

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

Sulla Rilevanza delle Emozioni Musicali: un Approccio Computazionale

This is the author's manuscript

Original Citation:

Availability:

This version is available <http://hdl.handle.net/2318/1562412> since 2016-05-25T08:48:22Z

Published version:

DOI:10.1422/81221

Terms of use:

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)

Sulla Rilevanza delle Emozioni Musicali

un Approccio Computazionale

Edoardo Acotto & Daniele P. Radicioni

Dipartimento di Informatica – Università di Torino

edoardo.acotto@gmail.com, daniele.radicioni@unito.it

1 Introduzione

L'articolo target esplora il tema delle emozioni musicali, e propone una rilettura di varie teorie al fine di introdurre un'ipotesi in cui le emozioni musicali sono integrate in un contesto terapeutico. Dopo aver analizzato la natura delle emozioni in musica (il rapporto della scienza cognitiva con le emozioni era stato parzialmente trattato in (Meini, 2012)), l'articolo espone la teoria della persona musicale, criticandola, e la teoria del contorno, parzialmente accogliendola e citando a suo sostegno recenti studi sperimentali. L'articolo valorizza inoltre il ruolo della voce umana all'interno della cosiddetta comunicazione musicale (Miell, MacDonald, & Hargreaves, 2005), giungendo a considerare il concetto di "forma vitale" (Stern, 2010) come un possibile fulcro dell'aspetto emozionale della musica. Dopo avere esaminato alcune difficoltà metodologiche insite nei recenti studi sperimentali, l'articolo si chiude sulla dimensione relazionale e comunicativa della natura umana e dell'ascolto musicale, con un riferimento particolare al senso del sé e ai setting terapeutici.

L'articolo di Meini ha certamente il pregio di mettere in relazione tre discipline che anche nel ristretto caso dell'indagine sulla musica non sempre si riconoscono reciprocamente: la filosofia, le scienze cognitive e la psicologia clinica. Ne emerge l'immagine di un'area fertile e ancora largamente da dissodare, in cui sono presenti problemi aperti accanto a nuove, crescenti, evidenze sperimentali; un'area nella quale sono tratteggiate nuove vie di ricerca come il nodo teorico e clinico autismo-musica-emozioni. Un altro elemento

di interesse dell'articolo target è nel tentativo di rilettura 'sinottica' di alcuni temi, che porta a individuare, per esempio, il rifrangersi della posizione formalista attraverso le epoche e le discipline (Hanslick, 1854; Langer, 1979; Kivy, 2002).

Lo studio delle emozioni è un ambito di ricerca consolidato sia in campo psicologico, sia nell'ambito della musicologia e dell'estetica musicale. Anche in campo cognitivo-computazionale (Thagard, 2006; Oatley & Laird, 2014) e informatico (Picard, 1997; Cambria & Hussain, 2012) le emozioni sono progressivamente diventate un oggetto di ricerca rilevante e frontiera di ricerca, tanto che negli ultimi due decenni il paradigma dell'*affective computing* è cresciuto notevolmente grazie a un progressivo affinamento degli strumenti sia teorici sia analitici, e sotto una forte spinta di natura applicativa (Tao & Tan, 2005; Picard, 2010). Aree strettamente correlate come *opinion mining* e *sentiment analysis* sono divenute in questi anni fra le più attive nell'ambito della comunità che si occupa di applicazioni di elaborazione automatica del linguaggio (Pang & Lee, 2008; Liu & Zhang, 2012).

Non sorprende quindi che il tema delle emozioni musicali, dopo essere stato oggetto di indagine e riflessione da parte di singole discipline (a partire dai matematici e teorici della musica della scuola pitagorica), divenga ora oggetto di interesse *condiviso* nell'area di intersezione della musicologia cognitivo-computazionale.

2 L'Emozione nella Forma

Nel tentativo di spiegare la fascinazione che la musica esercita sull'ascoltatore, sono stati postulati vari tipi di capacità mimetica della musica come veicolo di trasmissione di contenuti extramusicali, fra cui le emozioni. In questo quadro, il ruolo del *contagio*, menzionato da Meini, appare un meccanismo di trasferimento delle emozioni di per sé insufficiente a esprimere il fondo emozionale proprio della musica, a meno di non ricorrere a meccanismi fortemente evuzionistici e modularisti (Sperber & Hirschfeld, 2004). Non dissimile il caso della teoria del *contorno* musicale, proposta da Peter Kivy, che successivamente ha preso parzialmente le distanze da essa (Kivy, 1980, 2002). In entrambe le teorie l'elemento emotigeno della musica è la sua *forma*, fisica, acustica, percettiva e cognitiva. Quindi l'ipotesi di lavoro, secondo Meini, è che l'elemento emotivo sia nella forma musicale in sé, grazie alla nostra capacità di "cogliere in maniera irriflessa alcune sue dimensioni".

Il contenuto emotivo potrebbe essere cioè frutto di un'integrazione da parte dell'ascoltatore che coglie alcuni elementi propriamente musicali. In questa ipotesi varie discipline e approcci potrebbero concorrere all'individuazione delle dimensioni musicali che contribuiscono alla forma: l'analisi di come alcuni tratti percettivi sono istanzati a livello neurale, considerazioni più ampie sulla teoria della percezione, e tentativi di modellazione computazionale di alcune dimensioni sonore.

2.1 La Prospettiva Computazionale

L'articolo target non propone un modello computazionale, e nemmeno un modello cognitivo completo, ma fornisce interessanti spunti per la ricerca di un simile modello. La musicologia cognitiva computazionale, non presa in considerazione nell'articolo di Meini, si avvale ormai di un approccio multidisciplinare corroborato da esperimenti metodologicamente robusti e modelli informatici e statistici (Huron, 2006; Eerola, 2012; Pearce & Rohrmeier, 2012a). I lavori computazionali per l'analisi della componente emozionale associata alla musica possono essere divisi in due classi principali: i sistemi per la modellazione computazionale di elementi psicologici coinvolti nel riconoscimento delle emozioni, e i sistemi per *mood* e *emotion detection* (Eerola, 2012). Nel primo caso la validazione sperimentale dei modelli cognitivamente fondati si è rivelata non sempre agevole (come riporta (Eerola, 2012) a proposito di (Coutinho & Cangelosi, 2009; Eerola, Lartillot, & Toiviainen, 2009)). Il secondo insieme di lavori mira primariamente a una nozione 'operativa' di riconoscimento delle emozioni associate alla musica, piuttosto che all'individuazione dei processi cognitivi connessi alle emozioni. Rientrano in questa classe di ricerche algoritmi e sistemi per il riconoscimento di emozioni musicali associate a vari tipi di brani, e basati sull'analisi di feature estratte da segnali audio, per i quali il rilievo cognitivo e la portata esplicativa sono tuttavia incerti (Lu, Liu, & Zhang, 2006; MacDorman, 2007; Skowronek, McKinney, & Van De Par, 2007). Questi lavori si basano su un approccio mirante all'individuazione di correlazioni fra feature sonore ed emozioni. Per esempio la *rabbia*, caratterizzata da alto *arousal* e valenza negativa, risulta associata a musiche con tempo veloce, imprevedibilità nella struttura intervallare, alto contenuto "energetico" e attacco veloce; la *felicità*, caratterizzata da alto *arousal* e valenza positiva, risulta associata a tempo veloce, livello sonoro medio, note acute, attacco veloce, modo maggiore e timbro chiaro (Eerola, 2012).

Fra i lavori presentati in un recente volume che raccoglie varie ricerche sulla cognizione musicale (Pearce & Rohrmeier, 2012b), è stato proposto uno studio che analizza le correlazioni fra feature audio e giudizi umani (Eerola, 2012). Si tratta di un lavoro imponente dal punto di vista sperimentale (la dimensione dei dataset utilizzati è superiore di un ordine di grandezza rispetto alla letteratura analogica) e solido dal punto di vista metodologico: dopo avere intervistato dei musicisti sul ruolo delle caratteristiche sonore associate alle emozioni musicali, Eerola ha estratto tali feature dal dataset trovando una modesta correlazione fra valori calcolati e giudizi degli esperti. Ha quindi domandato a 116 soggetti privi di formazione musicale specifica di valutare 110 brani, associando ciascuno a una fra cinque emozioni di base. Il task sperimentale consisteva quindi nel valutare quanto l'output del programma che implementava il modello (che associa descrittori sonori ed emozioni) era predittivo della risposta umana. Questo articolo è importante al di là del riscontro sperimentale favorevole: si tratta di un modello in cui è stato attivato un dialogo fra musicisti, musicologi cognitivi e informatici. All'intervista ai musicisti sono seguiti un passo di analisi della risposta, una fase di feature selection, una ulteriore sperimentazione comportamentale, e l'analisi finale dei risultati ottenuti dal modello proposto.

In uno degli esperimenti descritti in (Acotto, 2014) abbiamo investigato un tema analogo: cioè quali siano gli elementi che maggiormente contribuiscono all'*effetto* della musica. Con *effetto* indichiamo l'*impronta* che la musica lascia nell'ascoltatore, come memorabilità e piacevolezza: si tratta dell'ampiezza (dimensione quantitativa) dell'impronta prima che di una connotazione positiva o negativa. L'effetto musicale è una grandezza in qualche misura *grezza*, a sua volta utile per studiarne altre: per esempio, può essere utilizzato per selezionare i brani musicali a cui gli ascoltatori associano un qualche contenuto emotivo. Restrungendo l'attenzione alla melodia, abbiamo analizzato le qualità che distinguono una musica 'ad effetto' da una di minore impatto. L'ipotesi sperimentale sottesa a questo lavoro era che esistesse un limitato numero di tratti sonori che sono colti 'in maniera irriflessa' (per usare un'espressione presa a prestito da Meini). In questo esperimento abbiamo rivolto ai partecipanti la richiesta di valutare l'effetto prodotto da un insieme di melodie assegnando un punteggio nell'intervallo [0 – 10]. Abbiamo quindi studiato la correlazione delle risposte con quattro parametri musicali (*ritmo*, *tempo*, *volume* e *registro*). Tramite un sistema di sperimentazione online abbiamo raccolto le risposte di 61 soggetti. Sono inoltre state richieste informazioni su vari altri elementi potenzialmente rilevanti per l'analisi

successiva, quali età, sesso, destrimano/mancino, livello di competenza musicale, preferenze musicali, capacità di suonare uno strumento, familiarità con la danza, con l'arte in generale, professione.

In sintesi, l'analisi dei risultati ha mostrato che esiste una correlazione positiva fra la nozione di effetto musicale e ciascuno dei quattro parametri considerati. In particolare, considerando un fattore *modulazione* (valori: High/Low) e un fattore *condizione* che rappresenta le quattro variabili di interesse, abbiamo osservato un effetto significativo per il fattore modulazione: cioè lo stimolo con un valore High per uno dei quattro parametri indicati ha sempre effetto maggiore dello stimolo corrispondente in cui lo stesso parametro ha valore Low. Anche il fattore *condizione* ha mostrato un effetto significativo: registro e ritmo paiono avere maggiore effetto degli altri due parametri studiati. L'esperimento evidenzia quindi che alcuni descrittori di basso livello (i quattro testati nell'esperimento, e verosimilmente anche altri) sono fra le feature melodiche fondamentali, e possono essere utilizzati da un sistema per la predizione dell'effetto musicale percepito dagli ascoltatori.

2.2 Rilevanza in Musica

Così come la letteratura citata in precedenza, anche l'ultimo lavoro considerato non è sostenuto da una più ampia teoria: si tratta di riscontri (potenzialmente utili) che producono conoscenze frammentarie, ma non integrate in prospettive cognitive generali. Fondandoci sull'ormai consolidata tradizione "generativa" della musicologia computazionale che risale alla General Theory of Tonal Music (Lerdahl & Jackendoff, 1983; Lerdahl, 2001; Jackendoff & Lerdahl, 2006) possiamo assumere che la musica, in quanto attività cognitiva complessa e multidimensionale, sia inseribile in un modello generale di cognizione come quello fornito dalla Relevance Theory (RT) (Sperber & Wilson, 1986). La RT, inizialmente proposta e sviluppata come teoria cognitiva della comunicazione (Marruffa & Meini, 2010; Clark, 2013), è stata successivamente estesa in una teoria generale della cognizione umana (Wilson & Sperber, 2004; Carruthers, 2006).

Secondo la RT la rilevanza di un dato input per un individuo (o agente cognitivo) è definita come il rapporto fra l'*effetto* prodotto dall'input sull'individuo e lo *sforzo* necessario all'elaborazione di quell'input in un dato *contesto*.¹ Da questa definizione discende che –*ceteris paribus*–, la rilevanza dell'in-

¹Sebbene nella tradizione della filosofia del linguaggio di Paul Grice il termine 'relevan-

put cresce in maniera direttamente proporzionale all'effetto, e inversamente proporzionale allo sforzo di elaborazione.

2.2.1 Economia Cognitiva: la massimizzazione del rapporto fra effetto e sforzo di elaborazione

Se la cognizione umana tende all'ottimizzazione del rapporto tra effetto e sforzo cognitivo, anche la musica andrà inquadrata in tale prospettiva di "economia cognitiva". Che ne è allora delle emozioni, e in particolare di quelle attivate dall'ascolto musicale? Se considerate da un punto di vista cognitivo ed evolucionistico (Consoli, 2012), sia le emozioni musicali ed estetiche, sia le emozioni *tout court*, si possono inserire nel quadro generale della rilevanza cognitiva, nella misura in cui le emozioni sono un tipo di effetto cognitivo. Come tali contribuiscono alla rilevanza della musica ascoltata, rapportate allo sforzo cognitivo richiesto dalla decodificazione dell'ascolto. Quanto più una musica ha una struttura complessa (Lerdahl, 1985; Acotto & Viaud-Delmon, 2010), tanto più la sua rilevanza dovrà essere bilanciata da un alto effetto cognitivo, che nel nostro modello è dato dall'impatto cognitivo della "superficie musicale" (Cambouropoulos, 2010). Viceversa, quanto più la musica risulta strutturalmente semplice, tanto minore è la necessità che raggiunga un alto effetto cognitivo per risultare rilevante; in questo contesto si intende per *struttura* essenzialmente la sintassi armonica e polifonica di un brano o sequenza musicale. Il principio di economia cognitiva spiega cioè che un brano musicale è rilevante quando è in grado di ricompensare l'ascoltatore della fatica profusa nell'ascolto (ricompensa che si sostanzia in un alto effetto); viceversa, semplicemente, non vale lo sforzo.

La RT non è una teoria formale, e non ne sono state in precedenza proposte estensioni computazionali per quantificare gli elementi coinvolti (effetto, sforzo e rilevanza stessa), coerentemente con la connotazione *comparativa* del concetto di rilevanza. Storicamente gli studi legati alla RT hanno seguito una traiettoria divergente sia da quella delle scienze cognitive di impronta computazionale (Paternoster, 2010; Horst, 2011), sia da quella dell'indagine sulla teoria della mente (Sterelny, 1990; Fodor, 2000; Searle, 2004). Uno dei primi tentativi di estendere la RT in senso computazionale, ancora incompleto e

ce' venga normalmente tradotto come 'pertinenza', e questo accada anche nell'ambito della Relevance Theory, che da Grice deriva, riteniamo utile utilizzare 'rilevanza' per indicare un concetto indissolubilmente legato al rapporto fra le due grandezze menzionate, sforzo ed effetto.

validato solo in parte, è stato proposto recentemente in (Acotto & Radicioni, 2012; Acotto, Geraci, & Radicioni, 2013; Acotto, 2014). Questo lavoro muove dal proposito di caratterizzare la rilevanza musicale nei termini della RT, cioè descrivendo la rilevanza musicale (MR) come rapporto fra effetto (ME) e sforzo di elaborazione (PE). Illustriamo separatamente le due componenti che consentono di determinare la MR.

2.2.2 Sforzo di Elaborazione

Lo *sforzo di elaborazione* PE è una quantità che caratterizza i processi cognitivi a livello inconscio diversamente, per esempio, dallo sforzo con cui richiamiamo un elemento alla memoria (Snyder, 2001). Esistono vari modelli formali e computazionali per l'analisi della struttura musicale (Steedman, 1984, 1996; Rohrmeier, 2007, 2011): per esempio sono state proposte grammatiche formali o altri strumenti per descrivere le forme musicali e definire le regole che presiedono al funzionamento di dipendenze non lineari, gerarchiche e fra elementi potenzialmente distanti nel *continuum* musicale. La Teoria Generativa della Musica Tonale (GTTM) fornisce una rappresentazione della musica come insieme di *strutture gerarchiche* (Lerdahl & Jackendoff, 1983; Lerdahl, 2001). In questa prospettiva, una struttura gerarchica è un'organizzazione di un insieme di elementi o regioni in cui un elemento o regione contiene altri elementi o regioni. Sebbene si possa distinguere fra ascoltatore 'esperto' e 'ingenuo', entrambi comprendono la musica in termini sia sequenziali sia gerarchici (l'ascolto ingenuo tenderebbe a concentrarsi più sull'elemento *superficiale*, mentre quello esperto tenderebbe a organizzare i suoni in strutture gerarchiche (Lerdahl, 2001)).

Il modello che abbiamo sviluppato e implementato per la *riduzione* della struttura musicale, e quindi per approssimare il PE, parte dal presupposto che ogni musica abbia uno scheletro nascosto sotto la superficie musicale (le note che effettivamente sono parte della melodia). Questo procedimento può essere assimilato all'individuazione di soggetto, verbo e degli elementi principali nell'analisi di una frase; nel caso della musica si tratta di associare alle note un livello di importanza, in modo da ricostruire lo scheletro sotteso alle note effettivamente udite. Il calcolo del PE si articola in due fasi: la prima è volta all'individuazione della *struttura di raggruppamento* della melodia (Lerdahl & Jackendoff, 1983), mentre la seconda mira al processo di *riduzione*, cioè alla selezione ricorsiva degli elementi più importanti. A questo fine abbiamo sviluppato un algoritmo per potare progressivamente

gli eventi musicali meno importanti secondo due criteri: ancoraggio tonale e allineamento alla struttura metrica. Al termine del processo, otteniamo i livelli di riduzione cui appartengono i vari elementi della melodia (e non alberi, come nella proposta di (Lerdahl & Jackendoff, 1983)): la ‘profondità’ di tali elementi e l’articolazione di un brano in livelli gerarchici riflettono lo sforzo mentale necessario a comprendere la musica, discriminando fra eventi più importanti ed eventi meno importanti. Questa porzione del modello, sebbene già implementata, non è ancora stata validata sperimentalmente.

2.2.3 Effetto Musicale

La definizione dell’effetto musicale è un tentativo di modellare la successione di tensioni e distensioni all’interno della forma musicale, condotto a partire da (Lerdahl & Krumhansl, 2007). Alcune teorie spiegano l’effetto psicofisico della musica postulando l’esistenza di *forze musicali*, variamente denominate a partire da nozioni proprie della fisica, quali la gravità, il magnetismo e l’inerzia (Larson, 2004; Larson & Vanhandel, 2005; Larson, 2012; Bharucha, 1984, 1996). Per il calcolo della tensione tonale globale (cioè la somma delle forze tensionali ed attrattive presenti in un brano musicale) è stato proposto un insieme di regole (Lerdahl, 2001). Tali regole predicono in termini precisi le risposte degli ascoltatori sulle alternanze di tensione e rilassamento presenti all’interno del flusso musicale (Lerdahl & Krumhansl, 2007), e sono pertanto al centro della nostra proposta di formalizzazione, che semplifica il calcolo dell’effetto riducendolo (per potere isolare un primo nucleo di elementi da verificare nel contesto di un modello *quantitativo*) al calcolo della tensione melodica.

L’ascolto musicale è influenzato dalla ‘dispersione’ di una melodia: questo fatto deriva dalla constatazione che il processo di composizione (così come l’esecuzione) può essere pensato contemporaneamente sia come esercizio di applicazione di regole assestate all’interno di una tradizione (che garantiscono la correttezza della composizione e la sua intelligibilità da parte dell’ascoltatore), e al contempo come esercizio di affrancamento da tali regole tramite un insieme di infrazioni (che prevengono la monotonia della composizione). La nozione di *tensione* cattura questo principio: la tensione fra due note può essere vista come una misura della non prevedibilità di una nota rispetto al flusso melodico precedente, che quindi caratterizza una melodia. Questa componente dell’effetto musicale è legata alla nozione di *attesa*: un evento sonoro causa l’attesa di altri eventi sonori (Meyer, 1956; Huron, 2006). L’e-

lusione dell’attesa è un principio noto come generatore di effetto (Margulis, 2005) (per una trattazione completa di questo tema si rimanda a (Rohrmeier & Koelsch, 2012)).

Per la sperimentazione sul modulo per il calcolo dell’effetto musicale abbiamo creato un set di 36 stimoli e reclutato 37 volontari, che hanno partecipato all’esperimento tramite una applicazione web in cui gli stimoli venivano proposti ed ascoltati a gruppi di due. Dopo ogni ascolto, veniva richiesto di indicare se uno dei due stimoli avesse *maggiore effetto* (specificando quale), o se i due stimoli avessero lo *stesso effetto*. Lo stesso insieme di stimoli codificati in formato MIDI è stato dato in input al sistema che implementa il modello descritto. L’analisi dei risultati (del grado di agreement fra le predizioni del modello e le risposte fornite dagli esseri umani) ha mostrato come la tensione sia un buon predittore per l’effetto musicale (per la descrizione dettagliata dell’esperimento si rimanda a (Acotto et al., 2013)).

3 Conclusioni

Questo lavoro è partito dall’ipotesi che le emozioni associate alla musica siano riconducibili a un insieme (sfuggente, ma finito e sondabile) di elementi propri della forma musicale. Dopo avere proposto una breve rassegna di studi computazionali sulle emozioni abbiamo illustrato alcune ricerche miranti a caratterizzare la nozione di emozione musicale, argomentando come l’analisi delle emozioni di un brano musicale possa e debba essere integrata in una teoria di più ampia portata, che abbiamo individuato nella RT. Assumendo che le emozioni, anche quelle estetiche e musicali, siano spiegabili nel contesto della psicologia evolutivista e facciano a pieno titolo parte dell’architettura cognitiva umana (Carruthers, 2006; Thagard, 2006), abbiamo illustrato in che modo la RT può essere collegata a teorie musicologiche cognitive come la GTTM (Lerdahl & Jackendoff, 1983; Lerdahl, 2001).

Abbiamo sintetizzato alcune ricerche miranti a studiare la nozione di *rilevanza* musicale, intesa come rapporto fra effetto e sforzo di elaborazione. Abbiamo mostrato come l’implementazione di entrambi i concetti si sia valsa di strumenti mutuati dalla GTTM e dai lavori discesi da quella linea di ricerca, e costituisca uno sforzo di comprensione della musica a partire dalla sua forma, in un quadro complessivo di economia cognitiva. Sebbene tali ricerche non siano oggi complete, e sebbene i risultati ottenuti siano preliminari, ci è parso utile introdurre perché mettono in luce due aspetti. In primo luogo le

emozioni musicali sono un fatto autenticamente trasversale a varie discipline: la modellazione computazionale è uno dei possibili strumenti di analisi. Ed è uno strumento naturalmente votato al dialogo con ipotesi psicologiche e legate a teorie filosofiche a monte, e con la psicologia sperimentale per il design dei task sperimentali e l'analisi dei risultati a valle. Inoltre difficilmente le emozioni musicali possono essere analizzate direttamente, associando musica in input e emozione in output, perché intervengono troppe variabili nascoste (l'effetto musicale potrebbe essere pensato in questi termini). Questa complessità ineliminabile ci pare chiamare nuovamente in causa sia la forma musicale, sia una teoria più ampia della cognizione umana.

Riferimenti bibliografici

- Acotto, E. (2014). *The effect of music. Towards a Cognitive and Computational Model of Music Relevance*. Unpublished doctoral dissertation, School of Life Sciences - PhD Course in Cognitive Science.
- Acotto, E., Geraci, C., & Radicioni, D. P. (2013). *Computational Modeling of Melodic Effect* (Tech. Rep. No. RT 150/2013). Università degli Studi di Torino, Dept. of Computer Science.
- Acotto, E., & Radicioni, D. P. (2012). Musical Relevance: a Computational Approach. In *Proceedings of the 34th International Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1248–1253). Sapporo, Japan: Cognitive Science Society.
- Acotto, E., & Viaud-Delmon, I. (2010). Interview to Ray Jackendoff and Fred Lerdahl. *Musicae scientiae, Discussion Forum 5*. ((Special Issue on GTTM))
- Bharucha, J. (1984). Anchoring effects in music: The resolution of dissonance. *Cognitive Psychology*(16), 485–518.
- Bharucha, J. (1996). Melodic Anchoring. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 13(3).
- Cambouropoulos, E. (2010). The Musical Surface: Challenging Basic Assumption. *Musicae Scientiae, Special Issue*, 131–147.
- Cambria, E., & Hussain, A. (2012). *Sentic computing: Techniques, tools, and applications* (Vol. 2). Springer Science & Business Media.
- Carruthers, P. (2006). *The Architecture of the Mind*. Oxford: Oxford University Press.
- Clark, B. (2013). *Relevance theory*. Cambridge University Press.

- Consoli, G. (2012). Un modello cognitivo delle emozioni estetiche. *Lebenswelt. Aesthetics and philosophy of experience.*, 2.
- Coutinho, E., & Cangelosi, A. (2009). The use of spatio-temporal connectionist models in psychological studies of musical emotions. *Music Perception*, 27(2), 1–15.
- Eerola, T. (2012). Modeling listeners' emotional response to music. *Topics in cognitive science*, 4(4), 607–624.
- Eerola, T., Lartillot, O., & Toiviainen, P. (2009). Prediction of multidimensional emotional ratings in music from audio using multivariate regression models. In *Ismir* (pp. 621–626).
- Fodor, J. (2000). *The mind doesn't work that way: The scope and limits of computational psychology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hanslick, E. (1854). *The beautiful in music. a contribution to the revisal of musical aesthetics*. London: Novello & C.
- Horst, S. (2011). The computational theory of mind. In E. N. Zalta (Ed.), *The stanford encyclopedia of philosophy* (Spring 2011 ed.).
- Huron, D. (2006). *Sweet anticipation. music and the psychology of expectation*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Jackendoff, R., & Lerdahl, F. (2006). The capacity for music, What's Special about it? *Cognition*, 100, 33–72.
- Kivy, P. (1980). *The corded shell: Reflections on musical expression*. Princeton University Press.
- Kivy, P. (2002). *Introduction to a Philosophy of Music*. Oxford University Press, USA. Paperback.
- Langer, S. (1979). *Feeling and form: a theory of art developed from philosophy in a new key*. Routledge & Kegan Paul.
- Larson, S. (2004). Musical forces and melodic expectations: Comparing computer models and experimental results. *Music Perception*, 21.
- Larson, S. (2012). *Musical forces : motion, metaphor, and meaning in music*. Indiana University Press Bloomington.
- Larson, S., & Vanhandel, L. (2005). Measuring Musical Forces. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 23(2), 119–136.
- Lerdahl, F. (1985). Le concept de recherche musicale. In T. Machover (Ed.), (chap. Théorie générative de la musique et composition musicale). Paris: Christian Bourgeois.
- Lerdahl, F. (2001). *Tonal pitch space*. Oxford: Oxford University Press.
- Lerdahl, F., & Jackendoff, R. (1983). *A Generative Theory of Tonal Music*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Lerdahl, F., & Krumhansl, C. L. (2007). Modeling tonal tension. *Music Perception*, *24*, 329–366.
- Liu, B., & Zhang, L. (2012). A survey of opinion mining and sentiment analysis. In *Mining text data* (pp. 415–463). Springer.
- Lu, L., Liu, D., & Zhang, H.-J. (2006). Automatic mood detection and tracking of music audio signals. *Audio, Speech, and Language Processing, IEEE Transactions on*, *14*(1), 5–18.
- MacDorman, K. F., Stuart Ough Chin-Chang Ho. (2007). Automatic emotion prediction of song excerpts: Index construction, algorithm design, and empirical comparison. *Journal of New Music Research*, *36*(4), 281–299.
- Margulis, E. (2005). A Model of Melodic Expectation. *Music Perception*, *22*(4), 663–714.
- Marraffa, M., & Meini, C. (2010). *La mente sociale*. Laterza.
- Meini, C. (2012). *Fuori di testa. Le basi sociali dell'io*. Mondadori.
- Meyer, L. (1956). *Emotion and meaning in music*. Chicago, USA: Chicago University Press.
- Miell, D., MacDonald, R., & Hargreaves, D. (2005). *Musical Communication*. Oxford: Oxford University Press.
- Oatley, K., & Laird, P. Johnson. (2014). Cognitive approaches to emotions. *Trends in cognitive sciences*, *18*(3), 134–140.
- Pang, B., & Lee, L. (2008). Opinion mining and sentiment analysis. *Foundations and trends in information retrieval*, *2*(1-2), 1–135.
- Paternoster, A. (2010). *Introduzione alla filosofia della mente*. Roma-Bari: Laterza.
- Pearce, M., & Rohrmeier, M. (2012a). Music cognition: Learning, processing and evolutions. *Topics in Cognitive Science*, *4*(4), 468–484.
- Pearce, M., & Rohrmeier, M. (2012b). Music cognition: Learning, processing and evolutions. *Topics in Cognitive Science*, *4*(4), 468–484.
- Picard, R. W. (1997). *Affective computing*. The MIT Press.
- Picard, R. W. (2010). Affective computing: from laughter to ieee. *Affective Computing, IEEE Transactions on*, *1*(1), 11–17.
- Rohrmeier, M. (2007). A generative grammar approach to diatonic harmonic structure. In *In anagnostopoulou georgaki, kouroupetroglou, editor, proceedings of the 4th sound and music computing conference* (pp. 97–100).
- Rohrmeier, M. (2011). Towards a generative syntax of tonal harmony. *Journal of Mathematics and Music*, *5*(1), 35–53.

- Rohrmeier, M., & Koelsch, S. (2012). Predictive information processing in music cognition. A critical review. *International Journal of Psychophysiology*, 23(83), 164–175.
- Searle, J. (2004). *Mind: A Brief Introduction (Fundamentals of Philosophy)*. Oxford University Press. Hardcover.
- Skowronek, J., McKinney, M. F., & Van De Par, S. (2007). A demonstrator for automatic music mood estimation. In *Ismir* (pp. 345–346).
- Snyder, B. (2001). *Music and memory*. Cambridge: MA: MIT Press.
- Sperber, D., & Hirschfeld, L. A. (2004). The cognitive foundations of cultural stability and diversity. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(1), 40–46.
- Sperber, D., & Wilson, D. (1986). *Relevance. communication and cognition*. Oxford: Blackwell.
- Steedman, M. (1984). A generative grammar for jazz chord sequences. *Music Perception*, 2(1), 52–77.
- Steedman, M. (1996). Mental models in cognitive science. In (pp. 305–318). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Sterelny, K. (1990). *The representational theory of mind*. Oxford: Basil Blackwell.
- Stern, D. (2010). *Forms of vitality: Exploring dynamic experience in psychology, the arts, psychotherapy, and development*. OUP Oxford.
- Tao, J., & Tan, T. (2005). Affective computing: A review. In *Affective computing and intelligent interaction* (pp. 981–995). Springer.
- Thagard, P. (2006). *Hot thought: Mechanisms and applications of emotional cognition*. Cambridge MA: Bradford Book/MIT Press.
- Wilson, D., & Sperber, D. (2004). Handbook of Pragmatics. In G. Ward & L. Horn (Eds.), (chap. Relevance Theory). Oxford: Blackwell.