

TEMI ED EVENTI

L'intelligenza tra generalità, integrazione e controllo cognitivo*

Davide Serpico^(a)

Ricevuto: 17 dicembre 2021; accettato: 28 marzo 2022

Riassunto In che modo il nostro cervello è in grado di produrre quel tipo di comportamento flessibile e volto a specifici scopi che chiamiamo *intelligenza*? Le differenze cognitive tra individui sono dovute a una varietà di abilità mentali o a una sola? Questo articolo discute gli elementi centrali della teoria dell'intelligenza generale proposta da John Duncan nel volume *How intelligence happens*, tradotto recentemente in italiano (a cura di F. Pavani) e corredato da un capitolo conclusivo inedito. Prendendo le mosse dalla ricerca di Charles Spearman sull'intelligenza generale e sui test d'intelligenza, Duncan caratterizza l'intelligenza nei termini di integrazione e controllo cognitivo. I dati neuroscientifici raccolti da Duncan suggeriscono che questi aspetti chiave del comportamento intelligente siano realizzati da un circuito cerebrale, chiamato *multiple-demand system*, in grado di scomporre problemi complessi in sotto-problemi più semplici e integrare informazioni da varie aree del cervello.

PAROLE CHIAVE: Intelligenza generale; Fattore g; Molteplici positività; Multiple-demand System

Abstract *Intelligence as generality, integration, and cognitive control* – How does our brain generate that sort of flexible and goal-directed behaviour that we call *intelligence*? Are individual differences in intelligence due to a variety of cognitive abilities or do they depend on one single mental ability? In this commentary, I revise and critically assess the key elements of John Duncan's theory of general intelligence presented in the popular-science book *How intelligence happens*, recently translated into Italian and edited by F. Pavani, with a new final chapter. Starting from Charles Spearman's research on a general intelligence factor and psychometric tests, Duncan advances a theory that characterises intelligence in terms of integration and cognitive control. Neuropsychological and neuroimaging data suggest that such key aspects of intelligent behaviour are realised by a brain network called a *multiple-demand system*, which is capable of decomposing complex problems into simpler sub-problems and then integrating information from different brain areas.

KEYWORDS: General Intelligence; G Factor; Positive Manifold; Multiple-Demand System

* Commento a J. DUNCAN, *L'intelligenza umana. Una prospettiva neurocognitiva*, Carocci, Roma 2021

^(a)Interdisciplinary Centre for Ethics & Institute of Philosophy, Jagiellonian University, Grodzka 52 – 31-044 Kraków (Poland)

E-mail: davide.serpico@uj.edu.pl (✉)



IN CHE MODO UNA VARIETÀ di processi cognitivi distinti può generare quel comportamento flessibile, coerente e volto a specifici scopi che chiamiamo *intelligenza*? In che misura le persone differiscono tra loro nello svolgimento di vari compiti di natura cognitiva, come quelli inclusi nei test del Quoziente Intellettivo? Tali differenze sono dovute a variabilità in una singola abilità mentale o in molte? Per molti decenni, questo tipo di domande è stato appannaggio della psicomètria, branca della psicologia legata alla valutazione di caratteristiche come l'intelligenza e i tratti di personalità (tratti, per esempio, come l'estroversione e l'altruismo). Negli ultimi decenni, tuttavia, il tema dell'intelligenza ha attratto l'attenzione di molti neuroscienziati, portando all'avvicinamento dei test psicomètrici alle tecniche di neuroimmagine e agli studi clinici su individui con lesioni cerebrali. È proprio in questa più recente corrente di ricerca che si inserisce il lavoro di John Duncan (neuroscienziato presso l'Università di Cambridge), in particolare il saggio *How intelligence happens*, pubblicato nel 2010 e tradotto recentemente in italiano da Francesco Pavani per Carocci editore.

L'intelligenza umana: Una prospettiva neurocognitiva delinea gli aspetti chiave della teoria di Duncan, connettendo il suo lavoro sulle basi cognitive e cerebrali dell'intelligenza al pensiero di Charles Spearman (1863-1945), tra i primi a parlare di intelligenza generale a inizio Novecento. Nel descrivere la sua teoria, Duncan racconta una storia – la propria – fatta di scoperte, intuizioni, incertezze e amore per la scienza. Vediamo innanzitutto il contenuto dei vari capitoli.

Sin dalle prime pagine, Duncan rivela apertamente l'obiettivo della sua ricerca: identificare quali strutture cerebrali siano alla base di quelle abilità cognitive tipicamente umane mettendo da parte il tema delle *differenze* cognitive tra individui – concentrandosi quindi su aspetti che caratterizzano l'intelligenza di *tutti* gli esseri umani. Tradizionalmente, la psicomètria si è in effetti concentrata sullo sviluppo di test per valutare le differenze individuali nell'intelligenza. Al contrario, la psicologia cognitiva e le neuroscienze hanno spesso lo scopo di identificare quegli "universali neurocognitivi" che perlopiù *non differiscono* tra individui ma che, anzi, dato un certo livello di astrazione, sono identici in ognuno di noi – questione che per certi versi è impraticabile nell'ambito della psicomètria.

Il primo capitolo introduce i lavori di Spearman, noto per aver fornito importanti basi teoriche ai test di intelligenza, che all'epoca muovevano i primi passi.¹ Spearman ipotizzò l'esistenza di una caratteristica mentale chiamata *fattore generale dell'intelligenza* – o *fattore g* – che, secondo lo studioso inglese, accomunerebbe tutti gli aspetti dell'attività intellettuale, inclusi aspetti di natura linguistica, matematica, logica e così via. Dal momento che però ogni compito cognitivo richiede anche abilità specifiche, Spear-

man ipotizzò che esistano numerosi *fattori s*, ciascuno dei quali interviene nello svolgimento di ciascun problema *specifico*.

Trattandosi del punto di partenza di Duncan, penso sia qui utile approfondire la teoria di Spearman più nel dettaglio. Tale teoria è basata sull'osservazione di un fenomeno noto come *positive manifold* (tradotto da Pavani come *molteplici positività*): Spearman notò che le prestazioni in compiti cognitivi di tipi differenti (per esempio, compiti di natura linguistica e matematica) tendono a essere positivamente correlate tra loro. In parole più semplici, persone che hanno buone prestazioni in una certa materia o test tendono statisticamente ad avere buone prestazioni anche in altre, e lo stesso si può dire di individui con prestazioni nella media o sotto la media. L'ipotesi di Spearman che esista un fattore generale dell'intelligenza spiega piuttosto bene – e in modo estremamente parsimonioso – il fatto che le persone tendano a essere "generalmente intelligenti", cioè a mostrare flessibilità e livelli di capacità simili in vari ambiti; allo stesso tempo, dato che le correlazioni tra vari compiti sono positive ma non perfette (cioè non sono uguali a 1), è necessario ipotizzare che esistano delle abilità specifiche – i fattori *s* – che rendono conto proprio del fatto che si possa eccellere in certi ambiti (per esempio in matematica) ma non in altri (per esempio in ambito linguistico). Charamente, il fenomeno delle molteplici positività sarà più evidente qualora una batteria di test includa compiti legati ad abilità tra loro più simili, mentre le correlazioni saranno più deboli tra compiti molto diversi. Per esempio, le prestazioni legate all'apprendimento di due lingue saranno più correlate tra loro rispetto alle prestazioni tra test che richiedono capacità linguistiche e test che coinvolgono doti musicali.

Avendo osservato questo tipo di correlazioni, Spearman sviluppò un metodo di analisi statistica, noto come analisi fattoriale, che è spesso considerato il suo principale contributo in ambito psicomètrico. L'analisi fattoriale permette di analizzare una certa quantità di dati in modo parsimonioso e alla luce di una o più "dimensioni", evidenziando potenziali correlazioni tra le variabili esaminate. Una volta raggruppati attorno a tali dimensioni, i dati divengono più semplici da leggere e assumono un maggior significato psicologico, per così dire. Ed è proprio questo il ruolo che il fattore *g* svolge nella teoria di Spearman: si tratta cioè di una dimensione dell'analisi fattoriale che sintetizza i dati sulle correlazioni tra molti test cognitivi.

Nel corso del tempo, gli studiosi impegnati nello studio dell'intelligenza si sono resi conto che i test che meglio colgono il fattore *g* (più tecnicamente, i test che *saturano* maggiormente su una dimensione generale) sono quelli legati al ragionamento astratto e alla risoluzione di problemi di logica, come il test delle Matrici Progressive (ela-

borato da John C. Raven negli anni '40).² Questo tipo di test consiste nel completare una serie di figure, compito che non richiede alcuna conoscenza specifica ma solo la capacità di riconoscere delle regolarità o delle analogie che sussistono tra le varie figure date. Le Matrici di Raven sono quindi considerate una stima piuttosto accurata di quegli aspetti dell'intelligenza generale che vanno al di là delle conoscenze apprese, poiché permettono di prescindere da differenze culturali o educative che in qualche misura possono influenzare le prestazioni e quindi le differenze individuali.

A seguito di alcuni decenni di dibattito è ormai opinione comune che i dati correlazionali non siano sufficienti per comprendere la natura dell'intelligenza generale: infatti, è possibile creare dei modelli fattoriali che rendano conto della struttura dell'intelligenza in modo differente, a seconda che si dia un peso maggiore o minore al fattore g o ai fattori s. Il problema è che questi modelli differenti sono tutti egualmente validi e metodologicamente accettabili. È partendo da simili considerazioni che Duncan si addentra sul terreno della neuropsicologia, ambito in cui si colloca la sua ricerca e che dovrebbe permettere, secondo l'autore, di definire la vera natura dell'intelligenza.

Nel secondo capitolo, lo scienziato spiega in che modo lo studio dei pazienti con lesioni cerebrali possa illuminarci non solo riguardo alle differenze intellettive tra individui, ma anche in merito alle basi cerebrali dell'intelligenza umana più in generale. Quale ipotesi di lavoro, Duncan adotta l'idea di Spearman secondo cui esiste un singolo processo neurocognitivo che corrisponde a g – ipotesi a suo avviso preferibile rispetto a quella che g sia un mero artefatto statistico come alcuni hanno sostenuto.³

Qui viene a delinearsi un'idea di intelligenza come *integrazione e controllo cognitivo*. Innanzitutto, secondo Duncan, il comune denominatore tra tutte le prestazioni cognitive – il fattore g – risiede nella capacità di integrare informazioni provenienti da vari moduli cognitivi, ognuno dei quali elabora e manipola informazioni di tipo diverso e svolge differenti funzioni. Il secondo aspetto fondamentale, invece, sarebbe quello di operare una suddivisione di problemi complessi in sotto-problemi più semplici per poi “ricomporli” nell'identificazione della soluzione finale. Integrazione e controllo, in altre parole, sarebbero gli elementi fondamentali che ci rendono capaci di pianificare e perseguire scopi – anche sul lungo periodo – e quindi agire efficacemente nel mondo. Anche nel confronto con test cognitivi di tipo psicometrico, come le Matrici di Raven, la difficoltà starebbe nel riuscire a scomporre un insieme complesso in una serie di sotto-problemi più semplici, da affrontarsi in modo sequenziale, per poi ricomporre il quadro generale integrando tra loro i vari sotto-problemi e arrivando così alla soluzione finale.

Nei capitoli tre e quattro, Duncan analizza quali meccanismi cerebrali possano concretamente realizzare queste capacità complesse. Dapprima, Duncan si chiede come esse possano manifestarsi in altre specie animali (come i primati) e in sistemi artificiali (qui l'autore cita, per esempio, il *General Problem Solver* di Newell, Shaw e Simon) a partire da operazioni cognitive “più basilari” fino all'individuazione di principi astratti che permettono di processare *concatenazioni di problemi*. In questo viaggio tra fisiologia animale e logica simbolica, Duncan identifica un meccanismo neurocognitivo, chiamato *multiple-demand system*, che potrebbe essere alla base di integrazione e controllo e che sembra risiedere in alcune aree del lobo frontale e parietale. Più nello specifico, i dati di neuroimmagine esaminati da Duncan sembrano suggerire che il *multiple-demand system* intervenga nello svolgimento di *qualsiasi* attività cognitiva complessa, affiancato chiaramente dai meccanismi e processi specifici normalmente richiesti per ciascun compito – come previsto dalla teoria di Spearman del fattore g e dei fattori s.

Nel panorama delle varie teorie dell'intelligenza esistenti, quella di Duncan ricorda molto da vicino la *Parieto-Frontal Integration Theory*, proposta da Rex Jung e Richard Haier,⁴ che vede nell'intelligenza generale proprio l'integrazione tra varie aree del cervello distribuite, in particolare, nei lobi parietale e frontale. Infatti, Duncan evidenzia come nella risoluzione di problemi via via più complessi siano proprio tali regioni cerebrali a mostrare un'attività più intensa. Va comunque notato come molti aspetti delle idee di Duncan restino ipotetici, quasi di stampo “investigativo”. Questa seconda parte del libro apre infatti una finestra sul mondo caotico dei pazienti frontali, riecheggiando a tratti le esperienze cliniche di Oliver Sachs e i saggi di Antonio Damasio: un mondo dove il comportamento di alcuni pazienti sembra indicare una corrispondenza perfetta tra certe aree cerebrali e il fattore g, salvo poi scoprire che in altri individui tale relazione non sussiste – tanto che, in alcuni casi, i pazienti sono in grado di risolvere i test di intelligenza persino a seguito dell'asportazione del lobo frontale.

Nel corso dell'intero libro la trattazione è acuta, a tratti appassionante. Duncan ragiona lucidamente su diversi enigmi che hanno afflitto i ricercatori in questo campo. Per esempio, l'autore riconosce sin dall'introduzione che la parola “intelligenza”, prima che un concetto scientifico, è un termine del linguaggio comune che possiede molti significati. Ciò lo rende forse troppo vago, metaforico e flessibile per essere catturato appieno tramite metodi scientifici. Al contrario, il concetto di intelligenza generale in uso in ambito psicometrico è molto più specifico e circoscritto, legato a quelle abilità che usiamo per risolvere problemi di ragionamento come le Matrici di Raven. Separando il concetto di intelligenza generale dal termine di uso comune, Duncan mostra anche sensibilità

per discussioni di natura etica e di rilevanza socio-educativa. Per esempio, egli prende le distanze dall'idea che si possa ridurre l'intelligenza delle persone a un singolo numero o fattore e invita a tenere scienza e politica ben separate quando si parla di intelligenza e test del Quoziente Intellettivo.⁵

Agli occhi dei ricercatori familiari con la letteratura sul tema, alcune delle risposte di Duncan potranno sembrare ambigue o eccessivamente sbrigative. Questioni che classicamente hanno gravitato attorno al tema dell'intelligenza sono qui toccate solo di sfuggita – forse consapevolmente, per non appesantire la trattazione. Il libro non si concentra troppo, per esempio, sull'annosa questione della specificità (o molteplicità) dell'intelligenza, idea che è stata contrapposta a quella di intelligenza generale sia in ambito psicometrico, sia nel panorama delle scienze cognitive.⁶ In linea di principio, vi sono molti modi in cui il nostro cervello potrebbe esibire quel tratto che gli scienziati chiamano intelligenza generale: esso potrebbe essere il prodotto di molte abilità e processi cognitivi distinti, realizzati da differenti componenti dell'architettura cerebrale; oppure potrebbe corrispondere a una singola abilità mentale, come il ragionamento o la memoria a breve termine; o potrebbe esserci una qualche componente capace di riunire l'informazione proveniente da diverse aree cerebrali, simile al *multiple-demand system* ipotizzato da Duncan. In alcuni momenti, l'autore pone la questione in termini "prospettici", spiegando come studiosi successivi a Spearman abbiano posto maggior enfasi sui fattori specifici anziché sul fattore g.⁷ Non sono certo, però, che ciò renda giustizia ai molti dibattiti – passati e presenti – sul tema.

Per citare un altro caso, un lettore smaliziato noterà come Duncan non metta affatto in dubbio la possibilità di interpretare l'analisi fattoriale in ottica *realista*. Al contrario, Duncan assume un punto di vista "ontologicamente connotato" riguardo al fattore g, interpretandolo come un processo cerebrale concreto dal quale origina *causalmente* il fenomeno delle molteplici positività. «Nella prospettiva della scienza», scrive Duncan, «quello che davvero ci interessa è comprendere che cosa g misuri nei termini di sottostanti funzioni psicologiche o cerebrali».⁸ E ancora, «ma se g esiste deve essere anche qualcosa di concreto. Come il comportamento deriva dal cervello, anche g deve essere un prodotto di quest'ultimo».⁹ Come spiegherò a breve, le teorie fattoriali dell'intelligenza non richiedono (e forse nemmeno giustificano) un simile punto di vista. Infatti, le molteplici positività non presuppongono necessariamente l'esistenza di un singolo processo cognitivo,¹⁰ tanto che molti studiosi concordano ormai su un'interpretazione *non* ontologicamente connotata dell'analisi fattoriale – aspetto richiamato da Duncan stesso nel secondo capitolo.¹¹

Cerchiamo di chiarire questo punto. L'analisi fattoriale viene spesso interpretata come un meto-

do per evidenziare l'effetto causale che un certo tratto psicologico "latente" ha sulle prestazioni individuali in una batteria di test. Tuttavia, la struttura delle teorie fattoriali dell'intelligenza – come la teoria di Spearman – è interamente suggerita da dati correlazionali riguardo alla varianza nelle prestazioni ai test, cioè riguardo alle differenze individuali.¹² Dal momento che si parla di varianza, che è una caratteristica di una popolazione, molti ricercatori ritengono che i fattori non dovrebbero essere interpretati sul piano *individuale*, quali processi cognitivi alla base del comportamento.¹³ In quest'ottica, per esempio, la teoria di Spearman non ci dice chiaramente che il fattore g è un'abilità mentale, ma solo che tale fattore rende conto di una porzione di varianza maggiore rispetto ai fattori specifici, ed è innanzitutto in questo senso che esso è "più generale".

Come accennavo, quella di creare un ponte tra psicomatria e neuroscienze cognitive è un'idea che è divenuta assai popolare negli studi sull'intelligenza degli ultimi decenni.¹⁴ Tuttavia, essendo i metodi delle due discipline alquanto diversi, si è trattato di un'unione tutt'altro che indolore e che ha anzi scatenato diverse incomprensioni e indecisioni sulle modalità di tale incontro. Il libro di Duncan incarna proprio questo tipo di irrisolti: l'idea che il fattore g sia molto più che un concetto di tipo statistico è, nel lavoro di Duncan, sia un assunto, sia un'ipotesi di lavoro, sia una conclusione. Seppur l'interpretazione realista sia per certi versi legittima – quantomeno essa è ampiamente presente nel panorama scientifico – Duncan sorvola sulla giustificazione delle proprie scelte, e ciò potrebbe dare l'impressione che egli segua una certa linea investigativa più per preferenza personale che per motivi empirici. Va detto, comunque, che Duncan sembra consapevole di questi problemi ed è quindi possibile che si sia volontariamente limitato a fornire al lettore il proprio punto di vista su un'idea che egli stesso riconosce come controversa, cioè l'idea che l'intelligenza generale abbia delle basi neurocognitive specifiche e circoscritte. Infatti, Duncan redarguisce il lettore dicendo che, tra l'opzione di Spearman e quella dei suoi critici – secondo cui esistono solo funzioni separate, moduli o fattori s – la prima è quella che lui preferisce maggiormente per via della sua semplicità.¹⁵

Ad ogni modo, il problema di definire la natura cerebrale del fattore g tocca solo in modo tangente il cuore delle ricerche di Duncan, tanto che è possibile essere interamente convinti dalla sua teoria del *multiple-demand system* senza per questo accettare l'esistenza del fattore g per come venne teorizzato da Spearman. In altre parole, l'intero testo potrebbe essere letto come uno studio neurocognitivo sulla capacità di integrazione e controllo di cui è capace il nostro cervello, immaginando che non si stia parlando affatto del fattore g o di intelligenza *tout court*. L'idea che possa esistere un *multiple-demand system*, capace di integrare

e connettere informazioni provenienti da molte aree cerebrali, rappresenta infatti un'ipotesi convincente per spiegare quella flessibilità cognitiva che osserviamo nella nostra specie e che si tenta oggi di ricreare nei sistemi artificiali.¹⁶

In questo senso, sebbene il linguaggio sia chiaro e comprensibile, il libro di Duncan non va inteso come un'introduzione a tutto tondo sul tema dell'intelligenza, quanto più come l'esposizione accurata e accattivante di una specifica teoria che vede quale marchio distintivo della nostra cognizione la capacità di risolvere problemi anche complessi scomponendoli in sotto-problemi più semplici e collegando diversi tipi di informazioni. Così, sebbene vi siano alcune pagine che contengono più domande che risposte, è forse proprio nella sua sobrietà e immediatezza che il libro di Duncan coglie nel segno, rivolgendosi a un vasto pubblico di lettori ma anche a specialisti del dibattito interessati alla ricerca recente sulle basi neurocognitive dell'intelligenza generale.

Questa edizione italiana ha inoltre due aspetti peculiari che i lettori potranno apprezzare. Innanzitutto, essa rappresenta una lettura più agile e leggera rispetto al testo originale, che includeva due capitoli aggiuntivi esclusi dalla traduzione. Questa scelta potrà sembrare curiosa, ma ritengo personalmente che si tratti di una scelta vincente per favorire una lettura che vada al cuore del pensiero di Duncan – i capitoli esclusi trattano questioni più generali sul rapporto tra mente, cervello e comportamento e introducono il lettore alla neurofisiologia e alle metodologie utilizzate dai neuroscienziati.

È però il secondo elemento di novità che trovo più degno di nota, cioè la presenza di un capitolo conclusivo inedito scritto da Duncan proprio per questa edizione italiana. Qui l'autore riflette a posteriori sulla sua teoria, raccontando recenti sviluppi nei suoi studi ed evidenziando alcuni limiti delle attuali tecniche di neuroimmagine. In particolare, Duncan racconta di essere riuscito a caratterizzare in modo più preciso le basi cerebrali del *multiple-demand system* – si tratterebbe di nove regioni cerebrali distinte, seppur interconnesse – e in che modo questo sistema possa avere accesso a tipi diversi di contenuti cognitivi provenienti da molte aree del cervello.

In particolare, Duncan e colleghi hanno confrontato i propri risultati sul *multiple-demand system* con i dati raccolti dal *Progetto Connettoma Umano*, un ambizioso progetto internazionale, lanciato nel 2009, dedicato alla mappatura delle relazioni funzionali tra aree cerebrali. I dati di risonanza magnetica funzionale vengono qui raccolti quando i soggetti sono a riposo, e la relazione tra aree cerebrali viene evidenziata dalla sincronia nelle "fluttuazioni" dell'attività cerebrale di diverse aree. Duncan nota come l'attività delle nove regioni cerebrali del *multiple-demand system* tenda a fluttuare in maniera sincrona, suggerendo che si

tratti di una rete funzionalmente integrata. Secondo Duncan, questo tipo di integrazione sarebbe proprio ciò di cui il cervello ha bisogno per mostrare quel grado di flessibilità e generalità che sono il marchio distintivo dell'intelligenza generale. Lascio al lettore il gusto di leggere i dettagli e al tempo il compito di stabilire se la teoria della intelligenza di Duncan possa fornire solide basi per studi futuri.

Ringraziamenti

Questa ricerca è finanziata dallo *European Research Council* (ERC) nell'ambito del programma *Horizon 2020* dell'Unione Europea (Grant No 805498).

Note

¹ Cfr. C. SPEARMAN, "General intelligence", *objectively determined and measured*; C. SPEARMAN, *The nature of intelligence and the principles of cognition*.

² Questi test vengono descritti in molti manuali introduttivi ma anche in rete. Si veda, per esempio, M. HUTEAU, J. LAUTREY, *I test di intelligenza*.

³ Cfr. S.J. GOULD, *The mismeasure of men*; G.H. THOMSON, *A hierarchy without a general factor*.

⁴ Cfr. R.E. JUNG, R.J. HAIER, *The parieto-frontal integration theory (P-FIT) of intelligence*; R.J. HAIER, *The neuroscience of intelligence*.

⁵ J. DUNCAN, *L'intelligenza umana*, pp. 45-50.

⁶ Cfr. H. GARDNER, *Frames of mind*; G.H. THOMSON, *A hierarchy without a general factor*; L.L. THURSTONE, *The vectors of mind. Multiple-factor analysis for the isolation of primary traits*; L.L. THURSTONE, *Primary mental abilities*. Si vedano anche vari contributi in R.J. STERNBERG, E. GRIGORENKO (eds.), *The general factor of intelligence. How general is it?*.

⁷ J. DUNCAN, *L'intelligenza umana*, p. 41.

⁸ *Ivi*, p. 37.

⁹ *Ivi*, p. 50.

¹⁰ Cfr. K. KOVACS, A.R. CONWAY, *Process overlap theory: A unified account of the general factor of intelligence*; F. RAMUS, *General intelligence is an emerging property, not an evolutionary puzzle*; D. SERPICO, *What kind of kind is intelligence?*; H.J.L. VAN DER MAAS, C.V. DOLAN, R.P.P.P. GRASMAN, J.M. WICHERTS, H.M. HUIZENGA, M.E.J. RAIJMAKERS, *A dynamical model of general intelligence*.

¹¹ Cfr. anche A. HAMPSHIRE, R.R. HIGHFIELD, B.L. PARKIN, A.M. OWEN, *Fractionating human intelligence*.

¹² Cfr. I.J. DEARY, *g and cognitive elements of information processing: An agnostic view*.

¹³ Cfr. D. BORSBOOM, C.V. DOLAN, *Why g is not an adaptation: a comment on Kanazawa (2004)*; D. BORSBOOM, G.J. MELLEBERGH, J. VAN HEERDEN, *The theoretical status of latent variables*.

¹⁴ Si vedano, per esempio, vari contributi in R.J. STERNBERG, J.E. PRETZ (eds.), *Cognition and intelligence: Identifying the mechanisms of the mind*.

¹⁵ J. DUNCAN, *L'intelligenza umana*, pp. 58-61.

¹⁶ Cfr. B. GOERTZEL, *Artificial general intelligence: Concept, state of the art, and future prospects*; J. HERNÁNDEZ-ORALLO, B.S. LOE, L. CHEKE, F. MARTINEZ-

PLUMED, S. O. HEIGEHARTAIG, *General intelligence disentangled via a generality metric for natural and artificial intelligence*.

Riferimenti bibliografici

- BORSBOOM, D., DOLAN, C.V. (2006). *Why g is not an adaptation: A comment on Kanazawa (2004)*. In: «Psychological Review», vol. CXIII, n. 2, pp. 433-437.
- BORSBOOM, D., MELLENBERGH, G.J., VAN HEERDEN, J. (2003). *The theoretical status of latent variables*. In: «Psychological Review», vol. CX, n. 2, pp. 203-219.
- DEARY, I.J. (2002). *G and cognitive elements of information processing: An agnostic view*. In: R.J. STERNBERG, E. GRIGORENKO (eds.), *The general factor of intelligence. How general is it?*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, pp. 151-181.
- DUNCAN, J. (2021). *L'intelligenza umana. Una prospettiva neurocognitiva*, a cura di F. PAVANI, Carocci, Roma (or. *How intelligence happens*, Yale University Press, Yale 2012).
- GARDNER, H. (1983). *Frames of mind. The theory of multiple intelligence*, Basic Books, New York.
- GOERTZEL, B. (2014). *Artificial general intelligence: Concept, state of the art, and future prospects*. In: «Journal of Artificial General Intelligence», vol. V, n. 1, pp. 1-48.
- GOULD, S.J. (1981). *The mismeasure of men*, Norton & Co., New York.
- HAIER, R.J. (2017). *The neuroscience of intelligence*, Cambridge University Press, New York.
- HAMPSHIRE, A., HIGHFIELD, R.R., PARKIN, B.L., OWEN, A.M. (2012). *Fractionating human intelligence*. In: «Neuron», vol. LXXVI, n. 6, pp. 1225-1237.
- HERNÁNDEZ-ORALLO, J., LOE, B.S., CHEKE, L., MARTINEZ-PLUMED, F., HEIGEHARTAIG, S.O. (2021). *General intelligence disentangled via a generality metric for natural and artificial intelligence*. In: «Scientific Reports», vol. XI, Art. Nr. 22822 – doi: 10.1038/s41598-021-01997-7.
- HUTEAU, M., LAUTREY, J. (2000). *I test di intelligenza*, a cura di C. CORNOLDI, P. PALLADINO, Il Mulino, Bologna 2000 (or. *Les tests d'intelligence*, La Découverte, Paris 1997).
- JUNG, R.E., HAIER, R.J. (2007). *The parieto-frontal integration theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence*. In: «Behavioral and Brain Sciences», vol. XXX, n. 2, pp. 135-154.
- KOVACS, K., CONWAY, A.R. (2016). *Process overlap theory: A unified account of the general factor of intelligence*. In: «Psychological Inquiry», vol. XXVII, n. 3, pp. 151-177.
- RAMUS, F. (2017). *General intelligence is an emerging property, not an evolutionary puzzle*. In: «Behavioral and Brain Sciences», vol. XL, pp. 43-44.
- SERPICO, D. (2018). *What kind of kind is intelligence?*. In: «Philosophical Psychology», vol. XXXI, n. 2, pp. 232-252.
- SPEARMAN, C. (1904). *“General intelligence”, objectively determined and measured*. In: «The American Journal of Psychology», vol. XV, n. 2, pp. 201-292.
- SPEARMAN, C. (1923). *The nature of intelligence and the principles of cognition*, Macmillan, London.
- STERNBERG, R.J., GRIGORENKO, E. (eds.) (2002). *The general factor of intelligence. How general is it?*, Lawrence Erlbaum, Mahwah.
- STERNBERG, R.J., PRETZ, J.E. (eds.) (2005). *Cognition and intelligence: Identifying the mechanisms of the mind*, Cambridge University Press, Cambridge.
- THOMSON, G.H. (1916). *A hierarchy without a general factor*. In: «British Journal of Psychology», vol. VIII, n. 3, pp. 271-281.
- THURSTONE, L.L. (1934). *The vectors of mind. Multiple-factor analysis for the isolation of primary traits*, University of Chicago Press, Chicago.
- THURSTONE, L.L. (1938). *Primary mental abilities*, University of Chicago Press, Chicago.
- VAN DER MAAS, H.J.L., DOLAN, C.V., GRASMAN, R.P.P.P., WICHERTS, J.M., HUIZENGA, H.M., RAJMAKERS, M.E.J. (2006). *A dynamical model of general intelligence: The positive manifold of intelligence by mutualism*. In: «Psychological Review», vol. CXIII, n. 4, pp. 842-861.