

Concetti e processi di categorizzazione

a cura di

Francesco Gagliardi

Marco Cruciani

Andrea Velardi

Contributi di

Angelo Cangelosi

Romolo Giovanni Capuano

Luciano Celi

Antonio Chella

Marco Cruciani

Edoardo Fugali

Francesco Gagliardi

Giuliana Gerace

Alberto Greco

Elisabetta Lalumera

Stefania Moretti

Alessio Plebe

Andrea Velardi





Aracne editrice

www.aracneeditrice.it
info@aracneeditrice.it

Copyright © MMXVIII
Gioacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale

www.gioacchinoonoratieditore.it
info@gioacchinoonoratieditore.it

via Vittorio Veneto, 20
00020 Canterano (RM)
(06) 45551463

ISBN 978-88-255-1306-6

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: marzo 2018

Categorizzare non vuol dire solo classificare

Alcune riflessioni sui limiti dell'indagine sperimentale sulla categorizzazione di STEFANIA MORETTI, ALBERTO GRECO¹

1. Introduzione

Per fare chiarezza tra i dati dell'esperienza e ridurre la complessità ambientale ci serviamo di processi mentali in grado di registrare le informazioni che riceviamo dall'esterno, all'interno di costrutti organizzati. Questi costrutti, le categorie, assolvono la preziosa funzione di guidare il nostro comportamento, permettendoci di classificare nuove informazioni sulla base di quelle già acquisite e di integrare le nuove conoscenze con quanto abbiamo incontrato ed elaborato in passato. La categorizzazione, quindi, è quel fenomeno cognitivo complesso in cui entrano in gioco sia processi di acquisizione che di uso delle conoscenze.

Nell'ambito della psicologia cognitiva, le ricerche sperimentali condotte sulla categorizzazione si sono concentrate principalmente sul secondo tipo di processi, tralasciando tutti quei meccanismi che intervengono nella formazione delle categorie.

¹ Cognilab, Laboratorio di Psicologia e Scienze Cognitive, Università degli Studi di Genova. E-mail: stefania.moretti@edu.unige.it; greco@unige.it.

Il presente contributo ha lo scopo di sottolineare l'importanza di un'indagine che tenga conto non solo di come classifichiamo nuovi esempi sulla base di categorie apprese ma anche di come le categorie vengono formate a partire dai loro casi particolari.

La struttura della trattazione è la seguente: nella prima parte verranno introdotti i principali modelli formulati in psicologia cognitiva sulla categorizzazione e ne saranno evidenziati i principali limiti teorici; nella seconda parte si analizzerà come la limitata portata esplicativa di questi modelli derivi anche dai limiti metodologici dei paradigmi sperimentali impiegati, con particolare riferimento ai compiti di classificazione; successivamente si opererà un confronto con i metodi utilizzati in alcuni ambiti dell'Intelligenza Artificiale interessati all'apprendimento e alla rappresentazione delle conoscenze; nella parte finale verrà delineata una possibile soluzione alla questione, attraverso la presentazione di un paradigma sperimentale innovativo in grado di rilevare i processi cognitivi messi in atto durante la formazione delle categorie; in conclusione, si discuteranno le implicazioni teoriche e i possibili usi del nuovo metodo, attraverso una riflessione sulla varietà e complessità dei processi che intervengono nella categorizzazione.

2. I principali modelli della categorizzazione in psicologia cognitiva

Da più di 50 anni la psicologia cognitiva tenta di comprendere in che modo le persone organizzano le conoscenze all'interno delle categorie, attraverso indagini condotte in laboratorio.

La maggior parte di queste ricerche sperimentali studia i processi di categorizzazione attraverso compiti di classificazione, in cui ai partecipanti viene richiesto di determinare l'appartenenza o meno di nuovi esempi a una categoria data.

I modelli teorici sviluppati sulla base della performance dei soggetti partecipanti in questo tipo di compiti possono essere suddivisi in tre classi principali (Markman, Ross 2003): i modelli basati sulle regole, quelli basati sugli esemplari e quelli basati sui prototipi.

Il primo tipo di modelli fa riferimento a quella che è stata definita la “teoria classica” della categorizzazione, secondo cui una categoria viene rappresentata mentalmente dall'insieme stabile delle sue proprietà definienti, e cioè dalle caratteristiche singolarmente necessarie e congiuntamente sufficienti che la identificano (Bruner, Goodnow, Austin 1956; Ashby, Maddox 1998, 2005). Secondo questa teoria la categorizzazione consisterebbe nel verificare che i casi incontrati possiedano tutte le caratteristiche per appartenere a una certa classe. In altri termini, quando nel compito di classificazione viene presentato un nuovo stimolo da classificare, il processo messo in atto dal soggetto partecipante è un'operazione di confronto tra le proprietà dell'esemplare e l'insieme delle proprietà che definiscono la categoria appresa. Questa lista di proprietà verrebbe astratta e codificata sotto forma di regola durante la fase di apprendimento, quando vengono osservati i diversi membri della categoria. Alla base di questo tipo di modelli, dunque, si trova l'ipotesi che le scelte categoriali si basino sull'astrazione di una regola che definisce le proprietà di una categoria.

Stando ai modelli basati sugli esemplari (Brooks 1978; Medin, Schaffer 1978; Hintzman 1986; Nosofsky 1986; Estes 1986, 1994; Kruschke 1992; Lamberts 2000), inve-

ce, le scelte categoriali si baserebbero sul confronto tra i nuovi esemplari e la rappresentazione mnestica di ogni membro della categoria. Alla base della categorizzazione, in questo tipo di modelli, non viene posto un processo di astrazione ma un processo di calcolo della similarità tra il nuovo caso e tutti i casi particolari osservati durante l'apprendimento della categoria. Nella classificazione, inoltre, questi casi particolari immagazzinati in memoria verrebbero ripescati nella globalità delle loro caratteristiche. La decisione circa l'appartenenza di un esemplare a una categoria, quindi, non viene affidata a una definizione astratta ma a un giudizio di similarità globale: se l'esemplare da classificare è simile ai membri precedentemente osservati, allora verrà considerato anch'esso un membro della categoria.

Dunque, l'astrazione posta alla base del primo tipo di modelli implica l'omissione di tutto ciò che non è stabilito dalla regola categoriale, mentre i modelli basati sugli esemplari sono in grado di spiegare come quell'informazione omessa venga spesso utilizzata nei compiti di classificazione per determinare l'appartenenza di un esemplare a una categoria.

Un approccio alternativo è quello dei modelli basati sui prototipi (Posner, Keele, 1968, 1970; Reed 1972; Rosch 1973, 1975; Homa, Sterling, Trepel 1981; Smith, Minda 1998, 2001), secondo cui un nuovo esemplare viene confrontato soltanto con alcuni membri della categoria, quelli più tipici. Questi membri, i prototipi, che possiedono le caratteristiche più rappresentative della categoria, possono essere degli esemplari specifici selezionati tra i membri oppure degli esemplari ideali astratti durante l'apprendimento. Di conseguenza, durante la classificazione, il confronto avviene tra il nuovo esemplare e la rappresentazione mnestica del prototipo. Anche in questo tipo

di modelli i giudizi categoriali si basano su un processo di similarità: il grado di appartenenza di un esemplare alla categoria viene determinato in base al grado di similarità con il prototipo.

Questi tre tipi di modelli, presi singolarmente, tuttavia, non sono in grado di rendere conto completamente dei dati ottenuti sperimentalmente sulle performance categoriali (Murphy 2002; Markman, Ross 2003), ed esiste un notevole dibattito (nonché infruttuoso: vedi Gagliardi 2009) su quale sia il modello della categorizzazione più corretto.

Al di là dei limiti specifici dei singoli modelli, si possono individuare alcune criticità importanti che riguardano tutti e tre i tipi di approccio e che ne limitano la portata esplicativa.

Un primo aspetto critico riguarda l'assunto centrale che la classificazione sia la funzione primaria della categorizzazione: l'apprendimento attraverso la classificazione viene considerato come il veicolo principale della formazione delle categorie. Tuttavia, si sa che le categorie possono essere apprese nelle circostanze più disparate ed è stato dimostrato come la loro identità vari a seconda del tipo di compito categoriale richiesto (Whittlesea, Brooks, Westcott 1994; Markman, Yamauchi, Makin 1997; Yamauchi, Markman 1998; Markman, Ross 2003). Queste dimostrazioni hanno evidenziato che l'apprendimento di categorie non è mediato da un unico meccanismo categoriale ma da processi multipli e qualitativamente distinti, e che l'abilità di determinare l'appartenenza di un nuovo esemplare a una categoria è senz'altro un'importante funzione della categorizzazione ma non l'unica (Ross, Murphy 1999; Ashby, Maddox 2005).

Un'altra questione critica riguarda, nello specifico, il tipo di rappresentazione che i diversi modelli pongono alla base dei giudizi categoriali, e, cioè, il termine di paragone

che viene usato per decidere se un nuovo caso appartiene o meno a una categoria. Queste rappresentazioni interne, siano esse regole, esemplari o prototipi, vengono assunte teoricamente più che essere dimostrate empiricamente. Ogni modello propone una diversa tipologia di rappresentazione e le proprietà di queste rappresentazioni si basano tipicamente su un postulato teorico (Tunney, Fernie 2012).

In sintesi, quindi, i vari modelli della categorizzazione fanno riferimento a un unico aspetto del processo categoriale, quello classificatorio, che è quello maggiormente indagato nelle tradizionali ricerche sperimentali di psicologia cognitiva. Al contrario, i processi che intervengono nella formazione delle categorie vengono regolarmente inclusi come assunti teorici nei vari modelli ma esclusi o trascurati dalle indagini sperimentali.

A questo punto, è rilevante considerare anche alcune questioni critiche che riguardano nello specifico gli aspetti metodologici dei compiti di classificazione.

3. Limiti metodologici degli attuali paradigmi sperimentali

La maggior parte delle ricerche sulla categorizzazione ha adottato una procedura sperimentale che prevede due fasi: una fase di training, in cui i soggetti sperimentali imparano a classificare gli esemplari di una o più categorie, e una fase di test, a partire dalla quale gli sperimentatori valutano il tipo di rappresentazioni che i soggetti si sono formati. Durante il training, in genere, gli esemplari vengono mostrati sequenzialmente e viene chiesto di classificarli in una o più categorie. In questa fase di apprendimento, che è generalmente supervisionato, ai soggetti partecipanti viene dato un feedback dopo ogni prova in modo tale da far ap-

prendere le categorie per prove ed errori. Successivamente, quando le categorie sono state apprese con un certo grado di accuratezza, ai partecipanti vengono mostrati nuovi esemplari per i quali viene richiesto di determinare la categoria di appartenenza. In questa fase, detta di *transfer*, cioè di trasferimento delle conoscenze apprese durante la fase di training, generalmente, non viene fornito nessun feedback.

Sebbene questa procedura sia diventata ormai uno standard nella maggior parte delle ricerche sperimentali sulla categorizzazione, è possibile individuare almeno tre aspetti critici circa il modo di valutare la performance categoriale in questo tipo di test (Moretti, Greco 2016).

Un primo limite riguarda la scelta degli stimoli di trasferimento, cioè degli esempi mostrati nella fase di test. Questi item vengono scelti e costruiti appositamente dallo sperimentatore per acquisire informazioni circa il tipo di rappresentazione formatasi durante la fase di apprendimento. Di conseguenza, il materiale adoperato non è neutro ma predeterminato dallo sperimentatore e questo costituisce un problema perché il modo in cui gli stimoli di trasferimento vengono costruiti può, da un lato, dipendere dall'ipotesi che lo sperimentatore vuole testare, e dall'altro, può influenzare i giudizi categoriali dei partecipanti. La scelta di particolari stimoli, con determinati attributi, può, infatti, favorire una strategia categoriale a discapito di un'altra, o incoraggiare un tipo di strategia diversa da quella che si sarebbe usata per apprendere le categorie (Donkin, Newell, Kalish, Dunn, Nosofsky 2015).

In aggiunta a questo tipo di problematica, è possibile riscontrare alcune criticità anche nella tecnica implementata per analizzare le scelte categoriali dei partecipanti. Nei compiti di classificazione, le rappresentazioni formatesi durante l'apprendimento sono inferite dagli sperimentatori

attraverso un'operazione di confronto tra gli item di trasferimento e gli item mostrati nel training. In particolare, questo confronto viene calcolato in termini di presenza (o assenza) delle caratteristiche osservate nel training negli item che i partecipanti hanno indicato come appartenenti (o meno) alle categorie apprese. Di conseguenza, inferire le rappresentazioni categoriali a partire dalle scelte categoriali operate nel test di trasferimento risulta essere una procedura di analisi di tipo "indiretto", e criticabile, perché mediata dagli stimoli di trasferimento.

Inoltre, come è stato fatto notare dalla letteratura critica sull'argomento (per es. Donkin *et al.* 2015), le conclusioni teoriche circa il tipo di strategia categoriale adottata sembrano dipendere fortemente dalle tecniche di analisi utilizzate per individuare tali strategie. Quindi, la forza delle conclusioni a cui arrivano i vari modelli della categorizzazione dovrebbe essere sempre considerata in relazione al tipo di analisi implementata.

Un ultimo limite individuabile riguarda la valutazione degli aspetti qualitativi della performance categoriale. Raramente nei compiti di classificazione viene indagata la qualità del criterio di classificazione utilizzato dai partecipanti come, ad esempio, il livello di accuratezza dello stesso o il grado di consapevolezza dei partecipanti nel compiere le scelte categoriali. Questo tipo di informazioni risulta invece essere importante per l'indagine sui processi di categorizzazione, proprio perché è possibile che si operino delle buone scelte categoriali ma seguendo un criterio approssimativo, o non essendone pienamente consapevoli.

In sintesi, quindi, nei compiti di classificazione, dal momento che la performance viene valutata esclusivamente sulla base delle scelte operate nel test di trasferimento, si perdono tutte quelle informazioni che riguardano la qualità della rappresentazione categoriale raggiunta. Questo

tipo di informazioni si potrebbe ottenere, ad esempio, attraverso la richiesta della verbalizzazione esplicita del criterio adoperato nei giudizi di classificazione o attraverso la valutazione del livello di fiducia dei partecipanti nel compiere le scelte.

Nella letteratura sulla categorizzazione sono state avanzate diverse soluzioni alternative ai compiti di classificazione, senza però risolverne in modo soddisfacente le criticità. Ad esempio, sono stati proposti compiti di inferenza delle caratteristiche, in cui non viene richiesto di indicare la categoria di appartenenza di un nuovo stimolo ma di individuare la caratteristica mancante in uno stimolo di cui è resa nota la categoria (Yamauchi, Markman 1998; Markman, Ross 2003; Johansen, Kruschke 2005; Nilsson, Olsson 2005; Hoffman, Rehder 2010).

Al di là del dibattito sul come l'inferenza di caratteristiche sia un processo formalmente identico a quello della classificazione (Markman, Ross 2003), resta anche per questo compito il problema degli stimoli preselezionati dallo sperimentatore. Analogamente, risulta poco efficace il tentativo di migliorare i compiti di classificazione monitorando, ad esempio, il movimento degli occhi dei partecipanti durante la fase di trasferimento (Richardson, Spivey 2000; Richardson, Kirkham 2004; Scholz, von Helversen, Rieskamp 2015). Anche se questo tipo di tecnica permette di ricavare informazioni aggiuntive, i processi indagati sono esclusivamente quelli implementati nella classificazione di nuovi esemplari. I processi che, invece, intervengono nella formazione delle categorie continuano ad essere analizzati solo "indirettamente", e cioè a partire dalle strategie di classificazione con gli stimoli di trasferimento.

L'impossibilità, quindi, di discriminare sperimentalmente tra i due tipi di processi, quelli di acquisizione e formazione di una categoria e quelli di classificazione di

nuovi esempi sulla base delle categorie apprese, risulta essere un problema dell'attuale indagine sulla categorizzazione in psicologia cognitiva.

Nell'ambito dell'Intelligenza Artificiale, invece, un altro campo storicamente interessato alla rappresentazione delle conoscenze (Russel, Norvig 2002), la distinzione tra i due tipi di processi è posta alla base dello sviluppo dei sistemi di classificazione artificiale.

4. La categorizzazione nell'ambito dell'Intelligenza Artificiale

L'Intelligenza Artificiale è la disciplina che si occupa dello sviluppo di sistemi computazionali in grado di esibire comportamenti intelligenti, come quelli degli esseri umani. Una branca di questa disciplina, il settore dell'apprendimento automatico (Duda, Hart, Stork 2001; Langley 1986; Michie, Spiegelhalter, Taylor 1994; Witten, Frank 2005), si dedica allo studio di sistemi classificatori capaci di apprendere dall'esperienza. Tra questi esistono dei sistemi che usano l'*instance-based learning* (Cover, Hart 1967; Aha, Kibler, Albert 1991), una tecnica attraverso cui le categorie sono apprese a partire dai loro casi particolari. Nello specifico, fornito un training set di esemplari, cioè un insieme degli esemplari di una o più categorie, questo tipo di sistemi è in grado di estrapolare delle rappresentazioni che verranno usate successivamente per classificare nuove istanze. In questo ambito, l'abilità di acquisizione e quella di uso delle conoscenze corrispondono a due algoritmi distinti: l'algoritmo di apprendimento permette di estrarre da un *data-set* un insieme di rappresentazioni; l'algoritmo di classificazione, invece, permette di assegnare un'etichetta categoriale a ogni nuova

istanza attraverso un confronto con le rappresentazioni estratte. Le due fasi, di apprendimento e di classificazione, quindi, sono implementabili e analizzabili separatamente (Gagliardi 2014).

Nella prefazione di un libro sul *data mining* (Witten, Frank 2005), che è quell'insieme di tecniche che permettono a un sistema artificiale di estrarre conoscenza a partire da un insieme di dati, gli autori spiegano come studiare questo tipo di procedura sia importante, nell'ambito del *machine-learning*, non solo per ottenere buone classificazioni ma anche per ricavare informazioni sul tipo conoscenza estratta:

We interpret machine learning as the acquisition of structural descriptions from examples. The kind of descriptions found can be used for prediction, explanation, and understanding. Some data mining applications focus on prediction: forecasting what will happen in new situations from data that describe what happened in the past, often by guessing the classification of new examples. But we are equally—perhaps more—interested in applications in which the result of “learning” is an actual description of a structure that can be used to classify examples. This structural description supports explanation, understanding, and prediction. (Witten, Frank 2005, p. XXIV);

e più avanti nel libro:

As well as performance, it is helpful to supply an explicit representation of the knowledge that is acquired. In essence, this reflects both definitions of learning considered previously: the acquisition of knowledge and the ability to use it. [...] Experience shows that in many applications of machine learning to data mining, the explicit knowledge structures that are acquired, the structural descriptions, are at least as important, and often very much more important, than the ability to perform well on new examples. People frequently use data mining to gain knowledge, not just predictions (*ibidem*, p. 9).

Sebbene lo studio di come i sistemi artificiali apprendono abbia, nell'ambito del *machine-learning*, finalità principalmente applicative, in queste pagine gli autori riflettono sul valore dell'apprendimento indipendentemente dalla sua funzione pratica classificatoria. Per gli autori apprendere significa sia acquisire conoscenza che usarla; tuttavia, estrarre conoscenza da un insieme di osservazioni viene considerata un'abilità fondamentale e fondante rispetto alla capacità di classificare nuovi esemplari. Per riuscire a predire la categoria di un caso particolare, infatti, è necessario prima di tutto che si sia acquisito un certo tipo di conoscenza su quella categoria, ma non solo: l'estrazione di conoscenza è un processo che è alla base, oltre che della predizione, anche della comprensione e della spiegazione. Conoscere, quindi, riflettono gli autori, non serve esclusivamente a predire cosa accadrà nel futuro sulla base di quanto esperito nel passato ma anche a comprendere e a esplicitare quello che si sta sperando. Inoltre, aggiungono, le persone spesso usano il *data mining* non per fare previsioni ma anche solamente per acquisire conoscenza. Nell'ambito dell'Intelligenza Artificiale, quindi, si ha ben presente sia la distinzione tra le due abilità di acquisizione e uso delle conoscenze che sono coinvolte nell'apprendimento, sia l'importanza di dare rilievo alla prima rispetto a quanto si è fatto, da sempre, con la seconda.

Lo stato dell'indagine sui processi categoriali, in un settore interessato alla simulazione dei processi cognitivi umani, quindi, funge da importante termine di paragone per la situazione dell'attuale ricerca sulla categorizzazione in psicologia cognitiva. Alla luce di questo confronto, appare sempre più chiara la necessità di ideare paradigmi sperimentali alternativi che permettano di analizzare e stu-

diare la categorizzazione indipendentemente dalla sua funzione classificatoria, o almeno non limitandola ad essa.

Nel prossimo paragrafo verrà descritto un compito di categorizzazione innovativo che è stato progettato con lo scopo di superare, almeno in parte, i limiti dei tradizionali compiti di classificazione.

5. L'Active Feature Composition task

L'*Active Feature Composition* (AFC) *task* (Greco, Moretti 2017) è un test che permette di ricavare informazioni circa il tipo di processi cognitivi messi in atto durante la formazione di categorie. Si tratta di un compito di produzione in cui i partecipanti non devono classificare nuovi esemplari ma sono coinvolti attivamente nella produzione di item che ritengono appartenenti alle categorie apprese.

La procedura è la seguente [Fig. 1]: alla fine del training, dopo l'osservazione di un insieme di casi particolari di una o più categorie, ai partecipanti viene richiesto di selezionare delle caratteristiche da un set contenente tutte le dimensioni possibili degli attributi delle categorie apprese, per combinarle insieme e ottenere così l'esempio completo. Una volta completata la combinazione, i partecipanti devono assegnare a ciascun esemplare assemblato un'etichetta categoriale, indicandone così la categoria di appartenenza.

La Figura 1 descrive schematicamente le differenze tra il classico compito di classificazione e l'Active Feature Composition task: ciò che viene richiesto di fare in un tradizionale compito di classificazione è crearsi una nuova rappresentazione per ciascuno degli item di trasferimento e poi *confrontare* queste rappresentazioni con la rappresentazione della categoria creata durante il training, per

verificare la loro appartenenza alla categoria X. Questa procedura implica quindi una doppia rappresentazione. Nel compito AFC, invece, si richiede semplicemente di *usare* la rappresentazione della categoria X, creata a partire dagli esemplari del training, per produrre esempi che si ritengono appartenenti a tale categoria.

Un'ulteriore differenza tra i compiti di classificazione e l'AFC task risiede nel fatto che per classificare devono essere necessariamente usate delle etichette linguistiche e tali etichette sono assegnate agli esempi nel loro complesso. Nel compito di produzione AFC, invece, le etichette linguistiche vengono assegnate soltanto ad esemplare assemblato, di conseguenza questo procedimento di produzione non può influenzare direttamente l'assegnazione categoriale.

Come è chiaro, dunque, i processi cognitivi coinvolti nei due diversi compiti, di produzione e di classificazione, sono diversi: la classificazione richiede un processo di confronto tra la rappresentazione della categoria acquisita e quella dei singoli item di trasferimento; al contrario, la produzione richiede di esplicitare la rappresentazione interna formatasi durante l'apprendimento, attraverso la costruzione di esemplari che si ritengono appartenenti alla categoria appresa. Di conseguenza, le scelte categoriali dipendono esclusivamente dalla rappresentazione della categoria ed è proprio a partire dagli item prodotti dai partecipanti che è possibile analizzarla in modo diretto.

Un primo tipo di analisi consiste nel confronto tra gli item prodotti e quelli mostrati durante il training. Questa analisi può avvenire sugli esempi completi o, separatamente, sulle dimensioni delle singole caratteristiche scelte. Confrontando gli esempi creati, analizzati come combinazioni di caratteristiche, è possibile calcolare il grado di similarità tra questi e gli esemplari osservati; è possibile,

cioè, calcolare se e quanti esemplari sono stati creati esattamente uguali a quelli del training (ripescando in memoria gli esemplari specifici incontrati); oppure se si sono riprodotti solo determinati esemplari osservati (ad esempio, quelli più tipici) o, diversamente, se ne sono stati creati di nuovi mai osservati (ad esempio, seguendo una regola astratta).

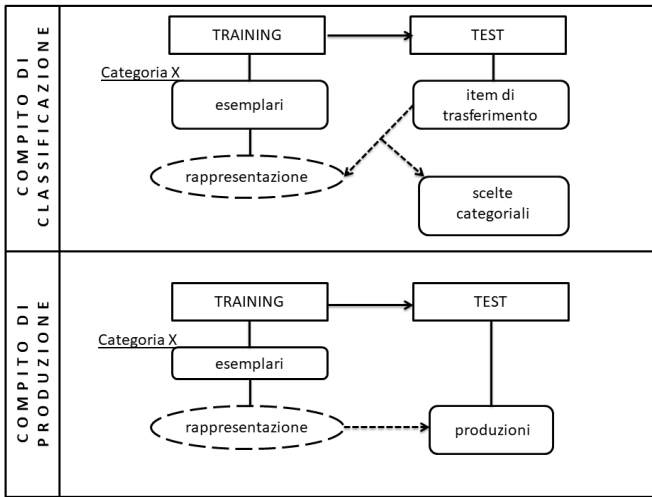


Figura 1. Differenze tra compito di classificazione (standard) e compito di produzione (*Active Feature Composition Task*)

L'analisi separata delle singole caratteristiche scelte, invece, permette di individuare quali dimensioni sono state percepite come criteriali e quali come irrilevanti, attraverso il calcolo della frequenza con cui sono state scelte per produrre i vari item.

Analizzando le caratteristiche criteriali, ad esempio, è possibile valutare il grado di accuratezza e di completezza della rappresentazione, individuando se sono state inserite in ogni item prodotto, oppure calcolando il numero di er-

rori commessi nell'assegnazione dell'etichetta categoriale. Inoltre, somministrando questo test alla fine di varie fasi di training è possibile anche rilevare eventuali cambiamenti delle rappresentazioni durante tutto l'apprendimento.

In sintesi, al di là del tipo di analisi che l'AFC task consente di eseguire rispetto ai classici compiti di classificazione (analisi che possono variare in base alla struttura delle categorie presentate durante la fase di training), questo compito di produzione permette di rilevare: a) il tipo di rappresentazione che i partecipanti si sono formati durante l'apprendimento (per es., esemplari, prototipi, regole) e, eventualmente, come cambiano durante le varie fasi dell'apprendimento; b) il tipo di elaborazione implementata durante l'osservazione degli esemplari nelle fasi di training (per es., attenzione alle singole caratteristiche o agli esempi nella loro globalità); l'accuratezza delle rappresentazioni (per es., errori nell'assegnazione delle etichette categoriali).

In conclusione, dunque, l'AFC task consente di osservare come una categoria viene appresa a partire dai suoi casi particolari, attraverso l'analisi di come questi casi vengono percepiti e rappresentati. Nel complesso, questo tipo di compito permette un'indagine "diretta" dei processi categoriali, cioè non mediata dagli stimoli di trasferimento e, quindi, di conseguenza, senza tutte le criticità che ne derivano.

6. Conclusioni

La categorizzazione, dunque, è quella complessa abilità cognitiva che parte dall'elaborazione percettiva, procede attraverso la rappresentazione delle informazioni e si manifesta nella classificazione.

Come abbiamo visto nella prima parte dell'elaborato, la maggior parte delle ricerche condotte in psicologia cognitiva si è concentrata principalmente sulla classificazione, che è un'importante funzione della categorizzazione ma non l'unica a dover essere indagata (Ross, Murphy 1999). Inoltre, si è visto come i compiti che sono stati tradizionalmente usati per studiare la classificazione soffrono di alcuni importanti limiti metodologici.

Il metodo sperimentale presentato nell'ultima parte di questo lavoro, l'Active Feature Composition task, è stato proposto con l'obiettivo di mostrare che indagini alternative sulla categorizzazione sono possibili e capaci di superare i limiti di cui soffrono i compiti di classificazione.

Nello studio in cui l'AFC task è stato implementato per la prima volta (Greco, Moretti 2017), ad esempio, si è trovata una forte relazione tra il tipo di elaborazione effettuata sugli stimoli del training e la qualità delle rappresentazioni categoriali raggiunte. Questo tipo di dati costituisce un tipo di informazione impossibile da ricavare con i tradizionali compiti di classificazione. Oltre al compito di produzione ai partecipanti è stato somministrato un test che richiedeva di valutare il livello di correttezza di una serie di regole presentate come possibili criteri per distinguere tra le categorie mostrate, e, successivamente, di esprimere verbalmente il criterio utilizzato per assegnare le etichette categoriali agli esemplari prodotti. L'analisi congiunta di questi diversi tipi di test ha permesso di indagare la relazione esistente tra il livello di consapevolezza circa il criterio utilizzato (e la sua accuratezza) e il tipo di elaborazione alla base delle rappresentazioni formatesi durante l'apprendimento.

L'AFC task, dunque, è un test di produzione che permette di rilevare quei processi coinvolti nell'acquisizione

e nella formazione delle categorie, senza i quali la classificazione di nuove informazioni non potrebbe avvenire.

Anche se questo paradigma sperimentale non permette di rendere conto in maniera esaustiva della categorizzazione nella sua complessità, l'obiettivo di questo lavoro è quello di incoraggiare le ricerche future a procedere in questa direzione. Un esempio di continuazione di questo primo studio effettuato con l'AFC task potrebbe essere, ad esempio, quello di integrare opportunamente compiti di produzione ed altre tipologie di test all'interno di un classico compito di classificazione, con l'ausilio di tecniche che permettono di misurare l'allocatione dell'attenzione o il carico della memoria di lavoro.

Considerando la varietà dei processi che intervengono nella categorizzazione, quali la percezione, l'attenzione, la memoria, fino al ragionamento e al giudizio, assumere un approccio innovativo e multidisciplinare sembra essere una condizione necessaria per una corretta comprensione del fenomeno, oltre che una soluzione perfettamente in linea con lo spirito delle scienze cognitive.

Riferimenti bibliografici

- AHA D.W., KIBLER, D., ALBERT, M.K., (1991) *Instance-based learning algorithms*, «Machine Learning», 6(1):37–66.
- ASHBY F.G., MADDOX W.T., (1998) *Stimulus categorization*, in Birnbaum M.H. (ed.), *Measurement, judgement, and decision making*, New York, Academic Press, pp. 251–301.
- ASHBY, F.G., MADDOX, W.T., (2005) *Human category learning*, «Annual Review of Psychology», 56:149–178.

- BROOKS, L.R., (1978) *Nonanalytic concept formation and memory for instances*, in Rosch E., Lloyd B.B., (ed.) *Cognition and categorization*, Hillsdale, NJ, Erlbaum.
- BRUNER J.S., GOODNOW J.J., AUSTIN G.A., (1956) *A study of thinking*, Wiley, New York.
- COVER T.M., HART P.E., (1967) *Nearest pattern classification*, «IEEE Transaction on Information Theory», 13(1):21–27.
- DONKIN C., NEWELL B.R., KALISH M., DUNN J.C., NOSOF-SKY R.M., (2015) *Identifying strategy use in category learning tasks: A case for more diagnostic data and models*, «Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition», 41(4):933.
- DUDA R., HART P., STORK D., (2001) *Pattern Classification*, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, NY.
- ESTES, W.K., (1986) *Array models for category learning*, «Cognitive Psychology», 18:500–549.
- ESTES W.K., (1994) *Classification and cognition*, New York, Oxford University Press.
- GAGLIARDI F., (2009) *La categorizzazione tra psicologia cognitiva e machine learning: perché è necessario un approccio interdisciplinare*, «Sistemi Intelligenti», 21(3):489–502.
- GAGLIARDI F., (2014) *La naturalizzazione dei concetti: aspetti computazionali e cognitivi*, «Sistemi Intelligenti», 26(2):283–298.
- HITZMAN D.L., (1986) *Schema abstraction in a multiple-trace memory model*, «Psychological Review», 93:411–28.
- GRECO A., MORETTI S., (2017) *Use of evidence in a categorization task: analytic and holistic processes*, «Cognitive Processing», 18(4):431–446.
- HOFFMAN A.B., REHDER B., (2010) *The costs of super-*

- vised classification: The effect of learning task on conceptual flexibility*, «Journal of Experimental Psychology: General», 139(2):319.
- HOMA D., STERLING S., TREPPEL L., (1981) *Limitations of exemplar-based generalization and the abstraction of categorical information*, «Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory», 7(6):418.
- JOHANSEN M K., KRUSCHKE J.K., (2005) *Category representation for classification and feature inference*, «Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition», 31(6):1433.
- KRUSCHKE J.K., (1992) *ALCOVE: An exemplar-based connectionist model of category learning*, «Psychological Review», 99:22–44.
- LAMBERTS K., (2000) *Information-accumulation theory of speeded categorization*, «Psychological Review», 107:227–60.
- LANGLEY P., (1986) *On machine learning*, «Machine Learning», 1(1):5–10.
- MARKMAN A.B., YAMAUCHI T., MAKIN V.S., (1997) *The creation of new concepts: A multifaceted approach to category learning*, in Ward T.B., Smith S.M., Vaid J., (ed.) *Creative thought: An investigation of conceptual structures and processes*, pp. 179–208.
- MARKMAN A.B., ROSS B.H., (2003) *Category use and category learning*, «Psychological Bulletin», 129(4):592–613.
- MEDIN D.L., SCHAFFER M.M., (1978) *Context theory of classification*, «Psychological Review», 85:207–238.
- MICHIE D., SPIEGELHALTER D.J., TAYLOR, C.C., (1994) *Machine learning, neural and statistical classification*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.
- MORETTI S., GRECO A., (2016) *Costruire esempi per scoprire le rappresentazioni: un nuovo metodo d'indagine*

- sulla categorizzazione, in Cruciani M., Gigliotta O., Marocco D., Miglino O., Moretti S., Ponticorvo M., Rubinacci F., (a cura di) *Apprendimento, cognizione e tecnologia*, Atti del convegno mid-term 2016 dell'Associazione Italiana di Scienze Cognitive (AISC), Università Studi di Napoli, pp. 142–149.
- MURPHY G.L., (2002) *The big book of concepts*, Cambridge, MA, The MIT Press.
- NILSSON H., OLSSON H., (2005), *Categorization vs. inference: Shift in attention or in representation?*, in Bara B.G., Barsalou L., Bucciarelli M., (a cura di) *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Cognitive Science Society Stresa, Italy*, Cognitive Science Society, pp. 1642–1647.
- NOSOFSKY R.M., (1986) *Attention, similarity and the identification–categorization relationship*, «Journal of Experimental Psychology: General», 115:39–57.
- POSNER M.I., KEELE S.W., (1968) *On the genesis of abstract ideas*, «Journal of experimental psychology», 77(3p1):353.
- POSNER M.I., KEELE S.W., (1970) *Retention of abstract ideas*, «Journal of Experimental Psychology», 83:304–308.
- REED S.K., (1972) *Pattern recognition and categorization*, «Cognitive psychology», 3(3):382–407.
- RICHARDSON D.C., KIRKHAM N.Z., (2004) *Multimodal events and moving locations: Eye movements of adults and 6-month-olds reveal dynamic spatial indexing*, «Journal of Experimental Psychology, General», 133:46–62.
- RICHARDSON D.C., SPIVEY M.J., (2000) *Representation, space and Hollywood Squares: Looking at things that aren't there anymore*, «Cognition», 76:269–295.
- ROSCH E., (1973) *Natural categories*, «Cognitive Psychol-

- ogy», 4:328–50.
- ROSCH E., (1975) *Cognitive reference points*, «Cognitive Psychology», 7:532–47.
- ROSS B.H., MURPHY G.L., (1999) *Food for thought: Cross-classification and category organization in a complex real-world domain*, «Cognitive psychology», 38(4):495–553.
- RUSSELL S.J., NORVIG P., (2002) *Artificial Intelligence. A Modern Approach*, 2nd ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- SCHOLZ A., VON HELVERSEN B., RIESKAMP J., (2015) *Eye movements reveal memory processes during similarity- and rule-based decision making*, «Cognition», 136:228-246.
- SMITH J.D., MINDA J.P., (1998) *Prototypes in the mist: The early epochs of category learning*, «Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition», 24(6):1411–1430.
- SMITH J.D., MINDA J.P., (2001) *Journey to the center of the category: the dissociation in amnesia between categorization and recognition*, «Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition», 27(4):984–1002.
- TUNNEY R.J., FERNIE, G., (2012) *Episodic and prototype models of category learning*, «Cognitive processing», 13(1):41–54.
- WHITTLESEA B.W., BROOKS L.R., WESTCOTT C., (1994) *After the learning is over: Factors controlling the selective application of general and particular knowledge*, «Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition», 20(2):259.
- WITTEN I.H., FRANK E., (2005) *Data mining practical machine learning tools and techniques with java implementations*, 2nd ed., Morgan Kaufmann, San Francisco.

YAMAUCHI T., MARKMAN A.B., (1998) *Category learning by inference and classification*, «Journal of Memory and Language», 39(1):124–148.