

SOCIETÀ ITALIANA
DEGLI STORICI DELL'ECONOMIA

*Innovazione e sviluppo.
Tecnologia e organizzazione
fra
teoria economica e ricerca storica
(secoli XVI-XX)*

ATTI DEL SECONDO CONVEGNO NAZIONALE
4 - 6 MARZO 1993

MONDUZZI EDITORE

RENATO GIANNETTI*

LE RAPPRESENTAZIONI DELL'INNOVAZIONE TECNOLOGICA IN PROSPETTIVA STORICA

INTRODUZIONE

Questo *paper* intende dare un breve quadro delle “rappresentazioni” che la storiografia degli ultimi quindici-vent’anni ha fornito dell’innovazione tecnologica. Il punto più rilevante che caratterizza questa storiografia è la negazione di un modo specificamente storico di rappresentare il problema della innovazione: l’argomento è in genere trattato in termini di analogia con quanto avviene, nello stesso periodo di tempo, nel campo più generale della filosofia e della storia della scienza. Questa si caratterizza per il tentativo di integrare la tradizione sistemica classica - rappresentata dal materialismo storico, dall’istituzionalismo storico weberiano, dalle analisi di *la* Durkheim della divisione del lavoro e della anomia nelle società sviluppate, ma anche dall’economia classica da Smith a Malthus, a Mill a Jevons; dal darwinismo, dalla tradizione positivista da Comte a Hempel e dallo strutturalismo linguistico, da Mauss a Levi Strauss - con quella tradizione che, invece, pone al centro gli individui, i meccanismi della conoscenza e della dinamica sociale - rappresentata a sua volta dalla psicoanalisi, dal pragmatismo di Henry James e Charles Pierce, dalla fenomenologia di Husserl e Heidegger, ma anche dalla più recente tradizione della scelta razionale di Elster e John Roemer, dallo strutturalismo di Giddens, dalla teoria morale della politica e della giustizia sociale di Rawls.

Una rassegna sul tema dell’innovazione tecnologica nella storiografia può essere dunque ricondotta sinteticamente alla sequenza di due rappresentazioni che hanno caratterizzato la discussione sul metodo scientifico nel corso degli ultimi vent’anni. La prima è più legata alla tradizione strutturalista, ed è quella dei paradigmi tecnologici e/o dei regimi tecnologici, che estende alla innovazione l’idea kuhniana del mutamento scientifico come successione di paradigmi. La seconda è quella della tecnologia come costruzione sociale, che estende alla innovazione tecnologica la considerazione del cambiamento delle idee scienti-

* Dipartimento di storia, Università degli studi di Firenze.

fiche come costruito sociale, secondo una varietà di approcci nei quali l'innovazione è il frutto di processi cognitivi all'interno di sistemi dinamici operanti nel tempo storico¹.

Una posizione minoritaria e appartata sembra avere invece la difesa della specificità del metodo storico quale quella avanzata da R.A. Buchanan² di cui si dirà nell'ultimo paragrafo in riferimento alla sua polemica con i costruttivisti.

Le teorie dell'innovazione tecnologica come analogia del mutamento dei paradigmi scientifici si rifanno, in genere, ad una caratterizzazione evolutiva dell'innovazione tecnologica quale fattore di rottura dell'equilibrio economico. Il punto di partenza è rappresentato dall'opera di J.A. Schumpeter, che ha indagato i caratteri innovativi del comportamento imprenditoriale proponendo un modello dinamico in cui è l'"agire innovativo" degli imprenditori che provoca nel sistema economico una "tempesta di distruzione creatrice". Queste innovazioni conducono ad un monopolio temporaneo che assicura agli innovatori un profitto differenziale che dura finché l'innovazione non si è diffusa nell'intera economia. I modelli più recenti estendono questo modello, considerando l'innovazione come la nascita e l'affermazione di un paradigma. Vi è una certa varietà sulla definizione dei protagonisti e sulla forma del movimento: le imprese³ o le tecnologie⁴; lungo una traiettoria⁵ o un percorso stocastico⁶; a onde regolari⁷ o per grappoli e stasi⁸. Tutte le versioni condividono tuttavia l'idea che nel corso del loro sviluppo le tecnologie migliorano e le relazioni di mercato si stabilizzano, dando luogo a processi di *learning by doing* attraverso i quali le tecnologie divengono più efficienti e più adatte al mercato. Tutte le versioni condividono inoltre l'idea che coloro che introducono le innovazioni si comportano secondo determinate strutture concettuali o paradigmi tecnologici per la soluzione dei problemi⁹. Da questo deriva il carattere *path dependent* delle innovazioni tecnologiche: una volta che si è mossa in una certa direzione una tecnologia continua a svilupparsi nella stessa direzione¹⁰. A livello macro questa nozione è espressa da diversi termini: traiettorie naturali¹¹, regimi tecnologici¹², sistemi tecnologici¹³. A livello micro del sistema tecnologico concreto ciò significa che le alternative vengono via via abbandonate con il procedere della traiettoria, anche se si possono presentare nuove variazioni. È il caso, ad esempio, del paradigma del motore a scoppio o del motore a vapore, che hanno convissuto, verso la fine dell'Ottocento, con pari opportunità di sviluppo. Dopo l'affermazione del motore a ciclo Otto il paradigma del motore a vapore venne completamente abbandonato. All'interno del paradigma del motore si sono invece presentate nuove variazioni come, ad esempio, il motore rotante Wankel.

¹ PIAGET 1970.

² BUCHANAN 1991.

³ NELSON, WINTER 1982.

⁴ MOKYR 1990.

⁵ DOSI 1982.

⁶ DAVID 1988.

⁷ SCHUMPETER 1939.

⁸ MOKYR 1990.

⁹ HUGHES 1983.

¹⁰ DAVID 1985.

¹¹ NELSON, WINTER 1983; DOSI 1982.

¹² SAHAL 1981.

¹³ HUGHES 1983.

La selezione del paradigma è affidata all'ambiente, che comprende il mercato, l'intervento pubblico, le condizioni istituzionali etc.

Il determinismo più o meno forte presente nella nozione di paradigma - una volta affermatosi - e la analogia fisica di *momento* della tecnologia formano l'oggetto critico della seconda tradizione di ricerca che consideriamo, quella costruttivista che ha un ancoraggio disciplinare alla sociologia ed alla storia sociale piuttosto che alla teoria economica, come l'altra. Quello che cambia è l'enfasi posta da questa tradizione sulla identificazione dell'attore del cambiamento. Questo attore può essere una persona o un gruppo sociale. Per comprendere l'agire di questi protagonisti del cambiamento tecnico è necessario definirne gli obiettivi e gli interessi. Gli attori danno infatti un significato alla tecnologia da cui dipende la direzione delle funzioni che vengono sviluppate rispetto a quelle potenziali, come si vede sotto più in dettaglio nell'esempio della definizione dell'*artifact* bicicletta. L'attore cerca di influenzare lo sviluppo tecnologico di un *artifact* secondo questi fini. Se più attori, come quasi sempre accade nella esperienza storica, perseguono fini diversi l'*artifact* può cambiare a seconda dei risultati di questi meccanismi di interrelazione, secondo uno schema ripreso dai modelli cibernetici e, più recentemente, dalla teoria dei sistemi autorganizzatori. Callon, ad esempio, afferma che gli attori debbono definire i problemi, che rappresentano problematizzazioni della realtà e, per risolverli, negoziano con altri attori per realizzare un accordo sulle linee di sviluppo della tecnologia¹⁴.

Nelle pagine che seguono si ricostruiscono un po' più in dettaglio le caratteristiche di questi due approcci con una maggiore attenzione ai casi storici concreti presentati.

1. L'INNOVAZIONE: PARADIGMI, TRAIETTORIE, REGIMI TECNOLOGICI

Il concetto di paradigma scientifico applicato da Kuhn alla descrizione dello sviluppo della conoscenza scientifica è stato ripreso da alcuni autori per spiegare la dinamica dell'innovazione tecnologica. Nelson e Winter parlano di regimi tecnologici; Dosi usa il termine di paradigma tecnologico, Sahal parla di *guideposts*. Tutte queste teorie si basano sull'ipotesi che l'innovazione dipende dalla comparsa di nuovi principi tecnologici i quali, operando una cesura con il vecchio sistema di conoscenze, danno vita ad una nuova traiettoria di sviluppo. L'avanzamento lungo questa traiettoria è poi reso possibile dalle innovazioni incrementali, cioè da perfezionamenti ed aggiustamenti interni al percorso che, sommandosi, garantiscono continuità al nuovo regime o paradigma. Tale continuità viene meno in seguito all'affermarsi di un diverso sistema di conoscenze, che segna il punto di rottura della vecchia traiettoria e porta ad una nuova fase del progresso tecnico. L'industria chimica, con l'avvento dei coloranti e dei materiali sintetici, o l'elettronica, con l'impiego dei circuiti integrati nella fabbricazione dei semiconduttori, esemplificano chiaramente il passaggio da un vecchio regime o paradigma tecnologico ad un nuovo percorso di svilup-

¹⁴ CALLON 1986.

po basato su un sistema di conoscenze ed opportunità scientifiche radicalmente innovative.

In questo modello interpretativo sono evidenti le affinità con le più vecchie teorie *à la Usher*¹⁵. Il concetto di cumulatività del progresso tecnico caratterizza infatti molti contributi di questo filone ed è stato utilizzato, in particolare da Nelson e Winter, per lo studio delle imprese in una prospettiva evolucionistica. I due autori propongono una teoria dell'impresa in cui, all'interno di un modello interpretativo formale, le singole imprese agiscono come giocatori di un gioco evolutivo. Passando dal livello formale a quello della realtà, ciò significa porre l'impresa al centro della dinamica del progresso tecnico e considerarla il soggetto che promuove e sul quale si ripercuotono gli effetti di tale dinamica. L'impresa crea l'innovazione attraverso i propri laboratori di ricerca e ne viene investita in misura maggiore o minore a seconda delle sue dimensioni, della sua organizzazione, delle condizioni di appropriabilità delle innovazioni introdotte. L'insieme delle conoscenze disponibili alle quali un'impresa può attingere nel corso del suo sviluppo, deriva dalla produzione di innovazioni, dai processi di apprendimento, dalla struttura organizzativa. Nelson e Winter definiscono le diverse forme organizzative in termini di *routines*, cioè come risposte adattative che l'impresa elabora per rimanere competitiva sul mercato, che devono essere modificate quando non garantiscono più il raggiungimento degli obiettivi programmati. Nell'adottare determinate strategie innovative, l'impresa, infine, opera mediante un meccanismo di selezione: una innovazione è ritenuta valida se soddisfa le necessità dei potenziali utilizzatori, in base, ad esempio, a criteri di profitto di mercato. La struttura stessa del mercato, sostengono ancora i due autori, si configura come variabile endogena del cambiamento tecnologico, in quanto si trasforma in seguito alla evoluzione delle imprese derivante dalla diffusione delle innovazioni. Non esistono percorsi evolutivi ottimali o forme di mercato in grado di garantirne il successo, mentre la maggiore o minore capacità innovativa e le migliori condizioni di mercato dipendono dalla specifica situazione nella quale si trova l'impresa nel corso della sua evoluzione.

Una prospettiva evolucionistica, fondata sulle analogie fra cambiamento tecnologico ed evoluzione biologica, è adottata anche da Mokyr¹⁶. Mentre in Nelson e Winter il concetto di impresa corrisponde con quello di specie biologica, per Mokyr il corrispettivo economico è dato dalla tecnica. L'insieme delle conoscenze necessarie per produrre un bene o un servizio in un modo specifico ha un carattere evolutivo: l'idea relativa a come produrre un determinato bene può essere così assimilata al genotipo in biologia, mentre il fenotipo coincide con la tecnica effettivamente utilizzata dall'impresa nella produzione di quello stesso bene. Inoltre, come il fenotipo di ogni organismo deriva sia dal suo genotipo che dall'ambiente, così una tecnica produttiva risente sia dell'idea o concetto che l'ha generata, sia degli adattamenti esterni che deve subire per essere utilizzabile economicamente. Quindi l'innovazione tecnologica, cioè la creazione di una nuova tecnica, trova il suo equivalente nella speciazione, cioè la comparsa di una nuova specie. L'analogia, prosegue Mokyr, è incompleta e parziale, ma ciò non invalida l'utilità di un tale modello interpretativo. L'ori-

¹⁵ USHER 1954.

¹⁶ MOKYR 1990.

ginalità di questo contributo consiste nella natura epistemologica attribuita alla tecnologia; al pari della scienza, della cultura e dell'arte, la tecnologia è qualcosa che noi conosciamo ed il cambiamento tecnologico può essere considerato come un insieme di mutamenti del nostro sistema di conoscenze. Le nuove idee, come le nuove specie, riescono ad affermarsi ed a sostituire le vecchie idee in quanto più adatte a soddisfare determinati bisogni sociali e ciò avviene mediante un processo di selezione. La tecnologia, sostiene ancora l'autore, è il risultato di una serie di informazioni che vengono acquisite tramite l'apprendimento e l'imitazione. A differenza dell'evoluzione di tipo biologico, le innovazioni sono cambiamenti intenzionali diretti alla soluzione di problemi; non costituiscono un adattamento alle trasformazioni ambientali, ma spesso modificano esse stesse l'ambiente. In analogia con l'evoluzione di tipo biologico, d'altro canto, il cambiamento innovativo dipende dal passato; di conseguenza si presenta come fenomeno cumulativo e graduale. Mokyr distingue, infatti, le macroinvenzioni, di numero limitato e responsabili dei momenti di discontinuità dell'evoluzione tecnologica, dalle microinvenzioni, più numerose e garanti della continuità del processo. Le grandi innovazioni e le innovazioni incrementali sono legate da un rapporto di complementarità e di reciprocità: le prime hanno bisogno delle seconde per acquisire funzionalità; le seconde, sommandosi, possono a loro volta generare una tecnica del tutto nuova. Inoltre, mentre le microinvenzioni derivano da ricerche intenzionali, le macroinvenzioni sono più difficilmente spiegabili, perché sembrano dipendere da variabili non economiche che rimandano alla maggiore ricchezza di stimoli rilevabile in determinati contesti sociali ed in determinati periodi storici. Esempi di microinvenzioni sono forniti dalla evoluzione graduale delle tecniche agricole, minerarie, dai perfezionamenti nella costruzione di nuovi tipi di navi. Rosenberg, ad esempio, riconduce queste innovazioni a forme di apprendimento del tipo *learning by doing* e *learning by using*¹⁷. Le macroinvenzioni sembrano dipendere, invece, da eventi casuali, come testimoniano i numerosi esempi di inventori che hanno scoperto qualcosa di radicalmente diverso da quanto stavano cercando, o sono arrivati a conclusioni scientificamente corrette partendo da premesse errate. La scoperta dell'anilina da parte di Perkin, mentre stava cercando di ottenere la chinina, o l'invenzione del fonografo da parte di Edison, mentre stava cercando di perfezionare la registrazione di impulsi telegrafici, esemplificano la casualità delle grandi invenzioni. Tale casualità non deve però condurre, conclude Mokyr, a sottostimare l'importanza delle determinanti sociali e storiche responsabili delle macroinvenzioni. Grandi "eventi" tecnologici quali la rivoluzione industriale possono essere spiegati, infatti, solo in riferimento al contesto in cui si sono verificati. Le grandi invenzioni sono "semi" gettati dai singoli inventori in un "terreno" sociale, ma il terreno deve essere sufficientemente fertile, cioè socialmente stimolante, per poter garantire buoni frutti, cioè tecniche valide.

2. LA COSTRUZIONE SOCIALE DELL'INNOVAZIONE

Le determinanti sociali del cambiamento tecnologico costituiscono l'oggetto di questo indirizzo di ricerca che accomuna vari contributi e che consiste in una

¹⁷ ROSENBERG 1976.

analisi di tipo sociologico applicata allo studio della storia e della evoluzione dell'innovazione tecnologica¹⁸. Esso ebbe origine negli anni '60 e '70, quando da più parti¹⁹ si mise in discussione la nozione, allora corrente nella storiografia, della innovazione tecnologica come invenzione (scienza) applicata²⁰. Layton, ad esempio, sottolineò come l'innovazione tecnologica fosse piuttosto il risultato della "interazione" tra scienza e tecnologia, considerate come sfere separate di conoscenza che si condizionano ed influenzano l'un l'altra. La maggior parte dei contributi in questa direzione si riferivano al ruolo degli ingegneri nella attività innovativa ed all'importanza del modo con cui essi si rappresentavano i problemi dell'innovazione tecnologica. Il contributo di Walter Vincenti sulla storia degli ingegneri aeronautici americani²¹ è il più significativo di questo tipo di approccio che considera l'innovazione tecnologica come conoscenza, ovvero la ricostruzione delle procedure attraverso le quali gli innovatori - in questo caso gli ingegneri - rappresentano e risolvono i problemi. La posizione metodologica di Vincenti, che potremmo definire "realismo ontologico", considera che il processo di produzione della innovazione tecnologica è un processo di apprendimento sociale mediante il quale gli uomini di una società storicamente si costruiscono gli strumenti per intervenire sulla realtà esterna. Elemento essenziale di questo processo è la continua verifica della congruità tra risultati ottenuti e progetto, e dunque della efficacia di quegli strumenti nell'affrontare i vincoli e le resistenze che la realtà oppone alla realizzazione di quegli obiettivi. Lo stesso Vincenti ha più di recente applicato gli stessi criteri di metodo alla storia della affermazione del carrello retrattile negli aerei²². Secondo Vincenti gli storici dell'aeronautica tendono a considerare l'introduzione del carrello retrattile come un evento ovvio e prevedibile, soggetto esclusivamente a valutazioni ingegneristiche. Secondo Vincenti la questione non è tanto se si dovesse usare il carrello retrattile per migliorare l'aerodinamica dei velivoli - il che era ovvio -; il problema per gli ingegneri era quale fosse il modo migliore di realizzare l'obiettivo strutturalmente e meccanicamente. Ad esempio, un celebre aereo come il Northrop alpha mantenne a lungo il carrello esterno per le difficoltà di alloggiare le ruote delle ali senza danneggiarne la struttura multicellulare in alluminio che rappresentava una innovazione radicale sia in termini di leggerezza che di costi.

Questa posizione è stata sottoposta a severe critiche dai cosiddetti *social constructivists*. Il punto chiave della loro critica è che l'innovazione tecnologica, come ogni altra attività - compresa l'attività scientifica - è una attività *pratica*, localizzata e contestuale che solo in parte comprende elementi universali e cognitivi. Per essi il referente esterno è del tutto assente e i concetti della tecnologia (ma anche della scienza) vengono ridotti alla sfera delle credenze sociali istituzionalizzate. *Laboratory life* di Bruno Latour e Steve Woolgar - che ricostruisce minutamente l'attività di ricerca di un laboratorio industriale - è la prima ricerca in questa direzione²³ a cui sono seguite altre, come quella di

¹⁸ LAUDAN 1984.

¹⁹ Per una ricostruzione cfr. STAUDENMAIER 1985.

²⁰ RUPERT HALL 1962-68.

²¹ VINCENTI 1990.

²² VINCENTI 1994.

²³ LATOUR, WOOLGAR 1979.

Michael Lynch, che ha studiato un laboratorio biochimico²⁴; di David Turnbull, che ha ricostruito come un gruppo di semplici praticanti privi di conoscenze nel campo della meccanica e della matematica avanzata edificassero le cattedrali gotiche²⁵; di M. Hard, che ha ricostruito la costruzione del motore Diesel alla Cummins Co., sottolineandone il carattere idiosincratico, *embedded* e contingente²⁶.

Il riferimento generale di questo approccio definito anche come etnografico, è la epistemologia costruttivista; l'innovazione è considerata come un *artifact* tecnico, ed è legata ad una azione che modifica l'oggetto e che lo costruisce attraverso le trasformazioni introdotte da questa azione. Il soggetto si prolunga nei suoi arnesi, strumenti ed apparecchi inseriti nell'oggetto. All'interno del modello interpretativo generale si possono individuare tre diversi approcci. Il primo si basa sulla considerazione che le componenti fisiche, gli *artifacts*, del fenomeno tecnologico, si prestano ad una analisi di tipo sociologico non solo in riferimento al loro uso, ma anche per gli aspetti tecnici in senso stretto; il secondo approccio si basa sulla considerazione della tecnologia in termini di sistema, nel quale interagiscono componenti tecniche, sociali, economiche e politiche; il terzo ed ultimo approccio rappresenta una integrazione ed un avanzamento del modello sistemico, in quanto propone il superamento della distinzione fra componenti umane e naturali, considerandole entrambe quali elementi di una medesima struttura di tipo reticolare. Il terreno comune sul quale si muovono e si articolano queste tre diverse chiavi di lettura del fenomeno tecnologico, infine, è costituito dalla identificazione fra tecnologia e società, dal riconoscimento, cioè, di una medesima struttura che sottende entrambe.

Due punti caratterizzano l'approccio costruttivista all'innovazione tecnologica. Il primo è collegato agli sviluppi recenti nel campo della sociologia della conoscenza scientifica e consiste nel tentativo di spiegare in termini sociali l'evoluzione delle scienze. È caratterizzato da tre livelli di analisi: un primo livello, relativo alla molteplicità di interpretazioni attribuibili alle scoperte scientifiche; un secondo livello, relativo ai meccanismi sociali che limitano tale flessibilità interpretativa e che pongono fine alle controversie sul valore di verità di una scoperta; un terzo ed ultimo livello, relativo proprio ai meccanismi di chiusura che operano dal lato sociale nei confronti delle conoscenze scientifiche.

Il secondo punto deriva dagli sviluppi nel campo della sociologia del fenomeno tecnologico. È caratterizzato da un modello multidirezionale applicato ai processi di sviluppo delle componenti fisiche del progresso tecnico, la cui evoluzione risulta dal continuo alternarsi di varianti e di scelte selettive. In questa ottica, Pinch e Bijker ricostruiscono, ad esempio, la storia della bicicletta. I due autori considerano l'evoluzione dei diversi modelli di bicicletta come uno sviluppo non lineare, in cui le diverse varianti dell'*artifact* esaminato risultano da scelte selettive socialmente determinate. Tali scelte costituiscono le risposte fornite da uno specifico gruppo sociale ai problemi che si manifestano durante le fasi di sviluppo dell'*artifact*, nel caso, della bicicletta. Più in particolare, Pinch e Bijker parlano di gruppi sociali rilevanti, cioè gruppi di individui,

²⁴ LYNCH 1985.

²⁵ TURNBALL 1993.

²⁶ HARD 1993.

organizzati o meno, per i quali l'*artifact* riveste lo stesso significato e per i quali la percezione di un problema ad esso relativo richiede una stessa tipologia di risposte. Nel caso della bicicletta, un gruppo sociale rilevante è ovviamente costituito dagli utenti di tale mezzo; è interessante, tuttavia, individuare altri gruppi sociali contraddistinti da diverse esigenze, cioè che attribuiscono significati diversi all'oggetto-bicicletta: le donne, ad esempio, ma anche coloro che nel passato hanno avvertito la diffusione delle due ruote. Una volta identificati i gruppi sociali rilevanti, è necessario analizzare i problemi specifici ad ogni gruppo nei confronti dell'*artifact*; quindi, per ogni problema, saranno individuate le diverse soluzioni; e per ogni soluzione, infine, le varianti che ne derivano nella costruzione dell'*artifact* stesso. Nel caso della bicicletta, problemi che richiedono soluzioni diverse in base ai gruppi che li percepiscono sono, ad esempio, la maggiore o minore velocità del mezzo, i dispositivi di sicurezza, il *design* e, per le donne, i pregiudizi morali relativi all'abbigliamento, nello specifico la necessità di indossare i pantaloni. Alla soluzione dei problemi, segue un'ultima fase che gli autori definiscono di stabilizzazione, cioè di chiusura delle controversie determinate dalla percezione non omogenea dell'*artifact* nei diversi gruppi sociali. Per Pinch e Bijker le componenti fisiche della tecnologia sono costruite ed interpretate in risposta a determinanti di tipo sociale: non esiste un unico modo per realizzare un *artifact*, o una realizzazione ottimale dello stesso; esistono, invece, diversi modi di concepire ed interpretare un oggetto da parte di specifici gruppi sociali, con le conseguenze che ne derivano nel *design* dell'oggetto considerato. Nel caso della bicicletta, l'introduzione della camera d'aria nel 1890 esemplifica molto bene tale flessibilità interpretativa presente fra gli stessi costruttori: per alcuni, essa avrebbe risolto i problemi creati dalle vibrazioni; per altri, avrebbe consentito velocità maggiori; per un altro gruppo ancora, avrebbe compromesso la sicurezza del mezzo. Le diverse interpretazioni, quindi, concernono il contenuto stesso dell'*artifact*. I meccanismi sociali che portano alla soluzione delle controversie scientifiche, corrispondono in tecnologia alla fase di stabilizzazione di un *artifact*. Questi meccanismi si instaurano nel momento in cui un problema non viene più interpretato. Un problema, quindi, si presta a diverse soluzioni in base ai molteplici significati sociali che un *artifact* può assumere, e le diverse soluzioni possono anche condurre ad una ridefinizione del problema di partenza. L'introduzione della camera d'aria, ad esempio, coincide con la fase di stabilizzazione solo per quei gruppi sociali, come gli utilizzatori delle biciclette sportive, il cui problema consisteva nella esigenza di una maggiore velocità. Pur se presentato schematicamente, questo modello si caratterizza per una notevole originalità, ed anche per una certa complessità, per l'importanza assegnata ad una prospettiva integrata, in cui vengono meno le dicotomie fra sociologia della scienza e sociologia del fenomeno tecnologico ed in cui anche la distinzione fra scienza (invenzione) e tecnologia (innovazione) sembra rappresentare un ostacolo ad una reale comprensione dei problemi analizzati.

Una versione molto più debole di questo approccio, che è più propriamente assimilabile metodologicamente a quella di Walter Vincenti vista sopra, si deve a Thomas P. Hughes²⁷, che ha utilizzato la nozione di sistema socio-tecnico per

²⁷ HUGHES 1983.

lo studio della costituzione dei sistemi elettrici in diversi paesi. Un sistema socio-tecnico si configura come un sistema sociale complesso costituito da elementi fisici o tecnici - gli *artifacts* - e da componenti organizzative, scientifiche e legislative. Tali componenti interagiscono e derivano le proprie caratteristiche dal sistema. La costruzione di un sistema tecnologico è finalizzata alla soluzione dei problemi ad esso pertinenti; il fattore umano che vi opera svolge il compito di sviluppare le potenzialità virtuali che possono anche fallire. L'evoluzione di un sistema si articola in diverse fasi, non necessariamente sequenziali, che prendono il nome dalle attività in esse predominanti: la fase dell'invenzione, dello sviluppo, dell'innovazione, del trasferimento e della crescita, della competizione, del consolidamento. Quando un sistema giunge alla maturità, acquista anche un determinato stile ed il percorso evolutivo perviene ad una fase di stasi. I problemi da risolvere lungo il percorso sono di natura diversa e l'invenzione e lo sviluppo, il *problem-solving* dipende dalle decisioni di inventori-imprenditori; durante l'innovazione, la competizione e la fase di crescita, le scelte decisive spettano a manager-imprenditori; i momenti di consolidamento e di razionalizzazione richiedono il contributo di imprenditori con competenze finanziarie ed anche politiche; il ruolo degli inventori-imprenditori, o dei manager-imprenditori può risultare cruciale durante la fase del trasferimento. Per spiegare la dinamica del cambiamento tecnologico Hughes impiega, metaforicamente, i concetti di saliente e di saliente avverso. Sono anch'essi delle componenti del sistema descritto, che si espande e progredisce in modo irregolare. Un saliente è un cuneo in un fronte che avanza; all'interno di un sistema tecnologico, esso si caratterizza come un insieme di elementi dotati di maggiore efficienza e di maggiore economicità rispetto alle altre componenti, è la punta avanzata che permette la crescita dell'intero sistema. Un saliente avverso, invece, si configura come un ostacolo del percorso evolutivo e si manifesta con una rottura dell'equilibrio fra le varie componenti durante le fasi di espansione; è una spaccatura del fronte che avanza. L'apparizione di salienti o di salienti avversi non dipende dalla volontà umana. Sono problemi che vengono fuori nel corso dell'attività inventiva e dalla cui soluzione deriva l'equilibrio temporaneo del sistema. Nel modello di Hughes, quindi, l'invenzione ha un duplice scopo: essa permette la correzione di un saliente avverso, e ciò avviene nel momento in cui l'ostacolo viene colto come problema critico e come tale viene risolto; essa permette l'avanzamento di quelle parti del sistema attardatesi rispetto ad un saliente. La simultaneità delle invenzioni, o il loro manifestarsi "a grappoli" si spiega allora con il concentrarsi delle ricerche di più inventori intorno al superamento di un saliente avverso, oppure intorno ad un saliente che è stato individuato in un dato sistema. Hughes fornisce numerosi esempi che chiariscono i concetti e la terminologia impiegati nel modello interpretativo appena descritto. Sul finire del diciannovesimo secolo, ad esempio, l'introduzione del turbogeneratore rappresenta un saliente rispetto ai sistemi allora esistenti per la generazione di elettricità; la potenza di questi nuovi motori, infatti, rese inadeguata la capacità di distribuzione e di trasmissione delle stazioni centrali del tempo. Negli anni fra le due guerre, lo sviluppo dei motori a combustione interna ad alta compressione trovò una applicazione estensiva solo quando si riuscì ad ottenere una benzina di elevata qualità; la benzina di qualità inferiore costituiva, quindi, un saliente avverso. Ancora nel diciannovesimo secolo, la scoperta di un mezzo innovativo per la trasmissione dell'energia, l'elettricità, provocò un cu-

neo del sistema e la necessità di un riallineamento di tutte le altre componenti. Salienti avversi, continua Hughes, possono essere considerate anche le scarse prestazioni dei ricevitori nei primi sistemi di trasmissione senza fili, il funzionamento difettoso delle bussole magnetiche sulle prime navi di ferro, la capacità limitata dei primi motori elettrici impiegati nei sistemi a corrente alternata e, in generale, tutte quelle componenti meno efficienti che ostacolano l'espansione equilibrata di un intero sistema. Le invenzioni quindi, conclude Hughes, devono essere considerate nel loro sviluppo cumulativo ed il compito degli storici consiste nell'analisi della evoluzione dei diversi sistemi tecnologici, evoluzione che si realizza attraverso le invenzioni medesime.

Il terzo modello interpretativo di questo filone è utilizzato in diversi *case studies*, ad esempio l'aereo inglese TSR-2²⁸, il Concorde²⁹, ed è proposto da M. Callon³⁰. La tesi di fondo è che lo studio della tecnologia può essere trasformato in uno strumento di indagine di tipo integralmente sociologico. Callon infatti sostiene che i tecnici che sviluppano una tecnologia innovativa e provvedono alla sua realizzazione, svolgono un ruolo la cui analisi rientra nel campo degli studi sociologici. Per dimostrare la capacità dei promotori di innovazioni di assumere comportamenti di pertinenza dello studioso delle dinamiche sociali, l'autore descrive l'introduzione dell'automobile elettrica in Francia (1986). Il primo progetto risale al 1973 e venne elaborato da un gruppo di ingegneri alle dipendenze dell'Électricité de France, l'ente pubblico elettrico francese. Tale progetto si caratterizzava non tanto per la parte tecnica, cioè la descrizione dettagliata del nuovo tipo di veicolo, quanto per la descrizione altrettanto dettagliata del nuovo tipo di società in cui l'auto elettrica avrebbe dovuto funzionare. Muovendo dall'analisi della società francese contemporanea, gli ingegneri dell'EDF individuavano nei veicoli di tipo tradizionale i maggiori responsabili di problemi tecnici, quali l'inquinamento atmosferico ed acustico, e di problemi più specificamente sociali, quali i processi di identificazione e di appartenenza di classe originati dai diversi stili di consumo, in questo caso dal possesso di una determinata autovettura. All'analisi di partenza, seguiva un elenco articolato e circostanziato che riassumeva una nuova organizzazione sociale con tutte le sue componenti: dagli accumulatori necessari al funzionamento dell'auto elettrica, ai costruttori coinvolti nelle varie fasi di progettazione e sviluppo, fino al sostegno governativo occorrente per la creazione di un mercato radicalmente nuovo in risposta alle nuove esigenze dell'utente. Tali componenti non erano elencate in ordine gerarchico, in quanto dotate della stessa importanza per il raggiungimento dell'obiettivo finale³¹. Eventi successivi portarono poi al fallimento del progetto elaborato dagli ingegneri dell'EDF. Il progetto descritto viene analizzato dall'autore ricorrendo a tre concetti-chiave: l'identità tecnico-sociologo dei promotori del piano; le *eterogeneous associations* responsabili della riuscita del piano; il concetto di *actor network* che sottende e collega i primi due elementi del modello. Con quest'ultimo termine, Callon si riferisce ad una struttura o sistema reticolare che comprende elementi eterogenei, animati e inanimati, collegati fra loro per un determinato periodo di tempo. Si tratta di

²⁸ LAW 1985.

²⁹ FELDMAN 1985.

³⁰ CALLON 1986.

³¹ *Ibid.*

una struttura dinamica, in quanto gli elementi che la compongono sono suscettibili di una continua ridefinizione della propria identità e delle proprie mutue relazioni. Le componenti di una *actor network*, inoltre, sono organizzate in base a due meccanismi: un meccanismo di semplificazione, necessario per definire in modo esatto i vari elementi facendo astrazione dalla complessità del mondo reale; un meccanismo di giustapposizione, necessario per definire in modo parimenti esatto le relazioni fra i vari elementi semplificati. Sono questi due meccanismi, sostiene Callon, che assicurano stabilità all'intera struttura e ne rendono prevedibile il comportamento. Il modello del cambiamento tecnico in termini di rete è stato proposto anche per spiegare l'introduzione di nuovi materiali basati sui polimeri, il Tenax che fallì e il Twaron che fu invece un successo³². Mulder utilizza con successo la "logica della pratica" per spiegare questi due differenti esiti. Il punto di partenza è infatti in primo luogo la ricostruzione del lavoro dei ricercatori come individui o gruppi in termini di storia interna e disposizioni specifiche (per esempio, pratiche locali e orientamenti globali) e di regolarità di comportamento osservabili *ex post*. Questo permette di spiegare il successo o il fallimento con la capacità differenziale di creare una coalizione efficiente per sviluppare la nuova tecnologia, all'interno ed all'esterno dell'impresa.

3. LA STORIA E BASTA

Le due tradizioni di ricerca che si sono sopra brevemente descritte si distinguono per la diversa enfasi posta sulle motivazioni del soggetto. La tradizione dei regimi tecnologici, rifacendosi prevalentemente alla teoria economica, attribuisce l'introduzione delle innovazioni prevalentemente a motivazioni economiche, anche se intese in senso lato, come nel caso della teoria nelsoniana del comportamento soddisfacente o in quello della *visible hand*³³. Nelle spiegazioni di tipo cognitivista l'ispirazione è invece prevalentemente sociologica e tende a valorizzare il ruolo degli interessi, delle prospettive e delle motivazioni, queste ultime considerate inoltre irriducibili a un criterio soltanto economico come dimostra, ad esempio, il caso sopra ricordato dello sviluppo delle fibre aramidiche presso la Akzo.

Queste due tradizioni di ricerca pongono una certa enfasi sul fatto che i processi che conducono alle innovazioni sono irreversibili e che, per la loro comprensione, è necessario ricostruirne la storia; la descrizione della sequenza degli eventi, quindi, è considerata una componente essenziale di questi approcci.

Eppure un'altra tradizione di ricerca, certamente meno frequentata di quella costruttivista, non è soddisfatta di questo ruolo assegnato alla narrazione, ma ne rivendica la centralità metodologica³⁴. Il punto di attacco di questa storiografia dell'innovazione è rappresentato dalla centralità dell'osservatore, lo storico, nella identificazione dell'oggetto dello studio. Questo fa sì che le eventuali teorie o metodi vengono selezionati solo perché ritenuti appropriati dall'osser-

³² MULDER, VERGRAGT 1990.

³³ CHANDLER 1977.

³⁴ Ad esempio BUCHANAN 1991.

vatore. Diversi osservatori possono avere diversi punti di vista e diversi metodi. Se si tratta di osservare l'introduzione del galeone armato nella diffusione del commercio transoceanico è superfluo cercare di ricostruire "gli attori", perché ciò è reso di fatto impossibile dallo stato delle fonti; non è quindi possibile procedere a costruire parametri efficaci. È preferibile allora limitare l'indagine all'oggetto specifico con le usuali tecniche storico-filologiche, piuttosto che avventurarsi in congetture costruite attraverso gli *empty conceptual boxes* del gergo con cui le scienze sociali cercano di riformulare quegli eventi che l'approccio tradizionale è in grado di trattare in modo del tutto soddisfacente. Nel caso della innovazione tecnologica, ad esempio, è preferibile partire dalla ricostruzione minuziosa e solo successivamente introdurre le circostanze di contesto che la determinano nel contesto della sua società. Esempio, in questa direzione, il modo di procedere degli studi che si occupano di innovazioni in età medioevale e moderna³⁵. Proprio sulla questione del vascello portoghese lo stesso Buchanan, ad esempio, accusa Law³⁶ di oscurare piuttosto che chiarire i termini del problema attraverso una terminologia astrusa.

³⁵ Ad esempio, LYNN WHITE 1962; per il vascello armato CIPOLLA 1971.

³⁶ LAW 1987.

BIBLIOGRAFIA

- BIJKER, HUGHES, PINCH 1987: *The Social Construction of Technological Systems*, a cura di W. E. BIJKER, T. P. HUGHES, T. PINCH, Cambridge 1987.
- BIJKER, PINCH 1987: W.E. BIJKER, T. PINCH, *The Social Construction of Facts and Artifacts*, in BIJKER, HUGHES, PINCH 1987.
- BUCHANAN 1991: A. BUCHANAN, *Theory and Narrative in the History of Technology*, in "Technology and Culture", 1991, 2, pp. 365-376.
- CALLON, LAW, RIP 1986: M. CALLON, J. LAW, A. RIP, *Mappings the Dynamics of Science and Technology*, London 1986.
- CHANDLER 1977: A. D. CHANDLER JR., *The Visible Hand: the Managerial Revolution in American Business*, Cambridge 1977.
- CIPOLLA 1971: C. CIPOLLA, *Velieri e cannoni d'Europa nei mari del mondo*, Torino 1971.
- DAVID 1985: P. DAVID, *Clio and the Economics of QWERTY*, in "American Economic Review. Papers and Proceedings", 75 (1985), 2, pp. 332-337.
- DAVID 1988: P. DAVID, *Path-Dependence: Putting the Past into the Future of Economics*, University of Stanford, "Technical Report", 1988, 533, mimeo.
- DAVID 1989: P. DAVID, *Computer and Dynamo: the Modern Productivity Paradox in a Not-too-Distant Mirror*, University of Stanford, Center for Economic Policy Research, 1989, 172.
- DAVID, BUNN 1988: P. DAVID, J. BUNN, *The Economics of Gateway Technologies and the Evolution of Network Industries: Lessons from Electricity Supply History*, in "Information Economics and Policy", 3 (1988), pp. 165-202.
- DOSI 1982: G. DOSI, *Technological Paradigms and Technological Trajectories: a Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change*, in "Research Policy", 11 (1982).
- DOSI 1984: G. DOSI, *Technical Change and Industrial Transformation. The Theory and Application to the Semiconductor Industry*, London 1984.
- EMERY, TRIST 1960: F. EMERY, E. TRIST, *Socio-technical Systems in Management Science, Models and Techniques*, in *Science, Models and Techniques*, a cura di C. W. CHURCHMAN e A. VERHULST, London 1960.
- HALL 1976: A. R. HALL, *La rivoluzione scientifica, 1500-1800: la formazione dell'atteggiamento scientifico moderno*, Milano 1976.
- HART 1993: M. HART, *Historians as Sociologists - Technicians as Practitioners: from Diesel to Bourdieu*, paper presentato alla conferenza "Technical Change", Oxford, 8-11 settembre 1993.
- HUGHES 1983: T.P. HUGHES, *Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880-1930*, Baltimore 1983.
- LATOUR, WOOLGAR 1979: B. LATOUR, S. WOOLGAR, *Laboratory Life: the Social Construction of Scientific Facts*, London 1979.
- LAUDAN 1984: R. LAUDAN, *Cognitive Change in Science and Technology*, in *The Nature of Technological Knowledge: are Models of Scientific Change Relevant?*, a cura di Id., Dordrecht 1984.
- LAYTON 1971: E. T. LAYTON JR., *The Revolt of Engineers: Social Responsibility and the American Engineering Profession*, Cleveland 1971.
- LAW 1987: J. LAW, *Technology and Heterogeneous Engineering: The Case of Portuguese Expansion*, in BIJKER, HUGHES, PINCH 1987, pp. 111-134.
- LYNCH 1985: M. LYNCH, *Art and Artifact in Laboratory Science: a Study of Shop Work and Shop Talk in a Research Laboratory*, London 1985.
- LYNN WHITE 1962: J. LYNN WHITE, *Medioeval Technology and Social Change*, Oxford 1962.
- MOKYR 1990: J. MOKYR, *The Lever of the Riches*, Oxford 1990.
- MULDER, VERGRAGT 1990: K. F. MULDER, P. J. VERGRAGT, *Synthetic Fibre Technology and Company Strategy*, in "R & D Management", 20 (1990), 3, pp. 247-256.
- NELSON, WINTER 1977: R. NELSON, S. WINTER, *In Search of an Useful Theory of Innovation*, in "Research Policy", 6 (1977).
- NELSON, WINTER 1982: R. NELSON, S. WINTER, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge 1982.
- PIAGET 1970: J. PIAGET, *L'épistémologie génétique*, Paris 1970.
- ROSENBERG 1976: N. ROSENBERG, *Perspectives on Technology*, Cambridge 1976.
- ROSENBERG 1982: N. ROSENBERG, *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge

- 1982.
- SAHAL 1981: D. SAHAL, *Patterns of Technological Innovation*, London 1981.
- SAVIOTTI, METCALFE 1991: *Evolutionary Theories of Economic and Technical Change: Present State and Future Prospects*, a cura di P. SAVIOTTI, J. S. METCALFE, London 1991.
- STAUDENMAIER 1985: J. M. STAUDENMAIER, *Technology's Storytellers: Reweaving the Human Fabric*, Cambridge (Mass.) 1985.
- TURNBALL 1993: D. TURNBALL, *The Ad Hoc Collective Work of Building Gothic Cathedrals with Templates, String and Geometry*, in "Science, Technology and Human Values", 1993, 18, pp. 315-340.
- USHER 1954: A.P. USHER, *A History of Mechanical Inventions*, revised edn., Cambridge 1954.
- VINCENTI 1990: W.G. VINCENTI, *What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History*, Baltimore (MD) 1990.
- VINCENTI 1994: W.G. VINCENTI, *The Retractable Airplane Landing Gear and the Northrop Anomaly: Variation-Selection and the Shaping of Technology*, in "Technology and Culture", 35 (1994), 1, pp. 1-33.