



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DEL SISTEMA NERVOSO E DEL
COMPORTAMENTO

Corso di Laurea Magistrale in Psicologia

**Il Ruolo Della Similarità Acustica Nella Formazione Dei
Falsi Ricordi: Evidenze Da Un Adattamento Uditivo Del
Paradigma DRM.**

Relatore:

Luca Rinaldi

Correlatore:

Carlotta Lega

Tesi di Laurea di
Agostina Morgante

Anno Accademico 2025/2026

INDICE

ABSTRACT	1
CAPITOLO 1: INTRODUZIONE.	3
1.1 I falsi ricordi	5
1.1.2 Meccanismi cognitivi alla base della formazione dei falsi ricordi	7
1.2 Il paradigma Deese-Roediger-McDermott (DRM): origini e funzionamento	10
1.2.1 Rilevanza teorica, vantaggi e limiti del paradigma DRM	12
1.3 La memoria semantica: definizione e organizzazione della conoscenza	14
1.3.1 La memoria semantica come sistema multimodale	16
1.3.2 Modelli contemporanei della rappresentazione semantica	17
1.3.3 Evidenze empiriche a sostegno della multimodalità delle rappresentazioni concettuali	19
1.3.4 Il dominio acustico nella ricerca sui falsi ricordi	23
1.4 Gap di ricerca	26
1.5 Obiettivo dello studio	27
CAPITOLO 2: METODO.....	30
2.1 Partecipanti.....	30
2.2 Materiali.....	30
2.2.1 AudioSet e procedura di selezione degli stimoli acustici	31
2.2.2 Quantificazione della similarità acustica tramite YamNet.....	31
2.2.3 Costruzione delle liste sperimentali mediante False Memory Generator (FMG).....	34
2.3 Procedura sperimentale.....	36
2.4 Analisi dei dati.....	36
2.4.1 Variabili del modello e predittori	37
2.4.2 Struttura del modello statistico e motivazione della scelta modellistica	38
2.4.3 Controlli preliminari	39
CAPITOLO 3: RISULTATI.	40
3.1 Descrizione del dataset analizzato	40
3.2 Probabilità di risposta “vecchio” in funzione del tipo di item	41
3.3 Modello Lineare Generalizzato Misto (GLMM).....	43
3.4 Effetto della similarità acustica sulla probabilità di risposta “vecchio”	44
3.5 Variabilità interindividuale nelle risposte di riconoscimento	46
3.6 Analisi esplorativa delle rappresentazioni YamNet	47
3.6.1 Correlazioni tra layer.....	47
3.6.2 Confronto dei modelli tramite AIC	49
CAPITOLO 4: DISCUSSIONE.....	51
4.1 Interpretazione dei risultati in relazione all’ipotesi di partenza	53
4.2 Confronto con il paradigma DRM classico	55
4.3 Similarità acustica, familiarità e monitoraggio della fonte	57

<i>4.4 Rappresentazioni multimodali e grounded cognition</i>	59
<i>4.5 Confronto con gli studi sulla similarità percettiva.....</i>	62
<i>4.6 Implicazioni teoriche e metodologiche dello studio</i>	64
<i>4.7 Limiti dello studio e prospettive future</i>	66
<i>4.8 Possibili implicazioni applicative</i>	70
<i>CAPITOLO 5: CONCLUSIONI.</i>	73
<i>5.1 Contributo teorico dello studio</i>	74
<i>5.2 Implicazioni per la comprensione della memoria umana</i>	76
<i>5.3 Contributo metodologico e prospettive future</i>	77
<i>5.4 Limiti e considerazioni conclusive.....</i>	78
<i>BIBLIOGRAFIA.....</i>	82

ABSTRACT.

La memoria umana non costituisce una riproduzione fedele degli eventi esperiti, ma un processo ricostruttivo nel quale la similarità tra informazioni può contribuire alla formazione di rappresentazioni e ricordi non corrispondenti all'esperienza effettivamente vissuta. Il paradigma Deese-Roediger-McDermott (DRM) rappresenta uno dei principali strumenti sperimentali per lo studio dei falsi ricordi e ha tradizionalmente indagato il fenomeno attraverso materiale verbale organizzato sulla base di relazioni semantiche. Il presente studio ha esaminato la possibilità di estendere tale paradigma al dominio acustico, verificando se la similarità percettiva tra eventi sonori possa favorire la comparsa di falsi riconoscimenti anche in assenza di una precedente esposizione allo stimolo critico.

A tale scopo, sono stati selezionati stimoli sonori non verbali e la loro similarità acustica è stata quantificata mediante rappresentazioni ottenute attraverso un modello computazionale basato su reti neurali. Un gruppo di partecipanti ha ascoltato liste di suoni durante una fase di codifica, seguita da un compito di riconoscimento nel quale erano presenti sia stimoli precedentemente presentati sia stimoli nuovi, comprendenti *critical lures* e *unrelated lures*. L'ipotesi di ricerca prevedeva che gli stimoli acusticamente più simili agli eventi precedentemente ascoltati fossero maggiormente soggetti a falsi riconoscimenti e che i *critical lures* suscitassero una maggiore sensazione di familiarità rispetto agli stimoli non correlati.

I risultati hanno mostrato un andamento coerente con entrambe le previsioni. Gli stimoli caratterizzati da una maggiore similarità acustica rispetto agli stimoli codificati tendevano a essere riconosciuti come già presentati più frequentemente rispetto agli stimoli acusticamente

meno simili. Inoltre, i *critical lures*, pur non essendo mai stati presentati durante la fase di codifica, risultavano maggiormente suscettibili a giudizi di familiarità rispetto agli *unrelated lures*. Nel complesso, tali evidenze indicano che la similarità acustica può contribuire alla formazione di errori sistematici di riconoscimento, suggerendo che i processi alla base dei falsi ricordi non siano necessariamente vincolati alla presenza di associazioni linguistiche o semantiche.

I risultati ampliano pertanto la letteratura sul paradigma DRM e forniscono un contributo alla comprensione dei meccanismi di distorsione della memoria in un dominio percettivo non verbale. In particolare, essi sono compatibili con una concezione della memoria come sistema ricostruttivo e sensibile alla similarità tra rappresentazioni, nel quale la generalizzazione delle informazioni percettive può favorire sia un'efficiente organizzazione dell'esperienza sia, in determinate condizioni, l'attribuzione erronea di familiarità a eventi mai effettivamente vissuti. Pur richiedendo ulteriori verifiche attraverso campioni più ampi, misure della similarità percettiva complementari e paradigmi maggiormente ecologici, i risultati suggeriscono che la formazione dei falsi ricordi possa essere considerata un fenomeno più generale e multimodale di quanto evidenziato dagli studi tradizionalmente centrati sul materiale verbale.

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE.

La memoria umana non costituisce un sistema di registrazione letterale dell'esperienza, ma un processo costruttivo e ricostruttivo, suscettibile di distorsioni, omissioni ed errori di commissione. All'interno della ricerca psicologica, uno dei fenomeni più rilevanti in questa direzione è rappresentato dai falsi ricordi, ossia il ricordo di eventi, dettagli o stimoli che non sono realmente accaduti o che non sono mai stati effettivamente presentati (Steffens & Mecklenbräuker, 2007). La letteratura offre un'ampia testimonianza di come tali distorsioni possano emergere in molteplici contesti: nella memoria autobiografica, nella memoria per dettagli di eventi osservati, nella testimonianza oculare e, in maniera particolarmente controllata, in paradigmi sperimentali di laboratorio fondati su liste di parole semanticamente associate (Loftus et al., 1995; Steffens & Mecklenbräuker, 2007). Tra questi paradigmi, il Deese–Roediger–McDermott (DRM) occupa una posizione centrale. Introdotto originariamente da Deese (1959) e successivamente riadattato da Roediger e McDermott (1995), esso consente di osservare in modo affidabile la tendenza dei partecipanti a ricordare o riconoscere parole mai presentate, ma fortemente correlate alle parole effettivamente studiate. Il paradigma DRM è diventato uno strumento cruciale nello studio dei processi che portano alla formazione di falsi ricordi, poiché consente di analizzare con precisione sperimentale il ruolo dell'associazione semantica, dell'attivazione automatica, del monitoraggio della fonte e dei processi di ricostruzione mnemonica (Gallo, 2006; Roediger et al., 2001; Steffens & Mecklenbräuker, 2007).

La centralità delle relazioni semantiche nel DRM si inserisce in una concezione della memoria semantica che, nel corso del tempo, si è progressivamente allontanata dall'idea di un sistema

statico e amodale costituito esclusivamente da conoscenze linguistiche. Le prospettive contemporanee suggeriscono infatti che le rappresentazioni concettuali possano integrare informazioni provenienti da molteplici fonti, comprese caratteristiche percettive, sensomotorie e contestuali (Kumar, 2021; Yee et al., 2018). In questa prospettiva, la relazione tra due stimoli non deve necessariamente essere definita soltanto attraverso la loro associazione linguistica: proprietà percettive condivise possono contribuire alla costruzione e all'attivazione delle rappresentazioni concettuali.

Questa considerazione apre una questione rilevante per lo studio dei falsi ricordi. Se l'attivazione di rappresentazioni correlate costituisce uno dei processi attraverso cui gli stimoli studiati possono favorire il successivo riconoscimento di informazioni non presentate, allora è possibile chiedersi se tale attivazione possa essere sostenuta anche da forme di similarità diverse da quello semantico-verbale. In particolare, qualora le rappresentazioni concettuali incorporino anche informazioni percettive, le proprietà acustiche associate agli oggetti e agli eventi potrebbero contribuire alla definizione delle relazioni tra stimoli e, di conseguenza, influenzare i processi di riconoscimento.

Il presente lavoro di ricerca si colloca all'interno di questa prospettiva. L'obiettivo è verificare se la similarità acustica tra stimoli non verbali possa favorire falsi riconoscimenti all'interno di un paradigma ispirato alla logica del DRM. A differenza del paradigma classico, nel quale le liste vengono costruite sulla base di relazioni semantico-associative tra parole, il presente studio utilizza una misura computazionale della similarità acustica per organizzare gli stimoli all'interno di uno spazio rappresentazionale. In questo modo, la ricerca intende verificare se una struttura di similarità fondata sulle caratteristiche sonore possa sostenere un fenomeno

analogo a quello osservato nel DRM tradizionale. Il passaggio dal DRM classico al dominio acustico costituisce pertanto il filo conduttore dell'elaborato: partendo dalla letteratura sui falsi ricordi e dai meccanismi associativi che ne sostengono la formazione, il lavoro considera la natura multimodale della memoria semantica e si concentra quindi sulla possibilità che anche la similarità acustica rappresenti una dimensione rilevante nell'organizzazione e nell'attivazione delle rappresentazioni coinvolte nel riconoscimento.

1.1 I falsi ricordi

La memoria non costituisce una registrazione fedele e immutabile dell'esperienza, ma un processo ricostruttivo nel quale le informazioni vengono recuperate e integrate sulla base delle tracce disponibili e delle conoscenze pregresse. In tale prospettiva, gli errori di memoria non rappresentano necessariamente un malfunzionamento del sistema, ma possono emergere come conseguenza dei normali processi di ricostruzione e integrazione dell'informazione (Bruner, 1997; Steffens & Mecklenbräuker, 2007).

L'interesse scientifico per le distorsioni mnesiche ha origini storiche che risalgono agli studi di Bartlett (1932), il quale evidenziò il carattere ricostruttivo dei ricordi. Tuttavia, la maggior parte delle prime evidenze sperimentali in materia proveniva da materiali complessi quali racconti, frasi o eventi rappresentati attraverso schemi narrativi. Ciò ha portato a pensare, per lungo tempo, che effetti significativi di false memorie emergessero principalmente quando il materiale da ricordare possedeva una struttura semantica ben definita e coerente. Una svolta, che segnerà l'inizio dell'era moderna della ricerca sui falsi ricordi, arriva negli anni '70 grazie al contributo della psicologa cognitiva statunitense Elizabeth Loftus. Attraverso i suoi studi pionieristici

sull'effetto della disinformazione, la Loftus ha dimostrato sperimentalmente quanto la memoria umana sia malleabile, e come si possono inserire al suo interno ricordi errati di fatti o eventi mai avvenuti semplicemente ponendo domande con una specifica terminologia: informazioni fuorvianti introdotte dopo l'evento possono essere successivamente confuse con l'esperienza originaria, dando origine al cosiddetto *misinformation effect* (Loftus et al., 1995; Mitchell & Zaragoza, 1996). La letteratura psicologica sui falsi ricordi si è poi ampliata sempre di più, indagando la loro presenza in diversi domini. Un filone di ricerca, ad esempio, si è incentrato sulla possibilità di indurre falsi ricordi autobiografici o di interi eventi, anche negli adulti, attraverso suggestione, immaginazione guidata o l'utilizzo di materiali foto/video manipolati (Hyman et al., 1995; Lindsay et al., 2004; Wade et al., 2002; Steffens & Mecklenbräuker, 2007).

In termini generali, un falso ricordo può essere definito come l'esperienza soggettiva di ricordare qualcosa che, di fatto, non è mai avvenuto, oppure che non è stato effettivamente presentato nella forma in cui viene ricordato (Steffens & Mecklenbräuker, 2007). In ambito sperimentale, questa definizione viene solitamente operazionalizzata come il richiamo o il riconoscimento errato di un item critico non studiato ma associato agli item presentati. Un contributo fondamentale allo studio sperimentale dei falsi ricordi è stato fornito dal paradigma sviluppato da Deese (1959) e successivamente ripreso da Roediger e McDermott (1995). Nel paradigma DRM i partecipanti apprendono parole come *bed*, *rest*, *awake*, *dream*, e successivamente ricordano o riconoscono erroneamente la parola *sleep*, che è vicina semanticamente alle altre ma, di fatto, non era mai stata presentata (Roediger & McDermott, 1995). Tale operazionalizzazione offre un vantaggio metodologico importante: a differenza di molti contesti naturalistici, in laboratorio è possibile determinare con certezza ciò che è stato

presentato e ciò che non lo è stato, permettendo così di osservare in maniera controllata la differenza tra l'esperienza reale e il ricordo riportato (Steffens & Mecklenbräuker, 2007).

Il paradigma DRM ha avuto un ruolo essenziale nel portare la ricerca sui falsi ricordi in laboratorio, in modo semplice, riproducibile e ad alta controllabilità sperimentale (Gallo, 2006; Roediger e McDermott, 1995). Nei loro esperimenti, Roediger e McDermott dimostrarono come i partecipanti non solo menzionavano spontaneamente il termine critico durante il richiamo libero, ma lo riconoscevano successivamente con elevata sicurezza, spesso con giudizi analoghi a quelli riservati agli item realmente studiati. Gli autori notarono inoltre che i partecipanti riferivano frequentemente un'esperienza soggettiva di ricordo degli item non presentati, suggerendo che l'effetto non fosse semplicemente dovuto a una sensazione di familiarità, ma a una reale illusione mnesica (Roediger e McDermott, 1995).

La definizione sperimentale del falso ricordo nel DRM permette pertanto di distinguere chiaramente tra l'esperienza effettivamente avvenuta e la rappresentazione successivamente recuperata. Tale distinzione rende il paradigma particolarmente adatto a indagare i processi attraverso cui le relazioni tra gli stimoli possono favorire l'attivazione di informazioni non presentate e influenzarne il successivo riconoscimento.

1.1.2 Meccanismi cognitivi alla base della formazione dei falsi ricordi

La formazione dei falsi ricordi nel paradigma DRM può essere interpretata alla luce di diversi meccanismi cognitivi. Roediger e McDermott (1995) ripresero l'ipotesi delle risposte associative implicite avanzata da Underwood (1965), la quale sostiene che durante la codifica

delle parole studiate vengono automaticamente attivate rappresentazioni associate che possono includere anche il termine critico presentato, e questa associazione può avvenire senza che il soggetto ne sia consapevole. La presentazione di diversi elementi associati convergerebbe così sull'attivazione dello stesso concetto, aumentandone l'accessibilità in memoria e favorendone il successivo recupero o riconoscimento errato (Underwood, 1965; Roediger e McDermott, 1995). In aggiunta a ciò, gli autori evidenziarono il possibile ruolo dei processi di monitoraggio della fonte sostenendo che i partecipanti potrebbero ricordare di aver pensato al termine critico durante la fase di studio, o durante una precedente prova di richiamo, attribuendo erroneamente tale esperienza mentale alla sua effettiva presentazione. In tal caso, il falso ricordo deriverebbe da un errore nel discriminare l'origine dell'informazione recuperata (Roediger e McDermott, 1995).

In questa direzione si colloca il lavoro di Gallo (2004), che ha approfondito il ruolo delle strategie di monitoraggio nella creazione dei falsi riconoscimenti. Partendo da una proposta di Tulving, l'autore sostiene che il recupero di informazioni corrette può talvolta essere utilizzato per rifiutare un'esca mnesica, attraverso un processo che chiama *recall-to-reject*. Tale meccanismo presuppone che il soggetto utilizzi il ricordo degli elementi effettivamente studiati come criterio per valutare la plausibilità del materiale recuperato durante il test. In altre parole, ricordo qualcosa ed è proprio grazie a quel ricordo che capisco che l'esca non era presente. Gallo (2004) distingue due diversi meccanismi di questo processo che sono il *disqualifying recall-to-reject* e il *diagnostic recall-to-reject*. Il *recall* disqualificante funziona attraverso un processo strategico in cui l'esca viene eliminata automaticamente; il *recall* diagnostico, invece, implica un confronto tra la qualità delle informazioni recuperate per gli item studiati e quella associata all'esca, che viene rifiutata quando il supporto mnesico risulta meno convincente. In

questo caso parliamo di un processo inferenziale, dove non esiste alcuna regola logica poiché il soggetto confronta la qualità dei ricordi (Gallo, 2004). Tuttavia, i risultati sperimentali mostrano che tali strategie risultano efficaci soltanto in condizioni specifiche e che il semplice richiamo di parte del materiale studiato non è sempre sufficiente ridurre i falsi riconoscimenti. Queste osservazioni suggeriscono che la formazione dei falsi ricordi dipende dall'integrazione tra processi che favoriscono l'attivazione di informazioni non presentate e processi di controllo volti a valutare la loro origine. Quando i meccanismi di monitoraggio non riescono a distinguere adeguatamente tra informazioni realmente esperite e informazioni generate internamente, aumenta la possibilità che le ultime vengano erroneamente associate all'episodio di studio.

Un altro meccanismo fortemente utilizzato per spiegare la genesi dei falsi ricordi è quello della *spreading activation*, ossia l'attivazione automatica che si propaga all'interno di una rete associativa semantica. Nel DRM, la presentazione di molte parole associate ad uno stesso concetto critico può attivare internamente la rappresentazione della parola non studiata, aumentandone così la familiarità e la probabilità di un successivo richiamo o riconoscimento errato (McDermott & Watson, 2001; Roediger et al., 2001; Steffens & Mecklenbräuer, 2007). La *backward associative strength* (forza delle associazioni all'indietro) tra gli item di una lista e l'esca mnesica costituisce uno dei maggiori predittori della probabilità di falsi ricordi (Roediger et al., 2001; Anaki et al., 2005).

Infine, un terzo elemento teorico riguarda la natura ricostruttiva della memoria. Secondo questa prospettiva, anticipata da Bartlett e successivamente ripresa in molte teorie contemporanee, gli eventi non vengono immagazzinati come copie fedeli, ma vengono ricostruiti in fase di recupero sulla base di conoscenze pregresse, schemi e tracce parziali (Steffens & Mecklenbräuer, 2007).

Tale idea è coerente sia con la *Fuzzy Trace Theory*, modello cognitivo a doppio processo che sostiene che gli eventi vengono codificati secondo due rappresentazioni mnemoniche indipendenti quali la trascrizione letterale dell'esperienza (*verbatim*) e il significato essenziale (*gist*), sia con approcci più integrativi, come il *Constructive Memory Framework*, dove errori e distorsioni possono derivare da processi di integrazione incompleta, sovrapposizione tra episodi o uso di indizi di recupero non perfettamente specifici (Brainerd & Reyna, 2002, 2004; Schacter et al., 1998; Steffens & Mecklenbräuer, 2007).

Nel loro insieme, questi meccanismi convergono nell'idea che i falsi ricordi non siano un semplice errore o malfunzionamento casuale della memoria, ma piuttosto il prodotto dei normali processi attraverso cui il sistema cognitivo integra, generalizza, infierisce e attribuisce significato all'esperienza. Questa osservazione è particolarmente rilevante per il presente lavoro: se la relazione tra gli stimoli studiati e una rappresentazione non presentata può favorirne l'attivazione, diventa teoricamente plausibile chiedersi se tale relazione deve necessariamente essere di natura semantico-verbale oppure possa essere sostenuta anche da proprietà percettive condivise. In particolare, la possibilità che caratteristiche acustiche comuni contribuiscono all'attivazione di rappresentazioni correlate costituisce una delle premesse teoriche alla base del presente studio.

1.2 Il paradigma Deese-Roediger-McDermott (DRM): origini e funzionamento

Il paradigma DRM trae origine dallo studio di Deese (1959), il quale osservò come alcune liste di parole associate a un termine non presentato producessero frequentemente intrusioni durante il richiamo libero. Deese costruì liste di parole composte dai termini maggiormente associativi

di una parola critica non presentata e mostrò che, in alcune condizioni, i partecipanti riportavano spontaneamente proprio quel termine critico come se fosse stato precedentemente studiato (Deese, 1959). Il paradigma venne poi ripreso da Roediger e McDermott (1995) che ne evidenziarono la straordinaria efficacia nel produrre false memorie sia in richiamo che in riconoscimento. Gli esperimenti effettuati dagli autori mostravano infatti alti tassi di falsi richiami e falsi riconoscimenti delle parole critiche non presentate, che venivano identificate dai partecipanti con un forte grado di sicurezza comparabile a quello riservato agli item effettivamente studiati. Inoltre, una quota significativa di false memorie era accompagnata da giudizi *remember*, suggerendo una vera e propria esperienza fenomenologica di ricordo, e non una semplice impressione di familiarità (Roediger & McDermott, 1995). Il DRM è diventato così uno dei paradigmi maggiormente utilizzati per l'analisi sperimentale dei falsi ricordi (Gallo, 2006; Pardilla-Delgado & Payne, 2017).

Nella sua formulazione classica, il DRM si fonda quindi su una struttura di relazioni semantico-associative. I partecipanti apprendono liste di parole fortemente associate a una *lure*¹ critica non presentata. Al successivo test di memoria, la *critical lure* viene presentata insieme agli item studiati e a stimoli non correlati. La maggiore probabilità di riconoscimento della *critical lure* rispetto agli stimoli non correlati costituisce l'indice principale dell'illusione mnestica (Roediger & McDermott, 1995; Gallo, 2006).

L'aspetto teoricamente rilevante per il presente lavoro è che, nella maggior parte delle sue applicazioni, il DRM utilizza la relazione semantico-verbale come principio organizzativo delle

¹ Il termine *lure* (letteralmente “esca”) indica, nei paradigmi di memoria, uno stimolo nuovo inserito nel test di riconoscimento per verificare se il soggetto lo identifichi erroneamente come già visto o udito.

liste. La similarità tra gli stimoli viene quindi definita attraverso associazioni linguistiche e concettuali, e proprio questa struttura permesso di studiare il ruolo dell'attivazione associativa e della diffusione dell'attivazione nella formazione di falsi ricordi (Roediger et al., 2001; Gallo, 2006).

La logica del paradigma, tuttavia, non richiede necessariamente che la relazione tra gli stimoli sia definita in termini linguistici. Ciò che risulta centrale è la presenza di una struttura di similarità sufficientemente forte da rendere una rappresentazione non presentata più accessibile durante il successivo riconoscimento. Questa caratteristica del DRM apre la possibilità di estendere la sua logica a forme differenti di relazioni tra gli stimoli, mantenendo al tempo stesso il principio fondamentale del confronto tra elementi studiati, *lure* correlate e stimoli non correlati.

1.2.1 Rilevanza teorica, vantaggi e limiti del paradigma DRM

Il paradigma DRM rappresenta uno degli strumenti maggiormente impiegati nello studio sperimentale dei falsi ricordi, e questo grazie alla sua capacità di generare in modo affidabile e replicabile errori di memoria in condizioni altamente controllate. Tuttavia, la sua diffusione nella ricerca è dovuta principalmente alla possibilità di analizzare in maniera sistematica i processi cognitivi coinvolti nella formazione delle false memorie (Gallo, 2006).

Dal punto di vista metodologico, il paradigma offre numerosi vantaggi. Primo fra tutti quello di essere relativamente semplice da realizzare, altamente standardizzabile e richiede tempi di somministrazione brevi (Pardilla Delgado & Payne, 2017). Consente inoltre un elevato controllo

sperimentale sul materiale presentato e permette di distinguere con precisione gli item effettivamente studiati dalle informazioni erroneamente ricordate o riconosciute. Tali caratteristiche ne hanno favorito l'impiego in molteplici ambiti della ricerca, tra cui lo studio delle differenze individuali, dello sviluppo cognitivo, dell'invecchiamento, della psicopatologia e dei correlati neurali della memoria (Gallo, 2006; Kumar, 2021).

Oltre a questi vantaggi, però, il DRM presenta alcuni limiti interpretativi. Il principale riguarda la validità ecologica del paradigma: secondo alcuni studiosi le false memorie generate attraverso liste di parole semanticamente associate non possono essere considerate equivalenti ai falsi ricordi autobiografici o agli errori di testimonianza che rappresentano situazioni più complesse dove entrano in gioco fattori emotivi, sociali e contestuali che non ritroviamo in contesti di laboratorio. Pertanto, i risultati ottenuti attraverso il DRM devono essere interpretati come indicativi dei processi cognitivi coinvolti nella creazione di falsi ricordi, e non come una riproduzione diretta delle forme di falsa memoria della vita quotidiana (Gallo, 2010). Un altro limite del paradigma DRM riguarda la natura del materiale utilizzato. Sebbene il paradigma sia stato adattato a differenti modalità di presentazione, la sua formulazione classica si basa prevalentemente su materiale verbale organizzato attraverso relazioni semantico-associative. La modalità acustica, quando considerata, è stata generalmente utilizzata come canale di presentazione delle parole, piuttosto che come dimensioni percettiva autonoma sulla quale costruire la struttura di similarità tra gli stimoli. Di conseguenza, rimane relativamente inesplorata la possibilità che una relazione fondata sulle caratteristiche acustiche degli stimoli possa sostenere che un fenomeno di falso riconoscimento analogo a quello prodotto dalle relazioni semantico-verbali del DRM classico.

Questo limite assume particolare rilevanza alla luce delle concezioni contemporanee della rappresentazione concettuale, secondo le quali il significato può integrare informazioni provenienti da molteplici modalità percettive oltre a quelle linguistiche (Kumar, 2021; Yee et al., 2018). Se le rappresentazioni coinvolte nei processi cognitivi non sono esclusivamente linguistiche, allora la struttura di similarità rilevante per la memoria potrebbe non essere limitata alle relazioni tra parole o concetti, ma includere anche proprietà percettive condivise.

Proprio perché il DRM è stato sviluppato e prevalentemente utilizzato su materiale verbale, resta aperta la questione se una struttura di similarità differente possa sostenere fenomeni analoghi di falso riconoscimento. Il presente lavoro affronta questa questione considerando la similarità acustica come possibile principio organizzativo delle liste sperimentali. L'obiettivo non è replicare il DRM classico in un'altra modalità di presentazione, ma verificare se la logica fondamentale del paradigma, ovvero la maggiore probabilità di riconoscere uno stimolo nuovo quando esso è fortemente correlato agli item studiati, possa essere estesa una relazione definita in termini acustici.

1.3 La memoria semantica: definizione e organizzazione della conoscenza

La memoria semantica rappresenta il sistema cognitivo responsabile della conservazione e dell'organizzazione delle conoscenze generali sul mondo. Essa comprende concetti, categorie, significati linguistici, proprietà degli oggetti, relazioni tra eventi e nozioni che possono essere richiamati senza tenere conto del contesto specifico in cui sono stati appresi. La formulazione teorica più rilevante di tale sistema risale a Tulving (1972), il quale propose una suddivisione tra memoria episodica e memoria semantica all'interno della memoria dichiarativa. Secondo

questa prospettiva, la memoria episodica conserva informazioni riguardanti eventi personali localizzati in un contesto spazio temporale definito, mentre la memoria semantica raccoglie conoscenze decontestualizzate riguardanti il mondo, gli oggetti e i loro significati, come il fatto che uno struzzo appartenga alla categoria degli uccelli o che un cane sia un animale domestico (Kumar, 2021). Sebbene tale distinzione abbia esercitato un enorme impatto sulla ricerca cognitiva e neuropsicologica, studi successivi come quello dei neuroscienziati Squire e Zola del 1998, hanno dimostrato come i due sistemi siano in realtà strettamente interconnessi e dipendenti dalla stessa struttura cerebrale, ossia il lobo temporale mediale. In particolare, numerose evidenze indicano che la conoscenza semantica si sviluppi gradualmente a partire dall'accumulo di esperienze individuali, attraverso processi di estrazione delle regolarità e delle caratteristiche comuni tra episodi diversi (Squire & Zola, 1998; Yee et al., 2018). Pertanto, la memoria semantica può essere considerata come il prodotto di un processo di astrazione che consente di trasformare esperienze specifiche in conoscenze generali relativamente stabili.

L'astrazione costituisce di fatto una delle funzioni fondamentali della memoria semantica, ed è anche un principio particolarmente rilevante per la presente ricerca. Attraverso l'esperienza, il sistema cognitivo può individuare regolarità condivise tra episodi differenti e costruire rappresentazioni che riflettono le caratteristiche ricorrenti di oggetti ed eventi (Yee et al., 2018). La conoscenza concettuale consente quindi di generalizzare oltre la singola esperienza e di stabilire relazioni tra stimoli sulla base di proprietà condivise. La rappresentazione di un concetto non deve pertanto essere considerata necessariamente come una semplice etichetta linguistica, ma come il risultato dell'integrazione di informazioni derivanti dall'esperienza.

1.3.1 La memoria semantica come sistema multimodale

Negli ultimi decenni, la ricerca ha gradualmente abbandonato l'idea che la memoria semantica costituisca un archivio amodale e indipendente dai sistemi percettivi. In particolare, le teorie della cognizione incarnata hanno proposto che le rappresentazioni concettuali siano almeno in parte radicate nei sistemi sensoriali e motori coinvolti durante l'esperienza originaria. Secondo la teoria dei sistemi simbolici percettivi proposta da Barsalou (1999), la conoscenza concettuale è il risultato della riattivazione parziale delle tracce percettive e motorie associate a precedenti interazioni col mondo. In questo contesto, comprendere un concetto significa recuperare informazioni legate alle modalità sensoriali con cui il concetto stesso è stato appreso in origine. Numerose evidenze dalla neuropsicologia e dalle neuroscienze cognitive hanno successivamente confermato questa visione, rivelando il coinvolgimento di aree sensoriali e motorie durante il processo di elaborazione semantica (Yee et al., 2018). Tuttavia, la distribuzione delle informazioni concettuali tra diversi sistemi neurali pone la questione di come tali informazioni vengano integrate in rappresentazioni coerenti. A tal proposito, Patterson, Nestor e Rogers (2007) hanno suggerito che alcune aree del cervello funzionino come hub semantici, permettendo la convergenza e l'integrazione di informazioni provenienti da più modalità. Tra questi il lobo temporale anteriore si è rivelato cruciale per la creazione di rappresentazioni concettuali unificate. Secondo questa prospettiva, la conoscenza semantica emerge dall'interazione tra rappresentazioni distribuite e meccanismi di integrazione che consentono di combinare informazioni percettive, motorie e linguistiche in concetti coerenti.

Le rassegne contemporanee mostrano quindi come la rappresentazione semantica appaia sempre più compatibile con una visione multimodale, nella quale il significato di una parola o

di un concetto emerge dall'integrazione di informazioni linguistiche, percettive, sensorimotorie e contestuali (Kumar, 2021; Yee et al., 2018). In tale prospettiva, conoscere il significato di un oggetto o di un evento non equivale semplicemente a possedere un'etichetta verbale, ma implica anche l'accesso a proprietà quali forma, colore, funzione, modo d'uso, suono, collocazione in eventi tipici e, in alcuni casi, valore affettivo o interocettivo (Yee et al., 2018; Kumar, 2021). Questa impostazione è coerente con le evidenze che mostrano come differenti caratteristiche dei concetti siano supportate da sistemi neurali e cognitivi che, pur essendo parzialmente distinti, interagiscono tra loro. Inoltre, mostra come il recupero semantico può variare in funzione del contesto, delle richieste del compito e dei processi attentivi coinvolti (Kumar, 2021; Yee et al., 2018).

1.3.2 Modelli contemporanei della rappresentazione semantica

Sul piano teorico e computazionale, la ricerca ha sviluppato numerosi modelli per rappresentare il significato. Kumar (2021) distingue tre grandi gruppi: modelli a rete semantica, modelli *feature-based* e modelli distribuzionali della semantica. Il primo si basa sulle reti semantiche e descrive i concetti come nodi collegati tra loro da relazioni associative. Di conseguenza, le conoscenze semantiche sono organizzate in una struttura reticolare in cui l'attivazione di un concetto può propagarsi automaticamente verso concetti correlati attraverso il meccanismo della *spreading activation*. Secondo tale processo, l'elaborazione di una parola, ad esempio, determina l'attivazione non solo della sua rappresentazione specifica, ma anche di rappresentazioni semanticamente vicine. Questo modello si è rivelato fondamentale per spiegare fenomeni quali il priming semantico e l'accesso lessicale, fornendo un'interpretazione chiara dell'organizzazione della conoscenza concettuale. L'approccio dei modelli *feature-*

based, invece, sostiene che il significato di un concetto deriva dall'insieme delle proprietà che lo caratterizzano: le categorie o gli oggetti vengono rappresentati tramite configurazioni di attributi che sono sia comuni che distintivi, e il livello di somiglianza tra i concetti dipende dalla quantità di caratteristiche condivise. In quest'ottica, la vicinanza semantica tra due concetti è il risultato della sovrapposizione delle loro proprietà rappresentative, consentendo così di spiegare fenomeni quali la categorizzazione e gli effetti di tipicità osservati durante i compiti cognitivi. Infine, i modelli distribuzionali della semantica (*Distributional Semantic Models*, DSM) sono quelli a cui Kumar dedica maggiore attenzione nel suo lavoro, e rappresentano uno degli sviluppi più influenti della ricerca contemporanea. Tali modelli si fondano sull'ipotesi che il significato di una parola può essere inferito dai contesti linguistici nei quali essa compare. Vale a dire che parole che tendono a trovarsi frequentemente in contesti simili sviluppano rappresentazioni semantiche affini. Pertanto, il significato non è determinato da un elenco predefinito di caratteristiche o da collegamenti esplicitamente codificati, ma si rivela tramite le regolarità statistiche riscontrabili nell'esperienza linguistica. Secondo questa prospettiva, la conoscenza semantica si costruisce progressivamente attraverso l'esposizione al linguaggio e il legame che intercorre tra le parole.

Tuttavia, Kumar evidenzia come una spiegazione esclusivamente linguistica del significato sia insufficiente a rendere conto della complessità delle rappresentazioni concettuali umane. Infatti, i concetti non includono soltanto informazioni verbali, ma anche elementi percettivi, sensoriali e motori derivanti dall'esperienza diretta con l'ambiente che ci circonda. Pensare a un oggetto come un limone, ad esempio, non implica soltanto l'attivazione della parola corrispondente, ma anche di informazioni relative al colore, alla forma, all'odore e al sapore. In tale prospettiva, la

memoria semantica assume una natura intrinsecamente multimodale, integrando informazioni provenienti da differenti sistemi cognitivi e percettivi (Kumar, 2021).

Questa cornice teorica è di particolare importanza per la presente ricerca in quanto dimostra che la similarità tra rappresentazioni può essere formalizzata anche in uno spazio non esclusivamente verbale. La relazione tra due stimoli può infatti essere definita attraverso la prossimità tra le loro rappresentazioni vettoriali, permettendo di quantificare in maniera continua la somiglianza tra elementi sulla base delle caratteristiche che il modello ha appreso. Nel presente studio la logica adottata è proprio questa: anziché assumere che la relazione rilevante tra gli stimoli debba essere necessariamente linguistica o associativa, si considera la possibilità di rappresentare quantitativamente una specifica dimensione percettiva, quella acustica, e di utilizzarla per costruire una struttura di similarità tra gli stimoli.

1.3.3 Evidenze empiriche a sostegno della multimodalità delle rappresentazioni concettuali

L'ipotesi avanzate dai modelli multimodali hanno ricevuto un importante supporto empirico da studi che hanno esaminato direttamente il contributo delle informazioni percettive all'elaborazione semantica. In particolare, l'analisi condotta da Petilli e colleghi (2021) si è concentrata sul ruolo della somiglianza linguistica e visiva nei processi di *priming* semantico, utilizzando modelli computazionali estratti sia da corpora linguistici che da reti neurali convoluzionali addestrate su immagini. I risultati hanno mostrato che la similarità visiva contribuisce a predire la facilitazione semantica anche in compiti puramente linguistici, suggerendo che le rappresentazioni concettuali includono informazioni percettive che vengono attivate automaticamente durante elaborazione del significato. Tali risultati risultano coerenti

con la prospettiva della *grounded cognition*, secondo la quale i concetti non sono entità amodali indipendenti dall'esperienza, ma rappresentazioni radicate nelle interazioni percettive e motorie che gli individui instaurano con l'ambiente (Yee et al., 2018). In questa prospettiva, comprendere il significato di una parola implica il recupero, almeno parziale, delle esperienze percettive collegate al referente del concetto mediante processi di simulazione che attivano i sistemi cognitivi originariamente impiegati durante l'esperienza diretta.

Come evidenziato da Kumar (2021), uno dei principali limiti dei modelli semantici tradizionali riguarda il cosiddetto *grounding problem*, ossia la difficoltà di spiegare come i simboli linguistici acquisiscono significato. Se si considerasse il significato esclusivamente come un insieme di relazioni tra parole, allora sarebbe davvero difficile capire come le rappresentazioni concettuali si colleghino al mondo reale. Ed è proprio per questo che numerosi modelli contemporanei sostengono che la conoscenza semantica integri informazioni provenienti da differenti modalità percettive, dando origine a rappresentazioni intrinsecamente multimodali (Kumar, 2021).

Secondo Yee e colleghi (2018), la *grounded cognition* non rappresenta una teoria unitaria, ma piuttosto un insieme di approcci accomunati dall'idea secondo cui i processi cognitivi siano profondamente influenzati dai sistemi percettivi e motori. Gli autori evidenziano come le rappresentazioni concettuali siano il risultato dell'integrazione di molteplici fonti di informazione e come le evidenze empiriche raccolte negli ultimi decenni abbiano dimostrato un coinvolgimento sistematico di conoscenze percettive durante l'elaborazione semantica. In particolare, appare che le informazioni relative a caratteristiche visive, motorie, tattili, uditive

e contestuali degli oggetti giochino un ruolo importante nella rappresentazione dei concetti e nella loro attivazione durante il processamento linguistico (Yee et al., 2018).

Una delle principali implicazioni di tale prospettiva è che l'elaborazione concettuale non sarebbe influenzata solo dalle relazioni linguistiche tra parole. A sostegno di questa ipotesi, Petilli e colleghi (2021) hanno analizzato il contributo indipendente della similarità linguistica e della similarità visiva nel processo di elaborazione semantica. Gli autori osservano che molti degli studi precedenti si sono basati su giudizi soggettivi di similarità, limitandosi a spiegare un fenomeno comportamentale attraverso un altro fenomeno comportamentale. Per superare questo limite, hanno adottato un approccio computazionale fondato su modelli distribuzionali del linguaggio e reti neurali con rivoluzionari addestrati rispettivamente su grandi corpora testuali e su ampi database di immagini. Secondo gli autori, tale approccio permette di ottenere misure di similarità direttamente dall'esperienza linguistica e percettiva, senza ricorrere a valutazioni esplicite dei partecipanti (Petilli et al., 2021).

I risultati dello studio hanno mostrato che la similarità visiva tra i referenti di due parole contribuisce a predire gli effetti di *priming* semantico anche in compiti puramente linguistici, nei quali non è richiesta ai partecipanti alcuna elaborazione percettiva diretta (Petilli et al., 2021). Tale evidenza secondo gli autori è coerente con l'ipotesi della simulazione percettiva, secondo cui le informazioni sensomotorie vengono attivate automaticamente durante il processo di elaborazione concettuale. In particolare, Petilli e colleghi sostengono che, se la simulazione percettiva è una parte comune dell'elaborazione semantica, la somiglianza visiva tra prime e target dovrebbe influenzare il comportamento più della semplice similarità

linguistica. I risultati ottenuti confermano questa previsione, suggerendo che le informazioni percettive partecipano attivamente alla rappresentazione e all'elaborazione del significato.

Un ulteriore elemento di interesse emerge dall'osservazione che le rappresentazioni linguistiche e quelle percettive sembrano contribuire in modo parzialmente indipendente ai processi cognitivi. Petilli e collaboratori (2021) riportano infatti evidenze che dimostrano come i modelli basati sulle immagini e quelli basati sul linguaggio colgano aspetti diversi della comprensione concettuale. Questa conclusione risulta in linea con i risultati ottenuti da precedenti ricerche neuroscientifiche che mostrano l'attivazione di aree cerebrali distinte in relazione alle proprietà linguistiche e percettive dei concetti. Complessivamente, questi risultati suggeriscono che la rappresentazione semantica non possa essere ridotta né a una struttura esclusivamente linguistica né a una semplice simulazione percettiva, ma debba essere concepita come il prodotto dell'integrazione di molteplici fonti di informazione.

La natura multimodale delle rappresentazioni concettuali trova ulteriori prove a sostegno negli studi recenti che hanno cercato di modellare computazionalmente specifiche dimensioni percettive. In questa direzione si colloca il lavoro di De Varda e Marelli (2024), che propone un approccio volto a quantificare le relazioni tra le caratteristiche acustiche degli oggetti e le rappresentazioni linguistiche corrispondenti. Tale prospettiva amplia ulteriormente il concetto di *grounding semantico*: viene mostrato infatti come le informazioni percettive associate ai referenti possano essere formalizzate e studiate attraverso modelli computazionali. Le rappresentazioni concettuali vengono quindi descritte come strutture che incorporano non soltanto informazioni linguistiche e visive, ma anche proprietà riconducibili ad altre modalità sensoriali, inclusa quella uditiva.

Il dato assume particolare rilevanza per lo studio dei falsi ricordi. Se una proprietà percettiva può contribuire all'attivazione di una rappresentazione concettuale anche in assenza di un'elaborazione percettiva diretta, allora è teoricamente possibile che relazioni percettive condivise contribuiscano anche ai processi che rendono accessibili rappresentazioni non presentate. In altre parole, il principio di attivazione di informazioni correlate alla base del DRM potrebbe non essere necessariamente limitato alle relazioni semantico-verbali. Tuttavia, la letteratura disponibile ha studiato molto di più l'integrazione tra linguaggio e visione rispetto ad altre modalità sensoriali. La possibilità di estendere questa prospettiva al dominio acustico rappresenta pertanto un passaggio teoricamente rilevante: se le proprietà percettive possono contribuire alla rappresentazione dei concetti, occorre verificare se anche la similarità tra caratteristiche sonore possa costituire una dimensione rilevante nella relazione tra stimoli e nei successivi processi di riconoscimento.

1.3.4 Il dominio acustico nella ricerca sui falsi ricordi

All'interno del paradigma DRM, la maggior parte degli studi ha utilizzato parole come materiale di analisi. Tuttavia, alcune variazioni sperimentali hanno dimostrato che la modalità di presentazione degli item e la natura dello stimolo possono influenzare il livello di falsi ricordi. La ricerca sulla *study modality* ha rivelato che la presentazione visiva delle parole può ridurre i falsi riconoscimenti rispetto alla presentazione uditiva, almeno in alcune condizioni sperimentali. Smith e Hunt (1998, come citato in Smith & Engle, 2011) hanno osservato come il metodo di studio può influenzare la comparsa di falsi ricordi. Ulteriori ricerche hanno collegato tale fenomeno alla disponibilità di risorse cognitive e all'uso di informazione percettiva distintiva nella fase di monitoraggio: l'idea è che informazioni percettive aggiuntive,

soprattutto se distintive, possano aiutare a discriminare gli item studiati dalle *lure* critiche (Smith & Engle, 2011). Sul piano più ampio della semantica multimodale, diversi studi hanno dimostrato che le rappresentazioni combinate visive e linguistiche sono più efficaci nel predire i giudizi umani di similarità e relazione rispetto ai soli modelli linguistici (Bruni et al., 2014; Lazaridou et al., 2015, citati in Kumar, 2021; De Deyne et al., 2021). In particolare, De Deyne e collaboratori (2021) hanno evidenziato come l'integrazione di informazioni visive migliori le previsioni sulle somiglianze tra concetti concreti, soprattutto quando i confronti avvengono al livello di base all'interno della stessa categoria sovraordinata. Questo suggerisce che la similarità percettiva può costituire una componente cruciale per i processi semantici e, potenzialmente, per fenomeni mnestici che si basano su tali processi.

Nel complesso, le evidenze esaminate suggeriscono che la rappresentazione semantica non possa essere considerata esclusivamente come il prodotto di relazioni linguistiche astratte, ma debba essere interpretata come il risultato dell'integrazione di molteplici fonti di informazione. Le proprietà percettive degli oggetti, comprese quelle visive, motorie e contestuali, svolgono infatti un ruolo importante nella costruzione del significato e influenzano i processi di accesso e attivazione concettuale (Yee et al, 2018; Petilli et al., 2021; Kumar 2021). Se le rappresentazioni concettuali sono effettivamente multimodali e se i falsi ricordi osservati nel paradigma DRM dipendono dall'attivazione di rappresentazioni correlate all'interno della memoria semantica, allora è plausibile ipotizzare che anche relazioni fondate sulla similarità percettiva tra suoni possano contribuire all'attivazione di rappresentazioni non studiate e favorire la comparsa dei falsi ricordi. Tale possibilità risulta particolarmente interessante da un punto di vista teorico, considerando la limitata attenzione dedicata finora dalla letteratura al dominio acustico. Quando la modalità uditiva è stata manipolata, infatti, essa è stata

generalmente considerata come canale di presentazione del materiale verbale, ad esempio attraverso il confronto tra presentazione visiva e uditiva delle parole. In questi casi, l'informazione acustica riguarda prevalentemente il formato di presentazione dello stimolo, mentre la struttura relazionale che definisce la *critical lure* continua a essere fondata sul significato e sulle associazioni linguistiche.

Questa distinzione è fondamentale per il presente lavoro: l'obiettivo non è semplicemente presentare uditivamente gli stimoli del DRM, ma utilizzare le caratteristiche acustiche come base autonoma per definire la similarità tra gli elementi della lista. In altre parole, la domanda non riguarda l'effetto delle modalità uditiva sulla memoria di parole semanticamente associate, ma la possibilità che una relazione fondata sulle caratteristiche sonore degli stimoli possa produrre un effetto di falso riconoscimento. L'ipotesi trova una base teorica nella concezione multimodale della rappresentazione concettuale (Kumar, 2021). Se il significato di un oggetto o di un evento può includere informazioni relative alle sue caratteristiche percettive, comprese quelle uditive, tali caratteristiche potrebbero contribuire all'attivazione di rappresentazioni correlate. In presenza di più stimoli acusticamente simili, la convergenza delle loro caratteristiche condivise potrebbe quindi rendere maggiormente accessibili rappresentazioni di stimoli non precedentemente presentati, aumentando la probabilità che questi vengano successivamente giudicati come già ascoltati.

Tale possibilità non implica che il contenuto semantico venga necessariamente escluso dal processo. Piuttosto, il punto teorico è stabilire se, anche in presenza di stimoli non verbali e potenzialmente dotati di un significato concettuale, la similarità acustica possa costituire una dimensione indipendentemente quantificabile e sufficientemente informativa da contribuire ai

processi di riconoscimento. Il dominio acustico rappresenta dunque un'estensione naturale della prospettiva multimodale, ma al tempo stesso una dimensione ancora che relativamente poco esplorata nello studio sperimentale dei falsi ricordi. Proprio questa limitata attenzione alla similarità sonora come principio autonomo di organizzazione degli stimoli costituisce il punto di partenza del presente studio e conduce direttamente al *gap* di ricerca affrontato nella tesi.

1.4 Gap di ricerca

Un primo *gap* chiaramente individuabile nella letteratura riguarda il fatto che la ricerca sui falsi ricordi attraverso il paradigma DRM si è sviluppata prevalentemente utilizzando liste di parole semanticamente associate che consentono di studiare in modo sistematico il ruolo delle relazioni concettuali nella formazione delle illusioni mnesiche (Roediger & McDermott, 1995; Gallo, 2006). Nonostante il paradigma sia stato adattato a diverse modalità di presentazione degli stimoli, il materiale utilizzato è rimasto nella maggior parte dei casi di natura verbale e organizzato sulla base di relazioni semantiche. Di conseguenza, il possibile contributo di altre forme di similarità, come della similarità acustica tra stimoli non verbali, risulta ad oggi poco esplorato. Questa lacuna assume particolare rilevanza se si guarda alle recenti prospettive sulla natura multimodale delle rappresentazioni concettuali. La letteratura contemporanea suggerisce infatti che la conoscenza semantica non dipenda unicamente dalle informazioni linguistiche, ma integri dati provenienti da diverse modalità percettive, comprese quelle visive e uditive (Kumar, 2021; Yee et al., 2018). Se le rappresentazioni concettuali includono componenti percettive provenienti da più sistemi sensoriali, è ragionevole supporre che anche le relazioni basate sulla somiglianza sonora possano contribuire all'attivazione di rappresentazioni correlate e, potenzialmente, alla formazione di falsi ricordi.

Un secondo *gap* è di natura metodologica e riguarda l'assenza di criteri condivisi per quantificare la similarità tra stimoli acustici, rendendo difficile la costruzione di liste comparabili a quelle utilizzate nel paradigma DRM tradizionale. A differenza delle relazioni semantiche tra parole, che possono essere stimate attraverso norme associative consolidate, la quantificazione della somiglianza tra stimoli sonori presenta maggiori difficoltà metodologiche poiché, le valutazioni basate esclusivamente su giudizi soggettivi, possono risentire di conoscenze pregresse, aspettative e di strategie adottate dai partecipanti. Per tale motivo, negli ultimi anni è aumentato l'interesse verso approcci computazionali capaci di derivare misure di similarità da grandi quantità di dati, superando così molte delle limitazioni dei *rating* umani e fornendo rappresentazioni continue delle relazioni tra gli stimoli (Petilli et al., 2021; De Dayne et al., 2021). In tale contesto, i modelli di distribuzione multimodali offrono una possibile soluzione metodologica, consentendo di rappresentare gli stimoli attraverso vettori numerici appresi a partire dall'esperienza percettiva. Queste tecniche hanno già trovato vasta applicazione nello studio delle rappresentazioni semantiche e delle relazioni tra concetti (Kumar, 2021; Petilli et al., 2021). La loro estensione al dominio acustico permette di misurare quantitativamente e in modo replicabile la similarità sonora, creando le condizioni per testare sperimentalmente se relazioni fondate sulla somiglianza sonora siano in grado di favorire la formazione di falsi ricordi in un paradigma ispirato al DRM.

1.5 Obiettivo dello studio

Sulla base delle evidenze discusse e delle lacune individuate in letteratura, il presente lavoro di tesi si propone di verificare se la logica alla base del paradigma DRM possa essere estesa oltre

il dominio verbale tradizionalmente impiegato nella ricerca sui falsi ricordi, utilizzando la similarità acustica come principio di organizzazione degli stimoli. In particolare, l'obiettivo principale è indagare se la similarità acustica tra stimoli non verbali possa costituire una base sufficiente per la formazione di false memorie nei confronti di suoni non precedentemente presentati, ma percettivamente simili agli stimoli studiati. A tale scopo, la similarità tra i suoni verrà stimata mediante rappresentazioni distribuzionali derivate da modelli neurali pre-addestrati sul dominio acustico, adottando un approccio *data-driven* in linea con i più recenti sviluppi della ricerca sulla semantica multimodale e sulla formalizzazione delle rappresentazioni cognitive. La procedura consente di costruire liste sperimentali nelle quali gli stimoli presentati durante la fase di codifica e gli stimoli nuovi della fase di riconoscimento differiscono sistematicamente per distanza acustica. In questo modo, è possibile verificare se la relazione tra similarità acustica e risposta di riconoscimento segue una relazione predittiva coerente con la logica del DRM.

Pertanto, l'ipotesi principale dello studio è che all'aumentare della similarità acustica tra uno stimolo nuovo e gli stimoli precedentemente studiati, aumenti la probabilità che lo stimolo nuovo venga giudicato come "vecchio" durante il test di riconoscimento. In particolare, ci si aspetta che i *critical lures*, selezionati in quanto acusticamente più affini agli stimoli della fase di codifica, producano una maggiore proporzione di risposte "vecchio" rispetto agli *unrelated lures*, caratterizzati da una maggiore distanza acustica dagli item studiati.

In questo modo, il lavoro intende verificare se una struttura di similarità fondata sulle proprietà sonore possa sostenere un fenomeno di falso riconoscimento analogo, sul piano funzionale, a quello osservato nel DRM classico. L'interesse non consiste quindi nel dimostrare che i suoni

siano privi di significato semantico, ma nel determinare se una misura oggettiva della loro similarità acustica sia associata alle risposte di memoria anche quando gli stimoli non sono organizzati sulla base di associazioni verbali esplicite.

CAPITOLO 2: METODO.

2.1 Partecipanti

Al presente studio hanno preso parte quaranta partecipanti (N=40), reclutati tramite annunci sulla *newsletter* universitaria e contatti personali. L'età media del campione era pari a 24 anni, con una maggiore prevalenza femminile (32 F, 8 M). Tutti i partecipanti hanno dichiarato di avere un udito nella norma e di non presentare deficit sensoriali o neurologici noti. La partecipazione allo studio era consentita solo a persone maggiorenni e con la possibilità di svolgere il compito in un ambiente privo di distrazioni e attraverso l'uso di cuffie, così da assicurare una migliore qualità dell'audio. Per garantire la qualità dei dati, è stato introdotto un criterio di esclusione basato sulle prestazioni a un task distraente di tipo *go/no-go*, somministrato all'inizio della sessione e volto a verificare la capacità di mantenere un livello minimo di attenzione. Il task richiedeva ai partecipanti di rispondere il più rapidamente possibile ai soli stimoli *go* e di inibire la risposta agli stimoli *no-go*: coloro che non ottenevano un'accuratezza pari almeno all'80% venivano esclusi dalle analisi. Questa misura ha consentito di verificare eventuali risposte casuali o un coinvolgimento insufficiente durante l'esperimento. Tutti i partecipanti hanno fornito il consenso informato, ed è stato loro garantito l'anonimato dei dati e la possibilità di interrompere la partecipazione in qualsiasi momento.

2.2 Materiali

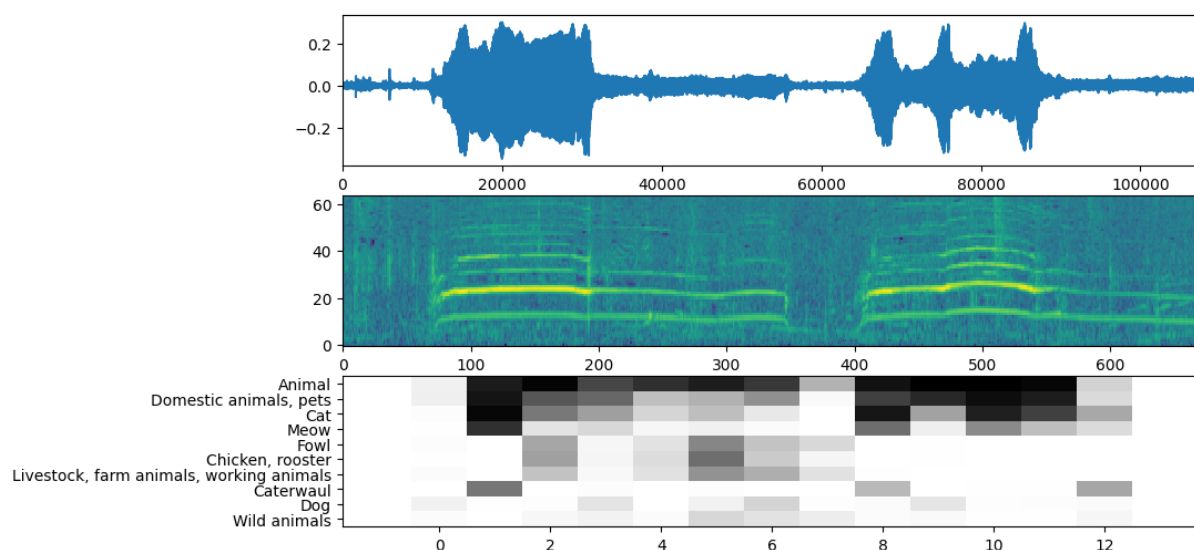
2.2.1 AudioSet e procedura di selezione degli stimoli acustici

Gli stimoli acustici utilizzati nello studio provengono da *AudioSet*, un dataset su larga scala contenente una collezione di clip audio da 10 secondi, annotate da agenti umani e provenienti da video di YouTube (Gemmeke et al., 2017). *AudioSet* copre un vasto insieme di categorie acustiche quali, ad esempio, strumenti e generi musicali, animali, rumori meccanici, suoni ambientali, suoni di impatto specifici, ecc., consentendo di selezionare stimoli privi di componente linguistica o verbalizzabile. Dal dataset originale sono state estratte categorie che non contenessero alcun tipo di voce umana o etichette verbali esplicite, così da ridurre il più possibile la possibilità che i falsi ricordi derivassero da associazioni semantico-verbali. Questa scelta metodologica ha consentito di indagare in maniera più specifica il ruolo della similarità acustica, isolando maggiormente il contributo delle proprietà percettivo-sonore degli stimoli. Questa procedura ha portato a un sottoinsieme di 2 milioni di clip candidate, successivamente filtrate in base alla loro adeguatezza acustica e alla chiarezza dell'etichetta categoriale. Si è arrivati così a un dataset finale composto da 325 suoni appartenenti a categorie acustiche ben definite e prive di ambiguità semantica. Poiché le clip originali di *AudioSet* hanno durata di 10 secondi, ogni suono è stato sottoposto a un processo di segmentazione automatica che permettesse di selezionare i 3 secondi più informativi, ossia il segmento con la maggiore rilevanza acustica. Questa scelta metodologica ha permesso di eliminare porzioni silenziose o rumorose che avrebbero potuto interferire con la coerenza degli stimoli.

2.2.2 Quantificazione della similarità acustica tramite YamNet

Per quantificare oggettivamente la somiglianza sonora tra gli stimoli utilizzati, è stato impiegato *YamNet*, un modello di *deep learning* basato sull'architettura MobileNet v1. Tale modello è stato pre-addestrato sul dataset *AudioSet* per il riconoscimento e la classificazione di oltre 500 eventi sonori (Hershey et al., 2017). *YamNet* ha convertito ogni clip audio in uno spettrogramma *log-mel*², una rappresentazione visiva dell'energia sonora che approssima la percezione uditiva umana. Attraverso l'elaborazione dello spettrogramma, il modello ha generato per ogni suono un vettore numerico ad alta dimensionalità (*embedding*³) che rappresenta il pattern acustico dell'evento.

(A)



² Lo spettrogramma *log-mel* è una rappresentazione tempo-frequenza del segnale audio, una sorta di “foto del suono”. La scala Mel deforma le frequenze lineari per riflettere la sensibilità dell'orecchio umano (maggiormente ricettivo alle basse frequenze), mentre l'applicazione del logaritmo comprime la gamma dinamica delle ampiezze, simulando la percezione logaritmica dell'intensità sonora.

³ Nel contesto delle reti neurali, un *embedding* è una traduzione di un dato grezzo in un vettore di numeri reali in uno spazio continuo. Questa rappresentazione permette di trasformare somiglianze qualitative tra stimoli in distanze geometriche calcolabili matematicamente.

(B)

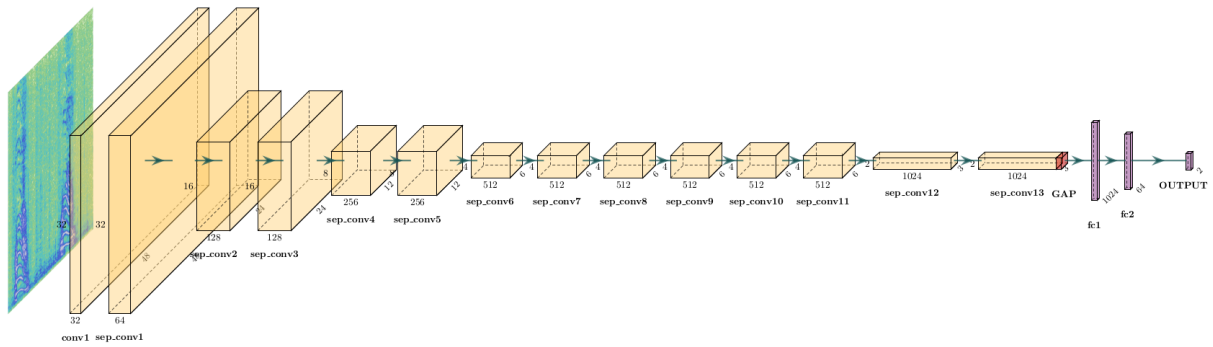


Figura 1. Pipeline di elaborazione computazionale degli stimoli acustici.

(A) Esempio di trasformazione del segnale audio in una rappresentazione spettro-temporale.
(B) Architettura della rete neurale YamNet, utilizzata per estrarre *embedding* acustici dagli stimoli. Gli *embedding* così ottenuti sono stati impiegati per calcolare la somiglianza sonora tra gli stimoli della fase di codifica e quelli della fase di riconoscimento.

Nel presente studio, quindi, *YamNet* non viene impiegato esclusivamente come strumento di classificazione, ma come metodo per operationalizzare la nozione di similarità acustica in forma quantitativa, continua e replicabile. Per ogni suono del nostro dataset sono stati estratti gli *embedding* generati dal modello, corrispondenti alle attivazioni di uno specifico *layer* intermedio, catturando così le caratteristiche acustiche profonde e strutturali dello stimolo (es. timbro, ritmo). Le rappresentazioni estratte sono state utilizzate per calcolare la distanza matematica tra i suoni all'interno di un cosiddetto “spazio acustico”. *YamNet* ha dunque permesso di mappare ogni suono all'interno di uno spazio vettoriale multidimensionale dove una breve distanza tra due vettori indica una forte somiglianza nelle proprietà fisiche del suono, mentre distanze elevate indicano profili acustici eterogenei o appartenenti a sorgenti sonore differenti.

La distanza tra gli *embedding* costituisce pertanto la variabile attraverso cui viene operationalizzata la similarità acustica considerata nell'ipotesi dello studio. L'utilizzo di una misura computazionale consente di evitare che la struttura delle liste dipenda esclusivamente da giudizi soggettivi di similarità e permette di ottenere una rappresentazione continua e replicabile delle relazioni tra gli stimoli. Questa procedura rende possibile costruire un analogo della logica del DRM tradizionale non fondato su norme associative verbali, ma sulla prossimità tra stimoli all'interno di uno spazio acustico. La similarità non viene quindi trattata come una caratteristica dicotomica (stimolo simile *vs* non simile) ma come una proprietà graduata che può essere quantificata attraverso la distanza tra le rappresentazioni vettoriali.

2.2.3 Costruzione delle liste sperimentali mediante False Memory Generator (FMG)

La creazione delle liste acustiche basate sul paradigma DRM è stata effettuata mediante il software *False Memory Generator* (FMG). Questo strumento genera set di stimoli capaci di indurre falsi ricordi, basandosi sulla somiglianza percettiva tra gli elementi (Petilli et al., 2021).

Il software, nel nostro caso, si è occupato di:

- Calcolo del centroide della categoria: per ogni insieme di suoni appartenenti alla stessa classe acustica, FMG calcola il punto medio (centroide) all'interno dello spazio degli *embedding*. Il centroide rappresenta il prototipo matematico della categoria considerata.
- Suddivisione dello "spazio acustico": lo spazio circostante il centroide viene diviso in due regioni concentriche che sono il *close space*, comprende suoni molto simili al centroide e tra loro, e il *far space*, comprende stimoli periferici e acusticamente più distanti. La soglia che separa le due regioni è determinata automaticamente dal software.

- Composizione della fase di codifica: dal *close space* vengono estratti casualmente 10 suoni che costituiscono la lista presentata al partecipante durante la fase di memorizzazione (codifica).
- Determinazione dei target per il riconoscimento: dei 10 suoni iniziali, 5 vengono selezionati casualmente come target per la fase di riconoscimento.
- Selezione dei *critical lures*: sempre dal *close space*, il software seleziona 5 suoni acusticamente simili a quelli presentati, ma mai ascoltati nella fase di memorizzazione, con l'obiettivo di indurre falsi ricordi.
- Selezione degli *unrelated lures*: dal *far space* vengono estratti 5 suoni distanti, caratterizzati da una maggiore distanza nello spazio degli *embedding* rispetto agli stimoli della fase di codifica, che servono come controllo.

Tale processo culmina in ciascuna lista DRM composta da 10 stimoli nella fase di codifica e 15 nella fase di riconoscimento, mantenendo la struttura logica del paradigma DRM originale ma adattata alla modalità uditiva.

2.2.4 Categorie sonore utilizzate

Per lo studio sono state selezionate 13 categorie acustiche distinte, scelte per garantire una vasta gamma di fonti sonore e per assicurare la presenza di cluster ben definiti. Esse sono: *aircraft*, *brass*, *boat*, *car*, *dog*, *guitar*, *gunshot*, *percussion*, *organ*, *rain*, *siren*, *rail (transport)*, *birds*. Ogni partecipante è stato esposto a tutte le categorie, in ordine casuale, così da ridurre il rischio di effetti sistematici legati all'ordine di presentazione delle categorie.

2.3 Procedura sperimentale

Ai partecipanti è stato chiesto di svolgere il compito in un contesto privo di distrazioni ambientali e mediante l'uso obbligatorio di cuffie. Seguiva la somministrazione di un task distraente go/no-go, utilizzato esclusivamente come strumento di screening attentivo. Per ciascuna lista, venivano presentati in sequenza 10 suoni della durata di 3 s ciascuno. L'intervallo inter-stimolo era fisso e non erano previste richieste di risposta, così da incoraggiare la codifica spontanea come quella del paradigma DRM classico. Dopo la fase di codifica, venivano presentati 15 suoni: 5 target (già ascoltati); 5 *critical lures* (acusticamente simili, ma nuovi); 5 *unrelated lures* (acusticamente distanti). Per ogni suono il partecipante doveva indicare se fosse “vecchio” o “nuovo”, premendo rispettivamente i tasti Z o N della tastiera. Gli stimoli restavano a schermo fino alla risposta, non vincolata da limiti di tempo. Le categorie venivano presentate in blocchi separati e l'ordine tra blocchi era randomizzato per ciascun partecipante.

2.4 Analisi dei dati

L'analisi statistica ha avuto come obiettivo principale la valutazione del ruolo della somiglianza sonora nella generazione di falsi ricordi durante la fase di riconoscimento. Data la natura binaria della variabile dipendente (risposte “vecchio” / “nuovo”), è stato utilizzato un modello lineare generalizzato misto (Generalized Linear Mixed Model, GLMM) con *link logit*, stimato tramite massima verosimiglianza con approssimazione di Laplace (Bates et al., 2015). L'utilizzo di un modello misto ha consentito di modellare contemporaneamente la relazione sistematica tra il predittore continuo “somiglianza sonora” e la probabilità di risposta “vecchio”, e la naturale variabilità interindividuale nella tendenza al riconoscimento degli stimoli (*bias* di risposta).

Prima della modellazione, è avvenuta una fase di pre-processing dove il campione è stato filtrato escludendo coloro che non hanno superato il task distraente (accuratezza $< 80\%$), portando il dataset finale a un totale di 5200 osservazioni.

2.4.1 Variabili del modello e predittori

La variabile dipendente è la risposta dei partecipanti nella fase di riconoscimento codificata come: 1 = risposta “vecchio” e 0 = risposta “nuovo”. Questa codifica ha consentito di modellare sia le risposte corrette sia i falsi riconoscimenti. Nell’ambito specifico del paradigma DRM, l’attenzione si concentra sulle risposte “vecchio” erroneamente assegnate ai *critical lures*, interpretate come falsi ricordi. Il predittore principale è la somiglianza sonora, calcolata come distanza normalizzata nello spazio degli *embedding* prodotti dal modello *YamNet* (Hershey et al., 2017). Ogni suono è rappresentato come un vettore multidimensionale che cattura proprietà temporali e spettrali del segnale audio. La distanza tra due vettori rappresenta il grado di similarità acustica. Per ogni stimolo della fase di riconoscimento, è stato calcolato il valore medio della sua distanza con gli stimoli presentati nella fase di codifica della stessa categoria. Valori bassi indicano un’elevata somiglianza, valori alti indicano una bassa somiglianza. Per agevolare l’interpretazione dei coefficienti nel modello, la metrica è stata invertita e normalizzata, così che: 0 = somiglianza minima; 1 = somiglianza massima. Questo consente di interpretare direttamente il coefficiente stimato come variazione del *log-odds*⁴ di risposta “vecchio” al crescere della somiglianza.

⁴ Il *log-odds* (o *logit*) è il logaritmo naturale del rapporto tra la probabilità che un evento si verifichi e la probabilità che non si verifichi. È una misura matematica fondamentale utilizzata in statistica in particolare all'interno della regressione logistica, per mappare valori di probabilità (vincolati tra 0 e 1) su una scala lineare continua che va da meno infinito a più infinito.

2.4.2 Struttura del modello statistico e motivazione della scelta modellistica

Il GLMM è stato stimato utilizzando la formula $answer \sim sound_similarity + (1 | Codice.partecipante)$, dove:

- $answer$ è la risposta binaria;
- $sound_similarity$ è il predittore continuo incluso nel modello come effetto fisso;
- $(1 | Codice.partecipante)$ indica un'intercetta casuale per partecipante.

L'inclusione di un'intercetta casuale permette al modello di tenere conto di differenze individuali sistematiche nella tendenza a rispondere “vecchio”, differenze ben documentate in letteratura nel paradigma DRM sia per liste linguistiche sia per liste visive o multimodali. Per la scelta del modello statistico migliore, che permettesse cioè un buon equilibrio tra complessità del modello e aderenza ai dati, sono state considerate varie alternative. Abbiamo inizialmente valutato l'inserimento di un modello con *random slope* per la somiglianza sonora, scartato, tuttavia, per problemi di convergenza e di sovraccarico di parametri rispetto alla struttura dei dati. Parallelamente, si è pensato a un modello che includesse gli item come *random factor*, ma questa scelta sarebbe stata incompatibile con il disegno sperimentale in quanto, a causa della procedura di estrazione del software FMG, ogni partecipante ascoltava suoni diversi. Infine, abbiamo escluso un modello *logit* semplice perché non avrebbe tenuto conto del fatto che le risposte fornite dallo stesso soggetto sono tra loro correlate. Il modello finale con intercetta casuale per partecipante risulta dunque essere l'opzione statisticamente più solida e più conforme alla struttura sperimentale.

2.4.3 Controlli preliminari

Prima delle analisi principali, sono state condotte ulteriori verifiche per garantire la qualità e l'affidabilità dei dati:

- esclusione dei partecipanti che non raggiungevano l'80% di accuratezza nel task distraente go/no-go;
- controllo dell'assenza di risposte sistematicamente casuali;
- verifica del corretto bilanciamento degli stimoli nelle liste (5 target, 5 critical lures, 5 unrelated lures per ciascuna categoria);
- verifica della distribuzione della somiglianza sonora per garantire che coprisse in modo uniforme l'intervallo della scala normalizzata.

Nel complesso, tali procedure hanno consentito di garantire l'affidabilità del dataset e l'adeguatezza del modello statistico rispetto alla struttura sperimentale dello studio. Il modello stimato ha permesso di esaminare il ruolo della somiglianza sonora nella probabilità di risposta “vecchio” durante il compito di riconoscimento, valutando il contributo delle caratteristiche acustiche degli stimoli alla formazione dei falsi ricordi nel paradigma DRM uditivo.

CAPITOLO 3: RISULTATI.

La presente sezione riporta i risultati relativi al ruolo della somiglianza sonora nella probabilità di riconoscere uno stimolo come precedentemente presentato. L'obiettivo principale dell'analisi era verificare se la similarità acustica tra gli stimoli presentati nella fase di codifica e quelli successivamente mostrati nella fase di riconoscimento predicesse la risposta “vecchio” nei partecipanti. La variabile dipendente era la risposta binaria fornita dai partecipanti nella fase di riconoscimento, codificata come 1 per le risposte “vecchio” e 0 per le risposte “nuovo”. Il predittore principale era la somiglianza sonora, calcolata a partire dagli *embedding* generati dal modello *YamNet* e poi normalizzata così che valori più elevati indicassero una maggiore similarità acustica tra lo stimolo di riconoscimento e gli stimoli precedentemente presentati nella fase di codifica. In linea con la struttura sperimentale del paradigma DRM, una maggiore probabilità di risposta “vecchio” per stimoli acusticamente simili ma non presentati in precedenza rappresenta un indicatore significativo per la comprensione dei falsi riconoscimenti. Pertanto, l'analisi statistica si è concentrata sulla relazione tra il grado di somiglianza sonora e la probabilità che uno stimolo venisse giudicato come già ascoltato.

3.1 Descrizione del dataset analizzato

Dopo aver applicato i parametri di qualità descritti nella sezione Metodo, il dataset finale utilizzato per le analisi comprendeva 5200 osservazioni, provenienti da 40 partecipanti. Ciascuna osservazione corrispondeva a una risposta fornita durante la fase di riconoscimento. La struttura del compito prevedeva, per ciascuna delle 13 categorie sonore, una fase di codifica composta da 10 suoni e una fase di riconoscimento composta da 15 stimoli. Questi includevano

target, *critical lures* e *unrelated lures*. La differenziazione tra queste tipologie di stimoli è teoricamente rilevante perché consente di interpretare le risposte “vecchio” non soltanto come riconoscimenti corretti, ma anche come possibili falsi riconoscimenti. In particolare, nel paradigma DRM uditivo impiegato in questo studio, i *critical lures* sono stimoli nuovi ma acusticamente vicini agli item studiati: le risposte “vecchio” a questi stimoli costituiscono quindi il caso più direttamente informativo sull’emergere di falsi ricordi basati sulla somiglianza sonora. Al contrario, gli *unrelated lures* sono stimoli nuovi che non assomigliano a quelli studiati e servono come condizione di controllo. Infine, i *target*, sono gli stimoli che i partecipanti hanno effettivamente ascoltato in fase di memorizzazione e consentono di valutare se essi ricordano correttamente gli stimoli originali. Questa struttura consente di interpretare il dato comportamentale lungo un *continuum* di somiglianza acustica: dagli stimoli effettivamente studiati, a quelli nuovi ma percettivamente affini, fino agli stimoli nuovi e acusticamente distanti. Il modello statistico che abbiamo utilizzato ci ha permesso di valutare se il fatto che i suoni erano più o meno simili influisse sulla probabilità di risposta “vecchio”.

3.2 Probabilità di risposta “vecchio” in funzione del tipo di item

Una prima analisi descrittiva ha considerato la probabilità di risposta “vecchio” per le due principali tipologie di *lure* presentate nella fase di riconoscimento, cioè *critical lures* e *unrelated lures*. Questa distinzione è fondamentale per valutare la presenza di falsi riconoscimenti nel paradigma DRM uditivo. Come mostrato in Figura 2, i *critical lures* sono stati associati a una probabilità di risposta “vecchio” più elevata rispetto agli *unrelated lures*. Infatti, la probabilità

media di giudicare come già ascoltato un *critical lure* si colloca intorno a 0.48, mentre per gli *unrelated lures* la probabilità appare sensibilmente più bassa, intorno a 0.18.

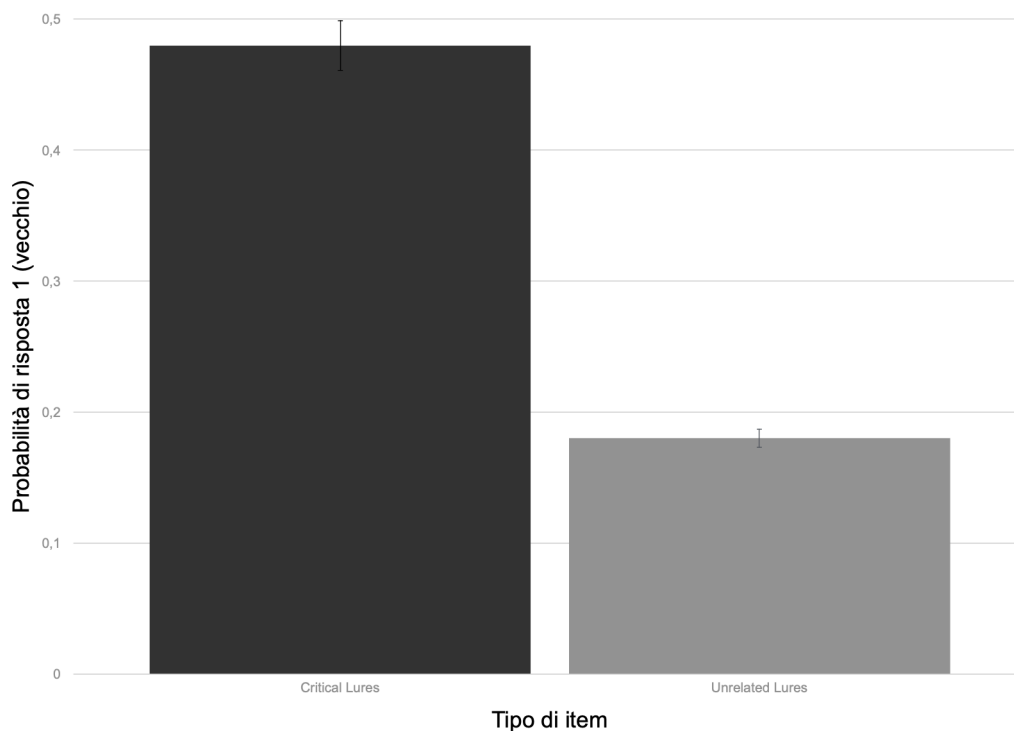


Figura 2. Probabilità di risposta “vecchio” per tipo di item.

La Figura mostra la probabilità media di risposta “vecchio” per *critical lures* e *unrelated lures*. Le barre di errore rappresentano la variabilità associata alla stima. I *critical lures* mostrano una probabilità di risposta “vecchio” superiore rispetto agli *unrelated lures*.

Ciò significa che gli stimoli nuovi ma acusticamente simili agli item presentati in fase di codifica venivano riconosciuti come già ascoltati più frequentemente rispetto agli stimoli nuovi e acusticamente distanti. Tale riscontro costituisce una prima evidenza descrittiva del fenomeno dei falsi riconoscimenti nel dominio acustico. I *critical lures*, infatti, pur non essendo stati presentati nella fase di memorizzazione, generano una risposta di familiarità maggiore rispetto

agli *unrelated lures*. Questa differenza è coerente con l'ipotesi secondo cui la similarità acustica possa favorire la creazione di falsi riconoscimenti.

3.3 Modello Lineare Generalizzato Misto (GLMM)

Per capire come la somiglianza sonora influisce sulle risposte di riconoscimento abbiamo stimato un modello lineare generalizzato misto con distribuzione binomiale e funzione di collegamento *logit*. Il modello includeva la somiglianza sonora come effetto fisso e un'intercetta casuale per partecipante, così da tenere in considerazione anche la variabilità individuale nella tendenza generale a rispondere “vecchio”. La formula del modello era la seguente: $answer \sim sound_similarity + (1 | Codice.partecipante)$. Il modello è stato stimato mediante massima verosimiglianza con approssimazione di Laplace. Gli indici complessivi del modello erano i seguenti: AIC = 5886.3; BIC = 5906.0, logLik = -2940.2, deviance = 5880.3, con 5197 gradi di libertà residui. La componente casuale associata ai partecipanti mostrava una varianza dell'intercetta pari a 0.312, con deviazione standard pari a 0.5585. Questo dato mostra che i partecipanti differivano tra loro nella tendenza generale a classificare gli stimoli come “vecchi”: l'inclusione di un'intercetta casuale, quindi, risulta coerente con la struttura dei dati, in quanto permette di modellare la dipendenza tra risposte provenienti dallo stesso individuo e di controllare le differenze individuali nel *bias* di risposta. I residui scalati dal modello erano distribuiti nel seguente intervallo: Min = -1.8528, 1Q = -0.6861, Mediana = -0.4130, 3Q = 0.8829, Max = 5.7114. Questi valori offrono una descrizione della distribuzione degli scarti tra risposte osservate e predette dal modello.

Tabella 1. Parametri del modello generalizzato lineare misto.

Predittore	Stima	Errore standard	z	p
Intercetta	-8.6430	0.3803	-22.73	< .001
Somiglianza sonora	9.0670	0.4163	21.78	< .001

3.4 Effetto della similarità acustica sulla probabilità di risposta “vecchio”

L'analisi ha evidenziato un effetto positivo e statisticamente significativo della similarità acustica sulla probabilità di classificare uno stimolo come “vecchio”. Il coefficiente associato al predittore era pari a $b = 9.0670$, con $SE = 0.4163$, $z = 21.78$, $p < .001$. Questo risultato indica che, all'aumentare della somiglianza sonora tra uno stimolo della fase di riconoscimento e gli stimoli presentati precedentemente in fase di codifica, aumentava anche la probabilità che il partecipante classificasse tale stimolo come già ascoltato. Poiché il nostro modello utilizza un *link logit*, il coefficiente positivo indica un aumento della probabilità di risposta “vecchio” associato all'incremento della somiglianza sonora. Il risultato indica quindi che il riconoscimento non dipendeva esclusivamente dall'effettiva precedente esposizione allo stimolo, ma era modulato dal grado di sovrapposizione acustica tra gli stimoli nuovi e quelli studiati. Ciò è particolarmente rilevante nel caso dei *critical lures*: pur non essendo stati presentati in fase di codifica, questi stimoli condividono caratteristiche sonore con gli item studiati e possono quindi essere erroneamente classificati come “vecchi”. L'intercetta del modello risultava anch'essa significativa: $b = -8.6430$, $SE = 0.3803$, $z = -22.73$, $p < .001$. Considerata la codifica della variabile dipendente, questo parametro rappresenta la probabilità di base di fornire “vecchio” come risposta quando la somiglianza sonora è pari a zero. Il valore

negativo dell'intercetta indica che, in condizioni di somiglianza minima, la probabilità di classificare uno stimolo come già presentato era molto bassa. Tale risultato è coerente con l'ipotesi secondo cui stimoli acusticamente distanti dagli item studiati vengono più facilmente riconosciuti come nuovi. La relazione tra somiglianza sonora e risposta "vecchio" costituisce dunque il risultato principale dello studio: la similarità acustica prediceva il comportamento dei partecipanti durante la fase di riconoscimento. La relazione tra la somiglianza sonora e la probabilità di produrre falsi riconoscimenti è mostrata nella Figura 3, che rappresenta i valori predetti dal modello. Come si può vedere, la curva mostra un andamento crescente: all'aumentare della somiglianza sonora, aumenta anche la proporzione stimata di falsi riconoscimenti. Dal grafico emerge che, per valori di somiglianza sonora più bassi, la probabilità di falso riconoscimento è minore. Invece, quando la somiglianza sonora aumenta, la probabilità cresce progressivamente, superando circa 0.25 intorno a valori di somiglianza pari a 0.85 e avvicinandosi o superando 0.50 per valori di somiglianza molto elevati, prossimi a 1.

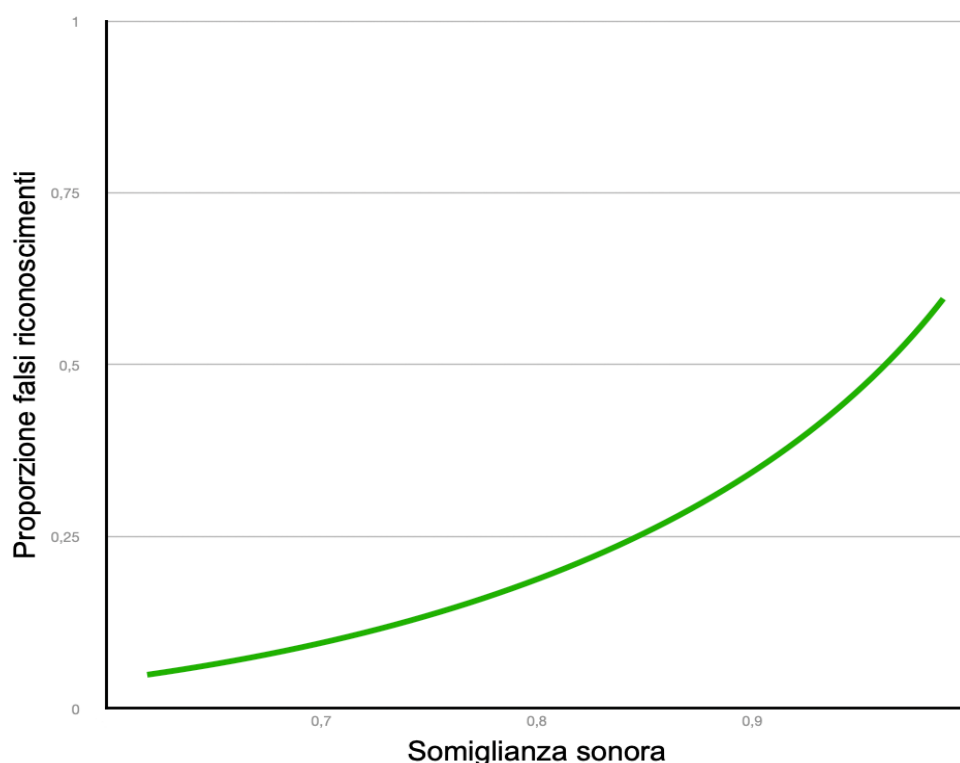


Figura 3. Proporzione di falsi riconoscimenti in funzione della somiglianza sonora.

La Figura mostra la probabilità stimata di falsi riconoscimenti al variare della somiglianza sonora, calcolata a partire dai coefficienti del modello. L'aumento della somiglianza sonora è associato a una maggiore probabilità di falso riconoscimento.

Come mostrato in Figura 3, la probabilità stimata di risposta “vecchio” aumenta progressivamente al crescere della somiglianza sonora. La curva evidenzia un andamento crescente: per valori di somiglianza più bassi, la probabilità di produrre un falso riconoscimento è minima, mentre, in corrispondenza di livelli più elevati di similarità acustica, aumenta. Questo risultato conferma che la somiglianza sonora esercita un'influenza sistematica sulla probabilità di falsi riconoscimenti, coerentemente con l'effetto positivo emerso dal modello.

3.5 Variabilità interindividuale nelle risposte di riconoscimento

La presenza di una componente casuale significativa a livello dei partecipanti mostra che esisteva una variabilità individuale tra i soggetti nella tendenza a rispondere “vecchio”. La deviazione standard dell'intercetta casuale, pari a 0.5585, indica che alcuni partecipanti tendevano più di altri a classificare gli stimoli come già ascoltati, indipendentemente da quanto fossero simili i suoni. Questa variabilità è teoricamente rilevante perché le risposte in un compito di riconoscimento non dipendono soltanto dalle caratteristiche degli stimoli, ma anche da differenze individuali nel processo decisionale. Alcuni partecipanti, infatti, possono essere in generale più propensi a rispondere “vecchio”, mentre altri possono essere più cauti nelle risposte e scegliere “vecchio” solo quando il segnale mnesico è particolarmente forte. Il modello misto consente di tenere conto di questa variabilità senza confonderla con l'effetto del predittore principale. In altre parole, l'effetto significativo della somiglianza sonora emerge anche dopo aver considerato la diversa propensione individuale a riconoscere gli stimoli come già ascoltati.

Questo rafforza l'interpretazione secondo cui la similarità acustica esercita un ruolo sistematico e non riducibile a differenze soggettive generali nelle strategie di risposta.

3.6 Analisi esplorativa delle rappresentazioni YamNet

Oltre al modello principale, abbiamo condotto un'analisi esplorativa volta a confrontare le rappresentazioni acustiche estratte da diversi *layer* di YamNet. Questa analisi aveva l'obiettivo di verificare se differenti livelli della rete neurale producessero misure di somiglianza sonora con diversa capacità di predire il comportamento di riconoscimento dei partecipanti. Poiché le reti neurali convoluzionali elaborano le informazioni in modo gerarchico, i diversi *layer* possono rappresentare aspetti differenti dello stimolo acustico. I livelli più bassi tendono a catturare caratteristiche più prossime al segnale fisico, mentre i livelli successivi possono codificare pattern più complessi e astratti. Il confronto tra *layer* permette quindi di valutare quale livello di rappresentazione risulti maggiormente informativo rispetto alle risposte comportamentali.

3.6.1 Correlazioni tra layer

La relazione tra le misure di somiglianza derivate dai diversi *layer* è stata esaminata attraverso una *heatmap* di correlazione. La figura mostra un pattern strutturato di associazioni positive tra i *layer* considerati, indicando che le rappresentazioni estratte dalla rete non sono indipendenti tra loro, ma condividono una parte dell'informazione acustica. Come mostrato in Figura 4, le correlazioni risultano particolarmente elevate lungo la diagonale, come atteso, poiché ogni

layer è perfettamente correlato con se stesso. Inoltre, si osservano aree di correlazione positiva tra gruppi di *layer* vicini, suggerendo che rappresentazioni estratte da livelli prossimi alla rete tendono a codificare informazioni parzialmente sovrapposte. Questo pattern è coerente con una struttura gerarchica della rappresentazione acustica: i *layer* adiacenti condividono maggiormente le informazioni, mentre quelli più distanti possono riflettere trasformazioni più marcate del segnale. Un aspetto rilevante che si evince dalla figura è l'indicazione del *layer* 58. Esso si colloca in una posizione intermedia-avanzata della rete e mostra correlazioni positive con più livelli di rappresentazione, suggerendo che possa integrare informazioni provenienti da livelli differenti elaborazione acustica.

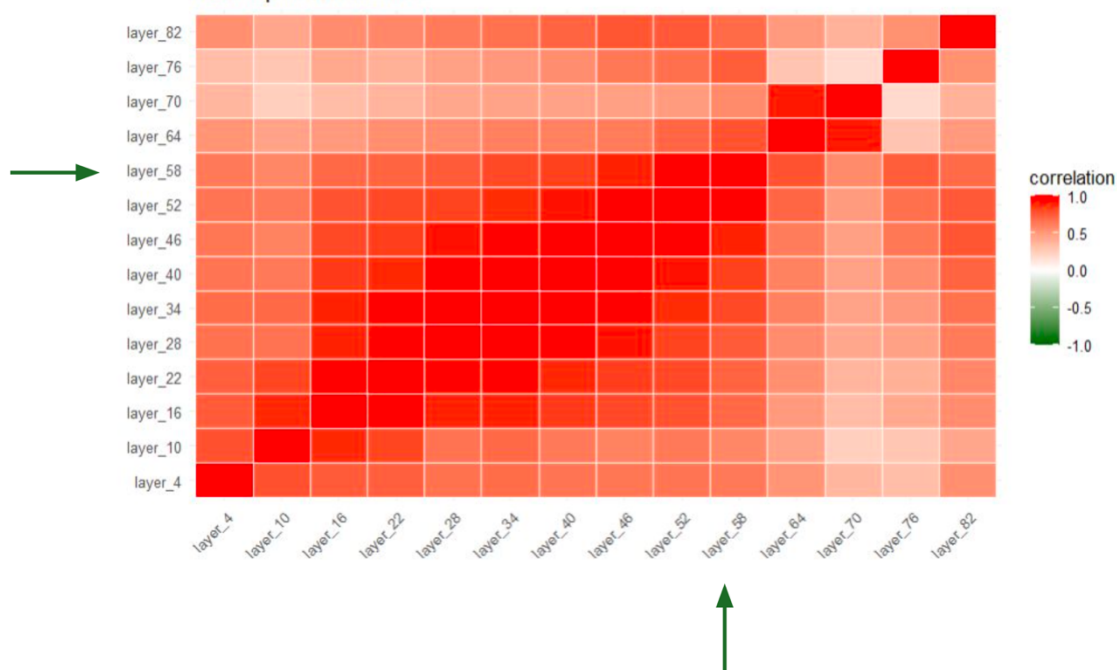


Figura 4. Heatmap di correlazione tra i layer YamNet.

La Figura mostra le correlazioni tra le rappresentazioni acustiche derivate dai diversi *layer* di *YamNet*. Il *layer* 58 è evidenziato come livello di particolare interesse per le analisi successive.

3.6.2 Confronto dei modelli tramite AIC

Per valutare quale *layer* producesse la misura di somiglianza sonora più predittiva del comportamento dei partecipanti, sono stati confrontati i modelli stimati sui diversi livelli mediante il criterio informativo di Akaike, AIC. L'AIC consente di confrontare modelli alternativi tenendo conto sia dell'adattamento ai dati sia della complessità del modello; valori più bassi indicano un migliore equilibrio tra bontà di adattamento e parsimonia. La Figura 5 mostra i valori AIC dei modelli basati sui diversi *layer*. Dal grafico emerge che i valori più bassi si concentrano nei *layer* intermedi, in particolare intorno ai *layer* 40, 46, 52 e 58. Il *layer* 58, evidenziato nella figura, presenta un valore AIC tra i più bassi e viene quindi individuato come rappresentazione particolarmente informativa per predire le risposte comportamentali.

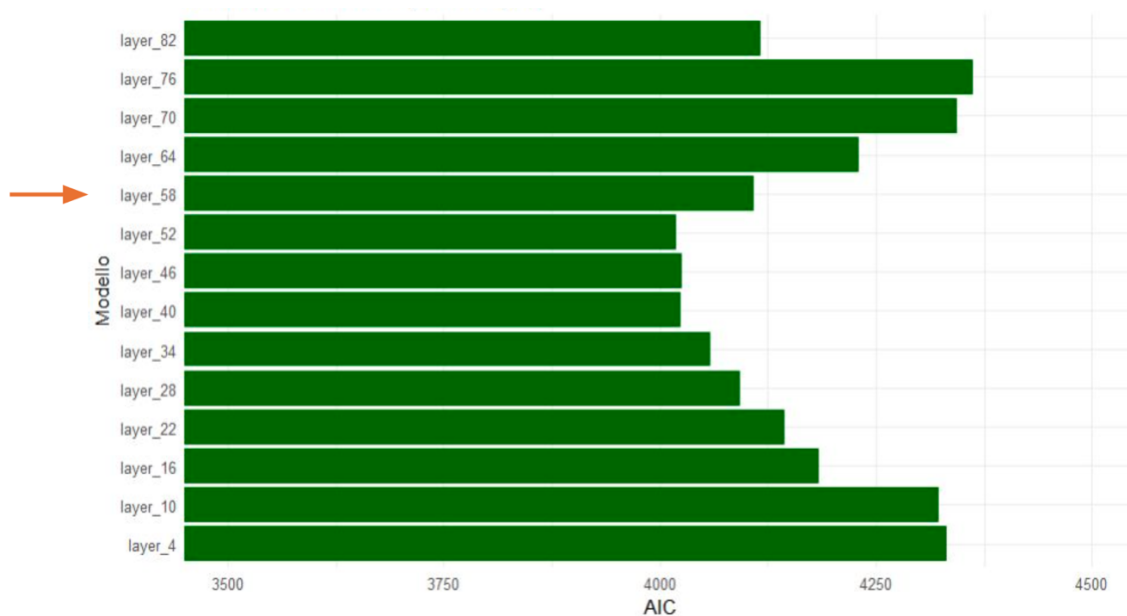


Figura 5. Confronto dei valori AIC dei modelli stimati sui diversi *layer* YamNet.

La Figura mostra il confronto dei valori AIC ottenuti dai modelli stimati utili utilizzando le misure di somiglianza sonora derivate da diversi *layer* di YamNet. Valori più bassi indicano un adattamento del modello. Il layer 58 è evidenziato come layer di riferimento.

Nel complesso, i risultati mostrano che la somiglianza sonora svolge un ruolo rilevante nella formazione di falsi riconoscimenti nel paradigma DRM acustico. A livello descrittivo, i *critical lures* presentano una probabilità di risposta “vecchio” maggiore rispetto agli *unrelated lures*, suggerendo che gli stimoli nuovi ma acusticamente simili agli item studiati tendano a essere più frequentemente riconosciuti come già ascoltati. Il modello lineare misto generalizzato conferma tale evidenza, mostrando un effetto positivo e statisticamente significativo della somiglianza sonora sulla probabilità di risposta “vecchio”: $b = 9.0670$, $SE = 0.4163$, $z = 21.78$, $p < .001$. Inoltre, la curva dei valori predetti mostra un aumento progressivo della proporzione di falsi riconoscimenti al crescere della somiglianza acustica. Infine, l’analisi esplorativa dei *layer* di *YamNet* suggerisce che le rappresentazioni intermedie della rete, e in particolare il *layer* 58, siano particolarmente informative nel predire le risposte comportamentali. Questo dato rafforza l’idea che la similarità sonora rilevante per i falsi riconoscimenti non sia riducibile a una semplice somiglianza fisica superficiale, bensì coinvolge rappresentazione acustiche computazionali più articolate. Nel loro insieme, questi risultati supportano l’ipotesi che i falsi ricordi possano emergere anche in assenza di contenuto linguistico, sulla base della sovrapposizione percettivo-acustica tra stimoli studiati e stimoli nuovi.

CAPITOLO 4: DISCUSSIONE.

L'obiettivo principale del presente studio era verificare se la logica del paradigma Deese-Roediger-McDermott potesse essere estesa al dominio acustico, indagando se la similarità acustica tra stimoli non verbali fosse sufficiente a favorire la comparsa di falsi riconoscimenti. I risultati ottenuti supportano questa ipotesi: gli stimoli caratterizzati da una maggiore somiglianza sonora rispetto ai suoni precedentemente ascoltati, tendevano a essere giudicati come già presentati più frequentemente rispetto agli stimoli acusticamente più distanti. Inoltre, i *critical lures*, pur non essendo mai stati presentati durante la fase di codifica, hanno mostrato una maggiore probabilità di ricevere una risposta “vecchio” rispetto agli *unrelated lures*. Questo pattern di risultati è compatibile con l'ipotesi che la similarità acustica possa aver contribuito a una maggiore sensazione di familiarità, pur non consentendo di misurare direttamente tale processo. L'aspetto cruciale di questo risultato è che gli stimoli impiegati erano suoni ambientali privi di componenti verbali o di voce umana. Il fatto che gli stimoli fossero costituiti da suoni ambientali non verbali riduce il ruolo diretto delle associazioni linguistiche nella costruzione del materiale sperimentale. Tuttavia, non consente di escludere completamente il coinvolgimento di rappresentazioni semantiche o verbali durante la codifica. I dati suggeriscono che il riconoscimento uditivo non dipenda esclusivamente dal recupero fedele dello stimolo originario, ma possa essere influenzato dalla somiglianza tra il nuovo stimolo e il contesto acustico precedentemente codificato. In altri termini, la similarità sonora potrebbe costituire un indizio in grado di influenzare il giudizio di riconoscimento, anche quando lo stimolo non è stato precedentemente presentato.

Tale risultato è particolarmente rilevante perché mostra che la formazione di falsi riconoscimenti può essere favorita non solo da relazioni semantiche tra parole, come nel paradigma DRM classico, ma anche da relazioni percettive tra stimoli sonori. I *critical lures* non erano stati effettivamente presentati nella fase di memorizzazione, ma la loro vicinanza acustica agli stimoli ascoltati potrebbe aver contribuito a una maggiore sensazione di familiarità, favorendo una risposta errata. Questo andamento è coerente con una concezione del sistema mnestico non come archivio letterale dell'esperienza, ma come sistema ricostruttivo, sensibile alla coerenza tra le informazioni presenti e le tracce precedentemente codificate.

Un altro aspetto emerso dalla ricerca riguarda la distinzione tra stimoli acusticamente simili e stimoli acusticamente distanti. I nuovi stimoli non venivano confusi in maniera casuale con quelli già ascoltati; al contrario, la probabilità di falso riconoscimento aumentava soprattutto quando il nuovo stimolo condivideva proprietà sonore con quelli già studiati. Questo aspetto è importante perché indica che l'effetto osservato non può essere interpretato semplicemente come una tendenza generale a rispondere "vecchio" o come una difficoltà complessiva del compito. La risposta dei partecipanti appare modulata dalla struttura di similarità tra gli stimoli, suggerendo che la memoria uditiva sia sensibile alle regolarità percettive presenti nel materiale.

In sintesi, il risultato fondamentale di questa ricerca può essere riassunto come segue: la similarità acustica tra stimoli è associata a una maggiore probabilità che un suono venga erroneamente riconosciuto come già ascoltato. Tale evidenza rappresenta un'estensione significativa della letteratura sui falsi ricordi, in quanto suggerisce che i meccanismi di generalizzazione e confusione della memoria non si limitino esclusivamente al linguaggio o

alle associazioni semantiche, ma possano coinvolgere anche proprietà percettive del segnale acustico.

4.1 Interpretazione dei risultati in relazione all'ipotesi di partenza

L'ipotesi di partenza dello studio prevedeva che la similarità acustica potesse favorire la formazione di falsi riconoscimenti in un paradigma DRM uditivo. I risultati ottenuti supportano tale previsione, mostrando che i suoni nuovi acusticamente simili agli stimoli studiati venivano più frequentemente classificati come già ascoltati rispetto ai suoni nuovi acusticamente distanti. Questo andamento suggerisce che la similarità sonora abbia contribuito al processo di riconoscimento, fornendo un indizio potenzialmente in grado di aumentare la familiarità percepita dello stimolo. La maggiore probabilità di risposta “vecchio” associata ai *critical lures* può essere interpretata come conseguenza della sovrapposizione tra le caratteristiche acustiche dello stimolo nuovo e quelle degli stimoli precedentemente codificati. È possibile ipotizzare che, durante la fase di codifica, i partecipanti abbiano elaborato non soltanto caratteristiche specifiche dei singoli eventi sonori, ma anche proprietà condivise del materiale presentato. Pertanto, quando nella fase di riconoscimento veniva presentato loro un suono nuovo ma in linea con quel profilo, esso poteva essere erroneamente attribuito all'esperienza precedente. In questo senso, il falso riconoscimento non deriverebbe da un ricordo casuale, ma da un processo di generalizzazione fondato sulla somiglianza.

Questa interpretazione è coerente con una concezione ricostruttiva della memoria. Come discusso nell'introduzione, la memoria umana non registra passivamente gli eventi, ma li organizza e li ricostruisce sulla base di schemi, conoscenze pregresse e indizi disponibili al

momento del recupero (Bruner, 1997). Da questo punto di vista, il riconoscimento di uno stimolo non implica necessariamente il recupero accurato di una traccia episodica specifica, ma può dipendere anche dalla somiglianza tra lo stimolo attuale e una rappresentazione più generale dell'esperienza passata. Il fatto che suoni simili ma mai presentati prima siano stati giudicati come già ascoltati suggerisce che la similarità tra lo stimolo nuovo e il materiale precedentemente codificato, possa influenzare il giudizio di riconoscimento. Alla luce della *Fuzzy Trace Theory*, questo risultato può essere interpretato come compatibile con un'interazione tra informazioni specifiche relative agli eventi studiati e una rappresentazione più generale del materiale. Il presente disegno sperimentale, tuttavia, non consente di misurare direttamente tali componenti della memoria. I falsi ricordi non rappresentano quindi un'anomalia o un malfunzionamento della memoria, ma una conseguenza prevedibile del suo funzionamento ordinario. La capacità di generalizzare è, infatti, fondamentale per il comportamento adattivo, consentendo di riconoscere pattern dell'ambiente, raggruppare esperienze simili e rispondere rapidamente a stimoli nuovi ma familiari. Tuttavia, questa stessa capacità può portare a commettere errori quando la somiglianza tra stimoli induce il sistema a trattare come già noto qualcosa che, in realtà, non è stato mai esperito. Nel presente studio, la similarità acustica ha svolto proprio questa funzione ambivalente: da un lato ha fornito un principio organizzativo per la memoria, dall'altro ha favorito falsi riconoscimenti.

L'ipotesi iniziale risulta dunque confermata sul piano teorico e comportamentale. Gli stimoli acusticamente simili agli item studiati hanno mostrato una maggiore capacità di indurre risposte di falso riconoscimento rispetto agli stimoli acusticamente distanti. Ciò suggerisce che la dimensione acustica, analogamente a quella semantica nel DRM classico, possa contribuire alla formazione di rappresentazioni condivise che influenzano il giudizio della memoria. La

memoria uditiva non si limita a distinguere tra suoni già ascoltati e suoni nuovi in modo puramente analitico, ma sembra operare attraverso processi di confronto, categorizzazione e generalizzazione.

4.2 Confronto con il paradigma DRM classico

Il risultato principale del presente studio si colloca in continuità con la tradizione di ricerca inaugurata da Deese (1959) e successivamente ripresa da Roediger e McDermott (1995). Nel paradigma DRM classico, la presentazione di liste di parole semanticamente associate induce frequentemente il ricordo o il riconoscimento errato di una parola critica non presentata. Tale effetto è stato interpretato come una dimostrazione della natura associativa e ricostruttiva della memoria: l'esposizione a più parole semanticamente correlate attiva una rappresentazione comune, condivisa, che può essere successivamente confusa con un elemento effettivamente studiato (Roediger & McDermott, 1995).

Nel presente lavoro di ricerca emerge un meccanismo analogo, ma nel dominio acustico. I *critical lures* non erano parole semanticamente associate, bensì suoni nuovi che condividevano proprietà percettive con quelli ascoltati durante la fase di codifica. Il fatto che tali stimoli siano stati frequentemente riconosciuti come già ascoltati suggerisce che la similarità acustica possa svolgere una funzione simile a quella della similarità semantica nel paradigma DRM classico. In entrambi i casi, infatti, la memoria appare influenzata da una relazione tra gli stimoli, che nel DRM verbale è costituita da associazioni semantiche, mentre nel presente adattamento uditivo da proprietà sonore condivise. Inoltre, ciò che viene ricordato o riconosciuto erroneamente non è del tutto arbitrario e casuale, ma è coerente con la struttura del materiale studiato. Ed è proprio

tale coerenza strutturale a rendere il falso ricordo particolarmente interessante dal punto di vista teorico, poiché mostra che l'errore mnestico può nascere da processi ordinari di organizzazione e integrazione dell'informazione.

Al tempo stesso, il presente lavoro di ricerca introduce un elemento di differenza rispetto alla letteratura DRM tradizionale. Nel paradigma classico la relazione tra gli item è prevalentemente linguistica e concettuale: le parole di una lista rimandano a un termine critico sulla base di associazioni semantiche consolidate, spesso legate all'esperienza linguistica e culturale dei partecipanti. In questo studio, invece, la relazione tra stimoli è stata definita sulla base della somiglianza acustica tra suoni non verbali. Così facendo è stato possibile estendere il paradigma verso un ambito meno esplorato e valutare se possano manifestarsi illusioni mnestiche anche quando i legami tra gli stimoli non sono primariamente verbali. Questa differenza è importante perché permette di ampliare la comprensione dei meccanismi alla base dei falsi riconoscimenti. Se il falso riconoscimento emerge anche in presenza di similarità acustica, ciò suggerisce che il fenomeno non debba essere ricondotto esclusivamente alle associazioni linguistiche tra parole. Diventa necessario considerare meccanismi più generali di similarità, familiarità e generalizzazione, capaci di operare su diversi tipi di rappresentazione. Il presente studio suggerisce quindi che il paradigma DRM possa essere inteso non soltanto come uno strumento per studiare le associazioni semantiche, ma anche come un modello più generale per indagare come la memoria organizza e talvolta confonde informazioni strutturalmente simili.

I risultati sono inoltre coerenti con l'idea che i falsi ricordi DRM riflettano l'interazione tra attivazione automatica e processi di controllo. Roediger e McDermott (1995) hanno mostrato che i partecipanti possono riconoscere con convinzione parole mai presentate prima perché

queste risultano fortemente attivate dagli item studiati. Analogamente, nel presente studio, i suoni critici possono aver prodotto una sensazione di familiarità perché compatibili con la rappresentazione acustica costruita durante la fase di codifica. Una possibile interpretazione è che, oltre alla familiarità, assumano un ruolo i processi di monitoraggio della fonte. Uno stimolo può infatti risultare familiare senza essere stato effettivamente presentato; il falso riconoscimento può emergere quando tale familiarità viene erroneamente attribuita all'esperienza di codifica (Gallo, 2006; Steffens & Mecklenbräuer, 2007).

4.3 Similarità acustica, familiarità e monitoraggio della fonte

Una possibile interpretazione dei risultati riguarda il ruolo della familiarità. Nei compiti di riconoscimento, i partecipanti possono basare le loro risposte su una sensazione generale che lo stimolo presentato sia già stato incontrato in precedenza. Tale sensazione può derivare dall'effettiva esposizione allo stimolo, ma può anche essere prodotta dalla somiglianza tra lo stimolo nuovo e altri stimoli realmente studiati. Nel presente studio, la maggiore frequenza di risposte "vecchio" ai *critical lures* può interpretata come compatibile con un possibile contributo della familiarità. La loro elevata similarità acustica con gli stimoli studiati potrebbe infatti aver fornito un indizio di coerenza con l'esperienza precedente, favorendo il giudizio di riconoscimento. Questa familiarità può essere intesa come risultato della sovrapposizione tra le proprietà sonore degli stimoli: quando un partecipante ascolta una serie di suoni appartenenti alla stessa categoria o accomunati da caratteristiche acustiche simili, può formarsi una rappresentazione globale di quel contesto sonoro. Essa non coincide necessariamente con la memoria dettagliata di ogni singolo stimolo ma può includere caratteristiche comuni quali timbro, ritmo, qualità percettiva generale o struttura categoriale. Di conseguenza, un nuovo

suono che condivide tali caratteristiche può essere percepito come coerente con l'esperienza precedente e quindi erroneamente riconosciuto come già ascoltato. Quest'interpretazione coincide con quanto affermato dalla *Fuzzy Trace Theory*, e cioè che gli eventi vengono codificati attraverso tracce specifiche e tracce più generali. Le prime conservano i dettagli precisi dell'esperienza, mentre le seconde rappresentano il significato o la struttura globale dell'evento. Nel caso del presente studio, è possibile ipotizzare che i partecipanti abbiano conservato non solo tracce specifiche dei singoli suoni, ma anche una traccia generale del profilo acustico della lista. Perciò, quando un nuovo stimolo risultava compatibile con tale profilo, esso poteva essere etichettato come già incontrato, soprattutto se la traccia specifica del singolo stimolo non era sufficientemente forte da permettere una discriminazione accurata (Brainerd & Reyna, 2002).

Il falso riconoscimento acustico può quindi essere interpretato come il risultato di un conflitto tra memoria specifica e memoria generale. Se da un lato il partecipante dovrebbe ricordare se un particolare suono gli è stato effettivamente presentato, dall'altro lo stimolo critico possiede caratteristiche che lo rendono coerente con l'insieme dei suoni studiati. Quando la rappresentazione generale prevale sulla discriminazione specifica, il partecipante può rispondere "vecchio" anche in assenza di una reale esposizione precedente. Tale processo è analogo a quanto avviene nel DRM verbale, dove la rappresentazione generale del tema della lista può favorire il ricordo erroneo della parola critica (Roediger & McDermott, 1995; Brainerd & Reyna, 2002).

Anche i processi di monitoraggio della fonte offrono una chiave interpretativa importante. Il monitoraggio della fonte si riferisce alla capacità di identificare l'origine di un'informazione,

capire cioè se uno stimolo sia stato effettivamente percepito, immaginato, inferito o soltanto attivato mentalmente. Nel presente lavoro di ricerca, i partecipanti potevano sperimentare una sensazione di familiarità di fronte a un suono critico, ma attribuire erroneamente tale familiarità alla sua presentazione della fase di codifica. In tal senso, il falso riconoscimento rifletterebbe un errore nell'attribuzione della fonte della familiarità (Gallo, 2006; Steffens & Mecklenbräuker, 2007). Con questa interpretazione riusciamo a spiegare perché gli stimoli acusticamente distanti siano stati meno frequentemente riconosciuti come “vecchi”. Essi non condividevano in modo rilevante il profilo sonoro della fase di codifica e, di conseguenza, fornivano meno indizi compatibili con l'esperienza precedente. Il confronto tra *critical lures* e stimoli non correlati mostra quindi che la probabilità di una risposta “vecchio” varia in funzione della relazione tra lo stimolo presentato al test e il materiale precedentemente codificato. Inoltre, questi risultati evidenziano come la memoria uditiva possa essere vulnerabile a distorsioni simili a quelle osservate nella memoria verbale. Anche quando l'informazione da ricordare non è una parola, ma un evento sonoro, il sistema mnestico sembra utilizzare indizi di coerenza e somiglianza per guidare il riconoscimento. Questa strategia è in genere adattiva, poiché permette di riconoscere rapidamente stimoli appartenenti a categorie già note o simili a esperienze precedenti. Tuttavia, può portare a commettere errori quando uno stimolo nuovo condivide numerose caratteristiche con ciò che è stato effettivamente ascoltato. In tal senso, i falsi riconoscimenti acustici rappresentano un esempio della tensione tra accuratezza e generalizzazione che caratterizza il funzionamento della memoria.

4.4 Rappresentazioni multimodali e grounded cognition

I risultati ottenuti dal presente lavoro di ricerca assumono particolare rilevanza se considerati alla luce delle teorie contemporanee della memoria semantica e della rappresentazione concettuale. Come discusso nell'introduzione, la memoria semantica è stata intesa per molto tempo come un sistema prevalentemente amodale, fondato su rappresentazioni astratte indipendenti dalle modalità percettive. Le prospettive più recenti hanno progressivamente messo in discussione questa visione, sostenendo che la conoscenza concettuale sia almeno in parte radicata nei sistemi percettivi e sensomotori attraverso cui gli individui interagiscono con il mondo (Barsalou, 1999; Kumar, 2021; Yee et al., 2018). All'interno di questa cornice teorica, il presente studio fornisce un contributo rilevante perché mostra che le informazioni acustiche possono influenzare il comportamento mnestico. Il fatto che la similarità acustica tra stimoli sia associata a una maggiore frequenza di falsi riconoscimenti suggerisce che le proprietà uditive possano contribuire alle rappresentazioni che guidano il riconoscimento. Questo dato è coerente con l'idea che la memoria non sia organizzata esclusivamente attorno a contenuti linguistici o concettuali astratti, ma integra informazioni provenienti da diverse modalità sensoriali.

La prospettiva della *grounded cognition* si dimostra particolarmente utile per interpretare questi risultati. Secondo Barsalou (1999), le rappresentazioni concettuali derivano dalla riattivazione parziale degli stati percettivi e motori coinvolti durante l'esperienza: comprendere o ricordare un oggetto o un evento significa quindi riattivare, almeno in parte, le caratteristiche sensoriali ad esso associate. I risultati del presente studio sono in linea con questa visione, suggerendo che la similarità acustica tra eventi sonori possa contribuire a una rappresentazione condivisa capace di influenzare il giudizio di riconoscimento. Anche le analisi di Kumar (2021) e di Yee e collaboratori (2018) affermano che le rappresentazioni semantiche sono il prodotto dell'integrazione di informazioni linguistiche, percettive, motorie e contestuali. In quest'ottica,

il significato di un oggetto o di un evento non è dato soltanto dalla parola che lo identifica, ma anche dall'insieme delle esperienze percettive ad esso correlate. Il suono prodotto da un cane, da un'automobile, dalla pioggia o da una sirena può costituire una componente rilevante della rappresentazione di tali eventi. Il presente studio suggerisce che queste componenti acustiche possono avere conseguenze misurabili sul riconoscimento mnestico.

Un aspetto importante è che il presente lavoro di ricerca estende la riflessione sulla multimodalità a un dominio meno studiato rispetto a quello visivo. Molte evidenze a favore della *grounded cognition* si sono concentrate sul ruolo delle proprietà visive e motorie nell'elaborazione semantica. Tuttavia, l'esperienza umana è profondamente multimodale e integra sistematicamente le informazioni uditive. Il riconoscimento di un oggetto o di un evento, perciò, può dipendere sia dal suo aspetto visivo sia dal suono che produce. I risultati ottenuti indicano che tali proprietà sonore possono contribuire oltre che alla categorizzazione percettiva, anche alla formazione di errori di memoria. Questa conclusione concorda con l'idea che la memoria semantica e la memoria episodica siano due sistemi distinti ma allo stesso tempo interconnessi. In questo studio ai partecipanti è stato richiesto di fornire un giudizio episodico, indicando se un suono fosse stato effettivamente ascoltato durante una fase precedente dell'esperimento. I risultati ottenuti sono compatibili con l'ipotesi che le risposte siano state influenzate da una rappresentazione più generale delle caratteristiche condivise dagli stimoli. Ciò suggerisce che il riconoscimento episodico possa essere influenzato da rappresentazioni più generali delle caratteristiche condivise dagli stimoli, nelle quali le informazioni sonore possono contribuire al giudizio di riconoscimento.

Le implicazioni teoriche di questo risultato sono significative. Se le proprietà acustiche possono favorire falsi riconoscimenti, allora i modelli della memoria devono considerare non solo le relazioni semantiche tradizionalmente studiate, ma anche le relazioni percettive che organizzano l'esperienza. Il paradigma DRM, in questa prospettiva, può essere reinterpretato come un caso specifico di un principio più generale: la memoria tende a generalizzare a partire da insiemi di stimoli strutturalmente coerenti. Quando tale coerenza riguarda il significato, emergono falsi ricordi semantici; quando riguarda il suono, possono emergere falsi riconoscimenti acustici.

4.5 Confronto con gli studi sulla similarità percettiva

Il presente studio si inserisce in un filone di ricerca che ha progressivamente attribuito maggiore importanza alle proprietà percettive nella rappresentazione e nell'elaborazione dei concetti. In particolare, il lavoro di Petilli e collaboratori (2021) ha mostrato che la similarità visiva tra referenti può contribuire all'elaborazione semantica anche in compiti linguistici. Tale risultato suggerisce che le rappresentazioni concettuali non siano fondate esclusivamente su relazioni tra parole, ma includano anche informazioni percettive che vengono attivate automaticamente durante il processamento cognitivo. I risultati del presente studio si mostrano in linea con questa prospettiva, ma la estendono al dominio acustico e al campo dei falsi riconoscimenti. Così come la similarità visiva può influenzare l'elaborazione semantica, la similarità acustica influenza il riconoscimento mnestico. L'aspetto comune tra questi risultati è il ruolo attivo delle informazioni percettive nei processi cognitivi, visto che, in entrambi i casi, le proprietà sensoriali contribuiscono attivamente alla costruzione delle rappresentazioni che guidano il comportamento. Tuttavia, si riscontra una differenza in merito al tipo di compito e alla modalità

sensoriale considerata. Petilli et al. (2021) si sono concentrati sulla similarità visiva e sul *priming* semantico, mentre il presente studio ha esaminato la similarità acustica in un compito del riconoscimento. Da un punto di vista teorico questa differenza è particolarmente rilevante in quanto mostra che la rilevanza delle informazioni percettive non si limita all'elaborazione del significato in senso stretto, ma può estendersi anche alla memoria episodica e alla formazione di falsi riconoscimenti. La similarità percettiva, quindi, può influenzare sia il modo in cui i concetti vengono elaborati sia il modo in cui gli eventi vengono ricordati. Il confronto con il lavoro di Petilli e colleghi (2021), infine, consente di evidenziare una continuità metodologica. In entrambi gli studi, la similarità percettiva è stata valutata mediante strumenti computazionali anziché attraverso giudizi soggettivi. Tale approccio presenta un grande vantaggio: permette di creare misure replicabili e meno influenzate dalle valutazioni esplicite partecipanti. Nel presente studio, l'utilizzo di rappresentazioni acustiche derivate da YamNet ha permesso di quantificare la vicinanza tra suoni all'interno di uno spazio computazionale, e questo ha reso possibile la costruzione di liste sperimentali basate su criteri oggettivi di similarità sonora.

Il riferimento a De Varda e Marelli (2024) assume una particolare importanza in questo contesto. Il loro lavoro mostra come le proprietà acustiche relative a oggetti ed eventi possono essere modellate computazionalmente e integrate nello studio delle rappresentazioni concettuali. Questa ricerca si colloca in continuità con tale prospettiva, poiché applica misurazioni computazionali della similarità acustica per studiare un fenomeno mnestico. In quest'ottica, i risultati suggeriscono che le rappresentazioni acustiche non siano utili soltanto per descrivere gli stimoli da un punto di vista fisico o tecnico, ma possono avere una relazione significativa con il comportamento umano.

La convergenza tra psicologia cognitiva e modellistica computazionale rappresenta uno degli elementi più innovativi di questo lavoro di ricerca. I modelli computazionali offrono la possibilità di formalizzare dimensioni percettive che in passato risultavano complesse da misurare in modo sistematico. Quando applicati allo studio della memoria, tali modelli consentono di indagare in che modo la struttura oggettiva degli stimoli possa influenzare i processi di codifica e riconoscimento. Naturalmente, ciò non implica che lo spazio computazionale coincida perfettamente con lo spazio psicologico umano; tuttavia, il fatto che la similarità acustica calcolata tramite modelli computazionali si associ al comportamento dei partecipanti suggerisce che tali rappresentazioni riescano a catturare aspetti significativi dell'esperienza sonora. Rispetto alla letteratura precedente, dunque, il presente studio offre sia una conferma sia un ampliamento delle conoscenze: conferma l'idea che le proprietà percettive possano influenzare processi cognitivi complessi, come sostenuto dagli studi sulla *grounded cognition* e sulla similarità visiva; estende quest'idea mostrando che anche la similarità acustica può favorire errori di riconoscimento. I dati contribuiscono a riequilibrare un campo di ricerca spesso dominato dal linguaggio e dalla visione, ponendo l'attenzione su una modalità sensoriale cruciale ma meno esplorata: l'udito.

4.6 Implicazioni teoriche e metodologiche dello studio

L'analisi delle implicazioni teoriche di questo lavoro può essere articolata su più livelli. In primo luogo, i risultati indicano che i falsi riconoscimenti non sono necessariamente connessi alla presenza di associazioni semantiche verbali. Sebbene il paradigma DRM sia nato e si sia sviluppato principalmente attraverso liste di parole, il meccanismo alla base dell'illusione

mnestica può essere esteso anche a stimoli non linguistici. Questo suggerisce che il falso riconoscimento possa emergere anche quando un nuovo stimolo risulta sufficientemente coerente con una rappresentazione costruita durante la codifica. In secondo luogo, i risultati rafforzano una visione ricostruttiva della memoria. Il riconoscimento non appare come il risultato di un confronto esatto tra lo stimolo presente e una traccia immagazzinata in modo letterale, ma piuttosto come un processo inferenziale che si serve di indizi di somiglianza e familiarità. Quando questi ultimi sono particolarmente forti, il sistema può quindi classificare erroneamente uno stimolo nuovo come già esperito. Tale meccanismo è coerente con la tradizione teorica che considera la memoria come un processo attivo di ricostruzione e non come una registrazione fedele dell'esperienza (Bruner, 1997; Steffens & Mecklenbräuer, 2007). Questa interpretazione si inserisce inoltre nel più ampio dibattito sulla natura multimodale delle rappresentazioni cognitive, già discusso nella sezione precedente. Alla luce di tali considerazioni, le evidenze emerse dalla presente ricerca suggeriscono che la similarità possa essere considerata un principio generale di organizzazione della memoria. Nel DRM verbale, la similarità semantica organizza le liste e favorisce l'attivazione della parola critica; nel presente studio, la similarità acustica organizza gli stimoli sonori e favorisce il riconoscimento erroneo dei *critical lures*. Questa analogia indica che la memoria può generalizzare a partire da diversi tipi di vicinanza tra stimoli. La specifica modalità attraverso cui la similarità si manifesta può cambiare, ma il principio sottostante rimane lo stesso: ciò che è coerente con una rappresentazione appresa viene più facilmente percepito come familiare. Infine, la ricerca evidenzia come i modelli computazionali possono rappresentare uno strumento teorico e metodologico molto importante per la psicologia cognitiva. L'utilizzo di *embedding* acustici ha permesso di costruire una misura della similarità sonora non basata esclusivamente su valutazioni soggettive, rendendo possibile una quantificazione più

sistematica e replicabile delle relazioni acustiche tra gli stimoli. È tuttavia importante distinguere tra similarità acustica computazionalmente definita e similarità percepita dagli individui, poiché le rappresentazioni generate dal modello non necessariamente coincidono con le dimensioni psicologicamente rilevanti per la percezione umana. Ad ogni modo questo apre le porte verso uno studio molto più preciso di come le proprietà fisiche e percettive degli stimoli si traducono in rappresentazioni cognitive e comportamentali osservabili. La combinazione tra paradigmi sperimentali classici e strumenti computazionali contemporanei può quindi contribuire a una comprensione più articolata dei processi mnestici.

4.7 Limiti dello studio e prospettive future

Nonostante il contributo teorico e metodologico del presente lavoro, è necessario evidenziarne anche alcuni limiti. Una prima considerazione di ordine metodologico risiede nella natura stessa del compito somministrato. L'utilizzo di una prova di riconoscimento dicotomica ha consentito di quantificare la frequenza dei falsi riconoscimenti, ma non ha permesso di stabilire con certezza se tali risposte fossero accompagnate da una vera esperienza soggettiva di ricordo. Nel paradigma DRM classico, sono state impiegate procedure di valutazione basate sul giudizio *remember/know* (Tulving, 1985) che permettono di scindere i processi di effettivo recupero dell'evento originale dalla semplice sensazione di familiarità. L'assenza di una misura di questo tipo nel presente disegno sperimentale limita la possibilità di comprendere la qualità fenomenologica del falso riconoscimento osservato. A questa criticità di ordine fenomenologico si affianca una questione inerente alla possibile verbalizzazione degli stimoli. Sebbene lo studio abbia utilizzato suoni non verbali, alcuni di essi potevano essere facilmente associati a un'etichetta linguistica, come “cane”, “pioggia”, “sirena” o “automobile”. Non è

quindi possibile escludere completamente che i partecipanti abbiano codificato alcuni stimoli anche attraverso categorie verbali o concettuali. Pertanto, se da un lato la somiglianza strutturale e timbrica resta il nucleo del modello interpretativo proposto, dall'altro non è possibile escludere che una parte della suscettibilità al falso riconoscimento sia stata mediata dalla similarità semantica tra gli eventi sonori. Questo aspetto non va a invalidare il risultato principale dello studio, ma va considerata con cautela l'attribuzione dell'intero effetto alla sola dimensione acustica. Sul piano della conduzione dell'esperimento va poi rilevata l'inevitabile variabilità dovuta alle condizioni di somministrazione online e non strettamente di laboratorio. Ai partecipanti è stato richiesto di svolgere il compito in un ambiente privo di distrazioni e mediante l'uso esclusivo di cuffie; tuttavia, è chiaro che il controllo sulle condizioni ambientali può non essere stato equivalente a quello di un laboratorio. Differenze nella resa acustica delle cuffie utilizzate, nel volume impostato, nel rumore di fondo o nel livello di attenzione, potrebbero avere influenzato la codifica degli stimoli. Nonostante siano stati adottati criteri di controllo per garantire la qualità dei dati, rimane possibile che una parte della variabilità osservata sia legata a fattori contestuali non completamente controllabili. Un ulteriore limite riguarda la validità ecologica della misura computazionale impiegata per operationalizzare la similarità acustica. L'utilizzo dell'architettura neurale YamNet costituisce indubbiamente un punto di forza, in quanto garantisce una misura oggettiva, replicabile e data-driven della somiglianza tra suoni. Tuttavia, le rappresentazioni generate da un modello computazionale non coincidono necessariamente con il modo in cui gli esseri umani percepiscono e organizzano i suoni. Il modello può cogliere regolarità acustiche utili per classificare eventi sonori, ma queste potrebbero non corrispondere perfettamente alle dimensioni psicologicamente rilevanti per i partecipanti. Studi futuri potrebbero confrontare direttamente le misure computazionali con giudizi umani di similarità, al fine di valutare il grado di corrispondenza tra spazio acustico

computazionale e spazio percettivo soggettivo. Infine, tra i limiti dello studio è importante includere la composizione del campione e la temporalità del test. La prevalente omogeneità del campione d'indagine, composto da giovani adulti inseriti in un contesto universitario, ne limita la trasferibilità a popolazioni caratterizzate da differenti profili neurocognitivi, quali ad esempio anziani o soggetti con una specifica competenza musicale. Analogamente, la scelta di valutare la memoria attraverso una prova a breve termine lascia inesplorata la dinamica evolutiva della traccia. Poiché la letteratura sul consolidamento mnesico evidenzia come i dettagli fisici e superficiali (*verbatim*) tendano a decadere più rapidamente rispetto alle rappresentazioni d'essenza (*gist*) (Brainerd & Reyna, 2002), è ragionevole ipotizzare che l'introduzione di un intervallo di ritenzione differito nell'arco di ore o giorni può amplificare ulteriormente l'impatto della similarità acustica, rendendo la mente ancora più vulnerabile alle illusioni percettive a distanza di tempo. È possibile, infatti, che a distanza di tempo i dettagli percettivi specifici dei singoli suoni si indeboliscano, mentre la rappresentazione generale della categoria acustica rimanga relativamente più accessibile. In tal caso, la similarità acustica potrebbe avere un ruolo ancora più marcato nella formazione di falsi riconoscimenti. L'introduzione di intervalli di ritenzione più lunghi rappresenterebbe quindi una direzione interessante per studi futuri.

A partire dai limiti appena discussi, si possono identificare diverse prospettive di ricerca futura. Una prima direzione riguarda l'introduzione di misure soggettive del ricordo. Chiedere ai partecipanti non solo se uno stimolo sia stato già ascoltato, ma anche con quale grado di sicurezza o con quale qualità soggettiva venga riconosciuto, permetterebbe di distinguere meglio tra familiarità e ricordo vero e proprio. Questo sarebbe particolarmente utile per comprendere se i falsi riconoscimenti acustici osservati nello studio siano esperiti come semplici sensazioni di familiarità o come ricordi più vividi e dettagliati. Parallelamente, sul

piano del materiale stimolo, studi futuri potrebbero costruire condizioni sperimentali in cui le due dimensioni, della similarità acustica e della similarità semantica, vengano manipolate separatamente, affiancando, ad esempio, suoni acusticamente simili ma semanticamente diversi oppure suoni semanticamente appartenenti alla stessa categoria ma acusticamente differenti. Così facendo si potrebbe isolare il peso specifico di ciascuna componente e valutare le loro eventuali interazioni nella genesi del falso riconoscimento. In quest'ottica, un approccio metodologico futuro determinante potrà derivare dall'impiego di suoni artificiali, astratti o fortemente decontestualizzati, minimizzando così il fenomeno della ricodifica verbale spontanea per testare il comportamento del sistema mnesico in condizioni di elaborazione percettiva pura. Un altro filone di grande interesse risiede nella calibrazione tra misure computazionali e misure soggettive di similarità. Sebbene metriche computazionali data-driven come quelle offerte dalla rete neurale YamNet garantiscano un'elevata riproducibilità, risulterà fondamentale confrontare direttamente tali rappresentazioni con giudizi di similarità espressi da campioni umani. L'eventuale convergenza tra le distanze calcolate dal modello e quelle percepite dai soggetti rafforzerebbe la validità teorica dell'approccio, mentre eventuali discrepanze offrirebbero indicazioni sulle specifiche dimensioni spettrali o temporali a cui il sistema uditivo umano attribuisce una priorità attenzionale durante la codifica. Infine, sarebbe interessante integrare il paradigma sperimentale con misure neurocognitive in modo da chiarire i substrati biologici del fenomeno. L'utilizzo di tecniche quali l'elettroencefalografia o la risonanza magnetica funzionale potrebbe aiutare a comprendere se i falsi riconoscimenti acustici coinvolgano processi simili a quelli osservati nei falsi ricordi verbali. In particolare, ciò permetterebbe di comprendere se l'illusione mnesica sia guidata da una riattivazione precoce e automatica della corteccia uditiva, o se derivi da un fallimento a livello dei meccanismi di

monitoraggio della fonte coordinati dalle regioni prefrontali e parietali, offrendo così una sintesi tra evidenze comportamentali e modelli neurofunzionali della memoria.

4.8 Possibili implicazioni applicative

Sebbene il presente studio abbia un carattere principalmente teorico e sperimentale, le evidenze emerse rivelano diverse implicazioni applicative. In molti contesti quotidiani, professionali e di sicurezza, gli individui sono chiamati a identificare e discriminare stimoli sonori: si pensi ad allarmi, notifiche, segnali acustici, rumori ambientali, suoni meccanici o eventi sonori critici in situazioni di emergenza. Il fatto che suoni nuovi ma acusticamente simili possano essere erroneamente riconosciuti come già ascoltati suggerisce che la progettazione dei segnali sonori dovrebbe tenere conto non solo della loro salienza percettiva, ma anche della loro distintività. In ambito ergonomico e della progettazione di interfacce, una sovrapposizione eccessiva tra segnali diversi rischia infatti di incrementare il rischio di confusione, una criticità particolarmente acuta nei contesti ad alto carico cognitivo in cui è richiesta una rapida presa di decisione sulla base di indizi sonori. In ambienti ospedalieri, industriali, stradali o tecnologici, la somiglianza tra segnali potrebbe favorire errori di riconoscimento, soprattutto quando l'attenzione è divisa o quando il tempo per elaborare lo stimolo è limitato. Una progettazione più attenta dovrebbe quindi privilegiare segnali chiaramente distinguibili, riducendo la sovrapposizione acustica tra stimoli con significati diversi. Un secondo versante applicativo riguarda l'ambito testimoniale e forense. La letteratura sui falsi ricordi ha ampiamente mostrato che la memoria può essere influenzata da suggestioni, inferenze e associazioni, con ricadute dirette sulla testimonianza oculare e autobiografica (Loftus et al., 1995; Steffens & Mecklenbräuker, 2007). I risultati del presente studio indicano che anche il riconoscimento

uditivo è vulnerabile a distorsioni guidate dalla similarità. Sebbene essi siano stati ottenuti in condizioni sperimentali controllate con specifiche categorie di suoni ambientali, suggeriscono la necessità di approfondire il ruolo della similarità acustica anche in contesti applicativi nei quali sia richiesto il riconoscimento di eventi sonori. Quando un individuo è chiamato a ricordare o identificare una voce, un rumore ambientale, un allarme o un'esplosione, la somiglianza con altri eventi sonori potrebbe condizionare il giudizio successivo. Pur nella consapevolezza che i dati di laboratorio non possono essere trasferiti direttamente ai contesti reali, tali evidenze mettono in luce un fattore potenzialmente determinante. Infine, i risultati possono avere implicazioni per l'ambito educativo e riabilitativo, dove la comprensione dell'impatto della similarità acustica sulla memoria può guidare la progettazione di materiali sonori per l'apprendimento, la valutazione o il *training* percettivo, adattando la distanza tra gli stimoli a seconda che l'obiettivo sia favorire il riconoscimento accurato o allenare la capacità discriminativa attraverso gradazioni progressive di somiglianza. In questo senso, lo studio di falsi riconoscimenti acustici può contribuire alla comprensione dei processi attraverso i quali gli individui apprendono, distinguono e ricordano informazioni sonore.

In sintesi, il presente studio ha evidenziato che la similarità acustica è associata a una maggiore probabilità di falso riconoscimento. Suoni mai presentati durante la fase di codifica, ma percettivamente simili a quelli studiati, vengono erroneamente giudicati come già ascoltati. Questo risultato supporta l'ipotesi di partenza e attesta la profonda sensibilità della memoria uditiva alla struttura di somiglianza tra gli stimoli, suggerendo che il falso riconoscimento non sia semplicemente casuale, ma possa essere influenzato dalla relazione di similarità tra il nuovo stimolo e il materiale precedentemente codificato. Estendendo la logica del paradigma DRM oltre i confini del dominio verbale, lo studio suggerisce che anche relazioni percettive non

linguistiche possono favorire la comparsa di illusioni mnesiche: se nel DRM classico il falso riconoscimento scaturisce dalle relazioni semantiche tra parole, nell'adattamento uditivo proposto esso deriva dalla sovrapposizione di caratteristiche sonore. Tale riscontro è compatibile con una concezione ricostruttiva della memoria e con prospettive che attribuiscono un ruolo alle informazioni percettive nella costruzione delle rappresentazioni cognitive. Dal punto di vista teorico, i risultati suggeriscono che le informazioni acustiche possano contribuire alla formazione di rappresentazioni mnestiche e concettuali, in linea con le prospettive della *grounded cognition* e della semantica multimodale (Barsalou, 1999; Kumar, 2021; Yee et al., 2018). Sul piano metodologico, il lavoro conferma l'utilità di integrare i paradigmi sperimentali classici con strumenti computazionali per la quantificazione oggettiva della similarità percettiva. Pur con i limiti discussi, la presente indagine offre dunque un contributo significativo all'estensione della comprensione dei falsi ricordi, provando che la memoria umana può essere ingannata non soltanto dal significato delle parole, ma anche dalla somiglianza tra i suoni.

CAPITOLO 5: CONCLUSIONI.

Il presente lavoro di tesi ha avuto come obiettivo l'esplorazione dell'estendibilità del paradigma Deese-Roediger-McDermott (DRM) al dominio acustico, con particolare attenzione al ruolo della similarità percettiva nella genesi dei falsi riconoscimenti. L'indagine ha preso in esame la possibilità che la somiglianza sonora tra gli stimoli presentati durante la fase di codifica e quelli successivamente proposti nella fase di riconoscimento potesse influenzare la probabilità che uno stimolo nuovo venisse giudicato come già ascoltato. A tale scopo, la similarità acustica è stata quantificata attraverso *embedding* ottenuti mediante il modello computazionale *YamNet* e utilizzata come predittore delle risposte di riconoscimento. Il dataset finale comprendeva 5200 osservazioni provenienti da 40 partecipanti. La prima analisi descrittiva ha evidenziato una differenza tra le due principali categorie di stimoli nuovi: i *critical lures*, caratterizzati da una maggiore vicinanza acustica rispetto agli stimoli studiati, hanno ricevuto una risposta "vecchio" con una probabilità media di circa 0.48, mentre per gli *unrelated lures*, acusticamente distanti dagli stimoli li codifica, tale probabilità si collocava intorno a 0.18. Questo andamento indica che gli stimoli nuovi ma acusticamente affini a quelli precedentemente ascoltati, tendevano a essere classificati come già presentati più frequentemente rispetto agli stimoli nuovi acusticamente meno correlati. L'analisi principale, condotta mediante un modello lineare generalizzato misto con distribuzione binomiale e funzione di collegamento *logit*, ha fornito un'evidenza convergente. La similarità sonora ha mostrato un effetto positivo e statisticamente significativo sulla probabilità di risposta "vecchio" ($b = 9.0670$, $SE = 0.4163$, $z = 21.78$, $p < .001$). Pertanto, all'aumentare della similarità acustica tra lo stimolo di riconoscimento e gli stimoli precedentemente presentati, aumentava anche la probabilità che il partecipante classificasse lo stimolo come già ascoltato. La curva dei valori predetti ha inoltre mostrato un

andamento crescente, confermando la relazione sistematica tra similarità acustica e probabilità stimata di falso riconoscimento. L'analisi ha inoltre evidenziato una componente di variabilità interindividuale nella tendenza generale a rispondere “vecchio”, modellata attraverso un'intercetta casuale per partecipante. La deviazione standard della componente casuale, pari a 0.5585, indica infatti differenze individuali nella propensione generale a classificare gli stimoli come già ascoltati. L'effetto della similarità sonora, tuttavia, emerge anche tenendo conto di tale variabilità, rafforzando l'interpretazione secondo cui la relazione osservata non sia semplicemente riconducibile a differenze individuali nel criterio generale di risposta. Infine, l'analisi esplorativa delle rappresentazioni generate dai diversi *layer* di *YamNet* ha mostrato che le misure di similarità derivate dai vari livelli della rete presentano un pattern strutturato di correlazioni e differiscono nella loro capacità di predire il comportamento. Il confronto dei modelli attraverso l'AIC ha evidenziato valori particolarmente favorevoli per alcuni *layer* intermedi, tra cui il *layer* 58, individuato come una delle rappresentazioni più informative rispetto alle risposte dei partecipanti. Tale risultato suggerisce che non tutte le rappresentazioni acustiche computazionali risultino ugualmente informative per descrivere la relazione tra similarità sonora e riconoscimento. Nel loro insieme, queste evidenze convergono nel sostenere l'ipotesi di partenza, e cioè che la similarità acustica è associata in modo sistematico alla probabilità di risposta “vecchio” e può quindi contribuire alla formazione di falsi riconoscimenti nel paradigma DRM uditivo.

5.1 Contributo teorico dello studio

Il principale contributo teorico del presente lavoro consiste nell'aver esteso la logica del paradigma DRM a stimoli acustici non linguistici, mostrando che il fenomeno del falso

riconoscimento può essere indagato anche al di fuori del tradizionale dominio verbale. Nel paradigma DRM classico a favorire la comparsa di falsi ricordi relativi a parole critiche mai presentate sono la struttura delle liste e le relazioni semantico-associative tra gli item. Il presente studio suggerisce che una dinamica analoga possa essere osservata anche quando la relazione tra gli stimoli viene definita in termini di similarità acustica. I risultati non implicano che le relazioni semantiche siano irrilevanti, né consentono di attribuire l'effetto esclusivamente alla dimensione acustica; ma indicano che la vicinanza percettiva tra eventi sonori può costituire una fonte di informazione rilevante per i processi di riconoscimento. A tal proposito, il contributo di questo studio non si esaurisce nell'aver registrato la presenza di falsi allarmi in ambito uditivo, ma risiede nell'aver mostrato una relazione graduale tra il livello di similarità acustica e la probabilità di risposta "vecchio". La similarità si configura così come un vero e proprio principio organizzativo della memoria: quando uno stimolo nuovo condivide caratteristiche rilevanti con gli stimoli precedentemente incontrati, tali caratteristiche possono contribuire a renderlo coerente con una rappresentazione già costruita, aumentando la possibilità di un'attribuzione erronea all'esperienza precedente. I risultati si inseriscono quindi nella più ampia concezione ricostruttiva della memoria, secondo cui il riconoscimento non dipende necessariamente da una corrispondenza perfetta tra lo stimolo presente e una traccia episodica specifica, ma può essere influenzato dalla relazione tra l'informazione attuale e le rappresentazioni costruite sulla base dell'esperienza. In questo senso, il falso riconoscimento smette di essere un semplice errore di valutazione e si rivela come una possibile conseguenza dei processi di generalizzazione che, in condizioni ordinarie, permettono al sistema cognitivo di estrarre regolarità dall'ambiente e di utilizzare la somiglianza percettiva per orientare il comportamento.

5.2 Implicazioni per la comprensione della memoria umana

I dati emersi dallo studio contribuiscono a rafforzare una concezione della memoria come sistema attivo, ricostruttivo e sensibile alla struttura dell'esperienza. L'aumento sistematico delle risposte "vecchio" al crescere della similarità acustica suggerisce infatti che le caratteristiche percettive degli stimoli possano contribuire ai processi attraverso cui viene valutata la relazione tra un evento presente e un'esperienza precedente. Il falso riconoscimento non deve essere necessariamente considerato come un semplice fallimento del sistema mnestico; esso può rappresentare una conseguenza di processi di generalizzazione che consentono di riconoscere rapidamente stimoli coerenti con esperienze precedenti. Se da un lato però la sensibilità alle regolarità percettive garantisce un'elaborazione fluida ed efficiente dell'ambiente, dall'altro essa espone il sistema a un'illusione di familiarità ogni qualvolta uno stimolo nuovo presenti un grado di sovrapposizione sufficiente con le tracce dell'esperienza passata. L'estensione di questa dinamica al canale uditivo aggiunge un tassello molto importante al dibattito teorico. Dimostrando che le proprietà fisiche del suono partecipano attivamente alle rappresentazioni che guidano il riconoscimento, i dati si allineano con i modelli della *grounded cognition* e con le teorie della cognizione multimodale secondo cui i concetti non sono entità amodali e astratte, ma strutture che mantengono un attaccamento con i sistemi sensomotori ed elaborativi di provenienza (Barsalou, 1999; Kumar, 2021; Yee et al., 2018).

È tuttavia necessario distinguere questa interpretazione teorica da ciò che il disegno sperimentale consente di stabilire direttamente. Il presente studio ha misurato il riconoscimento episodico mediante il giudizio dicotomico "vecchio/nuovo" e non ha valutato direttamente la natura fenomenologica dell'esperienza associata alla risposta. L'effetto osservato è pertanto

compatibile con un contributo della familiarità, ma non permette di determinare direttamente il ruolo né di stabilire in quale misura il giudizio sia stato sostenuto da una rappresentazione percettiva, semantica o da una loro integrazione. Ciò che emerge con chiarezza è come il sistema mnesico risponda a molteplici forme di vicinanza tra gli stimoli. Se nel paradigma DRM verbale tale continuità viene esplorata lungo l'asse delle relazioni semantico-associative, nel presente adattamento essa si esprime lungo il gradiente della somiglianza acustica. La convergenza tra questi due domini rafforza l'ipotesi che la similarità, intesa nel senso più ampio del termine, costituisca un principio organizzativo generale della memoria, deputato a strutturare l'esperienza e a guidarne il successivo riconoscimento.

5.3 Contributo metodologico e prospettive future

Uno degli aspetti più distintivi di questa ricerca riguarda l'integrazione tra un paradigma sperimentale consolidato della psicologia cognitiva e strumenti di modellistica computazionale. L'utilizzo degli *embedding* acustici ha permesso di trasformare la similarità sonora in una variabile quantitativa e continua, consentendo di esaminare non soltanto la presenza o l'assenza di una relazione tra gli stimoli, ma anche la sua intensità. Da questo punto di vista, il risultato ottenuto mediante il modello principale assume particolare rilevanza: la similarità acustica calcolata computazionalmente non si è limitata a descrivere una caratteristica degli stimoli, ma è risultata sistematicamente associata al comportamento dei partecipanti. A ciò si aggiungono le informazioni ricavate dall'analisi esplorativa sui diversi *layer* di *YamNet*, le quali suggeriscono come differenti livelli di rappresentazione acustica possano avere un diverso valore predittivo rispetto al comportamento umano. Il fatto che il *layer* 58 emerga tra i livelli caratterizzati da valori AIC particolarmente favorevoli rappresenta un'indicazione interessante,

pur trattandosi di un risultato preliminare che deve essere verificato con ricerche autonome e validazione dedicate.

Nel valutare la portata di questo approccio resta tuttavia fondamentale ribadire una distinzione fondamentale: la similarità definita nello spazio computazionale non coincide necessariamente con la similarità percepita dagli individui. Il valore degli *embedding* risiede quindi nella possibilità di fornire una misura sistematica e replicabile della struttura acustica degli stimoli, non nell'assumere che tale struttura rappresenti in modo completo la percezione umana. Proprio da questa distinzione, già evidenziata nella discussione, muovono i principali sviluppi della ricerca. Un primo avanzamento consisterà nell'affiancare alle metriche computazionali dei compiti di valutazione comportamentale diretta della similarità percepita, così da stimare il grado di convergenza tra lo spazio matematico del modello e la mappa percettiva dei soggetti. Parallelamente, sarebbe utile manipolare indipendentemente similarità acustica e similarità semantica, così da poter distinguere più chiaramente il contributo delle due dimensioni. Infine, l'impiego di compiti di riconoscimento più articolati, come quelli basati sulla distinzione tra giudizi *remember/know*, potrebbe consentire di approfondire il ruolo della familiarità e del recupero episodico nella formazione dei falsi riconoscimenti.

5.4 Limiti e considerazioni conclusive

Come già discusso nella sezione precedente, le evidenze ottenute devono essere interpretate considerando alcuni limiti del presente lavoro. Il campione e il contesto sperimentale impongono cautela nella generalizzazione dei risultati a popolazioni e situazioni differenti. Inoltre, la somministrazione online introduce una variabilità nelle condizioni di ascolto e di

esecuzione che non sarebbe presente in un contesto di laboratorio pienamente controllato. Sul piano della natura dello stimolo, rimane la possibilità che una parte del materiale sonoro, pur formalmente non verbale, abbia innescato un'automatica codifica linguistica o concettuale da parte dei soggetti. Di conseguenza, i risultati consentono di stabilire che la similarità acustica calcolata tramite *embedding* è associata al comportamento di riconoscimento, ma non permettono di concludere che l'effetto osservato sia determinato esclusivamente da processi percettivo-acustici. Richiede prudenza nella generalizzazione anche la lettura dell'analisi esplorativa condotta sui diversi *layer* di *YamNet*. L'individuazione del *layer* 58 come rappresentazione particolarmente informativa costituisce uno spunto interessante, ma non può essere interpretato come prova definitiva della superiorità psicologica di quel livello di rappresentazione. La stabilità di questo riscontro andrà verificata in studi indipendenti, volti ad accertare se le proprietà rappresentazioni del modello trovino un reale corrispettivo nell'organizzazione della percezione uditiva umana. Nonostante i limiti qui evidenziati, il presente studio raggiunge l'obiettivo di dimostrare una relazione sistematica tra similarità acustica e riconoscimento nel paradigma DRM uditivo. La convergenza tra l'evidenza descrittiva, il risultato inferenziale del modello principale e l'analisi esplorativa delle rappresentazioni computazionali offre un quadro coerente, pur non consentendo di identificare in modo definitivo i meccanismi cognitivi sottostanti.

In conclusione, il presente studio ha fornito evidenze a sostegno dell'ipotesi secondo cui la similarità acustica tra stimoli possa contribuire alla formazione di falsi riconoscimenti. Gli stimoli nuovi ma acusticamente affini a quelli precedentemente presentati hanno infatti mostrato una maggiore probabilità di ricevere una risposta “vecchio” rispetto agli stimoli nuovi e acusticamente distanti, con una differenza descrittiva tra *critical lures* e *unrelated lures* pari, rispettivamente, a circa 0.48 e 0.18. Tale andamento è stato ulteriormente sostenuto dal modello lineare generalizzato misto, il quale evidenzia un'associazione positiva e statisticamente significativa tra similarità sonora e probabilità di risposta “vecchio” ($b = 9.0670$, $SE = 0.4163$, $z = 21.78$, $p < .001$).

Il risultato centrale dello studio è quindi che la probabilità di un falso riconoscimento è influenzata dalla relazione percettiva tra ciò che è stato effettivamente ascoltato e ciò che viene successivamente sottoposto a giudizio. All'aumentare della similarità acustica, aumenta la probabilità che uno stimolo nuovo venga classificato come già presentato. Questo dato amplia la portata del paradigma DRM, mostrando come la logica del falso riconoscimento possa essere applicata anche a stimoli non linguistici e suggerendo che la similarità percettiva possa costituire una componente rilevante dei processi attraverso cui la memoria generalizza l'esperienza. La capacità di generalizzare sulla base della similarità costituisce una risorsa fondamentale per l'elaborazione efficiente dell'informazione, ma al tempo stesso conduce all'errore quando uno stimolo nuovo risulta sufficientemente coerente con le rappresentazioni costruite durante l'esperienza precedente.

Dunque, pur nei limiti propri del disegno sperimentale adottato, i risultati ottenuti indicano che lo studio dei falsi ricordi può beneficiare dell'integrazione tra paradigmi sperimentali

consolidati e strumenti computazionali contemporanei. L'estensione del DRM al dominio acustico rappresenta così non soltanto un adattamento metodologico, ma un'opportunità per interrogarsi più ampiamente sui principi attraverso cui l'esperienza viene rappresentata, generalizzata e successivamente ricostruita dalla memoria umana. Questa conclusione rafforza l'idea che i falsi ricordi non siano semplici errori isolati, bensì espressioni del funzionamento ordinario di un sistema cognitivo orientato alla costruzione di significato, alla generalizzazione e all'integrazione multimodale dell'esperienza.

BIBLIOGRAFIA

- Anaki, D., Faran, Y., Ben-Shalom, D., & Henik, A. (2005). The false memory and the mirror effects: The role of familiarity and backward association in creating false recollections. *Journal of Memory and Language*, 52(1), 87–102. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2004.08.002>
- Barsalou, L. W. (1999). Perceptions of perceptual symbols. In *Behavioral and Brain Sciences* (Vol. 22, Issue 4, pp. 637–660). <https://doi.org/10.1017/S0140525X99532147>
- Bartlett, F. C. (1995). *Remembering: A study in experimental and social psychology*. Cambridge university press.
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. M., & Walker, S. C. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1). <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Brainerd, C. J., & Reyna, V. F. (2002). Fuzzy-trace theory and false memory. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 164–169. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00192>
- Brainerd, C. J., & Reyna, V. F. (2004). Fuzzy-trace theory and memory development. *Developmental Review*, 24(4), 396–439. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2004.08.005>
- Bruner, J. (1997). *La mente a più dimensioni* (R. Rini, Trad.). Editori Laterza. (Opera originale pubblicata nel 1986)
- Chadwick, M. J., Anjum, R. S., Kumaran, D., Schacter, D. L., Spiers, H. J., & Hassabis, D. (2016). Semantic representations in the temporal pole predict false memories. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(36), 10180–10185. <https://doi.org/10.1073/pnas.1610686113>

- De Deyne, S., Navarro, D. J., Collell, G., & Perfors, A. (2021). Visual and Affective Multimodal Models of Word Meaning in Language and Mind. *Cognitive Science*, 45(1). <https://doi.org/10.1111/cogs.12922>
- De Varda, A. G., & Marelli, M. (2024). *Cracking Arbitrariness A Data-driven Study of Auditory Iconicity*.
- Deese, J. (1959). On the prediction of occurrence of particular verbal intrusions in immediate recall. *Journal of Experimental Psychology*, 58(1), 17–22. <https://doi.org/10.1037/h0046671>
- Delogu, F., Raffone, A., & Belardinelli, M. O. (2009). Semantic encoding in working memory: Is there a (multi)modality effect? *Memory*, 17(6), 655–663. <https://doi.org/10.1080/09658210902998054>
- Freyd, J. J., & Gleaves, D. H. (1996). “Remembering” words not presented in lists: Relevance to the current recovered/false memory controversy. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22(3), 811–813. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.22.3.811>
- Gallo, D. A. (2004). Using Recall to Reduce False Recognition: Diagnostic and Disqualifying Monitoring. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 30(1), 120–128. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.1.120>
- Gallo, D. A. (2006). *Associative Illusions of Memory: False Memory Research in DRM and Related Tasks*. Psychology Press.
- Gallo, D. A. (2010). False memories and fantastic beliefs: 15 years of the DRM illusion. In *Memory and Cognition* (Vol. 38, Issue 7, pp. 833–848). <https://doi.org/10.3758/MC.38.7.833>

- Gemmeke, J. F., Ellis, D. P. W., Freedman, D., Jansen, A., Lawrence, W., Moore, R. C., Plakal, M., & Ritter, M. (2017). Audio Set: An ontology and human-labeled dataset for audio events. *2017 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 776–780. <https://doi.org/10.1109/ICASSP.2017.7952261>
- Günther, F., Marelli, M., Tureski, S., & Petilli, M. A. (2022). A computer-vision-based representation system for individual images and concept prototypes, with large-scale evaluation. <https://osf.io/qvw9c>
- Günther, F., Rinaldi, L., & Marelli, M. (2019). Vector-Space Models of Semantic Representation From a Cognitive Perspective: A Discussion of Common Misconceptions. *Perspectives on Psychological Science*, 14(6), 1006–1033. <https://doi.org/10.1177/1745691619861372>
- Hekkanen, S. T., & McEvoy, C. (2002). False memories and source-monitoring problems: Criterion differences. *Applied Cognitive Psychology*, 16(1), 73–85. <https://doi.org/10.1002/acp.753>
- Hershey, S., Chaudhuri, S., Ellis, D. P. W., Gemmeke, J. F., Jansen, A., Moore, R. C., Plakal, M., Platt, D., Saurous, R. A., Seybold, B., Slaney, M., Weiss, R. J., & Wilson, K. (2017). CNN architectures for large-scale audio classification. *2017 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 131–135. <https://doi.org/10.1109/ICASSP.2017.7952132>
- Hyman, I. E., Husband, T. H., & Billings, F. J. (1995). False memories of childhood experiences. *Applied Cognitive Psychology*, 9(3), 181–197. <https://doi.org/10.1002/acp.2350090302>

- Kumar, A. A. (2021). Semantic memory: A review of methods, models, and current challenges. In *Psychonomic Bulletin and Review* (Vol. 28, Issue 1, pp. 40–80). Springer.
<https://doi.org/10.3758/s13423-020-01792-x>
- Lindsay, D. S., Hagen, L., Read, J. D., Wade, K. A., & Garry, M. (2004). True Photographs and False Memories. *Psychological Science*, 15(3), 149–154.
<https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.01503002.x>
- Loftus, E. F., & Pickrell, J. E. (1995). The Formation of False Memories. *Psychiatric Annals*, 25, 720-725.
- Mitchell, K. J., & Zaragoza, M. S. (1996). Repeated Exposure to Suggestion and False Memory: The Role of Contextual Variability. *Journal of Memory and Language*, 35(2), 246–260.
<https://doi.org/10.1006/jmla.1996.0014>
- Pardilla-Delgado, E., & Payne, J. D. (2017). The Deese-Roediger-Mcdermott (DRM) task: A simple cognitive paradigm to investigate false memories in the laboratory. *Journal of Visualized Experiments*, 2017(119). <https://doi.org/10.3791/54793>
- Patterson, K., Nestor, P. J., & Rogers, T. T. (2007). Where do you know what you know? The representation of semantic knowledge in the human brain. In *Nature Reviews Neuroscience* (Vol. 8, Issue 12, pp. 976–987). <https://doi.org/10.1038/nrn2277>
- Petilli, M. A., Günther, F., Vergallito, A., Ciapparelli, M., & Marelli, M. (2021). Data-driven computational models reveal perceptual simulation in word processing. *Journal of Memory and Language*, 117. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2020.104194>
- Petilli, M.A., Marelli, M., Mazzoni, G. et al. From vector spaces to DRM lists: False Memory Generator, a software for automated generation of lists of stimuli inducing false memories. *Behav Res* 56, 3779–3793 (2024). <https://doi.org/10.3758/s13428-024-02425-0>

- Roediger, H. L., & McDermott, K. B. (1995). Creating False Memories: Remembering Words Not Presented in Lists. In *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 1995, Vol. 21, No 4, 803-814.
- Roediger, H. L. III, Balota, D. A., & Watson, J. M. (2001). Spreading activation and arousal of false memories. In H. L. Roediger III, J. S. Nairne, I. Neath, & A. M. Surprenant (Eds.), *The nature of remembering: Essays in honor of Robert G. Crowder* (pp. 95–115). American Psychological Association. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/10394-006>
- Rosch, E., & Mervis, C. B. (1975). Family resemblances: Studies in the internal structure of categories. *Cognitive Psychology*, 7(4), 573–605. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(75\)90024-9](https://doi.org/10.1016/0010-0285(75)90024-9)
- Schacter, D. L., Norman, K. A., & Koutstaal, W. (1998). The cognitive neuroscience of constructive memory. *Annual Review of Psychology*, 49(1), 289–318. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.49.1.289>
- Smith, R. E., & Engle, R. W. (2011a). Study modality and false recall: The influence of resource availability. *Experimental Psychology*, 58(2), 117–124. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000076>
- Squire, L. R., & Zola, S. M. (1998). Episodic memory, semantic memory, and amnesia. *Hippocampus*, 8(3), 205–211. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-1063\(1998\)8:3<205::AID-HIPO3>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-1063(1998)8:3<205::AID-HIPO3>3.0.CO;2-I)
- Steffens, M. C., & Mecklenbräuker, S. (2007). False memories: Phenomena, theories, and implications. *Journal of Psychology*, 215(1), 12–24. <https://doi.org/10.1027/0044-3409.215.1.12>

- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. *Organization of memory*, 1(381-403), 1.
- Underwood, B. J. (1965). False recognition produced by implicit verbal responses. *Journal of Experimental Psychology*, 70(1), 122–129. <https://doi.org/10.1037/h0022014>
- Wade, K. A., Garry, M., Don Read, J., & Lindsay, D. S. (2002). A picture is worth a thousand lies: Using false photographs to create false childhood memories. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(3), 597–603. <https://doi.org/10.3758/BF03196318>
- Yee, E., Jones, M. N., & McRae, K. (2018). Semantic Memory. *Psychology Publications*. 123. <https://ir.lips://ir.lib.uwo.ca/psychologypub/123>