

Epistemologie Radicali

Interventi di Giuseppe Longo, Alessandro Sarti, Elena Gagliasso,
Elisabetta Donini, Federico Chicchi e Matteo Polettini

A cura di Mattia Galeotti e Alessio Resenterra



Indice

Introduzione

3

Matematica e Senso. Per non divenir macchine.

13

Dinamiche della mutazione

29

Dalla transizione epistemica alla conversione degli ideali del sapere

41

Sul genere e la scienza e La morte della natura, quarant'anni dopo

54

I turchi meccanici sognano? Intelligenze artefatte e governamentalità algoritmica.

66

Introduzione

Questo volume è il primo prodotto di un percorso iniziato poco più di un anno fa, un percorso di studio e approfondimento dentro il tessuto delle pratiche scientifiche, cioè dentro quella galassia che ruota attorno ai concetti di Scienza, tecnologia, tecnica e progresso scientifico. L'esigenza che ci muoveva mentre cominciavamo questo cammino, era di tratteggiare meglio quali forze ed equilibri tenevano in piedi questi concetti, che ci sembravano tutt'altro che monolitici e chiari: la vaghezza di quelle parole nel discorso pubblico non era solo il riflesso di una discussione frettolosa, ma una condizione strutturale che ci sembra accompagnarci tutt'ora i dibattiti su questi temi. La vaghezza, inoltre, non significa che le parole mobilitate abbiano poca potenza nell'economia discorsiva, anzi, la performatività del "sapere scientifico" è legata a doppio filo con l'opacità dei termini del discorso.

A seguito dell'emergenza pandemica, la parola degli "scienziati" e degli "esperti" è diventata, ancor più che in precedenza, il nodo centrale di ogni operazione linguistica e mediatica che avesse un vasto risalto nello spazio pubblico. Scavare nel profondo dei discorsi esposti come "scientifici" è una necessità per comprendere gli equilibri e le forze che sottendono alla produzione scientifica e a ogni operazione politica organizzata su larga scala.

In campo critico, ci sembra che uno spazio di discussione approfondita sui cambiamenti in atto sia mancante, e questo ci lascia tanto più disorientati nel momento in cui discorso scientifico e dispositivi tecnici vengono continuamente mobilitati per gestire la moltiplicazione di diverse emergenze (ambientale, sanitaria, disastri naturali, guerra, ...). Una trattazione superficiale della categoria "pigliatutto" di *non-neutralità scientifica*, ha nascosto quelle che riteniamo essere le vere poste in palio nel momento in cui nuovi dispositivi e tecniche diventano così pervasivi: per come è quasi sempre interpretata, la non-neutralità ha solo ribadito una presunta dicotomia tra il campo della ricerca pura, dei saperi, e quello delle strutture umane (accademiche, disciplinari, direttamente politiche) che si innestano sopra quei saperi. Insomma, tutto è stato spesso ridotto a un discorso sulla mediazione che interviene tra le verità scientifiche e il contesto sociale o l'organizzazione sociale. È stata invece quasi assente un'analisi dei modi in cui diverse posture conoscitive, o diverse esigenze politiche o di altro tipo, intervenissero direttamente dentro il campo del sapere, andassero a determinare la forma e alcuni contenuti delle conoscenze stesse. La tensione causata dai problemi del cosiddetto "complotto" o del "negazionismo del covid", invece che indurre un ulteriore approfondimento, ha piuttosto appiattito i posizionamenti.

Ancora, la crescita costante di prodotti e strumenti ad alto contenuto tecnologico, è accompagnata da una narrazione spettacolare dell'innovazione tecnica e della produzione scientifica. Ma nonostante le critiche mosse da molti tecnici, scienziati e semplici utilizzatori dei prodotti tecnologici – ai modelli di studio e di integrazione delle innovazioni tecnologiche nella vita pubblica – ad oggi questa potenza tecnologica quotidiana è incanalata da un alto grado di subordinazione degli stessi utilizzatori rispetto ai modi predefiniti di utilizzo.

A partire dagli ultimi decenni del '900, l'emergere di nuove tecnologie digitali ha fatto fare un salto ai processi di accumulazione e di estrazione di valore, oltre che a nuove forme di organizzazione del lavoro; la diffusione pervasiva di computer, smartphone, sensori, semplici dispositivi automatizzati, ha anche spalancato le porte ad una riflessione sui fini e i possibili utilizzi di queste macchine. Ad oggi, però, nessuna "alterità" sembra in grado di scalfire in modo sostanziale la logica proprietaria e di controllo.

Ad una certa autonomia della nuova figura lavorativa legata al lavoro "immateriale/cognitivo" (e ad una presunta orizzontalità della rete), si è quindi contrapposto una continua cattura valoriale degli usi di questi saperi e di questi strumenti (in particolare quelli informatici). Non che qualsiasi ambivalenza sia stata assorbita, ma non è sufficiente fermarsi alla critica dell'uso capitalistico della scienza e della tecnologia, occorre spingersi all'interno del tessuto stesso dei discorsi tecnico-scientifici e del funzionamento dei diversi dispositivi, per analizzare e capire quali contenuti, metodi, problemi e priorità si pongono gli scienziati, i tecnici e chiunque usufruisca di strumenti ad alto contenuto tecnologico.

Il corso svoltosi alla libreria PuntoInput, e iniziato nella primavera del 2022, aveva quindi l'intenzione di cominciare a distinguere alcune delle forze che entrano in gioco in quello che abbiamo chiamato "campo scientifico", con l'idea di valicare i perimetri disciplinari contrassegnati in genere da questa locuzione. Si trattava, cioè, di individuare alcuni nodi che contraddistinguono la riflessione teorica sulle scienze ma che non permettono di isolarla in un campo "a parte" rispetto ad altri campi conoscitivi. Per noi questi nodi sono stati: il ruolo delle diverse discipline come modi di conoscenza, con particolare riferimento ai limiti del paradigma fisicalista nelle scienze del vivente e dell'ambiente; lo statuto della novità nei processi dinamici, ancora una volta con particolare attenzione ai processi del vivente e della mente; la nozione di complessità; lo statuto degli ideali del sapere, cioè il ruolo sociale assunto dai diversi saperi scientifici; il rapporto tra la soggettività dei ricercatori e l'oggettività dei saperi, in particolare attraverso il prisma di una scienza *non-neutra*, perché originata in un paradigma genderizzato, maschile; infine il ruolo del macchinico, e quindi il rapporto (mai unidirezionale) tra tecnologia e teorizzazione.

Il testo è organizzato come una sbobinatura delle lezioni del corso, riviste dagli autori e dalle autrici, e arricchita da un sistema di note. Si tratta, come abbiamo già

detto, di un punto di inizio per futuri lavori di approfondimento e ricerca, vorremmo quindi che queste trascrizioni funzionassero come mappe per un orientamento iniziale all'interno di un lavoro di ricerca e critica che ha bisogno di ricominciare da capo, ma senza tornare indietro.

Gli interventi

Il primo intervento, del Prof. Giuseppe Longo, è stato dedicato alla specificità delle scienze del vivente rispetto ad altri campi del sapere scientifico. È stata affrontata la storia dei concetti di *codice formale* e di *computazione macchinica*, da Turing alle più recenti tecnologie di *machine learning*. L'idea matematica di algoritmo nasce negli anni '20 del '900 in un momento in cui prendeva piede l'ipotesi di fondare la conoscenza matematica sul calcolo logico-formale: lo studio dei concetti di completezza logica e di calcolabilità algoritmica portò in breve a dimostrare l'impossibilità del progetto formalista, ma le tecniche algoritmiche hanno avuto comunque (e forse anche proprio grazie all'impulso dato da questi risultati negativi) una vastissima applicazione in diversi campi del sapere scientifico lungo tutto l'arco dell'ultimo secolo. Questo processo è stato accompagnato dalla diffusione della "metafora del software", applicata a vari campi conoscitivi e di cui l'esempio forse più noto è l'idea del DNA come *codice* contenente le istruzioni per l'ontogenesi dell'organismo. Si tratta quindi di una metafora che definisce operativamente un terreno di ricerca disciplinare - in questo caso ad esempio quello della biologia molecolare, o della medicina -, ma che ha avuto un carattere sempre più egemonico, partecipando a un immaginario in cui "tutto è algoritmo" o "tutto è algoritmizzabile", dalla mente ai comportamenti sociali, dallo sviluppo evolutivo a quello linguistico. L'idea di "spazio di possibilità" è fondamentale per definire formalmente il comportamento delle macchine informatiche: ogni computazione opera all'interno di uno spazio di possibilità predeterminato dove sono definite a priori anche le operazioni che la macchina può svolgere. Nelle scienze del vivente (e nei processi fisici *caotici*), la conoscenza a priori di tutte le possibilità di sviluppo, non è epistemologicamente pensabile. L'idea di "possibilità" deve quindi essere definita in termini non probabilistici, in un certo senso si tratta di una possibilità più radicale, che risulta incommensurabile all'idea fisica di "insieme di traiettorie percorribili" da un corpo inerte. L'incontro ha quindi esplorato le spinte teoriche, economiche e politiche che riproducono una concezione del vivente legata all'immaginario physicalista o computazionale.

Il secondo incontro con il Prof. Alessandro Sarti, ha approfondito l'idea di sistema dinamico, cioè quei sistemi di equazioni in cui non soltanto la posizione spaziale è un'incognita, ma anche la velocità e altre derivate di ordine più alto, cioè grandezze intensive che quantificano il cambiamento della traiettoria. Questi sistemi appaiono nella trattazione scientifica di sistemi in evoluzione, e la loro concettualizzazione epistemologica è fondamentale se si vuole approfondire le idee di novità, divenire delle forme e morfogenesi, cioè della nascita e evoluzione di forme nuove, inedite. L'incontro si è concentrato quindi su tre modi principali di

approcciare il problema della morfogenesi: l'idea fisicalista in cui l'insieme dei vincoli e delle forze che determinano la dinamica del sistema, e quindi l'individuazione delle forme, sono predeterminati e invariati, e quindi lo sviluppo temporale del sistema è la semplice risoluzione di un problema di calcolo; l'approccio dello *strutturalismo dinamico*, sviluppato in particolare da René Thom e Jean Petitot negli anni '80, in cui esiste un insieme di parametri che determinano la specifica dinamica del sistema, e questa dinamica può variare in modo sostanziale, ma lo spazio di possibilità dei parametri resta predeterminato; infine un approccio che si concentra sulle *dinamiche della mutazione*, cioè sulla maniera in cui sono gli stessi spazi di possibilità delle forme a variare. Sarti ha approfondito i lavori recenti che rientrano in questo terzo approccio, dove trova applicazione il concetto deleuziano di *eterogenesi*. In particolare, si è approfondito in che modo le scienze del vivente e le scienze umane abbiano bisogno di integrare un asse temporale processuale (o storico) all'interno del loro orizzonte concettuale, uscendo dall'egemonia del semplice asse di sviluppo cronologico.

Nel terzo intervento, della Prof.ssa Elena Gagliasso, abbiamo guardato ai cambiamenti e alle trasformazioni che stanno investendo i concetti e le rappresentazioni più influenti all'interno delle scienze del vivente e dello studio dell'ambiente. Alla luce dell'emergenza di nuove problematiche globali come la crisi ecologica, e dei conflitti che ad essa si accompagnano, sono emerse nel campo epistemologico delle tensioni che interessano i rapporti tra vita umana e *habitat* e tra società e ambienti di vita. Si osserva una mutazione nei paradigmi, nei lessici e nelle pratiche di ricerca in questi ambiti. Siamo di fronte ad una conversione antropologica degli ideali del sapere, muta cioè il rapporto tra scienza e cittadinanza, tra il sapere scientifico e il posizionamento sociale di questo sapere e di chi lo produce.

Questa trasformazione interessa e trasforma, non solo il primato tra le varie discipline, ma anche il modo con cui immaginiamo e ci rapportiamo con l'ambiente, che trasformiamo e ci trasforma, e quindi il nostro posizionamento nel mondo. Non più un ideale di sapere che ci consenta di dominare la natura, ma uno che ci permetta di riparare ai danni causati dall'applicazione industriale di molte tecniche nocive per noi e per l'ambiente. Attraverso un'attenta analisi dei cambiamenti intercorsi tra le "tre gambe" dell'epistemologia (metodo, stakeholders finanziari, e cittadinanza scientifica) la prof.ssa Gagliasso ci mette anche in guardia dalle possibili conseguenze che la guerra in Ucraina può avere sulla ricerca scientifica, la sua trasparenza e le forme di interazione con essa che le cittadinanze scientifiche potranno avere.

Nella quarta lezione tenuta dalla Prof.ssa Elisabetta Donini, è stata approfondita la prospettiva di quelle donne che a partire dagli anni '80 si sono affacciate nel mondo della ricerca scientifica, ai laboratori di ricerca, volendo mantenere allo stesso tempo una impostazione femminista nel loro lavoro. Partendo dai lavori di Eveline Fox Keller e Carolyn Merchant, la Donini ha approfondito il tema del soggetto che fa scienza, in particolare attraverso il prisma del posizionamento

femminile e femminista. La critica scaturita da questo posizionamento non si è concentrata solo sulla non-neutralità della scienza, ma anche sul concetto di “oggettività” scaturita dal metodo scientifico: l’egemonia nel campo scientifico moderno delle metodologie della fisica, e di una visione del mondo come insieme scomponibile di parti, viene vista come la conseguenza della centralità del maschile e della sua azione di “messa a morte della natura” (parafrasando proprio le parole della Merchant). La scienza dunque, oltre che non-neutrale è anche non-neutra, segnata dai soggetti che la producono e dal rapporto con il mondo che questi soggetti instaurano (anche attraverso le stesse tecniche scientifiche). Questo tipo di analisi critica non si limita a porre il proprio sguardo sui processi e gli oggetti scientifici, ma guarda soprattutto ai soggetti, alle loro differenze e alle loro intenzionalità. Per capire le scienze è quindi necessario capire le forze e le intenzioni che animano scienziati e scienziate.

Nell’ultimo incontro, Matteo Poletti (fisico) e Federico Chicchi (sociologo del lavoro), hanno affrontato, a partire da approcci disciplinari diversi, la questione dell’intelligenza artificiale. Il punto di partenza della discussione è stata la considerazione – sviluppata in particolare da alcuni lavori di Rouvroy e Stiegler – che il concetto di “regime di verità” teorizzato da Foucault oggi non sia più sufficiente ad analizzare il funzionamento degli apparati di governo. In particolare, la messa a punto di dispositivi automatizzati basati su algoritmi di apprendimento in moltissimi ambiti (dalla ricerca scientifica, alla classificazione di immagini, dalla polizia predittiva alla valutazione del lavoro o della ricerca) si inserisce nelle funzioni ordinarie della vita sociale nelle trasformazioni del mondo del lavoro. La novità epistemica di questi nuovi strumenti sta nel fatto che il loro funzionamento (basato su funzioni altamente non-lineari) rende pressoché impossibile risalire a qualcosa come una “teoria” che ne spieghi le azioni, quindi è difficile definire il perché di certe decisioni, il regime di verità che sosterrrebbe l’azione del dispositivo: l’algoritmo sembra diventare una specie di oracolo, che opera direttamente sulla società, sul mondo sul quale fa predizioni, in particolare andando a modificare il rapporto tra lavoro vivo e lavoro morto ma senza che il primo scompaia (contrariamente a quanto raccontato dalla vulgata entusiasta). Le soggettività interessate da questi dispositivi subiscono una scomposizione del loro lavoro e dell’attività sociale in tante *task* distinte, e si trovano all’interno di meccanismi che canalizzano e inducono azioni, ma senza ricomporle in un unico quadro veritativo.

Di cosa parliamo quando parliamo di scienze?

Vogliamo individuare in questa ultima sezione, alcuni nodi di ragionamento che sono emersi all’interno del seminario, oppure sono stati toccati o sviluppati nelle pagine di questo testo, e che sembrano centrali nel rapporto tra sapere scientifico, riorganizzazione degli spazi di governo e dei modi di produzione. Il quadro generale ci sembra essere quello di un’“epoca delle crisi” e delle “emergenze”, un’epoca cioè in cui il dispositivo emergenziale diventa sempre più ricorrente, venendo a sovrapporsi e aggiornare il funzionamento dello spazio democratico. I

saperi scientifici in questo quadro sono allo stesso tempo un linguaggio diffuso, ma anche uno strumento di legittimazione e organizzazione pratica di specifiche visioni del mondo, partecipano alla produzione di soggettività, e anzi forse possiamo vederli come saperi privilegiati, in quest'epoca, per l'esercizio di varie discipline governamentali.

Qui sotto abbiamo riportato alcuni degli spunti emersi durante gli incontri e che vorremmo utilizzare come domande guida per ulteriori lavori di ricerca e di critica all'interno del campo scientifico.

Scienziati ancora in guerra

Due giorni prima dell'inizio del corso, l'invasione dell'Ucraina e la guerra che ne è seguita segnavano un tornante storico che impone di approfondire ancora il rapporto tra ricerca scientifica e apparati militari. Lo sviluppo scientifico nei paesi più avanzati dal punto di vista capitalistico è strettamente legato all'organizzazione del lavoro, ed in particolare all'industria bellica: lo scoppio di un conflitto armato interno alla stessa Europa incide già adesso – e lo farà ancora più in futuro – sulla programmazione dei finanziamenti alla ricerca pubblica, definendone i fini e alcune direzioni privilegiate. Indagare il legame tra ricerca e guerra rimane un terreno di inchiesta fondamentale per interpretare lo sviluppo tecnologico.

Con l'avvento della società industriale, a partire dal XIX secolo, gli scienziati vengono coinvolti sempre più e con maggiori responsabilità nella costruzione e nella direzione di nuovi sistemi d'arma oltre che nel sostegno a varie azioni e campagne militari. Dopo la prima guerra mondiale – in cui il ruolo dei tecnici fu centrale –, la diffusione del fordismo come metodo di produzione in Europa e negli Usa (e la necessità di creare nuovi mercati in seguito alla crisi del '29) spinse nuove tecnologie di produzione di massa, accelerando il nuovo modello della *Big Science*¹. È proprio questo nuovo modo organizzativo che permetterà un diverso coordinamento tra scienziati ed apparati militari, accentuato ancor di più dalla Guerra Fredda. Se nel primo Novecento l'obiettivo era un semplice aumento della potenza di distruzione, è con l'avvento del progetto Manhattan che la figura dello scienziato diventa capace di determinare l'esito della guerra. A questo salto di qualità, non solo di elementi tecnici ma soprattutto di potere, fa da contraltare l'emergere di una critica globale - anche dentro la stessa comunità scientifica – all'uso militare delle scoperte scientifiche. Nel 1955, dieci anni dopo Hiroshima e Nagasaki, viene pubblicato il manifesto Russell-Einstein, nel quale il filosofo-matematico Bertrand Russell e il fisico Albert Einstein si fanno promotori di una importante dichiarazione in favore del disarmo nucleare e della scelta pacifista. Da lì a poco nascerà nel 1957 la Pugwash Conferences on Science and World Affairs

¹ Si tratta di una nuova configurazione spaziale e organizzativa del lavoro nel laboratorio: l'uso di acceleratori di particelle comporta la costruzione, in aree isolate, di mega-laboratori in cui il lavoro degli scienziati viene organizzato in forma gerarchica e coperto da segretezza militare. Si avvia una forma di taylorizzazione del lavoro scientifico, non solo della forza-lavoro in sé ma della stessa conoscenza tecnica necessaria alla funzionalità di questi laboratori.

per mettere in guardia dai pericoli dell'uso militare dell'atomica. Una tra le più importanti esperienze di critica da parte di tecnici e scienziati, in Italia, ruoterà attorno al gruppo di Marcello Cini alla Sapienza di Roma e porterà in particolare alla pubblicazione de *L'ape e l'architetto*, un testo rimasto importante anche per pensare questo corso e che riemerge nelle bibliografie e negli interventi di molte persone intervenute.

La questione ecologica

Uno dei nodi emersi nel corso e più in generale da molti percorsi di riflessione attorno al ruolo dei saperi scientifici, è il tema ecologico: la crisi climatica, condizione largamente riconosciuta del nostro tempo, si trova a essere significata in molteplici modi grazie a concetti come “cambiamento climatico”, “antropocene”, “economia green”, “riduzione delle emissioni”. Questi concetti, anche quando vengono utilizzati per descrivere una data situazione, ospitano numerose forze performative. Riprendendo una delle linee di ragionamento che sono state più importanti all'interno del corso, ci chiediamo in che modo la distinzione tra il mondo organico e la materia inerte può essere tradotta al livello delle diverse ipotesi critiche e in lotta che si muovono attorno alla crisi ambientale. L'idea alla base della cosiddetta svolta *green* è che sia possibile concepire anche gli ambienti – le varie e numerose *nature* – come la somma di oggetti e soggetti numerizzabili e in qualche senso prevedibili. È questa impostazione che permette la politica delle compensazioni e l'idea di una *transizione* che salvaguardi l'accumulazione e il governo pur nel cambiamento di alcuni elementi del modello produttivo. In maniera rovesciata, sono tante, diffuse (e a volte contraddittorie) le resistenze alle opere di pianificazione dei territori.

Ci chiediamo se le nozioni di “mondo organico” e “vivente” possono costituire una base epistemica per il rifiuto della logica di accumulazione. Possono accompagnare l'emergenza di soggetti e/o situazioni imprevedute? In che modo l'idea di alleanze e composizioni con il mondo organico - cioè di modi di vita e di produzione in cui è messa al centro la salvaguardia o l'aumento di potenza di alcuni processi che riguardano il vivente non-umano - trova sostegno anche in pratiche tecniche o scientifiche? E che effetti ha sull'idea di organizzazione e di potere conseguenti? Ci permettono di uscire dal binarismo tra la scelta di conservazione assoluta della natura (gestita dallo Stato), e quella di un intervento biotecnologico finalizzato alla risoluzione delle problematiche emergenti ad ogni catastrofe ambientale?

L'interesse di queste domande è direttamente politico, perché l'ampiezza della crisi ambientale genera la ricerca di nuove strategie, di nuove prese di posizione, e anche la necessità di un nuovo senso, per rispondere ai grandi sconvolgimenti che ci attendono. Ci serve, detto in breve, una nuova idea di Natura dopo la “morte della Natura”, che non sia più un oggetto da modellare, depredare o conservare. Un'idea di natura che permetta di misurarsi con la novità radicale, l'emergenza di nuove forme e ambienti, senza doverle ricondurre dentro modelli onnicomprensivi. Tenendo cioè conto della strutturale complessità e apertura di ogni quadro

interpretativo, e quindi della ridondanza di ogni esperienza rispetto ai quadri epistemologici che la interpretano.

Macchine e algoritmi

I concetti di macchina informatica, algoritmo, computazione, sono ritornati più volte nel testo che stiamo introducendo. Se i *LLM*² stanno diventando la tecnologia che accompagnerà una diversa diffusione dei processi di automazione, la narrazione di questi stessi strumenti non ha solo il ruolo di *marketing*, ma struttura l'immaginazione, lo stesso spazio delle possibilità che ci troviamo davanti. Cosa intendiamo con "intelligenza" nel momento in cui una tecnologia pensata come intelligente comincia a svolgere nel quotidiano così tante *task*? Che effetti produrrà questa nuova immaginazione sulle resistenze ai processi di ordinamento sociale? E collegato a tutto questo c'è ovviamente il tema della creatività, senza la quale non ci sembra possibile pensare nemmeno la politicità: bisogna approfondire in che modo la morfogenesi creativa si associa alla forma umana dei gesti di pensiero, alla loro strutturale incompletezza. Per questo ci sembra ancora che manchi ancora un'inchiesta sui comportamenti non macchinici e non automatizzati che si manifestano nel presente nei processi singoli e collettivi, in un momento in cui, in particolare, sembra prendere piede l'idea che le macchine possano svolgere *praticamente tutte* le attività umane.

Vediamo bene che questa ultima affermazione non corrisponde alla realtà, e però funziona come se potesse effettivamente tendere a una totalizzazione delle attività umane. Dove stanno i punti di caduta di questa contraddizione? All'interno del discorso mainstream rimane una falsa concezione dell'algoritmo, identificato sempre più spesso come "nuovo modello scientifico" per lo studio della realtà, sovrapponendo l'ipotesi scientifica con lo strumento usato per indagare la sua veridicità: in che modo quindi la diffusione di queste tecniche sta accelerando una mutazione nel rapporto tra scienze e verità? Tra autorevolezza dei tecnici e fiducia nel loro operato?

I tecnici e l'organizzazione del loro lavoro

Infine, questi nodi si collegano ad un approfondimento sui tecnici e gli scienziati, la loro organizzazione, il funzionamento effettivo degli spazi accademici e di ricerca in cui il sapere scientifico "legittimo" viene prodotto. Che tipo di conoscenza viene prodotta dalle forme di vita immanenti di questi soggetti? L'intervento di Elisabetta Donini si è soffermato sulla spinta soggettiva che anima i saperi scientifici, in particolare attraverso il prisma del genere. Ci sembra che abbia un grande rilievo un approccio che tenga conto dei soggetti che fanno scienza, delle loro visioni e delle forze che portano (o che non riescono a portare) all'interno della ricerca scientifica.

² I *Long Language Models* sono quei sistemi di Intelligenza Artificiale in grado di dialogare con un utente in maniera avanzata, rispondendo a domande anche molto complesse. Questo nuovo tipo di sistemi è diventato molto conosciuto al grande pubblico grazie al successo di ChatGPT

In più, la forma attraverso cui il lavoro scientifico viene organizzato deve essere sempre più messa in relazione con la forma dei saperi prodotti. Non soltanto c'è bisogno di approfondire il modo in cui il sapere è sussunto dentro logiche di accumulazione – volte al profitto, all'organizzazione militare, al controllo, ecc. – qualcosa che in un gergo marxista possiamo ricondurre alla sussunzione formale; ma in più, ci sembra che la specializzazione dei tecnici “duri” sia una forma di alienazione più profonda, riconducibile alla sussunzione reale, che non viene messa davvero in discussione dai richiami alla complessità o alla interdisciplinarietà. Una possibile pista da indagare nel prossimo futuro potrà avere per traccia l'analisi delle tendenze e delle strategie che i tecnici e gli scienziati mettono in atto di fronte al sopravanzare di sempre più ristrette forme di specializzazione e frammentazione del sapere: in che modo ci si oppone o si cerca di frenare il costante aumento del carico di lavoro/formazione, o anche in che modo si cerca di tornare ad avere una presa sulle conoscenze prodotte. In modo interessante, la partecipazione di molti scienziati all'attivismo ecologista, in diverse modalità, sembra fornire una prima parziale risposta a questa domanda: la rottura conflittuale della neutralità del sapere è la prima forma di riappropriazione della conoscenza.

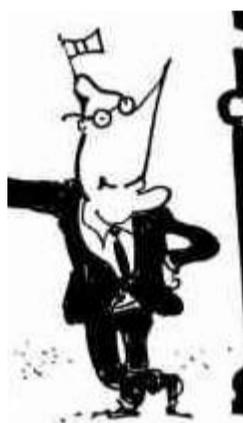
Bologna, settembre 2023

Matematica e Senso. Per non divenir macchine.

Presentazione del libro e introduzione al corso

*Giuseppe Longo*¹

Il primo argomento che voglio affrontare riguarda il riconoscimento di una caricatura, da cui comincia anche il mio libro. Consideriamo quel tratto di Plantu che evoca il presidente Chirac con una sola linea, lo fa tracciando quelle che René Thom chiamava le *pregnanze*.



Thom attraverso la sua geometria, come analisi della morfogenesi, in particolare con l'uso delle “singolarità geometriche” da lui classificate (nota come Teoria delle Catastrofi), ha descritto le *salienze*, cioè le forme rilevanti di una dinamica o di un'immagine, e distinto queste dalle *pregnanze*, elementi significativi di una memoria costruita attorno a quello che “ha senso”, ovvero ciò che riconosciamo: nell'incontrare un vecchio amico, ad esempio, riconosciamo dopo anni il sorriso, il piegarsi degli occhi – delle *pregnanze*, ricche di ricordi e senso per noi, in un viso le cui *salienze* possono essere molto o del tutto cambiate. Pongo una questione: può una macchina riconoscere le *pregnanze*? In realtà le macchine, ovvero i software di *deep learning*, riconoscono solo *salienze*. Queste forme vengono distillate nell'iterazione di processi algoritmici complessi (filtraggio, convoluzione, correzione per retropropagazione, ...) e sono spesso guidate, in particolare dall'etichettatura di migliaia di immagini precedenti tramite gli strumenti informatici. Le tecniche di *deep learning*, attraverso matematiche non banali (*wavelets*, rinormalizzazione, metodi non-lineari svariati,...) riescono a costituire degli invarianti². Il riconoscimento di una caricatura evidentemente è un caso

¹ Giuseppe Longo (CNRS, ENS Paris) è un matematico, specializzato in logica e calcolabilità, ed epistemologo. Da una quindicina d'anni i suoi lavori si concentrano sulle relazioni tra matematica e scienze naturali, con particolare interesse alla biologia evoluzionista e dell'organismo.

² Un invariante è una grandezza numerica calcolabile e in grado di caratterizzare una classe di oggetti. Il valore calcolato sarà cioè invariante su tutti gli oggetti con una certa proprietà comune.

diverso: l'artista ci racconta solo le pregnanze, quel che dà senso al personaggio, il suo modo di "porsi" di fronte agli altri (le coup de menton di Chirac, dicevano i francesi).

Al di là dell'esempio specifico, possiamo dire che noi animali in generale riconosciamo quasi solo caricature. Quando incontriamo un altro animale, quello che ci interessa è l'atteggiamento, l'attitudine, la postura, l'aggressività, il sorriso, l'apertura. Per me quindi la costruzione di senso deriva da un intreccio di attitudini e relazioni, da gesti "protensivi" – come si "va verso...". Pensiamo ad un bambino: questi non riconosce un gatto per averne visti migliaia tramite immagini etichettate, come le macchine del deep learning, ma basta che una volta si avvicini impaurito e guidato da un genitore a un gatto, osi carezzarlo, e ricorderà per sempre cos'è un gatto. E capisce anche in quel momento perché la mamma lo chiama "gattino mio". E' questo intreccio di significati che ci permette di dar senso al nostro essere umani con un corpo, nello spazio, in una storia condivisa.

Questo lo dico riconoscendo che c'è stata una vera e grande svolta nell'intelligenza artificiale. Il filone delle reti neurali, il connessionismo, cioè l'approccio oggi più di successo, già negli anni '90 ha cominciato a lavorare in maniera lontana dall'approccio classico e dai vecchi filoni dominanti dell'intelligenza artificiale. I metodi classici partivano da un approccio assiomatico all'intelligenza ed al mondo e dalla deduzione formale, e avevano risultati concreti abbastanza poveri. Per molti anni l'approccio connessionista è stato osteggiato: Rosenblatt che aveva fatto le prime proposte negli anni '50 era stato emarginato. Negli anni '90 LeCun ed altri cominciano a lavorare produttivamente alle reti matematiche di neuroni, ispirati dal fatto che il cervello stia in un spazio tridimensionale, hanno pensato di mettere su più strati le reti bidimensionali di Rosenblatt, inventando i nuovi metodi oggi di successo – di Deep Learning, perché in tre dimensioni. C'è quindi una grande differenza dalla tradizione logico-deduttiva precedente³.

Nonostante questo, si tratta ancora di macchine, e il cervello non è una macchina. Il cervello funziona solo nel suo ecosistema preferito: il cranio di un animale con un corpo ed all'interno di un ecosistema è sempre attivo, non si spegne mai. Si tratta già di due grandi differenze rispetto alle macchine informatiche. I vincoli e la frizione con l'esperienza reale dell'organismo nel mondo, canalizzano l'attività del corpo e, in esso, del cervello. Addirittura il darwinismo neuronale ci ha mostrato

³ La traduzione logico-deduttiva del cosiddetto approccio assiomatico presupponeva di poter dedurre le scelte di una macchina a partire da pochi assiomi o regole fondamentali, e calcolando l'albero di tutte le possibili sequenze di mosse dedurre la più efficace in ogni situazione. Nell'approccio connessionista, invece, il calcolatore ripete molte volte sequenze di mosse che rispettano le regole iniziali senza curarsi di prevedere gli esiti. Successivamente "etichetta" i risultati (ad esempio gli esiti delle partite di scacchi) dando quindi un diverso valore alle sequenze di mosse utilizzate (se costruisce da sé, iterando le esperienze, le etichette, si parla di Deep Learning senza supervisione). Questo è reso possibile in particolare dalle reti neurali, architetture matematiche che prendono spunto dall'osservazione della struttura "reticolare" dei circuiti neurali, almeno nelle due dimensioni, ma non ne modellizzano la struttura, tanto meno l'effettivo funzionamento: il cervello non è fatto a strati di reti bidimensionali identici che alternano filtraggio e convoluzione. Lo spunto "realistico" (di modellizzazione) di Rosenblatt si perde nelle tre dimensioni.

che nell'ultima fase dell'embriogenesi e nelle prime settimane dalla nascita, c'è un'esplosione delle connessioni neuronali che successivamente vengono selezionate e in gran parte eliminate, Edelman (1987). L'opposto di una macchina informatica, dove le connessioni sono fissate una volta per tutte prima dell'incontro con il mondo. Il corpo umano è invece una "macchina" che in una condizione di deprivazione sensoriale, impazzisce a causa di una super-attività cerebrale, non più canalizzata dalle frizioni concrete con il mondo incontrate dal e grazie al corpo⁴.

Su questi temi esistono dei miti ricorrenti. Uno è per esempio quello della macchina a guida automatica: noi umani non guidiamo riconoscendo tutte le configurazioni possibili come fa ad esempio una Tesla, noi guidiamo come si va a caccia, cioè anticipando tutto quello che si muove, ovvero, anche grazie alle saccadi oculari che precedono le traiettorie, tracciamo la traiettoria di inseguimento e ci troviamo dove la preda deve arrivare od evitiamo il predatore. Quindi le macchine a "guida automatica" non stanno guidando nel senso in cui lo facciamo noi, ma lo chiamiamo comunque "guidare" – per ora funzionano malissimo ovvero non sono affatto "autonome". Questo, appunto, per me è una costruzione di miti sull'intelligenza artificiale, un'iterazione di promesse e di analogie che restano confuse.

Torniamo ad esempio sull'uso della nozione di "apprendimento profondo" (deep learning). Questa nozione evoca prima di tutto l'apprendimento negli animali (e negli esseri umani). Tuttavia, il vivente impara solo se ciò che apprende ha senso per lui, per il cibo, la sessualità, l'affetto, la condivisione in gruppo...: possiamo costringere un animale o un bambino a imparare senza senso, con la violenza o con la ricompensa, ma è difficile. Imparare a memoria una poesia in una lingua ignota, ad esempio, è una tortura, come costringere un animale ad agire senza che abbia senso per lui. Sappiamo ormai che anche le "deformazioni" della corteccia visiva primaria, dovute al segnale elettrico che arriva della retina, sono modulate dai sensi: anche al primissimo livello della percezione visiva, dunque, dare un significato a ciò che si percepisce modifica le tracce neurali del "vedere" e rende ricordare possibile.

In questo senso, l'archiviazione digitale nei media elettronici ovviamente non costituisce apprendimento, anche quando è "rivedibile". Infatti, attraverso i metodi computazionali precedentemente menzionati, è possibile modificare dinamicamente l'archiviazione digitale al fine di identificare le invarianti di determinati contenuti (immagini, suoni, lingue) – una prestazione tecnica notevole. Ma si tratta ancora di archiviazione numerica rivedibile, non di apprendimento, basato su tutta una ricchezza di senso, interpretativa, necessaria al processo animale! E poi si definisce questa memoria digitale rivedibile come

⁴ Si veda il dibattito con Alain Supiot, Stephane Mallat, Bernard Stiegler ... al Collège de France, in cui abbiamo discusso di queste questioni: <https://www.college-de-france.fr/agenda/colloque/le-travail-au-xxie-siecle-droit-techniques-ecoumene/table-ronde-la-revolution-numerique>

“profonda”, per via dell'idea audace, sviluppata negli anni '80 e '90, di mettere le reti bidimensionali di neuroni formali su più strati: siamo passati da “piatti”, in due dimensioni, alla “profondità” delle tre dimensioni. Si tratta di un cambiamento tecnicamente importante, ma la nozione di “deep learning” evoca la profondità di un pensiero, del Requiem di Mozart... In questo contesto, l'espressione è fuorviante - pubblicitaria. Smettiamola di parlare di “deep learning” e chiamiamolo per quello che è: è “archiviazione digitale rivedibile”

Passiamo alla questione del lavoro umano.

«La macchina può sregolarsi e presentare quindi le caratteristiche di funzionamento analoghe alla condotta folle di un essere vivente. Ma non può ribellarsi. La ribellione, infatti, implica una profonda trasformazione dei fini del comportamento, e non uno sregolamento della condotta.» Simondon (2007)

Questa citazione di Simondon ci dà il senso di un mondo costruito intorno a questi miti, un mondo che tende a canalizzarsi su comportamenti protocollari. L'iterazione del gesto come lo fa la macchina vuole essere proposta come forma di vita. Pensate al ruolo che viene dato ai giochi, al battage pubblicitario fatto quando Deep Blue batte Gasparov a scacchi: si trattò di una grossa impresa, c'era tutta la storia degli scacchi resa accessibile alla macchina, Gasparov si è trovato a giocare contro una gestione intelligentissima delle strategie usate in 100 anni di scacchi. Con Alpha Go è stato un po' diverso, i sistemi di archiviazione digitale rivedibile erano più maturi e la macchina “imparava” a costruire una dinamica di configurazioni originale, e la vittoria in quel caso è stata schiacciante. Alternando metodi di ottimi e metodi di Monte-Carlo, che permettono di comparare traiettorie, superfici, ecc. in modo stocastico, la macchina ha costruito percorsi di ottimo in spazi di fasi (parametri ed osservabili) immensi, delimitati grazie alle esplorazioni aleatorie alla Monte-Carlo, provando e riprovando, imparando per così dire dalle costruzioni di strategie fatte, comparandole anche giocando contro se stessa.

Che commenti sono scaturiti da queste vicende? Il messaggio principale è stato di dire a giovani che passano molto tempo a giocare di fronte a uno schermo che la macchina batte i migliori campioni nei più difficili dei giochi: voi siete delle nullità rispetto a tutto ciò, dovete accettare ogni condizione di lavoro altrimenti vi rimpiazziamo con delle macchine.

Allora ovviamente questo rimpiazzamento degli umani da parte delle macchine può avvenire in alcuni mestieri, ma l'idea dopo Deep Blue sul finire degli anni '90 era quella di vendere questi sistemi per utilizzarli in altri campi, diversi dagli scacchi. Ma questi usi diversi in effetti non ci sono stati. Lo stesso per Alpha Go: nel 2016 il Houston Cancer Center ha comprato un cugino di Alpha Go, Watson, per l'aiuto nella diagnosi e nella prognosi del cancro. Nella primavera del 2021 dopo aver speso 50 mln di dollari, hanno buttato il programma, non ci hanno fatto

niente. Una totale non-trasferibilità della tecnica⁵. La difficoltà di muovere una macchina da un ambito a un altro corrisponde in realtà a qualcosa di teoricamente molto profondo. Partiamo dalla considerazione che questi sistemi funzionano sempre tramite metodi di ottimizzazione, almeno tutte le volte che usano metodi matematici nel continuo (wavelets, normalizzazione...), ovvero in spazi di fasi molto grandi e complessi si cerca di ottimizzare una funzione, generare una traiettoria ottimale (“estremale”). L’operazione svolta dalla macchina corrisponderà allora al valore minimo (o massimo) che tale funzione può assumere, localmente o globalmente. Un risultato non banale, Ben-David et alii (2019), dimostra che l’esistenza dell’ottimo è equivalente all’ipotesi del continuo in teoria degli insiemi, si tratta quindi di una prova di “indimostrabilità” di detta esistenza. In breve, questo risultato vieta l’esistenza di metodi uniformi ed effettivi per costruire gli ottimi: nel quadro matematico adeguato a questi metodi, la teoria degli insiemi, per ogni nuovo problema ci vuole una tecnica ad hoc, ovvero, appena si cambia ambito in un modo significativo, abbiamo bisogno di un matematico che costruisca una nuova tecnica di ottimizzazione. Oltre quindi l’evidenza, c’è quindi un limite matematico intrinseco, per cui una volta costruito Alpha Go, un programma complesso e difficile, esso è capace di giocare solamente a Go o ben poco altro.

Esiste da parte di molti comunque uno stupore per la creatività e la complessità di questi programmi. Facciamo un’analogia prendendo un argomento che all’apparenza è molto distante, consideriamo le nuvole: le superfici delle nuvole prendono forme in spazi molto complicati, determinati da umidità, correnti, temperature, ecc., rispettando sempre dei principi di ottimo – sono delle superfici geodetiche, matematicamente parlando. Se qualcuno rintraccia nelle nuvole il profilo di un parente, il naso dello zio, sempre forme imprevedibili, nuove, questo non significa che la nuvola sia “creativa”. Avviene lo stesso quando parliamo di “creatività delle macchine”, che come le nuvole, seguono percorsi di ottimo, con un aggiunta di aleatorio quando necessario (esplorazioni con metodi di detti Montecarlo, dicevamo). L’impredittibilità di traiettorie in dinamiche complicatissime, non lineari, in spazi di parametri immensi, nuvole o macchine che siano, non ha nulla a che vedere con l’invenzione di nuovo senso, la “creatività” che è l’invenzione di nuovi possibili, l’immaginare nuove configurazioni di senso. La questione sta nel tipo di sguardo che indirizziamo verso le macchine e i loro processi, come quando guardiamo le nuvole: loro non inventano nulla, noi vi leggiamo con sorpresa il profilo della zia. Le nuvole di molta pittura religiosa tardo rinascimentale italiana, in crocifissioni e deposizioni ad esempio, che, tormentate, esprimono la sofferenza del mondo al cospetto della morte di Cristo in croce, quelle sono creazione dell’artista, ricca di senso.

⁵ Contro le promesse che ci assicuravano che con Deep Blue e Alpha Go si sarebbero risolti mille problemi, fatte mille cose, nel libro racconto i fallimenti di varianti, come quello di Watson, venduto a caro prezzo come ausilio nella cura del cancro. Più di recente, si è osservato che Alpha Go non sa giocare, come sa fare ogni buon giocatore, sulle vecchie “scacchiere” a 17 caselle, invece delle 19 moderne... bravissimi colleghi, esseri umani esperti, riusciranno di certo e presto a parametrare la macchina su ogni dimensione della scacchiera.

Un altro mito che voglio prendere in considerazione è quello dei *big data*: la credenza cioè nelle enormi possibilità permesse dall'esistenza di immense basi dati come sostitutive della comprensione, vedi della teorizzazione; è indubbio che si tratti di una grande ricchezza, ma non è possibile rimpiazzare la costruzione teorica, con cui noi cerchiamo di dar senso a questo o quel processo, con l'individuazione di correlazioni ad opera delle macchine. Esiste un risultato classico in teoria combinatoria dei numeri⁶: consideriamo una regolarità, ad esempio una sequenza lineare⁷, allora esiste un numero N tale che ogni insieme di dati di cardinalità almeno N contiene la regolarità selezionata. E questo è vero anche per dati ottenuti in maniera aleatoria, ad esempio lanciando dadi. Ovvero, scelta comunque una regolarità, se si prendono insiemi di numero abbastanza grandi, questi la contengono di certo, Calude, Longo (2017). Quindi, utilizzando la matematica, vediamo che è vero l'opposto della mitologia qui sopra: più dati abbiamo, più esistono regolarità spurie, cioè insensate. Oltre il nostro risultato in nota, su internet è possibile trovare una lista di queste correlazioni spurie, raccolte in chiave ironica, sul sito *Spurious Correlations*.⁸

Questi sono solo esempi, ma voglio sottolineare che la costruzione di senso umano è una priorità anche nella proposta di una conoscenza scientifica, e dietro alcuni discorsi ricorrenti ci sono fallimenti nella comprensione di cos'è la costruzione scientifica e la costruzione di senso.

Voglio adesso riprendere il filo di una storia, quella dei fondamenti della matematica, che in queste vicende credo abbiano avuto un ruolo enorme. La discussione sui fondamenti è stata un prodromo al discorso del nuovo meccanicismo che ha caratterizzato la seconda metà del ventesimo secolo, anzi forse è stata il primo motore di queste nuove visioni. Perché verso la fine dell'800 inizia una discussione sui fondamenti della matematica? In quel periodo ha luogo una crisi catastrofica nel rapporto allo spazio. Fino all'arrivo delle geometrie non euclidee e a Riemann, non esisteva dibattito sui "fondamenti": la matematica era fondata sulla geometria di Euclide in spazi cartesiani. Il rapporto al mondo era chiaro, come dice Galileo: l'universo è scritto in un linguaggio matematico basato sulle forme euclidee – cerchi, quadrati...; anche la costruzione newtoniana si basa sugli stessi principi, non c'è dubbio sul fatto che lo spazio sia quello di Euclide e Cartesio. Gauss, Lobacevskij, Bolyai, cominciano a pensare spazi curvi. Possono farlo perché, venuta meno la solidità del quinto postulato di Euclide, si sa dare modelli che lo negano, crolla la certezza nella costruzione dello spazio. Frege propone che in questa situazione di "delirio" ci si rivolga all'aritmetica, e si fondi la matematica sull'induzione aritmetica e la logica. Hilbert riprende questo discorso, sia pure in modo diverso, e propone di codificare le geometrie nell'aritmetica e di

⁶ La combinatoria è quella branca della matematica che si occupa dei metodi di conteggio e del calcolo di probabilità o ricerca di regolarità su insiemi finiti o numerabili.

⁷ Una sequenza lineare è una successione numerica tale che la differenza tra due termini successivi è sempre la stessa.

⁸ <https://www.tylervigen.com/spurious-correlations>

ricercare una dimostrazione di coerenza dell'aritmetica. Questa dimostrazione di coerenza formale (non contraddittorietà) andrebbe a sostituire la ricerca di senso geometrico. Si tratta insomma di una proposta che trasferisce nell'aritmetica il rapporto tra geometria e spazio, tramite codifiche delle proprietà spaziali in numeri. Quindi l'aritmetica si assume la responsabilità della validità delle teorie geometriche, tramite la sua coerenza, cioè la non-contraddittorietà.

Il salto di paradigma quindi ha due aspetti centrali:

1. si perde il rapporto tra geometria e spazio, visto che alla geometria è richiesta solo una prova di coerenza logica;
2. si riporta il problema dei fondamenti all'aritmetica, quindi in un certo senso si torna a Pitagora, dando a questa il ruolo di fondamento ultimo del mondo.

Questo programma va presto incontro a una *débauché*, perché Godel dimostra con metodi finitistici (cioè con gli strumenti stessi dell'aritmetica) che l'aritmetica non è dimostrabilmente coerente né completa. Dimostra cioè che esistono asserti di cui non può essere provata la validità, ma dei quali è impossibile provare anche la negazione, e fra questi c'è l'asserto di coerenza.⁹ La proposta di Hilbert era molto ambiziosa: non potendo più trovare una coerenza (ed un senso) alla geometria nel rapporto allo spazio, ci si rivolge all'aritmetica. È una proposta potente anche perché risolve il problema dell'ontologia in matematica: alla domanda “esistono gli oggetti matematici?” “Le rette, i cerchi... , sono nella mente di Dio?” Hilbert risponde che è sufficiente la coerenza della teoria che ne tratta. Quindi se dimostro l'esistenza di un oggetto in una teoria coerente, questa è la sua esistenza senza bisogno di altre ontologie. Si tratta di una svolta, perché da Platone a Sant'Agostino fino a Galileo c'era sempre stata un'ontologia: i triangoli sono nella mente di Dio o comunque pre-esistono al mondo, così come pensano anche oggi molti colleghi matematici. Questo atteggiamento è comprensibile perché il matematico “vede” gli oggetti matematici, e quindi è portato a pensare ad una loro solidità ontologica. La ricchezza e originalità filosofica della svolta linguistica hilbertiana sta nella possibilità di fare a meno di questa ontologia: la scrittura degli assiomi e il calcolo deduttivo sono fondanti di per sé, come calcolo dei segni, e proprio perché “senza senso” danno certezza, a differenza delle ambiguità dello spazio geometrico, del “delirio” delle geometrie non-euclidee.

Con Hilbert sono i segni, la manipolazione formale, numerica, di stringhe, a diventare il fondamento della matematica. Un processo “potenzialmente meccanizzabile”, come dice lo stesso Hilbert nonostante non abbia ancora nessuna macchina aritmetica. Sta pensando alla macchina alfabetica, od alfa-numerica astratta. Questa possibilità di riproduzione meccanica di un processo è per Hilbert la “soluzione definitiva”, finale, al problema dei fondamenti, una cosa un po'

⁹ Il primo teorema di incompletezza afferma che per ogni teoria T sufficientemente espressiva da contenere l'aritmetica di Peano, se T è coerente esiste una formula f tale che né f né la sua negazione “non f”, possono essere dimostrate. Il secondo teorema di incompletezza afferma che se T è coerente, non è possibile dimostrare la coerenza di T con i metodi di T, ovvero con procedure “finite” o codificabili in aritmetica.

lugubre da dire in Germania negli anni '20. Per fortuna nelle scienze non esiste una soluzione finale.

Quindi questo filone ha una proposta epistemologica, solida e potente ma con qualcosa di terrificante: distaccare l'attività della matematica dal senso, fondarla proprio in quanto priva di senso e... fondarla sull'aritmetica, la teoria formale dei numeri. Si apre in questo modo la via alla macchina numerica, all'informatica.

Negli anni '30 i fondatori della teoria della calcolabilità, come Church e Turing, diranno cos'è questa macchina hilbertiana. Nel '35 Turing, con grande fantasia, "si fa" macchina (si veda la "lettera a Turing", in appendice al mio libro, Longo (2022)), concepisce l'idea che con un foglio quadrettato ed una serie di operazioni semplici (scrivere 0,1, spostare a destra o sinistra il luogo di scrittura), si possano fare tutti i calcoli e deduzioni effettivi cui pensava Hilbert, e ci indovina – la sua macchina risulterà massimamente espressiva per il calcolo effettivo, non si può far di più. Poi, riesce a scrivere una funzione aritmetica che non si può calcolare. Un risultato negativo che dà l'impulso alla teoria della calcolabilità, Rogers (1967): al fine di dimostrare che non tutte le funzioni sono calcolabili, è necessario definire cosa sia precisamente una funzione calcolabile. Anche Church e Gödel definiscono in modi diversi (meno semplici) classi di funzioni non calcolabili, che poi si riveleranno equivalenti alla classe definita da Turing.

Quindi è stato individuato un grande invariante, quello di funzione calcolabile, che dà un senso matematico al fatto di essere potenzialmente meccanizzabile: significa essere esprimibile tramite una funzione calcolabile. Questo è stato possibile a partire da un risultato negativo, perché il fatto che esistano funzioni non calcolabili rende necessario definire con precisione la calcolabilità, come dicevo. Procedure algoritmiche sono sempre esistite, ma quando si riesce a esprimere con precisione un risultato negativo nell'ambito della calcolabilità, nasce l'idea di macchina.

Questa nuova idea di macchina è molto potente, Turing stesso se ne rende conto. Nel suo primo articolo parla di una macchina ingenua e semplice, che proprio per questo è molto potente. L'articolo del '50 "il gioco dell'imitazione", un articolo molto bello, è purtroppo letto e divulgato oggi quasi soltanto da teorici dell'intelligenza artificiale: è un elemento cruciale della discussione nel mio libro Longo (2022), e ne parlo a lungo nella "lettera a Turing" che conclude il testo. Nell'articolo c'è un osservatore che tramite uno strumento di comunicazione digitale deve capire se sta interagendo con una macchina o con una donna. Si può sentire il dramma di Turing, omosessuale, che sa che nell'Inghilterra di quegli anni, la polizia può chiedergli in ogni momento : sei un uomo o una donna? Le domande sono del tipo "hai i capelli lunghi o corti?" "sai scrivere una poesia?" - banalità, riconosciamolo. Poi gli chiede di sommare due grossi numeri. E la macchina, nella Cambridge misogina degli anni '50, per imitare una donna deve sbagliare quel calcolo. Nello sviluppo di questo gioco introduce osservazioni che poi saranno fondamentali nell'articolo sulla morfogenesi. Ad esempio osserva che la macchina ha un comportamento stabile, è "laplaciana", dice, ovvero è

predittibile, mentre nei fenomeni non lineari lo spostamento di una particella di un millesimo di millimetro può causare la morte di un uomo per una valanga l'anno successivo, dice con grande *insight* per l'epoca – quello che Lorentz chiamerà negli anni '70 l'effetto farfalla. Invece, quasi tutti i fenomeni fisici sono sensibili alle condizioni iniziali ed al contorno – la sua macchina non lo è, scrive. Ed in effetti ne realizziamo di straordinariamente stabili: iterano sempre in modo identico.

L'articolo sulla morfogenesi a mio avviso è un vero capolavoro. Di nuovo, con un estremo gusto della semplicità, Turing concepisce sistemi di equazioni non lineari nel continuo che diventeranno un pilastro nello studio della generazione delle forme. Si tratta di processi di tipo fisico che si presentano nel vivente. Si applicano benissimo ad esempio alla formazione dei colori, nelle diffusioni di tipo chimico, alla costruzione di conchiglie. Cioè ai fenomeni legati alla materia inerte prodotta dal vivente. L'articolo sulla morfogenesi verrà ignorato per vent'anni. Evelyn Fox Keller sostiene che fino ai suoi lavori del '71-'72 nessuno praticamente aveva citato l'articolo del '52 di Turing. Dalla fine degli anni '90 in poi invece è diventato un grande riferimento per i lavori di morfogenesi “di tipo classico”. Qui è importante fare una precisazione. Come già dicevo esiste una impostazione classica dell'intelligenza artificiale che consiste nel fornire una teoria assiomatica del mondo al robot, che dovrebbe dedurre tutto ciò che gli è necessario a partire da questa teoria assiomatica. Queste tecniche poco funzionanti sono state spazzate via da altre tecniche come il “deep learning” (archiviazione numerica rivedibile!), delle reti di neuroni a molti strati, che (anche se hanno limiti di cui abbiamo provato a parlare) sono state una vera svolta. La loro dinamica di forme è più vicina alla morfogenesi del '52.

In biologia ci troviamo però ancora al livello dell'intelligenza artificiale classica. Il libro del 2017, Doudna, Sternberg (2017),¹⁰ con Doudna poi vincitrice del Nobel per la chimica nel 2020, parte enunciando il dogma centrale della biologia molecolare: il DNA è una stringa nella quale è contenuta tutta l'informazione per l'ontogenesi; si tratta quindi di un'impostazione assiomatica della biologia. L'informazione fluirebbe dal DNA ai fenotipi, ne dedurrebbe l'ontogenesi come da un software. Il libro di Doudna ci dice che possiamo riprogrammare l'evoluzione, e Isaacson (2021), suo seguace scrive un altro libro apologetico. E le questioni vengono poste nei termini di promesse grandiose: cambiamento climatico? Possiamo riprogrammare il genoma umano per sopportarlo – dice Isaacson.

Questi filoni ancora dominanti si muovono all'interno di un paradigma formalista che presuppone la coerenza del sistema assiomatico che sarebbe contenuto nel DNA, e la sua completezza. La coerenza perché appunto il codice contenuto nelle molecole di DNA sarebbe in grado di trasferire un'informazione non contraddittoria. Per completezza invece si intende che ogni struttura macromolecolare sintetizzabile dall'organismo, è codificata in modo univoco dal codice genetico. La completezza suppone la stereospecificità esatta delle

¹⁰ A proposito del libro si veda Longo (2021).

interazioni macromolecolari che avvengono nell'organismo: per stereospecificità si intende la proprietà di una reazione di determinare univocamente la configurazione chimico-geometrica delle molecole prodotte a partire dalla configurazione chimico-geometrica delle molecole reagenti. Monod lo dice esplicitamente in un libro del '71: è necessario che le interazioni macromolecolari siano stereospecifiche in modo esatto per trasmettere informazioni. Invece, queste interazioni di enormi molecole con enormi oscillazioni entalpiche possono essere trattate solo in maniera statistica e non c'è modo di conoscere sempre la geometria dei prodotti a partire da quella dei reagenti, cioè di supporre una stereospecificità esatta.

Esiste una vera e propria ideologia della scrittura alfabetica completa. Si tratta in fondo della stessa visione di Hilbert, che all'epoca portava una innovazione e si muoveva dentro processi di prova rigorosi; oggi in biologia mi sembra invece che le ipotesi dietro ai filoni dominanti della biologia molecolare siano carenti e nemmeno chiaramente esplicitate. E molte tecniche, difficili, complesse, vengono sviluppate a partire da questi filoni. Facendo un'analogia storica, pensiamo all'astronomia araba che era avanzatissima: Ibn Yunus (circa 100 DC, Egitto) era in grado di misurare la posizione delle stelle fisse con un livello straordinario di approssimazione, aveva una dettagliata conoscenza di tutti i corpi celesti visibili, grazie anche all'invenzione della trigonometria sferica, ma in un quadro teorico tutto sbagliato, perché tolemaico. Allo stesso modo penso che il quadro teorico degli studiosi come la Doudna sia completamente sbagliato, pur accompagnato da grande tecnicità, e penso che ne paghiamo un alto prezzo, perché di continuo ci ripetono il mito del pilotaggio dell'organismo e di terapie genetiche a venire, nonché di nuovi OGM da piantare. Trovo che una caratteristica di questa impostazione sia quella di fare principalmente promesse: il libro della Doudna è fatto per circa la metà di promesse. Per fare un confronto storico, i libri di Monod e Jacob, che al livello teorico non condivido, raccontavano i risultati scientifici e proponevano teorie, senza alcuna promessa, invece lo stile dei libri più recenti è molto diverso – si promuovono “start up”. Possiamo collegare questo fenomeno a un cambiamento anche nell'organizzazione del finanziamento della ricerca: la diffusione dei finanziamenti a progetto è collegata alla nuova abitudine di molti scienziati di fare promesse, di presentare le loro ricerche a partire da queste promesse che devono presentarsi come scommesse riuscite, tutto questo con lo scopo di poter poi essere finanziati. Fino a chi fa ricerca solo per lanciare start-up, da ri-vendere quando valgono abbastanza in borsa, grazie a mille promesse, prima di qualsiasi realizzazione pratica.

Quindi siamo partiti da un discorso sui fondamenti della matematica per capire alcuni grossi filoni di dibattito tecnico-scientifico contemporanei: intelligenza artificiale e biologia molecolare. Entrambe basate su un notevolissimo cumulo di tecniche, per questo vale la pena di parlare di tecno-scienze. Alcune di queste

tecniche sono difficili e importanti, come CRISPR¹¹, straordinaria tecnica di modificazione del DNA introdotta da Doudna e Charpentier. Si tratta di un meccanismo usato dai virus, trasformato in una tecnica di laboratorio di intervento sul DNA, con un quadro teorico però molto carente. Per esempio viene spesso presentata come una tecnica di editing esatto, quando l'esistenza di effetti off target è conosciuta da tempo, dovuta al continuo movimento delle strutture molecolari. In più, l'azione di questa tecnica viene sviluppata su centinaia o migliaia di cellule contemporaneamente, e poi tramite cherry picking vengono scelte quelle su cui il processo ha funzionato. Ma si è costruito un tale pregiudizio dell'esattezza meccanica, che queste persone arrivano infine onestamente a mentire, cioè a non raccontare correttamente il processo tecnico, ampiamente aleatorio e con mille side-effects.

Voglio precisare che la storia delle tecniche di biologia molecolare di cui ho parlato è anche una storia di successi pratici e teorici. Quella che io metto a critica è l'egemonia teorica del genocentrismo, con il conseguente ostracismo di tanti che davano un ruolo alla cellula, al tessuto, l'organismo, l'ecosistema... come McClintock o Waddington. Penso che l'egemonia genocentrica abbia ritardato di decenni l'arrivo dell'epigenetica, e che esista un doppio linguaggio: in privato, quasi tutti quei biologi molecolari che scrivono libri di testo del tutto geneocentrici, riconosco che i loro "dogmi" sono errati, od approssimativi. Esistono fasi in cui "si va a tentoni", è successo nella storia della scienza che prima arrivasse una tecnica e solo successivamente una proposta scientifica solida; la condizione specifica in cui viviamo è diversa: vengono scritti e raccontati principi teorici sbagliati, anche rispetto alla costruzione effettiva delle tecniche, ed addirittura riconosciuti sbagliati da molti che continuano a farci riferimento. C'è un vuoto teorico che non si riconosce. La questione dell'onestà in scienza è difficile da isolare, la mia ipotesi è che ciò che permette di affrontare al meglio questo aspetto e ti dà delle rotaie anche etiche è l'esistenza di un quadro teorico, rigoroso, potente – è questo quel che manca in biologia dell'organismo.

Un altro concetto approfondito nel mio libro "matematica e senso" è quello della "ragionevole efficacia della matematica". Esistono alcuni gesti fondatori del nostro rapporto allo spazio: Poincaré diceva che valutare la distanza di un oggetto significa immaginare il movimento per raggiungerlo. Credo che la costruzione di invarianti nel movimento, e, molto dopo, nella scrittura, sia la radice del senso. E mi spingo fino a dire che anche nell'embriogenesi noi ritroviamo questa differenziazione progressiva affiancata da costruzioni di senso. L'organismo

¹¹ Il metodo, più propriamente denominato CRISPR/Cas9, si riferisce all'utilizzo della proteina Cas9 per "tagliare" specifici segmenti di DNA individuati tramite il sequenziamento genomico. Si tratta di una tecnica più efficiente delle precedenti, che consiste appunto nell'azione di proteine "guidate", e nella selezione a posteriori (cherry picking) dei filamenti genetici dove il taglio è avvenuto correttamente, eliminando quindi i casi dove si vedono effetti off-target, in area attese – ma a posteriori se ne possono trovare di totalmente imprevisti, in zone sempre nuove.

embrionale in ogni tappa del suo sviluppo è un organismo, ha una sua unità organica, nel mentre diventa un nuovo organismo, e i nuovi stimoli, i nuovi colpi (un colpo fisico, il battito cardiaco della madre o la sua voce,...) acquisiscono ogni volta un senso. Si costruisce per differenziazione a partire da una cellula, nulla a che vedere all'assemblaggio di una macchina. L'ontogenesi è la prima demarcazione nella differenza del rapporto al mondo, nel dargli senso: un pupo non si costruisce avvitando le dita su una mano, mettendo un occhio in un buco, come si fa con ogni macchina – e questo è cruciale. Questa distinzione ed altre sono al cuore del mio “Matematica e senso” – ovvero la costituzione storica del senso.

Torniamo sul tema della necessità e della contingenza. Nel ragionamento sulle specificità del vivente, ha molta importanza la nozione di finalità contingente, che intendo come un modo per cogliere la contingenza della vita, e dell'azione del vivente. C'è bisogno però di caratterizzare meglio la specificità del vivente. La più caotica delle dinamiche e il più imprevedibile dei fenomeni fisici, sono processi necessari: un uragano per il nostro apparato di modelli scientifici è un fenomeno che in certe condizioni si produce necessariamente – anche se può esser dato in probabilità. In biologia quasi nessun fenotipo¹² è necessario. C'è una contingenza del formarsi del fenotipo che è anche storicità del contesto, correlata quindi a un tipo di finalismo che è proprio al vivente: riproduzione con variazione (primo principio di Darwin). Quindi si attribuisce la riproduzione come finalità per parlare del vivente, così come per le funzioni degli organi, quando si dice che il polmone serve per respirare non dobbiamo attribuire a questa affermazione un valore ontologico. Un organo poteva sempre non esistere. La nascita dell'organo dà luogo poi a una nicchia ecologica, perché l'organo crea uno spazio d'azione nuovo grazie alla nuova struttura e funzione. E' una novità contingente non necessaria, quindi un nuovo spazio di possibili. Prima dei gnateostomi, grandi vertebrati di 250 mln di anni fa, non c'era l'udito, né la nuova nicchia di azione e di vita che questo ha permesso.

Tutto questo fa parte di una storia naturale, mentre la scelta della politica di prendere certe tecniche e farne miti, in Intelligenza Artificiale e Biologia Molecolare, mi sembra situarsi su un altro piano. Tra questi forse il principale mito è quello del technofix: una soluzione tecnica senza scienza. Questo è il caso della biologia molecolare per esempio e le risposte che propone sulla linea degli OGM, e di alcuni campi della biologia che mancano di un quadro di esplicitazione dei principi. E questo quadro è da sempre, dai greci, ciò che noi consideriamo come il fondamento di una costruzione scientifica. La conseguenza è che in questi campi si usa un doppio linguaggio. E contemporaneamente le tecniche subiscono un enorme sviluppo e una enorme diffusione (i kit per CRISPR si comprano su internet). Ciò permette di moltiplicare le pubblicazioni e quindi di ricevere finanziamenti. Ma ovviamente può avere anche risvolti pericolosi se si

¹² Il fenotipo è l'insieme delle caratteristiche manifestate da un organismo: include aspetti morfologici, funzionali, biochimici e fisiologici. Contrapposto al genotipo, cioè al bagaglio genetico dell'organismo stesso.

sottovalutano gli effetti indesiderati di una certa tecnica – ricordo che nel 2014 l'amministrazione Obama sospese i finanziamenti di esperimenti di “gene-editing” (in particolare quella che si chiama di “gain of function”, che modifica od arricchisce le capacità di interazione/azione dei virus) e le tecniche dell'epoca erano meno potenti di oggi. La sospensione fu annullata da Trump, nel 2017.

Il libro Morand, Figuié (2016), documenta la crescita letteralmente esponenziale delle epidemie, dovute a zoonosi al 70% alla rottura di nicchie ecologiche (ad esempio, deforestazioni ed installazione di allevamenti intensivi). Invece di prepararsi fermando quei processi e attrezzando i sistemi sanitari, il mito del technofix si riproduce. Il presidente della Bayer ha dichiarato che d'ora in poi non c'è più problema, per ogni nuovo virus programmeremo un apposito vaccino a mRNA. C'è un effetto ulteriore, cioè che mentre questa mitologia è in espansione, non si parla per niente delle cause delle continue zoonosi, ma solo delle soluzioni contingenti. Si tratta quindi a mio parere di una copertura pseudo-tecnica di scelte politiche. Penso che nel caso del Covid, dal punto di vista epistemologico, non c'è una differenza sostanziale tra l'origine artificiale o naturale del virus che lo provoca: è da attribuire ad una stessa cultura della meccanicità del corpo e dell'ambiente che vengono aggrediti a piacimento. In un caso producendo un virus che può sfuggire al controllo, nell'altro con la deforestazione incontrollata e l'allevamento intensivo che causano zoonosi.

Uno dei motivi che spiegano il successo di certi miti che reputo dannosi, come quelli di una universale calcolabilità informatica (si può calcolare tutto), oppure degli abusi di metodi di ottimo, sta nell'egemonia economica di alcuni modelli finanziari. Penso che il passaggio da un capitalismo della accumulazione e l'investimento ad un capitalismo finanziario sia stato cruciale. Secondo la tradizione neo-liberale la *governance* dell'economia è fatta tramite gradienti locali, questo ha un significato non solo al livello di modelli economici, ma ci dice anche che la cultura soggiacente è quella dell'ottimizzazione locale: la promessa di una soluzione immediata è vincente. Il technofix che omette persino di discuter le cause ne è un caso tipico: soluzione rapida e locale, senza prospettiva né progetto. Va sottolineato che comunque questo sistema di promesse fallisce continuamente, ad esempio è dalla *War on cancer* di Nixon del 1971 che vengono promesse terapie genetiche contro il cancro per il ... 1976 (bicentenario della rivoluzione americana), e queste terapie ancora oggi non esistono – si è provato a farle con l'mRNA e da questo fallimento deriva il “vaccino”. Le cause del raddoppio in 40 dell'incidenza del cancro vengono omesse (inquinamento, perturbatori endocrini, come pesticidi, plastiche nell'ambiente etc.), Thomas Zoeller et alii (2012). Esiste comunque un'egemonia tale per cui questi “insuccessi” lunghi 50 anni riescono ad essere taciuti. Io trovo che esista proprio una cultura del gradiente locale¹³, che funziona

¹³ Il gradiente è il vettore definito tramite calcolo matematico che indica la direzione in cui una data grandezza si riduce. Il gradiente è nullo in un “punto stazionario” (un minimo o massimo locale, o un punto di sella). Studiando il gradiente locale è quindi possibile ottenere ottimizzazioni locali di una funzione, cioè individuare i punti dove la funzione raggiunge valore minimo in un certo intorno di prossimità.

bene in fisica, ma che domina anche la cultura economica e sociale. Quindi l'ottimizzazione locale pervade pratiche che sottraggono valore all'aspetto di conoscenza e non porta a previsioni ed azioni che a breve termine. La teoria dell'evoluzione ad esempio è una teoria di conoscenza che non fa previsioni. Invece la biologia molecolare è costruita per “fare delle cose”, rapidamente, e si sviluppa dentro una struttura intrecciata con interessi economici.

Andando sul concreto, nel 2019 è stato consegnato un rapporto dal centro Ramazzini per il cancro di Bologna sulla situazione di Taranto, che stima che in un'area grande come Bologna intorno all'acciaieria ci sia una mortalità da cancro del 65% invece che il 35% nazionale. Le acciaierie non sono state modernizzate per 20-30 anni perché il costo dell'ammodernamento sarebbe stato eccessivo, e avrebbe reso poco competitiva l'acciaieria. Quindi l'ottimizzazione locale della produzione dell'acciaio è stata scaricata sul lungo periodo sulla società e su qualcosa di difficilmente monetizzabile come la salute di tutta una popolazione e dei tanti morti – ma se lo si vuole monetizzare, letto il rapporto, molto informalmente, lo stimo ad un paio di miliardi, considerando il costo delle terapie – quante acciaierie si sarebbero potute rinnovare?

Per me una possibile risposta a tutto questo è la costruzione di una scienza intorno alla relazione con la natura. Penso che esista un principio di precauzione: quando il quadro teorico è sbagliato, lo strumento non andrebbe utilizzato. Dicendo questo sto esprimendo un giudizio scientifico, espellendo qualcosa dal campo delle scienze, la pratica degli OGM basata sul “dogma centrale” delle biologia molecolare. Questa è la risposta che possiamo dare all'interno dei nostri mestieri scientifici: la richiesta di rigore teorico, di esplicitazione di principi e di loro critica, facendo un passo di lato. Poi esiste una risposta di tipo politico, che necessita di mediazioni ed in questo il ruolo del giornalismo è un grosso problema. Dobbiamo però insistere sulla ricerca scientifica e sull'appropriatezza della riflessione epistemologica e filosofica, come criterio guida anche per fare queste distinzioni come “breve” e “lungo” periodo che dicevamo sopra, nel rapporto fra cumuli di tecniche e conoscenza scientifica.

Pensiamo ad esempio alla questione degli OGM: sul breve periodo funzionano, riescono a aumentare la produzione agricola, ma sul lungo periodo vediamo già oggi i loro effetti. La fascia nord del Messico aveva in passato 50 varietà di mais, ora si sono ridotte a 5, questo porta una grande fragilità in caso di condizioni climatiche avverse, come la siccità, perché riduce la resilienza agricola. Questo accade perché l'intervento di diserbanti e pesticidi non è (stereo-)specifico, non vengono uccisi solo i fattori avversi, il singolo parassito nocivo, ma anche molti altri elementi che arricchiscono il suolo, quindi sul lungo periodo si ha un suolo più povero ma nel breve periodo con i fertilizzanti della Bayer si riesce a compensare. Come ENSSER¹⁴, sappiamo da colleghi messicani, ma è difficile provarlo, che nel

14 European Network of Scientists for Social and Environmental Responsibility <https://ensser.org/>

2018 almeno 8 tra biologi o giornalisti scientifici che studiavano questi temi sono stati uccisi, così come molti *campesinos* od *indios* – ma questi chi li conta?

Dopo le tecniche in biologia molecolare, torniamo a quelle della Intelligenza Artificiale, l'altra conseguenza del mito del "tutto calcolabile", sia pure oggi con strumenti ben più fini della poverissima (e vaga) nozione di "programma" cui fanno ancora riferimento troppi genetisti (e facevano riferimento gli intelligenti artificiali classici). Sicuramente i sistemi di riconoscimento basati su tecniche di Deep Learning sono molto interessanti e sono un contributo importante alla matematica per i metodi che ne prendono e sviluppano. Lo snodo su cui porre attenzione è la nostra teoria dell'umano e della macchina. Se abbiamo delle "buone" teorie, allora i nuovi strumenti di intelligenza artificiale possono esser capiti come delle forme di exosomatizzazione interessante (per riprendere un'idea di Bernard Stiegler): come quando l'uomo inventa dei nuovi strumenti meccanici, dalla clava alla macchina utensile. Evidentemente nuovi strumenti più complessi significano un accumulo di exosomatizzazioni e modificano profondamente i rapporti umani al mondo. I limiti sono quelli di cui abbiamo già parlato. In caso contrario, il contenuto delle promesse tecnologiche rischia di essere vuoto o comunque molto diverso dalle attese. Poi vediamo come certe retoriche della promessa spesso si spengano da sole. Pensiamo all'*hype* della macchina a guida automatica, nel 2000 e nel 2015, che si è spento ogni volta in due o tre anni a causa di una serie di utilizzi di quella tecnologia con conseguenze mortali – le cito nel libro. Ma i sistemi a guida automatica non sono affatto delle banalità, già il traffico aereo è regolato da strumenti informatici molto potenti che permettono di coordinare decine di velivoli che volano nella stessa zona contemporaneamente, di controllare finemente ogni funzione del singolo velivolo. Il ruolo fondamentale in questo caso è da attribuire all'interfaccia tra uomo e macchina: è la bella invenzione dei sistemi attualmente in uso. Inoltre non siamo sicuri che un software non commetta errori (la correttezza dei programmi, matematicamente non è "decidibile", lo si può provare come conseguenza del teorema di Gödel), però coordinando diversi metodi di analisi del software, i loro sviluppatori riescono a dare buone (non assolute) garanzie sulla correttezza dei programmi di gestione del traffico aereo – ecco una tecnica che si sviluppa in un quadro scientifico. Spesso il semplice tecnico o ricercatore di Tesla che lavora alla macchina a guida automatica non sa nemmeno che c'è un problema di correttezza degli algoritmi, una grande sfida scientifica in informatica. Questa ignoranza di una parte della comunità tecnico-scientifica è quello che intendo quando parlo di mancanza di una buona teoria dell'umano e della macchina. Faccio un altro esempio: il presidente francese Macron poco tempo fa ha detto che con il 5G sarà possibile implementare le macchine a guida automatica. In particolare, ha suggerito di poter tracciare la posizione di tutti i pedoni del paese: come per gli aeroplani il cui software segue decine di voli all'intorno e le posizioni relative degli aeroporti, cosa ottima e fattibile, così si dovrebbe localizzare con il GPS, grazie alla 5G, tutto ciò che si muove per strada – perché non i cani? Da belle tecnologie si passa a fantasmi

pericolosi, che aprono poi alla estensione di una delle massime applicazioni oggi del Deep Learning: la classificazione di miliardi di miliardi di oggetti e di... centinaia di milioni di cinesi, tutti individuabili, sempre, ovunque. Vi lascio con questa riflessione, invitandovi sempre a distinguere, come cerco di fare nel libro, fra scienza e tecnoscienze, cumuli di tecniche, spesso potenti e difficili, ma prive di un quadro di conoscenza, ed in cui gli interessi finanziari nascondono le sfide scientifiche e sociali.

Riferimenti bibliografici

Shai Ben-David Pavel Hrubeš, Shay Moran, Amir Shpilka & Amir Yehudayoff, *Learnability can be undecidable*, in «Nature, Machine Intelligence», January, vol 1, 2019.

Cristian S. Calud, Giuseppe Longo, *The deluge of Spurious Correlations in Big Data* in «Foundations of Science» 22, 2017.

Jennifer Doudna, Samuel Sternberg, *A crack in Creation, the new power to control Evolution*, London, Bodley Head, 2017.

Gerald M. Edelman, *Neural Darwinism: The theory of neuronal group selection*, Basic books, 1987.

Walter Isaacson, *The code breaker: Jennifer Doudna, gene editing, and the future of the human race*, Simon and Schuster, 2021.

Giuseppe Longo, *Programming Evolution: A Crack in Science* in «Organisms. Journal of Biological Sciences», 2021.

Giuseppe Longo, *Matematica e senso: per non divenire macchine*, Mimesis, 2022.

Serge Morand, Muriel Figuié, *Emergence de maladies infectieuses: Risques et enjeux de société*, Éditions Quae, 2016.

Hartley Rogers, *Theory of recursive functions and effective computability*, McGraw-Hill, 1967.

Gilbert Simondon, *L'individuation psychique et collective*, Paris, Aubier (trad. it. di

Carrozzini G., Mimesis, Milano) 2007.

R. Thomas Zoeller, Tristan R. Brown, Loretta L. Doan, Andrea C. Gore, Niels E. Skakkebaek, Ana M. Soto, Tracey J. Woodruff, Frederick S. Vom Saal, *Endocrine-disrupting chemicals and public health protection: a statement of principles from The Endocrine Society* in «Endocrinology» 153.9, 2012.

Dinamiche della mutazione

Alessandro Sarti¹

Affronterò dal punto di vista matematico un aspetto particolare dell'epistemologia che è l'epistemologia delle forme o l'epistemologia del divenire delle forme. Lo spirito di questo intervento è quello di una certa filosofia francese del '900, con particolare riferimento ai lavori di Gilbert Simondon e Gilles Deleuze, cioè all'interno di un approccio in cui le forme vengono considerate nella loro dimensione generativa: per questi autori il divenire delle forme è una morfogenesi, cioè va considerato come un vero e proprio passaggio da una dimensione intensiva alla sua espressione nelle forme estese nello spazio nel tempo. Per Simondon si tratta di un passaggio da un piano preindividuale all'individuazione delle forme, come un processo che non è mai compiuto o terminato, e l'individuo per Simondon non è un ente e non è qualcosa che alla fine si fissa, ma è qualcosa che è perennemente in formazione. L'individuo quindi è un processo, non si fissa mai in una forma sostanziale ma rimane un processo che lui chiama "il processo di individuazione". Deleuze fa una cosa molto simile: riprende l'individuazione simondoniana e quest'idea di divenire come un passaggio da un piano intensivo alle forme estese (così come le conosciamo, come fenomeni), non parla però di un piano pre-individuale, bensì di un piano virtuale, cioè un piano intensivo che si attualizza. La cosa nuova e interessantissima per le scienze dure è che considera questo passaggio come la soluzione di un problema. Per Deleuze il divenire delle forme ha una dimensione problematica, non filosofica ma problematica, e per dare una forma a questa idea riprende il calcolo differenziale di Leibniz e costruisce la morfogenesi come integrazione di un problema differenziale.

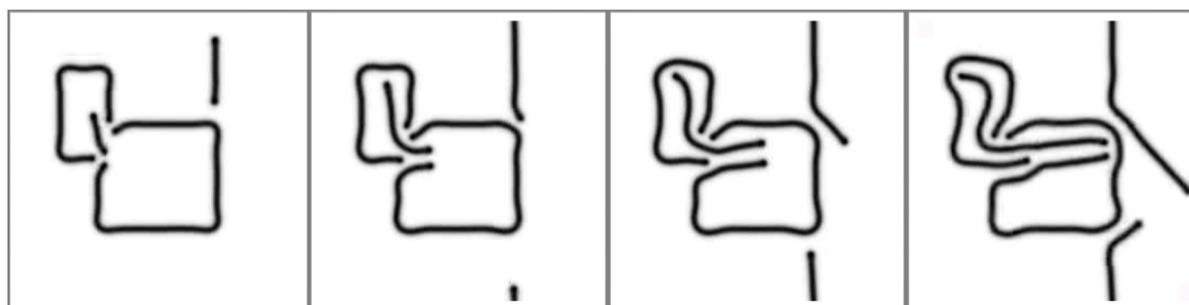
Una piccola digressione per chi non ha una formazione matematica. Per precisare cosa sia un problema differenziale, possiamo partire da un fenomeno che conosciamo tutti quanti che è quello della ola, dove solitamente tra il pubblico di uno stadio qualcuno alza le mani e gli altri intorno a lui fanno la stessa cosa: qualcuno a destra alza le mani, poi quelli a sinistra le abbassano, e in questo modo si propaga un'onda. Fila dopo fila si alzano migliaia di mani e fanno emergere questa figura. In una situazione del genere il movimento delle braccia dello spettatore dipende dalla posizione delle braccia del vicino, sia alla sinistra sia alla destra. Il movimento delle braccia è dato intuitivamente dalla differenza della posizione delle braccia del vicino a sinistra e destra in un certo intervallo di tempo.

¹ Matematico ed epistemologo, direttore di Ricerca all'EHESS di Parigi. Si occupa di emergenza e mutazione delle forme nelle scienze cognitive e nelle scienze del vivente. Dirige il seminario *Dynamiques post-structurelles* all'EHESS e il seminario *Neuromathématiques* al Collège de France.

Il termine chiave è “differenza”. All’origine di questa forma ci sono delle differenze, la dinamica che emerge, quella della ola, è l’integrazione di queste differenze. In questo caso siamo in un contesto discreto, cioè gli spettatori sono discreti². Il movimento è proporzionale alla differenza dell’altezza delle braccia in un certo periodo di tempo, e quando si manda questa differenza a zero la differenza nell’intervallo di tempo (cioè il rapporto tra differenza di altezza e differenza temporale) non va a zero, questo è precisamente ciò che si chiama differenziale. Se noi guardiamo abbastanza da lontano lo stadio non vediamo più gli spettatori singoli ma solo l’onda che si propaga, possiamo dire che questo è il passaggio al “continuo”. E quelle che erano delle differenze in un certo intervallo di tempo sono diventate differenziali, cioè delle grandezze intensive. Quando l’intervallo di tempo o spazio va a zero invece che annullare la dinamica si hanno delle grandezze intensive.

«Queste quantità intensive sono espresse, definite, univocamente, dalla loro distanza da zero... Pertanto, è del tutto normale che se le essenze sono quantità intensive, siano espresse in relazioni differenziali, poiché la quantità intensiva è inseparabile da una definizione rispetto a zero. E che la relazione differenziale è proprio quella. Tutto diventa luminoso!» Gilles Deleuze, corso a Paris 8 del 10/03/81

Integrando queste grandezze intensive, questi differenziali, si genera una forma che si muove³. Quindi le forme non sono entità fisse, non hanno un carattere identitario ma sono dei flussi sempre, sono delle morfologie che si individuano continuamente, non c’è un Individuato definitivo, cioè non c’è mai un individuato che diventa ente. Oltre a questo primo esempio della ola in cui emerge la forma partendo dalle differenze, adesso osserviamo alcuni esempi di simulazioni



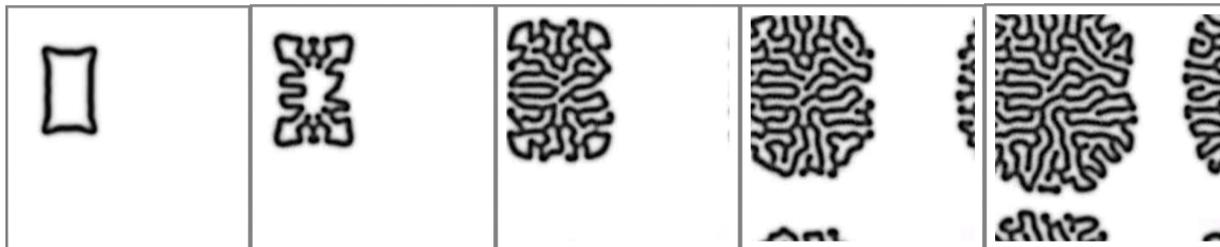
questi sono dei pattern simulati al calcolatore, in particolare una simulazione di un’equazione di reazione-diffusione “alla Turing”, simili a quelli che si generano sulla pelle degli animali. In questo caso partiamo sempre da delle differenze: se

² Un insieme è discreto se i suoi elementi sono separati gli uni dagli altri, cioè per ogni elemento esiste un “intorno” dove si trova solo quell’elemento. Per insieme “continuo” si intende invece un insieme dove esiste una metrica tale che non è possibile separare ogni elemento da tutti gli altri, cioè per almeno un punto esiste una sequenza di punti che si avvicinano indefinitamente al primo.

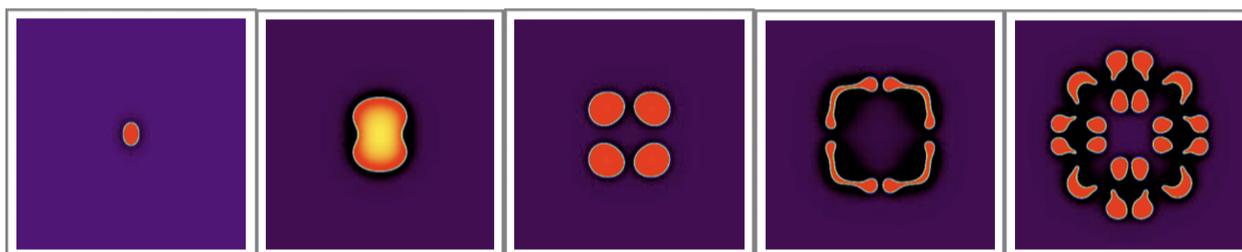
³ Quindi il divenire delle forme è la soluzione di un problema differenziale o (sinonimo in termini matematici) un sistema dinamico. Si tratta di equazioni dove non solo entrano in gioco delle quantità come possono essere la lunghezza, la massa e così via, ma anche la velocità a cui queste quantità cambiano e la velocità con cui cambiano queste velocità e così via. Nel caso della “ola” entra in gioco la variazione nel tempo e nello spazio dell’altezza delle mani dei tifosi. Questi sistemi servono in ambito scientifico a descrivere l’evoluzione di ambienti, organismi, sistemi, anche fisici. Lo studio di questi sistemi è fortemente correlato con le condizioni al contorno e le condizioni teoriche delle esperienze di misura.

osservassimo i singoli pixel vedremmo che questa forma emerge proprio a partire dalle differenze di intensità tra i pixel. Per ogni pixel c'è una micro regola, un po' come nel caso della ola, c'è una micro regola che definisce il comportamento locale e in queste micro-regole non è a priori codificato un concetto di “striscia” e nemmeno di “striscia che si muove”. Quindi queste proprietà, come il fatto che la figura sia “a forma di striscia”, sono assolutamente eterogenee rispetto al piano delle micro-regole. Questi concetti emergono per *epigenesi*.

Un'altra simulazione di un labirinto, che possiamo chiamare una labirinto-genesi permanente

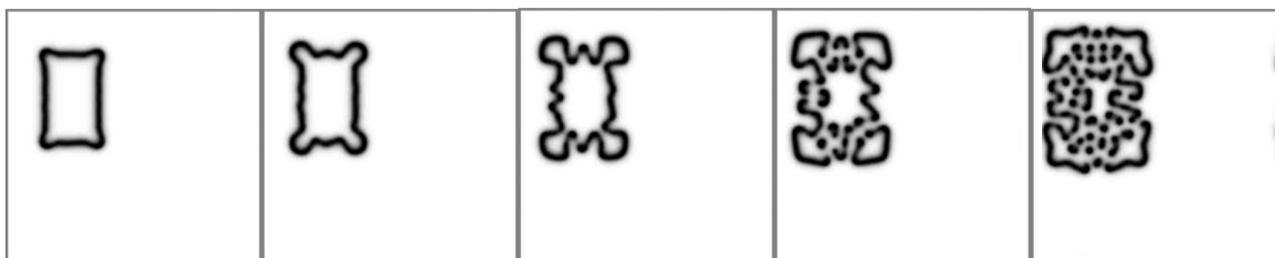


I labirinti in questa dinamica si distruggono e ri-nascono continuamente, l'individuazione non arriva ad una forma definitiva ma rimane un flusso che non si stabilizza. Ancora un labirinto



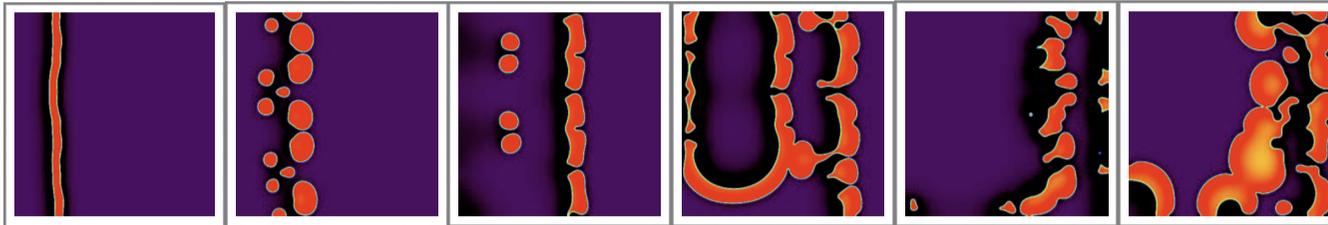
in questo caso le differenze si sintonizzano, trovano una portata comune e nasce una sorta di battito, un ritmo, con una lunghezza d'onda propria e una frequenza. Questo battito dipende dalle micro regole che abbiamo che abbiamo imposto sul piano virtuale e contemporaneamente dalla dimensione del dominio, in questo caso un quadrato. Sottolineiamo l'aspetto centrale dal punto di vista matematico: in queste simulazioni ogni pixel “conosce” solo cosa fanno i suoi vicini, non la dinamica generale. Per micro-regola si intende un comportamento riferito solo all'intorno di ogni punto, così come si può fare la ola guardando solo i due vicini senza guardare lo stadio. siamo esattamente nel caso della ola però in questo caso è simulata, è il programmatore a imporre delle micro-regole.

Adesso affrontiamo delle dinamiche caotiche:



in questo caso abbiamo la presenza di pattern simili alle macchie della pelle del leopardo e c'è un doppio livello di complessità strutturata: prima abbiamo l'emergenza di spot e poi è come se gli *spot* cominciassero ad interagire tra loro e

da questa interazione danno origine a delle macchie molto più ampie e veloci che si propagano. Osserviamo come una stratificazione nell' emergenza delle forme.



In un ulteriore esempio passiamo a una dinamica di tipo caotico, cioè non riusciamo a capire che tipi di forme emergono. Ma attenzione, il caos è solo apparente perché se guardiamo cosa succede al piano virtuale, al piano dei differenziali, ci sono delle regole fissate. Si parla in questo caso parliamo di *caos deterministico*, cioè di una dinamica caotica che discende da un piano virtuale in cui abbiamo delle regole deterministiche. In più deterministico non è sinonimo di prevedibile. Ogni condizione iniziale determina completamente tutta l'evoluzione della dinamica però è imprevedibile, per sapere come si svolgerà la dinamica dobbiamo effettivamente svolgere la simulazione. Questo è collegato al fenomeno per cui se prendiamo due stati iniziali molto vicini è possibile che il sistema biforchi verso dinamiche completamente diverse tra loro. Quindi caos deterministico non significa prevedibilità, e contemporaneamente l'imprevedibilità non esclude che il sistema sia completamente determinato. Questo fin da subito rompe l'idea di caos come “luogo di libertà” o “condizione di libertà”, qualcosa che è molto presente nel discorso generalista: il caos è qualcosa in cui non c'è legge, ma non è necessariamente così, possiamo avere l'emergenza di configurazioni caotiche da leggi molto precise, assolutamente determinate. Si tratta di un aspetto epistemico ed etico importante: per capire se ci sono degli automatismi nelle dinamiche a cui assistiamo, di tipo fisico, del vivente, sociale, ecc. dobbiamo riferirci al piano virtuale cioè al piano delle forze, chiederci se il piano delle forze è bloccato, omogeneo, determinato, e allora il divenire delle forme è solo apparentemente libero, ma in realtà è determinato.

In questa breve introduzione abbiamo quindi considerato delle morfogenesi, cioè dei passaggi che partendo da piani intensivi precipitano sulla loro attualizzazione. La nostra attenzione si fissa quindi sulla composizione del piano virtuale, cioè il piano intensivo, e poi sul divenire delle forme, cioè il livello del fenomeno.

Il divenire delle forme in fisica

Caratterizziamo meglio alcuni regimi “divenire delle forme”. Nella fisica le forme cambiano nel tempo ma il piano delle forze non cambia, è fissato: le forme hanno delle manifestazioni infinite ma il piano delle forze è bloccato, sia nel caso di forme prevedibili, sia nel caso di forme pseudo-caotiche. Quindi il vincolo differenziale che detta queste regole è omogeneo sia nello spazio che nel tempo. Quindi in fisica abbiamo delle *leggi universali*: ad esempio l'equazione di Schrodinger per la meccanica quantistica, le equazioni della relatività generale di Einstein.

Vogliamo porci la questione se nelle scienze della vita, nelle scienze sociali, nelle scienze dell'uomo, la dinamica si possa ridurre a questa definizione. Se così fosse saremmo nella prospettiva di una "naturalizzazione", termine introdotto da Jean Petitot negli anni '70, e per puntualizzare meglio saremmo nella prospettiva di una naturalizzazione fisicalista. In un contesto cioè in cui per natura intendiamo la fisica. Questa prospettiva è quella privilegiata dagli addetti delle Scienze della complessità contemporanei, le dinamiche sociali vengono ridotte a leggi invarianti nello spazio e nel tempo. Dietro alla molteplicità delle manifestazioni del divenire delle forme sociali ci sarebbero delle leggi e ci sono non pochi scienziati che le cercano. Un grosso filone di ricerca contemporaneo, soprattutto i fisici che fanno fisica sociale cercano queste leggi. Alla base di questi modelli di fisica-matematica applicati nelle scienze sociali c'è l'idea dell'individualismo metodologico, cioè l'idea che gli individui siano già individuati, già costituiti. Viene trascurato qualsiasi principio di individuazione. Il *sociale*, secondo questo punto di vista, è semplicemente una ola, l'emergenza di forme da queste interazioni di unità elementari.

L'idea di fondo è quella dell'*Homo economicus*, alla base anche delle grandi simulazioni in economia computazionale. Elementi-persone tutti uguali tra loro, con delle regole di comportamento prefissate.

È vero che con questa idea è possibile modellizzare alcuni tipi dinamiche sociali, per esempio il "comportamento di folla": quando una folla è nel panico e si disperde, a quel punto entrano in gioco degli automatismi comportamentali e quindi è possibile simularne il comportamento, la forma della dispersione. Oppure le forme che emergono dall'intelligenza di sciame (*swarm intelligence*). Le Scienze dei sistemi complessi contemporanei si occupano proprio proprio di queste dinamiche: di folla, di stormo. Uno dei più grandi studiosi di questo tipo di problemi è Giorgio Parisi, recentemente vincitore del Premio Nobel. I problemi trattati sono quindi non banali e molto complessi, ma pur trattandosi di dinamiche complesse e non banali, la nostra ipotesi è che le dinamiche nelle scienze della vita, nelle scienze sociali, le dinamiche immaginative, non siano riducibili ad automatismi di questo tipo, a leggi universali.

Adesso ci allontaneremo dalla prospettiva fisicalista, per pensare diversamente dal punto di vista scientifico il piano intensivo e il piano dei differenziali, per scardinare questi automatismi.

Un primo passo in questa direzione è la grande esperienza dello strutturalismo dinamico, sviluppato negli anni 80 da René Thom e Jean Petitot. Grazie alla teoria delle catastrofi, i due riescono a introdurre delle variazioni nel piano intensivo, cominciano a modulare il piano intensivo. Successivamente definiremo una vera e propria dinamica eterogenea, quella che Deleuze e Guattari chiamano eterogenesi, che si manifesta attraverso la possibilità di comporre i differenziali sul piano intensivo in modo immanente, senza leggi date a priori: il carattere *nomologico*

della costruzione delle forme viene abbandonato, e entriamo in una dimensione di assoluta immanenza.

I modelli strutturali di Petitot e Thom

All'inizio degli anni '70 il Club di Roma chiede al MIT di redigere un rapporto sulla crescita economica e demografica globale, Meadows, Behrens (1972), tenendo conto della disponibilità delle risorse. Il rapporto prende il nome *I limiti dello sviluppo* e diventerà un bestseller. Lo scienziato che si occupa di redigere tale rapporto è J. Forest del MIT e propone un modello differenziale, quindi un modello del tipo della ola, per simulare le conseguenze del rapporto tra terra e sistemi umani. Il modello si basa su una serie di osservabili: popolazione, produzione alimentare, industrializzazione, inquinamento, ecc. e sarà in grado di produrre una previsione abbastanza fedele, prevedendo con buona approssimazione la crescita globale fino all'inizio degli anni 2000. Questo report è seguito nei 30 anni successivi da altri report che dimostrano che la simulazione non è andata male, quindi può essere considerato come uno dei successi della modellizzazione di sistemi complessi. Nel framework del rapporto ci sono alcuni parametri variabili, per esempio il consumo di risorse utilizzate, ed è possibile osservare se si arriva ad una certa configurazione stabile variando i parametri: esiste uno spazio di possibilità dei parametri che determinano l'evoluzione globale, la dinamica osservata dipende da questi parametri ed è possibile rappresentare le soluzioni stabili al variare di questi parametri.

Siamo al cuore del programma dello strutturalismo dinamico di Thom e Petitot negli anni 80. Per Thom e Petitot infatti tutte le soluzioni possibili di un sistema sono classificabili all'interno di un certo spazio di possibilità (lo spazio che sopra abbiamo indicato come spazio dei parametri), e l'insieme delle soluzioni possibili forma una partizione dello spazio di possibilità. Per partizione si intende una suddivisione in regioni, in questo caso consideriamo un punto dello spazio dei parametri $(a,b,c,...)$ e chiamiamo S_1, S_2, \dots, S_n le soluzioni stabili del problema (che sono in numero finito $=n$). Se il punto $(a,b,c,...)$ induce una dinamica che converge sulla soluzione stabile S_i , diremo che $(a,b,c,...)$ appartiene alla "regione dello spazio associata a S_i " (i è un numero compreso tra 1 e n), generando così una partizione dello spazio dei parametri. La partizione dello spazio di possibilità fornisce la struttura del fenomeno. La struttura è quindi il nome dell'insieme dei bacini stabili che partizionano lo spazio.

Negli anni 80 il grande pensiero strutturalista - quello di Levi-Strauss in antropologia, Jakobson in linguistica Greimas in semiotica - ormai è arrivato a compimento almeno nella sua definizione filosofica. Thom e Petitot riprendono questa tradizione e la traducono in chiave epistemica, cercano di rileggere lo strutturalismo nei termini delle dinamiche materiali, del divenire delle forme. Quindi la struttura è un dispositivo che controlla la dinamica o meglio è l'insieme degli stati che possono essere controllati.

Da questo punto di vista il quadrato semiotico di Greimas diventa una dinamica con quattro possibili stati stabili e variando i parametri riesco a spostare la dinamica da uno stato a un altro da un lato all'altro del quadrato. Queste trasformazioni, cioè i dispositivi che permettono di spostarsi da uno stato stabile a un altro, vengono denominate catastrofi: la catastrofe è appunto il dispositivo che contiene questi stati stabili e il loro controllo. Quindi nello strutturalismo dinamico, la dinamica può cambiare grazie ad una variazione di parametri all'interno di un certo spazio di possibilità, ma questo spazio di possibilità e la sua partizione non cambia. L'invariante non è più la dinamica, ma lo spazio di possibilità e la partizione di questo spazio.

Eterogenesi

Quand'è che questi modelli strutturali entrano in crisi? Quando si presentano delle nuove osservabili. Per esempio, tornando alle previsioni del modello del MIT, negli ultimi 20 anni la situazione è drasticamente cambiata rispetto agli anni Settanta ma anche rispetto all'inizio del terzo millennio, è comparso un nuovo fenomeno osservabile fondamentale per il divenire pianeta, cioè il riscaldamento globale. Non c'è nessuna configurazione dei parametri del vecchio modello che riesca a tenere conto della dinamica indotta da questo nuovo osservabile. Questo nuovo fenomeno è quello che uno scrittore libanese contemporaneo, Nassim Taleb, chiamerebbe un "cigno nero", Taleb (2009), cioè un evento imprevedibile che cambia completamente la dinamica, o anche eventi prevedibili "solo a posteriori"⁴. Basta un solo evento di questo tipo per invalidare una dinamica nota.

Quello che Taleb non sapeva è che il cigno nero non è solo: c'è una grande varietà di eventi catastrofici che si sono succeduti, per esempio "la pandemia di pandemie", Longo (2020), il crollo della fertilità maschile a livello planetario, solo per citarne alcune. Di fronte a questo tipo di eventi non si tratta più di variare i parametri di una struttura per riuscire ad interpretare l'evento, si sta definendo una nuova dinamica che non si svolge più dentro quella struttura, di cui dobbiamo capire l'evoluzione. Si tratta quindi di una dinamica dell'evento e della mutazione. E qui ciò che si trasforma non sono parametri di un virtuale che è dato a priori, qui ciò che si trasforma sono le leggi stesse degli eventi, quindi il virtuale stesso. Queste dinamiche vengono chiamate *eterogenesi* negli scritti di Gilles Deleuze e Felix Guattari, perché a differenza della fisica matematica e dello strutturalismo dinamico, in questo caso abbiamo a che fare con un virtuale eterogeneo, definito da una molteplicità di vincoli differenziali, forze, regole soggiacenti che cambiano nello spazio e nel tempo. È il virtuale che muta, e quindi parliamo di dinamiche della mutazione.

⁴ Qui si intende un evento di cui è possibile costruire il quadro di intelligibilità, le leggi di probabilità, le ragioni causali... ma questo è possibile soltanto una volta che l'evento è già avvenuto, perché precedentemente alcuni elementi di contesto, o alcuni quadri interpretativi, non risultavano accessibili o affermabili. Prima dell'evento, insomma, non esisteva il quadro di intelligibilità con cui nominiamo l'evento stesso,

Facciamo un altro esempio: proviamo a mettere a confronto le metamorfosi di Goethe e le metamorfosi di Ovidio. Quelle di Goethe sono strutturali, mentre le altre sono delle vere mutazioni. Goethe si occupa delle metamorfosi delle piante, del divenire farfalla del bruco: la forma della farfalla è già iscritta nello spazio dei possibili del bruco, in quello che chiamiamo spazio delle possibilità, spazio delle fasi. Lo spazio di possibilità è dato a priori e la trasformazione, la metamorfosi dal bruco alla farfalla è una traiettoria controllata, ecco ancora una volta le dinamiche del controllo, all'interno di questo spazio di possibilità. Ma un bruco non diventerà mai un lupo o una pozza d'acqua, perché non è all'interno del suo spazio di possibilità. Questo non è vero per la Dafne delle metamorfosi di Ovidio: la Dafne che si trasforma in un arbusto di Lauro, il divenire Lauro non era contenuto nello spazio di possibilità e affinché avvenisse questa trasformazione si è dovuto allargare questo spazio di possibilità (tramite il potere divino dei fiumi). Ciò che bisogna fare è un assemblaggio con lo spazio di possibilità del Lauro, quindi il processo di individuazione di Dafne diventa il processo di individuazione del Lauro; non è la forma di Dafne a diventare Lauro, ma il piano intensivo della prima che trasforma nel piano intensivo del secondo. E per fare questo i due spazi di possibilità si concatenano e si assemblano tra loro, sempre secondo la terminologia di Deleuze e Guattari.

Possiamo distinguere la trasformazione di una forma inerte in un'altra, quello che implementativamente viene denominato *morphing*, dal passaggio da un divenire di forma a un altro divenire di forma dove la trasformazione avviene proprio sul piano virtuale, e la mutazione è intensiva. Il greco Nicandro chiamava queste trasformazioni heteroiumena cioè "divenire altro" che è un'espressione che lo stesso Deleuze riprende: una morfogenesi in cui non si trasformano solo le forme ma anche gli spazi di possibilità. Abbiamo a questo punto individuato l'idea profonda dell'eterogenesi: non siamo in presenza semplicemente di una trasformazione di forma, ma assieme alla forma si modifica anche il suo spazio di possibilità; una morfogenesi nel senso di una trasformazione non solo dell'attuale ma anche del virtuale. Queste mutazioni sono dovute proprio all'intervento di un'esteriorità rispetto al sistema che stiamo considerando e per tenere conto di queste esteriorità Deleuze e Guattari in *Millepiani* introducono il concetto - che ho già utilizzato prima di definirlo - di *assemblaggio*:

«un assemblaggio è precisamente questa crescita di dimensione di una molteplicità che cambia necessariamente di natura nella misura in cui aumenta le sue connessioni significa che un assemblaggio necessita di una esteriorità che viene assemblata allo spazio di possibilità della dinamica e ne aumenta l'altra dimensione.» Deleuze, Guattari (1980, p.41)

È lo spazio di possibilità del Lauro che viene concatenato con lo spazio di possibilità di Dafne e ne aumenta la dimensione, cosa inconcepibile sia per lo strutturalismo dinamico che per la fisica matematica: lo spazio di possibilità evolve, perché esiste un'esteriorità che in qualche modo interviene. Questo non è

vero, per esempio, nella descrizione scientifica della trasformazione del bruco in farfalla, dove internamente possiamo individuare due spazi di possibilità, quello del bruco e quello della farfalla, ma non c'è esteriorità, e la dinamica tra i due è perfettamente integrata in un'unica dinamica. Quindi questi due spazi li possiamo già pensare come un unico spazio dato a priori, mentre se c'è esteriorità non possiamo fare questa operazione di unificazione, siamo obbligati a pensare degli spazi di possibilità in mutazione, in evoluzione.

Dal punto di vista matematico ci siamo occupati di queste dinamiche che possiamo chiamare “di composizione”, con Giovanna Citti, matematica, e David Piotrowski, semiologo. Nel nostro lavoro abbiamo cercato di definire che cosa significa concatenare degli spazi di possibilità, provando a formalizzare dal punto di vista geometrico-dinamico una dinamica che si sviluppa per concatenazione, per composizione.

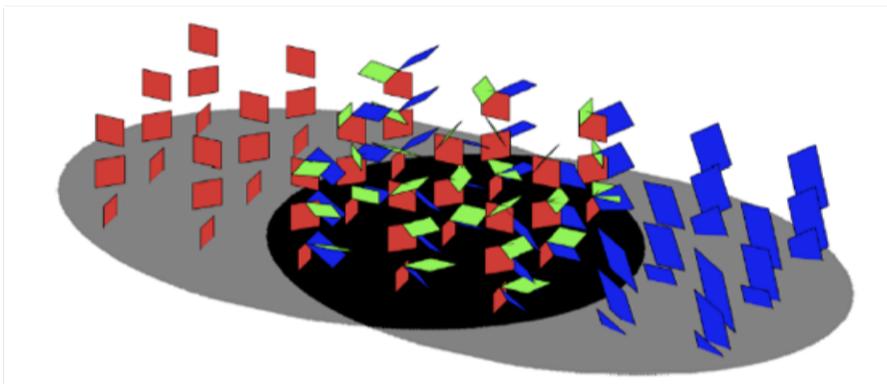


Immagine da Sarti, Citti, Piotrowski (2019)

Senza approfondire i dettagli matematici, nello schema qui sopra i piani blu costituiscono uno spazio di possibilità, diverso da quello che viene rappresentato dai piani rossi. I due sistemi di piani (distribuzioni) hanno geometrie diverse, e nell'intersezione si produce un assemblaggio, quindi vediamo i piani rossi, i piani blu e contemporaneamente anche dei nuovi piani verdi; quindi l'assemblaggio non è solo la somma di ciò che già c'era, ma contiene anche lo sviluppo di qualcosa di precedentemente assente. La produzione dei nuovi spazi di possibilità (i piani verdi) avviene grazie a un'operazione matematica denominata “commutazione”. Lo sviluppo di questo assemblaggio è prevedibile (grazie all'operazione di commutazione) se conosciamo quali sono i due spazi di partenza.

Ma in generale non sappiamo quali spazi comporre. Queste operazioni di composizione sono più simili a un gesto Dada, che a un gesto fisico. Il nostro quadro di intelligibilità non prevede che tutto sia formalizzabile, e quindi usciamo anche dal meccanismo della prevedibilità. Questi spazi sono inventati di volta in volta nella composizione singolare e questo è il passaggio principale verso le dinamiche post-strutturali che Deleuze e Guattari chiamano eterogenesi. Nelle eterogenesi il divenire non emerge più attraverso dei generatori differenziali omogenei nello spazio nel tempo ma si introduce la possibilità di mutare le leggi dinamiche sia spazialmente che temporalmente. È una dinamica che permette di generare forme nuove da costellazioni differenziali che si concatenano tra loro. E

qui per forme intendiamo qualcosa di abbastanza preciso cioè intendiamo dei processi di individuazione, non ci interessa solo la forma attualizzata ma ci interessa tutto il processo, tutto il passaggio dall'intensivo alla produzione delle forme estese.

Questa composizione eterogenetica è all'opposto delle leggi universali, pone le condizioni per una morfodinamica immanente, dall'interno e dall'esterno: dall'interno perché non c'è nessuna formalizzazione di quello che sarà l'assemblaggio, e dall'esterno perché i termini, i punti di questa costellazione che si assemblano, vengono dall'esterno del sistema. L'idea deleuziana e guattariana è che la dinamica di un sistema è intrecciata con la sua esteriorità, si concatena con la sua esteriorità.

È un'idea rivoluzionaria, che è traducibile in termini epistemici e in parte formalizzabile, anche se sulla composizione *in sé* non si dice nulla. È importante sottolineare che nelle dinamiche che abbiamo descritto c'è sempre una doppia temporalità: cioè per consentire la costruzione degli assemblaggi abbiamo due assi temporali. Il primo è quello della attualizzazione dei vincoli differenziali, quello che è proprio anche della fisica matematica, e che Deleuze chiama l'asse del *Kronos*; si tratta del tempo T che conosciamo, il tempo fisico. Ma esiste un altro asse, che Deleuze chiama *Aion*, lungo il quale avviene la ricomposizione dei vincoli differenziali. Da una parte l'asse dell'individuazione in cui Dafne diventa Dafne (il divenire Dafne) e dall'altra l'asse della composizione in cui Dafne diventa l'arbusto di Lauro.

Abbiamo un primo asse perché si tratta di un processo, il processo di individuazione, e un secondo asse perché abbiamo la mutazione di questo processo. Abbiamo che il processo di ricomposizione di creazione della dinamica gioca proprio su questa composizione di campi differenziali che si ricombinano nella speranza che funzionino, nel senso che si integrino per liberare una nuova forma. In generale l'integrazione è un evento raro, e quando l'integrazione avviene c'è come una rivoluzione, un'illuminazione, l'esplosione di un'idea:

«E d'altra parte dobbiamo condensare tutte le singolarità questo caso le singolarità sono i differenziali e la costellazione di differenziali in un'occasione sublime il kairos terzo asset ancora che fa esplodere la soluzione come qualcosa di brusco brutale e rivoluzionario, è ancora quello avere un'idea.» Deleuze (1972, p.307)

Questo è l'evento per Deleuze cioè questa esplosione questa sublime occasione in cui si attualizza l'intensivo eterogeneo e immanente appena composto, non c'è nessuna legge sotto, c'è una composizione immanente e questa specie di miracolo di esplosione dell'idea. L'idea di Lenin si costruisce così secondo Deleuze. L'eterogenesi è proprio questa ecologia dell'immanenza: si esce dall'automatismo della fisica matematica e anche dai possibili automatismi dello strutturalismo dinamico, e si accede invece a un asse della storicità, della processualità. Una vera e propria liberazione dall'automatismo che risiede nella capacità di ricombinare gli

elementi differenziali, le forze sull'asse della ricomposizione, che possiamo leggere come l'asse della filogenesi nell'evoluzione delle specie, dell'invenzione dei concetti nei processi cognitivi, il piano dell'insurrezione nelle dinamiche sociali. Il piano della creazione di nuovi spazi e nuove forme.

Piccola postilla sull'exaptation e altri esempi di eterogenesi

Un concetto che esemplifica il momento compositivo che avviene tra gli spazi di possibilità, è quello di *exaptation*. Si tratta di un concetto della biologia, in particolare utilizzato nella descrizione della filogenesi, cioè lo sviluppo evolutivo delle specie.

Una *exaptation* è il fenomeno per cui un organo, un tessuto, un elemento dell'organismo cambia funzione nel corso del percorso evolutivo: l'esempio più chiaro è quello del "5% dell'ala" già sottolineato dai primi darwinisti. È infatti difficile immaginare che l'ala si sia evoluta "per il volo" perché il 5% di un'ala è totalmente inutile al volo, e quindi un organismo dotato di una proto-ala non avrebbe potuto "adattarsi" a quella funzione (alla quale si trovava totalmente incapace). La risposta accettata dalle teorie evolutive oggi è che il 5% dell'ala non serviva a volare, bensì a termoregolare l'organismo e a catturare insetti, il volo non esisteva proprio come prospettiva di questi proto-uccelli. Lo sviluppo di queste protuberanze ha poi permesso agli antenati degli attuali uccelli di, per esempio, fare balzi più lunghi quando inseguiti da un predatore; si sono introdotte delle nuove dinamiche che non erano precedentemente concepibili. Quindi una struttura che non era adattata per la funzione volo - perché la funzione volo non esisteva proprio nel panorama del proto-uccello - ha cominciato ad adattarsi per il volo, perché quando la nuova funzione emerge si può cominciare a parlare di adattamento. Quindi anche di adattamento dinamico alla fluidodinamica dell'aria, per volare. Il nuovo spazio di possibilità emerge da una composizione tra il proto-uccello e un'externalità che può essere, per esempio, il caso di dover saltare un dirupo o un predatore che lo insegue. Nella composizione c'è uno spazio nuovo, che è lo spazio di possibilità del volo per come lo conosciamo oggi.

Non ha alcun senso epistemologico parlare di un mondo in cui tutti i fenotipi possibili, tutte le forme possibili di organismo e di comportamenti di organismo sono già lì, non ha alcun senso parlare della "possibilità di volare" prima che il volo sia apparso storicamente come un fenomeno concreto.

Questo tipo di fenomeni si riscontra in molti altri casi, e su altre scale temporali: il bambino appena nato ha una retina non strutturata con tantissime connessioni e nessuna struttura. La struttura cerebrale emergente nasce dall'incontro con un'externalità, l'organizzazione geometrica che diamo del mondo, il rapporto coi genitori, la crescita. Ovviamente per alcune funzioni è bene che l'organismo funzioni in modo molto strutturato (come per la vista), ma qui è in gioco la capacità plastica di generare nuove funzioni e nuovi quadri di senso. Plastica nel senso che è aperta alla definizione di questi tipi di composizioni.

Un altro esempio forse anche più esplicito viene dalle neuroscienze: tutto il processo di percezione e anche di immaginazione percettiva e quindi di produzione di nuovi progetti, di nuove configurazioni sensibili, è fatto di assemblaggi; quello che succede a livello fisico-cerebrale è che ci sono delle aree del nostro cervello che si concatenano tra loro. Non si tratta solo di neuroni che si scambiano segnale elettrico, ma subentra un fenomeno denominato *binding*: il segnale correlato neurale di una percezione cosciente determina la concatenazione di aree anche lontane del cervello, che cominciano a attivarsi in sincrono, quindi c'è una costellazione di aree attive che vibrano in sincrono e che si concatenano vibrando in sintonia. Abbiamo qui un altro esempio di dinamica compositiva: la vediamo per esempio nelle cortecce visive primarie, dove la concatenazione di gruppi neurali completamente eterogenei tra loro sia per i neurotrasmettitori che contengono sia per le geometrie, determina la creazione di nuove dinamiche e nuovi spazi di possibilità. Quindi abbiamo a che fare sia con un'eterogeneità spaziale — il binding — che con un'eterogeneità temporale nel senso che la plasticità permette trasformazioni degli operatori neuronali nel tempo.

Quando Deleuze afferma che “L'emergenza delle idee è un fenomeno compositivo sul virtuale”, questo lo ritroviamo nelle neuroscienze contemporanee sostanzialmente. Proprio perché c'è una composizione di elementi neurali connessi tra loro che costituiscono di volta in volta nuove costellazioni che si attualizzano nelle forme percepite.

Riferimenti bibliografici

Gilles Deleuze, *Differenza e ripetizione*, Il Mulino, 1972.

Gilles Deleuze, Felix Guattari, *Millepiani*, Castelvechi, 1980.

Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jorgen Randers, William W. Behrens, *I limiti dello sviluppo. Rapporto del System Dynamics Group Massachusetts Institute of Technology (MIT) per il progetto del Club di Roma sui dilemmi dell'umanità*, 1972.

Giuseppe Longo, *Thinking Beyond the “Epidemic of Epidemics”* in «Organisms: Journal of Biological Sciences», vol. 4, no. 1, 2020.

Alessandro Sarti, Giovanna Citti, David Piotrowski, *Differential heterogenesis and the emergence of semiotic function* in «Semiotica», 230, 2019.

Nassim Nicholas Taleb, *Il cigno nero. Come l'improbabile governa la nostra vita*, Il saggiatore, 2009.

Dalla transizione epistemica alla conversione degli ideali del sapere

Elena Gagliasso¹

Un doppio vincolo

Il rapporto tra la ricerca scientifica e una società democratica presenta oggi una serie di contraddizioni, che costituiscono una transizione epistemica sulla quale è urgente riflettere. Il problema è quello che chiamerei un «doppio vincolo» tra ricerca scientifica e suo riscontro sociale. Riprendo l'idea di «doppio vincolo» cognitivo (*double bind*) proposta già negli anni Cinquanta da Gregory Bateson (1972) e affinata nei decenni successivi con il gruppo di Palo Alto. Si spiegavano le origini della schizofrenia attraverso un'incongruenza, o meglio una contraddizione non riconosciuta ma duratura tra messaggi situati a livelli logici diversi (Bateson, 1989): l'essere costantemente esposti in età infantile a tale sistema contraddittorio poteva predisporre alla patologia mentale da adulti.

Nel prestito concettuale e nella torsione che gli imprimo si tratta di far convivere qualcosa di analogo, ma con esiti diversi e forse maturativi del rapporto tra scienza e società. Si tratta della convivenza contraddittoria tra due immagini della scienza, quella che riceviamo dal passato e quella in corso: una contraddizione tra l'ideale metodologico della trasparenza e del disinteresse neutrale e la realtà concreta della scienza post-accademica, inevitabilmente intrecciata alle influenze di *stakeholders* finanziari e sociali, spesso tra loro antagonisti (Ziman, 2000; Kitcher, 2014). Ma si tratta anche di una contraddizione per sfasatura temporale e per campi disciplinari: la corresponsabilità delle tecnoscienze con un sistema economico-produttivo egemone che abbiamo ereditato, da un lato, e dall'altro, la fiducia che proprio dalla scienza possono arrivare diagnosi e proposte per ripensare tale mondo economico produttivo in modo responsabile, come già accade oggi in enunciazioni di geologi e climatologi (Artale, 2019).

Nel corso di due secoli la ricerca scientifica ha unito contraddittoriamente, da un lato, l'essere corresponsabile attraverso molte sue ricadute dell'attuale catastrofe ambientale planetaria, ricadute dovute agli effetti dei suoi prodotti, e impensate alla loro origine (Jasanoff, 2013). Da un altro lato, molta ricerca è la chiave di volta capace di una identificazione del danno, di analisi, prospezioni e modellizzazioni

¹ Epistemologa, è professore associato al Dipartimento di Filosofia della "Sapienza" Università di Roma, dove insegna Filosofia della scienza e Filosofia e scienze del vivente. Si occupa della filosofia della biologia e dell'ecologia moderne, e delle relazioni tra scienza, filosofia e società.

del rischio futuro e di proposte per un riorientamento riparativo, sia della ricerca stessa che delle priorità dell'economia e delle forme di vita.

Nel recente passato il danneggiamento all'intera biosfera è stato addebitato a responsabilità dell'impresa scientifica nella fase d'avvio e potenziamento dell'industrializzazione produttiva collegato all'economia capitalista. Ciò soprattutto nel caso della ricerca applicata al suo ruolo strumentale, spesso a spese del suo valore intellettuale e culturale. Eppure è proprio dalle scienze della Terra, dalla biologia evoluzionista, dall'ecologia e dall'epidemiologia ambientale, nonché dalle tecnologie di prospezioni, satellitari, oceanologiche, glaciologiche ecc., settori di punta del presente, che molti dei prodotti tecnoscientifici, dalla fisica atomica, alla grande chimica organica, finiscono per essere colte, spesso in modo implicito ma chiaramente inferibile, come concause di quella sorta di pandemia al rallentatore che è il collasso climatico in atto.

Questo slittamento crea una prospettiva inedita per l'epistemologia e si correla culturalmente alla politica e all'etica.

Gran parte dei problemi più gravi dell'attuale crisi climatica ed ecologica dell'era del cosiddetto Antropocene (Crutzen, 2002) ivi inclusa la ragione della sua *grande accelerazione* (Mc Neill, Engelke, 2018) negli ultimi duecento anni sono dovuti a una sinergia incrementale tra produzione tecnoscientifica ed economia di rapina del mondo vivente e non solo. Si pensi all'invenzione delle pompe perforanti ed estrattive del petrolio a metà '800, alla conseguente invenzione delle plastiche a metà XX secolo, alla produzione chimica di fertilizzanti e pesticidi negli anni Sessanta, alle oltre 4.700 sostanze di sintesi della grande famiglia chimica dei PFAS. E' proprio la ricerca scientifica (ambientale, epidemiologica, clinica, epigenetica) che spiega, dimostra e documenta come queste innovazioni siano (e saranno) gravemente inquinanti nel tempo: «sostanze chimiche per sempre» ormai stabilmente nei suoli, nelle acque correnti e nei corpi viventi (e quindi nelle catene trofiche alimentari di cui siamo il vertice d'accumulazione), trapassano anche per vie intrauterine e possono agire nelle generazioni a venire. Ma fin dalla contaminazione radioattiva che dal 1945 ha ricoperto gran parte del pianeta con lo strato di isotopi dei test nucleari e con quello delle prime bombe atomiche sul Giappone, oncologi, pediatri, zoologi, ecologi avevano monitorato questo stato di cose, messo a tema prospezioni tendenziali nel tempo nello spazio e nelle patologie organiche conseguenti, agito a distanza sui decisori politici (da chi se non dalle loro ricerche l'esigenza 'imposta' di trattati di non proliferazione nucleare vigenti fino all'altro ieri tra grandi Paesi produttori?). Modelli di conseguenze per tutto lo stato vivente della materia sono potuti scaturire proprio dalla crescita esponenziale di nuove teorie scientifiche e di nuove sofisticate tecnologie tra loro interagenti. Scienze e tecnoscienze, con le loro documentazioni fini dello stato di crisi planetaria parlano incessantemente alle governances geopolitiche globali, contribuiscono da decenni a strutturare i dati che hanno permesso i Protocolli ambientali e dunque entrano nel vivo delle politiche e della società. Ascoltate con

viva attenzione dai movimenti ambientalisti attuali, contrastate dai grandi portatori d'interessi finanziari e dai loro negazionisti climatici.

Il «doppio vincolo» di negativo e positivo della ricerca scientifica, espresso o sottaciuto, ci riguarda tutti. Le sue transizioni articolate nel tempo nella visione della scienza e della società, tra fiducia, accettazione, condivisione, sostanziano categorie culturali e nuovi valori, affrontano ripulsa, diffidenza di rinnovati oscurantismi in cerca di rassicurazioni facili (gli anni del Covid insegnano). Ma tutto ciò può maturare anche con le critiche e autocritiche da parte degli scienziati più aperti (Gagliasso, Della Rocca, Memoli, 2015). Non è indolore: implica in molti casi un conflitto latente tra campi disciplinari e tra comunità scientifiche antagoniste (ricordiamo il contrasto tra le comunità dei fisici e ingegneri nucleari e quelle dei neonatologi e oncologi all'indomani della catastrofe della centrale nucleare sovietica di Chernobyl). Ultimamente, anche alla luce dello slittamento in corso tra 'cambiamento' climatico' ed 'emergenza' climatica (basato sui dati dei climatologi, glaciologi, oceanologi, naturalisti, microbiologi e virologi) si è data una vera e propria transizione *epistemica che s'intreccia con una trasformazione antropologica delle forme di vita e degli ideali del sapere*.

Si mettono così al lavoro ricerca, valori culturali, categorie del reale che agiscono sulla mentalità collettiva e lentamente scalzano (o meglio, per ora, contrastano) altri valori culturali e sociali ereditati dal recente passato: dall'ideale scientifico del dominio prometeico d'inizio Novecento a quello di una scienza 'riparativa' del danno. In ultima analisi anche l'esigenza di uscire dai modi di produzione nocivi ereditati, da scelte di economia finanziaria obsolete e perniciose e dalle stesse abitudini, o forme di vita, dell'altro ieri, deve molto ai dati della ricerca scientifica attuale. Senza incorrere con ciò in una deriva piattamente scienziata: a fianco dei dati occorre interrogare le dinamiche di produzione, le condizioni di possibilità delle domande. Ivi compreso proprio quel mutamento di priorità dei temi della ricerca che lega scienza e società, che sta alla base anche di alcune conflittualità nuove, e spesso poco ricordate, tra settori di ricerca classici o emergenti.

Le tre gambe della scienza

Esplorare le forme condivise di intelligibilità collettiva e i risvolti politici di questa transizione, che è sì epistemica ma che, come vera e propria mutazione antropologica in corso, investe gli ideali condivisi del sapere e le forme di vita, è anche uno dei compiti del 'fare filosofia' nel presente. Nel discorso culturale le parole e i fatti della scienza hanno pesi e riconoscimenti differenziali, s'è già detto, incontrano anche rinnovate fasi di rifiuto (Rufo 2023). L'attenzione sociale sulla scienza può informare (o mettere in discussione) forme di governance e forme di finanziarizzazione. Peraltro proprio politiche e finanza sono di converso tra le forze, e le resistenze, che, influenzando la ricerca, incidono anche sulla sua

dimensione epistemologica ed etica (Jasanoff Benessia Funtowicz, 2013; Kitcher, 2014; Funtowicz, Ravetz, 2020).

Si tratta di meccanismi profondi, retrostanti alle diverse pratiche disciplinari. Permettono, potenziano o ostacolano interi trend di studio: pensiamo alle *computer sciences*, dall'IA, alla robotica, all'intero universo dei Big Data, così come alla climatologia e all'ecologia. Il ruolo promozionale degli *stakeholders* s'è intensificato nella fase della scienza post-accademica (Ziman, 2000), si modula in tensione con le differenti fasi storiche che la scienza attraversa, ne recepisce i risultati e ancor più i 'prodotti' tecnologici.

Oggi una filosofia è incompleta se non prende in considerazione ciò che le scienze, in particolar modo le scienze degli organismi e degli ambienti, ci dicono di noi stessi e della nostra appartenenza al mondo che abbiamo trasformato e che a sua volta ci trasforma. Ma altrettanto resta incompleto il quadro se non capiamo quali forze dal contesto esterno ai laboratori agiscono indirettamente su di essi. Così per lavorare oggi in epistemologia non si può restare entro i limiti dell'epistemologia classica standard, confinata nella zona protetta del proprio metodo, attenta a regole formali e fattuali, ad alternanze della statica e della dinamica interne alle discipline, alle cristallizzate normative di demarcazione tra scienza e non-scienza o pseudo-scienza.

Ben prima dell'analisi di Michel Foucault, e anche prima dell'apologia baconiana della prassi scientifica, già un'epigrafe a Persepoli sentenziava che "sapere è potere". Oggi sono proprio le articolazioni più innovative delle conoscenze e la finezza delle tecnologie a interrogarci, a partire dalle trasformazioni di mondi, e di noi stessi, che ne sono discese. Sono le trasformazioni di conoscenze e di pratiche che questo sapere-potere ha prodotto, fin dal contesto originario in cui s'è formato generando congiuntamente in Europa i saperi della modernità e la democrazia (Greco, 2014-2019) che ci sollecitano a riflettere.

Sono infatti trasformazioni esportate nei secoli dal loro luogo d'origine in altre parti del mondo e sopra altre culture che le hanno ricevute, assorbite, come imposizione della colonizzazione. Ma anche come «vantaggio a lunga scadenza»: tra alcune culture allora in scacco oggi troviamo i protagonisti dei maggiori avanzamenti seriali e innovativi di tecnoscienze, come nel caso dei cosiddetti Paesi emergenti, tra cui molti dell'Estremo Oriente. L'intera dinamica, con la sua serie di effetti e ricadute nel presente, richiede anche alle comunità scientifiche un'integrazione di «scienza responsabile» e una diversa accezione di oggettività. Un'oggettività per certi versi più forte, in quanto consapevole della propria non-neutralità e dunque *situata* (Severini, Gagliasso, Mangia, 2023).

Uscire dalla *comfort-zone* del metodo della filosofia della scienza classica non significa certo farne a meno, ma ampliare l'epistemologia a questioni ulteriori. Si parla di una circolarità a "tre gambe" (Ziman, 2000) tra il lavorare su un preciso

progetto, l'economia che lo finanzia e la ricezione sociale che ne recepisce i risultati, e che agisce da ulteriore feed-back. L'economia finanziaria è il perimetro delle concrete forze in atto entro cui si giocano le domande significanti o meno, e spesso ha un maggior peso delle scelte finanziarie dei governi statali per la ricerca.

Oltre al metodo e a tali committenze, nelle società democratiche esiste poi una «terza gamba». S'è detto «ricezione sociale», ma questa nella realtà di molti paesi democratici è divenuta una definizione di massima, perché ciò che interviene è una *interlocuzione attiva, critica ed informata delle cittadinanze*. Parti della società civile, informate ed interlocutorie, agiscono collettivamente in prima persona con una parte dei ricercatori, contribuiscono o criticano, aprono una dialettica attraverso tavoli di concertazione su questioni specifiche. Si tratta di una fase molto interessante per l'epistemologia. Negli ultimi trent'anni completa il crocevia dei tre vettori, delle «tre gambe» della scienza: metodo, stakeholders finanziari, e cittadinanza scientifica (*citizen science*). Una novità che vede il sociale dentro e fuori dai laboratori, soprattutto in aree della ricerca che maggiormente coinvolgono gli ambienti, la salute, le ricerche sulle energie rinnovabili, la difesa della biodiversità. Eppure la *citizen science* di oggi ha radici più lontane. Sono due i momenti maggiormente significativi che cogliamo come premesse del fenomeno attuale: gli effetti della costruzione e dello sganciamento della bomba atomica e le lotte di scienziati e tecnici per la non neutralità della scienza degli anni Settanta-Ottanta.

Con il successo dei test nucleari, coronamento delle leopardiane magnifiche sorti e progressive collegate direttamente alla ricerca scientifica, s'è inserita nel discorso filosofico e sociale sulla scienza la dimensione valoriale e non più solo metodologica. Fu una novità che nella storia della scienza raramente s'era data prima: molti scienziati, fisici in particolare, si posero dilemmi etici, li esposero e si esposero, (Battimelli, De Maria, La Rana, 2022). Prendono le distanze dai nuovi indirizzi di una parte della loro stessa disciplina, militarizzata. Ciò s'intensifica all'indomani della «prova scientifica» della bomba atomica su Hiroshima e Nagasaki. Il bombardamento del 1945 è una data che crea una faglia non solo per la grande storia, per la futura geopolitica, o addirittura per le stesse datazioni geologiche: dato che la presenza di isotopi radioattivi distribuita sulla Terra nel dopo-bomba sarà una delle soglie geologiche convenzionali per datare la nuova era oggi in corso: l'Antropocene (Crutzen, 2002). Ma si crea anche una faglia proprio dentro il mondo della fisica e dei suoi valori intrinseci.

Con la generazione successiva ai fisici della guerra, con gli anni Settanta, un fisico italiano, Marcello Cini, è inviato dal tribunale Russell assieme ad altre figure di intellettuali, a osservare e testimoniare gli effetti dei bombardamenti al napalm sul Vietnam: l'innovativo *Agente Arancio*, il prodotto della ricerca del chimico statunitense Louis Frederick Fieser. Da queste relazioni testimoniali nascerà tutta una serie di risposte giuridiche, internazionali, di risarcimenti economici statunitensi per i loro crimini in Vietnam. Proprio questa esperienza, contribuirà in

questa «preistoria della citizen science», a far affrontare nel giro di pochi anni a Cini, alla sua scuola, e a movimenti di tecnici e parti di società, il tema della non-neutralità della scienza (Ciccotti et al., 2011.). La scienza deve sì essere oggettiva con la sua elaborazione formale e fattuale, dopo che è stata posta una domanda, ma la fase che precede, che vede la gestazione della domanda, neutrale non lo è e non la si può affrontare solo con le regole del metodo classiche, ma deve introdurre altre chiavi interpretative che sono politiche, ideologiche, economiche: si delinea così il rapporto tra regole e meta-regole (Mazzonis, Cini, 1981). Sono tutte premesse che poi filtrano nel tessuto dei presupposti, dell'autorizzazione a pronunciarsi attivamente da parte di gruppi sociali, in quello che oggi è il ruolo democratico e attivo delle cittadinanze scientifiche, in particolare nelle ricerche su ambiente, biodiversità e salute (Mangia, 2020). O almeno tale è stato fino a ieri.

Cittadinanza scientifica e guerra

L'economia della ricerca, le stesse scelte tematiche e soprattutto il ruolo attivo, critico e democratico, della *citizen science* potrebbero affievolirsi con la Guerra Grande iniziata il 24 febbraio 2022. Molto di ciò con cui ci si è familiarizzato nel mondo democratico della ricerca, le stesse aporie e difficoltà di una democrazia scientifica segnata da incompletezze, dalla necessità di una sua costante messa in guardia dalla intensa sua finanziarizzazione, forse va incontro a uno sbilanciamento: una diminuzione del ruolo possibile per le cittadinanze democratiche e un indirizzamento delle scelte economiche statali finalizzate alla difesa. Si sta entrando in una realtà per certi versi poco conoscibile, anche se a grandi linee non sconosciuta: altri simili storni sono noti nei passaggi delle altre due guerre mondiali del Novecento. Ma, sia per intensità, pervasività delle tecnologie militari che per le articolazioni e l'autoconsapevolezza attuale di gran parte della ricerca tra scienza e società, la scienza d'inizio e metà del XX secolo era ben altra cosa da oggi.

Nel giro di poco più di un anno, tra il 2022 e il 2023, il nostro sguardo sulla transizione epistemica e sul ruolo delle cittadinanze nel cambiamento degli ideali della ricerca degli ultimi decenni sta quasi diventando retrospettivo. È difficile ipotizzarne una continuazione lineare perché gli scenari figli della guerra sono punti di svolta a bassa previsionalità della ricerca, dell'epistemologia e delle filosofie politiche. Eppure già sappiamo, non certo qualche cosa che riguarda l'andamento imprevedibile della guerra, né quello che riguarda le economie e il loro vari dissesti (o le locali immense fortune per alcuni), ma dove andare a guardare sul piano della ricerca. Certamente agli antipodi di quanto serve alla crescita *democratica* della ricerca, alla sua trasparenza e al nuovo protagonismo collettivo in corso nella transizione sulle scienze e politiche dell'ambiente, per certi versi aurorale: dalla blindatura della trasparenza comunicativa nelle ricerche transnazionali tra potenze belligeranti, già nota ai tempi della Guerra Fredda, alla maggiore difficoltà per le ricerche non finalizzate sul breve termine al prodotto tecnologico o tecnomilitare. Tutto ciò in società che proprio una guerra estesa

(anche fuori dal suo epicentro e a bassa intensità) rende giocoforza meno libere, spesso più totalitarie o reazionarie come già stiamo osservando.

Inoltre, una specifica attenzione, ancor prima che alla democrazia delle cittadinanze va rivolta a quella delle comunità scientifiche stesse, con le loro pratiche di condivisione transnazionali costanti e intense, che spesso non travalicano gli interessi economici degli Stati ma che riescono a bypassare quelli politici. Lo scambio che corre sulle reti delle riviste, dei convegni, dei blog dei ricercatori e che ricopre oggi tutto il mondo è di nuovo a rischio. Nel secolo scorso intere comunità di ricerca dell'Urss sono state ammutolite, deprivate di scambi con l'Occidente (molte, assai avanzate, soprattutto di genetisti evuzionisti, sono state perseguitate, internate nei Gulag, dissolte). Il 30 marzo 2022, a guerra già iniziata da un mese circa, abbiamo assistito ancora all'abbraccio tra l'astronauta americano Mark Vande Hei e i colleghi russi Pyotr Dubrov e Anton Shkaplerov tornati sulla Terra. Con la continuazione del conflitto la cooperazione spaziale cessa, ma non sarà la sola a risentirne. L'hanno ben colto innanzitutto centinaia di scienziati russi, tra i primi a condannare l'invasione dell'Ucraina con dichiarazioni che li esponevano in prima persona a gravi rischi.

Senza collaborazione transnazionale, senza democrazia, anche la democrazia *dentro* la scienza si annichilisce e la ricerca senza democrazia si fa asfittica. La ricerca militare, per definizione coperta da segreto, crea sempre un *vulnus* di fondo nelle possibilità democratiche, mentre quella che può sopravvivere invece, anzi prosperare anche con un tasso abbastanza basso di democrazia, è la *tecnoscienza*, soprattutto nel caso della ricerca bellica: ricerca quella che non conosce confini e già da prima della guerra era robustamente sostenuta da precisi sponsor. Una ricerca dominata dalla segretezza e dalla verticalizzazione e che già ben si conobbe ai tempi della fabbrica dell'atomica con il Progetto Manhattan di Los Alamos.

Anche la ricerca militare applica il metodo scientifico, lo applica su tutte le scale e su tutte le innovazioni d'arma. Nel suo "buon uso" normativo, prescinde dall'etica. Le mine antiuomo ad esempio sono state accuratamente perfezionate per mezzo di un approccio di tipo *trial and error* sul campo e oggi sono equipaggiate con una intelligenza artificiale molto sofisticata ottenuta integrando quanto accadeva in Afghanistan quando i ribelli, per farle saltare, mandavano avanti le loro greggi di pecore: oggi le mine son capaci di distinguere tra il passo umano e il passo animale, possono elevarsi in altezza e essere più 'funzionali' (ovvero devastanti) delle mine a grappolo, già vietate nel passato recente, oggi tornate in auge.

Alcune premesse vanno già in questa direzione. Il nuovo rapporto con lo sviluppo militare, partito con il riarmo della Germania, dei Paesi Baltici, del Giappone, e in generale di tutti i paesi della NATO ha determinato già un forte aumento. In linea con ciò, per lo sviluppo difensivo in Italia il budget di produzione degli armamenti è aumentato (per ora) a 38 miliardi: un aumento del 19,6% rispetto al tempo prebellico del 2019, e una cospicua parte del PNRR vi è stata riconvertita. Può essere solo l'inizio di un trend che passa dalla semplice produzione e rinnovo

d'armamenti alla loro ricerca innovativa. Su che cosa si orienta questa innovazione e cambiamento? Armi *intelligenti*, pilotaggio da remoto di droni, cyber-defence, robotica sono i campi d'investimento finanziario e di ricerca in crescita. Senza ignorare il contagio che vede già impennarsi le spese in paesi (ancora) fuori dal conflitto: Cina, Corea del Sud, Giappone, Paesi Baltici.

Se alla crescita di settori della ricerca sostenuti da tali dinamiche finanziarie, affianchiamo la contrazione della dimensione democratica, della trans-nazionalità e della comunicazione con la sua necessaria cooperazione e competizione virtuosa ancora relativamente trasparente, tra ricercatori in aree di un mondo in conflitto ecco che torneranno a innalzarsi barriere di segretezza e incomunicabilità. Direi un rischio reale, che s'è già installato anche se il conflitto dovesse finire a breve.

Ma se da sempre la scienza libera, la sua stessa creatività, ha invece bisogno di società democratiche e aperte, come già indicava Popper, se ha bisogno di trasparenza e transnazionalità, proprio la scienza post-accademica, «a tre gambe», di questo XXI secolo avrebbe ulteriori esigenze. Sostenuta, criticata, presa nel corpo a corpo con il ruolo attivo delle cittadinanze scientifiche, essa ha anche modificato gran parte del nostro stesso posizionamento culturale nel mondo. Grazie alla crescita di conoscenze delle scienze dell'ambiente e del vivente, da soggetti prometeici del tardo positivismo ci stiamo scoprendo abitatori di un mondo infragilito e riparatori dei danni precedentemente inferti.

Si sono andati trasformando, come abbiamo visto, gli ideali del sapere più pregnanti per le nuove generazioni. Adesso tutti gli stili di ricerca che investono su tematiche fondamentali per la salvaguardia e la mitigazione degli ambienti, per la resilienza e la sostenibilità equa delle società, per la salvaguardia della biodiversità e della salute globale rischiano la stretta in un collo di bottiglia regressivo. La guerra prolungata innesca e potrebbe giustificare con l'allarme difensivo uno slittamento delle priorità della ricerca, e lo storno finanziario darsi non solo a vantaggio delle produzioni tecnologiche seriali (aumento spese armamenti), ma anche di un sostegno per la «creatività» di ricerche che andrebbero a innovare e sofisticare i settori circostanti al militare, deprimendo altri urgentissimi campi di indagine.

A contrappunto di tutto ciò, nel rapporto tra comunità scientifiche e comunità civili può corrispondere una difficoltà nel delicato legame tra cittadinanza scientifica e ricerca, quella *citizens science*, degli ultimi trent'anni. Rapporto aurorale e ricco di potenzialità maturative sia per le scienze che per la democrazia partecipata, ma già di per sé complesso e a volte conflittuale. Si pensi ad esempio alla reattività talora oscurantista di opinioni pubbliche sparse e risonanti in regressive camere dell'eco virtuali al tempo della pandemia di Covid. Opinioni pubbliche, non quindi - attenzione- cittadinanze coordinate tra loro e in dialettica con ricercatori ma a quest'ultime spesso ambiguamente prossime (Campanella,2020). Difficilmente, in condizioni di segretezza inaccessibile ad alcun confronto con la società civile, nell'ignoranza di quello che la ricerca militare sta producendo e richiedendo, le

cittadinanze potranno essere informate e far sentire la loro voce in questo campo. Anche se si deve riconoscere che la ricerca militare non è mai cessata e sempre è stata coperta dal segreto militare, il problema nel presente è quando la quantità che potrà crescere, si può trasformare in qualità. Anche ammesso, sperato, che questa ultima guerra possa finire a breve, quello che è successo ha già creato per il futuro un effetto-soglia irreversibile. Ivi compreso l'incremento della «schismogenesi», come a suo tempo lo denominò riferendosi all'escalation di deterrenza della Guerra Fredda, Gregory Bateson ritenendola una dinamica che può andare esponenzialmente fuori controllo (Bateson 1972).

Dunque se torniamo alla *citizen science* e a quei cambiamenti culturali antropologici che erano in corso, scorgo due difficoltà e un compito storico. Da un lato la materiale impossibilità di «sapere» e dunque il rischio di un silenziamento di fondo della società (come sempre avviene quando le decisioni della ricerca passano per gli apparati militari), dall'altro lato il rischio di indebolimento di tutta un'altra area di ricerca scientifica che ci serve per affrontare i problemi globali che mettono rischio organismi e ambienti in un mondo climaticamente dissestato: la ricerca che serve ad aver cura della vita invece che annichirla. Il compito storico consiste quindi nell'inventare i modi collettivi per resistere e difendere tali ricerche, sostenere le alleanze tra comunità di ricercatori e società civile, proteggere gli investimenti virtuosi, e non solo sul piano economico, ma ideale.

Ideali del sapere (trasformazioni interrotte?)

Ma torniamo quindi a dove si era prima del 24 febbraio 2022, per profilare meglio l'ambito su cui occorre tale «resistenza». Alla cittadinanza scientifica, al rapporto tra scienze e società hanno fatto in questi ultimi anni da riscontro anche sul piano teorico analisi che entrano nel vivo delle caratteristiche denotative e etico-politiche di molti nuovi termini teorici e concetti influenti. Concetti influenti degli ultimi decenni, come «ambiente» o «biodiversità» hanno permesso di dare spazio a forme di ragionamento che mettono in relazione gli enti in reciproca trasformazione. Spostando così l'attenzione dall'ontologia, lo studio degli enti in quanto tali, alla storicità, il primato dei processi che vincolandosi formano proprio quelle temporanee «isole» che sono gli enti. Sono forme di ragionamenti tra scienza e cultura diffusa e trasformano anche gli *ideali del sapere* del nostro presente, accompagnandosi a una trasformazione antropologica tangibile in parte nelle nuove generazioni. Inoltre spostandosi gli *ideali del sapere* anche il primato delle discipline cambia (o cambiava: fino a ieri).

Ma soffermiamoci sul concetto di “ideale del sapere”, introdotto da Stefan Amsterdamski negli anni Settanta del XX secolo (Amsterdamski 1983). L'ideale del sapere mette in gioco le filosofie implicite delle teorie e le trasformazioni culturali ad esse circostanti con i loro effetti di ritorno che possono agire su questioni scientifiche ulteriori. Parente di minor respiro dell'”episteme” di Michel Foucault (Foucault, 1998), e a minor finezza di dettaglio operativo degli ‘stili di ricerca’ di

Ian Hacking (Hacking, 2017), può esser utile a perimetrare le ragioni di ciò che si va a indagare, permette di cogliere gli effetti dei prodotti della scienza sul sociale, sulle idee e sulle prassi, diffonde quei concetti influenti tra scienza e società che segnano un'epoca. Il rapporto costruttivo e distruttivo tra organismi e ambienti che cambiano, la circolarità dei sistemi che si costituiscono e disgregano, la complessità stessa come tema caldo e criterio di spiegazione di tutto ciò taglia trasversalmente verso la fine del XX secolo molte discipline, dalla fisica, alla matematica alla biologia all'ecologia. Tutte tematiche aggreganti e significative in quell'ultima parte del secolo per le trasformazioni in corso nelle scienze del vivente e dell'ambiente, anche se avevano già un loro innesco nel pensiero darwiniano di metà XIX.

È dunque possibile ragionare anche in chiave filosofica sulle categorie ideali che sottendono questi rapporti, questa forma mentis che è insieme scientifica, culturale e in senso lato politica. Una prima discontinuità evidente è la progressiva messa in causa del *primato del dominio* umano sul resto del mondo naturale, dagli altri viventi agli ambienti di vita. Intesi fino a ieri come «risorse». Inesauribili risorse. Gli stessi lessici cambiano la loro tonalità connotativa: si pensi a termini correnti come «legname», «bestiame», «pescato», «risorse minerarie». Oggi per molti risuonano come spie di una disappartenenza dal resto del mondo da parte di chi pensava di poterne disporre come di un capitale inesauribile: il cosiddetto «capitalismo di rapina» (Moore, 2017). Termini che, a parte un loro uso strumentale e locale, non ci lasciano più indifferenti e come denotazioni non neutrali ormai svelano la loro carica intrinseca di disvalori.

Se ciò accade è perché campi di ricerca spesso distanti e diversi tra loro convergono nel mostrarci noi stessi, soggetti un tempo autoreferenziali e «padroni», come biologicamente, evolutivamente, micro-ecologicamente dipendenti e coinvolti nei medesimi destini di altre specie a rischio: fisicamente costituiti e penetrati proprio dagli ambienti che abbiamo trasformato fin dai tempi profondi della storia umana e che da due secoli stiamo attivamente rendendo sempre più incompatibili con la vita. Queste dotazioni di valori che cambiano hanno avuto un peso non solo in situazioni locali, come per la difesa dei diritti della salute dei territori inquinati, ma anche come onda di pressione globale per i decisori politici, componenti dell'*IPCC*: dai Protocolli della biodiversità (da Rio nel 1989 ai numerosi ultimi Protocolli climatici per un'equa sostenibilità e contro le energie non rinnovabili). Storie di lunga durata quindi, dall'urgenza cogente, e altamente conflittuali. Se la Banca Europea con una decisione storica ha accettato nel 2018 di non finanziare più energia da fonti fossili a partire dalla fine del 2021, ciò non vale per altri Paesi che spesso vanno a sostituirsi nei vuoti lasciati. Si tratta di nuovi livelli dello stesso problema in cui i contendenti di base, le grandi multinazionali estrattive, spesso non cambiano, ma cambiano altri attori. Si pensi all'estrazionismo dell'*East African Crude Oil Pipeline (Eacop)* che dall'Uganda arriverà ai porti della Tanzania: laddove molte banche europee rispettose dell'*Equator Principles* si sono tolte dal gioco, prontamente si sono sostituite banche cinesi.

Il concetto di «ambiente» ha solo due secoli di storia e su di esso storia e filosofia della scienza ancora discutono (Casetta, 2023). Però nel corso di questi due secoli è entrato in una interessante transizione epistemica in quanto non è più soltanto termine ecologico-geografico, topologico, ma interroga le trasformazioni che noi, esseri umani, anzi precise parti della famiglia umana (Moore, 2014) portiamo ai contesti di vita, nostri e di tutti i viventi. Diventa insieme luogo e prodotto dell'azione dei suoi abitatori e oggi quindi lega insieme entità fino a poco tempo fa distanti, quando non in aperta ostilità: una scienza, l'ecologia, con i movimenti d'opinione che, dagli anni '70, per ondate successive arrivano fino ai nuovi ambientalismo climatici dei *Fridays 4 Future* ed *Extinction Rebellion*.

Proprio questo tipo di conversione degli ideali che legano scienza e cittadinanze, nella nuova situazione bellica può andare incontro a una erosione della sua possibilità interlocutoria e, anche se non ammutolisce, rischia di essere ben meno influente.

Con la faglia dell'invasione dell'Ucraina ricompaiono quegli elementi chiamati «residui intrattabili» da Eric Hobsbawm, nel suo *secolo breve* (Hobsbawm, 1994). Hobsbawm riteneva che nessuna epoca storica fosse stata più dipendente dalle scienze naturali e più «permeata» da queste del Ventesimo secolo, ma contemporaneamente più a disagio con la scienza. Per lo storico marxista quel secolo finiva con la caduta del muro di Berlino alle soglie degli anni Novanta. Esattamente negli anni in cui s'avvia la trasformazione epistemica e degli ideali scientifici che a breve porterà nel secolo successivo alla *citizen science* anche grazie, come abbiamo visto, alla capacità critica e autocritica di molti nuovi scienziati. Quindi una fiducia della società dal timbro diverso e in una compagine di ricerche diversa da quelle del XX secolo. Perché, ricordiamolo, senza fiducia nella ricerca, nei suoi dati, nei suoi modelli, nelle sue ricostruzioni del tempo profondo, qualsiasi protocollo climatico non avrebbe avuto ragione di darsi e di essere strenuamente difeso dalla base della società contro i potentati dei megatrend inquinanti.

Parlare così di conversione degli ideali del sapere implica tutto ciò e richiede di essere difeso dall'oscuro avanzare di una ricerca militarizzata. Se l'attenzione collettiva sarà resiliente, se continuerà il dialogo con quelle componenti scientifiche capaci di critica e autocritica, proprio quel *double bind* dell'ambivalenza di gran parte della scienza potrebbe trasformarsi, anche in una fase storica così rischiosa, in maturità responsabile.

Riferimenti bibliografici

Stefan Amsterdamski, *Tra la storia e il metodo*, Theoria, Roma 1983.

- Vincenzo Artale, *Sei domande sui cambiamenti climatici tra scienza e protesta sociale*, in «*Riflessioni Sistemiche*», 20, 2019, 6-26.
- Gregory Bateson, Donald Jackson, Jay Haley, John Weakland, (1956). *Verso una teoria della schizofrenia*, In G. *Verso un'ecologia della mente*. Adelphi, Milano 1972.
- Gregory Bateson, Mary Catherine Bateson, 'Doppio legame'-Glossario, in *Dove gli angeli esitano*, Adelphi, Milano 1989.
- Giovanni Battimelli, Michelangelo De Maria, A. La Rana (eds.) *Edoardo Amaldi: Da via Panisperna all'America. I fisici italiani e la Seconda Guerra Mondiale*. Feltrinelli, Milano 2022.
- Sara Campanella, *Percepirsi connessi. Un dialogo con Elena Gagliasso*, in *ilBo live*, 7 maggio 2020.
- Elena Casetta, *Filosofia dell'ambiente*, Carocci, Milano, 2023.
- Giovanni Ciccotti, Marcello Cini, Michelangelo De Maria, Giovanni Jona-Lasinio, *L'ape e l'architetto. Paradigmi scientifici e materialismo storico*, Franco Angeli, Milano 2011 (ed. or. 1976).
- Paul J. Crutzen, *Geology of mankind*, «*Nature*», 415, 23, 2002.
- Michel Foucault, *Le parole e le cose. Un'archeologia delle scienze umane*, Rizzoli, Milano 1998 (ed. or. 1966)
- Silvio Funtowics - Jerry Ravetz, *Post-Normal Science: How Does It Resonate With the World Today?*, in *Science for Policy Handbook*, Elsevier, Amsterdam 2020, pp. 14-18.
- Elena Gagliasso, Mattia Della Rocca, Rosanna Memoli (eds.), *Per una scienza critica*, ETS, Pisa, 2015.
- Pietro Greco, *La scienza e l'Europa* [5 voll.], L'Asino d'oro edizioni, Roma (2014-2019)
- Ian Hacking, *La ragione scientifica* (a cura di Gerardo Ienna, M. Vegelli), Castelvecchi, Roma 2017.
- Philip Kitcher *La scienza in una società democratica*, Ariete, Milano 2014.
- Eric Hobsbawm, *Il Secolo Breve (1914-1991)*, Bur, Milano 1994.
- Sheila Jasanoff, Alice Benessia, Silvio Funtowicz, *L'innovazione tra utopia e storia*, Codice, Torino 2013.
- Sheila Jasanoff, *Beni incalcolabili. Reimmaginare il nostro futuro tecnologico*, in S. Jasanoff, A. Benessia, S. Funtowicz, *op.cit.* 2013.
- John R. McNeill, Peter Engelke, *La Grande Accelerazione. Una storia ambientale dell'Antropocene dopo il 1945*, Einaudi, Milano, 2018.
- Cristina Mangia, *Scienza post-normale e "oggettività forte" nella ricerca su ambiente e salute*, *Notizie di Politeia*, 36 (139), 2020, 83-93.
- Danielle Mazzonis, Marcello Cini, *Il gioco delle regole: l'evoluzione delle strutture del sapere scientifico*, Feltrinelli, Milano 1981.
- Jason W. Moore, *Antropocene o Capitalocene*, Ombrecorte, Verona 2017.
- Fabrizio Rufo, *Scienza e bene pubblico. Cittadinanza, conoscenza, democrazia*, Donzelli, Roma 2023.

Eleonora Severini, Elena Gagliasso, Cristina Mangia, *Una comunità estesa di pari nella ricerca ambientale: la conoscenza situata come ampliamento dell'epistemologia*, in A. L'Astoria - C.Mangia (eds.), *Scienza, politica, società: l'approccio post-normale in teoria e nelle pratiche*, CNR Ed., Roma 2023.

John M. Ziman, *Real Science: What it Is and What it Means*, Cambridge Univ. Press, Cambridge 2000.

Sul genere e la scienza e La morte della natura, quarant'anni dopo

Prospettive di critica femminista della scienza e di ecologia radicale

*Elisabetta Donini*¹

Guerre e dubbi circa la possibilità di un “senso condiviso”

Questo intervento si svolge poco tempo dopo l’inizio dell’“operazione speciale” – in realtà una vera e propria aggressione di guerra – avviata dalla Russia contro l’Ucraina il 24 febbraio 2022, un evento che ha segnato un passaggio storico; così come nel secolo scorso ci fu una cesura tra il tempo prima e dopo le bombe del 1945 su Hiroshima e Nagasaki o tra prima e dopo l’inizio della guerra del Vietnam. Nella sua lezione del 18 marzo – che ha preceduto di una settimana questa mia odierna – Elena Gagliasso ha già sottolineato quanto l’erompere della guerra abbia aperto una faglia, un mutamento decisivo della situazione storica. Credo comunque che lo sguardo centrato sul genere, e in particolare lo sguardo di donna rispetto a una storia dominata dagli uomini e dal maschile, ci permetta da decenni di leggere nel maschile l’elemento portatore di distruttività, di scansioni gerarchiche, di messa a morte dei soggetti e della natura. Quindi di per sé il fatto che di nuovo abbia luogo una guerra purtroppo non è una novità, rispetto al passato più o meno recente. Al momento ve ne sono circa trenta nel mondo, più o meno mediatizzate, ma alcune di esse non vogliamo neppure guardarle o ricordarle. Prima ancora che l’antropocene, sono l’antropocentrismo e l’eurocentrismo a caratterizzare i comportamenti correnti, non solo in senso conoscitivo ma anche pratico².

In una situazione tanto gravida di violenza mi sembra illusorio pensare alla trasformazione dello stato di cose presente a partire dalla costruzione di un “senso condiviso” (come è scritto nella presentazione di questo corso di “Epistemologie”³),

¹ Ha concluso la sua attività accademica come docente di Fisica presso la Facoltà di Agraria dell’Università di Torino. Si è occupata di teoria delle particelle elementari, per spostare poi i suoi interessi di studio verso la critica storica delle scienze, dapprima rispetto alle contraddizioni di classe e successivamente a quelle di genere; le sue ricerche si sono inoltre incentrate sui rapporti tra scienze, genere e guerra, sulla prospettiva ecologica e più in generale sulle culture dei femminismi.

² Cfr. Elisabetta Donini, “Gli irreversibili ottimismo dell’antropocene” in Scuola Estiva della Società Italiana delle Storiche, Ambiente. Storie, conflitti, movimenti in una prospettiva di genere, Siena 2021.

³ In riferimento al testo introduttivo del corso che si concludeva così «Dopo due anni di pandemia in cui i temi scientifici sono stati sulle prime pagine dei giornali principalmente nella forma di chi enuncia soluzioni, il corso Epistemologie è uno spazio dove esplorare in che modo l’elaborazione di strumenti, tecniche, linguaggi, partecipa della costruzione di un senso condiviso, e quindi anche del cambiamento dello stato di cose presente.»

perché partiamo da grandi contrapposizioni nei modi di conoscenza e di azione e nei criteri di senso. Lo spazio in cui proiettare il cambiamento che perseguiamo non è immediato, ma a lungo termine ed è necessario decostruire molte caratteristiche del presente, molte strategie che sembrano necessarie, molte scelte di priorità. Occorre perciò darsi un tempo lungo, sollecitando altre e altri a confrontarsi sul lungo periodo con quanto succede. Ed è proprio in questo spazio che pesa profondamente lo scarto tra i due generi, tra donne e uomini o meglio tra il femminile e il maschile.

Rispetto alla centralità di tale scarto, c'è un aspetto che secondo me negli interventi precedenti non è stato abbastanza rimarcato: accanto a processi e oggetti, dove stanno i soggetti? La costruzione degli oggetti e l'altrettanto soggettiva costruzione dei processi non può prescindere da chi li propone. A livello tanto dei modi di conoscenza quanto dei movimenti nella loro concretezza, va ricostruita la varietà dei soggetti, negli aspetti di contemporaneità spaziale e di scansioni temporali. In particolare, i soggetti che hanno prodotto scienza si sono mossi a partire dalla loro collocazione nel mondo e in rapporto ai propri interessi e alle proprie finalità, quindi non certo secondo un "senso condiviso" (nonostante l'ottimismo richiamato sopra). A mio parere per poter parlare di un senso condiviso bisognerebbe percorrere una strada lunghissima, perché troppe sono le differenze che vanno smontate; per di più, si tratta di differenze che non si esprimono tramite separazioni orizzontali, ma che anzi ordinano gerarchicamente diversi soggetti nel mondo.

Per altro, riferirsi a uno spazio condiviso non significa necessariamente ritenere che esso possa risultare omogeneo, ma la questione centrale è che non può darsi condivisione se ci sono soggetti che hanno interessi, finalità, motivazioni incomponibili. Banalmente, il lavoro e il capitale non possono condividere un orientamento, sono antagonisti. Per analogia possiamo vedere altre fratture come espressioni di incompatibilità altrettanto irriducibili.

Enuncio ora il tema principale del mio intervento: intendo concentrarmi su due studiose, Evelyn Fox Keller e Carolyn Merchant, ma per introdurre il nucleo della loro visione desidero citare una grande letterata e saggista, nonché punto di riferimento per il femminismo dagli inizi del '900, Virginia Woolf, che nel 1938 scrisse le "Tre Ghinee", un libro contro la guerra, affermando che:

Science, it would seem, is not sexless; she is a man, a father and infected too.
(Woolf 1975, p.159)

Qui "infected" può essere letto in termini sia attivi che passivi. La scienza è infettata, in quanto uomo e padre, ed è infettante perché porta disastri e sciagure. Non è un disfattismo luddista e antiscientifico, ma è una presa d'atto delle tendenze che si sono affermate nella produzione di conoscenza e nelle pratiche che originano da quella conoscenza.

La fondazione della critica di genere della scienza. Una traiettoria da outsider

Nel 1991 ho avuto la possibilità di sviluppare una serie di *conversazioni* (Donini, 1991) con Evelyn Fox Keller (EFK); per molti aspetti esse costituiscono quasi un sommario, una sintesi dei principali filoni di ricerca e di riflessione proposti dalla stessa Keller, che in quel confronto ha desiderato mettere a fuoco molti dei suoi temi portanti. Il taglio della discussione ha risentito del suo stile di lavoro, attento ai risvolti teorici così come alle dimensioni del vissuto. Abbiamo costruito insieme il percorso da seguire e credo che quelle *Conversazioni* presentino ancora numerose ragioni di interesse; qui trarrò vari spunti da uno sguardo rivolto all'indice del libro, che avevamo concordato scegliendo una scansione tematica non gerarchica.

Il titolo scelto per il primo capitolo fu «Vivere nelle crepe», in modo da richiamare un'espressione cara alla Keller per caratterizzarsi sì come una scienziata, ma per mettere nello stesso tempo in risalto quanto non si sentisse bene accetta tra le scienziate – persino tra quelle che si dicevano femministe – e ancor meno accetta nel mondo “scientifico neutro”, trovandosi anzi sempre un po' in conflitto con gli ambienti in cui viveva. In questo primo abbozzo della sua autorappresentazione, accanto ai motivi di amarezza EFK affermava però anche una certezza positiva: la connessione tra le analisi che andava conducendo circa la dominanza del maschile nelle scienze e le riflessioni sulle esperienze vissute nella maternità. Più volte EFK ha parlato del rapporto con sua figlia e suo figlio ricavandone anche illuminazioni conoscitive, per esempio raccontando come per il figlio fosse molto difficile accettare di costruirsi (o di venire costruito) come un soggetto autonomo, cui era prescritto l'obbligo di essere forte, perché questo atteggiamento non corrispondeva alle sue inclinazioni. Per la figlia, invece, era stato più facile riconoscersi nella soggettività che le veniva proposta in continuità con lei, la madre. In molti studi, in specie alcuni che risalivano già agli anni '70, compaiono numerosi elementi di analisi psicologica e gnoseologica fondati proprio su osservazioni dirette condotte dall'interno della propria vita.

Le riflessioni sulle proprie esperienze contribuirono a portare la Keller alla fondazione della critica femminista della scienza in prospettiva di genere. A metà degli anni '80 pubblicò infatti una ricerca che segnò una svolta decisiva in campo epistemologico, ma anche storico e politico, per il movimento delle donne a livello mondiale (Keller, 1985); in tal senso mi sembra molto significativo un passo dell'Introduzione:

«Ancora una decina di anni fa era diffuso l'aforisma “Il personale è politico”, forse l'espressione più chiara di ciò che caratterizza il femminismo moderno. Oggi le pensatrici femministe riconoscono nella coniugazione di privato e politico qualcosa di più di un semplice aforisma, scorgendovi infatti un metodo». (trad. it. p.23)

Poco più avanti c'è un'affermazione ancora più netta: «Il prolungamento logico del personale come politico è, insomma, lo scientifico come personale». (ivi p.24)

Per la Keller, mettere in discussione la pretesa tipicamente maschile di poter attingere forme di conoscenza impersonali e per ciò stesso oggettive e universali, significò spostarsi radicalmente dalle concezioni che consideravano le differenze tra donne e uomini sulla base degli aspetti attinenti al sesso a nuove visioni fondate sulle connotazioni di “genere”. Anche se può apparire che mi stia contraddicendo, vorrei sottolineare che il termine “genere” era stato in realtà introdotto nei primi anni '80 in un contesto medico, da un punto di vista oggettivante, imperniato quasi essenzialmente sulle connotazioni sessuali; sono state necessarie radicali revisioni femministe per riuscire a proporre invece un discorso di prospettiva, di soggettività, di vissuto⁴. Anzi proprio EFK ebbe il merito di avvalersi a fondo di un taglio di genere per costruire le basi della critica femminista della scienza, a partire da una ricognizione storica e filosofica dei legami tra nascita della scienza moderna, caratteristiche del maschile e affermazione del dominio patriarcale sulla natura e sulle donne.

Spero di rendere più incisivo il mio discorso richiamando i titoli delle tre parti in cui è scandito il volume della Keller: 1. «Gli accoppiamenti storici tra mente e natura»; 2. «Il mondo interiore dei soggetti e degli oggetti»; 3. «Teoria, pratica e ideologia nel fare scienza» e integrandoli con alcune frasi illuminanti che traggo dall'«Epilogo»:

«In tutti i saggi ricorre, in un modo o nell'altro, la preoccupazione per il vizio androcentrico sotteso alle prevalenti definizioni di scienza. Di qui l'intento di trascendere quel vizio. [...] La mia visione di una scienza liberata dai generi non è giustapposizione né complementarietà di prospettive maschili e femminili, né può esser considerata come sostituzione di una forma di bigotteria con un'altra. Si fonda invece sulla premessa di una trasformazione delle stesse categorie del maschile e del femminile e, corrispondentemente, di intelletto e di natura.

[...] È sana quella scienza che lascia spazio alla sopravvivenza produttiva di concezioni diverse di mente e natura, nonché a strategie corrispondentemente diverse. Nella mia visione della scienza, quel che si deve cercare non è l'addomesticamento della natura, bensì l'addomesticamento dell'egemonia. Conoscere la storia della scienza significa prendere atto della mortalità d'ogni pretesa di verità universale». (Fox Keller, 1985, trad.it. pp. 122-123)

Sottrarsi alle pretese egemoniche dei soggetti che modellavano gli ambienti scientifici è stato indubbiamente per EFK un percorso travagliato; negli scritti più esplicitamente legati ad alcune sue esperienze, c'è ad esempio il racconto di diversi casi di professori che, una volta sentito che lei si intestardiva a voler fare ricerca e a restare nello stesso tempo radicata nel suo femminismo, cercavano di scoraggiarla

⁴ Per chi volesse approfondire lo scarto che distinse i due percorsi (e si sapesse districare tra vari ostacoli informatici), rinvio a Elisabetta Donini, “Genere, medicina e protagonismo dei movimenti delle donne”, Libertà delle donne nel XXI secolo, <http://libertadonne21sec.altervista.org>.

o le dicevano che il suo proposito non aveva senso. Un percorso così in tensione tra il modo in cui veniva considerata e quello in cui lei si poneva – nell’aspirazione a tenere congiunti i due termini – non era certo agevole; e tuttavia nella ricostruzione della propria storia la Keller ha spesso valorizzato in termini positivi il suo viverci come “anomala”, il suo essere protagonista di una “traiettoria da *outsider*”. Molto presto, dopo aver compiuto un ottimo percorso di studi che l’aveva rassicurata sulla possibilità di entrare nel mondo scientifico, se ne era distaccata, perché non vi si riconosceva più. La sua si svolse dunque come una vicenda simile a quelli che in Italia chiamammo “percorsi del disagio”.

Vissuti e riflessioni intorno al ‘disagio’

Come la Keller, tra gli anni ’70 e gli ’80 fummo in molte a renderci conto che da scienziate donne eravamo percepite come non adatte, eravamo sempre un po’ in difficoltà a farci accettare, non era ritenuto un mondo adatto a noi e questo ci veniva spesso fatto pesare. In una delle prime ricognizioni, il Collettivo «Donna e Scienza» di Torino⁵, tramite un questionario proposto a livello locale tra ricercatrici universitarie di facoltà scientifiche, si prefisse di indagare su diversi aspetti della loro vita professionale e personale. Nell’analisi che poi ne fecero, le autrici sottolinearono «la conflittualità tra il tempo dedicato alla vita privata e quello dedicato al lavoro», incalzate dal rischio di «sentire su di sé (o credere di sentire) lo sguardo di disapprovazione dei colleghi (maschi e in generale lavati-stirati-mangiati)»⁶. Ma se, anziché autorizzarsi per esempio a svolgere una commissione o a uscire in anticipo dal laboratorio per andare a prendere a scuola i figli o le figlie, una donna decide di mettere al primo posto gli impegni di lavoro, non si libera perciò dal disagio.

«Abituate come siamo a doverci spezzettare tra i nostri vari compiti e le varie aspettative (interne-esterne): donna – lavoro esterno; donna – amore; donna – madre; donna – amicizia; donna – cultura; nutriamo spesso verso tutti questi aspetti della vita dei sentimenti ambivalenti che si manifestano spesso come insicurezza». (Ivi, p. 30)

Pochi anni dopo, l’indagine condotta sul caso torinese venne proiettata in un ambito più ampio: nel 1986 alcune ricercatrici scientifiche del Centro di Documentazione, Ricerca e Iniziativa delle Donne di Bologna – in contatto con le torinesi promotrici del primo questionario – ne costruirono una versione più estesa e la diffusero in sette sedi universitarie italiane. L’analisi qualitativa e quantitativa che ne venne fatta (Arlacchio et al, 1988, pp. 17-41) confermò e approfondì molte delle valutazioni maturate con la ricerca torinese. Bice Fubini (Fubini, 1988, nota 12, pp. 42-57), paragonò i risultati dei «due questionari (quello

⁵ Collettivo «Donna e Scienza» di Torino, “Come vivono la scienza le donne?”, *Se-Scienza Esperienza*, n. 9 dicembre 1983, pp. 29-30. Per una ricostruzione storico-teorica del percorso avviato tra gli anni ’70 e gli ’80, si veda anche Alessandra Allegrini 1978-1986: *All’origine del Coordinamento Nazionale “Donne di Scienza*, Edizioni Fondazione Giacomo Brodolini, Roma 2013.

⁶ *Se-Scienza Esperienza*, n. 9, p. 29

piccolo di Torino e quello esteso di Bologna» e mise in risalto varie somiglianze – ma anche qualche significativa differenza –, soffermandosi in particolare «sugli aspetti di *disagio*», nodo cui anzi riservò un paragrafo specifico, intitolato appunto «*Il disagio*» (Ivi, p.55).

Come Bice scrisse, nel breve scorrere di cinque o sei anni accettare che il tempo della ricerca pervada la vita intera non sembrava più

«un costo necessario e implicito da pagare [...] sempre di più, almeno a parole, si rivendica il proprio dovere-diritto di concedersi un affetto, una passeggiata, un'attività sportiva. Saranno in grado le donne, forti di questa sensazione [il vissuto del disagio], di imporre nuovi metodi e nuovi tempi di lavoro, costruiti a partire dai propri bisogni e non – come ora – da scadenze esterne imposte dalla “comunità scientifica”? Se sì, questo disagio non è più un connotato negativo ma un punto di forza da cui partire per cambiare le cose» (Ibidem).

Rielaborando con parole mie il senso di un così radicale rovesciamento, vorrei sottolineare che dalla messa in discussione di come si veniva considerate “fuori posto”, se si pretendeva di occuparsi di scienze e tecnologie pur essendo donne, scaturì uno di quei fondamentali processi di “presa di coscienza” (o, per il femminismo inglese, di “*consciousness-raising*”) attraverso cui maturarono soggettività autonome ed esperienze essenziali di *empowerment*.

In sintonia con l'organismo. La forza intellettuale di una scienziata eccentrica

Dall'inizio degli anni '80 EFK andò consolidando il suo sguardo innovativo sui legami tra la nascita della scienza moderna, le caratteristiche del maschile e l'affermazione del dominio patriarcale sulla natura e sulle donne. A questo punto occorre che mi soffermi – pur brevemente – sul suo magistrale studio (Fox Keller, 1983) dedicato alla vita e alle opere del premio Nobel Barbara McClintock (BMC), studiosa della citogenetica del mais. Nel volume che le ha dedicato, la Keller ha manifestato nei suoi confronti una profonda empatia, ma non ha minimamente tentato di sovrapporre a BMC il proprio femminismo, anzi ha espresso un grande rispetto per il modo di conoscere della McClintock, che era di per sé un modo empatico, cui BMC dava il nome “mettersi in sintonia con l'organismo”, espressione che poi la Keller ha scelto come titolo del suo libro. Per altro, va sottolineato che il grande impegno scientifico della McClintock ebbe finalmente quel pubblico riconoscimento di così alto prestigio soltanto nel 1983, quando BMC aveva ormai 80 anni; prima, invece, veniva considerata talmente stravagante che non sembrava il caso di badare alle sue ricerche.

Dagli anni '40-'50 si era infatti affermato come paradigma dominante quello della biologia molecolare, con il suo cosiddetto “dogma centrale”, che conferiva al DNA completa autonomia e considerava unidirezionale il flusso dell'informazione genetica. Si trattava di una concezione decisamente rigida, molto lontana da quella

cui si stava invece ispirando la McClintock, che dai suoi esperimenti sul granoturco aveva ricavato un punto di vista molto più dinamico, aperto a cogliere le specificità individuali e gli andamenti trasformativi; nella sua ricerca le «trasposizioni» comparvero come elementi di regolazione e controllo dell'assetto cromosomico e BMC attribuì ad esse un significato evolutivo, scostandosi in tal modo profondamente dalla visuale «dei suoi colleghi in genetica. Lei era principalmente interessata alla funzione e all'organizzazione; a loro interessava principalmente il meccanismo» (Fox Keller, 1983, trad. it. p.223). Il premio Nobel le fu assegnato soltanto quando «persino gli scettici» dovettero «riconoscere che il genoma non è un'entità statica, ma una struttura complessa in uno stato di equilibrio dinamico» (Ivi p.227).

Come EFK mette bene in evidenza, fin dagli anni '20 e '30 Barbara McClintock cominciò a raggiungere risultati che vennero riconosciuti come importanti; e tuttavia la sua collocazione negli ambienti della ricerca restò difficile:

«La difficoltà era costituita dal fatto che i posti di lavoro per le donne erano pochi e a complicare questa difficoltà contribuiva l'atteggiamento di McClintock. Di fatto, lei si rifiutava di accettare un posto da donna. Non sarebbe stata uno 'scienziato donna' più di quanto volesse essere 'una donna' in senso convenzionale. [...] Insisteva perché i meriti fossero uguali ai diritti. Tutto ciò non la rendeva soltanto anomala, ma agli occhi di molti suoi colleghi addirittura problematica» (Ivi, pp.100-101).

Le circostanze, il carattere, lo stile di lavoro e di vita esposero BMC a forti manifestazioni di intolleranza:

«permettersi di essere donna ed eccentrica era davvero troppo. Un aspetto finiva per rinforzare l'altro, fino a provocare l'intolleranza [...] è innegabile che il fatto di essere una donna finiva per rinforzare la sua eccentricità, sia nella percezione che ne avevano gli altri, sia nei fatti. In quanto donna aveva due alternative: o comportarsi da "signora" o da "eccentrica". Lei stessa lo riconosce» (Ivi p.109).

Desidero concludere questa parte sottolineando con quanta efficacia la Keller fece risaltare la peculiarità della prospettiva che caratterizzava lo stile di ricerca di BMC: occorre

«avere il tempo di guardare, la pazienza di "ascoltare ciò che le cose hanno da dire", occorre avere l'apertura mentale di "lasciarle venire da te". Soprattutto, occorre "sentirsi in sintonia con l'organismo". [...] Così conosco ogni pianta del campo. Le conosco intimamente, e ricavo un immenso piacere dalla loro conoscenza» (Ivi pp.231-232).

In tempi in cui prevalevano correnti scientifiche pervase da una visione riduzionistica e dalla volontà di assoggettare a scopi e interessi umani la complessità dei processi, una scienziata come la McClintock poteva apparire del

tutto inattuale, quasi – come le veniva imputato – fosse rimasta ferma a un ottocentesco naturalismo. Eppure, dai brani che ho citato credo traspaia abbastanza nitido da un lato il fascino della sua straordinaria capacità di interpretare efficacemente i fenomeni che osservava proprio perché vi si calava dentro; e dall'altro la potenza dell'approccio storico-critico di cui si è avvalsa EFK. Con finissima sensibilità e grande rispetto per la soggettività autonoma di BMC, la Keller ne ha tracciato una rappresentazione in cui le dimensioni biografiche, scientifiche, gnoseologiche e psicologiche contribuiscono tutte a farci conoscere una figura certo anomala, ma proprio perciò di rara grandezza.

L'emozione di una storia capovolta, perché scritta da un punto di vista femminista

Un'altra autrice fondamentale, che ha contribuito a segnare la svolta epistemologica degli anni '80 del secolo scorso (e che resta tuttora profondamente attuale) è Carolyn Merchant (CM), altrettanto complessa di EFK, per certi aspetti in grande consonanza con lei, per altri però anche diversa circa alcuni orientamenti e priorità in tema di donne e scienza. Mi soffermerò in particolare sul volume che attorno al 1980 ne consolidò la notorietà negli ambienti femministi ed ecologisti (Merchant, 1979), negli Stati Uniti e non solo.

Riporto qui qualche riga dall'Introduzione, che a mio parere rendono bene lo slancio a tutto campo con cui la Merchant si accingeva all'opera:

«Nuove preoccupazioni sociali generano nuovi problemi intellettuali e storici. Inversamente, nuove interpretazioni del passato forniscono nuove prospettive sul presente e quindi il potere di modificarlo. L'attuale coscienza femminista ed ecologica può essere usata per esaminare le interconnessioni storiche fra donne e natura che si svilupparono quando, nel Cinquecento e nel Seicento, prese forma il mondo scientifico ed economico moderno: una trasformazione che plasmò e pervade tuttora i valori e le percezioni prevalenti.

La storia femminista nel senso più ampio richiede che noi guardiamo al processo storico con occhi egualitari, vedendolo ex novo dal punto di vista non solo delle donne ma anche di gruppi sociali e razziali, e dell'ambiente naturale: le risorse, in precedenza non riconosciute, su cui sono stati costruiti la cultura occidentale e il suo progresso. Scrivere la storia da un punto di vista femminista vuol dire capovolgerla: ossia vedere la struttura sociale dal basso e proporre alternative ai valori prevalenti» (Merchant, 1979, trad. it., pp. 31-32)

Come appare dal brano citato, CM è sempre stata attenta a quel che accade nel mondo, con una sensibilità di cui mi pare opportuno cogliere anche la valenza politica, ma su questo tornerò esplicitamente più avanti. Alla fine degli anni '70 il lavoro di Carolyn Merchant si concentrò sulla critica del carattere non-neutro della

scienza e fu questo percorso che la portò a scrivere *La morte della natura*, o forse sarebbe ancor meglio dire “La messa a morte della natura”, perché l’argomento forte del libro è proprio che la natura non sia morta per processi endogeni, bensì sia stata uccisa attorno al ’600 dalla rivoluzione che fu al tempo stesso scientifica, industriale e capitalistica. Ricostruendo quella vicenda, l’autrice ci mostra come vennero così uccise anche le donne, perché vennero relegate (più di quanto già non fossero) nella passività e nei confini domestici, rispetto alla prerogativa maschile di muoversi nel mondo, di segnarlo, di conquistarlo. Merchant mette in luce tutto questo attraverso una attenta critica storica: in particolare circa la transizione dalla visione dell’organicismo, che prevalse fino al 1500, a quella del meccanicismo, che si espanse dal 1600; passaggio di cui fu un tragico risvolto la caccia alle streghe, cioè l’esecrazione e la persecuzione perpetrate contro le donne come portatrici di pericolo nei rapporti sia tra gli umani sia tra gli umani e l’ambiente circostante. Le donne disturbavano nel profondo forse perché capaci da un lato di destabilizzare la razionalità univoca che si andava affermando nella nuova scienza e dall’altro di esercitare modalità di intervento sui processi, che non erano solo quelle avallate dal metodo scientifico.

Secondo CM fu un mutamento cruciale: nel mondo-organismo agivano connessioni articolate di co-evoluzioni o anche conflitti, che comunque si esprimevano in reti di relazioni trasversali. Nel mondo-macchina, invece, occupa un posto decisivo la gerarchizzazione dei rapporti e quindi la dominazione di qualcuno su qualcun altro (o di qualcosa su qualcos’altro), o di pochi su molti. Nelle scienze almeno fino a metà del ’900 la fisica è stata la disciplina trainante e a partire da essa il mondo è stato concettualizzato come un insieme di elementi che può essere smontato e rimontato; era già provenuta di qui la messa a punto del metodo sperimentale, che è tuttora il cavallo di battaglia e il criterio di validazione delle scienze in generale.

La concezione del mondo della fisica (o meglio di chi ha prodotto e produce fisica), implica numerosi risvolti, in particolare rispetto alle priorità assegnate alle domande da porre nell’indagine dei fenomeni. Soprattutto significa che è il concreto dei processi di ricerca che viene plasmato dai e a sua volta plasma i modi e le finalità che la ricerca riceve e si dà, sollecitata in una certa direzione dalle circostanze, a causa di elementi di contingenza storica, economica, finanziaria, che li portano da quella parte. Da un lato questo nega radicalmente che possa esservi neutralità della scienza, dall’altro ci richiama a una maggior attenzione verso chi produce ricerca: che cosa e chi ascolta?

Accennavo sopra ai risvolti in campo socio-economico della transizione dalla Natura come organismo alla Natura come macchina messa a fuoco dalla Merchant; credo utile citare a questo punto un brano tratto da *La morte della natura*, che a me è sempre parso straordinariamente suggestivo:

«Un’economia di sussistenza, in cui risorse, beni, denaro o lavoro venivano scambiati con merci, fu sostituita in molte aree dall’accumulazione senza fine di

profitti in un mercato internazionale. La natura animata vivente morì, mentre il denaro inanimato morto fu dotato di vita. Capitale e mercato avrebbero assunto sempre più gli attributi organici della crescita, della forza, dell'attività, della gravidanza, della debolezza e del collasso, oscurando e confondendo le nuove relazioni sociali sottostanti della produzione e della riproduzione che rendono possibili la crescita e il progresso sociali. La natura, le donne, i negri⁷ e i lavoratori salariati furono avviati al nuovo status di risorse "naturali" e umane per il sistema del mondo moderno. Forse l'ironia ultima in queste trasformazioni fu il nuovo nome dato loro: razionalità» (Ivi, p.353)

Con l'emergere della critica di genere, le femministe si concentrarono sull'analisi del suo carattere non-neutro (e non soltanto non-neutrale): all'interno dello studio dei processi storici che avevano prodotto la rivoluzione seicentesca), la scienza veniva criticata perché intrisa delle peculiarità proprie dell'identità maschile e quindi impura anche da questo punto di vista. Il volume di CM destò interesse in vari ambienti femministi, soprattutto tra quante si riconobbero nella denuncia di come il pensiero scientifico «dissociava l'uomo dalla donna, dalla natura, femminilizzava la natura e naturalizzava le donne» (Bianchi, Casafina, 2021, p.15). Espressero particolare consonanza molte aderenti al filone dell'ecofemminismo, che però all'interno del femminismo è sempre stato una prospettiva di nicchia (anche per scelta propria); si trattava di impostazioni che a mio parere muovevano da un impianto un po' misticheggiante, cui non veniva dato grande spazio in correnti più ampie.

Orientamenti e prospettive a carattere politico e ideologico

Ho accennato sopra a quanto per Carolyn Merchant contasse la dimensione politica. Ne feci esperienza già nel primo incontro che ebbi con lei (il suo nome era allora Carolyn Iltis) in occasione di una scuola di storia della fisica, svoltasi a Varenna nel 1972 sullo sfondo della guerra del Vietnam e della partecipazione ad essa di numerosi scienziati. Negli anni '60 la mia tesi di laurea aveva riguardato le ricerche in teoria delle particelle elementari compiute dal celebratissimo fisico statunitense Murray Gell-Mann; soltanto dopo diverso tempo venni e venimmo a sapere che egli faceva parte della commissione Jason, un gruppo di scienziati, ingegneri, altri eminenti accademici che collaboravano con il Pentagono per aumentare l'efficienza delle azioni di guerra⁸. Si trattava di una crepa che pesava sia negli ambienti scientifici sia nelle nostre vite; in particolare, questi contrasti costringevano a interrogarsi sulla pretesa oggettività e neutralità della scienza: da quel momento – e in relazione anche ad altre vicende simili – sostenere queste convinzioni divenne sempre più problematico. Durante la scuola di Varenna venne

⁷ Dispiace che il termine usato da CM «blacks» sia stato tradotto con «negri», anziché più fedelmente con «neri»; cfr. il testo originale cit. in nota 22, p. 288.

⁸ Grazie alle prodezze di cui è capace la rete, ho trovato il link a una molto gustosa contro storia che nel 1972 – sotto il significativo titolo Science against people – documentava le malefatte della Commissione Jason; cfr. <https://www.ocf.berkeley.edu/~schwartz/SftP/Jasons.pdf>

organizzata una raccolta di firme che raggiunse una certa notorietà, poiché fummo in molti a sottoscrivere il testo, non solo tra i giovani. Anzi, in quegli anni un personaggio di riferimento era Marcello Cini, accademico più maturo e figura di scienziato politicamente impegnato, non schiacciato sugli interessi né del capitale né della guerra.

Va sottolineato che negli anni '70 la critica della scienza si imperniava su un'ottica di classe: mettendo in luce le implicazioni della non-neutralità si intendeva mostrare che le scienze rispondevano a motivazioni e interessi funzionali alla parte socialmente e economicamente dominante ed erano quindi plasmate secondo modalità capitalistiche⁹. Fu diverso il dibattito che prese piede negli anni '80, quando le analisi basate sul genere misero al centro la dimensione non-neutra delle scienze – e più in generale dei modi di conoscenza – scaturiti dal patriarcato e resero esplicita l'intenzionalità femminista mirata al «rovesciamento della situazione di soggezione della natura e delle donne» (Fox Keller, 1983, trad.it., p.359). Attorno al libro di CM sorsero contrasti anche aspri. In Italia, ad esempio, per accademici come Enrico Bellone o Paolo Rossi¹⁰ risultò intollerabile che CM guardasse ai fenomeni e alle vicende storiche attraverso filtri ideologicamente espliciti ed essi cercarono di metterne in discussione la credibilità come studiosa (nonostante l'apparato di note quasi impressionante e la rigorosa documentazione su cui si appoggia il volume). Per altro, una notevole prova di quanto resti vivo l'interesse per il lavoro della Merchant è data dalla recente riedizione che ne è stata fatta¹¹.

Desidero concludere tornando sui miei commenti iniziali circa quanto mi paia illusorio ragionare di un “senso condiviso”. Per modificarne radicalmente l'ottica vorrei rifarmi alla prospettiva politico-epistemologica che si è data “La società della cura”¹², una coalizione o concrezione, avviatasi da alcuni mesi e che si prefigge di andare oltre le caratterizzazioni della vecchia politica, per cercare di costruire convergenza su intenzioni e identificazioni di problemi e soprattutto per porsi in termini di cura – cioè di affiatamento, accudimento – privilegiando il senso di sé in relazione agli altri (e viceversa). Come elaborazioni concettuali essa ha già prodotto riflessioni egregie; sul piano pratico è più difficile, perché le condizioni verso cui stanno andando le cose del mondo sono a dir poco sempre più inquietanti.

Perché, rispetto ai commenti iniziali su quanto io non mi riconosca nel discorso circa un “senso condiviso”, ora do invece credito al progetto della “Società della

⁹ Cfr. anche Furio Petrossi, 1972 – Scienziati di guerra e Vietnam, 4 ottobre 2018, in www.quellidel68.it/sito/index.php/documenti/198

¹⁰ Nomi importanti dell'intellettualità italiana nell'ambito della filosofia e della storia della scienza, critici negli anni '80 del lavoro della Merchant così come – pochi anni prima – lo erano stati di chi “profanava” l'irrinunciabile convinzione nella portata oggettiva della conoscenza scientifica.

¹¹ Carolyn Merchant, *La morte della natura. Donne, ecologia e rivoluzione scientifica* (Introduzione di Paolo Savoia), Editrice Bibliografica, 2022.

¹² Si veda il “Manifesto per la società della cura – Una lettura critica femminista”, <https://societadellacura.blogspot.com/2020/10/manifesto-uscire-dalla-economia-del.html>

Cura”? In apertura del suo “Manifesto”, la “Società” disegna la prospettiva che intende assumere: ragionare

«con l’orizzonte di un diverso modello sociale, sulla necessità di una rivoluzione nelle relazioni fra generi, di un superamento della storica separazione gerarchica fra produzione e riproduzione, domestica e sociale, e di un cambiamento radicale nei processi decisionali relativi sia alla distribuzione della ricchezza prodotta che al che cosa e come produrre» (Ivi p.2)

In questa formulazione trovo convincente la chiarezza con cui si afferma che occorre una pluralità di rivoluzioni, che intreccino le dimensioni di genere e quelle di classe e che perseguano delle dinamiche di convergenza e condivisione, piuttosto che di prevalenza e dominio.

Desidero ringraziare Mattia Galeotti e Alessio Resenterra per l’egregio lavoro di trascrizione e prima sistemazione che hanno fatto su questo mio testo.

Riferimenti bibliografici

Rita Alicchio, Daniela Cocchi, Laura Graziani, Cristina Pezzoli, Conception Rubies, *La ricerca in «Donne di scienza: esperienze e riflessioni»* Centro documentazione donne di Bologna, a cura di Rita Alicchio e Cristina Pezzoli, Rosenberg & Sellier, Torino, 1988.

Bruna Bianchi e Francesca Casafina, *Introduzione in «Oltre i confini. Ecologia e pacifismo nella riflessione e nell’attivismo femminista»*, a cura di Bruna Bianchi e Francesca Casafina, Biblion edizioni, Milano 2021.

Elisabetts Donini, *Conversazioni con Evelyn Fox Keller. Una scienziata anomala*, Elèuthera, Milano 1991.

Eveline Fox Keller, *A feeling for the organism: the life and work of Barbara McClintock*, W.H. Freeman, New York, 1983; trad. it. *In sintonia con l’organismo. La vita e l’opera di Barbara McClintock*, La salamandra, Milano, 1987.

Eveline Fox Keller, *Reflections on Gender and Science*, Yale University Press, New Haven and London 1985; trad. it. *Sul genere e la scienza*, Garzanti, Milano 1987.

Bice Fubini, *«1978-1987: c’è spazio per il femminile nel mondo della scienza?» Due esperienze a confronto*, in *«Donne di scienza: esperienze e riflessioni»* Centro documentazione donne di Bologna, a cura di Rita Alicchio e Cristina Pezzoli, Rosenberg & Sellier, Torino, 1988.

Carolyn Merchant, *The Death of Nature. Women, Ecology and the Scientific Revolution*, Wildwood House, London 1979; trad. it. *La morte della natura. Le donne, l’ecologia e la rivoluzione scientifica. Dalla Natura come organismo alla Natura come macchina*, Garzanti, Milano 1988.

Virginia Woolf, *Three Guineas*, The Hogarth Press, London 1938; trad. it. *Le tre ghinee*, La Tartaruga, Milano 1975.

I turchi meccanici sognano? Intelligenze artefatte e governamentalità algoritmica.

Federico Chicchi¹ e Matteo Poletti²

Poletti

Quando ci siamo sentiti con Federico Chicchi per discutere su quali temi convergere, abbiamo individuato l'articolo di Rouvroy, Stiegler (2016) *The digital regime of truth: from the algorithmic governmentality to a new rule of law*, come punto di contatto. Allora con i miei strumenti tecnici vorrei provare a sostanziare alcune delle intuizioni che ci sono in questo articolo. L'altro input di partenza saranno le riflessioni sentite nei precedenti incontri di questo ciclo, soprattutto il confronto tra Donini e Gagliasso³ sul tema dell'oggetto/soggetto/processo.

Sono un fisico matematico e mi occupo di meccanica statistica, e mi sono interrogato spesso sul ruolo della probabilità in fisica e nelle scienze. Per questo vorrei partire da un famoso problema, il Monty Hall (https://it.wikipedia.org/wiki/Problema_di_Monty_Hall).

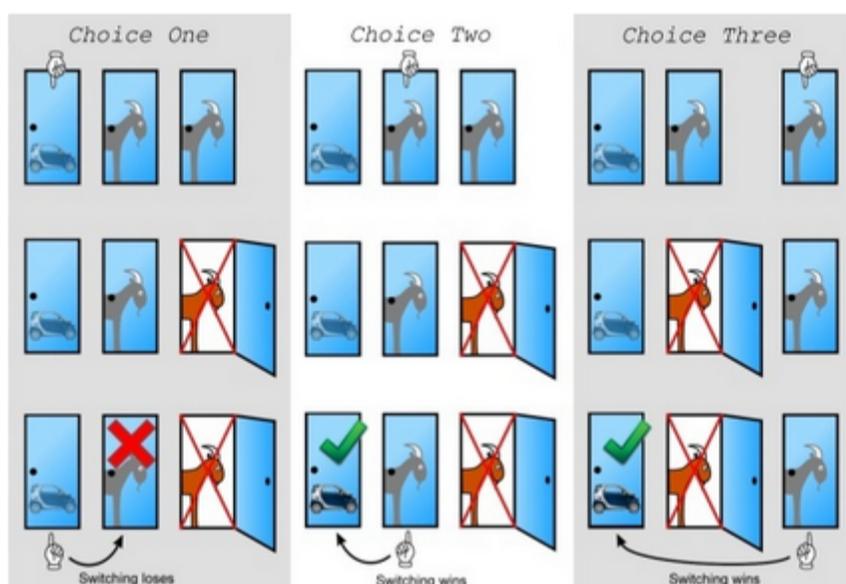


Illustrazione: ci sono tre porte e dietro una delle tre c'è un premio. Il conduttore

¹ Professore associato presso il Dipartimento di Sociologia e Diritto dell'Economia, insegna Politiche del lavoro e Globalizzazione e Capitalismo all'Università di Bologna. Svolge attività di ricerca sulle trasformazioni del lavoro, dell'impresa e della soggettività nel capitalismo.

² Ricercatore in Fisica presso la facoltà di Scienze, Tecnologie e Medicina dell'Università di Lussemburgo, si occupa di termodinamica, del rapporto tra scienze e società e di comunicazione scientifica. È membro della comunità eXtemporanea, un gruppo di student* e ricercator* - ma non solo - sparpagiat* in giro per l'Europa, che si occupano del rapporto tra scienze e discorsi sociali/politici, tra verità scientifiche e forme della convivenza collettiva.

³ Video del terzo incontro qui (<https://youtu.be/4holnAsAWo>)

del gioco chiede a una partecipante di scegliere una delle tre porte, che tiene chiusa, dopodiché apre una delle altre porte dietro cui non c'è il premio (ce n'è sempre una disponibile, e nella nostra immagine dietro le porte "sbagliate" ci sono delle capre). Ora come scelta finale la partecipante può cambiare porta o rimanere con quella scelta prima dell'apertura. Ci chiediamo se sia vantaggioso cambiare porta o se sia equivalente.

Intuitivamente la maggioranza delle persone tende a dire che la scelta è indifferente, ritenendo che ci sia eguale possibilità di un premio nelle due porte rimaste, stando a una definizione intuitiva della probabilità (eventi favorevoli diviso per gli eventi contrari). Questo ragionamento è fallace perché utilizza una definizione di probabilità data a posteriori, che non vede il processo. In un certo senso questo ragionamento «oggettifica» una certa idea di probabilità e rimuove il processo storico che ha portato a quella situazione. La soluzione corretta al problema invece tiene conto di tutto il processo: se la porta scelta inizialmente fosse quella dietro cui c'è il premio (in un caso su tre), il conduttore potrebbe aprire una delle due porte rimaste prima di chiedere alla giocatrice se intende cambiare scelta oppure no; se invece la porta scelta inizialmente non cela il premio, il conduttore è obbligato ad aprire una porta specifica tra le due rimaste. Ne risulta che in due casi su tre a cambiare porta si vince con il 66% di probabilità. L'azione del conduttore non è neutra, ma ci fornisce un'informazione.

Questo è un banalissimo esempio di come il concetto di probabilità può essere controintuitivo, da cui capiamo che la costruzione del concetto di probabilità richiede una valutazione della storia degli eventi che hanno portato alla configurazione attuale, e tutta l'informazione che i/le partecipanti alla costruzione del concetto portano in campo.

Andiamo ora verso la questione della probabilità nelle scienze cosiddette naturali. Quando la probabilità viene narrata in modo semplice e idealizzato, è rappresentata in termini di problemi purificati come il lancio di un dado. Poi però assumiamo che questi esempi siano un universale per le nozioni più quotidiane di probabilità. Il dado è un oggetto simmetrico, ed è «naturale» assumere che le sue facce abbiano la stessa probabilità di $\frac{1}{6}$. Si parla spesso in questo caso di un tipo di assiomatizzazione frequentista: la probabilità è semplicemente il rapporto tra casi favorevoli e casi contrari, calcolato nel corso di moltissime realizzazioni ipotetiche di un esperimento. Però, anche se è plausibile che siano stati fatti moltissimi lanci di una moneta o di un dado nella storia dell'umanità, non abbiamo bisogno di tirare un dado tantissime volte per essere convinti che le sue facce siano equiprobabili. Piuttosto abbiamo costruito il nostro oggetto con delle simmetrie e delle proprietà che ci fanno presumere che la probabilità dei lanci sia facilmente predicibile.

Nelle scienze cosiddette naturali non c'è la possibilità di ripetere così tanti esperimenti. Quindi esiste una costruzione della probabilità che non è frequentista (viene talvolta detta «bayesiana soggettivista») e che non postula una probabilità

assoluta ma la costruisce passo-passo. A partire da degli assunti sulla realtà, da tanti piccoli aggiustamenti, altre teorie e considerazioni precedenti, e acquisendo ulteriori informazioni si aggiusta il valore di probabilità con un processo detto di inferenza, che è una forma di apprendimento.

Quindi nelle scienze cosiddette naturali la probabilità contiene tutta la storia degli esperimenti fatti, e addirittura anche quelli non fatti! Segnalo a riguardo il lavoro del sociologo della scienza Harry Collins sui valori di verità condivisi e accettati dalla comunità che studia le onde gravitazionali. Ma prima torniamo un momento all'articolo di Rouvroy e Stiegler, in cui si parla del «regime digitale della verità». Non sono sicuro di cogliere in pieno l'idea foucaultiana di «regime di verità», ma l'approssimerei con quelle narrazioni che una comunità si dà per stare insieme e dare senso alle proprie iniziative. Allora in questo senso Collins ha fatto un grande lavoro di ricostruzione dei valori che tengono insieme la comunità dei ricercatori di onde gravitazionali. Si tratta di una collaborazione tra gruppi in tutto il pianeta, di una comunità che in passato ha fatto delle affermazioni troppo azzardate che sono state poi confutate e nel corso degli anni si è ricostruita a partire dal senso che danno agli strumenti statistici che usano per «scoprire» le onde gravitazionali.

Nel lavoro di Collins (2014) *Gravity's Ghost and Big Dog*, c'è un bellissimo capitolo in cui si spiega la difficoltà nella costruzione degli strumenti statistici di analisi dati. Uno dei principali problemi è quello del file drawer: per costruire la probabilità di un evento bisognerebbe confrontarsi con tutti gli esperimenti fatti in passato e addirittura anche di tutti quelli ideati ma non realizzati. Questo mi rimanda a un passaggio dell'articolo di Rouvroy e Stiegler in cui si parla del virtuale come lo spazio di tutti i possibili futuri e possibili passati di una singola persona. Ecco, questo virtuale gioca un ruolo importante nella costruzione delle probabilità.

Un altro aspetto critico nella costruzione della probabilità è: quando finisce il gioco (la modellizzazione) e ci prendiamo sul serio (l'esperimento)? Deve esistere un playground in cui possiamo «giocare con i dati», indagare la loro possibile struttura. I numeri non parlano da sé, è necessario costruire un apparato concettuale per estrarne informazione. Però se mettiamo troppa intenzione nell'analisi dei numeri, non stiamo mai davvero osservando qualcosa. In altri termini, se siamo troppo «oggettivi» non diciamo nulla, mentre se siamo troppo «soggettivi» la verità che diciamo non ha riscontro al di fuori di noi stessi.

Collins mostra che la comunità di onde gravitazionali costruisce due momenti nel suo lavoro: quello in cui è permesso giocare con gli strumenti statistici per estrarre un segnale dai dati delle osservazioni astronomiche, e un secondo momento dove non c'è più il diritto di manipolare i dati ma le tecniche vengono applicate all'osservazione in maniera rigorosissima. La cosa importante qui è che non c'è niente di qualitativo che distingue tra le due fasi: si tratta di una decisione presa da quel consorzio di persone, in cerca di verità non assolute ma legate a delle buone

pratiche che loro mettono in atto (e così facendo dimostrano anche al resto del mondo che il loro lavoro è serio e credibile).

Esistono anche meccanismi che creano regimi di verità più numerici e quantitativi, e più normativi per le vite, ma su questo ora non mi addentrerò. Per ora ho fatto una panoramica sul ruolo di oggetto e soggetto all'interno della probabilità, e sul ruolo dei processi. Ovviamente oggettivizzare non è un male in sé, serve per creare un dizionario comune, però bisogna ricordare che dietro l'oggettivazione esistono delle pratiche, dei soggetti e dei processi.

Continuando a seguire la traccia di Rouvroy e Stiegler: ci chiediamo ora in che modo le pratiche di apprendimento automatico tramite *machine learning* escano dal paradigma che abbiamo descritto, mettendo addirittura in crisi il concetto di regime di verità.

C'è un fatto tecnico importante degli algoritmi di apprendimento automatico che provo a sintetizzare: questi algoritmi sono funzioni matematiche implementate da una macchina che approssimano delle «funzioni verità» che si suppone esistano. Ad esempio, si suppone che esista una funzione verità che sa dire di ogni immagine se è un cane o un gatto. Noi non la conosciamo, ma credendo o sperando che ci sia, costruiamo delle funzioni che la approssimano interpolando molte immagini di cani e gatti. Le tecniche specifiche non sono molto esotiche, e per molte fisiche questo rinascimento del machine learning è stato sorprendente perché, a livello teorico, si tratta di risultati degli anni '70-'80. L'unica ragione per cui adesso questi algoritmi sono così diffusi è che abbiamo a disposizione molti dati e molta potenza di calcolo.

La specificità di questi algoritmi è che le funzioni approssimanti di cui abbiamo parlato sopra sono altamente non lineari, e di fatto è impossibile ricostruire quello che sta facendo l'algoritmo. L'algoritmo diventa una specie di oracolo. Quindi la giustificazione del loro operato non può avvenire su un piano di controllo della teoria che vogliamo confermare o confutare. Viene a cadere un confronto con uno dei pilastri del «regime di verità» della comunità scientifica.

Ecco in che senso, sempre secondo Rouvroy e Stiegler, esiste semplicemente il dato in sé, oggettivizzato, intrinseco e immanente. La giustificazione degli algoritmi diventa *whatever works*, se funzionano funzionano altrimenti no (ma non si potrebbe dire la stessa cosa della scienza tutta?!). Qui si apre un'altra questione: cosa significa «funzionare»? Finché un algoritmo deve apprendere a giocare a scacchi è abbastanza facile capire se funziona o no. Io sono un fan del gioco e trovo appassionante vedere come si comportano questi nuovi algoritmi di apprendimento automatico rispetto ai vecchi algoritmi deterministici: fanno delle scelte che in passato nessuno avrebbe fatto e non c'è la possibilità di sapere «perché» fanno una mossa piuttosto che un'altra. In questo caso è chiaro cosa significhi che gli algoritmi funzionano: funzionano se vincono a scacchi. Invece se un algoritmo deve decidere come far pattugliare alle forze di polizia le aree di una città, oppure come assegnare i bonus di un'assicurazione, è chiaro che il significato

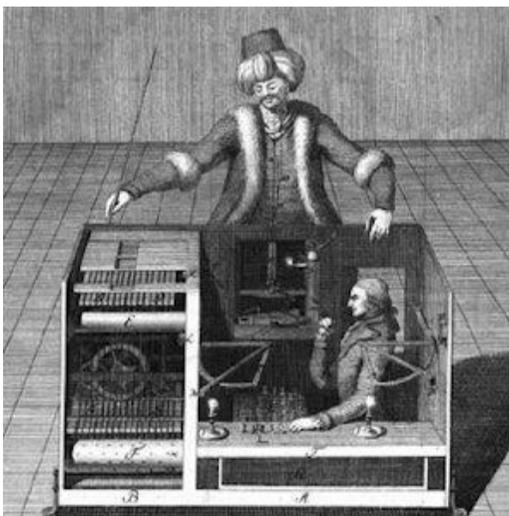
di «funzionare» diventa molto più complicato. Come scrivono molto bene Rouvroy e Stiegler, l'algoritmo non avendo necessità di una giustificazione diventa automaticamente operativo nel momento in cui si esprime nella società. E nel momento in cui è operativo esso stesso determina la società, lo spazio delle cose possibili, lo spazio delle cose che si possono attuare.

Chicchi

La mia attività professionale non ha mai affondato le sue radici nella riflessione epistemologica. Eppure, quest'ultima, in questa fase così turbolenta per le scienze, ha una rilevanza straordinaria. Ovviamente, essendo un sociologo mi sono molto occupato di metodologia e in particolare di metodologia delle scienze sociali. Premesso questo volevo qui proporre una riflessione partendo da un altro lato del problema, rispetto a quello scelto da Matteo. Provare cioè a capire in che modo il tema e la questione degli algoritmi impatta oggi sul mondo del lavoro. Dirò alcune cose a partire dalla letteratura che esiste a riguardo: il modo in cui si vengono a determinare i rapporti tra gli algoritmi, le piattaforme e il lavoro vivo, per poi provare invece a interloquire direttamente con Matteo attraverso le riflessioni della filosofa del diritto belga Antoinette Rouvroy e nello specifico con la questione che la studiosa belga definisce «governamentalità algoritmica».

Innanzitutto, credo sia opportuno e corretto evitare di considerare la tecnologia algoritmica, e il modo in cui questa viene implementata nelle piattaforme, come fosse così tanto sviluppata ed avanzata da determinare, in maniera pressoché automatica, tutti i processi che si realizzano nel contesto produttivo e di estrazione del valore su cui insistono. In altre parole, vorrei provare a demistificare quella l'idea, oggi piuttosto diffusa nell'immaginario sociale, che tutto ciò che «funziona» sia oggi già di per sé collegato al funzionamento di una macchina «algoritmica».

Il titolo del mio contributo è «I turchi meccanici sognano?». Il turco meccanico è una macchina inventata nel Settecento che era apparentemente capace di giocare una partita di scacchi senza alcun intervento umano. Come è noto questa macchina in realtà era una specie di contenitore all'interno del quale si nascondeva un «nano gobbo» (Benjamin, 2007) che attraverso un gioco complesso ma efficace di specchi vedeva la scacchiera e muoveva con dei magneti e dei fili i pezzi su di essa.



Credo sia opportuno mettere in chiaro che l'automazione e i processi automatici che riguardano la produzione di valore nell'economia contemporanea, per quanto investiti da flussi di digitalizzazione crescenti e sempre più efficaci, ancora oggi si basano su un sistema molto simile a quello del turco meccanico: vale a dire che esiste un processo, come lo chiama Antonio Casilli, di «allevamento degli algoritmi» che è un processo basato sul lavoro vivo tuttora in atto e tuttora necessario per far funzionare le macchine digitali. Più che di funzionamento automatico degli algoritmi ci troviamo, cioè in una fase in cui stiamo raffinando le modalità attraverso cui raccogliamo e organizziamo i dati che servono a far funzionare in modo «intelligente» ed euristico queste macchine. Questo significa che dietro a tutta una serie di procedure che noi crediamo automatiche in realtà si nasconde una trama fitta di attività umane che secondo paradigmi di neo-taylorizzazione e di parcellizzazione estrema del lavoro, non fa altro che indicare, dettagliare, catalogare immagini, file audio o tracce di dati che produciamo quando utilizziamo i dispositivi digitali. Dietro questa mole di dati c'è cioè un'intera popolazione di lavoratori che accompagna il processo che servirà all'algoritmo per riuscire poi in futuro a discriminare e prendere decisioni al loro posto. Casilli (2020) ha scritto questo libro che in italiano è uscito con il titolo *Gli schiavi del clic* per mettere in evidenza come oltre questa coltre ideologica, che chiama «ideologia californiana», in questa automazione che renderebbe il lavoro già superfluo, in realtà si nasconde un processo che porta la già avanzata precarizzazione del lavoro e il già oltremodo avanzato sfruttamento del lavoro ad una fase ulteriore oggi ancora più esasperata. I «turchi meccanici» nasconderebbero nella loro pancia migliaia di lavoratori che eseguono quelle che Casilli chiama attività di *digital labor* e, in particolare, *taskification* del lavoro, cioè un lavoro fatto di micro-attività micro-remunerate (quando va bene) che attraverso l'iscrizione ad alcune piattaforme dedicate uno può decidere di eseguire, in taluni casi, anche in cambio di pochi centesimi. E quindi esisterebbe un lavoro digitale che sarebbe tutt'altro che virtuale, realizzato digitalmente, in senso etimologico però: attraverso le dita dagli schiavi del click. Raggiunta una certa soglia di dati, l'algoritmo comincia però poi a funzionare in automatico. Le nuove applicazioni del lavoro del turco meccanico sono le più svariate, ad esempio sempre di più sotto la retorica del digitale e dell'intelligenza artificiale vengono offerti servizi, anche molto complessi.

In questo senso ancora Antonio Casilli nel suo libro ci racconta una storia paradigmatica: è la storia di una società francese che vanta di utilizzare l'intelligenza artificiale per fornire servizi di svago a persone facoltose. Simon, un lavoratore intervistato dal sociologo italiano, decide di fare in questa azienda un tirocinio di formazione post-laurea. Ad un certo punto, dopo parecchio tempo che lavora lì come stagista, si trova casualmente *vis-à-vis* con l'amministratore delegato dell'impresa. Simon coglie l'occasione al balzo e con un po' di coraggio gli chiede il perché nei tre mesi che ha passato presso l'azienda non ha mai incontrato un ingegnere e neanche un programmatore che si occupi di intelligenza artificiale. Come facciamo a fornire i servizi che pubblicizziamo? Gli domanda. Il capo gli

risponde che l'azienda non ha nessun'attività reale di sviluppo dell'intelligenza artificiale, semplicemente raccoglie dati da queste persone che chiedono divertimento originale e li manda in Madagascar dove ci sono altri dipendenti della stessa azienda che lavorano su questi dati e li trasformano in un pacchetto di servizi per i vip. Sono loro che si occupano di individuare le perversioni inespresse e nascoste dei clienti e di trasformarle in esperienze adatte ad accontentare queste persone. L'I.A. è dunque solo uno specchietto per le allodole per attirare l'interesse sull'azienda e le sue proposte commerciali.

Questo racconto pone una questione che dobbiamo fare nostra: ciò che noi chiamiamo intelligenza artificiale, in realtà, è qualcosa di molto più complesso di un algoritmo, è qualcosa che si interfaccia con un modo d'essere del *lavoro vivo* che la stessa intelligenza artificiale (intesa come retorica) sta piano piano trasformando e trasfigurando. Casilli pone il problema di trovare il modo di evidenziare la questione perché fino a che questo lavoro resterà pressoché invisibile, cioè resterà ricoperto dalla retorica della «ideologia californiana», resterà un lavoro non protetto, sfruttato e sempre di più sottoposto alla rapacità capitalistica. Il rapporto tra lavoro morto e lavoro vivo, tra macchina digitale e lavoro vivo, è così tutt'altro che già esaurito nel campo digitale, al contrario è un processo assolutamente aperto, pervicace e ancora tutto da definirsi.

Da parte mia sono però convinto, seguendo il lavoro di Rouvroy e Stiegler (si veda in proposito il suo libro *La società automatica*, 2019), che l'applicazione alla realtà sociale ed economica della logica algoritmica vada oltre il lavoro e abbia la capacità radicale di modificare quella che si può definire l'arte di governo neoliberale Chicchi, Simone (2022). Cioè le norme che interpellano le soggettività si sono, a mio avviso, modificate a partire da questa inedita disponibilità tecnologica.

Il tempo e il modo in cui effettivamente queste dinamiche di estrazione del valore attraverso il digitale si realizzano sono lunghi e ancora da determinare, ma dal punto di vista della possibilità di verificare l'esistenza di una norma che regola l'attività sociale non più a partire da dei regimi di verità ma a partire da alcune evidenze che gli algoritmi sarebbero in grado di determinare, credo, sia un tema estremamente attuale che non vada sottovalutato. Al di là della retorica sull'automazione di cui ci parla Casilli. Qual è quindi la questione? C'è un'*immane raccolta di dati*, parafrasando Marx, che nelle metropoli è ossessivamente insistente, dove i *flussi di soggettività*, per ora chiamiamoli così, si sviluppano e articolano tra di loro incessantemente. La qualità della norma algoritmica tende però a frammentare la soggettività fino a ridurla a qualcosa di diverso da come noi l'abbiamo sempre intesa nel moderno. Cioè si arriva a prefigurare il concetto di «dividuale», di cui ci ha parlato in termini filosofici, Deleuze (1999). I dividuali sostanzialmente non sono più delle soggettività in carne ed ossa, non sono più dei corpi, non sono più dei soggetti morali, non sono più delle identità, ma sono dei flussi rizomatici che scompongono le soggettività e i passaggi che si trovano a compiere. i nuovi *profiling* non sono così più neanche riconducibili a quello che

noi pensavamo essere il corpo di un individuo. E non sono neanche a base categoriale perché la categoria ci riconduce ancora una volta ad una statistica di tipo «attuariale», come sottolinea Rouvroy. Quello che succede è che sostanzialmente l'algoritmo non classifica le persone a seconda di alcune caratteristiche statistiche tradizionali, quali: genere, razza, età, appartenenza territoriale, ecc. Questa quantità massiva di dati inimmaginabile fino a poco tempo fa ci permette di costruire un *profiling* di tipo nuovo che non ha più necessità di essere rappresentato dentro le classiche categorie statistiche ma in un certo qual modo riesce a rappresentare esattamente la condizione di ciascuno, in maniera ancora più pervasiva: ciascuno nella sua parzialità singolare che viene chiamata in causa dal processo che si intende far funzionare. Così viene ricostruito e catturato anche il campo delle mie possibili azioni all'interno di quel contesto. In questo senso la Rouvroy (2016) parla di «prelazione», cioè si tratta di definire, attraverso il *profiling* dei dati, di individuare dei comportamenti, delle condotte future.

Il tema che pone Matteo Poletti è centrale, cosa significa «funzionare»? Si tratta di misurare l'efficienza prevalentemente dal punto di vista economico-contabile, affinché questi flussi possano essere profilati devono così essere anche quantificati e quindi queste soggettività si muovono dentro i flussi metropolitani e vengono segmentate nelle loro diverse parzialità (quindi il profilo non dice tutto di quella persona, dice quello che interessa in quel momento rispetto ad una funzione economica che si deve raggiungere). Il punto è che l'algoritmo produce una serie di verifiche che danno vita nel momento stesso in cui questo flusso si determina ad una verità fattuale, autoevidente, operativa e funzionale su quel determinato processo.

La Rouvroy nell'utilizzare il concetto di *governamentalità algoritmica*, Rouvroy, Berns (2013), provoca la tradizione foucaultiana. Il concetto di governamentalità è infatti usato da Foucault (2005) per indicare una trasformazione del potere in senso biopolitico. Secondo il filosofo francese il potere nella società dei consumi passa da essere per lo più disciplinare a governamentale, quest'ultimo è un potere positivo, che si basa sulla ricerca statistica e che non si esercita più solo a livello del corpo individuale ma anche su quello che in termini statistici chiamiamo una «popolazione». Per Foucault la governamentalità risponde ad un regime di verità che è il farsi verità del mercato, il mercato diventerebbe l'indice di verità, l'indice di quel regime e quindi il governo funziona nel momento in cui produce degli effetti di efficienza negli scambi, nei commerci, nella concorrenza, dentro una logica neoliberale. Il neoliberalismo è il contesto privilegiato in cui Foucault colloca la governamentalità; quindi, la governamentalità risponde a un preciso regime di verità che si chiama mercato, l'economia politica è ciò che rende il regime di verità una tecnica ed esprime le modalità secondo cui gli Stati devono agire per agire correttamente.

La governamentalità algoritmica al contrario nega l'esigenza di rispondere a un regime, regime che cioè la giustifichi e che renda effettivamente egemone

l'esercizio di una certa verità. La governamentalità algoritmica si autodetermina in quanto mostra un autoevidenza, un funzionamento ottimale e incontestabile, si fonda all'interno di un ciclo che psicoanaliticamente potremmo forse definire perverso.

Per tornare all'esempio degli scacchi: noi sappiamo che i computer che usano gli algoritmi di ultima generazione per giocare vincono praticamente tutte le partite che giocano contro gli umani. Il problema risiede nel fatto che non è possibile comprenderne le ragioni, non riusciamo cioè a capire il perché questo accada. La verità in questo caso qual è? Qual è la teoria che l'algoritmo usa per vincere la partita? Non è possibile stabilirlo, ciò che accade è solo il fatto che l'algoritmo vince la partita. Allora noi, *ex post*, possiamo provare a studiare il modo in cui quella macchina ha condotto la sua partita ma difficilmente riusciremo a ricavare delle teorie ricorrenti. Il computer gioca infatti milioni di partite contro sé stesso finché non trova in maniera per lo più casuale alcune tattiche per vincere le partite. Non studia affatto le mosse dei grandi campioni e le partite più importanti proposte nella teoria del gioco, si limita a provare milioni di combinazioni a caso, fino a trovare euristicamente quella più efficace.

Di fronte a questa capacità di produrre effetti di efficienza tattica occorre inoltre sottolineare che gli algoritmi realizzano una modalità che rende il loro potere paradossalmente *inoffensivo* Rouvroy, Berns (2010, p.96), in quanto non è espressione di nessun regime di verità particolare ma solo dimostrazione di massima efficienza.

«La force de ce gouvernement réside très précisément dans le rapport qu'il noue au réel. C'est parce que, par la grâce des algorithmes de corrélation statistique, le savoir prédictif sur lequel il fonctionne fleurit «dans» un réel digitalisé (une « mémoire digitale totale » qui est aussi de la sorte une « mémoire du futur ») que le gouvernement algorithmique semble particulièrement « objectif », enraciné dans le « réel ». Que ce soit là éventuellement une illusion ne change rien : que le réel soit partiel, que la prédiction soit autoréalisatrice, que l'actuariel ne soit pas le réel, que l'efficacité qui sous-tend l'appel à ces pratiques soit autoréférée, tout cela peut toujours être montré, mais ne changera rien au fait que ce qui apparaît est la possibilité de gouverner les sujets, ou du moins leurs comportements, comme si c'était la réalité même de ces comportements qui en appelait à un tel gouvernement: non plus gouverner le réel, mais gouverner à partir du réel, tel qu'il est vraiment, et donc de manière inoffensive. Ceci signifiant dès lors aussi que l'accord – réel ou supposé – de ce qui est gouverné est acquis»

Ciò che è particolarmente rilevante è che l'algoritmo riesce a prefigurare anche quelle che sono le possibili soluzioni ma anche quelle che non saranno le soluzioni, questo è il grande tema del virtuale di Deleuze. Il problema è quello di un'occupazione non solo delle azioni che effettivamente registrano ma anche delle azioni possibili che a partire da quella registrazione poi ne potrebbero derivare. Non si tratta più di immaginare l'esercizio del potere come un esercizio topologico

(modellizzazione dello spazio, es: il panottico) ma come un esercizio di modellizzazione del tempo, cioè l'algoritmo funzionerebbe determinando il modo in cui la temporalità soggettiva si compie. Che cosa vuol dire essere immanenti al reale? Non vuol dire semplicemente essere adesivi rispetto alla realtà, vuol dire essere adesivi rispetto anche a ciò che la realtà potrebbe essere. L'algoritmo avrebbe la capacità di stare nel tempo che serve all'individuazione, stare nel cuore del processo stesso. Il controllo di tutte le possibilità (attualizzate e non attualizzate) permette così all'algoritmo di sollecitare i comportamenti, non solo di registrarli, ma anche di indurli. Quindi qual è il cortocircuito all'interno del quale ci troviamo? Da un lato noi costruiamo le nostre attività, i nostri flussi, attraversiamo le città convinti di essere pienamente consapevoli di quello che stiamo facendo e in realtà siamo totalmente invasi dai fantasmi che l'algoritmo dissemina nel territorio, che noi attraversiamo e non possiamo fare a meno che entrarci in contatto e di subirne il fascino.

«La sua temporalità è quella dell'eterno presente: una giustapposizione di «ora» successivi. Essa non mira dunque più del tutto a governare degli «animali autobiografici» (Derrida), o dei «mortali» (Arendt), ossia degli individui in carne ed ossa, capaci di patire e interpellati in quanto soggetti possessori di diritti e di obblighi, incaricati di rendere conto dei loro atti e delle loro decisioni. Essa non governa altro che delle reti di dati aggregati sotto forma di modelli «predittivi», i quali incarnano unicamente la pura potenzialità, l'opportunità economica rilevata in tempo reale, vale a dire l'opportunità pura, finalizzata solo in termini di accelerazione e di oggettivazione degli stessi processi di decisione, ossia, in definitiva, di automatizzazione della stessa decisione» Rouvroy (2016, p. 34)

Sicuramente possiamo, per concludere, sottolineare un dato: in ogni caso la tecnica, la tecnologia, le macchine, il lavoro morto, hanno un impatto sul modo in cui noi sentiamo e percepiamo il mondo, insistendo e condizionando il modo in cui la cooperazione sociale produttiva si organizza e produce. C'è tutta una politica «dei resti» e dei margini, o se volete degli intervalli, che dovremmo allora iniziare a pensare e poi praticare, sempre se crediamo nella progressiva importanza sociale della governamentalità algoritmica, ovviamente.

Riferimenti bibliografici

Walter Benjamin, *Infanzia berlinese. Intorno al Millenovecento*, Einaudi, Torino, 2007.

Antonio Casilli, *Schiavi del Clic. Perché lavoriamo tutti per il nuovo capitalismo?*, Feltrinelli, Milano, 2020.

Federico Chicchi e Anna Simone, *Il soggetto imprevisto. Neoliberalizzazione, pandemia e società della prestazione*, Meltemi, Milano, 2022.

Harry Collins, *Gravity's Ghost and Big Dog: Scientific discovery and social analysis in the twenty-first century*, University of Chicago Press, 2014.

Gilles Deleuze, *Poscritto sulle società del controllo*, in *Pourparler*, Quodlibet, Macerata, 1999.

Michel Foucault, *Nascita della Biopolitica*, Corso al Collège de France 1978-1979, Feltrinelli, Milano, 2005.

Antoinette Rouvroy, *La governamentalità algoritmica: radicalizzazione e strategia immunitaria del capitalismo e del neoliberalismo?* In «La Deleuziana», n.3 (2016).

Antoinette Rouvroy, T. Berns, *Le nouveau pouvoir statistique. Ou quand le contrôle s'exerce sur un réel normé, docile et sans événement car constitué de corps «numériques»* in «Multitudes» n.40 (2010/1).

Antoinette Rouvroy, T. Berns, *Gouvernementalité algorithmique et perspectives d'émancipation. Le disparate comme condition d'individuation par la relation?* in «Réseaux» n.177 (2013/1).

Antoinette Rouvroy, B. Stiegler, *The digital regime of truth: from the algorithmic governmentality to a new rule of law* in «La Deleuziana» n.3 (2016).

Bernard Stiegler, *La società automatica. L'avvenire del lavoro*, Meltemi, Milano, 2019.

Alcune informazioni

Questo volume è in libero accesso e liberamente condivisibile.

È disponibile inoltre in formato PDF e EPUB all'indirizzo

<https://micelionewsletter.substack.com/p/epistemologie-radicali>

Micelio è una newsletter che prosegue il lavoro cominciato col corso Epistemologie, ci si può iscrivere all'indirizzo micelionewsletter.substack.com

