esoscheletri indossabili, permette di coniugare immaginazione speculativa e rispondenza ai contesti d'uso. Il capitolo propone un metodo ibrido, in grado di coniugare visioni postumane e pratiche progettuali concrete, orientato a futuri eticamente sostenibili.

5.1 Costruire un Metodo di Design per la Human Augmentation

La progettazione di tecnologie indossabili si trova oggi al crocevia di molteplici dinamiche disciplinari: dall'ingegneria biomedica al design dell'interazione, dalla sociologia della tecnologia agli studi postumanisti. Definire un metodo di design "ad hoc" per questi artefatti risulta tutt'altro che banale. Ripercorrendo la filosofia di Haraway, il cyborg non è semplicemente un ibrido organico-sintetico, ma una figura epistemologica che destabilizza i confini tra naturale e artificiale, individuo e ambiente, soggetto e oggetto (Haraway, 1985). In questo orizzonte teorico, ogni tentativo di codificare un processo progettuale rigidamente sequenziale rischia di ignorare la natura fluida, performativa ed evolutiva della relazione tra corpo e tecnologia.

Questa pluralità di "possibili sé", che potrebbero o non potrebbero manifestarsi, necessita di una metodologia di analisi che supera gli schemi tradizionali, ad esempio l'approccio di Human-Centered Design, poiché essi si fondano sul presupposto di un soggetto umano stabile e un contesto d'uso individuabile a priori (Dourish, 2001; Friedman et al., 2013). Al contrario, la lente postumana sottolinea come l'identità dell'agente si configuri sempre in co-costruzione con l'artefatto stesso, attraverso processi di "intra-azione" che rimandano a un'ontologia relazionale (Barad, 2006). Di conseguenza, un metodo di design per tecnologie indossabili deve saper integrare tecniche di ricerca partecipativa, prototipazione speculativa e sperimentazione continua sul campo, superando la dicotomia tra fase esplorativa ed esecutiva. Infine, la complessità etica e politica insita nelle tecnologie cyborg richiede che il processo progettuale non si limiti a criteri di usabilità ed efficacia funzionale, ma includa riflessioni sul potere, la sorveglianza e la soggettivazione postumana (Hayles, 1999; Lupton, 2016). In altre parole, il design deve farsi spazio di negoziazione critica, capace di mettere in luce le implicazioni normative e culturali delle tecnologie indossabili, con un approccio metodologico che consideri simultaneamente le dimensioni tecniche, corporee e socio-politiche attraverso uno spirito sperimentale di indagine del presente e dei possibili futuri.

5.1.1 Critical Design per l'Experimental Research Through Design

Innestandosi nell'ambito più ampio della Critical Cyborg Theory, che, come esplorato nel Capitolo III, ridefinisce le relazioni tra corpo, tecnologia e potere per sovvertire le dicotomie tradizionali tra umano e macchina (Haraway, 1985; Balsamo, 1995), il Design assume un ruolo strategico come pratica teorica e progettuale critica. In particolare, questo si traduce nell'approccio di Critical Design, che mira non tanto a risolvere problemi preesistenti, quanto a porre domande critiche sugli assunti culturali e socio-tecnici che guidano l'innovazione (Dunne and Raby, 2001; Dunne, 2008). L'approccio critico si instaura come strumento di stratificazione interpretativa, al fine di stimolare una consapevolezza approfondita e avviare il dibattito sulle implicazioni etiche, politiche, sociali ed esistenziali della convergenza umano-macchina. In questo senso, la pratica del Critical Design – come declinazione operativa della Critical Cyborg Theory – produce “zone di attrito” tra aspettative e desideri sociali e le possibili traiettorie future, promuovendo una postura progettuale di dissenso costruttivo e di auto-riflessione critica. Sulla base di questi assunti, si evidenzia come la pratica di indagine critica debba necessariamente integrare un'impronta sperimentale in una prospettiva di Experimental Research through Design (ERTD). Questo si configura come approccio post-disciplinare volto a integrare pratiche artistiche, scienze sociali, discipline umanistiche e tecnologie avanzate per indagare e intervenire su problemi globali complessi, come ad esempio lo sviluppo della condizione postumana sotto forma di cyborg.

Sulla base dell'assunto consolidato per il quale la pratica progettuale stessa costituisce forma di conoscenza (Frayling, 1993), l'approccio di sperimentazione attraverso le discipline del design produce “oggetti di ricerca” la cui materialità e contesto d'uso diventano strumenti epistemici per esplorare tensioni socio-tecniche e ridefinire narrazioni collettive (Zimmerman, Forlizzi and Evenson, 2007). Questi artefatti sperimentali, al pari degli “oggetti critici” delineati da Dunne e Raby, non mirano a soluzioni immediate ma a generare insight teorici e discussioni etiche sui potenziali futuri delle tecnologie ibride (Gaver et al., 2008; Redström, 2017). L'impronta sperimentale del design come pratica di ricerca si caratterizza per la sua capacità di co-generare conoscenza attraverso collaborazioni transdisciplinari, coinvolgendo ricercatori, artisti e comunità in

processi di prototipazione riflessiva che producono sia dati qualitativi sia stimoli immaginativi (Leavy, 2015) in una prospettiva anti-disciplinare. Ciò comporta che anche la disciplina stessa del Design debba attraversare una sua evoluzione cyborg al fine di superare i confini metodologici tradizionali. Di conseguenza, anche il designer è chiamato a una riflessione personale sul proprio ruolo nell'attuazione di questo paradigma evolutivo attraverso la pratica progettuale.

5.2 Inventare il Cyborg

La sfida primaria per il designer in questo paradigma di co-evoluzione umano-macchina è quella di immaginare come potrebbe essere un cyborg. Come accennato in precedenza, la condizione cyborg è una manifestazione dinamica dell'integrazione tra l'agente umano e le agentività non-umane nel complesso contesto dell'individualità corporea. Poiché non è possibile determinare a priori i bisogni derivanti da questa nuova condizione, il designer è chiamato innanzitutto a formulare speculazioni strategiche sui possibili risultati di una evoluzione tecnologica scandagliando la natura umana nelle sue abilità, nel suo inserimento in contesti ambientali e sociali e nella sua interazione con la realtà. A tale scopo, per inventare il cyborg è stato deciso di utilizzare l'approccio critico e speculativo del Design Fiction per operare una prima esplorazione concettuale.

5.2.1 Metodo: Design Fiction

Il termine Design Fiction è stato coniato originariamente nel 2005 da Bruce Sterling, scrittore pioniere del Science Fiction, nel tentativo di costruire una prima “guida alla prossima grande ondata tecnologica” in vista dell’avvicinarsi di “un’era di oggetti così programmabili da poter essere considerati come istanziazioni materiali di un sistema immateriale” (Sterling, 2005). Sterling denomina questi oggetti “manifatturati dal futuro” con il nominativo “Spime”, descrivendoli come un nuovo tipo di oggetti, “progettati su schermi, realizzati con mezzi digitali e tracciati con precisione nello spazio e nel tempo”, cose che esistono sia nel mondo fisico che nelle reti digitali, caratterizzate dalla capacità di essere tracciate, registrate e analizzate durante il loro intero ciclo di vita (Sterling, 2005). Nell’immaginare questi nuovi oggetti del futuro, Sterling è stato il primo a riconoscere nell’operato delle discipline applicative e progettuali il potere di materializzare futuri attraverso la costruzione di artefatti, macchine, prodotti, applicazioni digitali (da Sterling chiamati “Gizmos”) in grado di stimolare la discussione sul cambiamento tecno-sociale apportato dagli avanzamenti tecnologici. Seguendo questa prospettiva, Sterling ha definito il Design Fiction come “l’uso deliberato di prototipi diegetici per sospendere l’incredulità nei confronti del cambiamento” (Sterling, 2013).

Nei 10 anni successivi alla nascita del termine, il Design Fiction ha ricevuto un notevole interesse da parte di diverse discipline, in particolare la Human-Computer Interaction (HCI), la cui evoluzione si basa sempre più frequentemente su metodi generativi e pratiche creative (Lindley and Coulton, 2015). Nonostante le origini del termine siano attribuite a Sterling, il Design Fiction come metodo di design estensione dello Speculative Design (Dunne and Raby, 2013) si è affermato con il lavoro di Julian Bleeker, co-fondatore del Near Future Laboratory, che ha inaugurato una stagione di popolarità del Design Fiction tuttora estremamente notevole e la sua crescente adozione nell’ambito della ricerca accademica di design a livello internazionale. L’interpretazione di Bleeker del Design Fiction si concentra sul concetto di “prototipi diegetici”, tecnologie fittizie che esistono nel contesto di una storia per sospendere l’incredulità e provocare l’immaginazione sul futuro, sottolineando come essi operino all’interno di uno spazio narrativo per esplorare scenari “what if”, rendendo tangibili ed emotivamente risonanti futuri astratti

(Bleecker, 2009). L'approccio di Bleecker offre una posizionalità applicativa e teorica allo stesso tempo al Design Fiction, includendo oggetti speculativi in narrazioni funzionali che possono criticare o estrapolare le tendenze tecnologiche del mondo reale, di fatto permettendo ai designer di pensare non solo all'usabilità, ma anche alle conseguenze sociali, etiche, identitarie e politiche delle loro scelte progettuali.



Fig. 1. Il Design Fiction Kit proposto dal Near Future Laboratory. [© Near Future Laboratory]

5.2.2 Sperimentazione: Co-Progettare Attraverso Design Fiction Cards

Il Design Fiction permette di esplorare futuri e scenari alternativi per guidare con scelte informate la progettazione di realtà desiderabili, e allo stesso tempo di anticipare i rischi di realtà meno desiderabili. La natura speculativa del Design Fiction offre ampi gradi di libertà nell'esplorazione di possibilità progettuali diverse, consentendo al progettista di investigare anche tematiche inesplorate o controverse. Come rilevato nella letteratura, queste premesse rendono il Design Fiction un approccio di indagine e sperimentazione potenzialmente ideale per la Human Augmentation, considerate le tensioni intrinseche e le implicazioni di questo tema, ampiamente dibattute nelle discipline filosofiche e artistiche, ma ancora poco approfondite dalla prospettiva del design. Per sperimentare l'effettiva adattabilità del Design Fiction a questa tematica, una prima sperimentazione pratica di indagine sull'approccio è stata eseguita usando il metodo di design del card sorting. La scelta di questo metodo è stata guidata dall'osservazione di alcune recenti innovazioni metodologiche introdotte tra i ricercatori del Design Fiction, in particolare la produzione del Design Fiction Kit a cura di Julian Bleecker del Near Future Laboratory.

Il Design Fiction Kit proposto da Bleecker (Fig. 1) è uno strumento metodologico che fonde design, fantascienza e narrazione per esplorare e materializzare con un approccio creativo futuri speculativi simulando artefatti, prodotti ed esperienze di mondi immaginari. Il punto di forza del Design Fiction infatti risiede non solo nella narrazione, ma nella costruzione di artefatti di design (come brochure, manuali di istruzioni, imballaggi, prototipi) per suggerire come potrebbe essere vissuto il futuro, andando oltre la tradizionale previsione o pianificazione di scenario. A tal fine, il kit comprende schede, suggerimenti, modelli e materiali di esempio per ispirare e sostenere l'ideazione, invitando i progettisti – e qualunque stakeholder eventualmente coinvolto nel processo – a “pensare con le mani”, non solo in modo astratto, in linea con la filosofia dell'autore precedentemente enunciata. Il kit proposto da Bleecker consta di 100 carte illustrate, ognuna delle quali rappresenta in modo evocativo un parametro di un possibile prodotto, servizio, scenario di esperienza utente del futuro, o un artefatto di futuri possibili o probabili. Le carte sono divise in quattro categorie principali, ovvero Archetipo, Oggetto, Attributo, e Azione e tre carte Jolly 70/20/10.

Pescando una carta di ogni tipo, si ottiene una combinazione casuale che mira a stimolare il pensiero critico e immaginare un prodotto, un servizio o un sistema basato sulle carte scelte, che racchiude la narrazione di un possibile futuro.

L'obiettivo dichiarato del kit è quello di allenare la creatività del progettista spingendolo a pensare "out of the box", sorpassando quei limiti spesso imposti dalla disciplina stessa del design, ovvero rispondere a esigenze di funzionalità, fattibilità e usabilità che tuttavia sono inevitabilmente dipendenti e influenzati dalla condizione sociale, economica, tecnologica, culturale del presente.

Raccogliendo l'impronta metodologica e strutturata del Design Fiction Kit, che tuttavia rimane uno strumento aperto e iterativo, la sperimentazione si è concentrata sullo sviluppo di un kit riadattato al tema della Human Augmentation. Il kit elaborato per questa sperimentazione consta di un mazzo di carte illustrate suddivise in tre categorie, Abilità, Oggetto, e Contesto, e di una scheda guida. Il mazzo comprende una base di trentasei carte, dodici per ogni categoria, con sei carte "jolly", due per ogni categoria. Il mazzo è stato immaginato come una base di partenza per la stimolazione del pensiero critico e creativo, lasciando aperta la possibilità di espandere e modificare le carte proposte in questa prima iterazione del kit. Le tre categorie sono state selezionate come elementi essenziali nella costruzione di uno scenario futuro di una tecnologia aumentativa, come emerso nell'analisi critica della letteratura intorno al tema della Human Augmentation. Per maggiore chiarezza, è utile soffermarsi sul significato attribuito a ciascuna di queste categorie e sulle motivazioni che hanno guidato la loro scelta, al fine di fornire una logica operativa di sottofondo nella costruzione dello scenario:

- **Abilità:** come esplorato nel Capitolo II, ai fini di questo lavoro di ricerca il concetto di abilità si traduce come l'azione manifesta di un agente, motivata da una propria intenzione, in uno specifico contesto sotto una determinata condizione. Perché scegliere il concetto di Abilità anziché di Azione nello sviluppo di questo kit? Il motivo risiede proprio negli attributi che il concetto di Abilità porta con sé, ovvero l'intenzione, la natura dell'agente, e la situazionalità di un contesto e di una condizione, attributi che il concetto di Azione include solo in parte. La scelta deriva dal tentativo di verificare la sussistenza di una possibile tensione tra l'abilità selezionata e gli altri paradigmi (Oggetto e Contesto), ovvero di intercettare eventuali contraddizioni o

Fig. 2. Carte della categoria Abilità.
[© Camilla Gironi]

impedimenti causati dall'eventuale incompatibilità di un'abilità in un determinato contesto con/su un determinato oggetto. In sintesi, la scelta vuole evidenziare i bias legati a come una specifica abilità viene intesa comunemente (anche e soprattutto dai progettisti), e comprendere se questa possa effettivamente essere scardinata da una concezione standardizzata e trasferita su oggetti e in contesti generalmente inusuali. Le abilità selezionate sono principalmente legate ai cinque sensi e ad attività cognitive, ferma restando la non esaustività di una selezione tale (che sarebbe in ogni caso impossibile essendo le abilità umane potenzialmente innumerevoli), che comunque rimane aperta al caso o alla curiosità del progettista attraverso l'uso della carta "jolly" in questa categoria (Fig. 2).

Fig. 2



- **Oggetto:** partendo dall'evidenza che ogni medium implica in sé un significato e una proprietà di essere agito, la categoria Oggetto intende introdurre nella logica di costruzione dello scenario la variabile delle cose che possono interagire con l'agente. Anziché impostare un limite, questa categoria mira a far concentrare l'attenzione su un particolare aspetto della realtà in cui l'agente partecipa al fine di riflettere criticamente sul ruolo che l'oggetto interagente ha nella manifestazione dell'intenzione dell'agente. Le carte di questa categoria includono oggetti tangibili ma anche concetti più astratti, nonché proprietà fisiche comuni, rimanendo anche in questo caso aperte a integrazioni da parte del progettista (Fig. 3).

Fig. 3. Carte della categoria Oggetto.
[© Camilla Gironi]

Fig. 3



Fig. 4. Carte della categoria Contesto.
[© Camilla Gironi]

- **Contesto:** come già sottolineato nella definizione di concetto di Abilità nel Capitolo II, il contesto è determinante nella manifestazione dell'intenzione di un agente e può influenzare il comportamento e il grado di libertà dell'agente nel compiere una determinata azione. Il Contesto come categoria del presente kit mira ad aggiungere un livello di potenziale complessità e ostacolo, facendo ad esempio riferimento a contesti ambientali che possono essere considerati estremi o comunque inusuali come sfondo all'utilizzo di una determinata tecnologia o al compimento di alcune azioni. In particolare, le carte di questa categoria si concentrano su contesti ambientali pur tuttavia esortando il progettista a considerare possibili contesti sociali comunemente associabili ad essi (Fig. 4).

Fig. 4



Il mazzo di carte così composto prevede, come nel caso del Design Fiction Kit proposto da Bleecker, di scegliere casualmente una carta da ciascuna categoria e di conseguenza costruire uno scenario di sviluppo di una possibile tecnologia di Human Augmentation.

Ad accompagnare il processo ideativo e creativo attraverso le carte, una scheda di riepilogo e di riflessione critica viene fornita insieme al kit, con l'obiettivo di invitare il progettista a interrogarsi sia sullo scenario delineato sia sulla possibile tecnologia in esso contestualizzata. Poiché nel kit così strutturato non è richiesto individuare uno specifico tipo di utenti, il processo ideativo proposto ricalca una sorta di auto-analisi del progettista che deve assumere il ruolo di agente in prima persona. La mancanza di un riferimento a utenti per i quali progettare è volutamente integrata in questo strumento con l'obiettivo principale di portare il progettista a mettersi in discussione come umano agente immerso in un futuro in cui l'integrazione con le macchine è consolidata ma non estranea al rischio di implicazioni non desiderabili. La scheda include domande di riflessione sul posizionamento della tecnologia sul corpo, su come questa possa cambiare le esigenze e le attitudini di chi le indossa e quali sono le maggiori preoccupazioni intorno all'uso della stessa. Al fine di lasciare maggiore libertà all'immaginazione del progettista, il kit non specifica l'architettura corporea pre-esistente dell'agente, rendendo il processo creativo adattabile.

Il kit così definito è stato sottoposto a due sperimentazioni diverse con l'obiettivo di individuare criticità e di stimolare la riflessione sulla tematica affrontata. La duplice esposizione del kit a livello nazionale e internazionale ha consentito di raccogliere spunti di riflessione significativi e di offrire una panoramica comparativa delle prospettive progettuali, estesa dal livello undergraduate fino a quello di ricercatori e docenti.

Workshop 1

Una prima occasione di sperimentazione si è materializzata in una giornata di workshop con studenti di laurea triennale di Interaction Design dell'Università Sapienza di Roma. In totale, 72 studenti divisi in 18 gruppi hanno partecipato al workshop. A ogni gruppo è stato chiesto di scegliere casualmente una carta per ogni categoria e di riempire una scheda. Ai gruppi è stata lasciata ampia libertà di confronto, predisponendo un setting composto di tavole rotonde in uno spazio aperto condiviso. Dopo una breve introduzione al concetto di Human Augmentation – che è stato constatato non essere in alcun modo familiare a nessuno dei partecipanti – e della modalità di somministrazione del workshop, agli studenti è stato chiesto di fare un brainstorming di idee per le future tecnologie indossabili che migliorano, assistono o sostituiscono le abilità umane, da utilizzare con o per un oggetto specifico (tangibile o intangibile) in un particolare contesto ambientale o sociale. Una volta selezionate le tre carte, gli studenti hanno compilato il prompt “Una tecnologia indossabile per [Abilità] [Oggetto] in/al [Contesto]”. Fissato il prompt come riferimento di partenza, agli studenti è stato richiesto di fornire una descrizione concettuale di una possibile tecnologia futura, riportando le proprie riflessioni sulla scheda riepilogativa. Incentivando il dialogo tra i membri dello stesso gruppo è stato poi chiesto di riportare anche degli sketch che rappresentassero, con un livello di dettaglio a piacere, la tecnologia derivata dalla descrizione e dalla discussione condivisa.

Sin dal momento della compilazione del prompt, è stato possibile osservare un senso di confusione e difficoltà da parte di alcuni gruppi di studenti, soprattutto quelli in cui la combinazione delle carte scelte aveva portato al prompt apparentemente più insolito o incomprensibile. Immaginare una tecnologia di Human Augmentation si è in primo luogo rivelato difficile per i partecipanti sia a causa della complessità del tema e alla loro scarsa familiarità con esso, sia a causa dello sforzo richiesto nel pensare “out-of-the-box” ma con elementi guida prefissati. A ogni gruppo è stato chiesto di provare a descrivere il proprio processo ideativo e di condividerlo con gli altri gruppi in una modalità show-and-tell. La maggior parte dei gruppi ha riportato che la parte più difficoltosa del processo ideativo è stata quella di cercare un significato che rendesse la tecnologia immaginata a partire dal prompt utile per il più ampio numero di utenti

possibile. Tra i commenti degli studenti, molti sono stati relativi al “perché” sviluppare una determinata tecnologia di Human Augmentation, considerando in molti casi il fatto che il prodotto o sistema immaginato non rispondesse direttamente a una effettiva esigenza. Inoltre, rispondere a requisiti di funzionalità è stato identificato come elemento imprescindibile per la realizzazione delle ipotesi immaginate. Il posizionamento delle tecnologie sul corpo è stato in alcuni casi identificato come uno dei possibili fattori di resistenza alla loro adozione, tuttavia riconoscendo in una progettazione più approfondita (ad esempio, attraverso una più consapevole scelta di materiali, o la creazione di morfologie desiderabili) la possibilità di superare questa resistenza. Tra i commenti maggiormente condivisi dal gruppo di partecipanti, è importante riportare quello di considerare l'utilità percepita della tecnologia come fattore dominante nell'adozione della stessa, soprattutto facendo riferimento a persone con disabilità, che avrebbero giovato maggiormente dell'integrazione con la tecnologia. In questo senso, alcuni dei partecipanti non ritengono il potenziamento come un obiettivo necessariamente perseguibile se non motivato da un deficit preesistente.

In una seconda fase del workshop, al fine di stimolare ulteriormente il brainstorming, ogni gruppo è stato invitato a riportare il proprio prompt in MidJourney. Partendo dall'ipotesi originaria – confermata dai commenti degli studenti – per cui potrebbe risultare particolarmente complesso per un progettista immaginare il futuro delle tecnologie di Human Augmentation, questa seconda fase del workshop si è interrogata sulla possibilità di integrare un approccio cyborg alla progettazione stessa attraverso l'uso di sistemi di Intelligenza Artificiale Generativa (Gen AI). Inserendosi nel più ampio “HI.f.AI Protocol – Human Intelligence Framing Artificial Intelligence” (Malakuczi et al., 2024), questa fase ha permesso agli studenti di andare oltre i concept proposti e ampliare la discussione grazie alla stimolazione delle immagini ottenute da MidJourney. Come riportato da molti studenti, avere una visualizzazione iterativa e diversificata delle tecnologie ha permesso loro di individuare aspetti positivi e applicazioni verosimili nel prompt oggetto della propria speculazione. Ciò ha suggerito come il designer stesso possa essere potenziato dall'integrazione di tecnologie aumentative come l'Intelligenza Artificiale, amplificando le proprie capacità creative e accelerando i tempi di ideazione e prototipazione (anche se nel caso specifico quest'ultima si è limitata alla produzione di concept visuali).

Confrontarsi con varie possibilità espresse con un significativo realismo visivo ha permesso agli studenti di riflettere in modo critico sulla desiderabilità delle tecnologie rappresentate. L'uso di GenAI ha permesso a una parte degli studenti di rivalutare la desiderabilità delle soluzioni che hanno immaginato, soprattutto per via della credibilità e della qualità rappresentativa dei risultati ottenuti. Tuttavia, tale osservazione ha evidenziato come una estetica percepita come innovativa, accattivante e futuristica possa condizionare la scelta di una integrazione tecnologica con il corpo, introducendo un possibile bias che non tiene in considerazione l'incorporazione (cioè l'esperienza vissuta) di una effettiva integrazione.

Workshop 2

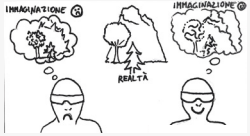
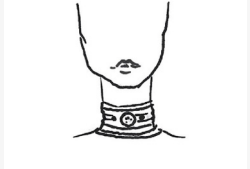
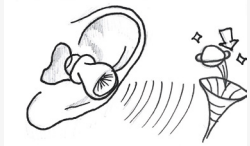
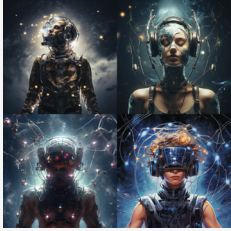
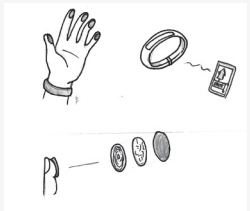
Una seconda occasione di sperimentazione si è materializzata in una esibizione interattiva nell'ambito del PhD Consortium dell'edizione 2023 della conferenza internazionale di ricerca di Design NORDES (tenutasi in Norrköping, Svezia). In questo ambito è stato possibile sottoporre il kit a una decina di ricercatori di provenienza internazionale e di esperienza consolidata, la maggior parte dei quali specializzati nel campo dell'Interaction Design. L'esibizione interattiva è consistita nella presentazione del tema di studio del presente lavoro di ricerca al più esteso pubblico di partecipanti alla conferenza e nella somministrazione del kit a un'audience più ristretta. In questa occasione i partecipanti sono stati invitati individualmente a scegliere le carte, formulare il prompt e riportare le proprie riflessioni e concept iniziali sulla scheda, aprendo successivamente a un momento di dialogo e riflessione collettiva. Per il setting dell'esposizione non è stato possibile includere l'uso di Intelligenza Artificiale Generativa (Gen AI), pertanto questa fase è stata sostituita con un momento di valutazione orale critica sull'utilità e sull'efficacia dell'introduzione di uno strumento tale nell'insieme delle competenze del progettista.

A differenza di quanto registrato nella prima sperimentazione, i ricercatori non hanno manifestato particolare difficoltà nell'immaginare tecnologie di Human Augmentation, esprimendo tuttavia i

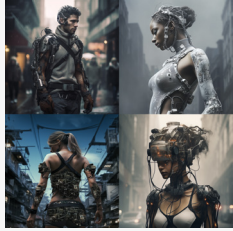
propri concept in chiave astratta, verbalmente, anziché con brainstorming su carta (probabilmente ciò è imputabile al tipo di setting e al contesto della conferenza, con una disponibilità temporale ridotta, comune a questo tipo di eventi).

Tab. 1. Tabella di riepilogo dei risultati dei workshop basati sulle carte di design fiction.
[© Camilla Gironi]

Alcuni ricercatori hanno manifestato familiarità con i metodi di Design Fiction, riconoscendo la sua adattabilità al tema oggetto di indagine. Tuttavia, pur riconoscendo al kit un'utilità in termini di organizzazione e di accompagnamento al pensiero creativo nella fase preliminare di progettazione, è stata sottolineata la necessità di introdurre elementi di fisicità nel brainstorming. Nello specifico, alcuni hanno suggerito di integrare tecniche di bodystorming nel kit al fine di enfatizzare ulteriormente l'invito rivolto ai progettisti di immaginare tecnologie indossabili che un loro possibile sé del futuro potrebbe decidere di implementare sul proprio corpo. Durante le conversazioni è emerso come tra i designer e i ricercatori di design, soprattutto quelli meno affini alle tematiche del prodotto indossabile e dell'interazione, si registri talvolta una certa difficoltà nell'indagare le esigenze legate al corpo (che si spingono oltre al solo concetto di ergonomia), che spesso vengono dedotte in primo luogo dalla letteratura di altre discipline, specialmente quelle dell'area biomedica. Inoltre, si è osservato nelle esperienze riportate durante le conversazioni come il coinvolgimento del corpo del designer e dell'utente nelle fasi di ideazione e prototipazione permettano un più immediato superamento dell'impasse creativa nell'immaginazione di tecnologie future – osservato più ampiamente nel campo della ricerca di design in Human-Computer Interaction (HCI) –, pur sfidando i partecipanti a superare un iniziale discomfort e imbarazzo nel mettere in gioco il proprio corpo nella progettazione.

ID	Prompt	Descrizione	Concept	MidJourney
1	<i>A body-integrated technology to remember temperature at night.</i>	Un dispositivo d'allarme indossabile che ti avverte se la temperatura aumenta in modo insolito e veloce (es. incendio) e ti ricorda di metterti in salvo da indossare quando si dorme. Pensato per luoghi climaticamente difficili.		
2	<i>A body-integrated technology to imagine patterns in the forest.</i>	Occhiali indossabili nella foresta che permettono di visualizzare il paesaggio con pattern differenti in base alle emozioni percepite.		
3	<i>A body-integrated technology to remember patterns at the office desk.</i>	Orologio da polso che cambia pattern sul display in base agli impegni della giornata lavorativa nei rispettivi orari.		
4	<i>A body-integrated technology to learn music in the desert.</i>	Dispositivo con acutissimo sensore acustico che rileva i suoni dei pericoli del deserto, traducendoli in musica d'allarme. Ispirato alle collane dei popoli africani, presenta un grande altoparlante centrale a mo' di gemma e dei sensori ai lati.		
5	<i>A body-integrated technology to hear shapes in the outer space.</i>	Un apparecchio acustico che permette di percepire tramite suoni la forma e lo spostamento di uno o più oggetti che avviene al di fuori dello spazio terrestre.		
6	<i>A body-integrated technology to learn textures in the forest.</i>	Polpastrelli bionici per imparare texture della foresta in qualsiasi momento. Insieme al bracciale si crea un circuito chiuso nel quale il palmo sente la texture. La corteccia di un abete, il pelo dell'orso, in qualsiasi momento si può ricreare queste sensazioni del tatto.		

ID	Prompt	Descrizione	Concept	MidJourney
7	A body-integrated technology to <i>smell numbers</i> at the office desk.	Dispositivo da attaccare al naso con integrato un timer e delle ventole che permette di percepire il tempo di studio o lavoro attraverso fragranze.		
8	A body-integrated technology to <i>choose coordinates</i> in the desert.	Visore funzionante per mezzo di un ologramma attivabile con la luce del sole, da indossare in testa. Questo prodotto indica la direzione della coordinata indicata.		
9	A body-integrated technology to <i>reason with music</i> at school.	Percepisce il livello di concentrazione dello studente tramite sensori posti sulle tempie. Se la concentrazione si abbassa, emana un suono che rialza l'attenzione dello studente. L'input del sensore arriva come suono al microfono posto sull'orecchio.		
10	A body-integrated technology to <i>taste vibrations</i> underwater.	Dispositivo per spedizioni subacquee che, posto sulla lingua, comunica diverse informazioni sulle condizioni fisiche del sub attraverso vibrazioni. Dei sensori analizzano la chimica della saliva per conoscere le eventuali mancanze (es. poca ossigenazione, bassi livelli di zucchero nel sangue...).		
11	A body-integrated technology to <i>focus on sounds</i> in the city.	Con una forma di anello inseribile in un orecchio, attutisce o amplifica la percezione del suono. Con un'app si può scegliere cosa far sentire di più tra voci o suoni del traffico o della natura. L'utente si sentirà più concentrato o sicuro o rilassato, grazie a una percezione settoriale.		
12	A body-integrated technology to <i>feel concepts</i> at night.	Accessorio luminoso da polso che rileva le sensazioni dell'utente durante la notte, emettendo dei raggi di luce colorata in base alle emozioni. Dedicato principalmente ai bambini. I colori variano in base allo stato d'animo (tristezza = grigio, tranquillità = giallo, paura = blu, rabbia = rosso).		

ID	Prompt	Descrizione	Concept	MidJourney
13	<i>A body-integrated technology to touch concepts at the park.</i>	Sensori posizionati sulla punta delle dita della mano connessi al sistema nervoso che permettono di sentire l'emozione delle piante e di connettersi con un ecosistema.		
14	<i>A body-integrated technology to hear sounds underground.</i>	Un apparecchio simile alle cuffie Dyson che permette tramite l'intelligenza artificiale di identificare e quindi isolare i rumori più forti dovuti ai macchinari in funzione, riconoscendo però la voce umana e permettendone l'ascolto.		
15	<i>A body-integrated technology to focus on shapes underwater.</i>	Head-mounted display subacqueo per la classificazione delle forme marine. Con appositi pulsanti, permette di riconoscere la fauna e la flora acquatica che si incontra durante l'immersione e di classificarla precisamente grazie a un archivio digitale costantemente aggiornato.		
16	<i>A body-integrated technology to see colors in virtual reality.</i>	Occhiali tecnologici che permettono di accentuare i colori e di modificarli usando palette di colore al fine di migliorare e rendere qualsiasi esperienza di gaming, fotografia o rendering più immersiva, con un controllo diretto nelle mani dell'utente.		
17	<i>A body-integrated technology to reason on textures in the city.</i>	1- Occhiali che collegati ai neuroni del cervello hanno la capacità di cambiare le superfici sgradevoli del mondo che ti circonda. 2- Un indumento capace di cambiare spessore e texture secondo risposta cognitiva. 3- Ombrello indossabile in testa capace di tradurre in suono le gocce di pioggia.		
18	<i>A body-integrated technology to see colors at the park.</i>	Una tecnologia dotata di una lente indossabile sugli occhi che permetta di applicare dei filtri in grado di modificare le proprietà del colore e di visualizzare gli elementi all'interno di un parco in stile di ambientazioni differenti.		

5.2.3 Osservazioni

Questa esplorazione critica del Design Fiction (DF) come metodologia progettuale per la Human Augmentation ha permesso di indagare la sua efficacia quando viene applicata in assenza di un'analisi rigorosa dei bisogni degli utenti. Attraverso l'impiego del kit per il brainstorming, la sperimentazione ha indagato in che modo la sospensione del vincolo funzionale, tipica del DF, possa generare non solo stimoli creativi inediti, ma anche riflessioni critiche sui rischi di disconnessione dalle esigenze della realtà umana. Come evidenziato nel corso delle due occasioni di sperimentazione, l'applicazione del DF svincolata dall'identificazione di specifici utenti e dall'indagine preliminare dei loro bisogni comporta il rischio di produrre artefatti speculativi che, pur essendo concettualmente stimolanti e provocatori, possono rimanere testimonianze puramente estetiche o astratte, incapaci di tradursi in innovazioni di rilevanza pratica. In tale scenario, la metodologia rischia di ridursi a esercizio accademico fine a sé stesso, privo dell'impatto trasformativo desiderato.

Tuttavia, è importante riconoscere che proprio questa apparente debolezza rappresenta anche una delle forze distintive del DF. La sospensione temporanea del vincolo della funzionalità e della immediata applicabilità consente di esplorare territori progettuali altrimenti preclusi. Il DF permette infatti la generazione di artefatti stranianti, provocatori o ludici, capaci di stimolare riflessioni critiche e di aprire nuove possibilità immaginative. Tali oggetti, pur non rispondendo immediatamente a bisogni pratici, possono fungere da "prototipi concettuali" – strumenti speculativi che svolgono una funzione critica e dialogica: alimentano la conversazione e possono aiutare a orientare successive iterazioni progettuali più orientate all'azione per sviluppi tecnologici concretamente utili.

Nonostante le potenzialità esplorative, permane un interrogativo etico di portata cruciale, condiviso dalla maggior parte dei partecipanti alla sperimentazione: quali conseguenze sociali e culturali derivano dalla normalizzazione di tecnologie progettate in assenza di un contatto stretto con l'esperienza umana? Laddove il DF non si confronti con le implicazioni psicologiche, normative e di equità, si corre il pericolo di favorire visioni distopiche o di consolidare dinamiche di esclusione, anziché promuovere soluzioni emancipatorie. Pertanto la sfida metodologica consiste nel mantenere, in parallelo, due tensioni: da un lato la libertà immaginativa propria del DF, dall'altro l'attenzione critica ai bisogni reali degli utenti, propria ad

esempio dello Human-Centered Design (HCD). Un approccio integrato tra i due richiede di iterare tra fasi speculative e momenti di validazione empirica, al fine di garantire che l'immaginazione progettuale si traduca in innovazione sostenibile, eticamente responsabile e realmente orientata al benessere umano. In sintesi, questo nuovo approccio deve configurarsi come uno strumento progettuale che preveda di tornare ciclicamente a interrogarsi su “per chi” e “perché” si progetta, al fine di costruire un ponte tra gli orizzonti futuri immaginati e le reali necessità degli utenti agenti.

Nel tentativo di definire questo nuovo approccio integrato, è utile raccogliere i principali punti chiave dedotti dall'esperienza delle due sperimentazioni esposte.

Necessità di strumenti di ideazione per il design di dispositivi aumentativi

Le sperimentazioni hanno confermato che la progettazione di tecnologie indossabili avanzate necessita dello sviluppo di una metodologia ibrida, che da un lato permette di navigare scenari speculativi, e allo stesso tempo garantisce di rispondere a esigenze reali. La costruzione di nuovi strumenti di ideazione – nel caso specifico, ad esempio, di un kit strutturato per la produzione di scenari narrativi guidati – permette in primo luogo di stimolare il pensiero divergente, di esplorare l'impatto che una scelta progettuale può avere sulla vita degli individui, e incentivare la discussione critica sulla desiderabilità di determinate tecnologie. Pertanto, la fase di ideazione deve includere una comprensione profonda dell'agente, ovvero della sua architettura pre-esistente e della sua variazione, al fine di garantire la ricerca di una soluzione quanto più personalizzata possibile.

Catalizzazione di riflessione critica attraverso prototipazione aumentata

Il brainstorming speculativo, potenziato dalle visualizzazioni concettuali ottenute tramite Intelligenza Artificiale Generativa (GenAI), è stato confermato come un potente strumento per alimentare il processo creativo e far emergere discorsi critici sulle implicazioni socio-culturali delle tecnologie future. A questo deve accompagnarsi una pratica di bodystorming che materializzi i concetti in interventi sul corpo, al fine di sollecitare domande di valore etico, estetico e politico, nonché testare percezioni, e raccogliere feedback qualitativi ed empirici utili a indirizzare decisioni progettuali più

consapevoli. Sessioni di embodied prototyping (workshop in cui i partecipanti “indossano” o “vivono” l’artefatto) possono mettere in luce aspetti ergonomici, emotivi e performativi spesso trascurati.

5.3 Capire il Cyborg

La condizione umana di cyborg, come evidenziato, è una realtà del presente, nel momento in cui si considera la tecnologia indossabile come partner di co-evoluzione e co-esistenza oltre a semplice strumento funzionale. Tuttavia, questa prospettiva è dominante soprattutto nell'ambito dei prodotti consumer e nelle applicazioni industriali, che mirano generalmente a rispondere a esigenze molto specifiche per raggiungere risultati misurabili. Pertanto, il designer può individuare le future strade possibili partendo da una osservazione critica del presente di queste tecnologie. A tale proposito, un'indagine pratica per comprendere il cyborg di oggi è un passaggio necessario. Ciò può avvenire, ad esempio, applicando metodi e strumenti tradizionali di design, come lo Human-Centered Design.

5.3.1 Metodo: Human-Centered Design

Lo Human-Centered Design (HCD) è un paradigma progettuale che valorizza la comprensione profonda delle esperienze, dei bisogni e dei vincoli degli utenti reali per orientare la creazione di prodotti, servizi e sistemi interattivi (secondo la ISO 9241-210:2010). Le origini del metodo possono essere ricondotte ai lavori di Don Norman, secondo il quale il design efficace è “centrato sui comportamenti, sulle capacità e sui limiti cognitivi delle persone” e non sulle peculiarità tecniche degli strumenti (Norman, 2013). In particolare, Norman evidenzia come il successo di un’interfaccia (sia essa digitale o, riportando al caso specifico della ricerca, fisica) dipenda dal rispetto di principi quali la visibilità delle azioni disponibili, il feedback immediato sugli stati del sistema e il constraining degli errori, fondamentali per ridurre il carico cognitivo e aumentare la percezione di controllo da parte dell’utente (Norman, 1988). A partire dagli anni 2000, lo Human-Centered Design si è formalizzato in una serie di tappe iterative – empatia, definizione, ideazione, prototipazione e test – volte a garantire che ogni fase di sviluppo sia costantemente tarata sul punto di vista dell’utente finale. Questo approccio sistematico integra tecniche di ricerca qualitativa (ad esempio, osservazioni sul campo, interviste contestuali, diary study) e quantitative (ad esempio, interviste, questionari, analisi di usabilità), favorendo una validazione continua delle ipotesi progettuali (Giacomin, 2014). La più significativa differenziazione dallo User-Centered Design (UCD) è rappresentata dall’attenzione alla dimensione emozionale e sociale dell’interazione: nella prospettiva di progettazione centrata sull’“umano” anziché sull’“utente” non è sufficiente realizzare una tecnologia “utilizzabile”, ma “vivibile”. Occorre cioè anche generare engagement ed empatia, come sottolineato da Norman nel concetto di “emotional design” (Norman, 2004). Proprio per questo aspetto, nell’analisi della condizione cyborg contemporanea, lo Human-Centered Design offre un quadro metodologico utile a indagare le modalità con cui i dispositivi indossabili influenzano la soggettività, identificare i bisogni emergenti e conseguenti all’implementazione della tecnologia (ad esempio, la percezione della privacy o il senso di agency) e riformulare soluzioni progettuali sulla base delle conoscenze ottenute dalla incorporazione vissuta.

5.3.2 Sperimentazione: Trovare Principi di UX in Applicazioni per il Mondo Reale (Industriale)

Come evidenziato nel Capitolo IV, spesso nella progettazione di tecnologie avanzate gli approcci design-based vengono applicati a posteriori in processi sostanzialmente conclusi, anziché essere integrati come driver di innovazione sin dalle prime fasi della progettazione. Tuttavia, a questo è largamente associato un minor grado di successo sia del processo progettuale, sia del prodotto risultante. In particolare, la scarsa considerazione delle esigenze, delle attitudini e dei desideri degli agenti determina di riflesso una scarsa desiderabilità del prodotto o una difficoltà intrinseca nel suo utilizzo. Come discusso precedentemente, questo influenza in modo particolarmente incisivo l'adozione di tecnologie indossabili, e diventa esponenzialmente più critico per le tecnologie più complesse a livello funzionale e morfologico, o che coinvolgono maggiormente il corpo dell'agente. Per analizzare e comprendere in modo profondo il ruolo effettivo che il Design ha o che potrebbe avere nella progettazione e nella costruzione di tecnologie aumentative, risulta necessario indagare gli effetti che queste hanno sugli agenti. Particolarmente interessante è indagare quegli scenari in cui l'impiego della tecnologia non deriva da una necessità espressa dall'utente finale, ma da condizionamenti esterni come, ad esempio, il contesto lavorativo.

L'occasione di indagare le criticità e le possibilità di intervento attraverso una sperimentazione pratica si è concretizzata nella collaborazione con una giovane azienda italiana [sotto NDA] operante nel settore della robotica indossabile, formata esclusivamente da professionisti ed esperti in ambito ingegneristico, nello specifico in robotica e biomeccanica. A conferma di quanto enunciato in precedenza, l'azienda ha evidenziato le maggiori criticità a livello di esperienza utente durante le fasi conclusive del processo progettuale, ovvero in fase di user testing del prodotto, un esoscheletro robotico assistivo [sotto NDA]. Durante la progettazione del dispositivo, gli sviluppatori hanno evidenziato come la mancanza di una competenza specialistica per tradurre in pratiche operative i bisogni espliciti e impliciti degli utenti abbia influenzato la buona riuscita delle prime iterazioni del prodotto. Tuttavia, è stata manifestata all'interno del team una certa sensibilità verso i principi dello Human-Centered Design e un'attitudine di apertura agli approcci di design interdisciplinare. Nel corso delle diverse iterazioni del prodotto, il team ha riportato come la natura complessa del dispositivo abbia

richiesto di concentrare gran parte dell'attenzione sulla risoluzione di problemi legati alla sua operatività e funzionalità, problemi "straightforward" e sostanzialmente relativi alla fattibilità e all'efficienza tecnica.

La sfida principale della progettazione di esoscheletri attivi risiede nell'integrazione senza soluzione di continuità del corpo umano con il corpo robotico, che risulta particolarmente difficile in quanto richiede di coniugare il comportamento cinematico di uno e dell'altro in modo reciproco. Come evidenziato dal team, il nodo principale nello sviluppo tecnologico del loro esoscheletro assistivo è stato quello di non costituire un ostacolo per l'agente, ma di intervenire armoniosamente durante le attività dell'agente quando necessario. La funzione primaria dell'esoscheletro oggetto della sperimentazione è quella di fornire assistenza all'agente nel momento del sollevamento manuale di un carico, garantendo un certo grado di libertà all'agente nella scelta del livello di assistenza richiesto.

Il processo progettuale seguito dall'azienda può essere riportato sinteticamente come segue: una lunga fase di identificazione e di analisi del problema tecnico-scientifico, accompagnata da una fase quasi parallela di prototipazione in laboratorio, una successiva fase di prima validazione tecnica, seguita da una fase di validazione con utenti finali attraverso sessioni di user testing, che ha portato a una prima raccolta di feedback per l'identificazione dei problemi e delle esigenze degli utenti. In seguito, nuove fasi di iterazione del prototipo e di user testing si sono susseguite più volte fino all'ottenimento della versione del prodotto analizzata nella presente sperimentazione.

La prima fase del processo, come è comune in gran parte dei processi di sviluppo di tecnologie innovative, è consistita esclusivamente in un lavoro di identificazione e di analisi del problema tecnico-scientifico, attraverso lo studio della letteratura, specialmente in materia di robotica e biomeccanica. Parallelamente, al problema di natura tecnico-teorica si è associato un problema di opportunità applicativa, identificato nella possibilità di intervento per la mitigazione dell'insorgenza di patologie fisiche in contesti lavorativi usuranti. Il concept di esoscheletro attivo dell'azienda è pertanto nato innanzitutto come risposta a una sfida tecnologica estremamente attuale, ma soprattutto come possibile soluzione a un problema altrettanto tristemente attuale come quello dell'insorgenza di malattie e disabilità derivanti dall'usura fisica a cui migliaia di lavoratori

devono far fronte a livello globale. Ripercorrendo quanto enunciato nei capitoli precedenti, questa tecnologia si propone come uno strumento assistivo che mira a preservare il benessere di un individuo e di estendere il più possibile la durata della sua salute. A seguito di questa prima fase conoscitiva, sono stati delineati i requisiti di cinematica, ergonomia e sistemica necessari a informare la successiva fase di prototipazione.

La fase di prototipazione si è estesa per un lungo periodo ed è stata condotta prevalentemente in ambiente di laboratorio, con un livello di prototipazione piuttosto alto. Poiché le sfide principali nello sviluppo di questo tipo di prodotti risiedono nella funzionalità delle componenti robotiche e del software, la prototipazione richiede sin dalle prime elaborazioni una significativa high-fidelity del prototipo, al fine di verificarne la corretta congruenza ai requisiti. Le diverse iterazioni effettuate sul prototipo hanno riguardato essenzialmente l'apporto di migliorie dal punto di vista tecnico, seppur con una particolare attenzione anche verso gli aspetti ergonomici.

Ogni iterazione è stata fondata principalmente su sessioni di validazione e collaudo in ambiente di laboratorio, con test sul corpo condotti in primis sul team di sviluppo e con una ristretta cerchia di collaboratori. Questa necessità è derivata soprattutto dai requisiti di sicurezza e affidabilità del sistema che avrebbero potuto non essere immediatamente garantiti per test estensivi con il coinvolgimento di utenti finali reali. L'azienda ha sottolineato come questo abbia costituito un limite importante nel processo progettuale, limite che risulta abbastanza comune in tutti i settori impegnati nello sviluppo di tecnologie avanzate innovative che richiedono un coinvolgimento diretto degli utenti finali, ovvero che implicano necessariamente l'introduzione di protocolli di sicurezza in ogni momento dello user testing. Questo richiede, di conseguenza, un significativo allungamento dei tempi di prototipazione, iterazione e user testing, e inevitabilmente un aumento dei costi.

Solo una volta ottenuta una validazione tecnica di sicurezza è stato possibile per l'azienda sottoporre il prototipo a sessioni di prova con gli utenti finali reali. Il team di sviluppo ha enfatizzato come questa fase abbia portato alla luce problematiche estremamente importanti che hanno permesso di comprendere in modo più approfondito le esigenze degli utenti, tuttavia rilevando criticità nell'identificazione e nella raccolta dei loro feedback. Infatti, durante le sessioni di prova sul campo, l'interesse si è principalmente concentrato sull'annotazione di feedback relativi all'ergonomia e alla fa-

cilità d'uso del dispositivo. Tuttavia, alcune conversazioni con vari partecipanti hanno evidenziato come l'utilizzo del dispositivo abbia innescato diverse reazioni da parte degli utenti e abbia avviato un dibattito molto ampio tra il management, gli utenti finali e il team di sviluppo, andando oltre i soli aspetti di funzionalità.

La sperimentazione si inserisce in questo momento del processo di sviluppo dell'esoscheletro robotico. Gli obiettivi principali della collaborazione sono stati quelli di raccogliere informazioni aggiuntive rispetto alla sola usabilità del dispositivo, indagando il grado di accettazione e di desiderabilità manifestata dagli agenti, i fattori di condizionamento, e osservando il cambiamento dinamico del loro comportamento durante l'uso del dispositivo.

La sperimentazione è stata impostata con l'obiettivo di rispondere alle seguenti domande:

- In che modo viene percepito, vissuto e incarnato il dispositivo aumentativo da parte degli utenti finali?
- Quali sono gli effetti impliciti ed espliciti derivanti dall'uso del dispositivo?
- Quali sono i fattori di design che possono influenzare positivamente la progettazione o riprogettazione del dispositivo?

Per tali propositi, la sperimentazione è stata condotta nell'ambito di alcune sessioni di prova sul campo dell'esoscheletro presso uno degli aeroporti più importanti del territorio nazionale [sotto NDA].

Al fine di non interferire con le fasi di test funzionale-operativo, è stato scelto di adoperare il metodo di Shadowing, integrando successivamente brevi interviste informali semi-strutturate.

La sperimentazione si è svolta in due sessioni separate: una sessione di test operativo basata sul compimento di task specifici, e una sessione di test dinamico basata sugli spostamenti all'interno degli ambienti aeroportuali. Le sessioni hanno coinvolto un totale di 6 operatori specializzati nel sollevamento di carichi pesanti, di età compresa tra i 30 e i 55 anni, tutti di sesso maschile e di nazionalità italiana, nessuno dei quali con patologie fisiche pregresse o in atto né particolari impedimenti permanenti o temporanei.

Test Basato su Task

La sessione di test operativo basata sul compimento di task specifici si è svolta in un'area appositamente allestita all'interno dell'aeroporto. Il setting della sperimentazione ha replicato l'ambiente interno di un aereo di linea, includendo il posizionamento di una serie di sedili omologati (tre sedili per fila, su tre file nella stessa colonna) e di limitazioni dello spazio a essa circostante, simulando i vincoli fissi quali l'ampiezza del corridoio centrale su un lato, la presenza della cappelliera, e la presenza di altre file di sedili davanti e dietro la serie prefissata. Il task oggetto di sperimentazione è stato la movimentazione di Passeggeri con Ridotta Mobilità (PRM), che viene generalmente eseguita da personale specializzato appositamente formato e proposto a questa mansione, molto delicata sotto diversi punti di vista. Questo task infatti richiede non solo una significativa forza fisica e agilità, ma anche una forte capacità relazionale che garantisca il rispetto delle esigenze fisiche e culturali del passeggero assistito. La movimentazione consiste nel sollevamento del passeggero, che di solito arriva in cabina trasportato su una sedia a rotelle appositamente adibita allo specifico contesto, e nel suo posizionamento sul sedile. La configurazione del sedile varia a seconda della conformazione dell'aeromobile, pertanto per la sperimentazione si è proceduto a simulare una delle configurazioni più complicate da gestire, ovvero il sedile centrale della fila. Gli elementi di maggiore complessità di questa configurazione sono attribuibili alla significativa limitazione dello spazio disponibile per la movimentazione, a cui si aggiunge la presenza di braccioli fissi che devono essere scavalcati, e la necessità per l'operatore di inserirsi nello spazio tra lo schienale e la seduta posteriore per movimentare il passeggero. Spesso questo task viene eseguito da un solo operatore, che durante la movimentazione è a contatto diretto con il corpo del passeggero e non ha possibilità di appoggio o di spinta se non con il proprio corpo. Questa difficoltà – comune ad altre professioni, come ad esempio i caregiver preposti allo spostamento di pazienti allettati o con ridotta capacità motoria – determina un significativo affaticamento del sistema muscolo-scheletrico, che va ad aggiungersi allo sforzo fisico richiesto per il sollevamento del passeggero.

A ciascun operatore è stato richiesto di effettuare il task senza indossare l'esoscheletro, replicando l'attuale condizione in cui operano di solito. Come riportato da tutti gli operatori, le difficoltà maggiori sono legate alla necessità di instaurare un rapporto di fiducia con

la persona da assistere, movimentarla evitando discomfort, movimenti improvvisi o urti, e di sfruttare i vincoli circostanti come leve di appoggio per diminuire l'incidenza del carico sul proprio corpo. Successivamente, a ciascun operatore è stato chiesto di indossare l'esoscheletro e di ripetere il task.

Immaginando di simulare un turno di lavoro abituale, ai partecipanti sono state fornite istruzioni e assistenza su come indossare il dispositivo, come regolarne le dimensioni e come avviarlo, poiché l'azienda prevede di fornire una sessione di formazione sull'utilizzo dell'esoscheletro agli operatori che non l'hanno mai usato prima. Una volta condivise le informazioni con tutti gli operatori, a ciascuno è stato lasciato del tempo per familiarizzare con l'esoscheletro addosso. Dei 6 partecipanti, solo uno aveva già provato l'esoscheletro in una sperimentazione passata, seppure una sua versione precedente. Nel momento di familiarizzazione si è osservata una interessante varietà di reazioni da parte degli operatori. Gli operatori di età maggiore (Operatore 4, Operatore 5 e Operatore 6) hanno manifestato scetticismo nei confronti dell'esoscheletro, soprattutto dal punto di vista della sua indossabilità, identificandolo come un oggetto "estraneo", "pesante" e "complicato", ancor prima di indossarlo. Gli operatori più giovani hanno invece mostrato curiosità e fascino, con uno di loro (Operatore 3) che ha espresso grandi aspettative riguardo ai benefici per la salute e il benessere promessi dal dispositivo. Si è osservato quindi come l'affordance visiva del dispositivo abbia innescato predisposizioni diverse nei confronti di esso a seconda delle percezioni dei diversi agenti.

La totalità dei partecipanti ha richiesto assistenza nella fase di indossaggio dell'esoscheletro a causa della scarsa familiarità, ma anche per la necessità di supervisione da parte del team per confermare il corretto posizionamento del dispositivo. Una volta indossato, la gran parte degli operatori che aveva inizialmente manifestato scetticismo ha affermato di doversi ricredere in merito all'indossabilità e al peso dell'esoscheletro, notando come il "sentirselo addosso" determinasse una diversa percezione nei confronti del dispositivo. Nessuno degli operatori ha riportato problemi in merito al comfort, seppur notando la necessità di prendersi del tempo per adattarsi alla propria nuova configurazione. Nella Tabella X sono riportate sinteticamente le annotazioni raccolte per ciascun partecipante nei diversi momenti della sperimentazione: il momento preliminare, che ha incluso la fase di primo indossaggio dell'esoscheletro, la fase di familiarizzazione a livello di percezione personale e di interioriz-

zazione delle funzioni; il momento operativo di esecuzione del task, che ha incluso l'osservazione dell'utilità percepita, la considerazione della possibile percezione da parte di altri, e la differenza apportata dall'uso del dispositivo rispetto allo stato attuale.

Tab. 2. Tabella di riepilogo dei feedback degli operatori coinvolti nei test.
[© Camilla Gironi]

In generale, tutti gli operatori sono stati in grado di eseguire il task indossando l'esoscheletro, manifestando livelli variabili di beneficio percepito. In un paio di casi, i primi tentativi di eseguire il task sono stati più impacciati di altri, perché percepivano l'esoscheletro come un oggetto esterno aggiuntivo da tenere in considerazione a livello di gestione degli spazi, piuttosto che una parte integrata a sé. Tuttavia, con i tentativi successivi si è notato un progressivo miglioramento nella propriocezione degli agenti.

Successivamente, gli operatori sono stati invitati a prendere parte a una seconda sessione di test, al fine di osservare l'uso del dispositivo in uno scenario più dinamico e sociale.

Momento Preliminare			
Operatore	Indossaggio	Percezione Personale	Funzionamento
Op. 1 30 anni	"Indossarlo la prima volta non è facile perché non so fino a che punto devo stringerlo"	"Il peso è distribuito bene e non mi sento limitato nei movimenti, anche se devo abituarmi per capire quanto sono ingombrante con il dispositivo addosso" "Mi sento mezzo robot, è una sensazione divertente"	"Non capisco bene i comandi. Devo abituarmi alle procedure da seguire per esempio per decidere il livello di assistenza" "Qualche segnale luminoso o delle vibrazioni mi aiuterebbero a capire come sta funzionando il dispositivo"
Op. 2 33 anni	"Mi sembra abbastanza facile indossarlo, devi solo ricordarti di stringere bene i lacci. Alla fine è un po' come un paio di scarpe, però robotico!"	"La distribuzione del peso del dispositivo è importante, a vederlo sembra chissà quanto pesante ma poi addosso quasi non te ne accorgi. Se non fosse distribuito bene il peso su tutto il corpo probabilmente non lo indosserei mai"	"Forse dover impostare il livello di assistenza un po' mi distrae, sarebbe fantastico che il robot potesse comprendere la mia esigenza a seconda del peso che devo sollevare e adattarsi automaticamente al mio bisogno"
Op. 3 45 anni	"Non ho capito bene i settaggi dei lacci, però facendo un paio di tentativi penso di riuscire a capire quando la vestibilità è quella adatta al mio corpo"	"Mi sento fortissimo!" "Sarebbe bello se si potesse personalizzare, tipo i colori, le texture"	"Più o meno credo che sia abbastanza intuitivo, penso che basti abituarsi i primi tempi a mettere le impostazioni giuste anche a seconda di quanta assistenza serve. Se magari un giorno sono più affaticato potrei usare il livello di assistenza più alto"
Op. 4 48 anni	"Indossarlo non è troppo complicato" "Penso di dover indossare vestiti leggeri e abbastanza aderenti per evitare problemi"	"Anch'io mi sento più forte, però ho bisogno di un migliore bilanciamento perché sento il peso dell'esoscheletro premere sul punto vita"	"I comandi non sono tanti e i pulsanti sono intuitivi, però per me è scomodo dover guardare sempre dove stanno i pulsanti" "Un feedback sonoro sarebbe utile, tipo almeno quando selezioni un livello di assistenza"
Op. 5 50 anni	"Per me è troppo complicato sistemare tutti i lacci, anche se capisco che magari devi farlo solo la prima volta che lo indossi"	"Sto abbastanza comodo, però mi fa strano sentirlo addosso"	"Mi confonde dover scegliere vari livelli di assistenza, non mi ricorderei i passaggi da seguire con i pulsanti, per me servirebbe solo un bottone ON/OFF"
Op. 6 55 anni	"Nel nostro lavoro si va sempre di corsa, se mi chiamano al gate e magari sto da un'altra parte dell'aeroporto non penso che mi metterei a perdere tempo a indossare il robot, andrei e basta"	"Non mi sento comodissimo, più che altro sento di avere qualcosa addosso" "Mi sento già grondare di sudore"	"Mi devo portare appresso il libretto delle istruzioni per ricordarmi come funziona"

Momento Operativo			
Operatore	Utilità Percepita	Percezione Esterna	Differenza Con/Senza
Op. 1 30 anni	“Sono abituato a lavorare senza il dispositivo, adesso non sento particolari benefici ma credo che usandolo in più giorni successivi probabilmente arriverei a notare qualche miglioramento”	“Passeggeri con culture diverse potrebbero avere timore di questo robot, ma penso che potrei toglierlo e procedere senza in segno di rispetto” “Se dovessi sollevare un passeggero bambino immagino che gli sembrerei un supereroe”	“Sento effettivamente una spinta che mi aiuta nel momento in cui sollevo il passeggero”
Op. 2 33 anni	“Provando i vari livelli di assistenza sento effettivamente meno carico sulla schiena”	“Non penso che sarebbe un problema per i passeggeri vedermi con l'esoscheletro addosso, anzi probabilmente potrebbe far nascere qualche conversazione simpatica”	“Riesco a sollevare il passeggero con meno fatica ma mi sento impacciato nei movimenti perché devo capire bene quanto spazio mi serve”
Op. 3 45 anni	“Sicuramente a lungo andare può aiutarmi a preservare la mia salute. Vorrei rimanere in forma per qualche altro anno, e un po' mi spaventa andare incontro a infortuni o problemi alla schiena. Infatti spesso indosso una pancia ortopedica per aiutarmi”	“Penso di sembrare un po' strano agli occhi dei miei colleghi, ma se funziona bene sicuramente rappresenterebbe un elemento di vantaggio anche secondo loro”	“Sento un aiuto nella spinta, magari uno non ci fa caso sul momento, però poi ripetendo il movimento più volte di seguito durante il turno ti accorgi di quanto ti sei stancato”
Op. 4 48 anni	“Secondo me è buono averlo come opzione, cioè scegliere quando indossarlo. Magari per vari motivi non ti serve o non lo vuoi in un determinato momento, pure a seconda di quanto sei affaticato durante il turno”	“Penso che mi metterei a fare a gara con i colleghi a chi solleva il maggior numero di pesi con questo addosso”	“Non sono molto sicuro della differenza, penso che dovrei provarlo più giorni per capire se effettivamente ci trovo un beneficio” “Sicuramente sul momento del sollevamento senti che ti aiuta”
Op. 5 50 anni	“L'assistenza è buona, ma ormai con tanti anni di esperienza alle spalle so come muovermi per non affaticarmi più di tanto, se riesci ad appoggiarti ai sedili e a far collaborare il passeggero non ti serve applicare tanta forza”	“Già sento le battute dei miei colleghi”	“Il dispositivo è interessante però non so se lo userei. Credo che ci voglia di più a indossarlo correttamente che a svolgere il sollevamento senza”
Op. 6 55 anni	“Per me se fosse tutto automatizzato sarebbe più facile, ci vedrei un'utilità. Ma adesso mi sembra più una distrazione averlo addosso, perché devi controllare che sia tutto a posto, devi decidere il livello di assistenza, te lo devi sistemare, eccetera”	“Dall'esterno sembra simpatico, cioè sicuramente è futuristico però non penso che possa piacere a tutti. Io me lo metterei solo se è proprio necessario”	“Non so se userei il dispositivo, ormai sono anni che lavoro senza e non ci vedo un particolare vantaggio. Forse sarebbe stato utile averlo quando ero giovane così forse adesso avrei meno mal di schiena a fine giornata”

Test Dinamico

La successiva sessione di test dinamico è stata eseguita in prossimità delle aree di check-in dell'aeroporto. Al fine di osservare il comportamento degli agenti nell'utilizzo dell'esoscheletro in contesti variabili, si è proceduto a riprodurre le attività tipiche di un abituale turno di lavoro, antecedenti al momento del posizionamento dei Passeggeri con Ridotta Mobilità (PRM) in cabina esplorato nel Test precedente. Come indicato dal management e dagli operatori, le attività principali che vengono svolte nella maggior parte dei turni di lavoro sono: vestizione dei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI), spostamenti a piedi nelle varie aree interne dell'aeroporto, sollevamento di bagagli speciali presso i check-in, spostamenti motorizzati nelle aree esterne dell'aeroporto e sulle lunghe distanze, presa in carico di Persone con Ridotta Mobilità (PRM), oltre alle pause.

La vestizione dei DPI è generalmente la prima attività che viene eseguita all'inizio del turno di lavoro. Poiché l'esoscheletro ha come obiettivo quello di rientrare nella gamma di strumenti a protezione del lavoratore, in questa prima attività è stato incluso il momento di indossaggio del dispositivo. Attualmente gli operatori hanno a disposizione delle aree adibite a spogliatoio con armadietti personali, in cui possono reperire e riporre i propri dispositivi individuali oltre a custodire i propri capi e oggetti. All'interno degli spogliatoi sono stati inseriti degli armadietti dotati di postazioni di ricarica, ciascuno dei quali predisposto per l'allocazione di un esoscheletro. Tuttavia, raccogliendo le osservazioni degli operatori, è stato notato come la necessità di dover collocare l'esoscheletro in un luogo fisso come lo spogliatoio richiede agli operatori di indossarlo subito – a prescindere dal momento in cui potrebbe essere effettivamente usato – oppure di doversi recare appositamente negli spogliatoi per indossarlo nel momento in cui si riceve una chiamata per la presa in carico di PRM. Infatti, come notato da tutti gli operatori, i DPI attualmente in loro dotazione (tra cui guanti da lavoro, scarpe da lavoro, casacca ad elevata visibilità) sono facilmente indossabili o trasportabili in quanto completamente integrati nell'assetto vestuario dell'operatore. Al contrario, l'esoscheletro si configura come uno strumento speciale, alla stregua di un macchinario. La necessità di impiegare del tempo aggiuntivo per raggiungere gli spogliatoi e indossare l'esoscheletro è stata segnalata dalla maggior parte degli operatori come un trade-off e un possibile fattore di resistenza all'a-

dozione della tecnologia, percepita in questo caso come limitante. Tuttavia, un paio di operatori hanno affermato che avrebbero ritenuto congruo indossare l'esoscheletro dall'inizio del turno di lavoro per non dover raggiungere gli spogliatoi, tuttavia manifestando preoccupazione per quanto riguarda il comfort e il benessere, suggerendo la possibilità di toglierlo e di trasportarlo ad esempio come un trolley.

A seguire alla fase di vestizione, agli operatori è stato richiesto di replicare un loro tipico spostamento a piedi nelle aree interne dell'aeroporto. Generalmente, gli operatori coprono le distanze a piedi a seconda della vicinanza delle postazioni che devono raggiungere a seconda delle esigenze. Come sottolineato da alcuni operatori, la loro mansione prevede di rimanere sempre reperibili per possibili chiamate sia durante le fasi di imbarco in cabina, ma anche per spostamenti di PRM all'interno dell'aeroporto. La presenza e la localizzazione di eventuali PRM viene generalmente segnalata da personale preposto, con cui gli operatori si interfacciano frequentemente e con cui rimangono in contatto per mezzo di comunicazioni interfoniche (principalmente tramite cercapersone o ricetrasmittitori palmari portatili). Durante lo spostamento a piedi, tutti gli operatori hanno affermato di percepire un buon livello di comfort, apprezzando la modalità in stand-by del dispositivo che rimane "in folle" nei momenti in cui non è necessario compiere uno sforzo muscolo-scheletrico incisivo. Nel percorrere le aree interne all'aeroporto, tutti gli operatori hanno notato l'attenzione di colleghi, personale, e civili verso il dispositivo, con reazioni diverse. La maggior parte degli operatori si è detta divertita dagli sguardi curiosi degli altri, mentre un paio di loro ha affermato di sentirsi leggermente a disagio. Un paio degli operatori più a loro agio ha colto l'occasione di chiacchierare con altri colleghi non coinvolti nella sperimentazione. Durante le conversazioni è emerso come indossare un dispositivo aumentativo potrebbe in futuro determinare una diversa gerarchizzazione delle responsabilità e dei poteri nei contesti aziendali e organizzativi, riflettendo sul fatto che l'imposizione della scelta di usare o non usare un dispositivo simile sul luogo di lavoro potrebbe in futuro influenzare l'assunzione di candidati, oppure la permanenza dei lavoratori già strutturati. Nel proseguire il percorso, si è proceduto a simulare l'attività di sollevamento di bagagli speciali nell'apposita area del check-in. Poiché questa attività viene eseguita solo quando necessario, per valutare l'utilità dell'esoscheletro si è consi-

derata la più generale e frequente attività della gestione dei bagagli, demandata a operatori specializzati. A differenza di quanto avviene per il sollevamento e lo spostamento di PRM, la gestione dei bagagli permette un più ampio raggio di movimento, in quanto avviene generalmente in ambienti più grandi e con minori limitazioni rispetto alla cabina dell'aeromobile, ad esempio su pista, in container, e nelle aree adibite allo smistamento, allo stoccaggio e al carico/scarico dei bagagli. Poiché durante il Test precedente tutti gli operatori erano stati istruiti su come indossare, avviare e impostare l'esoscheletro, in questa fase si è proceduto con l'osservazione del loro comportamento senza fornire ulteriori istruzioni o assistenza. Per evitare di tenere occupata l'area troppo a lungo, si è proceduto a simulare la gestione di due bagagli di grandezza superiore e forma irregolare, facendo eseguire l'operazione a due volontari dei sei partecipanti (Operatore 2 e Operatore 5), tuttavia coinvolgendo anche gli altri nella conversazione. Si è osservato come entrambi gli operatori siano stati in grado di avviare e impostare il livello di assistenza dell'esoscheletro in autonomia, tuttavia necessitando di un paio di tentativi di sollevamento per capire il livello di assistenza più adatto. Inoltre, si è osservato, come confermato anche dal dialogo condiviso anche con gli altri operatori, che indossare l'esoscheletro potrebbe suscitare una eccessiva sicurezza nelle proprie capacità negli agenti, possibilmente andando incontro a comportamenti più rischiosi. Infatti, mentre di solito un operatore che si ritrovi a dover sollevare un carico eccessivamente ingombrante o troppo pesante per le sue capacità chiede aiuto ad altri colleghi per completare il compito, in questo caso si è osservato come ciascuno dei due operatori abbia optato per eseguire il task in autonomia, anche se riscontrando difficoltà nella movimentazione, piuttosto che rivolgersi ai colleghi per un supporto. Questo ha denotato come l'aspettativa riposta nel dispositivo aumentativo possa cambiare il comportamento abituale di un agente, che in questo caso fa affidamento sulla propria condizione aumentata perché la riconosce come un superamento oggettivo dello status quo delle proprie capacità.

Successivamente, gli altri quattro operatori sono stati coinvolti nella simulazione degli spostamenti su veicoli motorizzati. Questi comprendono degli scooter speciali adatti agli spostamenti nelle aree interne dell'aeroporto ed essenzialmente dedicati al pick-up e drop-off di PRM sulle lunghe distanze, e muletti per percorrere distanze che si sviluppano principalmente nelle aree esterne. I mezzi moto-

rizzati hanno in comune una tipica postazione di guida dotata di sedile, volante e comandi manuali, e generalmente sono biposto. La maggior parte degli operatori ha sottolineato come sia importante che l'esoscheletro permetta loro di posizionarsi comodamente sul sedile di guida dei mezzi motorizzati, specialmente nell'appoggiare correttamente la schiena allo schienale e a non avere ingombri eccessivi che possano impedire di usare normalmente i comandi manuali. Due di questi operatori hanno lamentato maggiore scomodità nel sedersi sul mezzo mentre indossavano l'esoscheletro, proponendo la possibilità di rimuoverlo e agganciarlo al mezzo stesso in modo rapido per poi indossarlo nuovamente una volta scesi dal mezzo. In questo caso, è stata ribadita l'importanza di considerare il contesto d'uso del dispositivo, e di progettare lo stesso tenendo in considerazione la sua situazionalità. Alcuni degli operatori hanno anche notato come operare all'esterno sia anche soggetto ai cambiamenti di temperatura e condizioni atmosferiche in base alle stagioni, sottolineando come sia particolarmente impegnativo lavorare all'esterno durante le stagioni più estreme quali estate e inverno. In particolare, alcuni hanno espresso perplessità sull'utilizzo dell'esoscheletro in temperature elevate, sia per un minor comfort termogrometrico sia per il timore di malfunzionamenti del dispositivo.

Terminata la simulazione dello spostamento su mezzo motorizzato, ai partecipanti è stato proposto di fare una pausa come di loro abitudine. Come spiegato dagli operatori, è prevista da parte loro una reperibilità costante, generalmente gestita internamente tra colleghi dello stesso turno. Cinque su sei operatori hanno chiesto di poter rimuovere l'esoscheletro durante la pausa, per fare stretching e accomodarsi su sedute in prossimità delle aree ristoro. Uno degli operatori ha dall'altro lato fatto notare come fosse possibile anche recarsi in bagno senza dover togliere l'esoscheletro, evidenziando tuttavia quanto questo potrebbe essere invece limitante per il personale femminile. Durante la pausa gli operatori hanno evidenziato come sia necessario implementare una configurazione di trasporto dell'esoscheletro al fine di poterlo rimuovere e indossare agilmente. Un operatore ha continuato a indossare l'esoscheletro, raccogliendo la curiosità di altro personale dell'aeroporto e di alcuni civili. L'operatore ha notato come indossare il dispositivo facesse emergere spontaneamente – sia nella propria percezione, sia in quella degli altri – un senso di riconoscimento e di appartenenza a una categoria “speciale”, “extra-ordinaria” di personale. A questa osservazione

è seguita una discussione condivisa tra tutti gli operatori su come il dispositivo aumentativo potesse in qualche modo influenzare l'identità dell'agente che lo indossa, accennando alla figura del "super-lavoratore".

Terminata la sessione di pausa, è stato simulato il momento antecedente alla vera e propria movimentazione esplorata nel primo Test. Quotidianamente, gli operatori specializzati nell'assistenza a Passeggeri con Ridotta Mobilità garantiscono un servizio di pick-up, spostamento e drop-off sin dal momento di ingresso in aeroporto fino al collocamento in cabina. A seconda delle esigenze relative alle distanze da percorrere e alla condizione della persona assistita, gli operatori utilizzano i mezzi motorizzati oppure carrelli e sedie a rotelle. Come evidenziato durante la fase di indossaggio dell'esoscheletro nel primo Test, grande attenzione è rivolta alla rapidità di risposta del personale una volta ricevuta la chiamata per la presa in carico di PRM. Per tale motivo risulta fondamentale poter indossare il dispositivo velocemente, preferibilmente senza la necessità di recarsi fisicamente negli spogliatoi. Tutti gli operatori hanno sottolineato che questo tipo di mansione richiede grandi doti di empatia e di propensione all'ascolto, al fine di garantire un servizio di assistenza ottimale che possa essere adattato efficacemente alle esigenze dei passeggeri, con l'obiettivo di facilitare la migliore esperienza utente possibile. Nell'approcciare un PRM, alcuni operatori hanno notato come indossare l'esoscheletro possa avere effetti diversi sul passeggero, che potrebbe da un lato vedere una sorta di enfaticizzazione della sua difficoltà nella necessità di impiegare una tecnologia robotica per effettuare la sua movimentazione, e da un altro lato costituire un ostacolo alla costruzione di empatia. Tuttavia, è stato anche notato come alcuni passeggeri potrebbero altresì sentirsi ulteriormente tutelati e meno a disagio nei confronti degli operatori dotati di tecnologia aumentativa, riconoscendo in essa uno strumento di supporto per entrambi. A seguito di questa osservazione è stata avanzata l'ipotesi di spiegare, se necessario, il ruolo dell'esoscheletro come dispositivo di supporto in dotazione al personale per un efficiente svolgimento del lavoro.

5.3.3 Osservazioni

La sperimentazione ha permesso di portare alla luce questioni interessanti nella concezione della condizione di “lavoratore cyborg”. Durante i due Test è stato possibile osservare il comportamento degli agenti, raccogliere le loro aspettative e le loro impressioni, e misurare il grado di accettazione della tecnologia, con cui non era stata registrata particolare familiarità pregressa. La sperimentazione si è interrogata su come viene percepito, vissuto e incarnato il dispositivo aumentativo da parte degli utenti finali, sugli effetti impliciti ed espliciti derivanti dall’uso del dispositivo, e sui possibili fattori di design che possono influenzare positivamente la progettazione o riprogettazione del dispositivo.

Percezione, Uso ed Embodiment

La percezione della tecnologia aumentativa è intrinsecamente legata alle affordance della stessa. Nella progettazione di dispositivi di questo tipo, quando si tratta di percezione è necessario considerare non solo il concetto in sé come sensazione, bensì come la condizione dell’agente aumentato si riflette nella sua percezione di sé ed è recepita all’esterno, da altri possibili agenti. Pertanto, si può riconoscere una percezione intrinseca, strettamente legata all’agente in tutte le sue dimensioni, e una percezione estrinseca, legata a come l’agente appare agli altri. Nel concetto di percezione intrinseca, è necessario considerare l’architettura corporea dell’agente (in cui rientrano ergonomia e fattori umani), le sue abilità e la sua identità, poiché fattori essenziali nella definizione della condizione aumentata che si intende progettare. Come evidenziato durante la sperimentazione, gli agenti hanno mostrato diversi gradi di accettazione e volontà di adattarsi alla tecnologia proposta, la cui affordance influenza fortemente il giudizio dell’agente. Nel formulare il concetto di percezione estrinseca, è necessario considerare il contesto nel quale viene situata la tecnologia, e come questa intende rappresentare l’agente all’interno di un più ampio inquadramento sociale. Durante la sperimentazione è stato possibile osservare come il giudizio di altri agenti (collegli, ma anche persone da assistere) e l’idea di una gerarchia implicita (come “super-operatore”) influenzi la propensione all’adozione della tecnologia da parte degli agenti, virtualmente allo stesso livello di fattori intrinseci.

Nell’uso dell’esoscheletro è stato rilevato come la presenza di un feedback loop multisensoriale efficace sia necessario a garantire

un più alto livello di fiducia da parte dell'agente nei confronti del dispositivo. Infatti, come rilevato nella sperimentazione, l'assenza di segnali uditivi, visivi o vibratorio comporta un possibile disallineamento tra l'intenzione dell'agente e l'effettiva attività della tecnologia indossata. Il disallineamento diventa particolarmente incisivo nel momento in cui la progettazione dell'uso del dispositivo non garantisce la trasparenza dei livelli di controllo possibili. Si è osservato anche come il controllo da parte dell'agente necessiti di una modalità di interazione naturale, integrata al corpo: come evidenziato da alcuni partecipanti, le forme tradizionali di input (nel caso della sperimentazione, la selezione del livello di assistenza attraverso un'interfaccia tangibile) creano un momento di disallineamento dell'intenzione dell'agente, la cui aspettativa è quella di trovare nella macchina una lettura automatica della propria intenzione, anziché uno strumento a cui impartire comandi. Questo prova ulteriormente come le tecnologie aumentative non sono sempre inquadrabili in specifiche categorie, in quanto un potenziamento fisico come l'esoscheletro potrebbe in futuro essere considerato anche come un potenziamento cognitivo se integrato con un'interfaccia cervello-computer (BCI).

Come conseguenza di un uso così naturale da essere integrato con il comportamento dell'agente, si delinea la necessità di considerare il concetto di embodiment della tecnologia come vera e propria simbiosi tra il corpo dell'agente e il dispositivo indossato. Alcuni partecipanti hanno delineato diversi gradi di accettazione del dispositivo robotico sul proprio corpo, notando un progressivo adattamento con l'aumentare del tempo di esposizione e di uso. Un interessante aspetto del concetto di embodiment rilevato durante la sperimentazione è legato alla propensione da parte dell'agente con maggiore fiducia nel dispositivo a intraprendere attività più faticose, e dunque a esporsi maggiormente a potenziali rischi. Infatti, a una superiore capacità di effettuare task in autonomia (dunque senza, ad esempio, il supporto di un collega) si è associata una maggiore sicurezza in sé e nelle proprie abilità in seguito all'integrazione con il dispositivo aumentativo.

Effetti Impliciti ed Effetti Espliciti

L'introduzione di tecnologie aumentative nella vita quotidiana di un individuo può avere ripercussioni sotto diversi aspetti, non solo sulla persona stessa, ma anche su come questa si inserisce nei contesti sociali a cui partecipa, tra cui, come indagato attraverso que-

sta sperimentazione, il suo contesto lavorativo. Nell'analizzare gli effetti che l'integrazione di una tecnologia aumentativa comporta, è possibile suddividerli in effetti espliciti, che sono direttamente riconducibili a essa, ed effetti impliciti, che derivano indirettamente da essa. Parallelamente, ripercorrendo la logica di progetto orientata ai futuri, è possibile distinguere effetti desiderabili e non desiderabili, che tuttavia sono da considerarsi contestuali. Infatti, uno stesso effetto può risultare benefico per alcuni individui, ma nocivo per altri. Nell'ambito della sperimentazione, per esempio, un possibile effetto esplicito può risiedere nel fatto che l'impiego di un esoscheletro robotico attivo comporta infatti la raccolta e l'elaborazione continue di dati al fine di condurre analisi e diagnostica. Mentre questo permette al management di monitorare le prestazioni dei dispositivi e di implementare eventuali strategie di ottimizzazione per migliorare i processi, e al team di sviluppo di intervenire in caso di necessità di aggiornamenti, hot fix, o nuove funzionalità, allo stesso tempo comporta per l'operatore la sottoposizione a un ulteriore livello di surveillance. Dunque, l'impiego della tecnologia aumentativa rappresenta allo stesso tempo un beneficio per il management e un rischio per l'operatore – questa tensione conferma l'importanza di integrare il pensiero etico nelle fasi di progetto. A questo esempio di effetto esplicito consegue un effetto implicito che ne deriva, ovvero la possibile instaurazione di nuove (o versioni evolute) dinamiche sociali di potere. Ad esempio l'adozione di un esoscheletro sul luogo di lavoro potrebbe diventare un requisito richiesto dal datore di lavoro, imponendo agli operatori di doverlo indossare contro la propria volontà. Questo generalmente accade già, in forma più contenuta, con i tradizionali DPI di sicurezza, che spesso incontrano comunque una certa resistenza da alcuni lavoratori. Tuttavia, poiché le tecnologie aumentative sono abilitanti, la scelta di non indossarne una potrebbe comportare la limitazione del lavoratore a svolgere determinate mansioni, o un declassamento di quel lavoratore rispetto a un altro che invece ha scelto di usare la tecnologia. Inoltre, se l'uso della tecnologia corrisponde a una maggiore produttività ed efficienza delle prestazioni, il lavoratore che si oppone al suo utilizzo potrebbe andare incontro a una sostituzione. Come dimostrato con la sperimentazione, il processo di design di tecnologie aumentative deve interrogarsi su molteplici aspetti, indagando i diversi scenari, e costruendo una panoramica delle conseguenze che esse hanno su tutti coloro che vengono coinvolti, in modo diretto o indiretto, nella loro introduzione.

Fattori di Design

Nel progettare dispositivi indossabili aumentativi, è indispensabile considerare i fattori di design che possono influenzare la buona riuscita dell'integrazione con l'agente. Comunemente a tutti i dispositivi che interagiscono in qualche misura con il corpo umano, l'ergonomia e il comfort d'uso rivestono un ruolo centrale nell'adozione di questo tipo di tecnologie. Particolarmente interessante è la necessità di coniugare materiali flessibili, peso contenuto e adattabilità ai diversi tipi di architettura corporea, al fine di garantire una fruizione prolungata godibile. Questo pone una sfida importante a livello morfologico e funzionale, in quanto maggiore necessità di calcolo, movimentazione cinematica e gestione dei dati generalmente comporta un maggiore dispendio in termini di ingombro. Inoltre, nel caso delle soluzioni robotiche come l'esoscheletro la maggior parte delle componenti sono rigide, poco flessibili, a causa delle esigenze funzionali di biomeccatronica; per tale motivo è fondamentale garantire almeno un'interfaccia malleabile tra le parti rigide e il corpo dell'agente.

In secondo luogo, la disposizione e l'accessibilità dei controlli – fisici o gestuali – deve rispondere a principi di intuitività, minimizzando i tempi di apprendimento e riducendo il carico cognitivo dell'agente. A questo deve inevitabilmente associarsi una architettura di flusso delle informazioni tra il corpo e la macchina indossata, che restituisca in modo chiaro e trasparente l'interazione tra questi.

Inoltre, l'aspetto estetico e le affordances contribuiscono ad aumentare l'accettazione sociale del dispositivo, favorendo un'integrazione più naturale. Considerando la situazionalità dei dispositivi aumentativi, è necessario considerare la possibilità di introdurre elementi di modularità e di scalabilità della tecnologia, con l'obiettivo di personalizzare le funzionalità in base alle esigenze specifiche dell'agente, nonché di aggiornare il sistema con nuove capacità, seguendo in modo dinamico l'evoluzione della vita e, di riflesso, delle necessità dell'agente.

5.4 Considerazioni

Possedere capacità aumentate può essere accettato da chi non è aumentato, ma può anche generare sentimenti di minaccia o inferiorità. Le capacità mediate dalla tecnologia possono aprire possibilità inedite nel modo in cui le persone interagiscono tra loro e percepiscono se stesse, aspetti spesso difficili da prevedere con precisione. Tra le conseguenze di ciò è necessario tenere a mente che l'evoluzione dei bisogni degli agenti non è necessariamente legata ai soli concetti di funzionalità e utilità, o comunque non in forma immutabile. Utilizzare il corpo umano per suonare musica tramite una protesi è un esempio di come le ibridazioni tra corpo e tecnologia possano dare origine a nuove tipologie di abilità che non sono immediatamente riconducibili a funzionalità standard, né immaginabili come "necessarie". In questo senso, il dialogo con gli utenti diventa essenziale per definire quale sia il loro "stato zero" e come costruirvi sopra. Gli agenti umani non sempre sono in grado di esprimere i propri bisogni, e questo può essere particolarmente vero quando si tratta di immaginare capacità al di là dei propri limiti naturali. Fornire agli agenti umani strumenti per visualizzare una versione aumentata di sé stessi offrirà indicazioni fondamentali sulla desiderabilità e sull'efficacia di una soluzione rispetto a un'altra, oltre a responsabilizzarli nel progettare e possedere la propria identità tecnologicamente avanzata. Valutare tecnologie indossabili in contesti reali è essenziale e fortemente dipendente dalla buona qualità di prototipi e artefatti al fine di simulare in modo verosimile l'incorporazione della tecnologia. Ciò può rappresentare una sfida, data la complessità e il costo dei componenti tecnologici e dei materiali necessari. Il designer deve pertanto considerare come progettare queste tecnologie affinché siano facilmente iterabili e aggiornabili, sia nei loro aspetti hardware che software.

La natura profondamente complessa della progettazione della condizione postumana aumentata dalla tecnologia richiede la formulazione di nuovi approcci anti-disciplinari guidati da un design ibrido, e in evoluzione. Un design che integra organicità e tecnologia considerandole come componenti co-costitutive dell'esperienza umana,

piuttosto che entità separate. Un design che include approcci adattativi e partecipativi, attraverso i quali i sistemi evolvono in risposta alle pratiche d'uso e ai contesti socio-tecnici, riconoscendo la natura dinamica delle relazioni tra umani, tecnologie e contesto (sociale o ambientale). Un "Cyborg Design".

References

- Balsamo, A. (1995) Technologies of the gendered body: reading cyborg women. Durham, NC: Duke Univ. Press.
- Barad, K. (2006) Meeting the Universe Halfway: Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning. Duke University Press. Available at: <https://doi.org/10.1215/9780822388128>.
- Bleecker, J. (2009) Design fiction: A short essay on design, science, fact, and fiction.
- Dourish, P. (2001) Where the Action Is: The Foundations of Embodied Interaction. The MIT Press. Available at: <https://doi.org/10.7551/mitpress/7221.001.0001>.
- Dunne, A. (2008) Hertzian tales: electronic products, aesthetic experience, and critical design. 1. MIT Press paperback ed. Cambridge, Mass. London: MIT Press.
- Dunne, A. and Raby, F. (2001) Design Noir: The Secret Life of Electronic Objects. Princeton Architectural Press.
- Dunne, A. and Raby, F. (2013) Speculative Everything: Design, Fiction, and Social Dreaming. Cambridge: MIT Press.
- Frayling, C. (1993) Research in art and design. London: Royal College of Art.
- Friedman, B. et al. (2013) 'Value Sensitive Design and Information Systems', in N. Doorn et al. (eds) Early engagement and new technologies: Opening up the laboratory. Dordrecht: Springer Netherlands (Philosophy of Engineering and Technology), pp. 55–95. Available at: https://doi.org/10.1007/978-94-007-7844-3_4.
- Gaver, W. et al. (2008) 'Threshold devices: looking out from the home', in Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1429–1438.
- Giacomin, J. (2014) 'What is human centred design?', The design journal, 17(4), pp. 606–623.
- Haraway, D. (1985) 'A Manifesto for Cyborgs: Science, Technology, and Socialist Feminism in the 1980s', Socialist Review, 15.
- Hayles, N.K. (1999) How We Became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics. University of Chicago Press.
- Leavy, P. (2015) 'Method meets art: Arts-based research practice'. Guilford Press.

Lindley, J. and Coulton, P. (2015) 'Back to the future: 10 years of design fiction', in Proceedings of the 2015 British HCI Conference. British HCI 2015: 2015 British Human Computer Interaction Conference, Lincoln Lincolnshire United Kingdom: ACM, pp. 210–211. Available at: <https://doi.org/10.1145/2783446.2783592>.

Lupton, D. (2016) *The Quantified Self: A Sociology of Self-Tracking*.

Malakuczi, V. et al. (2024) 'Design in dialogue: AI as an aid of imagination for future scenarios', in. DRS2024: Boston. Available at: <https://doi.org/10.21606/drs.2024.1171>.

Norman, D. (1988) *The Psychology of Everyday Things*. Basic books.

Norman, D. (2004) 'Emotional design: Why we love (or hate) everyday things'. Basic books.

Norman, D.A. (2013) *The design of everyday things*. Revised and expanded editions. Cambridge, MA London: The MIT Press.

Redström, J. (2017) *Making Design Theory*. MIT Press.

Sterling, B. (2005) *Shaping things*. Cambridge, Mass.: MIT Press (Mediawork pamphlet series).

Sterling, B. (2013) *Patently untrue: fleshy defibrillators and synchronised baseball are changing the future*, Wired. Available at: <https://www.wired.com/story/patently-untrue/>.

Zimmerman, J., Forlizzi, J. and Evenson, S. (2007) 'Research through design as a method for interaction design research in HCI', in Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, pp. 493–502.

PARTE IV

PRODUZIONE E VALIDAZIONE DI UN FRAMEWORK METODOLOGICO

CYBORG DESIGN FRAMEWORK

ABSTRACT (INGLESE)

The chapter introduces the Cyborg Design Framework, an anti-disciplinary methodological approach that explores human-machine hybridization as a space of bodily, political, and social transformation. The design process is articulated in six iterative phases: Amplified Empathy, aimed at grasping human needs and potentialities through corporeality and narratives; Potential Definition, which reconfigures the design problem as a speculative question capable of imagining posthuman scenarios; Divergent Ideation, dedicated to generating plural, even provocative, visions of the body-technology relationship; Embodied Prototyping, which produces wearable artifacts as lived experiences and epistemic tools; Reflective Speculation, in which prototypes become catalysts of critical dialogue on identity, ethics, and desirability; and Strategic Integration, which translates experimental outcomes into sustainable and politically conscious roadmaps. The chapter highlights the role of the designer as a mediator, tasked with valorizing the body as an epistemic site and with generating speculative scenarios rather than optimizing solutions. The Cyborg Design Manifesto articulates the core principles of the method: the centrality of the body as an evolving entity, hybridization as a relational process, design as embodied speculation, ethics as a constitutive layer, and multiplicity as a generative principle. The entire framework positions itself as a critical and transformative practice that rejects technological neutrality, steering design towards plural, destabilizing yet desirable futures, capable of redefining the human in the posthuman era.

CAPITOLO 6 CYBORG DESIGN FRAMEWORK

ABSTRACT

Il capitolo introduce il Cyborg Design Framework, un approccio metodologico anti-disciplinare che esplora l'ibridazione umano-macchina come spazio di trasformazione corporea, politica e sociale. Il processo progettuale viene articolato in sei fasi iterative: Empatia Amplificata, orientata a cogliere bisogni e potenzialità umane attraverso la corporeità e le narrazioni; Definizione Potenziale, che riconfigura il problema progettuale come domanda speculativa capace di immaginare scenari postumani; Ideazione Divergente, dedicata alla generazione di visioni plurali, anche provocatorie, sul rapporto corpo-tecnologia; Prototipazione Incarnata, che produce artefatti indossabili come esperienze vissute e strumenti epistemici; Speculazione Riflessiva, in cui i prototipi diventano catalizzatori di dialogo critico su identità, etica e desiderabilità; e Integrazione Strategica, che traduce le sperimentazioni in roadmap sostenibili e politicamente consapevoli. Il capitolo sottolinea il ruolo del designer come mediatore, chiamato a valorizzare il corpo come luogo epistemico e a generare scenari speculativi piuttosto che soluzioni ottimizzanti. Il Cyborg Design Manifesto enuncia i principi cardine del metodo: centralità del corpo come entità evolutiva, ibridazione come processo relazionale, design come speculazione incarnata, etica come layer costitutivo e molteplicità come principio generativo. L'intero framework si configura come pratica critica e trasformativa che rifiuta la neutralità tecnologica, orientando la progettazione verso futuri plurali, destabilizzanti ma desiderabili, capaci di ridefinire l'essere umano nell'era postumana.

6.1 Definizione di Cyborg Design e Configurazione Metodologica

Il Cyborg Design è l'insieme di teorie e pratiche anti-disciplinari con l'obiettivo di ideare, progettare e materializzare sistemi ibridi umano-macchina che trasformano le capacità umane, operando su un continuum in cui i confini tra organico e sintetico si sfumano per promuovere nuove forme di esperienza, co-evoluzione e agency distribuita.

6.1.1 Fasi del Processo Progettuale

L'approccio progettuale di Cyborg Design mira a condensare in un processo iterativo quanto emerso dalla ricerca fin qui esposta, nel tentativo di fornire non un inquadramento rigido di logica progettuale, ma una bussola per l'indagine e la sperimentazione esperienziale. Seguendo questa prospettiva, le fasi di questo processo non sono da intendersi chiuse e autoconclusive, ma aperte e discorsive, con indicazioni riguardo gli obiettivi e suggerimenti sulle strategie operative per raggiungerli.

Empatia Amplificata

La fase di Empatia Amplificata rappresenta l'ingresso immersivo nel vissuto dell'umano come agente, non solo in termini funzionali o comportamentali, ma attraverso una comprensione profonda delle dimensioni corporee, affettive, sensoriali e immaginative che costituiscono l'esperienza umana. In questa fase, l'empatia non è intesa unicamente come processo di raccolta di bisogni dichiarati, ma come strumento critico per esplorare ciò che l'umano potrebbe diventare, integrando proiezioni evolutive e tensioni soggettive. Obiettivo principale di questa fase è raccogliere dati narrativi e corporei capaci di informare non solo cosa progettare, ma perché e in che direzione immaginare l'ibridazione tecnologica del corpo umano.

Definizione Potenziale

L'obiettivo principale della Definizione Potenziale è la riformulazione strategica del problema progettuale, spostandolo dal livello della mera ottimizzazione tecnologica a quello della riflessione critica su identità, desiderio, agency e possibilità umana. La Definizione Potenziale si basa sull'analisi delle tensioni emergenti tra presente e futuro, tra vincoli biologici e orizzonti speculativi, facendo convergere i dati raccolti in quadri concettuali ibridi. Seguendo una prospettiva postumana, il problema di design viene riconfigurato come una domanda aperta – espressa attraverso un'evoluzione della for-

mula “What if?” in grado di innescare la riflessione critica (ad esempio, “Cosa significa essere umano se possiamo aumentare il tatto a distanza?”) – che funge da catalizzatore per l’ideazione divergente e speculativa. Questo passaggio è cruciale per superare l’approccio problem-solving tradizionale e abbracciare una prospettiva problem-finding orientata al futuro.

Ideazione Divergente

La fase di Ideazione Divergente ha lo scopo di generare un ampio ventaglio di possibilità progettuali che esplorino non solo ciò che è tecnicamente realizzabile, ma anche ciò che è concettualmente perturbante, socialmente provocatorio ed esistenzialmente rilevante. Attraverso un approccio mutuato dal design speculativo vengono sviluppati concept che sfidano le convenzioni attuali e stimolano la riflessione critica sul ruolo della tecnologia nella ridefinizione del corpo e della soggettività. Questa fase non mira a trovare soluzioni immediate o “ottimali”, bensì a costruire un campo di possibilità concettuali che alimentino sia la sperimentazione pratica sia la riflessione teorica, mantenendo la tensione tra desiderabilità, plausibilità e provocazione.

Prototipazione Incarnata

Nel Cyborg Design, la prototipazione assume un carattere radicalmente corporeo e performativo. La fase di Prototipazione Incarnata consiste nella realizzazione di artefatti indossabili che non sono soltanto oggetti da testare, ma esperienze da vivere. Attraverso la costruzione di prototipi fisici – necessariamente low-fidelity ma ad alto impatto sensoriale – si esplorano le implicazioni materiali e percettive dell’interazione corpo-tecnologia. I prototipi funzionano come strumenti epistemici incarnati: permettono di sperimentare direttamente, tramite il corpo, i potenziali effetti di una ibridazione umano-macchina, innescando riflessioni immediate sul comfort, il controllo, l’identità e la percezione del sé. In questa fase, la dimensione estetico-esperienziale è inseparabile da quella funzionale, e l’oggetto prototipato si configura come una “domanda tangibile” ri-

volta al corpo stesso.

Speculazione Riflessiva

La fase di Speculazione Riflessiva costituisce il momento di transizione del progetto dalla sperimentazione tecnica alla costruzione di senso collettivo. I prototipi vengono utilizzati come catalizzatori per discussioni critiche e scenari alternativi, coinvolgendo utenti, stakeholder e soggetti esperti in pratiche di co-riflessione. L'obiettivo principale è quello di valutare non solo l'usabilità dell'intervento, ma anche le sue implicazioni sociali, politiche, affettive ed etiche. La riflessività, in questo caso, è duplice: riguarda sia il progettista sia l'agente, e si concretizza in narrazioni che mettono in discussione modelli dominanti di normalità, efficienza e desiderabilità. Questa fase rende esplicito il potenziale trasformativo del progetto, ponendolo come oggetto di dialogo più che come semplice soluzione tecnica.

Integrazione Strategica

La fase di Integrazione Strategica mira a tradurre gli apprendimenti teorici e sperimentali in linee guida operative per il continuo sviluppo e l'implementazione sostenibile della tecnologia indossabile proposta. Questo passaggio non implica una semplice chiusura del progetto, bensì una sua apertura verso il mondo: verso le policy, le industrie, le istituzioni e le comunità che potrebbero adottare o resistere a tali innovazioni. In tal senso, il concetto di integrazione strategica si fonda su una visione politica del design, in cui ogni scelta progettuale contribuisce a delineare nuove ecologie di interazione tra corpo, tecnologia e società.

Le fasi e i loro rispettivi obiettivi e output sono riportati sinteticamente nella Tab. 1.

Nel rispetto della prospettiva di progettazione cyborg, che necessariamente va a riflettersi nella costruzione del metodo, seppure non esaustivo e in evoluzione, le fasi proposte non seguono una successione lineare rigida, ma sono da intendersi iterative e ridondanti a seconda dell'esigenza di progetto.

Similmente alla tipica struttura del processo di Human-Centered Design (e, semplificato, dello User-Centered Design), la metodologia di Cyborg Design propone di ripercorrere alcune fasi durante il processo al fine di validare e iterare le soluzioni progettuali e le esigenze implicite secondo un approccio divergente e di fact-checking tipico del Design Fiction.

Tab. 1. Tabella delle fasi del Cyborg Design Framework, con obiettivi e output specifici di ognuna. [© Camilla Gironi]

Tab. 1

Fase	Obiettivo	Output
Empatia Amplificata	Comprendere bisogni, desideri, disagi e potenzialità umane – non solo come sono, ma come potrebbero evolversi.	Mappatura dell'esperienza umana attuale e delle possibili traiettorie evolutive.
Definizione Potenziale	Ridefinire il problema progettuale come una tensione tra presente e futuro, tra limite biologico e possibilità aumentata.	Formulazione di una "domanda cyborg": <i>Cosa significa essere umani se...?</i>
Ideazione Divergente	Generare idee che oscillano tra desiderabile, possibile e provocatorio, indagando la cultura, il contesto, il sentiment.	Concettualizzazione delle possibilità tecniche ed esperienziali.
Prototipazione Incarnata	Creare prototipi che si indossano, si abitano, si sperimentano – focalizzati su sensorialità, materialità e agency.	Test di ipotesi attraverso l'esperienza fisica e affettiva.
Speculazione Riflessiva	Usare la provocazione del prototipo per attivare riflessione critica con utenti e stakeholder.	Formulazione di domande su etica, identità, potere e desiderabilità.
Integrazione Strategica	Tradurre gli apprendimenti in scenari di implementazione reale, adattabili, etici.	Costruzione di roadmap per evoluzioni tecnologiche coerenti con visioni umane profonde.

6.1.2 Raccomandazioni per Cyborg Designer

Nel tentativo di definire un metodo di Cyborg Design per la progettazione consapevole di tecnologie indossabili per la nuova condizione postumana è necessario per il designer riflettere sul proprio ruolo, e su come la tecnologia abbia un impatto anche su di esso, sia a livello operativo sia a livello di significato.

Nella costruzione di un'indagine di Empatia Amplificata, non è più sufficiente per il designer raccogliere e analizzare i bisogni degli utenti, poiché essi non sono sempre espliciti nella navigazione di sfide tecnologiche innovative e trasformative. Pertanto, il designer deve assumere un ruolo di precursore dei futuri tecnologici, e di mediatore tra l'umano e la sua condizione aumentata. Nell'amplificazione della ricerca per la costruzione di una base empatica di partenza, il designer è ora chiamato a indagare anche le trasformazioni sociali e comportamentali derivanti dall'integrazione delle tecnologie nella vita quotidiana. Questo sforzo implica un ripensamento radicale del concetto di "utente", verso il concetto di "agente". Anziché partire da generalizzazioni o da profili funzionali, il designer è chiamato a costruire una relazione diretta e sensibile con soggetti reali, situati nei propri corpi e nelle proprie storie. Il corpo viene riconosciuto come luogo epistemico, fonte di sapere incarnato e di desideri inespressi, non come oggetto da ottimizzare o standardizzare. Il designer stesso deve saper ascoltare con il corpo: osservare gesti, posture, micro-espressioni e narrazioni somatiche che rivelano non solo bisogni, ma tensioni, soglie, contraddizioni. L'empatia, in questa visione, non è solo un atto cognitivo ma una pratica immersiva, capace di cogliere le potenzialità latenti del corpo umano nella sua interazione con la tecnologia.

La formulazione di una Definizione Potenziale si concentra sulla traduzione dell'ascolto corporeo in una domanda progettuale aperta e generativa. L'obiettivo non è identificare un problema da risolvere secondo una logica lineare, ma piuttosto immaginare una trasformazione possibile. Il designer è pertanto chiamato a elaborare scenari potenziali, non normativi, che valorizzino l'ambivalenza e le aspirazioni emerse nella fase precedente. Si costruiscono così "future personas" non come caricature del presente, ma come proiezioni corporee di futuri alternativi: versioni aumentate, ibride, potenziate o alterate dell'identità. Metodologie come la formulazione

di domande speculative (“Cosa accadrebbe se...?”) permettono di esplorare molteplici direzioni senza ridurre la complessità a un’unica soluzione funzionale. La definizione del progetto diventa quindi un atto speculativo e critico, che pone il corpo al centro del divenire.

L’Ideazione Divergente non è solo un atto profondamente creativo, ma anche poetico e politico. Si abbandonano gli schemi di brainstorming razionali e orientati alla soluzione per aprirsi alla divergenza radicale. Il compito del designer in questo senso non è tanto trovare l’idea giusta che risponda a un specifico problema, quanto generare molteplici visioni, anche disturbanti o improbabili, che mettano in discussione ciò che è considerato normale, naturale o desiderabile. Il designer deve quindi necessariamente lavorare con metafore biologiche, con analogie tra organismi e tecnologie, con narrazioni speculative che disegnano futuri incarnati. L’immaginazione viene sollecitata attraverso pratiche di role-playing corporeo, scenari narrativi e tecniche di generative design. In questo contesto, la creatività non è un fine in sé, ma uno strumento per espandere i confini del possibile, confrontandosi con i limiti culturali e materiali dell’ibridazione umano-macchina.

La concezione di Prototipazione Incarnata non serve solo a verificare un’idea, ma rappresenta un atto critico, un’esplorazione tangibile dei confini tra umano e non-umano. I prototipi sono pensati per essere indossati, abitati, vissuti, anche se in forma provvisoria o imperfetta. La loro funzione primaria non è l’efficienza, ma la generatività: devono attivare reazioni corporee, emotive e relazionali. È attraverso l’indossabilità che il designer osserva come il dispositivo trasforma la percezione, il movimento, l’identità. Implementare diari d’uso, osservazioni in contesto e test performativi permette di raccogliere non solo feedback tecnici, ma risposte esperienziali dell’effetto dell’ibridazione tecnologica (ad esempio, disorientamento, empowerment, rifiuto, piacere, o inquietudine). Il designer stesso è chiamato a provare sulla propria pelle le soluzioni proposte, materializzando ulteriormente quella amplificazione della ricerca empatica che dà inizio al processo progettuale. Questa fase è profondamente pragmatica e teorica al tempo stesso, perché mette in gioco una forma di conoscenza che solo il corpo può produrre.

Nel guidare la Speculazione Riflessiva, il designer non solo si occupa di testare le proposte progettuali in senso classico, ma di stimolare

dialoghi aperti e critici, anche imprevisti. Il designer facilita interazioni in cui le persone possano interpretare liberamente ciò che il dispositivo rappresenta, attiva o mette in crisi. Per il designer è importante qui raccogliere micro-narrazioni, percezioni soggettive e reazioni emotive che rivelano come il progetto sia inserito in ecologie culturali complesse. La valutazione non è basata sull'efficacia, ma sulla capacità del dispositivo di generare senso, di perturbare abitudini, di mettere in discussione le normatività. In questo senso, ogni prototipo è una forma di design fiction incarnata, e ogni restituzione è un atto di co-narrazione speculativa.

Nel collocare il progetto all'interno di una visione strategica e a lungo termine, il designer non si concentra sulla produzione di oggetti isolati, ma di dispositivi situati in ecologie socio-tecniche complesse. Il designer è chiamato a immaginare scenari di adozione, diffusione e trasformazione nel tempo, considerando i vincoli culturali, materiali, politici ed etici. Si costruiscono roadmap di evoluzione, si definiscono politiche di accesso e di governance, si sviluppano modelli aperti per la modificabilità e la personalizzazione del dispositivo. L'obiettivo è costruire infrastrutture umane intorno al progetto: reti di cura, comunità di senso, pratiche condivise che rendano l'innovazione sostenibile, pluralista e accessibile. La strategia non è qui una logica di mercato, ma una visione critica del futuro, orientata alla giustizia e alla molteplicità.

6.1.3 Cyborg Design Manifesto

Il Cyborg Design non è un semplice esercizio di innovazione tecnologica, ma un atto culturale, corporeo e politico. Rifiuta l'idea che l'essere umano sia un'entità chiusa e definitiva, proponendo invece una visione dell'umano come costantemente in divenire: un organismo aperto, in tensione tra natura e artificio, tra desiderio e limite, tra memoria biologica e immaginazione tecnica. L'approccio metodologico di Cyborg Design nasce dall'intersezione tra lo Human-Centered Design e il Design Fiction, e ne radicalizza le implicazioni: non si limita a comprendere l'agente nel suo presente, ma lo accompagna nel confronto con ciò che potrebbe diventare in una condizione postumana.

Il corpo diventa il territorio primario di progettazione, non come superficie da ottimizzare, ma come spazio sensibile, poroso e affettivo in cui si intrecciano vulnerabilità e potenzialità. Progettare per il corpo significa ascoltarlo nella sua pluralità, riconoscendone le idiosincrasie, le eccezioni, le storie; significa pertanto anche interrogarne le possibilità e la propensione di estensione e trasformazione, senza mai ridurlo a un'interfaccia passiva per la tecnologia.

Il Cyborg Design assume la prototipazione non come momento di verifica tecnica, ma come strumento epistemologico e critico: ogni prototipo è una domanda incarnata, un'esplorazione tangibile dei confini tra ciò che siamo e ciò che potremmo essere. Indossare un prototipo significa assumere temporaneamente un'altra versione di sé, confrontarsi con nuove forme di agency, di identità e di interazione con il mondo. Per tali motivi, ogni artefatto di potenziamento umano è anche un atto etico. La progettazione di tecnologie indossabili per il potenziamento della condizione umana non può essere neutra né puramente funzionale: deve confrontarsi apertamente con le implicazioni di potere, disuguaglianza, controllo e desiderabilità che ogni scelta progettuale comporta. Per questo, l'etica non viene posticipata alla fase finale, ma è integrata come layer costitutivo del pensiero progettuale, guidando la selezione delle priorità, dei materiali, dei linguaggi e degli scenari d'uso. In questa prospettiva, il design non risolve problemi, ma apre spazi di riflessione e immaginazione, interrogando criticamente ciò che viene dato per scontato.

Il Cyborg Design è, infine, un invito alla speculazione critica e alla riflessione collettiva. Non progetta futuri "probabili", ma futuri plausibili e desiderabili, anche (e soprattutto) quando questi disturba-

no, destabilizzano o spiazzano. In un'epoca di crescente ibridazione tra organico e artificiale, di speciazione da umano a postumano, il Cyborg Design propone un nuovo patto tra corpo e tecnologia: non un'alleanza per la dominazione dell'ambiente o per l'efficienza performativa, ma una co-evoluzione sensibile, complessa e radicalmente trasformativa.

Nel tentativo ambizioso di definire alcuni principi cardine del Cyborg Design, di seguito vengono riportati i concetti fondamentali che hanno guidato lo sviluppo di questo approccio, e che mirano a instaurare un dialogo multidisciplinare per la sua futura evoluzione.

- *Human-Beyond Centeredness / Progettare con e per l'umano come entità evolutiva, non immutabile.* Il corpo umano non è solo l'oggetto su cui si applicano dispositivi di Human Augmentation, ma è il primo e imprescindibile spazio di senso, relazione e trasformazione. Intendere il corpo come sito primario del progetto implica riconoscerlo come entità complessa, sensibile, mutevole, e storicamente situata. Il design, in questo senso, non si limita a proporre soluzioni funzionali o ergonomiche, ma si confronta con le dimensioni affettive, percettive e identitarie dell'incarnazione tecnologica. La corporeità, in una sua accezione espansa, diventa terreno di negoziazione delle tensioni tra naturale e artificiale, tra desideri individuali e norme sociali, tra vulnerabilità e potenzialità espressive.
- *Ibridazione come Processo Relazionale / Progettare verso e attraverso l'alterità non-umana.* L'ibridazione non è una semplice aggiunta funzionale o un potenziamento individuale, ma un processo relazionale, in cui l'essere umano si ridefinisce in relazione alla tecnologia, all'ambiente e agli altri corpi. Ogni dispositivo indossabile instaura una nuova ecologia sensoriale, cognitiva e sociale, influenzando la percezione di sé, dell'altro e del mondo. Questa visione implica una progettazione attenta alle implicazioni relazionali della tecnologia: come essa modula le interazioni, redistribuisce l'attenzione, amplifica od ostacola la comunicazione. L'ibridazione, così intesa, è sempre anche un atto politico e culturale.
- *Design come Speculazione Incarnata / Operare nella convergenza di ciò che è oggi necessario e ciò che è domani possibile.* L'approc-

cio speculativo supera l'accezione di esercizio astratto o narrativo fine a sé stesso, e si traduce in azione incarnata, che prende forma attraverso il prototipo, l'uso performativo, e l'esperienza vissuta dello stesso. Gli artefatti nati dalla speculazione manifestano situazioni, futuri possibili, e interrogazioni materiali. I dispositivi diventano strumenti critici che mettono in scena tensioni, paradossi e scenari alternativi, stimolando riflessioni sui confini sfocati della condizione postumana, tra desiderabile e distopico. La prototipazione pertanto diventa una domanda incarnata, non più solo una trasposizione materiale della soluzione concettuale, ma un atto di immaginazione situata.

- *Etica come Design Layer / Esporre gli impatti di ogni scelta progettuale sul potere, sull'autonomia e sull'identità.* L'etica diventa una infrastruttura progettuale che informa ogni scelta, dalla definizione del brief alla costruzione del prototipo, dalla selezione dei materiali alla comunicazione dei risultati, non più come una verifica esterna o un vincolo a posteriori della progettazione, ma come suo costruttore di significato. Progettare per il corpo e la trasformazione dell'umano richiede una consapevolezza radicale delle implicazioni normative, identitarie e sociali di ogni atto progettuale. L'etica non si riduce a fornire raccomandazioni orientate all'evitamento di scelte nocive, ma invita a integrare la partecipazione decisionale distribuita, la diversità dei corpi e delle esperienze, il rispetto per l'opacità dell'altro e la possibilità di sottrarsi alla trasformazione.
- *Molteplicità come Principio Generativo / Navigare la divergenza come azione esplorativa di progettazione.* In opposizione al concetto di standardizzazione dell'umano, la molteplicità diventa principio generativo, per il quale la varietà delle soggettività, dei corpi, dei desideri e delle abilità è assunta non come un problema da "normalizzare", ma come ricchezza da valorizzare. Questo implica la progettazione di dispositivi aperti, adattabili, che si relazionano a corpi differenti e a narrazioni eterogenee. Significa anche concepire la condizione postumana come fluida e mutabile, supportando forme di auto-espressione, auto-percezione e agency non previste dai paradigmi dominanti.

A PILOT STUDY FOR CYBORG DESIGN: THE PREEMIE PROJECT

ABSTRACT (INGLESE)

The chapter presents the Preemie project, a pilot study in Cyborg Design aimed at prototyping a wearable incubator for premature infants, developed at the Augmentation Lab in Boston. The initiative explores the technological and ethical implications of the concept of the Artificial Womb, questioning how such technologies may redefine parenthood and the human-machine relationship. Through a methodological approach grounded in the Cyborg Design Framework, the project unfolds in several phases: from the analysis of the experiences of parents of preterm infants and neonatal care professionals, to the identification of central needs – contact, agency, and temporal continuity – up to interdisciplinary co-design. The Preemie prototype integrates rigid materials and soft robotics to simulate both biomedical and affective experiences, enabling tactile interactions and haptic feedback comparable to natural pregnancy. User testing revealed predominantly positive perceptions, highlighting an increased sense of connection and empathy compared to traditional incubators. Also presented at the MIT Media Lab, the project sparked extensive debate on the social and cultural implications of artificial wombs, ranging from perspectives of liberation to concerns of instrumentalization. Preemie constitutes a critical exploration of the posthuman potential of parenthood, emphasizing the need for interdisciplinary and speculative approaches in the design of emerging technologies.

UNO STUDIO PILOTA PER IL CYBORG DESIGN: IL PROGETTO PREEMIE

ABSTRACT

Il capitolo presenta il progetto Preemie, uno studio pilota di Cyborg Design volto alla prototipazione di un'incubatrice indossabile per neonati prematuri, sviluppato presso l'Augmentation Lab di Boston. L'iniziativa esplora le implicazioni tecnologiche ed etiche del concetto di Artificial Womb, interrogandosi su come tali tecnologie possano ridefinire la genitorialità e il rapporto umano-macchina. Attraverso un approccio metodologico fondato sul Cyborg Design Framework, il progetto si articola in più fasi: dall'analisi delle esperienze dei genitori di neonati pretermine e dei professionisti della neonatologia, alla definizione dei bisogni centrali – contatto, agentività e continuità temporale – fino alla co-ideazione interdisciplinare. Il prototipo Preemie integra materiali rigidi e soft-robotics per simulare un'esperienza biomedica e affettiva, consentendo interazioni tattili e feedback aptici assimilabili alla gravidanza naturale. I test con utenti hanno mostrato percezioni prevalentemente positive, evidenziando un aumento della sensazione di connessione ed empatia rispetto alle incubatrici tradizionali. Presentato anche al MIT Media Lab, il progetto ha stimolato un ampio dibattito sulle implicazioni sociali e culturali degli uteri artificiali, tra prospettive di liberazione e timori di strumentalizzazione. Preemie rappresenta un'esplorazione critica del potenziale postumano della genitorialità, sottolineando la necessità di approcci interdisciplinari e speculativi nel design di tecnologie emergenti.

7.1 Inquadramento della Sperimentazione

L'ultima fase sperimentale del presente lavoro di ricerca si è concentrata sulla progettazione e prototipazione di una incubatrice salva-vita di neonati prematuri indossabile. Il progetto, denominato "Preemie" per rievocare la denominazione colloquiale diffusa negli Stati Uniti per riferirsi ai neonati prematuri, è stato al centro di una collaborazione interdisciplinare presso lo Augmentation Lab di Boston (USA), con la preziosa mentorship di ricercatori e professori di Design e Computer Science della Harvard University e del MIT Media Lab. Preemie è un progetto di Cyborg Design che indaga lo stato dell'arte della tecnologia denominata "Artificial Womb" (tradotto in italiano, utero o grembo artificiale), al centro di numerosi dibattiti e controversie etiche, attraverso la prototipazione di una incubatrice robotica indossabile per esplorare la percezione pubblica intorno a questo tema.

Il prototipo simula la tecnologia pionieristica di supporto alla vita dei neonati pretermine focalizzando l'attenzione sulle esigenze emotive e fisiche sia del neonato sia dei genitori, proponendo un fattore di forma indossabile che permette la simulazione del contatto pelle a pelle. Il progetto ha coinvolto genitori di neonati pretermine, professionisti del settore medico e persone con e senza figli, con uno studio pilota che ha rivelato come l'interazione degli utenti con Preemie abbia innescato cambiamenti significativi nelle percezioni dei partecipanti e una maggiore comprensione delle possibilità dell'incorporazione della tecnologia come medium di co-evoluzione della vita.

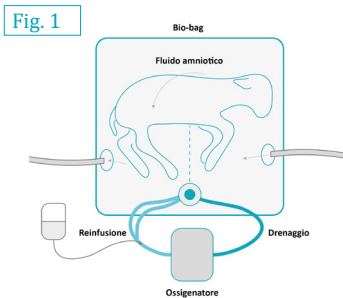


Fig. 1. Schema sintetico di funzionamento di un utero artificiale.
[Immagine riadattata dall'originale da Partridge et al. (2017) © Camilla Gironi]

7.1.1 Tecnologie di Supporto alla Vita: dall'Incubatrice all'Artificial Womb

Qualsiasi neonato nato prima delle 37 settimane è considerato un bambino prematuro. Secondo la definizione dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO), i neonati pretermine possono essere ulteriormente suddivisi, a seconda della gravità di ciascun caso, in "estremamente pretermine" (neonati partoriti prima delle 28 settimane di gestazione), "molto pretermine" (neonati partoriti tra le 28 e le 32 settimane) e "moderatamente o tardivamente pretermine" (neonati partoriti tra le 32 e le 37 settimane) (Barfield, 2018). Nonostante i significativi miglioramenti nell'assistenza clinica e nella conoscenza teorica della neonatologia a partire dai primi anni Settanta, la nascita pretermine rimane una delle principali cause di morte nei bambini di età inferiore ai cinque anni (Philip, 2005; Alkema and New, 2013). Secondo il National Center for Health Statistics, le nascite premature rappresentavano il 9,6% di tutti i nati vivi nel 2013 e sono aumentate al 10,4% nel 2022 solo negli Stati Uniti, tra i paesi più industrializzati a livello globale (Osterman et al., 2024). Nonostante nello scorso decennio si sia evidenziato un miglioramento del tasso di mortalità dei neonati estremamente pretermine (Patel et al., 2015), la nascita prematura comporta spesso l'insorgenza di complicazioni di salute a lungo termine, tra cui sottosviluppo della capacità polmonare (displasia broncopolmonare (BPD)), emorragie cerebrali (emorragia intraventricolare (IVH)) o anomalie nello sviluppo degli occhi (retinopatia della prematurità (ROP)) (Behrman and Butler, 2007).

Ad oggi, i neonati prematuri in condizioni mediche instabili vengono solitamente assistiti in un'Unità di Terapia Intensiva Neonatale (NICU), generalmente in una incubatrice. La durata della degenza in ospedale di ciascun neonato e il momento dello svezzamento dall'incubatrice vengono stabiliti caso per caso, ma sono in gran parte determinati dal peso del bambino e dalla sua capacità di termoregolazione. La prima tecnologia incubatrice è stata costruita e utilizzata nel 1800, e da allora è stata un importante dispositivo medico per ridurre il tasso di mortalità dei neonati prematuri. L'incubatrice originale (Baker, 2000), realizzata dall'ostetrico francese Stéphane Tarnier, riscaldava i neonati prematuri attraverso un serbatoio di acqua calda collegato a una fonte di riscaldamento esterna. Da allora, questa tecnologia ha subito numerose innovazioni, fino ad arrivare ai più moderni dispositivi salvavita che mantengono

costanti la temperatura corporea del neonato e la concentrazione di umidità dell'ambiente, proteggendo il neonato da rumori forti e luce diretta, nonché da possibili contaminazioni esterne. Gli adattamenti moderni per migliorare il sistema originale includono un monitoraggio aggiuntivo dell'umidità e dei livelli di ossigeno, sensori di luce e riscaldamento elettrico. L'incubatrice moderna include inoltre un microprocessore volto a monitorare i parametri in tempo reale e a mantenerli a un livello ottimale, richiedendo oggi un intervento minimo da parte di medici o infermieri. Tuttavia, i miglioramenti tecnologici delle incubatrici tradizionali hanno subito un drastico rallentamento negli ultimi decenni, giustificando la necessità di apportare miglioramenti al design esistente per ridurre ulteriormente il tasso di mortalità dei neonati pretermine (Ferris and Shepley, 2013).

La tecnologia Artificial Womb (AWT) rappresenta una delle frontiere più trasformative della medicina riproduttiva e neonatale. Si riferisce allo sviluppo di un ambiente extra-uterino in grado di sostenere la crescita embrionale o fetale al di fuori dell'utero biologico, evitando le principali patologie conseguenti alla nascita pretermine. Originariamente regno della narrativa speculativa, questa tecnologia è diventata sempre più fondata sulla fattibilità scientifica grazie ai progressi della bioingegneria, della Terapia Intensiva Neonatale e della medicina rigenerativa.

A differenza di un'incubatrice tradizionale, il grembo artificiale consiste in un ambiente di incubazione riempito di fluidi direttamente collegato al corpo del bambino, replicando l'ambiente dell'utero materno biologico, con l'obiettivo di proseguire il periodo di gestazione naturale per permettere di sviluppare adeguatamente gli organi del neonato prematuro, fino a raggiungere condizioni abbastanza stabili per il parto. Un recente significativo breakthrough nello sviluppo di questa tecnologia è stato raggiunto dal Children's Hospital di Philadelphia, che ha costruito un sistema extra-uterino destinato in futuro a supportare fisiologicamente i neonati pretermine (Partridge et al., 2017). Il sistema proposto è costituito principalmente da una bio-sacca riempita di liquido amniotico artificiale che viene continuamente filtrato e sterilizzato (Fig. 1). Il cordone ombelicale del feto all'interno della bio-sacca è collegato a un ossigenatore del sangue, con infusioni di farmaci o liquidi che possono essere collegati alla linea arteriosa ombelicale, demandando alla macchina i processi fisiologici di supporto alla nuova vita tipicamente propri



Fig. 2. Parte dell'esposizione Reprodutopia, con l'installazione prototipo di grembi artificiali supervisionati da équipes mediche e gestiti attraverso sistemi autonomi.
[© Next Nature]



Fig. 3. "ARPR-001a-WOMB", parte del progetto Solid Ground, che consiste in un grembo artificiale protesico dall'essenza scultorea e, allo stesso tempo, futuristica.
[© Ana Rajčević e Alexandre Souëtre]

del corpo materno umano. Il sistema ha supportato con successo lo sviluppo di agnelli fetali fino a quattro settimane, ma gli studi clinici di questo sistema non sono ancora iniziati.

Questo sistema ha scatenato numerosi dibattiti, che hanno evidenziato soprattutto le implicazioni etiche che lo sviluppo delle tecnologie Artificial Womb porterebbe nella società, non solo umana, ma anche animale. La preoccupazione maggiore risiede nel fatto che una tecnologia simile permetterebbe di "fabbricare" umani e animali attraverso una macchina, con il timore di arrivare a una strumentalizzazione di massa della riproduzione per fini anti-etici, come ad esempio la compravendita di bambini e la commercializzazione di organi nel caso degli umani, o la produzione di cavia per sperimentazione nel caso degli animali.

Per quanto riguarda il caso degli umani, la tecnologia Artificial Womb mostra una interessante spaccatura nelle opinioni sui diritti riproduttivi, in particolare delle donne. Infatti, se da un lato alcuni vedono in questa tecnologia uno strumento di liberazione del corpo della donna dal compito della gestazione e del parto – spesso considerato un ostacolo da donne che hanno denunciato non solo problemi di salute legati alla gravidanza, ma anche trattamenti sociali, economici e lavorativi avversi a causa del loro stato di gravidanza –, molti altri la interpretano come una seria minaccia al rispetto dei diritti umani e come una svalutazione del corpo della donna, ampiamente celebrato per la sua capacità unica di ospitare e far nascere una nuova vita.

Difatti, la riproduzione umana è da sempre al centro del dibattito etico e sociale, e questo è oggi quanto mai di fondamentale importanza alla luce degli avanzamenti tecnologici che stanno caratterizzando la nostra epoca di co-evoluzione di umani e tecnologia. Come per tutte le tecnologie più avanzate, in grado di modificare come noi umani viviamo (e in questo caso, in particolare come nasciamo), il percorso di sviluppo è disseminato di controversie e rischi che mettono in discussione la legittimità dell'esistenza stessa di una tale tecnologia.

Vista la sua natura controversa e affascinante allo stesso tempo, il tema dell'Artificial Womb è stato spesso oggetto della speculazione artistica e di design.

Tra gli esempi più recenti in ambito artistico e di exhibit design, il progetto "Reprodutopia" (Fig. 2) include un insieme di speculazioni sul concetto di utero artificiale e una mostra correlata che esplora

le implicazioni sociali ed etiche di tale tecnologia. La mostra, che si è svolta nell'ambito della Dutch Design Week di Eindhoven del 2019. Presentando uno scenario futuro di una clinica riproduttiva e un prototipo funzionante, l'iniziativa spinge i visitatori a considerare il potenziale impatto degli uteri artificiali. Guidata dal designer Hendrik-Jan Grievink, il progetto speculativo ha mirato a stimolare il dibattito pubblico sul futuro della riproduzione e della nascita alla luce di avanzamenti tecnologici sempre più profondi.

Similmente, il progetto artistico di utero protesico "Solid Ground" (Fig. 3) di Ana Rajčević indaga la profonda esperienza di intimità corporea tra una "madre" e il suo bambino estendendo l'esperienza della gestazione anche per individui privi della capacità biologica innata di portare in grembo i propri figli, promuovendo un approccio condiviso e inclusivo alla genitorialità. Accettando individui diversi come partecipanti attivi nel portare una nuova vita al mondo, il progetto si interroga su come questo progresso tecnologico potrebbe rimodellare la percezione e le norme sociali delle strutture e delle aspettative familiari che circondano la gravidanza e la definizione stessa di genitorialità nell'era dell'integrazione umano-macchina.

Il concetto di gestazione estesa e partecipata è esplorato anche dal film "The Pod Generation" (2023), che immagina un futuro dominato dall'Intelligenza Artificiale, in cui una giovane coppia etero affida la propria gravidanza a una corporazione di biotech specializzata nella fecondazione assistita e nella gestazione artificiale esterna (dalla fecondazione alla nascita) tramite i "pod", dei veri e propri grembi artificiali a forma di uovo all'interno del quale avviene lo sviluppo del feto (Fig. 4). Il pod può essere indossato tramite una imbracatura, e il film esplora scenari della vita quotidiana della coppia che riscopre e mette in discussione il proprio ruolo di genitore nelle modalità di interazione con esso.



Fig. 4. Poster del film "The Pod Generation" (2023), in cui i protagonisti sono rappresentati in un momento di meditazione guidata da una AI per la familiarizzazione con il loro figlio, ancora in incubazione nel grembo (pod) artificiale. [©]

7.1.2 Opportunità per uno Studio Pilota di Cyborg Design

Lo studio del tema delle tecnologie di supporto alla vita, in particolare degli Artificial Wombs, è stato ispirato nell'ambito di una più ampia collaborazione con l'Augmentation Lab (Approfondimento: Il Sustainable Technology Goals Working Group). Nell'interrogarsi sul futuro del rapporto tra umani e tecnologie, il tema degli AWT è stato individuato come uno delle sfide più controverse e complesse, ma su cui il dibattito è ancora troppo poco diffuso, soprattutto a causa dello stigma che ruota attorno ai temi della riproduzione umana, spesso affrontati come un tabù.

In particolare, la riflessione su questa tecnologia si è soffermata sull'osservazione dello stato dell'arte del presente delle tecnologie riproduttive salvavita, come le incubatrici tradizionali. Nonostante l'importanza e l'efficacia di questa tecnologia presente, è comunque presente una resistenza alla sua adozione, soprattutto perché associata a una misura emergenziale.

Nello studio delle incubatrici, si è notato come durante le cure neonatali nell'Unità di Terapia Intensiva Neonatale (NICU), l'uso l'uso di questa tecnologia può limitare e influenzare negativamente la vicinanza emotiva e fisica tra il genitore e il neonato. In questa fase, la separazione tra il neonato e il genitore può interferire con lo sviluppo e il benessere psicologico del bambino, oltre a contribuire allo stress emotivo del genitore (Flacking et al., 2012).

Nel tentativo di immaginare come questa tecnologia possa evolvere nel futuro più prossimo, in proiezione di un futuro più remoto in cui gli Artificial Wombs saranno una realtà consolidata, le sessioni di discussione attorno a questo tema hanno dato vita a una iniziativa di ricerca nell'ambito del STGs Working Group.

7.2 Processo di Cyborg Design

In considerazione delle premesse delineate, il progetto di ricerca è stato delineato come studio pilota di applicazione del Cyborg Design Framework enunciato nel Capitolo VI. In particolare, lo studio è stato strutturato secondo le fasi stabilite nel framework.

7.2.1 Empatia Amplificata

La prima fase del processo di progettazione si è concentrata sull'approfondimento della conoscenza dell'uso e della percezione delle tecnologie di supporto vitale neonatale nelle Unità di Terapia Intensiva Neonatale, e di come queste influenzano l'interazione e il legame tra genitori e figli. Con l'obiettivo di ottenere un inquadramento approfondito del tema e di definire il potenziale spazio di intervento progettuale, questa fase di studio preliminare è stata condotta seguendo due direttrici parallele: da un lato, attraverso conversazioni con utenti direttamente o potenzialmente interessati dalla tecnologia Artificial Womb, dall'altro lato attraverso dialoghi interdisciplinari con esperti e professionisti dell'area medico-clinica.

Interviste Semi-strutturate con Genitori

Al fine di conoscere i bisogni e le preoccupazioni legate alla nascita prematura e al conseguente ricovero in Terapia Intensiva Neonatale, è stata condotta una serie di interviste semi-strutturate che ha coinvolto genitori che hanno avuto un'esperienza diretta con la nascita pretermine di uno o più dei loro figli. Considerata la delicatezza dell'argomento, è stato deciso di condurre una conversazione informale ma semi-strutturata con domande aperte, per lasciare la libertà ai genitori di condividere in modo autentico e spontaneo quanto ritenuto opportuno. I partecipanti sono stati dapprima informati sull'anonimato dei dati raccolti e sul loro diritto di recesso durante l'intervista, e a tutti è stato richiesto di fornire il consenso verbale alla registrazione audio della conversazione.

Le interviste hanno coinvolto un totale di quattro coppie di genitori attraverso incontri online. I partecipanti sono stati reclutati sulla base di conoscenza diretta con i componenti del team di ricerca, e sono stati intervistati individualmente in sessioni separate. Le esperienze di questi partecipanti hanno permesso di comprendere meglio aspetti importanti dell'esperienza di una nascita prematura, che tuttavia non può essere generalizzata in quanto estremamente soggettiva e variabile a seconda dei casi.

Delle quattro coppie intervistate, una aveva avuto un neonato "estremamente pretermine" (Coppia 1), una aveva avuto una coppia di gemelli nati "molto pretermine" (Coppia 2) e le altre due coppie

avevano avuto un bambino nato “moderatamente o tardivamente pretermine” (Coppia 3 e Coppia 4). Le Coppie 1 e 2, i cui neonati avevano un’età gestazionale più precoce, non hanno potuto inizialmente toccare i loro figli in quanto protetti nelle incubatrici, e hanno entrambe riportato un simile disagio emotivo e un senso di impotenza causato da questa separazione iniziale. Tuttavia, una volta stabilizzata la condizione clinica dei neonati, è stato possibile spostarli dall’incubatrice per periodi specifici di tempo per permettere ai genitori di queste coppie di interagire con i loro figli seguendo particolari accorgimenti sotto la supervisione di personale medico e sanitario. Entrambe le coppie hanno sottolineato come la vicinanza fisica e il contatto con i loro bambini prematuri abbia restituito loro un senso di sollievo e di partecipazione attiva in quei momenti molto delicati. Nel complesso, queste coppie hanno riconosciuto l’importanza e la necessità dell’incubatrice per il corretto sviluppo fisiologico dei neonati, ma in generale l’hanno associata a una sensazione di distanza e a un ostacolo all’interazione naturale con il proprio bambino.

Le Coppie 3 e 4, hanno riportato che i loro figli, nati moderatamente pretermine, non sono stati in incubatrice, ma sono nati in casa e hanno avuto interazioni regolari con i genitori. Entrambe hanno riferito che nonostante i loro neonati fossero poco sviluppati e fragili, sono migliorati nel tempo, attribuendo tale miglioramento alla cura costante attraverso il contatto prolungato tra genitore e figlio. Inoltre, nonostante l’iniziale preoccupazione, hanno espresso complessivamente di aver provato meno paura rispetto alle Coppie 1 e 2.

Analisi della Letteratura e Conversazioni con Esperti

I risultati delle interviste sono stati integrati con le conoscenze acquisite da un’analisi della letteratura e dell’esperienza raccolta dalle testimonianze di medici e personale sanitario che opera in Terapia Intensiva Neonatale. A conferma di quanto raccolto dalle conversazioni con i genitori, studi clinici hanno riportato che i genitori di neonati pretermine di solito sperimentano un significativo disagio emotivo quando i loro bambini vengono ricoverati in Terapia Intensiva Neonatale, esprimendo sentimenti di paura, ansia e stress (Lamy, Gomes and Carvalho, 1997; Carvalho et al., 2009; Ionio et al., 2016; Stefana et al., 2018). Alcune ragioni sono legate all’ambiente

della Terapia Intensiva Neonatale, spesso percepito come spaventoso e impersonale, che diventa particolarmente opprimente per i genitori che non avevano familiarità con esso prima di vedere il loro bambino (Arnold et al., 2013). All'interno delle Unità di Terapia Intensiva Neonatale, il senso del tatto tra bambino e genitore è spesso mediato da componenti tecnologiche (Van Manen, 2012), condizionando inevitabilmente la possibilità di contatto tra i genitori e il neonato. Alcuni studi hanno osservato che le madri hanno sperimentato impatti emotivi negativi, ostacoli alla genitorialità, difficoltà a stabilire una relazione d'amore (Wang et al., 2021) e sentimenti di esclusione dalle cure del bambino (Wigert et al., 2006). È stato osservato che alcuni padri esitavano a fornire cure al neonato per paura di fargli del male (Stefana et al., 2018), e che alcuni si sentivano addirittura confusi sul proprio ruolo (Arnold et al., 2013). Tuttavia, molti studi riconoscono come l'inclusione attiva dei genitori nell'assistenza al neonato in Terapia Intensiva Neonatale e la facilitazione di un supporto personalizzato possano migliorare significativamente il benessere fisico e psicologico sia dei genitori sia dei loro bambini, seguendo una filosofia incentrata sulla famiglia (Guimarães, 2015). L'interazione – attraverso ad esempio l'allattamento o il monitoraggio dei parametri –, soprattutto se gestibile in modo autonomo, è uno degli elementi considerati più importanti dai genitori di neonati prematuri, in quanto consente loro maggiore consapevolezza e vicinanza, riducendo i livelli di stress (Baker, 2000). L'inclusione di elementi di familiarità nelle Unità di Terapia Intensiva Neonatale, come ad esempio la possibilità di ornare l'incubatrice (Guimarães, 2015) e di integrare il neonato nella famiglia dai primi istanti (Baker, 2000), è particolarmente importante nella fase di legame genitore-figlio (parent-child bonding).

Conversazioni con esperti tra personale medico e infermieristico che lavorano in reparti di pediatria hanno fornito ulteriori informazioni rilevanti nello studio dell'esperienza utente dei genitori nelle Unità di Terapia Intensiva Neonatale. A conferma di quanto evidenziato dalla letteratura, nell'assistenza pediatrica ai neonati pretermine, primaria importanza viene attribuita al contatto umano, in quanto favorisce lo sviluppo sano del neonato e allevia il disagio emotivo dei genitori. Nella pratica pediatrica, particolarmente diffusa è la "Kangaroo Care" (tradotto in italiano, la "Cura del Canguro"), una tecnica utilizzata dai medici per mettere il neonato pretermine sul petto nudo dei genitori dopo che è nato e le funzioni vitali si sono stabilizzate. Questa particolare tecnica ha dimostrato effetti

benefici sulla salute dei bambini e sullo stato emotivo e psicologico dei genitori (Jefferies, Canadian Paediatric Society, and Fetus and Newborn Committee, 2012; Cho et al., 2016).

Inoltre, i medici intervistati hanno osservato nella loro esperienza che le cure attente fornite attraverso interazioni continue di contatto – tra cui tenere in braccio, nutrire e cantare una ninnananna al neonato prematuro – possono migliorare lo sviluppo dei neonati prematuri, portando a una dimissione più rapida dalla Terapia Intensiva Neonatale (Jefferies, Canadian Paediatric Society, and Fetus and Newborn Committee, 2012). Oltre al contatto diretto e prolungato, i medici hanno riscontrato che il movimento è utile per favorire il corretto sviluppo dei neonati prematuri (Ferreira and Bergamasco, 2010).

7.2.2 Definizione Potenziale

La fase di costruzione delle conoscenze esperienziali dei genitori e del personale clinico ha evidenziato come il rapporto tra genitore e bambino prematuro sia spesso mediato dalla tecnologia sotto forma di incubatrice. Applicando una prospettiva di Cyborg Design, questo assunto si sposta dal livello dell'ottimizzazione tecnologica al livello della centralizzazione dell'esperienza umano nell'interazione tra persone e macchine. In una prospettiva di integrazione tra le due agentività, la fase di Definizione Potenziale si è interrogata sulla possibilità di enfatizzare, valorizzare e potenziare il concetto di identità e di agency condivisa tra umano e macchina.

Principi Chiave

Nella raccolta delle informazioni ottenute nella fase di Empatia Amplificata, sono stati individuati i seguenti fattori chiave da tenere in considerazione nel processo progettuale:

- **Contatto e nutrimento** – Il contatto diretto e prolungato può avere effetti significativamente positivi sul benessere fisico e psicologico sia dei genitori sia del bambino, e può essere ottenuto attraverso il movimento e i feedback visivi, uditivi e olfattivi.
- **Agentività e collaborazione** – Il coinvolgimento attivo e l'autonomia nella cura del neonato rafforzano l'agency dei genitori, il loro senso di fiducia e la consapevolezza del proprio ruolo. Paura e dubbi possono essere superati con un supporto personalizzato, l'aiuto della comunità e procedure semplici da seguire.
- **Tempo e spazio** – Consentire la vicinanza per periodi di tempo più lunghi potrebbe migliorare il legame tra genitori e figli. Questo potrebbe richiedere di evitare ambienti stressanti e affollati come le terapie intensive, che non possono offrire comfort e privacy. Un'interazione più regolare e continua potrebbe essere meglio integrata nelle routine e negli orari quotidiani di genitori e famiglie.

Tensioni e Convergenze

In questa fase, sono state dunque identificate le tensioni emergenti da quanto individuato nel corso dell'indagine empatica: la tensione tra un presente in cui le incubatrici sono tecnologie salvavita ma che tuttavia sacrificano aspetti della dimensione umana (come il bonding tra genitore e figlio), e un futuro in cui la riproduzione e la gestazione (estremamente importanti nella natura umana e veri e propri fattori di identificazione culturale e di gestione biopolitica) potrebbero essere delegate ad alterità non-umane come i grembi artificiali; la tensione tra vincoli biologici attuali come i fattori che determinano l'insorgenza di nascite premature, e orizzonti speculativi sintetici in cui il concetto stesso di "nascita" deve essere ridefinito in opposizione al concetto di "produzione". Navigando queste tensioni, la Definizione Potenziale si è posta l'obiettivo di immaginare una convergenza ibrida, formulando la domanda what-if:

"Cosa significa essere umano se possiamo potenziare ed espandere la genitorialità attraverso le macchine?"

7.2.3 Ideazione Divergente

Partendo da questa domanda, la fase di Ideazione Divergente si è focalizzata sull'esigenza di ricostruire il legame genitore-figlio attraverso l'implementazione di un sistema tecnologico ispirato alla condizione postumana del corpo-macchina. Sulla base della concezione di integrazione corporea tra umano e macchina, in questa fase è stata formulata l'ipotesi di progettare una incubatrice indossabile. Portando al centro dell'attenzione il tema della nascita prematura, il progetto è stato denominato Preemie, sostantivo di origine anglosassone con cui vengono generalmente riferiti i bambini nati prematuramente.

Co-Ideazione Umana e Non-Umana

Questa fase di ideazione è consistita in diverse sessioni di brainstorming multidisciplinare. La complessa natura delle incubatrici tradizionali, infatti, richiede l'implementazione armoniosa di conoscenze derivanti da molteplici discipline, dall'ingegneria biomedica, alla medicina, dalla computer science al design. Seguendo l'impronta anti-disciplinare del Cyborg Design, la fase di Ideazione Divergente ha coinvolto un team eterogeneo con diversi background e provenienza culturale. Inoltre, la prospettiva cyborg della progettazione ha portato a includere nel processo ideativo divergente anche alterità non-umane, in particolare l'Intelligenza Artificiale Generativa MidJourney (Fig. 5). L'inclusione di un sistema di IA nell'ideazione ha permesso di effettuare diverse iterazioni concettuali in una direzione estremamente divergente, indagando diverse possibilità estetiche. Tra le osservazioni più interessanti che è stato possibile effettuare in questo momento di co-ideazione vi è quella riguardante l'aspetto di una tecnologia di incubazione artificiale indossabile. Infatti, mentre un approccio tradizionale avrebbe considerato innanzitutto la possibilità di mascherare la tecnologia rendendola quanto più mimetica possibile con il corpo dell'agente umano, in questa fase si è deciso di procedere con la considerazione della tecnologia come parte integrante e integrativa del corpo, ma con elementi di riconoscimento e valorizzazione. Proprio al fine di superare il concetto di mascheramento dell'alterità non-umana sul corpo, il dispositivo è stato ideato come una estensione personalizzata, su misura, e

visivamente evidente. Integrando le conoscenze dall'ambito biomedicale, l'ideazione si è soffermata inoltre sulla considerazione delle possibili necessità funzionali della tecnologia, associandole tuttavia a relativi comportamenti dell'agente umano in risposta all'interazione con esse. Pertanto, il concept ha definito un sistema composto da un dispositivo indossabile denominato Womb Core e un dispositivo stand-alone denominato Docking Station.

Fig. 5. Concept prodotti nella fase di Ideazione Divergente attraverso l'integrazione di GenAI. [© Camilla Gironi]

Fig. 5

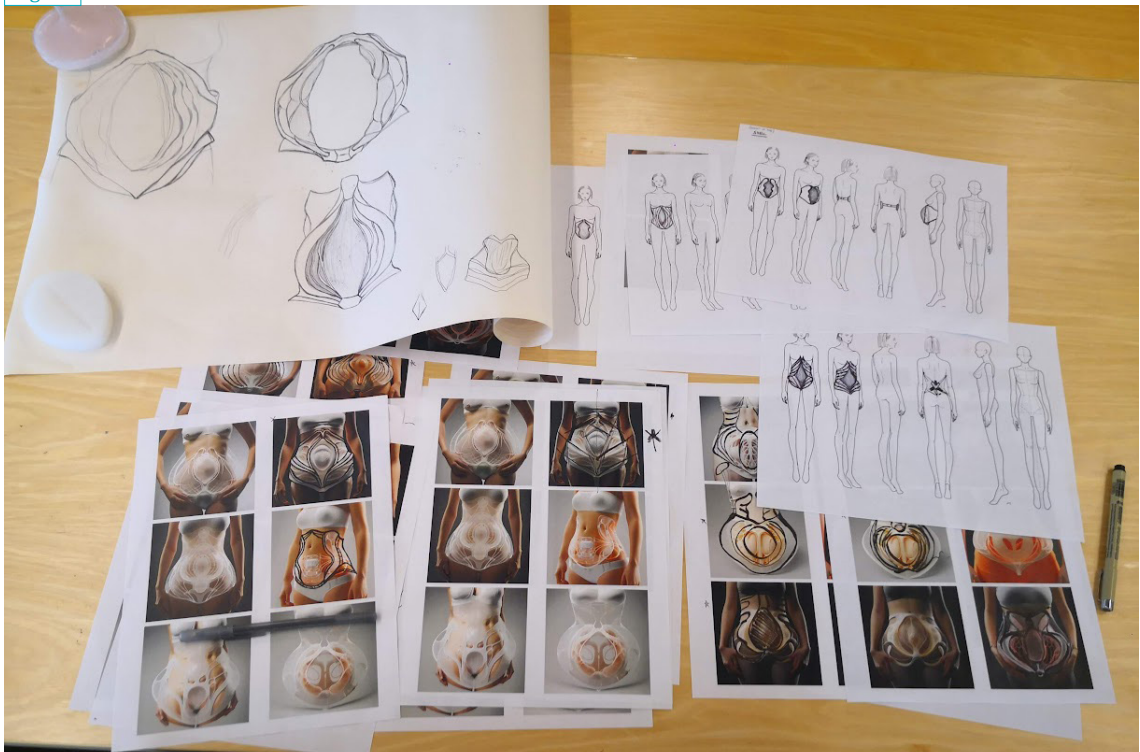


Fig. 6

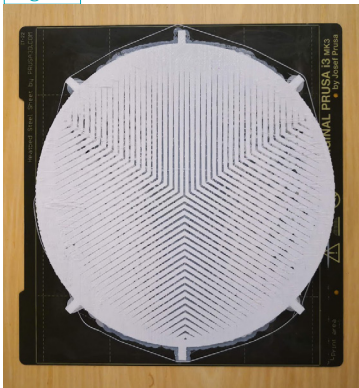


Fig. 6. Interfaccia in TPU flessibile, punto di contatto tra il corpo e il dispositivo indossabile. [© Camilla Gironi]

Fig. 7



Fig. 7. Incollaggio della componente bi-strato in silicone alla componente rigida del Womb Core. [© Camilla Gironi]

7.2.4 Prototipazione Incarnata

Il Womb Core è il componente centrale del sistema Preemie, progettato per emulare le funzioni essenziali di un'incubatrice tradizionale pur essendo indossabile sul corpo. La razionale progettuale che ha guidato l'ideazione e la costruzione del sistema ha tenuto in considerazione il bilanciamento di diverse proprietà, tra cui la capacità del sistema di assecondare la crescita del bambino, l'adattabilità all'ergonomia e alla biomeccanica del corpo umano, la stabilità strutturale grazie all'integrazione di materiali sia rigidi sia morbidi, e la facilitazione dell'interazione genitore-figlio. Per ottenere una forma ergonomica che si adattasse ai contorni naturali del corpo, le primitive generative di questo componente sono state costruite a partire dalla modellazione digitale di un corpo umano femminile attraverso l'inserimento di parametri personalizzati. Tale processo ha consentito di ottenere una vestibilità aderente ma confortevole, condizione fondamentale per poter utilizzare materiali rigidi in grado di sostenere strutturalmente e in modo sicuro le componenti hardware, e allo stesso tempo non limitare i movimenti del corpo.

Traduzione Materica

Il Womb Core è costituito da una struttura rigida in PLA stampata in 3D di forma oblunga, con due canali principali ricavati lungo la sommità del bordo più esterno e aperture per ospitare, rispettivamente, un soft robot a base di silicone per replicare il grembo e tubi per il trasferimento dei fluidi. La combinazione di materiali rigidi e morbidi ha permesso l'integrazione dell'elettronica hardware all'interno, pur privilegiando un aspetto estetico pulito e ordinato, con solo due piccole aperture scavate nella parete esterna per fissare una cintura regolabile per assicurare il dispositivo al corpo. Per garantire un facile accesso all'elettronica e fornire un collegamento confortevole tra il nucleo rigido e l'addome di chi lo indossa, il retro del Womb Core presenta una copertura morbida e traspirante in PLU (Fig. 6) che funge sia da chiusura sia da superficie di contatto, consentendo il passaggio di calore e la trasmissione di feedback aptico. Il grembo soft robot incastonato all'interno della struttura rigida in PLA è composto da due strati circolari distinti di silicone, diversi per spessore e composizione, uniti solo ai bordi per creare una camera

d'aria gonfiabile sigillata ermeticamente con un incollaggio di silicone (Fig. 7). Al fine di restituire un senso di continuità e familiarità tra il corpo dell'utente e il dispositivo, il silicone demandato alla funzione di grembo robotico è stato lavorato in modo da simulare la consistenza della pelle umana, includendo una texture superficiale appena percettibile al tatto (Fig. 8).

Riprendendo la funzionalità di base delle incubatrici, il dispositivo include due tubi di plastica semitrasparente collocate lungo il bordo superiore del Womb Core, replicando la circolazione dei fluidi tra l'interno e l'esterno del grembo. Il dispositivo ha come obiettivi principali quello di far provare agli utenti la sensazione di poter stabilire un legame con il bambino al suo interno (attraverso il movimento dinamico del dispositivo soft-robotico, e l'interazione aptica) e contemporaneamente di simulare un'esperienza biomedica accurata (mostrando i tubi pieni di fluido in circolazione continua). Toccando il dispositivo, chi lo indossa può percepire una dinamica di respirazione del grembo in silicone, con un feedback aptico che simula i movimenti del bambino dall'interno. Complessivamente, la morfologia del dispositivo si presta a fornire un'interazione invitante e intuitiva attraverso i gesti tipici che si possono osservare durante la gravidanza – come ad esempio, accarezzare il grembo, posizionare una mano sulla sua sommità e l'altra sul fondo come a sostenerlo, toccare vari punti del grembo per percepire i movimenti del feto.

La maggior parte delle macchine che forniscono ai neonati prematuri le funzioni necessarie al mantenimento della vita riflettono scelte progettuali che privilegiano la funzionalità e l'operatività clinica rispetto all'interattività e all'empatia, aspetto che si riflette sull'estetica complessiva di questi dispositivi. Per rispondere alla necessità di integrare i momenti di cura di un bambino prematuro negli scenari quotidiani, il processo di progettazione si è anche soffermato sulla possibilità di personalizzare ulteriormente il Womb Core in base allo stile preferito dai genitori attraverso l'integrazione di un componente aggiuntivo. Implementando un design parametrico ispirato a soluzioni tessili biomimetiche, questo componente, nella forma complessiva di una maschera flessibile come raccordo tra il corpo dell'utente e il Womb Core, è stato stampato in 3D in poliuretano termoplastico (TPU), per soddisfare la necessità di adattarsi ai diversi stili ed estetiche di chi la indossa e per consentire al grembo soft robot di espandersi senza vincoli (Fig. 9). La maschera

Fig. 8



Fig. 8. Foto di dettaglio della texture simil-pelle integrata nella componente in silicone. [© Camilla Gironi]

Fig. 9

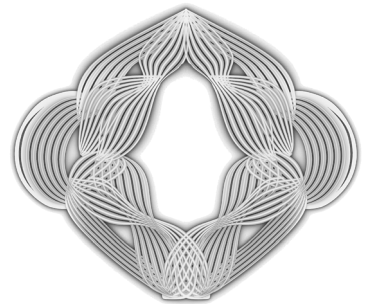


Fig. 9. Struttura parametrica tipo della maschera applicabile al Womb Core (in alto) e foto di dettaglio della maschera applicata al prototipo (in basso). [© Camilla Gironi]

mira a incorporare il concetto della moda come veicolo dell'espressione dell'identità dell'utente, prevedendo ampia libertà di personalizzazione del disegno parametrico, con l'obiettivo di permettere all'utente di scegliere un equilibrio omeostatico con se stesso e con l'esterno.

Come primo esempio di stile per la maschera ispirato alla biomimesi, è stato realizzato un modello curvo che imita le fibre muscolari dell'addome, orientando la direzione, lo spessore e la densità delle curve in base alla forma del Womb Core per garantire stabilità, flessibilità e resistenza dove necessario. In particolare, le linee più sottili e meno dense sono state posizionate nei punti in cui il grembo necessita di maggiore possibilità di movimento, ovvero nell'area del soft robot in silicone, caratterizzata da espansioni e contrazioni continue. Al contrario, le linee più spesse e dense si sono concentrate in prossimità dell'intelaiatura rigida del Womb Core. Le aree in cui le linee si intersecano tra loro offrono una struttura semi-rigida sovrapposta che fornisce stabilità e resistenza complessiva alla maschera.

A complemento dei componenti indossabili del sistema, il componente definito Docking Station è stato progettato per fornire una base di ricarica per il Womb Core, al fine di integrare ulteriori funzionalità. Quando non indossano il grembo artificiale, i genitori possono posizionarlo su questa base per provvedere al filtraggio del liquido amniotico e al monitoraggio del bambino. La Docking Station è stata progettata per incapsulare il Womb Core in modo sicuro e visivamente armonioso. Un touchscreen rotondo sulla parte anteriore consente ai genitori di leggere e interpretare facilmente le statistiche vitali sullo stato di salute del bambino, a partire da parametri di base come il battito cardiaco, la temperatura corporea e la saturazione dell'ossigeno. Per favorire l'autonomia dei genitori che si occupano del loro bambino prematuro, la Docking Station è stata dotata di tre porte sul retro della base per fornire al bambino le necessarie infusioni di liquidi e farmaci.

Incorporazione dell'Esperienza

L'intero sistema è stato oggetto di numerose iterazioni, che hanno avuto lo scopo di guidare la progettazione attraverso l'esperienza

incorporata dei componenti del team e di un numero ristretto di collaboratori.

L'ultima versione sviluppata è stata sottoposta a delle sessioni di esperienza incorporata con un numero di 15 partecipanti, reclutati negli ambienti universitari dell'area di Cambridge. La selezione ha avuto l'obiettivo di raccogliere contributi sia femminili che maschili, e di includere individui con e senza figli, al fine di fornire feedback e dati eterogenei. In particolare, lo studio ha incluso 10 donne e 5 uomini, tutti di età inferiore ai 45 anni. Dei partecipanti, solo 3 avevano figli, nessuno dei quali nati prematuramente. Sebbene questo possa rappresentare una limitazione nella misurazione dell'effettiva utilità del dispositivo, in realtà ha contribuito ulteriormente a ispirare il dialogo e la riflessione speculativa sulla desiderabilità di una tale forma di integrazione umano-macchina (Fig. 10).

Dopo aver ottenuto il consenso informato, i partecipanti hanno completato un sondaggio pre-interazione al fine di raccogliere informazioni demografiche e fornire una descrizione generale che forniva un contesto sui parti prematuri e sulla tecnologia delle incubatrici. I partecipanti sono stati invitati a interagire con il sistema Preemie in un ambiente domestico, per una durata variabile da un minimo di 3 minuti a un massimo di 10 minuti. Durante questo periodo, i partecipanti sono stati incoraggiati a utilizzare un protocollo di "think-out-loud", condividendo verbalmente i propri pensieri e percezioni per descrivere l'esperienza di integrazione. Queste interazioni sono state registrate in formato video e audio per catturare commenti verbali e reazioni non verbali. Tutti i dati registrati sono stati mantenuti anonimi.

In seguito alla sessione di interazione, i partecipanti hanno completato un sondaggio al fine di condividere feedback aperti sul concetto di incubatrice indossabile.

Dopo l'interazione con il sistema Preemie, i partecipanti hanno mostrato complessivamente una percezione positiva nei confronti del concetto di incubatrice indossabile, con solo una minoranza (4 partecipanti) che è rimasta neutrale. Alla domanda su come descrivere lo stato emotivo innescato dall'interazione con Preemie, la maggior parte ha collegato l'esperienza a un'emozione positiva usando aggettivi quali "meditativo", "sano", "speranzoso" e "incuriosito". L'interazione dal vivo ha permesso di raccogliere alcuni elementi di comunicazione non verbale, sotto forma di linguaggio del corpo, gesti, postura ed espressioni facciali, che si allineavano con emozioni positive. Inoltre, ha permesso di osservare alcuni

comportamenti spontanei, come appoggiare le mani sul dispositivo accarezzandolo come se facesse parte del corpo, abbracciarlo sostenendolo nella parte inferiore con le mani, assumere una postura aperta e di comfort, e alternare la condivisione dei pensieri a momenti di silenzio e contemplazione personale. Uno dei benefici più frequentemente menzionati del sistema Preemie è stato il contatto diretto con il corpo, che migliora il legame e l'interazione rispetto a un sistema stazionario. Molti partecipanti hanno sottolineato la sensazione di connessione ed empatia che hanno percepito nell'interagire con il dispositivo.

Durante l'interazione con Preemie, un partecipante ha affermato: "C'è un livello di connessione ed empatia che manca negli altri sistemi biomedici, e questo lo riporta in vita".

Un altro partecipante, nato prematuramente, ha raccontato l'esperienza di sua madre con ansia e paura mentre era ricoverato in ospedale e lei non era nelle vicinanze. Riflettendo sul punto di vista di sua madre e sulla sua esperienza personale, ha espresso un senso di stupore e conforto per lo scopo del concetto del dispositivo Preemie di aumentare la connessione e alleviare lo stress. Questo partecipante ha affermato: "Credo che nessuno dovrebbe stare lontano dalla propria famiglia, soprattutto quando è neonato."

Una delle preoccupazioni legate al mancato utilizzo del dispositivo era l'incertezza legata all'inesperienza e alle potenziali minacce esterne. Durante l'interazione, molti partecipanti hanno espresso preoccupazione per la possibilità di far cadere o danneggiare accidentalmente il dispositivo e una mancanza di fiducia nella propria capacità di reagire in modo resiliente a qualsiasi eventuale emergenza. Solo un partecipante ha affermato che non avrebbe preso in considerazione l'utilizzo del sistema Preemie se il proprio figlio fosse nato prematuro, a causa delle preoccupazioni relative alla sicurezza personale nel gestire adeguatamente il dispositivo e prendersi cura del neonato al suo interno. Tuttavia, i restanti partecipanti hanno risposto che avrebbero utilizzato il dispositivo se fossero stati soddisfatti gli aspetti medici e clinici, per il senso di vicinanza fisica e di connessione emotiva che tale soluzione potrebbe offrire alla famiglia e al bambino. Inoltre, i partecipanti hanno menzionato la possibilità di avere maggiore libertà di interagire in modo naturale con il proprio bambino, mentre la tecnologia fornisce contemporaneamente un ambiente simile a quello dell'utero per favorire lo sviluppo del bambino. Il design generale, che trasmetteva una sensazione di naturalezza nella forma, nella consistenza e nel contor-

no del corpo, è stato un aspetto chiave di interesse. Ammirando la promessa che Preemie rappresenta per migliorare l'esperienza dei bambini prematuri e dei loro genitori, un partecipante ha affermato: "Credo che le persone potrebbero apprezzare davvero il senso di vicinanza che questo dispositivo può trasmettere, soprattutto per chi ha avuto un bambino prematuro... è un evento così spaventoso, e i bambini vengono portati via così in fretta dopo la nascita." Nel complesso, l'intera coorte di partecipanti ha risposto di ritenere che il dispositivo, o qualsiasi incubatrice indossabile/interattiva, potrebbe essere utile per l'uso previsto sui neonati prematuri.

Fig. 10. Foto di alcuni partecipanti mentre indossano e interagiscono con Preemie durante le sessioni di sperimentazione.
[© Augmentation Lab]

Fig. 10



7.2.5 Speculazione Riflessiva

Nella transizione del progetto dalla sperimentazione tecnica alla costruzione di senso collettivo, il sistema Preemie è stato introdotto a un vasto pubblico in occasione dell'Augmentation Summit, tenutosi a Cambridge (Boston) presso il MIT Media Lab. Il pubblico, composto di oltre 250 partecipanti di background, professioni e culture estremamente eterogenee, è stato invitato a interagire con il dispositivo consentendo anche brevi sessioni di incorporazione. Durante i momenti di interazione con il pubblico (Fig. 11), è stato possibile raccogliere e condividere riflessioni molto interessanti sulla valutazione del prototipo, ma soprattutto sulle implicazioni che lo sviluppo di una tecnologia di questo tipo potrebbe avere sul futuro dell'umanità. Tra queste, il timore della generazione di tensioni sociali significative in merito a una perdita o un indebolimento del senso di identità, legato alla possibile svalutazione della donna, come conseguenza della condivisione della capacità gestazionale non solo con la macchina, ma anche con altri umani generalmente non in grado di ospitare una gestazione attraverso il proprio corpo non aumentato. In opposizione a questo, è stata sollevata l'osservazione di come una tecnologia del genere rappresenterebbe invece per alcune donne – generalmente ingiustamente penalizzate nel proprio ambito lavorativo proprio per via del proprio stato di gravidanza, subendo ad esempio allontanamenti involontari temporanei o addirittura permanenti – uno strumento di “liberazione” dalla condizione naturale del corpo, avendo il potere di scelta e di intervento sui limiti naturali imposti dalla gestazione, senza dover comunque rinunciare al rapporto con il proprio figlio.

Parallelamente, tuttavia, è stata sollevata la preoccupazione per un possibile futuro in cui questa tecnologia potrebbe essere diventata talmente accettata e implementata da arrivare a creare il paradosso di superare il concetto di tecnologia salvavita e diventare una tecnologia di gestione delegata della vita. Ad esempio, si è profilato uno scenario in cui un giorno in questo possibile futuro si potrebbero interrompere prematuramente le gestazioni naturali (anche quelle non a rischio) e lasciarle proseguire dalla macchina proprio a seguito di una scelta di libertà della madre, ad esempio per poter tornare a lavorare o a svolgere attività specifiche o a rischio prima di raggiungere il termine naturale della gravidanza.

7.2.6 Integrazione Strategica

Il progetto così sviluppato ha rappresentato solo l'inizio di una sperimentazione teorica, speculativa e operativa più ampia, costituendo un primo fondamento per una ricerca più grande, condivisa e in evoluzione. Identificando come beneficio principale per la società la possibilità offerta dal sistema nel salvataggio di gravidanze a rischio, il progetto rimane una piattaforma aperta e collaborativa. Data la situazionalità del progetto, è stato riscontrato un significativo interesse da parte della comunità scientifica e industriale con cui è stato possibile interagire nell'area di Cambridge e Boston, riconosciuta come hub globale di innovazione nel settore biotech. In particolare, una prima importante possibilità di sviluppo strategico del dispositivo è stata identificata nella collaborazione con un prestigioso centro di ricerca biomedicale di Boston [sotto NDA].

Fig. 11. Foto collage di alcuni partecipanti al Summit mentre indossano e interagiscono con Preemie durante l'esposizione del dispositivo al largo pubblico.
[© Camilla Gironi]

Fig. 11



7.3 Riflessioni e Sviluppi Futuri

Lo sviluppo di questo studio pilota ha consentito di delineare alcune importanti riflessioni sull'efficacia del Cyborg Design Framework come inquadramento metodologico per la progettazione postumana di integrazione umano-macchina. A conferma di quanto delineato dalla teoria cyborg, qualsiasi tecnologia, soprattutto se costituisce un aumento della condizione umana, è situata. Infatti, il dispositivo progettato ha riscosso un apprezzabile successo con il pubblico di Cambridge e Boston, probabilmente per via dell'impronta culturalmente open-minded e tech-oriented delle loro comunità. Il dispositivo è stato indossato dall'autrice della presente ricerca anche in contesti esterni a quelli di sviluppo del prototipo, raccogliendo un generale interesse da parte del pubblico più generale, suggerendo come una tecnologia sconosciuta potrebbe risultare socialmente accettabile in una società maggiormente familiare con lo sviluppo tecnologico.

La natura molto complessa del dispositivo dal punto di vista delle aspettative di funzionalità biomedica implica la necessità di una più profonda collaborazione con attori della ricerca e dello sviluppo in questo ambito disciplinare, oltre a una più prolungata relazione di collaborazione e confronto con il mondo della medicina e della pratica clinica. Infatti, poiché l'utilità percepita del dispositivo dipende largamente dalla sua rispondenza alle aspettative di funzionamento, la considerazione di uno sviluppo futuro di una tecnologia simile non può prescindere da un lungo percorso di ricerca, sperimentazione e perfezionamento continuo. Similmente, questa evidenza conferma come sia necessario per il Cyborg Design promuovere una visione anti-disciplinare, orientata alla contaminazione e all'ibridazione delle discipline del progetto con altri settori della conoscenza. Il progetto ha provato a rispondere alla domanda what-if formulata in fase di Definizione Potenziale, "Cosa significa essere umano se possiamo potenziare ed espandere la genitorialità attraverso le macchine?". Tuttavia, non esiste una risposta univocamente accettabile per questo quesito: la voluta apertura alla riflessione e alla speculazione collettiva, e dunque la mutevolezza evolutiva del pro-

getto, è proprio un tentativo di invitare i designer a prendersi carico dei “wicked problems” che caratterizzano la nostra natura di umani, tra cui quello di riprogettarci come alterità ibride.

Fig. 12. Il Womb Core di Premie indossato, con dettaglio del movimento dei fluidi esterni.

[© Augmentation Lab]

Fig. 12



Fig. 13



Fig. 13. Vista laterale del Womb Core di Preemie indossato, con dettaglio della regolazione della cinta.
[© Augmentation Lab]

Fig. 14. Assemblaggio del Womb Core di Preemie e della maschera parametrica.
[© Augmentation Lab]

Fig. 15. La Docking Station di Preemie, con il Womb Core posizionato per la ricarica e per il ricambio dei fluidi, con dettaglio dell'interazione digitale con restituzione di parametri vitali sullo schermo touchscreen integrato.
[© Augmentation Lab]

Fig. 16. La Docking Station di Preemie con dettaglio dell'interazione per la sostituzione delle cartucce dei nutrienti per il ricambio dei fluidi all'interno del Womb Core.
[© Augmentation Lab]

Fig. 14



Fig. 15



Fig. 16



References

Alkema, L. and New, J.R. (2013) 'Global estimation of child mortality using a Bayesian B-spline Bias-reduction model'. Available at: <https://doi.org/10.48550/ARXIV.1309.1602>.

Arnold, L. et al. (2013) 'Parents' first moments with their very preterm babies: a qualitative study', *BMJ Open*, 3(4), p. e002487. Available at: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2012-002487>.

Baker, J.P. (2000) 'The Incubator and the Medical Discovery of the Premature Infant', *Journal of Perinatology*, 20(5), pp. 321–328. Available at: <https://doi.org/10.1038/sj.jp.7200377>.

Barfield, W.D. (2018) 'Public Health Implications of Very Preterm Birth', *Clinics in Perinatology*, 45(3), pp. 565–577. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.clp.2018.05.007>.

Behrman, R.E. and Butler, A.S. (eds) (2007) *Preterm Birth: Causes, Consequences, and Prevention*. Washington (DC). Available at: <https://doi.org/10.17226/11622>.

Carvalho, J.B.L.D. et al. (2009) 'Representação social de pais sobre o filho prematuro na unidade de terapia intensiva neonatal', *Revista Brasileira de Enfermagem*, 62(5), pp. 734–738. Available at: <https://doi.org/10.1590/S0034-71672009000500014>.

Cho, E.-S. et al. (2016) 'The Effects of Kangaroo Care in the Neonatal Intensive Care Unit on the Physiological Functions of Preterm Infants, Maternal–Infant Attachment, and Maternal Stress', *Journal of Pediatric Nursing*, 31(4), pp. 430–438. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2016.02.007>.

Ferreira, A.M. and Bergamasco, N.H.P. (2010) 'Análise comportamental de recém-nascidos pré-termos incluídos em um programa de estimulação tátil-cinestésica durante a internação hospitalar', *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 14(2), pp. 141–148. Available at: <https://doi.org/10.1590/S1413-35552010005000002>.

Ferris, T.K. and Shepley, M.M. (2013) 'The design of neonatal incubators: a systems-oriented, human-centered approach', *Journal of Perinatology*, 33(1), pp. S24–S31. Available at: <https://doi.org/10.1038/jp.2013.11>.

Flacking, R. et al. (2012) 'Closeness and separation in neonatal intensive care', *Acta Paediatrica*, 101(10), pp. 1032–1037. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2012.02787.x>.

Guimarães, H. (2015) 'The importance of parents in the neonatal intensive care units', *Journal of Pediatric and Neonatal Individualized Medicine*, 4(2), p. e040244. Available at: <https://doi.org/10.7363/040244>.

Ionio, C. et al. (2016) 'Mothers and fathers in NICU: The impact of preterm birth on parental distress', *Europe's*

Journal of Psychology, 12(4), pp. 604–621. Available at: <https://doi.org/10.5964/ejop.v12i4.1093>.

Jefferies, A., Canadian Paediatric Society, and Fetus and Newborn Committee (2012) 'Kangaroo care for the preterm infant and family', *Paediatrics & Child Health*, 17(3), pp. 141–143. Available at: <https://doi.org/10.1093/pch/17.3.141>.

Lamy, Z.C., Gomes, R. and Carvalho, M.D. (1997) 'Parents' perceptions of their infants' hospitalization in a neonatal intensive care unit', *Jornal de Pediatria*, 73(5), pp. 293–298. Available at: <https://doi.org/10.2223/JPED.543>.

Osterman, M. et al. (2024) Births: Final Data for 2022. National Center for Health Statistics (U.S.). Available at: <https://doi.org/10.15620/cdc:145588>.

Partridge, E.A. et al. (2017) 'An extra-uterine system to physiologically support the extreme premature lamb', *Nature Communications*, 8(1), p. 15112. Available at: <https://doi.org/10.1038/ncomms15112>.

Patel, R.M. et al. (2015) 'Causes and Timing of Death in Extremely Premature Infants from 2000 through 2011', *New England Journal of Medicine*, 372(4), pp. 331–340. Available at: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1403489>.

Philip, A.G.S. (2005) 'The Evolution of Neonatology', *Pediatric Research*, 58(4), pp. 799–815. Available at: <https://doi.org/10.1203/01.PDR.0000151693.46655.66>.

Stefana, A. et al. (2018) 'Fathers' experiences with their preterm babies admitted to neonatal intensive care unit: A multi-method study', *Journal of Advanced Nursing*, 74(5), pp. 1090–1098. Available at: <https://doi.org/10.1111/jan.13527>.

Van Manen, M. (2012) 'Technics of touch in the neonatal intensive care', *Medical Humanities*, 38(2), pp. 91–96. Available at: <https://doi.org/10.1136/medhum-2012-010204>.

Wang, L.-L. et al. (2021) 'Mothers' experiences of neonatal intensive care: A systematic review and implications for clinical practice', *World Journal of Clinical Cases*, 9(24), pp. 7062–7072. Available at: <https://doi.org/10.12998/wjcc.v9.i24.7062>.

Wigert, H. et al. (2006) 'Mothers' experiences of having their newborn child in a neonatal intensive care unit', *Scandinavian Journal of Caring Sciences*, 20(1), pp. 35–41. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1471-6712.2006.00377.x>.

CONCLUSIONS

ABSTRACT (INGLESE)

The research has developed around the question of how human nature is changing in the technological era and what role Design may play in this transformation. Through theoretical analyses, a study of the state of the art, critical inquiries, and design experiments, it has emerged that the human being is undergoing a process of profound hybridization with technology, which is no longer merely a tool but a co-agent in cognitive, affective, and decision-making processes. The theoretical framework elaborated in the study introduces the concept of Artificial Posthumanism as an interpretative lens for the contemporary condition, accompanied by a redefinition of Human Augmentation understood as an ongoing negotiation between the human and the artificial. On the methodological level, the dissertation proposes the Cyborg Design Framework, a six-phase model validated through the pilot project Preemie, a wearable incubator for premature infants, which allowed for the exploration of ethical, social, and political implications. In this chapter, the research reflects on the objectives achieved: providing a critical account of anthropological and cultural transformations, systematizing knowledge and case studies on wearable technologies, and valorizing Design as a critical and speculative practice as well as a projective one. While acknowledging limitations linked to the rapid pace of technological progress and the selection of case studies, the study opens future perspectives in which Design becomes a catalyst of imaginaries and a political, ethical, and cultural tool to orient the development of a technologically augmented humanity.

CONCLUSIONI

ABSTRACT

La ricerca si è sviluppata attorno alla domanda su come la natura umana stia cambiando nell'era tecnologica e quale ruolo possa assumere il Design in tale trasformazione. Attraverso analisi teoriche, studio dello stato dell'arte, indagini critiche e sperimentazioni progettuali, è emerso che l'essere umano vive un processo di profonda ibridazione con la tecnologia, che non è più solo strumento ma co-agente cognitivo, affettivo e decisionale. Il quadro teorico elaborato introduce il concetto di Postumanesimo Artificiale come cornice interpretativa della condizione contemporanea, accompagnato da una ridefinizione della Human Augmentation intesa come continua negoziazione tra umano e artificiale. Sul piano metodologico, la tesi propone il Cyborg Design Framework, un modello in sei fasi validato attraverso il progetto pilota Preemie, incubatrice indossabile per neonati prematuri, che ha permesso di esplorare implicazioni etiche, sociali e politiche. In questo capitolo, la ricerca riflette sugli obiettivi raggiunti: fornire un quadro critico delle trasformazioni antropologiche e culturali, sistematizzare conoscenze e casi studio sulle tecnologie indossabili, e valorizzare il Design come pratica critica e speculativa oltre che progettuale. Pur riconoscendo limiti legati alla rapidità del progresso tecnologico e alla selezione dei casi studio, lo studio apre prospettive future in cui il Design diventa catalizzatore di immaginari e strumento politico, etico e culturale per orientare lo sviluppo di un'umanità tecnologicamente aumentata.

Il lavoro di ricerca che ha dato vita a questa tesi si è sviluppato intorno a un interrogativo centrale: come sta cambiando la natura umana nell'attuale era tecnologica e quale ruolo può assumere il Design in tale trasformazione? A partire da questa domanda, la ricerca è stata delineata in un percorso che, attraverso analisi teoriche, studio dello stato dell'arte, indagini critiche e sperimentazioni progettuali, ha cercato di mettere in evidenza le dinamiche profonde che legano corpo umano, tecnologia e pratica progettuale.

Le conclusioni che seguono intendono dunque restituire un quadro organico del percorso compiuto: dapprima rispondendo in maniera estesa e articolata alle domande di ricerca, poi verificando il raggiungimento degli obiettivi, confrontando i risultati attesi con quelli conseguiti, per infine soffermarsi sui contributi originali prodotti, sui limiti incontrati e sulle prospettive future che questa indagine apre.

Risposte alle Domande di Ricerca

Di seguito vengono riportate le Domande di Ricerca enunciate nella definizione del Quadro Logico della ricerca, con le rispettive risposte fornite dall'indagine sin qui intrapresa.

DR1 – Come sta evolvendo la natura umana in questa era di sviluppo tecnologico? Quali sono le tendenze e gli effetti oggi osservabili di questa trasformazione?

La ricerca ha evidenziato come la natura umana stia attraversando un processo di ibridazione sempre più profondo con la tecnologia. Non si tratta più soltanto di strumenti esterni a supporto delle attività quotidiane, ma di dispositivi che si integrano con il corpo, la mente e le emozioni, ridefinendo radicalmente i confini tra naturale e artificiale. L'analisi storica e teorica ha mostrato come l'essere umano, da *homo mensura* fino alle visioni postumaniste, abbia sempre costruito la propria identità in dialogo con le tecnologie, che tuttavia oggi non rappresentano più un semplice strumento da usare, ma una dimensione intrinseca dell'esperienza da vivere, e veri e propri co-agenti dei processi cognitivi, affettivi e decisionali.

Le tendenze osservate includono la crescente sfumatura dei confini tra umano e macchina, con una progressiva evoluzione dal concetto di umano come misura universale al concetto di luogo di negoziazione culturale, identitaria e tecnologica. Da qui emerge il paradigma dell'Umanesimo Artificiale, che descrive una condizione umana caratterizzata da una crescente dipendenza e co-evoluzione con gli artefatti tecnologici. Gli effetti sono molteplici: nuove possibilità cognitive e fisiche, ma anche tensioni identitarie, sfide etiche e trasformazioni sociali profonde, dalle relazioni interpersonali alla dimensione politica del biopotere tecnologicamente mediato.

DR2 – Qual è lo stato dell'arte dei progetti e dei prodotti di tecnologie indossabili in grado di modificare le capacità umane? Qual è il ruolo del Design nello sviluppo di queste tecnologie?

Lo studio dello stato dell'arte ha permesso di delineare una mappatura dettagliata delle tecnologie indossabili orientate al poten-

ziamento umano, individuando tre principali categorie funzionali: sostitutivo (ripristino di funzioni biologiche), assistivo (supporto alle abilità esistenti) e aumentativo (superamento dei limiti naturali). L'analisi ha inoltre evidenziato come questi stessi confini siano spesso sfumati nei recenti sviluppi delle tecnologie indossabili, che investono molteplici dimensioni dell'umano.

La revisione critica dei casi studio ha mostrato che le tecnologie non solo ampliano le possibilità corporee e cognitive, ma diventano anche strumenti di sperimentazione culturale e identitaria. È emersa la centralità del Design, inteso non solo come disciplina capace di progettare interfacce usabili e dispositivi ergonomici, ma come campo critico e speculativo. In particolare, attraverso approcci come il Critical Design e il Design Fiction, il Design si configura come un attore in grado di interrogare le conseguenze a lungo termine delle tecnologie emergenti, ponendo domande su desiderabilità, inclusione, sostenibilità ed etica, e agendo quindi come mediatore tra sviluppo tecnico e immaginario sociale.

DR3 – Può il Design fornire un framework concettuale e metodologico che possa guidare lo sviluppo delle tecnologie indossabili?

La ricerca ha risposto affermativamente a questa domanda, attraverso l'elaborazione e la sperimentazione del Cyborg Design Framework. Questo modello, articolato in sei fasi, propone un approccio anti-disciplinare che integra riflessione critica, sperimentazione incarnata e immaginazione speculativa in un approccio orientato alla comprensione della natura umana e delle sue esigenze in un'ottica di evoluzione continua.

La validità del framework è stata verificata attraverso il progetto pilota Preemie, un'incubatrice indossabile per neonati prematuri che ha permesso di esplorare l'accettazione sociale e le implicazioni etiche della tecnologia dell'Artificial Womb. Lo studio ha dimostrato la capacità del framework non solo di orientare processi progettuali concreti in contesti transdisciplinari, ma anche di innescare dibattiti culturali e politici.

Il Design emerge dunque come disciplina in grado di fornire non semplici strumenti operativi, ma un vero e proprio linguaggio concettuale per affrontare in maniera etica e responsabile lo sviluppo delle tecnologie indossabili più complesse e controverse.

Raggiungimento degli Obiettivi di Ricerca

Alla luce di quanto fin qui enunciato, è possibile affermare che gli Obiettivi Generali della ricerca sono stati raggiunti, offrendo una visione d'insieme completa (OG1 – Analizzare l'evoluzione della natura umana nell'era dello sviluppo tecnologico, esplorando in che modo i progressi tecnologici, in particolare quelli legati alle tecnologie indossabili, stiano influenzando le capacità fisiche, cognitive, sociali ed emotive dell'essere umano), una mappatura critica dello stato dell'arte (OG2 – Indagare lo stato dell'arte delle tecnologie indossabili per il potenziamento umano, raccogliendo, organizzando e valutando criticamente esempi attuali di progetti, prodotti e prototipi di tecnologie indossabili capaci di modificare o ampliare le capacità umane, con un'attenzione particolare al ruolo del Design nel loro sviluppo), e un contributo metodologico originale (OG3 – Definire un quadro teorico-metodologico per il Design di tecnologie indossabili, elaborando un framework concettuale e operativo che possa orientare progettisti, ricercatori e aziende nello sviluppo etico, sostenibile e human-centered di tecnologie indossabili di potenziamento).

Inoltre, gli Obiettivi Specifici sono stati perseguiti in maniera puntuale. Di seguito essi vengono riportati con i rispettivi stati di raggiungimento di ciascuno:

- OS1. *Comprendere e analizzare la trasformazione umana mediata dalla tecnologia.*

1. Identificare le principali trasformazioni antropologiche e sociali connesse all'integrazione crescente della tecnologia nella vita umana. → La ricerca ha identificato le principali trasformazioni antropologiche e sociali connesse all'integrazione crescente della tecnologia (OS1.1).

2. Indagare le origini storiche e individuare le principali tendenze attuali ed emergenti dell'integrazione della tecnologia con il corpo umano. → Sono state ricostruite le origini storiche del rapporto uomo-tecnologia e individuate le tendenze emergenti, come

la progressiva internalizzazione degli artefatti (OS1.2).

3. Identificare i principali aspetti culturali, teorici e filosofici nell'uso di tecnologie che interagiscono con le capacità umane. → Sono stati esplorati gli aspetti culturali e filosofici, evidenziando come la nozione di "condizione umana aumentata" richieda un ripensamento dei fondamenti antropologici (OS1.3).

• OS2. *Indagare l'ambito di ricerca del potenziamento umano.*

1. Condurre una revisione critica della letteratura in materia di Human Augmentation, rilevando le principali categorie di prodotto associate. → È stata condotta una revisione critica della letteratura sul tema della Human Augmentation, sistematizzando le principali categorie di dispositivi (OS2.1).

2. Effettuare un'analisi critica di casi studio di tecnologie indossabili orientate al potenziamento delle capacità umane, individuando nuove tendenze e fattori di innovazione responsabile. → L'analisi dei casi studio ha messo in luce nuove tendenze e fattori di innovazione responsabile, con attenzione alle implicazioni sociali ed etiche (OS2.2).

3. Analizzare il ruolo del Design nei processi di sviluppo di tali tecnologie, individuando approcci, metodologie e strumenti utilizzati. → È stato approfondito il ruolo del Design, individuando metodologie, strumenti e approcci specifici utilizzati nello sviluppo di tali tecnologie (OS2.3).

• OS3. *Promuovere l'inclusione del Design nelle strategie di sviluppo di tecnologie indossabili di potenziamento umano.*

1. Impiegare e testare approcci di Design per l'ideazione di tecnologie innovative e per la comprensione delle esigenze umane in relazione all'integrazione con esse. → Sono stati testati approcci di Design per comprendere le esigenze umane in relazione all'integrazione con le tecnologie (OS3.1).

2. Proporre e testare un framework integrato, e linee guida operative e metodologiche per designer e team di sviluppo, applica-

bili in contesti reali di progettazione. → È stato proposto e validato un framework concettuale e operativo, corredato da linee guida metodologiche per designer e team di sviluppo, applicabili in contesti reali (OS3.2).

Risultati

I Risultati Attesi della ricerca enunciati in premessa sono di seguito scomposti e analizzati sulla base dei risultati ottenuti attraverso il lavoro sin qui presentato.

Il primo risultato atteso mirava a *“Raccogliere e indagare conoscenze utili ai progettisti per comprendere le attuali trasformazioni culturali, sociali e politiche mediate dall’avanzamento tecnologico, con l’obiettivo di innescare un dialogo critico sulla desiderabilità o sulla necessità di mitigazione di determinate innovazioni tecnologiche che stanno caratterizzando il nostro tempo e quello prossimo”*. Tale risultato è stato raggiunto, pur rimanendo la possibilità di un ulteriore approfondimento, attraverso lo studio della letteratura intorno alle tematiche dell’impronta ontologica e filosofica del Postumanesimo artificiale (Cap. 1), dell’evoluzione del concetto di corpo umano a livello storico e sociologico-culturale (Cap. 2), e della concezione dell’integrazione tra umani e macchine secondo la prospettiva cyborg (Cap. 3).

Questo risultato atteso auspicava pertanto *“che la raccolta e l’analisi dei fondamenti filosofici e sociologici dell’evoluzione umana mediata dalla tecnologia possa fornire ai progettisti un quadro ontologico di riferimento a cui rivolgersi nell’approcciare le tematiche relative alla progettazione di dispositivi di potenziamento umano”*. In tal senso, l’indagine ha mirato a evidenziare la trasformazione di un approccio tradizionalmente antropocentrico al progetto a un approccio aperto alle alterità non-umane (Cap. 1). Nel percorrere l’evoluzione storica della concezione del corpo da strumento di misura di tutte le cose a un luogo di “progetto aperto”, da mero utilizzatore della tecnologia (utente) a soggetto che incorpora la tecnologia (agente), è stato evidenziato come il tema dell’intervento tecnologico sul corpo sia fondamentalmente legata al concetto di biopotere, in cui il design si innesta come mediatore di tensioni e divergenze etiche, sociali e culturali (Cap. 2). Infine, l’indagine si è soffermata sullo studio del concetto di Cyborg e sui suoi fondamenti culturali e filosofici che lo rendono oggi non più una metafora pop, bensì un vero e proprio

esempio di convergenza umano-macchina (Cap. 3).

Il secondo risultato atteso mirava a *“Costruire una sistematizzazione delle conoscenze relative all’ambito di ricerca del potenziamento umano, ricercando e analizzando le tendenze, le tensioni e le convergenze intrinseche nello sviluppo dei dispositivi a esso dedicati, individuando esempi pratici in cui è manifesta la volontà di riportare la dimensione umana, in una sua nuova evoluzione, al centro degli obiettivi di sviluppo tecnologico”*. Questo risultato è stato raggiunto attraverso l’analisi della letteratura in materia di Human Augmentation, con uno specifico approfondimento sullo stato dell’arte del ruolo del design nella progettazione di dispositivi per il potenziamento umano (Cap. 4). In particolare, questo risultato atteso auspicava *“di contribuire al recente interesse delle discipline umanistiche e del progetto in questa vasta area di ricerca, con l’obiettivo di fornire considerazioni dalla prospettiva del Design in un ambito generalmente slegato da approcci umano-centrici e dalla speculazione critica”*. In linea con la crescita dell’interesse delle discipline del Design in merito allo sviluppo di tecnologie indossabili di potenziamento, l’indagine ha fornito un avanzamento delle conoscenze in materia di Human Augmentation da un punto di vista di human-centered design orientato al futuro, evidenziando le pratiche emergenti di valorizzazione dell’identità, di provocazione politica, e di ridefinizione sociale.

Il terzo e ultimo risultato atteso mirava a *“Enfatizzare l’importanza di includere il Design come strumento di indagine e provocazione culturale, sociale, politica, e come sistema di approcci utili a orientare le scelte di sviluppo in team multidisciplinari e nel policy-making, attraverso la formalizzazione di speculazione pratica e la costruzione di dispositivi in grado di aprire la discussione sul tema della legittimità e della responsabilità etica dell’operato dei progettisti nella plasmazione del futuro”*. Questo risultato è stato perseguito attraverso la costruzione di un metodo di design che integra un approccio focalizzato sulla comprensione delle esigenze umane con un approccio che si

propone di prevedere e orientare quelle possibili nel futuro prossimo (Cap. 5), generando le basi per l'introduzione di un framework di Cyborg Design basato sulla reinterpretazione dell'utente come agente tecnologicamente aumentato (Cap. 6), e sperimentando tale metodo in un progetto pilota in cui le fasi enunciate sono state messe alla prova in un contesto di sviluppo tecnologico interdisciplinare e interculturale (Cap. 7). Questo risultato auspicava in particolare *"di incoraggiare designer e ricercatori di design a invadere gli spazi tradizionalmente guidati da un approccio allo sviluppo orientato solo alla dimostrazione tecnica, con la speranza di amplificare e democratizzare il dibattito e la pratica progettuale in una prospettiva più aperta e umano-centrica"*. Attraverso la stesura del framework e di raccomandazioni per il progettista, questo risultato è stato raggiunto in misura della sua concezione di primo passo dell'una evoluzione degli approcci di design verso una prospettiva di integrazione tecnologica aperta, decentrata e democratica.

In definitiva, il confronto tra risultati attesi e ottenuti mostra una sostanziale convergenza. La ricerca ha infatti fornito ai progettisti un quadro critico e ontologico in materia di potenziamento umano mediato dai dispositivi tecnologici, ha sistematizzato conoscenze interdisciplinari e casi studio relativi a questo ambito di ricerca, e ha contribuito a riportare il Design al centro del dibattito su queste tecnologie, confermando in particolare la possibilità di includere il Design come disciplina critica e politica nei processi di sviluppo tecnologico.

Alla luce di tali risultati, è possibile articolare i contributi principali della presente ricerca su tre livelli:

- Teorici: la tesi introduce il concetto di Postumanesimo Artificiale come cornice interpretativa della condizione umana contemporanea. Essa propone inoltre una ridefinizione della nozione di Human Augmentation, intesa non solo come superamento dei limiti biologi-

ci, ma come continua negoziazione tra umano e artificiale.

- Metodologici: l'elaborazione del Cyborg Design Framework rappresenta un apporto che amplia il raggio d'azione del Design, trasformandolo da disciplina applicativa a pratica generativa di conoscenza critica.
- Pratici: attraverso il progetto Preemie, la ricerca ha mostrato la capacità del Design di tradursi in pratiche reali con impatto sociale, aprendo uno spazio di dialogo pubblico e politico intorno a tecnologie sensibili e controverse.

Limitazioni della Ricerca

Seppure gli obiettivi siano stati sostanzialmente raggiunti nella loro totalità, la ricerca presenta alcune limitazioni significative, che tuttavia rappresentano un terreno fertile per nuove iniziative di ricerca ed esplorazione applicata di questo ambito estremamente sfaccettato.

In primo luogo, la selezione dei casi studio, per quanto significativa, non può esaurire la varietà delle tecnologie di Human Augmentation, sia perché queste sono in costante evoluzione sia perché l'ambito stesso non ha confini precisamente definiti, e dunque intercettare progetti, prototipi e prodotti risulta particolarmente difficile. In tal senso, la ricerca ha voluto raggruppare le principali categorie tecnologiche intercettate nella letteratura proprio con l'obiettivo di permettere a future ricerche di avere una base di conoscenze da cui partire per un approfondimento puntuale di determinate categorie inserite nel più vasto ombrello della Human Augmentation.

In secondo luogo, le osservazioni effettuate a monte della costruzione del Cyborg Design Framework attraverso workshop partecipativi e indagini sul campo sono state limitate nel tempo e nella quantità di risorse disponibili (es. il numero di partecipanti), fornendo dati limitati che non consentono una immediata generalizzabilità. Tuttavia, tali interventi hanno permesso di verificare la necessità di costruire un metodo di design adatto allo sviluppo della Human Augmentation, sia in termini di processo ideativo sia in termini di empatizzazione con l'ibrido umano-macchina e di progettazione olistica.

Inoltre, lo studio pilota Preemie, pur rivelatosi fertile e innovativo, rimane circoscritto nella sua portata, e l'effettiva validità del Cyborg Design Framework necessiterebbe di nuovi cicli di iterazione e test. Infine, la rapidità dei cambiamenti tecnologici costituisce un limite intrinseco della ricerca: alcune osservazioni potrebbero rapidamente invecchiare alla luce di una nuova configurazione del contesto socio-tecnologico, rendendo necessarie revisioni e aggiornamenti continui.

Riflessioni e Prospettive Future

Nonostante tali limiti, la ricerca apre a prospettive ampie e promettenti. Il Cyborg Design Framework è stato concepito come iniziativa aperta con l'obiettivo di essere esteso ad altri ambiti emergenti e di raccogliere i contributi di nuovi percorsi di ricerca di design intorno alle tematiche della Human Augmentation.

Giunti al termine di questo percorso, appare evidente come il tema del potenziamento umano e delle tecnologie indossabili non sia soltanto un terreno di sperimentazione tecnica, ma una vera e propria arena in cui si gioca il futuro stesso dell'umanità. L'essere umano contemporaneo non si limita a utilizzare strumenti: convive con essi, li incorpora, li lascia entrare nella propria definizione identitaria. La tecnologia diventa così parte della nostra natura, al punto che parlare di "umanità aumentata" significa ormai parlare di una condizione costitutiva e non accessoria. In questo scenario, il Design si conferma non solo come disciplina progettuale, ma come pratica critica, culturale e politica, capace di interrogare il futuro prima ancora di costruirlo. Lungi dall'essere un mero intermediario tecnico, il Design diventa un attore essenziale nel processo di definizione collettiva del desiderabile, un catalizzatore di domande e immaginari che ci aiutano a decidere, insieme, quale tipo di umanità vogliamo incorporare.

Se da un lato la ricerca ha dimostrato che le tecnologie possono estendere il corpo nella sua multidimensionalità, ha anche mostrato che il Design stesso necessita di un potenziamento metodologico che risiede nella capacità di immaginare, cristallizzare e scegliere i futuri possibili. È in questo spazio di negoziazione – fragile, complesso, ma profondamente umano – che il Design deve collocarsi, assumendo il compito di essere non soltanto artefice di soluzioni, ma custode e guida di una rinnovata umanità.

Questo lavoro di ricerca non consegna risposte definitive, ma inneschi di interrogazione e riflessione. Il futuro delle tecnologie indossabili di potenziamento umano resta aperto: un orizzonte che dipenderà dalla nostra capacità di accompagnare l'innovazione con responsabilità etica, immaginazione collettiva e spirito critico.