

NOTA IN MARGINE

INDUZIONE STATISTICA E SCIENZA SPERIMENTALE

Italo Scardovi

0. Alcune tesi, alle quali mi sono dedicato lungo un itinerario quasi ventennale di ricerca, non sono rimaste senza eco in certo pensiero metodologico. Lo noto con preoccupazione, prima e piú che con soddisfazione: assunti problematici e ipotesi di lavoro sembrano diventare — perfino in qualche scritto di parte statistica — concetti ormai ovvi, definizioni quasi scontate. Delle quali è addirittura superfluo citare la genesi.

Si tratta pur sempre di fondamenti. E i fondamenti richiedono un'attenta meditazione. Poiché molte di quelle pur minime idee hanno avuto svolgimento in accademie scientifiche e in società filosofiche — ossia in ambiti culturali non statistici — mi si consenta (non per rivendicare remote priorità, bensì per evitare interpretazioni fuorvianti) di proporre su questa rivista alcuni stralci di argomentazioni svolte negli anni piú recenti. Scelgo, fra i tanti, un preciso tema: il ripensamento epistemologico dei fondamenti della "significatività" fisheriana⁽¹⁾ e riprendo — nell'assunto, fondamentale, di una struttura essenzialmente bayesiana dell'inferenza induttiva, e in una visione della statistica come metodologia della scienza — alcune linee di ricerca prospettate e discusse in passato⁽²⁾. Mi riferisco, per la tesi qui trattata, ai seguenti

(*) Ricerca effettuata con il contributo del Ministero della Pubblica Istruzione.

(¹) E' forse strano che a questo recupero di un'età irripetibile della statistica teorica si dedichi chi — seguace di Corrado Gini — ha sempre fatto, umilmente, nelle proprie ricerche, della soluzione di Bayes-Laplace lo schema ideale di riferimento di ogni metodologia induttiva traendone argomento per non fraintendere i limiti e i pericoli di quella che, con accezione doppiamente impropria, vien detta "inferenza classica".

Ad una siffatta operazione, d'altronde, può dedicarsi solo chi non ha l'abitudine di adeguarsi alle mode dominanti. Così, oggi che dietro la bandiera bayesiana si sono accodati tanti proseliti — le truppe di un nuovo conformismo — tocca a chi s'appellava a Bayes nei tempi in cui, almeno in Italia, era sconveniente non infiorare le proprie ricerche dei tests di precetto, riandare alle radici di una metodologia che tanto ha rappresentato e rappresenta nel mondo della ricerca.

(²) Ripropongo, allo scopo, una parte della relazione presentata nel settembre 1981, con Paola Monari, al "Convegno internazionale sui fondamenti della probabilità e della statistica", organizzato a Luino dalla Società di logica e filosofia della scienza. Quel testo — discusso, l'anno seguente, in una versione italiana piú estesa, da una Commissione della Società Italiana di Statistica — è la naturale continuazione di una serie di precedenti scritti, editi e inediti, in tema di induzione statistica. Questi i lavori pubblicati: — *Probabilità delle "cause" e problema inverso: la formula di Bayes-Laplace*, in "Argomenti di metodologia statistica", Pàtron, Bologna, 1971; — *Statistique: un langage empirique en biologie*, SFODF, XLVI, Lyon 1973; — *Ipotesi, fatti, teorie nella ricerca biologica: il problema della prova*, in "Rapporti tra biologia e statistica", Accademia dei Lincei, Roma, 1975; — *L'inferenza induttiva nella ricerca scientifica*, in "I fondamenti dell'inferenza statistica", Dipartimento statistico dell'Università di Firenze, 1977; — *Discussione*, in "Induzione, probabilità, statistica", Università di Venezia, 1978; — *Probabilità e induzione; Rilevazione e in-*

spunti: la configurazione del "caso" *in re naturali*, nello spirito indeterministico della genetica molecolare e della meccanica quantistica; la interpretazione della "null hypothesis" nell'ambito della variabilità biologica; l'appartenenza "logica" del falsificazionismo fisheriano al contesto del canone ipotetico-deduttivo; l'inadeguatezza logica di una scelta tra ipotesi fondata sulle sole verosimiglianze"; il distinguo tra processo euristico della ricerca (metodologia della conoscenza) e processo strategico della decisione operativa (metodologia della convenienza); l'insussistenza di talune visioni riduttive del pensiero scientifico addotte da certe facili schematizzazioni statistiche del problema dell'ipotesi e della prova.

1. In tema di inferenza induttiva, la trama logica sempre presente è offerta dal teorema settecentesco attorno al quale tanto si è conteso. Un bello spirito avrebbe riconosciuto alcune centinaia di correnti bayesiane. Ne ha forse dimenticata una, la più numerosa: quella di coloro che non hanno mai letto l'*Essay towards solving a problem in the doctrine of chances* (1763), e nemmeno la *Mémoire sur la probabilité des causes par les événements* (1774). Sono letture indispensabili per intendere i precisi termini in cui la formula di Bayes-Laplace traduce l'atto mentale dell'induzione — che è apprendere dall'esperienza — ossia il processo del comporsi di osservazioni e di opinioni, e dell'adattarsi di queste al confronto dei fatti⁽³⁾. Quella formula è il pomo apparente di tante discordie. Ma la ragione dell'odierno contendere è ancora più profonda. E' forse nella diversa e spesso fraintesa idea di probabilità al cospetto di una fenomenologia improntata alla variabilità naturale e delle attività edonistiche dell'uomo; è forse nel confondere il contesto (scientifico) del conoscere

duzione; Eliminazione e induzione (1968) riprodotti in "Appunti di statistica", Vol. I, Pàtron, Bologna, 1980; — *Statistical induction: probable knowledge or optimal strategy?*, "Convegno internazionale sui fondamenti della probabilità e della statistica", SILFS, Luino, 1981; — *Ancora su conoscenza e strategia*, Discussione sul tema "Le recenti tendenze della metodologia statistica", 1982); — *Induzione e previsione*, "XXXI Riunione scientifica della SIS", Torino, 1982; — *A proposito di diagnosi bayesiana* (in corso di stampa negli "Studi in onore di Silvio Vianelli"), 1983; — *Inductive prevision*, "Logica e filosofia della scienza, oggi", SILFS, S. Gimignano, 1983.

Le tesi metodologiche sostenute nei suddetti lavori si innestano su di una interpretazione statistica della variabilità naturale sviluppata nei seguenti scritti: — *Aspetti attuali della biometria*, "XXIV Riunione Scientifica della SIS", Roma, 1964; — *Rileggendo Darwin*, in "Statistica", 4, 1974; — *La disputa tra mendelisti e galtonisti alle origini della biometria*, in "Genus", 2, 1976; — *Statistica come metodologia delle scienze naturali*, Quaderno n. 37, Centro Linceo Interdisciplinare di Scienze Matematiche, Roma, 1977; — *I numeri di Mendel*, in "Rendiconti dell'Accademia delle Scienze", vol. LXIV, Bologna, 1977; — *Darwin e la regola del tre*, Appunti monografici dal corso di Biometria, Università di Bologna, 1977; — *Adolphe Quetelet tra determinismo e accidentalismo*, in "Rendiconti dell'Accademia delle Scienze", vol. LXVI, Bologna, 1978; — *Il teorema di Hardy-Weinberg come legge statistica*, Appunti monografici dal corso di Biometria, Istituto di Statistica dell'Università di Bologna, 1978; — *Fondements statistiques des sciences sociales*, Symposium on Foundations of Social Sciences, Trento, 1980 (riprodotto in "Epistemologia", Special Issue, 5, 1982); — *Chance and order in a statistical picture of life*; International School of Logic and Scientific Methodology, Centro "Ettore Majorana", Erice, 1981; — *Fondamenti statistici delle scienze sociali: annotazioni storiografiche*, in "Statistica", 1, 1981; — *Necessità del caso*, in "Statistica", 1, 1982; — *The idea of chance in the statistical intuition of natural variability*, in "Genus", 3-4, 1983.

(³) Più che a trovare verità nuove, la formula di Bayes vale a far dubitare, criticamente, di verità presunte. Questo era il compito che Kant assegnava alla ragion pura: "... essa non serve — scriveva — come uno strumento per allargare la conoscenza, ma come una disciplina per delimitarla, e invece di scoprire la verità ha solo il modesto merito di prevenire l'errore".

e il contesto (strategico) del decidere (4).

La storia delle metodologie induttive è la storia di un lungo dibattere il ruolo delle conoscenze teoretiche, dei paradigmi preesistenti: un ripensare criticamente il nesso dialettico tra dato e ipotesi, tra realtà sperimentale e schema formale; e un ricorrente illudersi sulla possibilità di una codificazione in astratto del rapporto euristico tra modello teorico ed evidenza empirica. Se si guarda all'avventura della scienza come a un succedersi, e talora a un sopraffarsi, di "paradigmi", il ruolo degli assunti *a priori* non può non variare in ragione dello *status* gnoseologico delle teorie dominanti nel pensiero scientifico e nei particolari settori di ricerca (5).

La ragione del malessere che serpeggia nella teoria statistica non è soltanto nella concezione della probabilità "iniziale": è anche nella difficoltà di distinguere tra il problema logico dell'induzione — di cui l'algoritmo bayesiano è la formulazione classica — e il problema metodologico del predisporre canoni di prova per sussidiare l'attività euristica dello scienziato.

Gli atteggiamenti in proposito sono vari e mutevoli, anche tra i fondatori della moderna statistica. Pearson e Gosset sentivano la presenza della "probabilità iniziale" e nell'addurre criteri induttivi finivano per trascurarla, soprattutto per ragioni di concretezza. Fisher, almeno il primo Fisher, la escludeva per principio. Ma il Fisher della maturità la ammetteva, e addirittura ne suggeriva l'uso quand'essa fosse "oggettivabile" in una distribuzione di frequenza. Una identificazione che appare troppo limitativa a chi, soggettivista, intenda la probabilità come aspettativa personale di un singolo evento fortuito: un'aspettativa valutabile secondo la metrica della scommessa, come già Kant suggeriva (6), così da riportare la matematica dell'incerto alle sue origini. Venuto dai giochi d'azzardo, il calcolo delle probabilità

(4) Oggi l'ideologia utilitaristica sembra prendere il sopravvento attraverso un uso particolare del linguaggio bayesiano. Tanti, che fino a pochi anni fa si ispiravano alla verosimiglianza, sembrano ormai votarsi al decisionalismo. Esempio emblematico, A.W.F. Edwards confessava, nel 1977, al Convegno di Firenze, il suo progressivo distacco dalle posizioni fisheriane, tanto brillantemente sostenute ancora pochi anni prima nel suo *Likelihood* (1972).

(5) Ed è vano assumere atteggiamenti dogmatici, ancorché l'empirista estremo insista nel definire marginale il ruolo delle opinioni iniziali dando ogni spazio ai dati, e l'idealista estremo tenda a fare il contrario.

Per chiarire senza ripetere concetti svolti diffusamente in altra sede, mi riferisco, per comodità di schema, alla rappresentazione kuhniana delle rivoluzioni scientifiche. Va da sé che nelle fasi che Kuhn chiama di "scienza normale" — la scienza che esplica e traduce un paradigma — il ruolo dell'*a priori* è di per sé illuminante, e il sistema teorico ispira e guida l'immaginazione. Ma è anche vero che nei confronti della cosiddetta "scienza rivoluzionaria" — la scienza che supera e abbatte un paradigma dominante — il sistema teorico codificato può assumere un ruolo ottundente, diventa pregiudizio fuorviante, tende a soffocare l'intuizione innovativa, a coartare la fantasia. La grammatica bayesiana, opportunamente intesa, comprende duttilmente e variamente tutte le situazioni: premesse concettuali e conoscenze empiriche concorrono ad un risultato sempre provvisorio, sempre modificabile.

(6) Nel Libro II della *Kritik der reinen Vernunft* (1781), Immanuel Kant scriveva: "L'ordinaria pietra di paragone per vedere se qualche cosa che uno afferma, sia una semplice persuasione o almeno una convinzione soggettiva (...) è la scommessa. Spesso uno enuncia le sue proposizioni con una risolutezza così sicura e irreducibile da parere abbia interamente depresso ogni tema d'errore. Una scommessa lo fa adombrare. A volte si vede che egli possiede bensì una persuasione da poter essere apprezzata per un ducato, ma non per dieci. Infatti, egli arrischia il primo, ma, di fronte a dieci, comincia ad avvedersi di ciò che prima non avvertiva, essere cioè possibilissimo che ei si sia sbagliato. Se si immagina di doversi scommettere la felicità di tutta la vita, se ne va il nostro giudizio trionfale, diventiamo timidi, e cominciamo a scoprire che la nostra fede non va tanto in là. Così la fede prammatica ha soltanto un certo grado, che secondo la differenza dell'interesse che vi è in gioco, può esser grande e può anche esser piccolo".

torna all'azzardo dei giochi: scommesse allora, scommesse oggi.

2. Quella soggettivistica è certamente una definizione onnicomprensiva della probabilità. Che però lascia insoddisfatti gli addetti alla scienza. Nella seconda metà dell'Ottocento e nella prima metà del nostro secolo il pensiero scientifico ha vissuto una delle sue più grandi rivoluzioni: la scoperta del "caso" alle origini dei fenomeni elementari della vita e dei costituenti primi della materia, l'imporsi di un'intuizione indeterministica del reale, il riconoscere leggi (statistiche) delle "pluralità" a lato, o al posto, di leggi (deterministiche) dell'evento singolo. Fra le grandezze della nuova scienza intervengono probabilità: proprietà collettive, prima e più che quote di scommessa. Se il soggettivismo fa della probabilità una valutazione assolutamente personale, il realismo scientifico pretende di trarre la probabilità dai fenomeni.

Dopo la crisi del determinismo classico, lo scienziato tende a vedere il "caso" nella natura e non soltanto nei limiti intellettivi del pensiero. Ma la prassi scientifica appare al soggettivista una maniera convenzionale e superstiziosa di fondare una logica dell'incerto. Eppure, quelle probabilità "superstiziose" (che passano per il momento, squisitamente soggettivo, della formazione del "collettivo": scelta della classe di riferimento e identificazione dei casi) sono le probabilità del fisico, del biologo: sono le probabilità su cui è stato possibile edificare scienze come la meccanica statistica, come la genetica di popolazioni. Le leggi di queste scienze — diceva Einstein (7) — "... valgono per le moltitudini e non per gli individui". E le leggi delle "moltitudini" sono leggi statistiche, e le probabilità interne a quelle leggi sono il risultato di un processo di astrazione classificatoria in mancanza del quale non v'è scienza.

I soggettivisti insistono — e con ragione — sulla natura pragmatica e convenzionale dei criteri "oggettivistici" per definire la probabilità su di un insieme empirico, ed è giusto l'ammonimento a non dimenticare che ogni fatto è un *unicum*, che non c'è oggetto uguale a un altro oggetto. E' vero, però, che la conoscenza razionale è incominciata quando si sono ridotti i fatti in classi (come simboli di categorie concettuali), quando si sono cercate le leggi che trascendono la singolarità irripetibile (8).

3. Gli enunciati del nuovo sapere non imitano l'"asserzione categorica totalitaria", bensì l'"asserzione statistica". E all'asserto ipotetico tradizionale subentra una più generale proposizione: "Se *A*, allora *B*, con probabilità *p*". Oggi, l'epistemologia più avanzata — quella, s'intende, scritta dagli scienziati — non ne fa più il ripiego provvisorio di un pensiero scientifico incapace di ritrovare la via maestra del determinismo classico: ne fa, invece, il codice di un sapere irriducibilmente statistico. Con l'abbandono del dogma deterministico e con la conquista della variabilità naturale l'immagine statistica dei fenomeni è diventata il tratto fondamentale del pensiero del secolo ventesimo.

E' per ricondurre il canone bayesiano ai più autentici problemi conoscitivi, è per

(7) Eppure, proprio Einstein, che tanto ha contribuito all'interpretazione statistica della meccanica quantica, riteneva che la fase "accidentalistica" della fisica avrebbe prima o poi ceduto il passo ad un ritorno della visione deterministica del mondo, nell'obbedienza allo spinoziano *Deus sive Natura*. Non così Bohr, Heisenberg, Born; non così i fisici che aderiscono alla interpretazione di Copenhagen.

(8) Ha scritto Boldrini: "La verità è che, senza partire dalla formazione dei casi, non c'è induzione: qui comincia la creazione dell'uniforme nella natura da parte della mente umana, da cui nascono le strutture di ogni regolarità fattuale" (*Teoria della statistica*, 1965).

fare dell'induzione statistica il momento fondamentale della ricerca, è per riportare il metodo statistico alla scienza donde ebbe origine che qui ci si rivolgerà ai primi e fondamentali strumenti dell'inferenza statistica, così da ritrovare le radici gnoseologiche del metodo: un metodo sorto per risolvere i problemi della ricerca e diventato ormai, in certe raffigurazioni di moda, un florilegio tecnico-formale subordinato al criterio della decisione più conveniente.

Se la formula di Bayes-Laplace è la 'matematica' del pensiero induttivo come 'atto animale', non per questo essa diventa regola automatica capace di dare risposte induttive specifiche nel vivo dei problemi della conoscenza. Conoscenza è induzione, e l'induzione è la più avventurosa tra le inferenze: perché è ampliativa e non dimostrativa, perché alla coerenza sintattica del dedurre sostituisce la congruenza semantica dei fatti.

L'appello alla prova dei fatti è, dall'età di Galileo e di Bacone, un punto fermo. Se ne avverte l'urgenza ideologica soprattutto nei momenti in cui il pensiero scientifico resta chiuso entro un paradigma concettuale inteso sempre più dogmaticamente. Così è stato quando Galileo ha cominciato a porre in dubbio il moto assoluto aristotelico; così è stato nei tempi in cui le scienze naturali dovevano trarre argomento dal reale per abbattere teorie inveterate, credenze che si facevano risalire a un messaggio soprannaturale. Così è stato nel momento in cui s'affermava, tra difficoltà d'ogni genere, l'immagine di una natura diveniente, di specie viventi che si evolvono per selezione della variabilità. In questo clima, il movimento biometrico di Galton e Weldon aveva tentato una propria gnoseologia. In questo clima, Pearson riprendeva il problema classico del confronto tra variabilità empirica e variabilità teorica, proposto suggestivamente da Quetelet e definito, per le grandezze enumerabili, da Dormoy e da Lexis. In questo clima, Fisher gettava i fondamenti di una metodologia ispirata alle idee del Rinascimento scientifico: bando ai dogmi, alle verità precostituite; spazio ai fatti, ai dati sperimentali.

Sta sorgendo una scienza nuova: quella seguita alla crisi del determinismo classico, al proporsi di una fisica discreta e probabilistica, e di una biologia sempre più consapevolmente darwiniana e mendeliana, ossia accidentalistica e discreta. La nuova immagine della natura è la variabilità casuale intraspecifica: condizione empirica indispensabile all'evoluzione.

4. La falsariga metodologica della nuova scienza segue ancora il tracciato classico dell'ipotesi e della prova, che è come dire il "canone ipotetico-deduttivo" (9). Variabilità e casualità impongono però una nuova grammatica di lettura, una diversa sintassi logica: è appunto il metodo statistico a dare un linguaggio universale al metodo sperimentale. Il codice morale della rivoluzione galileiana era il dubbio metodico, il distacco da ogni asserto non passato al vaglio dell'esperimento. E', questo, uno dei riferimenti impliciti della *Grammar of science* (1892) pearsoniana, in cui è esplicito il richiamo al fondamento classificatorio del conoscere naturalistico (10). Un appel-

(9) Aveva asserito Claude Bernard, in quel bel saggio di filosofia sperimentale che è la *Introduction à la médecine expérimentale* (1865): "Un'idea preconcepita è sempre stata e sarà sempre il primo passo di uno spirito indagatore. Il metodo sperimentale ha il compito di trasformare questa concezione *a priori* in una interpretazione *a posteriori*". Annoterà Pasteur: "Senza un'idea preconcepita non si riesce in nulla".

(10) "Il metodo scientifico è uno — è scritto nella *Grammar of Science* — ed è il metodo di tutte le menti logicamente esercitate (...). Opere come "Origin of Species" e "Descent of Man" di Darwin, "Principles of Geology" di Lyell, "Sensations of Tone" di Helmholtz, o "Natural Inheri-

lo 'positivista' all'empirismo e al fenomenismo, nello spirito dell'ancor dominante astrazione laplaciana.

La metodologia statistica inferenziale viene dunque dalla ricerca naturalistica, ed è l'esplicazione, *more probabilistico*, del metodo della scienza. Quando Karl Pearson dà un primo criterio di significatività, quando William Gosset ("Student") pone il suo problema induttivo, quando Ronald Fisher formalizza l'analisi dei risultati sperimentali, è sempre il metodo ipotetico-deduttivo a costituire il tracciato logico del criterio di prova. Il vaglio empirico dell'ipotesi era ormai regola del mestiere di ogni ricercatore. L'"analisi della significatività" fisheriana ne è la diretta espressione statistica: una sola ipotesi — la "null hypothesis" — è messa alla prova dei fatti ed è assegnata (nello spazio virtuale dei risultati) una soglia critica al di là della quale la ipotesi dev'essere rifiutata. L'ipotesi è quella di completa casualità degli esiti sperimentali: essa postula che i dati empirici non sono "significativi" in quanto non esorbitano dalla variabilità accidentale spontanea del particolare fenomeno collettivo. Respingere una siffatta ipotesi significa implicitamente sospettare l'intervento di almeno un fattore non accidentale.

Se la "teoria della significatività" si sviluppa sulla falsariga del canone ipotetico-deduttivo, la "teoria della stima" esplica il traslato statistico del problema classico dell'induzione: l'inferenza incerta, dal noto all'ignoto. Un'inferenza induttiva, cui già Gauss aveva dato un'anima bayesiana nella ricerca del valore più probabile di una grandezza fisica della quale si conoscano ripetute determinazioni strumentali. Quando, sul finire del secolo XIX, si era posto il problema teorico della ricerca di metodi per generalizzare le proprietà statistiche di un insieme finito di casi, era parso immediato tradurre ogni tecnica induttiva nei termini in cui il calcolo delle probabilità trattava il problema dell'inferire una probabilità da una frequenza. Si cominciava così a riguardare un valore z , assunto a sintetizzare una proprietà statistica di una n -pla di osservazioni, come "stima" di un valore sconosciuto ζ esprimente la corrispondente proprietà statistica in un insieme di ordine superiore, di cui la n -pla osservata fosse da ritenersi un sottoinsieme casuale. Si poneva allora l'alternativa tra il criterio di trarre tutta l'informazione dal solo contesto empirico campionario e il criterio dell'integrare tale informazione assegnando gradi preliminari di attendibilità ai possibili valori del parametro ζ . In breve volger di tempo finì per essere preferito nella ricerca e codificato nella teoria il primo criterio; e presto vennero adottati principi e regole per indurre le proprietà statistiche di un insieme attraverso quelle di un suo sottoinsieme. Il secondo criterio si rifà all'impostazione logico-formale di Bayes, da cui viene il suggerimento di stabilire anzitutto l'intervallo di esistenza dei possibili stati di grandezza di ζ attribuendo ad essi valori convenienti di probabilità "iniziale".

Non meno pragmatici gli assunti per giudicare la congruenza tra evidenza empirica e schema astratto. Nell'addurre un primo test di conformità, Pearson evita l'alternativa bayesiana: una scelta convenzionale; e così pure "Student", quando propone il suo criterio di inferenza induttiva circa valori medi di piccoli campioni; in Fisher (nel primo Fisher, convinto che le critiche di Boole e di Venn al postulato di equidistribuzione delle probabilità iniziali demolissero il teorema bayesiano) il rifiuto dell'*a priori* diventa invece una scelta ideale, una filosofia: far tacere le opinioni e far parlare i fatti, attraverso la "verosimiglianza": il predicato dell'ipotesi di accidentalità alla luce dei dati. Sulla verosimiglianza, Ronald Fisher costruisce, dagli anni "venti"

tance" di Galton possono essere utilmente lette e ampiamente capite anche dai non esperti nelle diverse scienze trattate in questi lavori".

agli anni "cinquanta", tutta una metodologia. Di lì muovono pure gli sviluppi teorici sui quali Jerzy Neyman e Egon Pearson, tenendosi altrettanto lontani da ogni suggestione bayesiana, fondano la tecnica dei "tests di ipotesi" sostituendo, all'"inductive reasoning", l'"inductive behavior". (Manca un passo a fare dell'induzione statistica una scelta economicista. Sarà Abraham Wald a compierlo).

S'usa ormai far tutt'uno⁽¹¹⁾ sotto etichetta oggettivistica, perché entrambe frequentiste, della metodologia avviata dalla scuola biometrica e teorizzata da Fisher — che è, nel bene e nel male, l'eroe eponimo di tutto un movimento di pensiero — e di quella sviluppatasi da Neyman in poi: fondendo e confondendo, in tal modo, concezioni e criteri decisamente divergenti. (L'unico aspetto metodologico comune allo scientismo fisheriano e al comportamentismo neyman-waldiano è il preteso rifiuto di ogni momento soggettivo). E' andata così diffondendosi l'abitudine di definire "soggettivistica", per contrapposto, la linea di pensiero bayesiana, perché una distribuzione delle probabilità iniziali deve sempre essere ammessa, anche se ancorata a valutazioni squisitamente individuali. Il paradigma bayesiano, a dir vero, non è di per sé necessariamente soggettivistico. Tuttavia, per ritrovarvi la "fisiologia" dell'indurre come atto mentale, l'impostazione definettiana è la più completa e la più coerente.

5. Lo schema bayesiano svela l'insufficienza logica di ogni induzione che s'avvalga della sola probabilità di accadimento virtuale dei particolari risultati — la "verosimiglianza" — o di una scelta tra ipotesi che prescindano dal grado di ammissibilità delle medesime. Con l'ingrandirsi del numero dei casi su cui è costruita la verosimiglianza s'attenua, per altro, l'importanza sperimentale di ogni premessa traducibile in una probabilità diversa da zero e da uno, al limite irrilevante, seppur rilevante talora negli ordini di grandezza finiti in cui può esaurirsi un'esperienza. Nei confronti di questa, le probabilità iniziali esprimono una formulazione dubitativa, nei limiti di quel che si conosce. L'approssimarsi asintotico, con l'ingrandirsi del campione, del valore della probabilità bayesiana a quello della verosimiglianza rimette tuttavia in gioco, in qualche modo, le tecniche fisheriane. Non colma, certo, il divario concettuale tra una probabilità diretta e una probabilità inversa, ma definisce le condizioni empiriche di validità dei canoni "oggettivisti" nella prassi della ricerca.

E' appunto nell'ambito del pensiero scientifico e nel confronto con i problemi della concreta ricerca che le contrapposizioni teoretico-astratte dovrebbero talvolta cimentarsi. Anche quella tra "oggettivismo" e "soggettivismo". Nella visione oggettivista sembra esprimersi un'istanza al valore effettuale dell'osservato, l'ansia, per così dire galileiana, dell'obiettività, quantitativa e formale, dell'esperienza. Nella concezione soggettivista si può vedere — quand'essa non cada in una sorta di esasperato solipsismo — un recupero protagoreo e, più ancora, socratico dell'uomo come misura di tutte le cose. Due modi diversi di giustapporre l'idea al dato, il pensiero al fatto; due modi diversi di intendere il primato illuministico della ragione. Il vero enigma — più profondo e sfuggente — è il *caso*. Categoria epistemologica o categoria ontologica? Una discussione senza fine. Il fisico quantistico che aderisce all'interpretazione di Copenhagen e il genetista evolucionistico che s'ispira a Monod pensano che sia qualcosa di più del nome che noi attribuiamo alla nostra ignoranza. Del

⁽¹¹⁾ Come osserva Piccinato "... i contrasti concettuali tra Fisher da una parte e Neyman e Pearson dall'altra vengono presumibilmente considerati sottigliezze da teorici..." (*Le controversie sui fondamenti della statistica e la loro rilevanza per la statistica medica*, 1981).

resto, chiunque sia dedito alla ricerca in ambito naturalistico esita a derivare il caso dai soli limiti epistemici della mente umana, ancorché la scelta epistemica non escluda, di per sé, la possibilità della prova ontica.

Piú che sull'argomento del "caso" — ove si rischia davvero la metafisica — è forse opportuno interrogarsi su quel che rimane della tradizionale contrapposizione tra "oggettivismo" e "soggettivismo". Perché il vero soggettivista, tanto piú se bayesiano, vede tramutarsi la soggettività in intersoggettività. Per contro, l'oggettività della scienza, cadute le ultime illusioni laplaciane, non ha piú nulla di assoluto e di astorico. L'antico isomorfismo tra linguaggio della scienza e linguaggio della natura, che ha illuso — e fu una fortuna — gli addetti al sapere per oltre due secoli, ha ceduto il passo ad una diversa concezione della verità scientifica: una conoscenza storicamente determinata, provvisoria, sempre incompleta, sempre modificabile. Una verità "relativa" ai tempi, ai dati, ai linguaggi, ai paradigmi,... Per l'odierna epistemologia, oggettivo significa semplicemente intersoggettivo: nulla di piú. Ogni diversa posizione è metafisica. Così, i soggettivisti si difendono da certe accuse di parte oggettivista inalberando la bandiera dell'intersoggettività; e gli oggettivisti replicano che quella bandiera è, da molto tempo, in mano loro. E', ancora una volta, la radicalizzazione dei concetti a confondere le cose; e l'uso troppo convenzionale di certe parole.

6. Spingendo all'estremo il ruolo probatorio dei fatti, Fisher intendeva apprestare strumenti per conservare il canone sperimentale allo scienziato della natura che vive. La scienza moderna — dichiarava — ha liberato l'intelletto umano dall'osservanza di principi codificati; ha permesso all'uomo "... di accedere a verità insospettate, che solo l'osservazione diretta può dare". L'impostazione statistica di una ricerca e la valutazione probabilistica di un dato sperimentale non sono, per Fisher, soltanto un momento tecnico: sono, galileianamente (anche se Galileo è troppo a sud della Manica per essere nominato), l'espressione "... di questo diritto a esercitare la piú completa libertà intellettuale" (*The design of experiments*, 1935).

Diretti a trarre dai fatti le opinioni, i metodi induttivi fisheriani esprimono una scelta intellettuale che fa del naturalista uno statistico, e non il suddito di un tecnologo che presta algoritmi esoterici. La statistica — questa la tesi — deve ispirare tutta la ricerca, guidarla *ab initio*. "La letteratura statistica — scriveva l'ultimo Fisher — si è sviluppata trascurando gli aspetti scientifici e logici del problema sperimentale (...); molti autori (...) non hanno evidentemente sottoposto la propria mente alla disciplina educativa di alcuna delle scienze naturali...". Per "aprire gli occhi" a coloro "... che dimostrano acutezza forse, ma senza profondità di visuale...", per opporsi alla "... uniformità e mancanza di pensiero creativo dei molti nuovi libri che giungono sul nostro tavolo avvolti in lucide copertine", Fisher invitava all'esperienza diretta della ricerca scientifica nell'atteggiamento mentale sotteso al piano degli esperimenti: qualcosa di piú di una sorta di analisi combinatoria post-euleriana. "Il piano degli esperimenti — avvertiva ancora — è una materia che ha aspetti non solo matematici, ma anche scientifici e logici". (*Il ruolo del piano degli esperimenti nella logica della inferenza scientifica*, 1962).

Se la "teoria della stima" è un tentativo di inferenza induttiva al di là del conosciuto ⁽¹²⁾ — la estensione delle proprietà statistiche di un contesto empirico circo-

(12) Fisher intende l'induzione alla maniera di Aristotele, come inferenza dal particolare al generale. Non è la definizione epistemologicamente corretta dell'inferenza induttiva, seppure colga la tipologia dell'induzione scientifica protesa all'universalizzazione di un dato campionario.

scritto — la “teoria della significatività” intende rispondere al primo, assillante quesito della nuova scienza: ma questo risultato non sarà un effetto della variabilità spontanea, uno scherzo del “caso”? La “*null hypothesis*” è la formalizzazione di un siffatto problema. E’ la prima ipotesi che il ricercatore deve soppesare da quando l’indagine sperimentale ha preso a calarsi nei fenomeni in cui si esprime la variabilità accidentale. Dalla seconda metà dell’Ottocento il pensiero scientifico ha imparato a fare i conti con la variabilità: nei processi termodinamici non meno che nell’evoluzione delle specie. E il Novecento s’annuncia con due nuove scienze d’impronta statistica: la genetica e la meccanica quantistica.

La *null hypothesis* è dunque l’ipotesi di una filosofia naturale in cui si è insinuato il “caso”, di una fenomenologia imbattutasi nella variabilità spontanea degli eventi elementari della materia e della vita, di una ricerca che tratta fenomeni collettivi e ne coglie le leggi statistiche. Quando respinge quell’ipotesi, il ricercatore sa di ripristinare le regole di un gioco antico: sa di poter estendere ai “fenomeni statistici” il metodo sperimentale. L’ipotesi viene “rifiutata” o “non rifiutata”, a seconda che sussistano, o no, certe condizioni assunte a *modus tollens*. Se non è rifiutata, essa sopravvive provvisoriamente in attesa di nuove confutazioni. Sono idee di gran momento nell’epistemologia dei giorni nostri.

La “teoria della significatività” si svolge infatti con preciso riferimento alla ricerca sperimentale: l’assunto di significatività della presenza di fattori non accidentali è implicito nel rifiuto della “*null hypothesis*”. Pur senza richiamare espressamente il canone ipotetico-deduttivo e la regola di falsificazione, Fisher vi si attiene con scrupolo, essendo come fuori di dubbio che un qualunque controllo di risultati sperimentali debba tradursi nell’esplicazione di quel canone. “Ogni esperimento — scrive nel *Design* — ha lo scopo di dare ai fatti un’occasione di confutare la *null hypothesis*”. Un assunto epistemologico anticipatore delle tesi falsificazioniste, oggi famose, di uno dei più ascoltati logici del nostro tempo: Karl Raymond Popper⁽¹³⁾.

E’ il principio fondamentale della casualizzazione delle esperienze a render chiari i termini metodologici del piano degli esperimenti fisheriano. Esso trae motivo dall’impossibilità di realizzare, nell’ambito dei fenomeni collettivi, tutte le condizioni sperimentali classiche. La “randomizzazione” mira infatti a rendere inessenziali le variabili “non sperimentali”, a consentire all’empirista Fisher di restringere la valutazione del dato sperimentale alle sole informazioni che esso offre: alla “funzione di verosimiglianza”, in cui è formalizzato l’apporto induttivo dell’esperienza. Nessun *a priori* dichiarato, dunque, nello spirito baconiano di tutta una tradizione britannica. Sarebbe, per Fisher, un far violenza all’esperimento, un dar corpo al pregiudizio, un limitare il valore probatorio dei fatti.

7. Eppure, una sorta di *a priori* è già nella casualizzazione del disegno sperimentale: vi si può forse ravvisare — oltre che una maniera per ridurre il rischio di un rifiuto improprio — un tentativo di pareggiare la probabilità dell’ipotesi sotto controllo, la *null hypothesis*, con la probabilità della sua alternativa sottintesa, così da rendere inutile e, insieme, implicito il ricorso alla formula di Bayes.

Il tracciato gnoseologico è sempre quello sperimentale classico: il confronto tra la prova in presenza di una circostanza e la prova da cui la circostanza è esclusa, tra variabilità osservata e variabilità conforme a un’ipotesi. Lo schema teorico fisher-

(13) Non per caso, Popper vede il grado di corroborazione “come una generalizzazione della funzione di verosimiglianza di Fisher” (*Logik der Forschung*, 1935).

riano è infatti riconducibile all'asserzione ipotetica: "Se H_0 , allora T ", ove T è l'insieme dei risultati compatibili con H_0 (la *null hypothesis*), ai quali è attribuita una distribuzione di probabilità p ($EX|H_0$). Resta allora da valutare il grado di conformità di T alla realtà sperimentale E , che è sempre un evento interno allo spazio T delle eventualità deducibili da H_0 , su cui è ripartita la probabilità unitaria. A stretto rigore logico, nessun esito interno a quello spazio può falsificare l'ipotesi. Fisher adotta allora il principio induttivo dei probabilisti dell'età dei lumi: se è accaduto un evento poco probabile, è lecito sospettarne la non completa accidentalità. E' il principio di disgiunzione semplice: "o si è avverato un evento raro, o l'ipotesi di accidentalità non è vera".

Rifiutare H_0 quando E si situa nella regione di T cui è attribuita una piccola probabilità diventa così un criterio di decisione nella prassi della ricerca sperimentale. Che questo criterio sia affetto da una fallacia logica (una sorta di "fallacia di inversione") è verità autoevidente. Che, d'altra parte, una soglia nella distribuzione di probabilità debba essere posta è altrettanto evidente, giacché qualunque esito E rientra nello spazio degli eventi $T|H_0$.

Nella tradizione epistemologica, il canone ipotetico-deduttivo era riferito ad "asserzioni totalitarie" (le leggi assolute del sapere deterministico), e il *modus tollens* era sperimentalmente conclusivo. Nella scienza non più deterministica gli enunciati sono "asserzioni statistiche", nei cui confronti la tipica asimmetria logica tra confutazione e verifica svanisce: la confutazione di una ipotesi statistica (non meno che il *modus ponens*) non è mai definitiva. E non è più questione di "esempi" o "controesempi": ogni nuovo caso è un apporto inerziale all'emergere della legge statistica, un apporto tanto meno sensibile quanto più l'insieme empirico è rilevante. Così, il trasposto statistico del canone ipotetico-deduttivo non poteva non adottare criteri convenzionali, regole pratiche di rifiuto, sostituendo alla necessità logica l'opportunità empirica. E già Fisher si preoccupa di avvertire che un'ipotesi non respinta da un esperimento può essere respinta da un altro esperimento.

Fisher dà, però, regole assai rigide per confutare H_0 : non vuole che il ricercatore si liberi del sospetto di un capriccio del caso con faciloneria; ma, inducendolo a difendere l'ipotesi H_0 , rischia di distoglierlo — questo è il maggior pericolo — da un'intuizione che è la ragione sottintesa del controllo sperimentale⁽¹⁴⁾: il sospetto che non soltanto il "caso" sia alle origini del risultato osservato. Così, per rimpicciolire la probabilità di rifiutare H_0 a sproposito, si è portati a ingrandire inconsciamente la probabilità dell'abbandono di una linea di ricerca che potrebbe essere feconda. Quando venga frainteso il significato del non-rifiuto di H_0 , questo diventa il limite esiziale dei tests di significatività, reso ancor più stridente dall'uso feticistico di tanti ingenui utilizzatori.

A costoro sembra riferirsi Gini in una sua lucida "postilla", che è quasi il compendio di decenni di serrata critica metodologica. Egli nota che allorché "... una differenza viene dichiarata non significativa (...) le ricerche, anziché proseguire, si arrestano" (*Sulla durata del periodo pre-ovulare e della gestazione dei due sessi. Postilla metodologica*, 1961)⁽¹⁵⁾. Questo rischio di dirottare impropriamente una ricerca

⁽¹⁴⁾ Ciò soprattutto quando si fraintenda il non-rifiuto. Nel porre il suo canone induttivo, Fisher metteva, per così dire, il ricercatore contro se stesso: grande essendo il desiderio, nello scienziato che cova un'ipotesi, di rifiutare H_0 (così da ammettere la presenza di un fattore non accidentale), il criterio di prova non deve assecondarlo: si respinge l'ipotesi H_0 soltanto se il risultato è altamente improbabile.

⁽¹⁵⁾ "Senza voler escludere che ve ne siano — soggiungeva — devo dire che non conosco esem-

che sta andando a segno basta a dar rilievo alle conoscenze preesistenti e alla razionalità dello schema bayesiano, di cui proprio Corrado Gini aveva lucidamente mostrato, fin dal 1911, il ruolo concettuale e strumentale nei problemi induttivi della ricerca statistica.

Ma se si intende il significato autentico della mancata confutazione di H_0 , la ricerca non si ferma: così è nelle stesse indagini genetico-sperimentali di Fisher, in cui il logico elude certi pericoli e lo sperimentatore aggiunge al risultato tecnico una attenta sensibilità fenomenologica. Lo statistico — questa la sua lezione — deve partecipare alla ricerca scientifica, impostarla e condurla. (Oggi si tende invece a sostenere una diversa figura di statistico, estranea ai fenomeni, assente dall'indagine, e a ridurre ogni metodo a formula asettica, calata *ex machina* dall'alto, a cose fatte, come il dio solutore della tragedia greca). Quando Fisher edifica regole esse si impiantano su palafitte intuitive, calate nel reale: la sua esemplificazione è sempre autentica, riflette fenomeni e problemi scientifici, s'appella argomentatamente alle teorie. Insomma, i suoi dati sono ricerca. E non v'è ombra, nei suoi trattati, della superficialità e dell'incultura di tanta manualistica venuta poi, piena di esempi artificiosi e grotteschi, di caricature di fenomeni e di problemi. E i modelli sono sempre essenziali: li ispira, vigile, il principio occamiano di tutta una tradizione filosofica. Ricordando questa attitudine di Fisher, George Box ha scritto: "L'abilità a ritrovare modelli semplici ma evocativi è il tratto del grande scienziato, come la superelaborazione e la superparametizzazione sono spesso il marchio della mediocrità".

8. La interpretazione ipotetico-deduttiva del ruolo della *null hypothesis* è coerente con lo spirito falsificazionista della tecnica fisheriana di controllo e riflette compiutamente il canone sperimentale classico: il principio del confronto tra un risultato compatibile con la presenza di una determinata circostanza e un risultato incompatibile con tale presenza. Nella ricerca, l'ipotesi latente, ancorché non esplicitata, è che uno o più fattori contribuiscano a differenziare i due sopraddetti risultati.

Quando Darwin s'accorge (*The effects of cross and self-fertilisation in the vegetable kingdom*, 1876) che gruppi di piante eterofecondate di *Ipomoea* e di altre sei specie tendono ad avere steli in media più sviluppati di gruppi di piante autofecondate delle stesse specie, l'ipotesi sottintesa (sottintesa perché non ancora identificabile in un preciso meccanismo genetico) è che il differente sviluppo possa rispondere alla diversità dei processi riproduttivi. Darwin non ha argomenti per definire la determinante biologica del divario tra i valori medi, ma ne intuisce il possibile valore euristico. E subito si preoccupa di sottrarre, preliminarmente, il contesto della prova all'ipoteca logica più insidiosa per un risultato sperimentale intriso di variabilità naturale: il sospetto, tanto più incumbente quanto più esiguo è il campione, di una origine accidentale del divario osservato. Fugato, o attenuato, quel sospetto, l'interpretazione critica del dato statistico può seguire il suo corso logico-sperimentale: si adducono ipotesi (coerenti o contrastanti con teorie generali vigenti), se ne considerano i gradi di ammissibilità teorica, se ne soppesano gli elementi probatori.

pi di ricerche che siano proseguite per chiarire sperimentalmente la significatività di differenze osservate, dopo che l'indice di significatività aveva dato risultati negativi, e, in ogni modo, è chiaro che l'interpretazione che si dà ai risultati negativi dell'indice di significatività non è tale da incoraggiare ulteriori ricerche scientifiche".

Questo è vero quando si assuma il "risultato negativo" come accettazione (irreversibile) di H_0 . Non così se si configura il non-rifiuto di H_0 come provvisorio e non si interrompe — se un'idea c'è — l'osservazione statistica della realtà.

Lo sviluppo deduttivo dell'ipotesi H_0 è identificazione dello spazio degli eventi e partizione su tale spazio della probabilità unitaria, subordinatamente a tale ipotesi. L'esplicazione teorica di H_0 è confrontata con l'evidenza sperimentale in termini ipotetico-deduttivi. Quel che è da discutere è il criterio per decidere il grado di conformità tra ipotesi e dato, ossia il criterio di falsificabilità di H_0 . Nel contesto ipotetico-deduttivo classico, il rifiuto di un'ipotesi è conclusivo, mentre il non-rifiuto è sempre provvisorio; nella fattispecie statistica, il non-rifiuto conserva tutta la sua provvisorietà. Di qui l'importanza di non fare di un'ipotesi "non rifiutata" un'ipotesi "accettata". Non è un gioco di parole: nello spirito falsificazionista, un'ipotesi non rifiutata si espone a nuovi controlli, al confronto con nuove esperienze: può ancora essere rifiutata. E la ricerca non si arresta.

E quando H_0 sia confutata, non per questo il ricercatore deve essere obbligato ad "accettare" (per "vera") una alternativa definita. Certo, se il ricercatore persegue una precisa ipotesi, sarà questa ad attraversare, poi, il processo critico-sperimentale; ma se l'alternativa non è identificata in una H_1 , che non sia, è ovvio, una "non- H_0 ", la falsificazione di H_0 è semplicemente l'avvio di un processo interpretativo che è anzitutto immaginazione — e nessuna briglia logica o tecnica può esser messa alla fantasia creativa — e che diventa astrazione e osservazione, deduzione e induzione. Nell'esempio di Darwin, nessuna ipotesi specifica è adottata: il differente accrescimento medio non è più che un suggestivo stimolo alla curiosità, quella curiosità razionale che fa di un uomo uno scienziato. Nessuna ipotesi coerente è suggerita dalle teorie conosciute, delle quali Darwin giustamente diffida, e l'unico soccorso teorico adeguato è rinchiuso in quarantasette pagine che da dieci anni s'impolverano, ignote ai più, negli archivi della Società naturalistica di Brünn. Il geniale teorico della selezione naturale si dibatte, così, nella stretta di quello che resterà il principale enigma non risolto della sua vita di scienziato: la trasmissione ereditaria dei caratteri. All'oscuro degli ingegnosi esperimenti attraverso i quali Mendel aveva addirittura fondato una futura scienza, insoddisfatto (e con ragione) della teoria della *blending inheritance*, egli non è in grado di attribuire il risultato sperimentale ad alcun processo identificato.

Ma — ecco il ruolo dei paradigmi generali — il suo grande disegno interpretativo non esclude l'incrocio sessuale dal gioco dei fattori di quella variabilità che è la chiave di volta della sua interpretazione accidentalistica e popolazionistica (in una parola: statistica) del divenire della vita. Ecco perché il primo interrogativo che Darwin si pone, con fine sensibilità statistica, riguarda il ruolo transvariante del caso. Un interrogativo coerente con l'immagine non deterministica dell'evoluzione. "L'unico difetto nella procedura di Darwin — scrive Fisher nel *Design* — era l'assenza della randomizzazione (...). Una appropriata randomizzazione — soggiunge — (...) alleggerisce lo sperimentatore della preoccupazione di considerare e stimare la grandezza delle innumerevoli cause dalle quali i suoi dati possono essere disturbati". E' vero. E' vero anche, d'altronde, che Darwin sospetta già la "non casualità" del differente accrescimento medio tra "incrocio" e "inincrocio", quantunque non sappia darne una spiegazione esplicita. E da empirista critico, abituato a procedere con coerenza ipotetico-deduttiva, si sofferma anzitutto sulla qualità dei suoi dati statistici; e si rivolge al cugino biometrista, Francis Galton, per prendere le misure, intanto, delle componenti casuali.

L'ortodossia fisheriana postulerà una sorte di equidistanza da ogni teoria generale e restringerà la valutazione del dato sperimentale alle sole informazioni che esso offre circa il dubbio di un'origine accidentale della variabilità tra i gruppi, non meno che di quella entro i gruppi. Una restrizione attenuata dall'alternativa "rifiuto-non

rifiuto" (16). Acquisito questo preliminare elemento di giudizio, s'avvia, poi, l'eterno dibattito tra dato e fantasia, tra esperienza e ragione; e, quando è ammissibile una pluralità disgiuntiva di assunti, il divenire, sintattico e semantico, della conoscenza va dalla identificazione induttiva (bayesiana) di una ipotesi alla esplicazione deduttiva delle sue conseguenze teoretiche. (Oltre ai fondamenti logici, è importante identificare la *ratio* scientifica delle tecniche statistiche induttive. Così, se non si conoscono — o si conoscono solo superficialmente — i problemi della genetica sperimentale da cui certi metodi induttivi sono stati suscitati, il discorso cade nel vuoto. Anche per questo la lettura del Fisher statistico dovrebbe essere accompagnata dalla lettura dell'opera che ha collocato Fisher fra i grandi della scienza: *The genetical theory of natural selection* (1930). Se non si conosce il disegno logico attraverso cui Fisher unifica le due grandi correnti teoriche della biologia del primo Novecento, si rischia davvero di banalizzare un argomento che banale non è).

9. Quando Jerzy Neyman ed Egon Pearson proporranno le loro regole di comportamento induttivo e riterranno lecito rifiutare un'ipotesi soltanto se un'altra prevale, per verosimiglianza, al suo confronto, mirando a ridurre il rischio di rifiutare a sproposito ("errore di prima specie") o di accettare a sproposito ("errore di seconda specie"), Fisher opporrà che questo è criterio adatto al controllo statistico della qualità, non al controllo statistico di un'ipotesi scientifica; al sondaggio per campioni di una produzione in serie, non all'analisi di un campione della realtà naturale. Neyman e Pearson jr. non vedevano una siffatta contrapposizione: si tratta pur sempre di indurre — questa la loro tesi — le caratteristiche di una popolazione dai dati campionari senza compromettersi con le probabilità iniziali delle ipotesi ammissibili sulle proprietà collettive della popolazione, così da eludere — scrivevano — "le difficoltà della soluzione classica" (17). Si può soltanto "... cercare regole per governare il nostro comportamento (...), sicuri che nel lungo andare delle esperienze non ci saremo troppo spesso sbagliati..." (*On the problem of the most efficient tests of statistical hypothesis*, 1933).

Una metodologia diversa, nei fondamenti e nei fini, che avvia ad una teoria strategica della scelta tra azioni possibili estranea al canone ipotetico-deduttivo nell'ambito del quale Fisher si era mantenuto. La chiave è nel principio del "long run": non è la singola conclusione ad avere importanza, quel che interessa è contenere al di sotto di un accettabile margine l'errore di una lunga serie di conclusioni. Un assunto opportunistico, una regola di comportamento destinata ad avere successo nei vasti impieghi operativi delle tecniche campionarie: la ragione pratica di essere di una statistica ove la migliore strategia è quella che respinge il maggior numero di ipotesi "false" e il minor numero di ipotesi "vere". Quelle di Neyman sono regole di condotta ispirate alla pratica certezza che nel lungo andare il bilancio morale dello statistico sarà confortato da un numero di decisioni corrette superiore a quello delle decisioni non corrette. Un criterio strategico ineccepibile, che apre ai metodi statistici tutto un mondo di azioni e di scelte. Ma strategia e conoscenza sono davvero la stessa cosa?

(16) Se Darwin avesse avuto a disposizione le tecniche fisheriane e le avesse adottate con convinzione, due sarebbero state le conclusioni possibili: a) non-rifiuto di H_0 : Darwin, allora, sarebbe stato indotto a ritentare con un nuovo esperimento; b) rifiuto di H_0 : Darwin avrebbe allora tratto un argomento in più per pensare una spiegazione "genetica" del fenomeno.

(17) Anch'essi chiamano così — opportunamente — la proposta bayesiana: come già Fisher, e come faranno, poi, i più avveduti.

Dalla reinterpretazione neymaniana dei tests di significatività nei termini edonistici di una procedura di accettazione vengono nuovi sviluppi delle tecniche campionarie in tanti impieghi operativi della statistica; e viene anche l'alternativa tra induzione statistica come atto conoscitivo, seppur probabile, e induzione statistica come comportamento conveniente. Le due concezioni non si escludono, quando si ponga mente alla varia ragion d'essere strumentale della disciplina dei fenomeni collettivi, alla molteplicità dei problemi in cui il metodo statistico interviene in quanto canone induttivo; quando non si confonda l'assumere una decisione ottimale nel lungo andare con il suffragare un assunto nella ricerca statistico-sperimentale: una cosa è collaudare una partita di prodotti, altra cosa è saggiare l'ipotesi di accidentalità di un risultato sperimentale. Fisher non disconosceva questa dualità, né — a dir vero — pretendeva di estendere la propria metodologia ai problemi di ottimizzazione. Ma respingeva ogni tentativo di ridurre a prassi behavioristica il metodo della ricerca scientifica quantitativa.

Quel che Fisher sembra non capire è che l'aver dato regole fisse di rifiuto — pur giustificate dal tentativo di unificare i criteri sperimentali delle indagini di *routine* in campo genetico — avrebbe ridotto, nell'uso, i tests di significatività a regole automatiche di un cieco rituale. Ciò soprattutto quando i tests fossero calati sui dati a esperienza compiuta senza la garanzia — da Fisher pretesa — di una particolare impronta statistica del piano sperimentale. Ingenuamente, non sospettò che si sarebbero prese le sue tecniche senza troppo badare alle sue idee; che chi non era, come lui, un naturalista avrebbe "generalizzato" i suoi canoni equivocando sulla *null hypothesis*, isolando il momento tecnico-formale, introducendo l'"accettazione" e distinguendo, conseguentemente, due tipi di errore. Invano Fisher ammonirà che l'"errore di seconda specie" non ha posto nella teoria della significatività, "... non dovendo la logica dei tests essere confusa con quella delle procedure di accettazione". "In una procedura di accettazione — scriveva in *Statistical methods and scientific induction* (1955) — l'accettazione è irreversibile (...). E' il risultato dell'applicare meccanicamente regole poste in anticipo; nessuna riflessione è dedicata al caso particolare e lo stato mentale dell'operatore, o la sua capacità di apprendimento, è inoperante. Per contrasto, le conclusioni tratte da un ricercatore scientifico in base a un test di significatività sono provvisorie, e comportano un tentativo intelligente di capire la situazione sperimentale".

In *Statistical methods and scientific inference* (1956) è posto ancora il distinguo tra analisi della significatività nella ricerca naturalistica e procedura di accettazione, ed è rifiutata la reinterpretazione dei tests di significatività operata da Neyman e da Wald senza considerare il diverso significato dell'insieme di riferimento. "Nelle procedure d'accettazione appropriate — avvertiva Fisher — la popolazione dei lotti di uno o più prodotti, che può essere esaminata, è inequivocabilmente definita. La sorgente dei dati ha una oggettiva realtà empirica. Invece la sola popolazione che può essere presa a riferimento in un test di significatività non ha realtà oggettiva, essendo esclusivamente il prodotto dell'immaginazione dello statistico attraverso le ipotesi che egli ha deciso di saggiare...". Due situazioni ben diverse, e due diversi modi di intendere un'inferenza.

Nelle opere appena citate, Fisher abbandona certo dogmatismo dei lavori giovanili. Non scrive più di soglie critiche, bensì di ricerca, volta a volta, del livello oltre il quale il test lascia ampio spazio al dubbio nei confronti dell'ipotesi. Non più un'ombra, dunque, degli iniziali precetti normativi. Essi sono indispensabili, invece, nel "campionamento ripetuto" da una stessa popolazione, tipico delle procedure di accettazione, ma inadatto alla fattispecie di un campione da attribuire a una popo-

lazione fra tante possibili⁽¹⁸⁾: è questa la 'figura statistica' dell'induzione scientifica.

Postulare che un'ipotesi vada respinta soltanto a vantaggio di un'altra, e in ragione delle sole verosimiglianze, significa tenersi altrettanto lontani dal canone ipotetico-deduttivo, che innerva i principi fisheriani, e dalla proposizione bayesiana, in cui la scelta tra ipotesi rivali trova il suo naturale e coerente algoritmo. Eppure, il risultato tecnico della svolta "americana" — un sofisticato impianto formale capace di svariati impieghi, di cui il decisionalismo waldiano rappresenta il naturale compimento — vien fatto apparire come una riproposizione raffinata ed emendata della teoria della significatività. E', invece, cosa ben diversa: nei fondamenti teorici e nelle procedure. Cambia, prima di tutto, l'intento, che da gnoseologico si fa utilitaristico.

Non si può, del resto, sfuggire al paradigma bayesiano e a quello ipotetico-deduttivo senza voltare le spalle a tutta una epistemologia. E senza violare un principio logico: che un'ipotesi scientifica — tanto più se formulata come asserzione statistica (il protoschema dell'enunciato scientifico, di cui l'enunciato "totalitario" è un caso limite) — non può mai essere "accettata", ma soltanto respinta da una prova sperimentale, e respinta per se stessa. Si accettano partite di merci, e a questo fine serve il canone del lungo andare (è addirittura indispensabile), serve teorizzare il campionamento ripetuto da una stessa popolazione, serve minimizzare l'"errore di seconda specie" perché può essere costoso e anche pericoloso accogliere per buoni prodotti difettosi. Collaudi di macchine, controlli di qualità, sondaggi di mercato sono operazioni delicate, in cui è importante, e talora esiziale, evitare decisioni avventate. Teoria e tecnica sono impegnate al massimo grado nella ricerca del risultato più vantaggioso, del comportamento meno arrischiato.

Non così nella ricerca scientifica dove l'"errore di seconda specie" — l'errore di ritenere fondata un'ipotesi che non lo è — diventa un contributo all'esperienza e dove il vero rischio sta nell'incorrere nell'altro tipo di errore.

10. Con le sue convenzioni e i suoi criteri (spesso ridotti a pura gestualità formale nell'impiego che tanti epigoni ne faranno) la statistica fisheriana è, e resta, l'espressione di un pur rischioso e limitato metodo di prova per lo scienziato che indaga una realtà essenzialmente statistica: un metodo per il quale stima migliore è la più verosimile e non la più protettiva, come invece ha da essere nell'ambito decisionalistico. Né si deve confondere l'ipotesi di completa accidentalità, cui sono rivolti i tests di significatività, con le ipotesi che ricorrono nelle procedure di accettazione: nella logica della significatività — giova ripeterlo — un "errore di seconda specie" non ha luogo, e la *null hypothesis* non è mai "accettata"; è soltanto "respinta" o "non respinta". E' il principio della "falsificazione", in cui ritorna la "riprova" galileiana. Fisher non vi si richiama espressamente, ma definisce fallace il ritenere che la *null hypothesis* possa essere "provata". Infatti, non dice "ipotesi accettata", come si legge dappertutto:

(18) Efficace nella prassi, una scelta nell'universo delle popolazioni possibili che non valuti i rispettivi gradi di ammissibilità iniziali è tuttavia improponibile dal punto di vista teorico. Fisher sembrava accorgersene quando precisava: "La verosimiglianza matematica fa la sua comparsa in quel particolare genere di situazione logica che ho chiamato problemi di stima (...); in un problema di stima iniziamo con la conoscenza della forma matematica della popolazione campionata, ma senza la conoscenza dei valori di uno o più parametri che rientrano in questa forma (...); la probabilità del verificarsi del campione può quindi essere espressa come una funzione di questi parametri sconosciuti, e la verosimiglianza è definita puramente come una funzione di tali parametri proporzionale a questa probabilità" (*The logic of inductive inference*, 1935).

dice "rifiutata" o "non rifiutata" (19). E l'ipotesi sotto controllo non è l'ipotesi di lavoro: è l'ipotesi, la cui falsificazione è atto preliminare alla ricerca vera e propria, all'interpretazione induttiva e ipotetica di una realtà sperimentale (20). Nei confronti di una più o meno esplicita ipotesi di lavoro, il rifiuto dell'ipotesi di accidentalità può essere riguardato — tutt'al più — come un indiretto elemento di corroborazione (in senso popperiano).

Si ripensi un momento all'atteggiamento di Darwin davanti ai risultati emersi nel corso dei suoi lunghi esperimenti sulla sterilità. Secondo la schematica neymaniana, il teorico della selezione naturale avrebbe dovuto respingere H_0 soltanto a vantaggio di un'ipotesi alternativa. Egli, però, non era in grado di identificare alcuna ipotesi degna di questo nome: avrebbe dovuto quindi, nello spirito neymaniano, rinunciare a rifiutare H_0 , a meno di non contrapporvi l'unica ipotesi allora proponibile, conforme alla teoria ereditaria vigente. Da quella teoria, Darwin cercava di prendere le distanze, pur non riuscendo a sostituirla con un diverso e coerente schema interpretativo (l'"ipotesi provvisoria della pangenese delle gemmule" non era più che un timido abbozzo d'idea, presto abbandonato).

Proprio per la mancanza di sussidi teorici, Darwin dichiarava la sua sorpresa al cospetto delle differenze dimensionali emerse tra piante autofecondate e piante eterofecondate: una sorpresa tale da far sentire il bisogno di sottoporre quei risultati sperimentali ad analisi statistica. Chiederà appunto a Galton di valutare, intanto, il gioco del caso. Circoscritto questo, azzarderà qualche ipotesi, fra cui una pur vaga anticipazione di quella che verrà chiamata "eterosi". "L'esistenza di differenze fra gli elementi sessuali dei genitori — scriverà — è dunque indispensabile per il vigore dei discendenti". Che gli "elementi sessuali" non fossero ancora identificati, che ancora si vagasse nella penombra del fenomeno riproduttivo, non riduce il valore euristico degli esperimenti darwiniani sulle piante. Nei quali non si trova traccia della procedura codificata da Neyman. Si trova, invece, una preliminare, seppur non formalizzata, confutazione dell'ipotesi di completa accidentalità e una successiva analisi critica dei possibili schemi interpretativi. Il progredire delle conoscenze configurerà, nel tempo, altre ipotesi. Tutte rese "vere" dal rigetto di H_0 ? O tutte, piuttosto, da soppesare in termini di coerenza teorica e di avverabilità sperimentale, tutte da sottoporre a una scelta induttiva del tipo di quella schematizzata dalla formula di Bayes?

Fare entrare in gioco la verosimiglianza di una ipotesi alternativa ad H_0 significa abbandonare il contesto falsificazionista: l'alternativa contraddice la logica del canone ipotetico-deduttivo, il quale è ancora "il" canone della scienza. Va da sé che il tentativo di ricondurre i fenomeni naturalmente variabili ai rigori del metodo sperimentale urta contro la non conclusività della disprova. Di questa particolarità del canone ipotetico-deduttivo in contesto statistico (ove vien meno la tradizionale asimmetria logica tra prova e disprova) è espressione consapevole il ricorso fisheriano al principio di disgiunzione. Nella teoria della significatività, tale principio vale in quanto la non confutazione dell'ipotesi di completa accidentalità sia interpretata — come ha da essere — in chiave falsificazionista.

(19) E' scritto testualmente in *The design of experiments* (1935): "In relation to any experiment we may speak of this hypothesis as the "null hypothesis", and it should be noted that the null hypothesis is never proved or established, but it is possibly disproved, in the course of experimentation".

(20) Scrive Naddeo: "nella statistica classica, in cui l'inferenza è di tipo statistico puro, H_0 gioca il ruolo del modello teorico di cui si vuole valutare la plausibilità, mentre H_1 è l'ombra che lo circonda" (*Impostazione dei problemi di inferenza statistica classica*, 1978).

Che questo sia l'abito mentale prevalente nella ricerca dicono i tanti saggi epistemologici dovuti ai principali protagonisti delle scienze fisiche. Ha scritto Einstein, in una lettera del 1922: "La Natura non dice mai 'sì' a una teoria; nei casi più favorevoli risponde 'forse'; nella stragrande maggioranza dei casi dice semplicemente 'no'. Quando un esperimento concorda con una teoria, per la Natura significa 'forse', se non concorda significa 'no'".

ITALO SCARDOVI

SUMMARY

Statistical induction and experimental science

This paper aims at an epistemological reflection about the foundations of the fisherian theory of significance in natural science from which it arose. In the sense of an essentially bayesian intuition of inductive inference, this paper deals especially with the following subjects: a configuration of chance in the indeterministic view of molecular genetics and statistical mechanics; an interpretation of the null hypothesis within natural science; the logic belonging of fisherian falsification to the hypothetico-deductive canon; the logic incongruity of a choice between hypotheses founded only on the likelihoods. Then, a recall to science and logic from which statistics has been too detached.

RÉSUMÉ

Induction statistique et science expérimentale

Cet essai est dédié à une réflexion épistémologique des fondements de la théorie fisherienne de la significativité dans les sciences naturelles qui l'ont engendrée. Dans l'esprit d'une intuition essentiellement bayésienne de l'inference inductive, cet essai s'adresse en particulier aux suivants arguments: la configuration du hasard dans l'esprit indéterministe de la génétique moléculaire et de la mécanique statistique; l'interprétation de la "null hypothesis" dans les sciences naturelles; l'appartenance logique du "falsificationnisme" de Fisher au canon hypothetico-déductif; l'impropriété logique d'une choix entre hypothèses fondée seulement sur les vraisemblances. Un rappel, donc, à la science et à la logique, d'où la statistique s'est trop éloignée.