

Emozioni, decisioni e comportamento di consumo alimentare: le soluzioni offerte dal neuromarketing

di Vincenzo Russo, Maurizio Mauri, Fabiola Sirca, Francesco Onorati

Il ruolo delle emozioni nella scelta di acquisto

Introduzione

Lo studio delle decisioni nel campo del consumo è sempre stato caratterizzato da un grosso dibattito sul valore delle emozioni e sul loro rapporto con la razionalità¹. Le emozioni giocano un ruolo fondamentale nella spiegazione dei comportamenti impulsivi. Così come esercitano un effetto minore ma altrettanto misurabile anche sulle risposte più razionali e sui comportamenti pianificati^{2,3,4,5}. In questo ambito per decenni abbiamo studiato il consumatore come *soggetto razionale* in grado di effettuare precise e logiche analisi prima di decidere. In questo panorama sebbene sia sempre stato riconosciuto il valore dell'emozione questa è stata considerata spesso come una variabile *interveniente*, come un elemento disturbante, responsabile di modificare quello che è il normale ed usuale processo decisionale basato su logica e razionalità.

Questa visione è stata, in parte, modificata già negli anni '70 grazie agli studi di Herbert Simon, sui processi decisionali nelle organizzazioni economiche⁶. Simon dimostrando che gli

¹ R. W. Belk, «The Objective Situation As a Determinant of Consumer Behavior», in *NA - Advances in Consumer Research*, eds. Mary Jane Schlinger, Ann Arbor, MI: Association for Consumer Research, 1975, n. 02, pp 427-438.

² W.P. Dommermuth, & W.J. Millard, «Consumption coincidence in product evaluation» *Journal of Marketing Research*, 1967, vol. 4, n. 4, pp 388-390.

³ A. M. Isen, «The Influence of Positive Affect on Decision Making and Cognitive Organization», in *NA - Advances in Consumer Research*, eds. Thomas C. Kinnear, Provo, UT : Association for Consumer Research, 1984, vol.11, pp 534-537.

⁴ R. J. Donovan, J. R. Rossiter, «Store Atmosphere: An Environment Psychology Approach», in *Journal of Retailing*, 1952, n. 58, pp 34-57.

⁵ R. P. Hill, J. C. Ward, «Mood manipulation in marketing research: An examination of potential confounding effects», in *Journal of Marketing Research*, 1989, vol. 26, pp. 97-104.

⁶ H. A. Simon, «Theories of Decision Making in Economics and Behavioral Science», in *The American Economic Review*, 1959, n. 49, pp. 254-283.

esseri umani non sono "razionali", come affermava il concetto della cosiddetta "razionalità olimpica", sosteneva che il modello migliore per potere rappresentare ciò che accade nel decisore è l'applicazione di ciò che l'autore definì una sorta di "razionalità limitata". Secondo la "razionalità olimpica" tutti gli uomini seguono il principio universale della "utilità attesa" enunciato da Bernoulli⁷ e formalizzato da von Neumann e Morgenstern⁸ nel 1944, concetto cardine all'interno delle teorie economiche sul comportamento umano inteso come "misura di felicità percepita" e "soddisfazione individuale", caratterizzata da una puntuale e rigorosa valutazione razionale e probabilistica di tutti gli elementi in gioco. La decisione, secondo il modello dell'Utilità attesa, risulta essere un processo razionale in cui non può trovare spazio l'emozione, se non come variabile disturbante in grado di alterare il calcolo probabilistico del guadagno che una scelta può comportare. In realtà secondo Simon⁹, la decisione è l'esito di un processo più articolato. In base ai suoi studi sull'*elaborazione delle informazioni* l'autore propone come alternativa al paradigma della "razionalità olimpica", poco adatto a descrivere in modo veridico il comportamento umano, il paradigma della "razionalità limitata". Secondo questo paradigma gli esseri umani: a) hanno una conoscenza *incompleta* delle alternative di azione, b) possiedono una panoramica *frammentaria* delle conseguenze delle proprie strategie di azione, e c) costruiscono rappresentazioni lasciandosi influenzare dalle proprie preferenze senza, in realtà, seguire il principio della mera *utilità attesa*, tipica del modello della razionalità olimpica. Le preferenze, e conseguentemente le scelte di consumo, perdono la possibilità di essere ordinabili secondo una gerarchia universale sempre e comunque, rinunciando a ciò che ha sempre caratterizzato la visione razionalistica dello studio dei processi decisionali ovvero la prevedibilità assoluta. L'ipotesi avanzata da Simon descrive gli esseri umani come esseri dotati di una "razionalità limitata" perché le *risorse cognitive* per elaborare tutte le informazioni disponibili eccedono le normali capacità di analisi e di calcolo delle probabilità mediamente possedute dalle persone. Secondo Simon vi è quindi una "quota non prevedibile" nei modelli di rappresentazione e previsione dell'agire umano.

I suoi studi hanno permesso di aprire un profondo dibattito sul tema e gli hanno permesso di ottenere anche il Premio Nobel per l'economia nel 1978. In virtù di tale fattore,

⁷ D. Bernoulli, «Exposition of a new theory on the measurement of risks», in *Econometrica*, 1954, vol. 22, n. 1, pp. 23-36.

⁸ J. von Neumann, O. Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton, Princeton University Press, 1944.

⁹ H.A. Simon, *op. cit.*

tra i modelli economici classici del comportamento umano e i comportamenti umani reali c'è un vuoto, una "macula ceca" che, pur rimanendo nell'ombra, influenza e determina le scelte e i comportamenti umani. Come colmare questa "quota non prevedibile", questo "fattore oscuro" che sembra impossibile definire, descrivere e "imbrigliare" nei modelli teorici dell'economia classica?

Il nuovo paradigma dei processi decisionali

Questa "quota non prevedibile" o "variabile oscura" è stata studiata da altri due scienziati diventati famosi sia in campo economico che in campo psicologico, Daniel Kahneman e Amos Tversky. Due noti autori che hanno dimostrato come i processi decisionali degli esseri umani siano determinati da "errori" o "bias" sistematici e ricorrenti¹⁰. I due scienziati, per spiegare tali errori sistematici nei processi decisionali, elaborarono la "Teoria del prospetto" o "*Prospect Theory*": il termine inglese *Prospect* rispecchia ancora di più il concetto di "prospettiva", proprio come nel cinema la prospettiva, cioè il punto da cui si inquadra la scena visiva, determina quello che l'audience vedrà. In questo senso, anche nella risoluzione dei problemi le persone avranno una "prospettiva" in grado di influenzare l'interpretazione del problema. Questo viene riletto in maniera differente in base ad altri fattori contestuali, rendendo la decisione l'esito di un processo non proprio razionale e molto lontano dal modello razionalistico. L'aspetto più interessante degli studi di Kahneman (a cui fu riconosciuto il premio Nobel per l'economia nel 2002) e Tversky è stata la dimostrazione che le logiche dei processi di scelta seguono dei criteri di "preferanda" riconducibili alla natura emotiva, in grado di influenzare in modo imprescindibile le scelte umane.

Gli studi di Simon prima, e quelli di Kahneman e Tversky dopo, hanno sollevato nel dibattito scientifico non poche questioni, tra queste: perché i processi decisionali sono così tanto influenzati dalle emozioni e perché sono soggetti a errori e bias sistematici? Di che natura è quel "fattore oscuro" che influenza le decisioni e altera il modello razionalistico a cui siamo stati abituati per decenni anche per la sua caratterizzazione rassicuratoria? Come agisce all'interno dei processi decisionali? È possibile studiarlo? Soprattutto, è possibile "mostrarlo" alle persone, cioè rendere le persone consapevoli di come le proprie decisioni possano essere condizionate da tale "fattore oscuro"?

¹⁰ A. Tversky, D. Kahneman, «Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases», in *Science*, New Series, 1974, n. 185, pp. 1124-31.

L'avvento delle neuroscienze ha spinto ancora oltre la ricerca sui processi decisionali, mettendo in luce come le emozioni influenzino sistematicamente le scelte umane. Un altro famoso scienziato nel campo delle emozioni e dei loro correlati biologici, Antonio Damasio, studiando tra i vari ambiti di ricerca da lui affrontati anche il comportamento compulsivo dei giocatori di azzardo attraverso la risonanza magnetica funzionale, ha elaborato la Teoria del Marcatore Somatico¹¹, secondo cui negli esseri umani, diinnanzi a un campo di decisioni possibili, l'esito negativo in merito a una di esse produrrà una *sensazione spiacevole*, somatica appunto, che determinerà una associazione tra la *rappresentazione di quella situazione* e l'*esperienza spiacevole*. Da qui il nome di teoria del *marcatore somatico*: secondo Damasio il ruolo dell'emozione quale marcatore somatico è quello di forzare l'attenzione sull'esito negativo al quale può condurre una certa azione o una certa serie di azioni, agendo come un segnale *automatico* di allarme e restringendo di conseguenza la gamma delle scelte possibili. Le emozioni, intese come marcatori somatici, renderebbero, in questa logica di "riduzione" o addirittura di "selezione" delle scelte, più efficienti e precisi i processi decisionali; mentre al contrario la loro assenza ne ridurrebbe la loro portata di "assistenza" o "ausilio" ai processi cognitivi. Damasio sostiene che l'emozione correlata al riconoscimento di un particolare evento diviene determinante nel condizionare i processi logici e razionali anche per la sua capacità di agire più rapidamente, grazie alla sua funzione adattiva di difesa e di sopravvivenza. Per quanto motivo Damasio sostiene che si può essere emotivamente razionali. Di fronte alle stimolazioni ambientali si reagisce, quasi inconsapevolmente in maniera emotiva per poi razionalizzare la scelta e darne una giustificazione.

Il contributo delle neuroscienze

Questo "fattore oscuro" non considerato dai modelli di economia neoclassica coincide con l'emozione, considerata per decenni in opposizione alla ragione anche dal punto di vista strutturale oltre che funzionale. Gli studi di laboratorio hanno dimostrato che paura, curiosità, ansia, attrazione sono sempre state strettamente correlate all'attivazione della parte più primitiva del cervello (il tronco encefalico e il sistema limbico con i talami, il suo ipotalamo e le amigdale). Per questo motivo poco interessanti alla riflessione sul processo razionale, se non addirittura da escludere dalla riflessione teorica: scrive Davidson uno dei più noti psicologi studiosi del rapporto tra emozioni e cervello:

¹¹ A.R. Damasio, «The Somatic Marker Hypothesis and the Possible Functions of the Prefrontal Cortex», in *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 1996, n. 351, pp. 1413-20.

poiché si trova al di sotto della corteccia, che dal punto di vista evolutivo è la parte più recente del cervello, l'ipotalamo veniva guardato con un certo disprezzo dai cognitivisti, un atteggiamento di snobismo corticale: se una funzione aveva origine in una qualsiasi regione cerebrale che non fosse la prestigiosa corteccia, allora doveva essere per forza primitiva e in qualche modo opposta alla cognizione¹².

Da allora le neuroscienze hanno dimostrato che in realtà i processi emotivi e i processi decisionali, pur essendo processi di natura differente, non costituiscono sistemi separati e antagonisti, ma sistemi strettamente legati tra di loro. La considerazione dell'emozione come elemento primitivo, in grado di disturbare il processo razionale e la sua logicità, lascia il posto a una nuova visione che vede l'emozione come un elemento "cogente" della decisione, se non addirittura un elemento di guida. Dire che siamo *emotivamente intelligenti*¹³ significa sostenere che l'emozione ha un ruolo determinante nel processo decisionale e senza questa componente emotiva si rischia di non potere prendere adeguatamente le decisioni. In effetti le ricerche di Damasio (1996) dimostrano che *non siamo macchine pensanti che si emozionano, ma macchine emotive che pensano*, proponendo un profondo cambiamento paradigmatico del modo di vedere il rapporto tra razionalità ed emozione. In questo rapporto l'emozione non è più relegata nella parte più primitiva del cervello in grado di dare risposte adattive alle forti stimolazioni esterne per la sopravvivenza dell'individuo, ma proprio per la sua funzione adattiva, l'emozione diventa l'elemento che contribuisce ad attivare il processo di razionalizzazione che a posteriori giudica e valuta ciò che emotivamente si è sentito. In fondo Damasio propone un modello di razionalità in cui questa agisce per razionalizzare scelte che in molti casi avvengono in maniera automatica, inconsapevole ed emotiva. L'emozione diventa, così, parte integrante della razionalità. Damasio nel suo libro del 1994 *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*¹⁴, illustra diversi concetti chiave necessari per comprendere come le emozioni siano strettamente radicate nelle modificazioni biologiche che avvengono nel corpo ogni qualvolta si prova un'emozione. Damasio riprende quello che lui stesso definisce come un errore sistematico insinuato dalle considerazioni e riflessioni del filosofo Renato Cartesio, il quale aveva postulato nella prima metà del Seicento che vi

¹² R. J. Davidson, B.S. McEwen, «Social influences on neuroplasticity: stress and interventions to promote well-being», in *Nature neuroscience*, 2012, n. 15, pp. 689-695.

¹³ D. P. Goleman, *Emotional Intelligence: Why It Can Matter More Than IQ for Character, Health and Lifelong Achievement*, 1995, New York, Bantam Books.

¹⁴ A. R. Damasio, *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*, New York, Avon Books, 1994; trad. it. *L'errore di Cartesio. Emozione, ragione e cervello umano*, 1995.

fossero due entità distinte in grado di definire gli esseri umani: la *res cogitans*, quello che definiremmo genericamente come la mente, e la *res extensa*, ovvero il corpo.

Secondo Cartesio, mente e corpo sono entità distinte e separate, in contatto attraverso un solo unico punto, che il filosofo vedeva nella *ghiandola pineale*. È curioso che Cartesio scelse proprio un elemento nascosto nel centro profondo del sistema nervoso centrale quale “punto di incontro” tra la mente (o l’anima, come poteva essere verosimilmente definita la “mente” nella prima metà del Seicento) e il corpo biologico. Forse, in qualche modo aveva capito che il cervello era la sede di tutte le funzioni cognitive, della mente appunto. Tuttavia tale intuizione lo ha comunque portato a concludere che il corpo e la mente appartengono a mondi separati. Damasio, a riguardo, parla di una vera e propria “schisi” (dal termine greco “σχίσσις” che significa “separazione, fenditura”) per porre l’accento su come imputi alla filosofia “dicotomica” di Cartesio l’errore che dal Seicento in poi ha condizionato inesorabilmente il sapere umano, separando la dimensione biologica da quella legata alla mente, la razionalità dall’emotività. Sebbene il mondo dell’esperienza soggettiva sia ancora in gran parte misterioso, solo in anni recenti le neuroscienze hanno permesso il superamento di questo errore, grazie alle numerose ricerche neuroscientifiche che si sono servite di soluzioni di *brain imaging* e grazie alle metodologie di registrazione diretta dell’attività neurale in soggetti umani e animali coscienti. Non a caso il decennio 1990-2000 è stato considerato il decennio del cervello dagli esperti delle neuroscienze. Un periodo storico che ha visto un impressionante incremento nella comprensione delle basi neurali dell’esperienza soggettiva, proponendo una risposta al quesito relativo alla relazione tra emozione e ragione. Prima di questo periodo, la maggior parte degli esperimenti è stata condotta su animali anestetizzati, o su soggetti umani colpiti da gravi traumi o da patologie, oppure ottenuti dallo studio di soggetti deceduti. È noto il contributo che i soldati inglesi diedero allo studio della zona occipitale del cervello a causa dell’elmetto usato durante la prima e seconda guerra mondiale. Un elmetto a forma di scodella che lasciava indifesa la parte posteriore del cranio, in corrispondenza della corteccia occipitale deputata al controllo della vista. Dai primi anni ’90 a oggi, nuove tecniche, come la fMRI (risonanza magnetica funzionale), hanno stimolato molti studiosi a cercare di comprendere i meccanismi neurali che portano i soggetti a compiere scelte e decisioni, dando vita non solo a interessanti ricerche, ma addirittura proponendo la nascita di discipline scientifiche fino a qualche anno fa impensabili quali la neuro-etica, la neuro-economia, il neuro-marketing, la neuro-estetica. Da allora nuovi studi, in parte già citati, hanno cominciato a mettere in

luce le basi neurali dei sistemi emotivi^{15,16}. In realtà, emozioni e sentimenti sono definibili in termini funzionali come stati dell'organismo attivati da strutture biologiche specializzate. Come scrivono Hung e Labroo¹⁷, la relazione tra mente e corpo risulterebbe più complessa di quanto si fosse mai pensato. Numerose evidenze sui processi cognitivi stanno iniziando a dimostrare che la dimensione biologica e il corpo hanno una profonda capacità di influenzare la mente. Anche se in realtà già nel testo *Project for a Scientific Psychology* del 1895 lo stesso Freud sosteneva che tutte le nozioni psicologiche che lui stesso stava formulando potranno e dovranno un giorno essere basate su un sostrato biologico.

Dagli anni '70 in poi, la ricerca delle basi delle emozioni nella sede cerebrale della ragione diviene da posizione "a dir poco donchiscottesca, l'equivalente della caccia agli elefanti in Alaska"¹⁸ a una delle più promettenti aree di indagine neuroscientifica sul rapporto tra emozione e decisione. Le ricerche successive svolte da numerosi neuroscienziati^{19,20,21,22,23,24,25,26} hanno, poi, contribuito ad affermare questa ipotesi, anche grazie agli studi dei processi di attivazione ce-

¹⁵ *Ivi*.

¹⁶ J. E. LeDoux, «Rethinking the emotional brain», in *Neuron*, 1996, vol. 73, n. 4, pp. 653-679.

¹⁷ I. W. Hung, A. A. Labroo, «From Firm Muscles to Firm Willpower: Understanding the Role of Embodied Cognition in Self-Regulation», in *Journal of consumer research*, 2011, vol. 37, n. 6, pp. 1046-1064.

¹⁸ R. J. Davidson, B. S. McEwen, «Social influences on neuroplasticity: stress and interventions to promote well-being», in *Nature neuroscience*, 2012, n. 15, pp. 689-695.

¹⁹ R. J. Davidson, «EEG Measures of Cerebral Asymmetry: Conceptual and Methodological Issues», in *International Journal of Neuroscience*, 1988, n. 39, pp. 71-89.

²⁰ R. J. Davidson, N. A. Fox, «Asymmetrical Brain Activity Discriminates Between Positive versus Negative Affective Stimuli in Human Infants», in *Science*, 1982, n. 218, pp. 1235-1237.

²¹ R. J. Davidson, N. A. Fox «Frontal Brain Asymmetry Predicts Infants' Response to Maternal Separation», in *Journal of Abnormal Psychology*, 1989, n. 98, pp. 127-131.

²² N. A. Fox, R. J. Davidson, «Patterns of Brain Electrical Activity during Facial Signs of Emotion in 10-month-old Infants», in *Developmental Psychology*, 1988, n. 24, pp. 230-236.

²³ J.E. LeDoux, «Emotion Circuits in the Brain», in *Annual Review of Neuroscience*, 2000, n. 23, pp. 155-184.

²⁴ A.R. Damasio, «The Somatic Marker Hypothesis and the Possible Functions of the Prefrontal Cortex», in *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 1996, n. 351, pp. 1413-20.

²⁵ C.E. Schaffer, R. J. Davidson, C. Saron, «Frontal and Parietal Electroencephalogram Asymmetry in Depressed and Non-Depressed Subjects», in *Biological Psychiatry*, 1983, n. 18, pp. 753-762.

²⁶ G. Gainotti, «Emotional Behavior and Hemispheric Side of Lesion», in *Cortex*, 1972, n. 8, pp. 41-55.

rebrale con tecniche di *neuroimaging*. Le Doux^{27,28,29,30}, uno dei più noti neuroscienziati studiosi del rapporto tra emozione e cervello, arriva a sostenere che le persone in realtà sono le loro sinapsi, enfatizzando, provocatoriamente, quanto sia forte la correlazione tra il modo di essere e di pensare e la creazione e formazione delle sinapsi (i collegamenti tra neuroni differenti che permettono il passaggio di impulsi elettrici e sottendono tutte le forme di apprendimento). Un processo creativo che è non solo *plastico*, cioè in continuo mutamento, ma anche *plasmato dall'esperienza* percettiva (visiva, uditiva, tattile, ecc.), emotiva e mnestica²⁷. Secondo l'autore il "Sensory Thalamus" è un nucleo che riceve informazioni (impulsi elettrici) da tutti gli organi di senso (vista, udito, olfatto, ecc.). Se lo stimolo decodificato dagli organi di senso ha una netta connotazione emotiva, come per esempio un gatto decodificato dal cervello di un topo, il talamo invierà informazioni (altri impulsi elettrici) all'amigdala, la quale a sua volta invierà informazioni (sempre sotto forma d'impulsi elettrici) ai nuclei cerebrali che comandano direttamente gli organi effettori (muscoli, apparato scheletrico, ecc.) per una pronta reazione. In questo processo il collegamento diretto tra "Sensory Thalamus" e "Amygdala" è stato chiamato "*low road*", a volte definita anche "*quick*" e "*dirty*", ovvero "veloce, rapida" e "sporca, non chiara". In questo caso le informazioni verrebbero processate rapidamente, ma non in modo accurato e preciso, data la scarsità di tempo disponibile. Una sorta di sistema di reazione immediato, adattivo e funzionale alla sopravvivenza in cui la dimensione emotiva assume la funzione primaria. In questo processo di attivazione immediata le strutture a livello anatomico coinvolte sono: il talamo che si trova al centro del cervello, in profondità rispetto alla corteccia e l'amigdala posta sotto il talamo, dunque ancora più in profondità. Da ciò deriva il nome "via bassa", proprio perché indica il coinvolgimento di strutture nelle profondità del cervello.

Prendiamo ora in considerazione una situazione diversa rispetto al gatto processato dal cervello di un topo (che dovrebbe generare una pronta reazione di paura che mette in moto la fuga e la possibilità di sopravvivere), e immaginiamo invece che lo stimolo processato dal cervello del topo non sia di natura emotiva di fondamentale importanza per la sopravvivenza. In questo caso l'informazione non sarà mandata direttamente all'amigdala (o meglio,

²⁷ J. E. LeDoux, «Cognitive-Emotional Interactions in the Brain», in *Cognition and Emotion*, 1989, n. 3, pp. 267-289.

²⁸ J. E. LeDoux, «Brain Mechanisms of Emotion and Emotional Learning», in *Curr. Opin. Neurobiol.*, 1992, n. 2, pp. 191-197.

²⁹ J. E. LeDoux, «Emotion, Memory and the Brain», in *Scientific American*, 1994, n. 270, pp. 50-57.

³⁰ J. E. LeDoux, *The emotional brain: the mysterious underpinnings of emotional life*, New York, NY: Touchstone, 1996.

non solo ed esclusivamente all'amigdala), ma anche alla "Sensory Cortex" ovvero alla corteccia sensoriale. Da qui, altri impulsi elettrici andranno a trasmettere l'informazione all'amigdala, che valuterà se la situazione è degna di attenzione oppure no. Tale collegamento, o circuito cerebrale "indiretto" tra il talamo sensoriale e l'amigdala, passando però attraverso la corteccia sensoriale, sede di alcune funzioni cognitive complesse, è definito come "slow" e "accurate", cioè "lento" e "accurato". L'informazione (la combinazione di milioni d'impulsi elettrici) viene processata più lentamente (ricordiamo che una risposta "veloce", in termini neurali, significa della durata di 100 o 150 millisecondi, mentre "lento" vuol dire 300 millisecondi circa, il doppio!), ma in modo più accurato e preciso. Dai neuroni del talamo, l'informazione viene inviata alla corteccia sensoriale, collocata sulla sommità del capo (quindi passando per delle strutture che si trovano proprio nella parte più in alto del cervello, per questo si chiama "via alta"). Dalla "Sensory Cortex", l'informazione viene inviata alla amigdala, nella parte più bassa del cervello. È questa la "High road", che corrisponde alla "via alta" e che comprende un circuito che parte dalla zona cerebrale sensoriale per contribuire ulteriormente alla valutazione della situazione del cervello. LeDoux³¹ dimostra che nel cervello vi possono, quindi, essere due vie di processamento dell'informazione: una via più rapida, ma imprecisa, più "emotiva" potremmo dire, che segue criteri di "preferenda", ovvero criteri più legati alla piacevolezza/spiacevolezza degli stimoli (per questa ragione di natura prettamente emotiva); una via più lenta, ma più precisa, più "razionale" potremmo dire, in quanto analizza e valuta meglio l'informazione. Questo processo segue pertanto un criterio di "inferenda", cioè di analisi e valutazione della informazione, cosicché l'organismo possa fornire delle risposte più complesse e articolate. La dimostrazione delle due vie dimostra la stretta interconnessione tra emozione e ragione e spiega tutti quei processi di scelta "automatici" o istintivi che spesso caratterizzano le scelte ed in particolare quelle di consumo alimentare, fortemente caratterizzate da una dimensione emozionale, oltre che nutrizionale.

La spiegazione dell'esistenza delle due vie secondo LeDoux è da attribuire al valore adattivo che questo sistema comporta e al suo valore in termini evolutivi: risposte rapide salvano l'organismo in situazioni di pericolo, e quindi aumentano le probabilità di sopravvivenza. Nel contesto odierno aiutano a prendere le decisioni soprattutto in caso di sovraesposizione informativa³². Le risposte ra-

³¹ J. E. LeDoux, J. Muller, «Emotional memory and psychopathology», in *Philos. Trans. R. Soc.*, 1997, vol. 352, n. 1362, pp. 1719-1726.

³² N. Olivero, V. Russo, *Manuale di psicologia dei consumi. Individuo, società, comunicazione*, Milano, McGraw-Hill, 2008.

picde aiutano le persone a scegliere e decidere in maniera "euristica", più immediata e senza grandi fatiche, soprattutto in quei contesti in cui la scelta può non essere caratterizzata da particolare motivazione o da alto coinvolgimento³³. In realtà è quello che accade nel mondo del consumo in cui spesso non avendo tempo e risorse per decidere ci si affida all'emozione, quella generata dagli aspetti sensoriali di un prodotto (colore, profumo, disposizione, origine geografica, ecc.), oppure dal brand, che ha il compito di trasmettere al prodotto significati simbolici ed affettivi spesso non proprio coincidenti con le caratteristiche strutturali del prodotto stesso.

Il neuromarketing: verso la caratterizzazione del fattore emotivo

Questa impostazione psicofisiologica sembra concordare con quella proposta da Damasio³⁴ secondo la quale siamo predisposti adattivamente a rispondere emotivamente alle stimolazioni ambientali razionalizzando a posteriori, dando senso e significato a ciò che si è provato emotivamente. Attraverso tale via corticale si attiverebbero quelle aree cerebrali coinvolte nella pianificazione comportamentale e nelle scelte. Una sorta di valutazione consapevole della decisione guidata dalla razionalità o dal ragionamento ma a partire dalle prime impressioni attribuibili alla via emotiva sub-corticale. I centri deputati alla gestione delle emozioni risulterebbero quindi profondamente implicati nei processi cognitivi superiori e nella valutazione e attribuzione di significato (consapevole) agli stimoli emotivi³⁵.

Questo nuovo modo di intendere il rapporto tra emozione e ragione richiede una più attenta e diversa modalità di studio dell'emozione stessa. Non più solo realizzabile attraverso le classiche tecniche d'indagine razionalizzanti, come le interviste e i questionari, perché fallaci³⁶, ma attraverso la possibilità di misurare direttamente l'attivazione psicofisiologica che caratterizza le prime immediate risposte alle stimolazioni ambientali³⁷. Ciò vale soprattutto in considerazione del fatto che i modelli di ricerca tra-

³³ A. Tversky, D. Kahneman, «Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases», *Science*, New Series, 1974, n. 185, pp. 1124-31.

³⁴ A. R. Damasio, «The Somatic Marker Hypothesis and the Possible Functions of the Prefrontal Cortex», in *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 1996, n. 351, pp. 1413-20.

³⁵ L. Anolli, P. Legrenzi, *Psicologia Generale*, Bologna, il Mulino, 2003.

³⁶ K. Poels, S. Dewitte, «How to capture the heart? Reviewing 20 years of emotion measurement in advertising», in *Journal of Advertising Research*, 2006, n. 46, pp. 18-37.

³⁷ P. Lewinski, M. L. Bransen, E.S.H. Tan, «Predicting Advertising Effectiveness by Facial Expressions in Response to Amusing Persuasive Stimuli», in *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, in press.

dizionali si servono d'indicatori che hanno a che fare più con la parte corticale e non con quella affettiva ed emotiva tipica della via bassa. Tuttavia se quest'ultima influenza le scelte, condizionando e influenzando la parte corticale³¹, ne consegue la necessità di studiare ciò che avviene a livello emotivo prima che entri in gioco il processo di razionalizzazione della seconda via. Se si vuole realmente studiare ciò che determina i processi decisionali occorre prendere in considerazione sia ciò che razionalmente viene deciso, ma anche ciò che emotivamente può condizionare il processo decisionale.

In questo ambito di studio dedicato all'individuazione di precise tecniche di misurazione delle emozioni un contributo importante è quello dato da Damasio e colleghi in uno studio del 2006³⁹ in parte anticipato nel 2000⁴⁰ e finalizzato all'individuazione di un modello di indagine delle emozioni attraverso strumenti psicofisiologici di misurazione delle emozioni (dalla risonanza magnetica funzionale ai sensori di rilevazione dell'attività cardiorespiratoria). L'ipotesi di partenza è che le emozioni sono caratterizzate da indicatori psicofisiologici diversi in base al tipo di emozione e che tali indicatori possono essere usati per caratterizzare le emozioni provate dalle persone durante la fase decisionale. Il disegno sperimentale utilizzato da Rainville, Bechara, Naqvi e Damasio³⁹, prevedeva la rievocazione in un gruppo di soggetti degli episodi, accaduti nella propria vita (meglio se nelle esperienze di vita più recente), in cui avevano provato forti emozioni come rabbia, tristezza, gioia e paura al fine di potere misurare le diverse attivazioni psicofisiologiche. Nel primo studio del 2000⁴⁰, Damasio e i suoi collaboratori individuarono l'attivazione di circuiti cerebrali differenti all'interno del sistema nervoso centrale e periferico, secondo il tipo di emozioni provate, dimostrando che le diverse emozioni hanno una stretta connessione con specifiche aree cerebrali. L'esperimento condotto alcuni anni più tardi³⁹ permise di mostrare come vi fossero distinte configurazioni del sistema cardiorespiratorio a seconda delle emozioni provate. Ciò significa affermare che la tristezza attiva il sistema cardiorespiratorio in modo diverso dalla paura, dalla rabbia e dalla gioia. E così per tutte le emozioni primarie. Sebbene sia un'esperienza comune intuire che il cuore e il respiro abbiano andamenti diversi quando ci sentiamo tristi, o felici, per decenni è risultato difficile dimostrare l'esistenza di questa diversa attivazione

³¹ A. R. Damasio, *Descartes'Error. Emotion, Reason, and the Human Brain*, cit.

³⁹ P. Rainville, A. Bechara, N. Naqvi, A.R. Damasio, «Basic Emotions are Associated with Distinct Patterns of Cardiorespiratory Activity», in *Int. J. Psychophysiol.*, 2006, n. 61, pp. 5-18.

⁴⁰ A. R. Damasio, T. J. Grabowski, A. Bechara, H. Damasio, L. L. B. Ponto, J. Parvizi et al., «Subcortical and Cortical Brain Activity During the Feeling of Self-Generated Emotions», in *Natural Neuroscience*, 2000, n. 3, pp. 1049-1056.

con prove empiriche osservabili, misurabili e ripetibili. Tale dimostrazione ha causato un acceso dibattito all'interno della comunità scientifica sulla possibilità di riconoscere e classificare le emozioni a partire dai correlati biologici e psicofisiologici, per cui la ricerca su questi temi è di grande attualità. Non a caso lo studio delle emozioni attraverso le tecniche neuroscientifiche è ancora nella prima fase di sviluppo⁴¹. Per questa ragione è necessario creare *nuovi modelli descrittivi* del processo decisionale in grado di andare oltre quelli economici classici basati sul mero principio della utilità attesa, che ancora oggi predomina non solo nel campo della economia, ma anche nella comunicazione e nel marketing, fino ad arrivare a pervadere tutti i campi che studiano le organizzazioni umane.

La dimostrazione che l'emozione influenza sistematicamente la decisione solleva un'ulteriore difficile sfida che è quella di riuscire a *misurare e caratterizzare* l'emozione in modo scientifico, al fine di poterne dare una rappresentazione e una valutazione *quantitativa* in grado di fornire un modello del comportamento umano più vicino alla realtà. La possibilità di cogliere questa sfida è uno degli obiettivi che si pone il neuromarketing, che non solo si prefigge di trovare modi sempre più raffinati per valutare l'impatto della comunicazione e dei beni di consumo, ma anche di creare un modello che permetta di considerare il *fattore emotivo* come un elemento caratterizzabile e quindi valutabile in modo obiettivo all'interno dell'insieme dei fattori (come per esempio attenzione e memoria) che determinano le preferenze e quindi le scelte delle persone. Nel corso del progetto sviluppato dagli autori del presente lavoro si è cercato di individuare una metodologia in grado di misurare le reazioni emotive dei consumatori alle stimolazioni provocate dal cibo, soprattutto per la valenza emotiva e simbolica che questo ha nelle persone⁴².

L'indagine del gruppo del Centro di Ricerca di neuromarketing "Behavior & Brain Lab" dell'Università IULM di Milano sui comportamenti di consumo alimentare, fortemente caratterizzati da dimensioni simboliche e emotive^{40,43}, è stata finalizzata all'individuazione di un sistema di riconoscimento delle emozioni coinvolte nell'atto della decisione e di consumo attraverso gli indicatori psicofisiologici. Ciò ha permesso di replicare in parte l'esperimento di

⁴¹ R. J. Davidson, B. S. McEwen, «Social influences on neuroplasticity: stress and interventions to promote well-being», in *Nature neuroscience*, 2012, n. 15, pp. 689-695.

⁴² V. Russo, S. Marelli, A. Angelini, *Consumo critico: alimentazione e comunicazione. Valori e comportamenti per un consumo sostenibile*, Milano, FrancoAngeli, 2011.

⁴³ N. Olivero, V. Russo, *Manuale di psicologia dei consumi*, cit.

Damasio^{44,45,46,47}, al fine di dimostrare come sia possibile distinguere le diverse emozioni di paura, rabbia, gioia e tristezza a partire da segnali elettroencefalografici, cardiorespiratori e pupillari. Questa parte d'indagine è stata considerata preliminare all'applicazione dei suoi esiti nello studio delle diverse emozioni provocate da alimenti diversi su consumatori appartenenti a diverse culture, come verrà poi descritto in questo testo dal lavoro di Barbara Ghingelli. Con tali lavori si è voluto contribuire al dibattito dimostrando come le emozioni inneschino dei cambiamenti nel corpo, e come sia possibile, grazie all'uso di bio-sensori e di analisi matematiche e statistiche adeguate, "fotografare" tali cambiamenti biologici al fine di derivare il tipo e l'intensità dell'emozione provata dalla persona.

Il riconoscimento delle emozioni attraverso la rilevazione dell'attività biologica

L'obiettivo ultimo della pubblicità e del marketing è di rendere quanto più persuasiva la comunicazione per modificare gli atteggiamenti dei consumatori e conseguentemente i loro comportamenti di acquisto⁴⁸. Come abbiamo avuto modo di descrivere fino ad ora i comportamenti di acquisto e le decisioni che vi sottostanno non sono guidati esclusivamente dalla razionalità, ma dall'emotività. L'emozione provocata da uno spot o da un'immagine del prodotto o servizio può così diventare propedeutica di un futuro atto di acquisto^{49,50}. Ciò rende fondamentale la riflessione sulle modalità di misurazione delle emozioni e preliminarmente la loro caratterizzazione e defini-

La misura delle emozioni per la previsione dei comportamenti di consumo alimentare

⁴⁴ M. Mauri, F. Onorati, V. Russo, R. Mainardi, R. Barbieri, «Psychophysiological Assessment of Emotions», in *International Journal of Bioelectromagnetism*, 2012, n. 14, pp. 133-140.

⁴⁵ F. Onorati, R. Barbieri, M. Mauri, V. Russo, L.T. Mainardi, «Characterization of Affective States by Pupillary Dynamics and Autonomic Correlates», in *Frontiers in Neuroengineering*, 2013, n. 6.

⁴⁶ F. Onorati, R. Barbieri, M. Mauri, V. Russo, L.T. Mainardi, «Reconstruction and analysis of the Pupil Dilation Signal: Application to a Psychophysiological Affective Protocol», in *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2013 35th Annual International Conference of the IEEE*, 2013, pp. 5-8.

⁴⁷ F. Sirca, F. Onorati, L. Mainardi, V. Russo, «Time-Varying Spectral Analysis of a Single EEG Channel: Application in an Affective Protocol», in *Journal of Medical and Biological Engineering*, in press.

⁴⁸ J. Meyers-Levy, P. Malaviya, «Consumers' processing of persuasive advertisements: An integrative framework of persuasion theories», in *Journal of Marketing*, 1999, n. 63, 45-60.

⁴⁹ K. Poels, S. Dewitte, «How to capture the heart? Reviewing 20 years of emotion measurement in advertising», cit.

⁵⁰ M. Fenton-O'Creevy, N. Nicholson, E. Soane, P. Willman, *Traders: Risks, decisions and management in financial markets*. Oxford, England, Oxford University Press, 2005.

zione. Difatti se non si definiscono in maniera chiara le specificità delle emozioni non si potrà poi proporre strumenti e strategie di misurazione. Tuttavia la definizione del concetto di emozione non è una cosa semplice come abbiamo già visto. Il dibattito sulla natura biologica delle emozioni è iniziato nel 1894 con la prima teoria scientifica sui processi emotivi elaborata da William James, uno dei padri fondatori della psicologia scientifica⁵¹. James sosteneva che i segnali percepiti dalle viscere sono fondamentali per l'origine delle esperienze emotive. Inoltre sosteneva come a ogni emozione corrispondesse una specifica configurazione psicofisiologica rintracciabile nella attività somatica (detto "arousal") degli organi coinvolti (oltre alle viscere: cuore, sudorazione, respiro, apparato muscolo-scheletrico, ecc.). In contrapposizione alla teoria "periferica" di James, Walter Cannon ha argomentato che la lenta, diffusa e aspecifica attività delle viscere non poteva essere la causa della qualità percepita delle emozioni, e che dei nuclei all'interno del sistema nervoso centrale (i talami) avessero un ruolo fondamentale nel generare gli stati emotivi⁵². Secondo questa posizione le emozioni sono diverse tra loro benché l'attivazione psicofisiologica fosse aspecifica poiché controllata dai medesimi circuiti cerebrali talamici. Le componenti cognitive, rispetto alla sola attività dell'arousal, sono state enfatizzate maggiormente solo in studi successivi: secondo la teoria cognitiva delle emozioni⁵³ di Schachter e Singer l'emozione è la risultante dell'interazione tra due componenti: una di natura *fisiologica* caratterizzata dall'attivazione diffusa dell'organismo, l'altra di natura *psicologica* con la percezione di questo stato di attivazione e con la sua spiegazione in funzione di un evento emotigeno plausibile, definito come "appraisal" (che in inglese significa "valutazione"), da contrapporre all'arousal. Entrambe queste componenti sono considerate condizioni necessarie per l'occorrenza di uno stato emozionale, ma la loro semplice presenza non è tuttavia sufficiente a generare un'emozione. Secondo i due autori occorre un'attribuzione causale che stabilisca una connessione fra queste due componenti, in modo da attribuire la propria attivazione corporea a un evento emotigeno pertinente e in modo da etichettare la propria esperienza emotiva in maniera adeguata. Pertanto, l'emozione è la risultante dell'arousal e di due atti cognitivi distinti: uno che riguarda la percezione e il riconoscimento della situazione emotigena, l'altro che stabilisce la connessione fra questo atto cognitivo e l'arousal stesso. Studi successivi hanno, in realtà, in seguito supportato la teoria di

⁵¹ W. James, «The Physical Bases of Emotion», in *Psychological Review*, 1894, n. 101, pp. 205-210.

⁵² W. B. Cannon, «Again the James - Lange and the Thalamie Theories of Emotion», in *Psychological Review*, 1931, n. 38, pp. 281-295.

⁵³ S. Schachter, J. Singer, «Cognitive, Social, and Physiological Determinants of Emotional State», in *Psychological Review*, 1962, n. 69, pp. 379-399.

James. Configurazioni specifiche di attivazione psicofisiologica sono state riportate in studi su individui cui è stato chiesto di indurre volontariamente espressioni emotive specifiche sul proprio volto^{54,55}. Altri studi hanno, invece, messo in evidenza risposte psicofisiologiche specifiche dopo l'esposizione a stimoli visivi⁵⁶, stimoli olfattivi⁵⁷, e stimoli costituiti da filmati audio-visivi⁵⁸. Nonostante questi contributi, la meta analisi sugli studi presenti in letteratura svolta da Cacioppo⁵⁹ e collaboratori e finalizzata ad esaminare le evidenze empiriche a favore di una stretta correlazione tra risposta psicofisiologica dopo l'esposizione ad una ampia varietà di stimoli ed emozioni, ha portato a una prima conclusione secondo la quale vi sono evidenze contraddittorie e ambigue in merito alla possibilità di associare gli stati emotivi a specifiche configurazioni psicofisiologiche. Tale conclusione sembrava aver messo un punto di fine all'antica disputa e alla possibilità di associare un pattern psicofisiologico con una specifica emozione. Sebbene tale conclusione possa essere considerata come particolarmente conservativa, resta comunque un segnale importante nel sottolineare l'esigenza di nuove ricerche sulla base di criteri di analisi dei segnali moderni, sfruttando le potenzialità tecnologiche sempre più sofisticate per monitorare i parametri biologici⁶⁰. Contribuendo al dibattito sul riconoscimento delle emozioni esclusivamente dai dati psicofisiologici, nel nostro questo studio, si è optato in particolare di monitorare non solo i segnali inerenti l'attività cardiorespiratoria, ma anche l'attività elettroencefalografica del cervello e l'attività delle dinamiche pupillari.

La nostra ricerca parte dall'assunto che riconoscimento emotivo è un problema complesso essendo le emozioni dei costrutti psicofisiologici che non possono essere misurati direttamente, in quanto

⁵⁴ P. Ekman, R.W. Levenson, W.V. Friesen, «Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions», in *Science*, 1983, n. 221, pp. 1208-1210.

⁵⁵ R. W. Levenson, P. Ekman, W. V. Friesen, «Voluntary facial action generates emotion-specific autonomic nervous system activity», in *Psychophysiology*, 1990, n. 27, pp 363-384.

⁵⁶ C. Collect, E. Vernet-Maury, G. Delhomme, A. Dittmar, «Autonomic nervous system response patterns specificity to basic emotions», in *J. Auton. Nerv. Syst.*, 1997, n. 62, pp. 45-57.

⁵⁷ E. Vernet-Maury, O. Alaoui-Ismaïli, A. Dittmar, G. Delhomme, J. Chanel, «Basic emotions induced by odorants: a new approach based on autonomic pattern results», in *J. Auton. Nerv. Syst.*, 1999, n. 75, pp. 176-183.

⁵⁸ I. C. Christie, B. H. Friedman, «Autonomic specificity of discrete emotion and dimensions of affective space: a multivariate approach», in *Int. J. Psychophysiol.* 2004, n. 51, pp. 143-153.

⁵⁹ J. T. Cacioppo, G. G. Berntson, J. T. Larsen, K. M. Poehlmann, T. A. Ito, R. Lewis, J. M. Haviland-Jones, «The Psychophysiology of Emotion», in *Handbook of Psychophysiology*, 2000, pp. 173-191.

⁶⁰ P. Rainville, A. Bechara, N. Naqvi, A.R. Damasio, «Basic Emotions are Associated with Distinct Patterns of Cardiorespiratory Activity», cit.

fenomeni endogeni, e coinvolgenti diversi sistemi (Sistema Nervoso Centrale, Sistema Nervoso Autonomo, Sistema Nervoso Periferico). La correlazione tra emozioni e cervello, di cui si è già parlato nei precedenti paragrafi, è stata studiata da numerosi ricercatori mediante strumentazioni non invasive caratterizzate da diversi livelli di usabilità e praticità. Risulta fondamentale cercare il più possibile di preservare le condizioni reali dell'esperienza nella fase di ricerca mediante l'utilizzo di strumentazioni non invasive, che prevedano un numero minimo di componenti a contatto con il soggetto. La Risonanza Magnetica Funzionale (fMRI) e la MagnetoEncefalografia (MEG) sono state ampiamente utilizzate per individuare i nuclei corticali e subcorticali coinvolti nelle reazioni affettive, ma il loro costo e le condizioni innaturali richieste per il loro utilizzo caratterizzano la scarsa praticità di questi sistemi e la difficile applicazione all'ambito dei consumi. Lo strumento più idoneo per l'investigazione neurale delle emozioni è sicuramente il segnale ElettroEncefalografico (EEG) sia, appunto, per la sua maggiore praticità, sia per la sua elevata risoluzione temporale, fattore quest'ultimo che permette di investigare dettagliatamente le dinamiche cerebrali. L'intera attività elettrica corticale presenta oscillazioni caratterizzate diversamente da ampiezza e frequenza e indicate con il termine *ritmi*. L'ampiezza del segnale EEG dipende soprattutto dal grado di sincronia col quale i neuroni corticali interagiscono. L'eccitazione asincrona di un gruppo di neuroni genera un segnale EEG irregolare e con oscillazioni di bassa ampiezza. Un'eccitazione sincrona, invece, produce un segnale di ampiezza maggiore dovuto alla sommazione temporale dei singoli contributi elettrici. I ritmi con alta frequenza e bassa ampiezza riflettono attività cerebrali associate allo stato di sogno o di allerta, mentre i ritmi con bassa frequenza e maggiore ampiezza si registrano durante lo stato di sonno profondo. Infatti, quando la corteccia è attivamente occupata nel processo di informazioni, o nella generazione di input sensoriali come avviene nello stato di allerta, il livello di attività neuronale è relativamente alto ma anche asincrono. Questo perché ogni singolo neurone, o un piccolo gruppo di neuroni, è occupato in uno specifico aspetto del complesso compito cognitivo; si attiva rapidamente ma con poca sincronia rispetto ai neuroni adiacenti. Durante lo stato di sonno profondo, invece, un gran numero di neuroni corticali, non essendo occupati in un'intensa elaborazione d'informazioni, viene eccitato in fase da un input comune generando una risposta altamente sincrona e producendo così un segnale EEG dotato di una maggiore ampiezza⁶¹. Le oscillazioni hanno bande di frequenza e distribuzioni spaziali caratteristiche e

⁶¹ L. Sörnmo, P. Laguna, *Bioelectrical Signal Processing in Cardiac and Neurological Applications*, Burlington- San Diego- London, Elsevier Academic Press, 2005.

sono associate a differenti stati cerebro-funzionali. L'identificazione delle emozioni con il segnale EEG è stata esplorata mediante l'utilizzo di diverse *feature* sia nel dominio del tempo che nel dominio della frequenza. Per una completa rassegna in materia, si rimanda allo studio di Kim et al.⁶².

L'attivazione emotiva può essere misurata indirettamente anche facendo ricorso a risposte somatiche quali la frequenza cardiaca (HR, *Heart Rate*)⁶³, e la frequenza respiratoria, modulate dal Sistema Nervoso Autonomico (SNA)⁶⁴. La regolazione cronometrica della funzione cardiaca, rappresentata in particolare dalla distanza temporale tra due battiti consecutivi, noto come segnale degli intervalli R-R (l'onda R del segnale ECG è storicamente indicativa dell'evento battito cardiaco), è stata ampiamente messa in relazione con l'attivazione autonoma (per una completa, sebbene non esaustiva, trattazione del tema, si faccia riferimento agli studi di Cacioppo⁵⁴ e Kreibig⁶⁵). Tecniche di elaborazione di segnale non invasive sono state sviluppate e codificate⁶⁶ per estrarre il contenuto informativo dal segnale, in particolare alcuni indici strettamente legati all'attivazione del ramo simpatico c/o all'attivazione del ramo parasimpatico del SNA, l'equilibrio dinamico delle due componenti è noto come bilancia simpato-vagale. L'attività respiratoria ha effetti sul controllo autonomico della variabilità cardiaca: esistono importanti interazioni tra il sistema respiratorio e il sistema cardiovascolare, come ad esempio il fenomeno dell'aritmia sinusale respiratoria, ovvero della sincronizzazione del battito cardiaco con la frequenza respiratoria^{67,68}. Tali interazioni sono molto importanti per far

⁶² M.-K. Kim, M. Kim, E. Oh, S.-P. Kim, «A review on the computational methods for emotional state estimation from the human EEG», in *Comput. Math. Methods Med.*, 2013, n. 1, 573-734.

⁶³ A. C. Micu, J. T. Plummer, «Measurable emotions: How television ads really work: patterns of reactions to commercials can demonstrate advertising effectiveness», in *Journal of Advertising Research*, 2010, n. 50, pp. 137-153.

⁶⁴ J. T. Cacioppo et al., «The Psychophysiology of Emotion», cit.

⁶⁵ S. D. Kreibig, «Autonomic Nervous System Activity in Emotion: A Review», *Biological Psychology*, 2010, n. 84, pp. 394-421.

⁶⁶ A. Camm, M. Malik, J. Bigger, G. Breithardt, S. Cerutti, R. Cohen, P. Coumel, E. Fallen, H. Kennedy, R. Kleiger et al., «Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use», in *Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology Circulation*, 1996, n. 93, pp. 1043-1065.

⁶⁷ P. Grossman, E. W. Taylor, «Toward Understanding Respiratory Sinus Arrhythmia: Relations to Cardiac Vagal Tone, Evolution and Biobehavioral Functions», in *Biological Psychology*, 2007, n. 74, pp. 263-285.

⁶⁸ M. Mauri, V. Magagnin, P. Cipresso, L. Mainardi, E. N. Brown, S. Cerutti, M. Villamira, R. Barbieri, «Psychophysiological signals associated with affective states», *32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; Buenos Aires, Argentina; August 31 - September 4, 2010*.

luce sulla psicofisiologia dell'attivazione affettiva misurata attraverso l'attività cardiaca, a sua volta modulata dall'attività respiratoria⁶⁹, elementi in grado oggi di segnalare la presenza di un certo tipo di emozione in reazione ad una stimolazione pubblicitaria⁷⁰.

Il diametro pupillare è un segnale altamente informativo, oggi solo parzialmente esplorato. Consiste di due componenti temporali: una componente transiente in risposta a un cambiamento improvviso ad alto contrasto delle condizioni luminose, o in seguito a uno stimolo significativo, cognitivo e/o affettivo; la seconda componente è una componente tonica, data da condizioni luminose costanti ma che può variare significativamente a seguito di alterazioni dello stato di coscienza (sonno, anestesia e sonnolenza). Il segnale di diametro pupillare può essere modulato quindi da stimoli ambientali quali: complessità fisica dell'immagine, luminosità e colore, variabili dipendenti da altre funzioni visive, come il riflesso di accomodamento, stimoli cognitivi, come l'attenzione spaziale e lo sforzo cognitivo, o emotivi, essi siano stimoli esogeni o endogeni. Lo studio della dinamica pupillare, anche nell'interazione con altri segnali, può aiutare a comprendere il SNA e contribuire alla detezione e riconoscimento di stati di attivazione. La sua caratteristica principale è l'essere un segnale *contactless*, di potenziale grande utilità per protocolli sperimentali e applicazioni reali che necessitino di condizioni ambientali ecologiche o che non prevedano la possibilità di apporre sensoristica sui soggetti.

Queste premesse metodologiche sono state il punto di partenza della ricerca di un modello di indagine delle emozioni provocate dalle stimolazioni alimentari (immagini di piatti culinari e o di prodotti alimentari). Infatti il lavoro di ricerca condotto presso il Behavior & Brain Lab si è posto come obiettivo primario lo sviluppo di un modello di indagine delle emozioni con strumenti tecnologici in grado di misurare l'attivazione psicofisiologica e i correlati biologici delle emozioni stesse. L'obiettivo finale è stato quello di creare un modello interpretativo delle reazioni affettive alle stimolazioni per la valutazione dell'efficacia comunicativa dei messaggi pubblicitari. Per il riconoscimento degli stati emotivi è stato implementato un metodo attraverso il quale sono stati ottenuti risultati altamente significativi a partire dai segnali fisiologici nella discriminazione delle emozioni, su eventi endogeni auto-elicitati (*recall* autobiografico), rispetto ad una condizione di *baseline* neutra. Tale studio prettamente psicofisiologico ha costituito un passag-

⁶⁹ F. Onorati, R. Barbieri, M. Mauri, V. Russo, L. T. Mainardi, «Characterization of Affective States by Pupillary Dynamics and Autonomic Correlates», in *Frontiers in Neuroengineering*, 2013, n. 6.

⁷⁰ P. Lewinski et al., «Predicting Advertising Effectiveness by Facial Expressions in Response to Amusing Persuasive Stimuli», cit.

gio imprescindibile per l'identificazione delle *feature* caratterizzanti ciascuna delle emozioni oggetto di analisi, e ha posto le basi per l'applicazione dei metodi all'ambito dei consumi.

Materiali e Metodi

Il protocollo di ricerca utilizzato per la costruzione del modello di indagine e per il contributo al dibattito sulla possibilità di misurare l'emozione con tecniche di neuromarketing, ha avuto l'obiettivo specifico di individuare una stretta correlazione tra tipologia di emozione di base e il suo corrispettivo psicofisiologico. Contrariamente a quanto indicato dalla meta-analisi di Cacioppo⁷¹ si è ritenuto di potere individuare specifici pattern psicofisiologici in base al tipo di emozione provocata da stimolazioni esterne, grazie alle evidenze mostrate da precedenti studi in merito a questo tema^{72,73,74}. La metodologia usata ripercorre un esperimento già condotto in altri contesti e finalizzato alla misurazione dei parametri psicofisiologici di un gruppo di soggetti in stato di attivazione emozionale. Ciò ha richiesto la creazione di un setting in cui si è creato lo stato emotivo di base (gioia, tristezza, rabbia, ecc.) in un gruppo di soggetti sperimentali. Non potendo avere le emozioni in condizione di reale esperienza quotidiana si è indotta ogni emozione in laboratorio con il metodo dell'induzione dell'emozione. Per questo la ricerca ha previsto due distinte fasi: durante la prima, i partecipanti alla ricerca sono stati incitati a ricordare e raccontare a uno degli psicologi del team di ricerca, due episodi recenti caratterizzati da ciascuna delle emozioni oggetto di studio (rabbia, gioia, tristezza, paura); durante la seconda fase avvenuta nei giorni successivi, ogni partecipante è stato aiutato dallo psicologo a ricordare, per ciascuna delle emozioni di base, il più intenso degli eventi emotivi tra quelli raccontati. La prima fase si è resa necessaria per la raccolta di episodi reali emotigeni, da potere utilizzare nella seconda fase per l'induzione della corrispondente emozione. Durante la seconda fase quegli stessi ricordi sono stati indotti dagli psicologi nei partecipanti al fine di attivare l'emozione a essi connessi (si pensi al valore del Marcatore Somatico di Damasio di cui si detto sopra). Non appena ciascun

⁷¹ J. T. Cacioppo et al., «The Psychophysiology of Emotion», cit.

⁷² R. J. Davidson, P. Ekman, C. Saron et al., «Emotional expression and brain physiology: approach/withdrawal and cerebral asymmetry», in *Journal of Personality and Social Psychology*, 1990, vol. 58, pp. 330-341.

⁷³ G. E. Schwartz, D. A. Weinberger, J. A. Singer, «Cardiovascular differentiation of happiness, sadness, anger, and fear following imagery and exercise», in *Psychosomatic Medicine*, 1981, vol. 43, pp. 343-364.

⁷⁴ R. Sinha, W. R. Lovallo, O. A. Parsons, «Cardiovascular differentiation of emotions», in *Psychosomatic Medicine*, 1992, vol. 54, pp. 422-435.

partecipante ha dichiarato di ricordare un determinato evento emotivo si è proceduto alla registrazione dei segnali fisiologici. Sono stati misurati il segnale ElettroEncefaloGrafico (EEG) con un unico elettrodo posto in posizione Cz secondo il Sistema Internazionale 10-20, il segnale ElettroMioGrafico (EMG) misurato sul muscolo corrugatore sopraciliare, il segnale ElettroCardioGrafico (ECG), la Skin Conductance (SC) e il segnale di Dilatazione Pupillare (PD).

L'obiettivo del progetto è stato quello di registrare i correlati psicofisiologici in connessione con ogni singolo ricordo connotato emotivamente, ipotizzando un diverso pattern per ogni singola emozione. Prima di procedere però all'analisi si è ritenuto necessario "ripulire" i dati dai cosiddetti rumori di fondo. Uno dei grossi problemi delle tecnologie di misurazione diretta delle emozioni è, infatti, la presenza di segnali di disturbo. Lo stesso *blinking* (la chiusura naturale delle palpebre) ha un effetto disturbante sui dati elettroencefalografici. Ciò richiede un enorme sforzo di riconoscimento degli artefatti, ovvero degli elementi disturbanti, e di conseguente eliminazione dal database. Da un'attenta analisi della letteratura sugli aspetti del *signal processing* in esperimenti nel campo della psicofisiologia, si rileva che l'importanza dell'identificazione degli artefatti è tipicamente sottostimata: per artefatti si intendono tutti quei fattori che distorcono il segnale inserendosi nella registrazione senza essere correlati col fenomeno di interesse. Gli artefatti devono essere rimossi prima dell'estrazione dei parametri e dell'analisi statistica al fine di non introdurre errori nella valutazione dei risultati. Sono state, quindi, sviluppate e implementate metodologie *ad hoc* per la pulitura dei segnali fisiologici dai loro artefatti. Soffermandoci sul segnale EEG, per l'identificazione degli artefatti di natura fisiologica, le misure EEG sono state correlate al segnale EMG registrato sul muscolo corrugatore sopraciliare (per gli artefatti muscolari) e al segnale di Dilatazione Pupillare (per i movimenti oculari); per l'identificazione di quelli di natura extrafisiologica è stata condotta un'attenta ispezione visiva dei segnali EEG registrati.

Il segnale EEG è caratterizzato da fluttuazioni di potenziale spontanee associabili a diversi stati mentali ed emotivi e a diversi livelli di coscienza. Al fine di identificare tali grandezze, si è scelto di implementare un metodo diverso da quelli presenti nella letteratura, basato sulla generazione di un modello parametrico *Auto Regressivo (AR) Adattativo*. I modelli parametrici devono il proprio nome alla presenza di *parametri*, ossia costanti numeriche che vengono modificate in funzione della serie storica alla quale devono essere applicati. Si tratta, in pratica, di meccanismi di "*fine tuning*" che permettono di calzare il modello ai dati storici disponibili per poi utilizzarli per generare previsioni. Il modello Auto Regressivo specifica che la variabile in uscita dipende linearmente dai valori

delle uscite precedenti. Vi sono due ragioni principali sul perché l'approccio AR per l'analisi in frequenza venga considerato superiore alle tecniche tradizionali basate ad esempio sulla trasformata di Fourier: a) la risoluzione in frequenza di uno spettro AR è infinita e non dipende dalla lunghezza del segmento di dati che viene analizzato, questo è un particolare vantaggio quando vengono considerati piccoli segmenti di dati⁷⁵; b) lo spettro di potenza di un modello AR può essere visto come una sovrapposizione di termini, ognuno corrispondente ad una certa componente in frequenza⁷⁶. Nella fase successiva si è proceduto con la separazione del segnale EEG nelle sue 5 bande frequenziali classiche (*Delta, Theta, Alpha, Beta, Gamma*) ed il calcolo del parametro scelto per l'identificazione delle emozioni, la Potenza Relativa, ovvero il rapporto tra la potenza media in una data banda frequenziale e la varianza dell'ampiezza del segnale.

I segnali cardiorespiratori sono stati elaborati con i classici metodi applicati alla variabilità cardiaca⁷⁷: a fianco a parametri aggregati come la media e la deviazione standard, abbiamo calcolato la RMSSD (dall'inglese, "*Root Mean Square of Successive Differences*", una misura nel dominio del tempo della variabilità media del segnale degli intervalli R-R), la pNN50, ovvero la percentuale rispetto al totale delle differenze tra due intervalli R-R consecutivi che differiscano per più di 50ms. Per quanto riguarda i parametri nel dominio della frequenza, per mezzo di un modello parametrico sono state stimate le potenze normalizzate nelle bande LF (*Low Frequencies*, [0.04-0.15] Hz) e HF (*High Frequencies*, [0.15-0.45] Hz), e il rapporto di tali potenze. Per quanto riguarda il segnale del respiro toracico, oltre alla frequenza respiratoria, è stata calcolata la potenza totale e la potenza normalizzata relativa alla banda HF. Un chiarimento meritano gli indici nel dominio della frequenza della variabilità cardiaca. La banda LF è principalmente dovuta all'attività del ramo simpatico del SNA, combinata all'attività di regolazione dei barocettori⁷⁸. La banda HF è invece modulata dal ramo parasimpatico del SNA. Questa banda di frequenze subisce

⁷⁵ G. Florian, G. Pfurtscheller, «Dynamic spectral analysis of eventrelated EEG data», in *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1995, vol. 95, pp. 393-396.

⁷⁶ L. H. Zetterberg, «Estimation of parameters for a linear difference equation with application to EEG analysis», in *Mathematical Biosciences*, 1969, pp. 227-275.

⁷⁷ A. Camm, M. Malik, J. Bigger, G. Breithardt, S. Cerutti, R. Cohen, P. Coumel, E. Fallen, H. Kennedy, R. Kleiger et al., *op. cit.*

⁷⁸ G. G. Berntson, J. T. Bigger, D. L. Eckberg, P. Grossman, P. G. Kaufmann, M. Malik, H. N. Nagaraja, S. W. Porges, J. P. Saul, P. H. Stone, M. W. van der Molen, «Heart Rate Variability: Origins, Methods, and Interpretive Caveats», in *Psychophysiology*, 1997, n. 34, pp. 623-64.

un'elevata influenza da parte del ritmo e della profondità della respirazione, la già citata RSA. La totalità di questi parametri esprime il grado complessivo della variabilità della frequenza cardiaca, ovvero l'attività sia del ramo simpatico che del ramo parasimpatico, mentre il rapporto LF/HF misura la bilancia simpato-vagale, ovvero quale ramo del SNA è dominante in un determinato intervallo di tempo o a seguito dell'esposizione ad un determinato stimolo.

Il segnale di diametro pupillare, campionato a 250 Hz, è stato sottocampionato e filtrato a 50 Hz. Tramite un tool creato appositamente in ambiente Matlab, la detezione automatica dei fenomeni di ammiccamento è stata revisionata e corretta, per poi passare alla fase di ricostruzione del segnale tramite un metodo *ad hoc*⁷⁹. Dal segnale ricostruito sono stati poi ricavati indici nel dominio del tempo, quali il valore medio, la deviazione standard e il coefficiente di variazione, ovvero il rapporto tra la deviazione standard ed il valor medio. L'analisi nel dominio della frequenza del diametro pupillare ha riguardato le classiche componenti della bilancia simpato-vagale, ovvero il contenuto informativo nelle bande LF ed HF, fino a componenti spettrali intorno ai 5 Hz, secondo una letteratura di riferimento che ritiene l'informazione contenuta nel segnale di dilatazione pupillare concentrarsi nella banda di frequenza [0.03 5] Hz⁸⁰. In Tabella 1 sono stati sinteticamente riportati gli indici calcolati per ogni segnale considerato, suddivisi in due categorie, ovvero indici calcolati nel dominio del tempo ed indici nel dominio della frequenza.

	Dominio del Tempo	Dominio della Frequenza
Intervalli R-R	Valor medio, deviazione standard, RMSSD, pNN50	Potenza LF normalizzata, Potenza HF normalizzata, LF/HF
Respiro	Frequenza respiratoria, Varianza	Potenza HF normalizzata
Diametro Pupillare	Valor medio, deviazione standard, coefficiente di variazione	Potenza LF assoluta e normalizzata, Potenza HF assoluta e normalizzata, LF/HF, Potenza VHF _[0,15-1] assoluta, Potenza VHF _[1-2,7] assoluta, Potenza VHF _[2,5-3] assoluta.

Tabella 1: indici calcolati per il segnale degli Intervalli R-R, del Respiro e del Diametro Pupillare.

⁷⁹ E. Onorati, R. Barbieri, M. Mauri, V. Russo, L. Mainardi, «Characterization of Affective States by Pupillary Dynamics and Autonomic Correlates», cit.

⁸⁰ W. Nowak, A. Hachol, H. Kasprzak, «Time-Frequency Analysis of Spontaneous Fluctuation of the Pupil Size of the Human Eye», in *Optica Applicata*, 2008, n. 33, pp. 469-480.

Risultati

In Tabella 2 vengono riportati i principali risultati ottenuti sul segnale EEG dall'esperimento condotto presso il laboratorio con il suddetto campione:

	Baseline	Gioia	Paura	Rabbia	Tristezza
delta δ	0.688 (0.595,0.788)	0.671 (0.565,0.759)	0.664 (0.533,0.746)	0.618 (0.565,0.733)	0.647 (0.554,0.699)
theta θ	0.513 (0.424,0.655)	0.483 (0.421,0.589)	0.508 (0.420,0.563)	0.500 (0.435,0.545)	0.466 (0.433,0.639)
alpha α	0.433 (0.383,0.540)	0.448 (0.397,0.557)	0.465 (0.412,0.557)	0.500 (0.415,0.630)	0.511 (0.422,0.616)
beta β	0.166 (0.154,0.249)	0.175 (0.146,0.253)	0.197 (0.127,0.260)	0.204 (0.136,0.273)	0.196 (0.132,0.248)
gamma γ	0.051 (0.036,0.057)	0.080 (0.060,0.123)	0.057 (0.047,0.068)	0.061 (0.049,0.094)	0.062 (0.044,0.080)

Tabella 2. Mediana e primo e secondo quartile del parametro Potenza Relativa nelle bande caratteristiche EEG per le condizioni Baseline, Gioia, Paura, Rabbia e Tristezza. In grigio le differenze statisticamente significative tra Baseline e emozione.

Dalla tabella si evincono delle differenze significative per quanto riguarda le frequenze della banda Gamma tra la Baseline e le emozioni Gioia, Rabbia e Tristezza, ma non per la Paura. La banda Gamma è relativa alle oscillazioni neurali alle alte frequenze. I risultati sono concordi con la letteratura, infatti Li e Lu⁸¹ hanno stabilito che l'attivazione neuronale alle alte frequenze (come quelle del ritmo Gamma) è connessa a specifici stati emozionali. Diversi studi^{82,83} suggeriscono che le emozioni sono rappresentate da ampie connessioni cortico-limbiche piuttosto che dall'attivazione di particolari regioni cerebrali, e che durante l'elaborazione di stimoli emotivi, tali collegamenti producano un'attivazione neuronale diffusa alle alte frequenze. I risultati ottenuti dalle nostre analisi sui parametri neurali confermano la suddetta ipotesi e suggeriscono una metodologia che sopperisce a uno dei limiti degli studi precedenti: l'uso di un elevato numero di elettrodi.

⁸¹ M. Li, B. L. Lu, «Emotion Classification Based on Gamma Band EEG», in *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC Annual International Conference of the IEEE*, 2009, pp. 1223-1226.

⁸² M. M. Müller, A. Keil, T. Gruber, T. Elbert, «Processing of Affective Pictures Modulates Right-Hemispheric Gamma Band EEG Activity», *Clinical Neurophysiology*, 1999, n. 110, pp. 1913-1920.

⁸³ M. Keil, M. Müller, T. Gruber, C. Wienbruch, M. Stolarova, T. Elbert, «Effects of Emotional Arousal in the Cerebral Hemispheres: a Study of Oscillatory Brain Activity and Event Related Potentials», *Clinical Neurophysiology*, 2001, n. 112, pp. 2057-2068.

Il successo delle nostre analisi elegge il nostro sistema più facilmente applicabile alle situazioni reali e, in particolare, all'ambito dei consumi di nostro interesse. Per maggiori dettagli rimandiamo ad un altro nostro studio scientifico pubblicato da Sirca et al.³⁴. Da quanto emerso sinora, il dato fornito dal segnale elettroencefalografico è sufficiente a distinguere 3 stati emotivi considerati su 4 rispetto al *Baseline*. In genere quelli più utilizzati nel campo dei consumi. Pur essendo già questo un buon risultato, non è tuttavia sufficiente a raggiungere l'obiettivo di distinguere tutti gli stati considerati al fine applicativo di valutazione delle reazioni emotive durante processi di consumo.

P-value	Base vs Hap.	Base vs Fear	Base vs Ang.	Base vs Sad.	Hap. vs Fear	Hap. vs Ang.	Hap. vs Sad.	Fear vs Ang	Fear vs Sad.	Ang. vs Sad.
HRV										
power LF norm.	0.025571165	0.001222743	0.003660792	0.010443200	0.23301643	0.296626721	0.42101677	0.403455310	0.163980392	0.254499399
frequency peak LF	0.337306003	0.076307663	0.162503096	0.225270935	0.062082472	0.086732766	0.265787573	0.002157872	0.156763475	0.025553003
power HF norm.	0.0119301005	0.000390038	0.00170172	0.002568891	0.101420332	0.303052774	0.125007037	0.143112060	0.070748074	0.279239397
frequency peak HF	0.476607493	0.417922632	0.342726051	0.199467962	0.401526295	0.371981858	0.221648792	0.425123872	0.251369745	0.310007213
LF / HF	0.235211767	0.053495104	0.060009374	0.174617847	0.172252395	0.151311622	0.444494962	0.406445680	0.125690492	0.122007523
RR										
mean RR	0.237291914	0.042376737	0.014718998	0.052382249	0.129557039	0.08399451	0.221247035	0.343681159	0.376113927	0.211300799
S.D. RR	0.2701116093	0.368924079	0.367094713	0.353957009	0.413557949	0.400467369	0.146496571	0.474674703	0.347580757	0.254366295
RMSSD	0.313478956	0.144941316	0.002913599	0.19816779	0.072136011	0.029951064	0.12020738	0.354721793	0.120280948	0.19984682
pH450	0.119481042	0.017692531	0.184622259	0.150967719	0.107732148	0.134907518	0.442597639	0.012678765	0.171077777	0.292297014
Resp Thoracic										
power LF norm.	0.007653488	0.226781385	0.036745004	0.03426638	0.304719716	0.160712643	0.202467664	0.073488913	0.367110939	0.445648373
frequency peak LF	0.201502609	0.24493721	0.223129652	0.094974391	0.050214277	0.023379967	0.391516397	0.254387425	0.505193962	0.505193962
power HF norm.	0.051200304	0.018192842	0.018213566	0.021654498	0.121349812	0.1407771	0.204789306	0.483598726	0.384744448	0.597113791
frequency peak HF	0.126745616	0.081937739	0.191741811	0.43736057	0.261567676	0.191571147	0.113701267	0.24521057	0.000000000	0.126777643
LF / HF	0.050517697	0.229727007	0.059703032	0.050519797	0.109461737	0.206693509	0.399557279	0.109242622	0.149009934	0.30962521
Resp abdominal										
power LF norm.	0.337793296	0.391276469	0.319157917	0.113733683	0.207824326	0.473757343	0.205163636	0.167377694	0.037808860	0.202760737
frequency peak LF	0.455648807	0.409345547	0.319702235	0.303955839	0.441121505	0.243331294	0.421997771	0.212227710	0.23647323	0.344336695
power HF norm.	0.242987956	0.099405141	0.216810008	0.078218884	0.283207684	0.118291173	0.249649709	0.470421690	0.121183118	0.291018111
frequency peak HF	0.251214755	0.111675761	0.162051514	0.348063067	0.171396070	0.326091727	0.156062815	0.333751546	0.037808860	0.275598122
LF / HF	0.288873259	0.129422165	0.441404114	0.491990115	0.056101963	0.401637720	0.310107199	0.016435315	0.019008852	0.410102211

Tabella 3: media +/- deviazione standard delle variabili calcolate per i segnali RR e di Respiro Toracico durante le condizioni di Baseline, Gioia, Rabbia, Paura e Tristezza.

Per valutare l'effetto degli altri indicatori utilizzati nella ricerca si faccia riferimento alla Tabella 3 in cui vengono riportati i risultati ottenuti dalle analisi dei segnali cardio-respiratori. I parametri lineari del segnale degli intervalli R-R decrescono per tutte le condizioni sperimentali, mentre si può notare una diminuzione della potenza HF e un aumento della potenza LF. Analizzando la tabella, si evince che le differenze tra emozioni e baseline (si considerino le prime 4 colonne, da "Base vs Hap" - Baseline a confronto con Felicità - fino a "Base vs Sad" - Baseline a confronto con la tristezza), messe in evidenza con varie tonalità di grigio a indicare una maggiore (grigio scuro) o minore (grigio chiaro) significatività, sono significative per diversi indicatori biologici. Questi risultati

³⁴ F. Sirca, F. Onorati, L. Mainardi, V. Russo, «Time-Varying Spectral Analysis of a Single EEG Channel: Application in an Affective Protocol», cit.

dimostrano la possibilità di discernere tra: uno stato neutrale “privo di emozione”, ovvero lo stato del *Baseline* (registrato all’inizio della sessione sperimentale, in cui veniva chiesto al soggetto di cercare di rilassarsi prima di iniziare il test), e uno stato “con emozione” (registrato durante l’insorgere di una specifica emozione nelle diverse fasi del test sperimentale quando veniva chiesto al soggetto di ri-immersedarsi in un recente episodio in cui aveva provato: una forte rabbia, gioia, paura o tristezza). Guardando la tabella, per esempio, nella prima colonna, “Base vs Hap” (*Baseline* a confronto con Happiness, cioè gioia) vediamo che il confronto tra il pattern cardiologico del *Baseline* (stato “neutro” o “privo di emozione” o “assenza di emozione”) e il pattern cardiologico della gioia (stato con “presenza di emozione”) risulta significativamente diverso per almeno due parametri, le cui celle sono evidenziate in grigio scuro (sia: “power LF nom” – ovvero lo spettro di potenza del parametro “Low Frequency” normalizzate; sia “power HF norm” – ovvero lo spettro di potenza del parametro “High Frequency” normalizzate). Vediamo che tale capacità di distinguere tra lo “stato di baseline” (stato con “assenza di emozione”) e anche le altre emozioni (paura, rabbia, tristezza) oltre alla gioia appena considerata, è significativa anche per altri parametri (per la paura troviamo 5 caselle in grigio; per la rabbia ne troviamo 6, mentre per la tristezza ne troviamo 4). Il fatto che diversi parametri diano misure diverse a seconda della presenza o assenza di emozione, indica quanto sia possibile distinguere se una persona, dinanzi ad una certa scena, provi un’emozione. In poche parole, basandosi sulle caratteristiche cardiache si potrebbe capire se una persona prova un’emozione, pur non sapendo ancora che tipo di emozione stia provando. Ma tale “prestazione di riconoscimento” sul tipo di emozione sembra avere un discreto successo anche quando le emozioni sono confrontate tra loro.

Infatti, sempre analizzando i dati della Tabella 3, è possibile notare che le uniche due colonne in cui non si rilevano significatività sono: da un lato quella che vede felicità contrapporsi alla paura (Hap vs Fear), dall’altro quella che vede la paura contrapporsi alla tristezza (Fear vs Sad). Per tutte le altre colonne, esiste sempre almeno un indicatore derivato dall’attività cardiorespiratoria in grado di discernere tra le diverse emozioni.

Dal confronto tra i parametri della situazione di *Baseline* e ognuno degli stati emotivi suscitati, sono quindi emersi risultati significativi in molte variabili. Relativamente al protocollo sperimentale definito “Emozioni di Base”, le emozioni sono risultate più intense rispetto allo stato di *Baseline*. Solo l’evento “Gioia” si segnala come la condizione sperimentale meno intensa, come hanno evidenziato anche i test t di Student riportati in Tabella 4.

Tali risultati confermano l'ipotesi secondo cui sia possibile identificare differenti *pattern* di risposta somatica suscitate da diversi stimoli caratterizzati emotivamente. Più specificatamente, è possibile discernere tra stato di *base-line* o "neutralità" e stato emotivo: in questo senso, tutte le condizioni emotive sperimentali (sia nel caso di onde cerebrali, sia nel caso di dinamiche cardiorespiratorie che pupillari) risultano avere un dato significativamente diverso rispetto alla condizione neutrale di *baseline*. Anche sul tipo di emozione i dati sono incoraggianti, avendo solo due condizioni non verificate. In particolare, la colonna che vede la felicità a confronto con la paura, può essere verificata se combinata con il dato EEG, in cui è invece emerso come la gioia abbia un'attivazione delle onde gamma diversa rispetto al *baseline*, mentre la paura no. Tale dato è a favore della possibilità di utilizzare il segnale EEG per aumentare le possibilità di riconoscimento della gioia rispetto alle altre emozioni.

Segnale	Variabile	ANOVA	Baseline (B) - Emozione (G, P, R, T)		
			B - G	B - P	B - T
Intervallo RR	Media	0.91	0.05	0.05	0.05
	SD	0.50	0.14	0.24	0.22
	RMSSD	0.42	0.30	0.09	0.21
	pNN50	0.22	0.05	0.03	0.22
	Potenza LF normalizzata	0.51	0.05	0.0003	0.001
	Potenza HF normalizzata	0.01	0.06	0.041	0.21
Respiro	LF/HF	0.21	0.59	0.34	0.87
	Varianza	0.23	0.04	0.01	0.11
	Potenza HF normalizzata	0.001	0.001	0.001	0.001
	Frequenza respiratoria	0.22	0.01	0.001	0.21

Tabella 4: p-values dei test statistici effettuati tra la Baseline e le emozioni.

I parametri spettrali del diametro pupillare, riportati in Tabella 5, hanno confermato le conoscenze fisiologiche relative al controllo pupillare: nella banda HF, caratteristica del controllo parasimpatico sulla dinamica cardiaca, osserviamo per le condizioni sperimentali attivanti una diminuzione della componente, che risulta statisticamente significativo per le condizioni di Rabbia e Tristezza. Alle alte frequenze, la diminuzione della potenza risulta significativa per la condizione sperimentale di Rabbia.

Diametro Pupillare	Baseline	Gioia	Rabbia	Tristezza
$\Delta F_{p,0}$	0.030 ± 0.023	0.023 ± 0.017	0.026 ± 0.026	0.019 ± 0.013
LF _{pp, norm}	0.467 ± 0.189	0.465 ± 0.148	0.490 ± 0.213	0.459 ± 0.161
HF _{pp, norm}	0.016 ± 0.010	0.012 ± 0.007	0.010 ± 0.007	0.010 ± 0.007
HF _{pp, norm}	0.313 ± 0.223	0.319 ± 0.214	0.216 ± 0.075	0.275 ± 0.169
LF/HF _{pp}	2.768 ± 1.677	2.851 ± 3.336	3.019 ± 3.486	2.400 ± 2.141
VHF _{pp, norm} (10 ⁻¹)	0.464 ± 0.197	0.486 ± 0.279	0.374 ± 0.260	0.425 ± 0.293
VHF _{pp, norm} (10 ⁻¹)	0.204 ± 0.115	0.204 ± 0.204	0.158 ± 0.137	0.208 ± 0.182
VHF _{pp, norm} (10 ⁻¹)	0.484 ± 0.174	0.442 ± 0.190	0.348 ± 0.212	0.409 ± 0.214

Tabella 5: Parametri spettrali per il segnale di Diametro Pupillare nelle condizioni di Baseline, Gioia, Rabbia e Tristezza.

L'uso simultaneo e sincronizzato di analisi di: a) parametri neurofisiologici derivati dall'elettroencefalografia, b) parametri psicofisiologici derivati dal monitoraggio dell'attività cardiorespiratoria, c) parametri pupillari derivati dal tracciamento dei movimenti oculari tramite tecniche di *Eye-tracking*, renderebbe più preciso e probabile il corretto riconoscimento dello stato emotivo a partire dai suoi correlati biologici.

A prosecuzione di questa prima parte di indagine finalizzata alla costruzione di un modello di diagnosi delle emozioni indotte dalle stimolazioni pubblicitarie e di consumo, si è proceduto a definire un nuovo protocollo di indagine finalizzato esclusivamente allo sviluppo di un sistema diagnostico con una migliore capacità predittiva della dilatazione pupillare. Questo protocollo sperimentale è stato realizzato per la valutazione di indici pupillari, indici cardiorespiratori e relativi alla conduttanza cutanea calcolati su un dataset di riferimento di eventi emotigeni. Nello specifico si sono utilizzati degli stimoli visivi standard, ovvero in grado di elicitare specifiche emozioni, estratti dall'archivio di immagini affettive: il cosiddetto *International Affective Picture System* I.A.P.S.⁸⁵ i cui effetti su misure di Valenza-Arousal sono stati ampiamente validati in letteratura. Per il protocollo di ricerca sono state selezionate 6 immagini neutre, ovvero con basso Arousal e Valenza neutra; 6 immagini piacevoli, caratterizzate da alto Arousal e Valenza positiva; e 6 immagini spiacevoli, dall'alto Arousal e dalla Valenza negativa. Per valutare gli effetti del *mental workload*, ovvero lo sforzo cognitivo, sugli indici pupillari, all'interno di ogni gruppo le immagini sono state suddivise in alta complessità fisica e bassa complessità fisica per mezzo di alcuni parametri correlati con la complessità fisica delle immagini (contenuto in alta frequenza spaziale, la compressione JPEG e il numero di contorni presenti nelle immagini). Nel progetto sono stati coinvolti 25 soggetti che hanno preso parte al protocollo, costituito da una fase di Baseline e dalla esposizione alla sequenza randomizzata delle immagini. A seguito di ogni immagine, il soggetto è stato sottoposto a un questionario *self-report* basato sul test SAM (Self-Assessment Manikin) per mappare Valenza ed Arousal di ogni immagine per ogni soggetto. Questa fase di indagine prevede ancora l'analisi di dati che sono ancora in corso d'opera. Tuttavia tutte queste preliminari indagini hanno permesso di individuare un modello di misurazione dello stato emotivo a partire dai dati psicofisiologici e biologici dei soggetti coinvolti nella sperimentazione. Questa

⁸⁵ P.J. Lang, M. M. Bradley, B. N. Cuthbert, «International Affective Picture System (IAPS): Affective Ratings of Pictures and Instruction Manual», Technical Report A-8. University of Florida, Gainesville, FL, 2008.

parte di studio si è resa necessaria per procedere successivamente all'analisi delle stimolazioni provocate dalla visione di alimenti in soggetti appartenenti a diverse culture.

Le applicazioni dell'analisi delle emozioni con le tecniche di neuromarketing.

Il progetto svolto all'interno del Behavior & Brain Lab relativamente al programma di ricerca Dote-Ricercatori finanziato dalla Regione Lombardia si colloca all'interno di un più vasto intervento in attuazione dell'"Accordo per lo sviluppo di capitale umano nel sistema universitario lombardo" sottoscritto nell'anno 2009. Tale intervento più generale ha avuto come obiettivo quello di studiare i processi d'integrazione e di comunicazione delle appartenenze attraverso l'immaginario simbolico dell'alimentazione intesa come agire dotato di senso e di significazione per sé e per "l'altro". Si tratta di un complesso programma di studio dei processi culturali, economici, psicosociali e istituzionali che sono alla base dello sviluppo di processi di integrazione sociale ed economica degli stranieri nel territorio lombardo. L'attività di ricerca inserita nel progetto ha avuto lo specifico obiettivo di analizzare le reazioni neuro e psicofisiologiche dinanzi a stimoli visivi inerenti prodotti alimentari lombardi e stranieri. Il fine della ricerca è stato quello di inferire il grado di coinvolgimento emotivo e attentivo prodotto dagli stimoli su un campione composto da soggetti italiani e stranieri. Per lo svolgimento della ricerca ci si è serviti di un campione di 30 studenti della Università IULM e di 24 stranieri di origine africana (principalmente dell'area del Maghreb e di quella Sub-sahariana). I soggetti sono stati coinvolti con l'obiettivo di mostrare loro 30 fotografie di prodotti alimentari lombardi e stranieri.

Il protocollo sperimentale ha previsto che i partecipanti allo studio fossero esposti alla visione di 30 immagini, 15 di prodotti alimentari lombardi, 15 di prodotti alimentari stranieri tipici delle aree africane del Maghreb e di quella Sub-sahariana. Contemporaneamente sono stati registrati i parametri psicofisiologici EEG, ECG, EMG, Skin Conductance, Respirazione Addominale e Dilatazione Pupillare. Grazie al sistema di *Eye-Tracking* è stato possibile registrare il puntamento dello sguardo sulle immagini. Al termine dell'esposizione di ciascuna immagine, ai soggetti è stato chiesto di esprimere tramite questionario *self-report* il livello di gradimento che ciascuna immagine ha suscitato.

Il progetto è stato realizzato grazie alle precedenti fasi d'indagine le quali hanno permesso di individuare gli indicatori psicofisiologici relativi alle diverse emozioni. A partire da tale preliminare e complessa fase di definizione del modello di indagine, si prevede

ora la possibilità di derivare il coinvolgimento emotivo dei soggetti in base al fattore culturale di appartenenza. Nello specifico, grazie alle ipotesi iniziali del progetto che sono state verificate a riguardo della sperimentazione sulle emozioni di base, le reazioni neuro- e psicofisiologiche possono rivelare, da un lato, un maggiore coinvolgimento emotivo dei soggetti italiani per le immagini del cibo lombardo, dall'altro, un maggiore coinvolgimento emotivo dei soggetti stranieri per le immagini che presentano cibi stranieri. Pur rispondendo a queste domande di ricerca, la vera sfida sarà incentrata sul tentativo di elaborare strategie comunicative volte a ridurre le differenze per una maggiore integrazione delle culture straniere considerate nei contesti di consumo alimentare lombardo.

Dalla serie di risultati e dalla letteratura scientifica illustrata, è possibile fare diverse riflessioni. Dal punto di vista teorico, è possibile aggiungere nuove evidenze empiriche all'interno dell'antica disputa che ha visto William James e la sua teoria periferica delle emozioni⁸⁶ contrapporsi a Walter Cannon e alla sua teoria centrale⁸⁷. Da un lato, i risultati inerenti l'attivazione cardiorespiratoria e le dinamiche pupillari mostrano dati empirici a favore della teoria di James: essa sosteneva come l'origine delle emozioni fosse da ricercare nei sistemi "periferici" rispetto al sistema nervoso centrale e che ad ogni emozione corrispondesse una specifica configurazione delle attività psicofisiologiche; dall'altro, i risultati inerenti le onde cerebrali e l'attività corticale forniscono contemporaneamente evidenze a favore della teoria centrale di Cannon, la quale vedeva invece nell'attivazione cerebrale di aree del sistema nervoso centrale una causa delle emozioni, soprattutto riteneva che l'attività biologica potesse correlare solo con la *intensità* delle emozioni, ma non con la loro *qualità*. Tale dibattito è stato solo in parte "sanato" dalla teoria dei due fattori di Shachter e Singer che abbiamo già citato, la quale tuttavia non era riuscita a caratterizzare in modo quantitativo gli stati emotivi. Basandosi sui risultati illustrati, è possibile superare l'antica disputa combinando dati provenienti sia dal sistema "periferico", sia dal sistema nervoso "centrale", per operare una valutazione quantitativa dell'*intensità* e del *tipo* (o *qualità*, per citare nuovamente Cannon) di emozione. È importante sottolineare diversi aspetti per capire come spiegare l'antica disputa e avvicinarsi il più possibile a una maggiore comprensione dei processi emotivi: solo attraverso un approccio sperimentale multidimensionale (studio delle attività cardiorespira-

Conclusioni

⁸⁶ W. James, «The Physical Bases of Emotion», *Psychological Review*, 1994, n. 101, pp. 205-210.

⁸⁷ W. B. Cannon, «Again the James-Lange and the Thalamic Theories of Emotion», in *Psychological Review*, 1931, n. 38, pp. 281-295.

torie, studio delle dinamiche pupillari, studio dei processi cerebrali, ecc.) è stato possibile mostrare la complessità dei fenomeni emotivi, e rendere ragione sia delle componenti affettive che di quelle cognitive dei fenomeni emotivi. Ogni teoria scientifica sulle emozioni si era concentrata su uno specifico aspetto dei fenomeni emotivi. James sull'attivazione periferica, Cannon sull'attivazione del sistema nervoso centrale, Shachter e Singer su entrambi i fattori, ma senza riuscire a caratterizzare quantitativamente le reazioni emotive. Gli studi relativi al tentativo di centrare tale obiettivo sono quelli neuroscientifici recenti, come mostrato da Damasio in merito ai correlati biologici delle emozioni. Tale visione è riconfermata anche dai nostri studi emersi dalla ripetizione della ricerca del grande scienziato, ai quali si aggiungono tuttavia in modo nuovo, rispetto agli studi già presenti nella letteratura, l'applicazione dei dati sulla dilatazione pupillare e l'utilizzo di un solo sensore elettroencefalografico per combinare l'attività cardiorespiratoria con le dinamiche pupillari e l'attività corticale, aspetti e dettagli non marginali per applicazioni al campo dei consumi.

Oltre agli aspetti teorici, è fondamentale porre in evidenza come i risultati derivati da queste tecniche aprano la strada ad applicazioni innovative dell'*affective computing*¹³⁸, branca che cerca di inferire gli stati emotivi a partire dall'analisi dei segnali biologici al fine di interazioni uomo-macchina sempre più intelligenti. Nel caso del neuromarketing, che si prefigge di cercare di studiare il consumatore in modo più completo e articolato rispetto al marketing tradizionale, la possibilità di valutare quantitativamente il fattore emotivo può fornire un utile strumento alla comprensione dei processi di consumo, al fine di derivare un modello più veritiero e predittivo dei comportamenti e delle scelte del consumatore. La positività dei dati raggiunti, oltre a rispondere affermativamente alla possibilità di caratterizzare le risposte emotive in modo quantitativo, mostra come tale dato potrebbe essere proficuamente integrato assieme alle tecniche tipicamente impiegate dal marketing basate su interviste, questionari, scale *self-report* e focus group, i quali hanno tuttavia il limite di non riuscire a intercettare la reazione emotiva inconsapevole del soggetto o ciò che i soggetti deliberatamente non vogliono comunicare. Un altro aspetto importante messo in evidenza dai risultati delle ricerche è la capacità di utilizzare un approccio multidisciplinare (dalla psicologia alla bioingegneria, dalle neuroscienze all'informatica, dalla statistica all'antropologia, ecc.) per lo studio dei processi decisionali ed emozionali. Data la complessità dei fenomeni emotivi, la multidisciplinarietà rappre-

¹³⁸ R. W. Picard, E. Vyzas, J. Healey, «T: Analysis of Affective Physiological State», in *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 2001, n. 23, pp. 1175-1191.

senta uno dei punti chiave per derivare un modello dei processi decisionali e emotivi applicabile non solo ai campi della conoscenza scientifica in sé e per sé, ma anche in ambiti di ricerca applicata, come nei processi di consumo.

Da ultimo, ma non per questo meno importante, la progettazione sperimentale in diverse fasi delinea un percorso che ha richiesto anni di sviluppo e ricerca. L'iter sperimentale svolto è partito dallo studio delle emozioni di base, quale primo passo volto a identificare le configurazioni associate alle singole emozioni di base. Il secondo passo, fornito dallo studio sull'*International Affective Picture System* I.A.P.S., fornirà invece la possibilità di valutare i pattern (già investigati nello studio sulle emozioni) associati non più a esperienze autobiografiche, bensì a immagini già decodificate dalla letteratura scientifica come stimoli in grado di emozionare. L'ultimo anello della catena sperimentale, è rappresentato dallo studio Dote-Ricercatori che applica quanto emerso nelle prime due ricerche al fine di applicare tutto il razionale scientifico a una progettazione volta a integrare culture diverse nella società urbana lombarda. Il percorso di ricerca, essendo lungo e complesso, è ben lungi dall'essere concluso: lo spazio da colmare per la genesi di un modello davvero capace di rappresentare il fattore emotivo all'interno dei processi decisionali in generale, e all'interno delle scelte di consumo in particolare, è ancora in divenire. Ma nonostante i limiti e le carenze che ancora oggi ci separano dal raggiungimento di questo traguardo, la possibilità di avere aggiunto nuovi tasselli e la possibilità di condurre ulteriori ricerche sarà il modo migliore per cogliere questa sfida.

vincenzo.russo@iulm.it
mauri.maurizio@gmail.com
fabiola.sirca@iulm.it
francesco.onorati@iulm.it

- L. ANOLLI, P. LEGRENZI, *Psicologia Generale*, Bologna, il Mulino, 2003.
- R. W. BELK, «The Objective Situation As a Determinant of Consumer Behavior», in M. J. SCHLINGER, A. ABOR (eds.), *NA - Advances in Consumer Research*, Duluth, Association for Consumer Research, 1975, n. 2, pp 427-438.
- D. BERNOULLI, «Exposition of a new theory on the measurement of risk», in *Econometrica*, 1954, vol. 22, n. 1, pp 23-36.
- G. G. BERNTSON, J. T. BIGGER, D. L. ECKBERG, P. GROSSMAN, P. G. KAUFMANN, M. MALIK, H. N. NAGARAJA, S. W. PORGES, J. P. SAUL, P. H. STONE AND M. W. VAN DER MOLEN, «Heart Rate Variability: Origins, Methods, and Interpretive Caveats», in *Psychophysiology*, 1997, n. 34, pp. 623-64.

*Riferimenti
bibliografici*

- J. T. CACIOPPO, G. G. BERNISON, J. T. LARSEN, K. M. POEHLMANN, T. A. IJO, R. LEWIS, J. M. HAWLAND-JONES, «The Psychophysiology of Emotion», in *Handbook of Psychophysiology*, 2000, pp. 173-191.
- A. CAMM, M. MALIK, J. BIGGER, G. BREITLARDT, S. CERUTTI, R. COHEN, P. COUMEL, E. FALLEN, H. KENNEDY, R. KLEIGER ET AL., «Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use», in *Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology Circulation*, 1996, n. 93, pp. 1043-1065.
- W. B. CANNON, «Again the James – Lange and the Thalamic Theories of Emotion», in *Psychological Review*, 1931, n. 38, pp. 281-295.
- I. C. CHRISTIE, B. H. FRIEDMAN, «Autonomic specificity of discrete emotion and dimensions of affective space: a multivariate approach», in *Int. J. Psychophysiol.* 2004, n. 51, pp. 143-153.
- C. COLLECT, E. VERNET-MAURY, G. DELHOMME, A. DITTMAR, «Autonomic nervous system response patterns specificity to basic emotions», in *J. Auton. Nerv. Syst.*, 1997, n. 62, pp. 45-57.
- A. R. DAMASIO, «The Somatic Marker Hypothesis and the Possible Functions of the Prefrontal Cortex», in *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 1996, n. 351, pp. 1413-20.
- A. R. DAMASIO, *Damasio's Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*, New York, Avon Books, 1994.
- A. R. DAMASIO, T.J. GRABOWSKI, A. BECHARA, H. DAMASIO, L.L.B. PONTO, J. PARVIZI ET AL., «Subcortical and Cortical Brain Activity During the Feeling of Self-Generated Emotions», in *Nature Neuroscience*, 2000, n. 3, pp. 1049-1056.
- R. J. DAVIDSON, N. A. FOX, «Asymmetrical Brain Activity Discriminates Between Positive versus Negative Affective Stimuli in Human Infants», in *Science*, 1982, n. 218, pp. 1235-1237.
- R. J. DAVIDSON, «EEG Measures of Cerebral Asymmetry: Conceptual and Methodological Issues», in *International Journal of Neuroscience*, 1988, n. 39, pp. 71-89.
- R. J. DAVIDSON, S. BEGLEY, *La vita emotiva del cervello*, Milano, Adriano Salani Editore, 2012, p. 37, trad. it. C. Capraro, M. Bottini.
- R. J. DAVIDSON, P. EKMAN, C. SARON, ET AL., «Emotional expression and brain physiology: approach/withdrawal and cerebral asymmetry», in *Journal of Personality and Social Psychology*, 1990, vol. 58, pp. 330-341.
- R. J. DAVIDSON, N. A. FOX «Frontal Brain Asymmetry Predicts Infants' Response to Maternal Separation», in *Journal of Abnormal Psychology*, 1989, n. 98, pp. 127-131.

- W. P. DOMMERMUTH, W. J. MILLARD, «Consumption coincidence in product evaluation», in *Journal of Marketing Research*, 1967, vol. 4, n. 4, pp. 388-390.
- R. J. DONOVAN, J. R. ROSSITER, «Store Atmosphere: An Environment Psychology Approach», in *Journal of Retailing*, 1952, n. 58, pp. 34-57.
- P. EKMAN, R. W. LEVENSON, W. V. FRIESEN, «Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions», in *Science*, 1983, n. 221, pp. 1208-1210.
- M. FENTON-O'CREEVY, N. NICHOLSON, B. SOANE, P. WILLMAN, *Traders: Risks, decisions and management in financial markets*. Oxford, Oxford University Press, 2005.
- G. FLORIAN, G. PFURTSCHELLER, «Dynamic spectral analysis of event related EEG data», in *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1995, vol. 95, pp. 393-396.
- N. A. FOX, R. J. DAVIDSON, «Patterns of Brain Electrical Activity during Facial Signs of Emotion in 10-month-old Infants», in *Developmental Psychology*, 1988, n. 24, pp. 230-236.
- G. GAINOTTI, «Emotional Behavior and Hemispheric Side of Lesion», in *Cortex*, 1972, n. 8, pp. 41-55.
- D. P. GOLEMAN, «Emotional Intelligence: Why It Can Matter More Than IQ for Character», in *Health and Lifelong Achievement*, New York, Bantam Books, 1995.
- P. GROSSMAN, E.W. TAYLOR, «Toward Understanding Respiratory Sinus Arrhythmia: Relations to Cardiac Vagal Tone, Evolution and Biobehavioral Functions», in *Biological Psychology*, 2007, n. 74, pp. 263-285.
- R. P. HILL, J. C. WARD, «Mood manipulation in marketing research: An examination of potential confounding effects», in *Journal of Marketing Research*, 1989, vol. 26, pp. 97-104.
- I. W. HUNG, A. A. LABROO, «From Firm Muscles to Firm Willpower: Understanding the Role of Embodied Cognition in Self-Regulation», in *Journal of consumer research*, 2011, vol. 37, n. 6, pp. 1046-1064.
- A. M. ISEN, «The Influence of Positive Affect on Decision Making and Cognitive Organization», Thomas W. James, «The Physical Bases of Emotion», in *Psychological Review*, 1994, n. 101, pp. 205-210.
- M. KEIL, M. MÜLLER, T. GRUBER, C. WIENBRUCH, M. STOLAROVA, T. ELBERT «Effects of Emotional Arousal in the Cerebral Hemispheres: a Study of Oscillatory Brain Activity and Event Related Potentials», in *Clinical Neurophysiology*, 2001, n. 112, pp. 2057-2068.

- M.-K. KIM, M. KIM, E. OH, S.-P. KIM, «A review on the computational methods for emotional state estimation from the human EEG», in *Comput. Math. Methods Med.*, 2013, vol. 2013, pp. 1-13.
- C. KINNEAR (ed.), *NA - Advances in Consumer Research*, Provo, Association for Consumer Research, 1984, n.11, pp 534-537.
- S. D. KREIBIG, «Autonomic Nervous System Activity in Emotion: A Review», in *Biological Psychology*, 2010, n. 84, pp. 394-421.
- P. J. LANG, M. M. BRADLEY, AND B. N. CUTHBERT, «International Affective Picture System (IAPS): Affective Ratings of Pictures and Instruction Manual», NIMH, Center for the Study of Emotion & Attention, 2005.
- J. E. LEDDOUX, J. MULLER, «Emotional memory and psychopathology», in *Philos. Trans. R. Soc.*, 1997, vol. 352, n. 1362, pp. 1719-1726.
- J. E. LEDDOUX, «Brain Mechanisms of Emotion and Emotional Learning», in *Curr. Opin. Neurobiol.*, 1992, n. 2, pp. 191-197.
- J. E. LEDDOUX, «Cognitive-Emotional Interactions in the Brain», in *Cognition and Emotion*, 1989, n. 3, pp. 267-289.
- J. E. LEDDOUX, «Emotion Circuits in the Brain», in *Annual Review of Neuroscience*, 2000, n. 23, pp. 155-184.
- J. E. LEDDOUX, «Emotion, Memory and the Brain», in *Scientific American*, 1994, n. 270, pp. 50-57.
- J. E. LEDDOUX, *The emotional brain: the mysterious underspinning of emotional life*, New York, NY: Touchstone, 1996.
- J. E. LEDDOUX, «Rethinking the emotional brain», in *Neuron*, 1996, vol. 73, n. 4, pp. 653-679.
- R. W. LEVENSON, P. EKMAN, W.V. FRIESEN, «Voluntary facial action generates emotion-specific autonomic nervous system activity», in *Psychophysiology*, 1990, n. 27, pp 363-384.
- P. LEWINSKI, M. L. FRANSEN, E.S.H. TAN, «Predicting Advertising Effectiveness by Facial Expressions in Response to Amusing Persuasive Stimuli», in *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, in press.
- M. LI AND B. L. LU, «Emotion Classification Based on Gamma Band EEG», *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC Annual International Conference of the IEEE*, 2009, pp. 1223-1226.
- M. MAURI, V. MAGAGNIN, P. CIPRESSO, L. MAINARDI, E. N. BROWN, S. CERUTTI, M. VILLAMIRA, R. BARBIERI, «Psychophysiological signals associated with affective states», *32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; Buenos Aires, Argentina; August 31 - September 4, 2010.*

- M. MAURI, F. ONORATI, V. RUSSO, R. MAINARDI, R. BARBIERI, «Psychophysiological Assessment of Emotions», in *International Journal of Bioelectromagnetism*, 2012, n. 14, pp. 133-140.
- J. MEYERS-LEVY, P. MALWIYA, «Consumers' processing of persuasive advertisements: An integrative framework of persuasion theories», in *Journal of Marketing*, 1999, n. 63, 45-60.
- A. C. MICU, J. T. PLUMMER, «Measurable emotions: How television ads really work: patterns of reactions to commercials can demonstrate advertising effectiveness», in *Journal of Advertising Research*, 2010, n. 50, pp. 137-153.
- M. M. MÜLLER, A. KEIL, T. GRUBER AND T. ELBERG, «Processing of Affective Pictures Modulates Right-Hemispheric Gamma Band EEG Activity», in *Clinical Neurophysiology*, 1999, n. 110, pp. 1913-1920.
- W. NOWAK, A. HACHOL, H. KASPRZAK, «Time-Frequency Analysis of Spontaneous Fluctuation of the Pupil Size of the Human Eye», in *Optica Applicata*, 2008, n. 38, pp. 469-480.
- N. OLIVERO, V. RUSSO, *Manuale di psicologia dei consumi. Individuo, società, comunicazione*, Milano, McGraw-Hill, 2008.
- F. ONORATI, R. BARBIERI, M. MAURI, V. RUSSO, L.T. MAINARDI, «Characterization of Affective States by Pupillary Dynamics and Autonomic Correlates», in *Frontiers in Neuroengineering*, 2013, vol. 6., n. 9, pp. 1-11.
- F. ONORATI, R. BARBIERI, M. MAURI, V. RUSSO, L.T. MAINARDI, «Reconstruction and analysis of the Pupil Dilation Signal: Application to a Psychophysiological Affective Protocol», in *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2013 35th Annual International Conference of the IEEE*, 2013, pp. 5-8.
- R.W. PICARD, E. VYZAS AND J. HEALEY, «Toward Machine Emotional Intelligence: Analysis of Affective Physiological State», in *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 2001, n. 23, pp. 1175-1191.
- K. POELS, S. DEWITTE, «How to capture the heart? Reviewing 20 years of emotion measurement in advertising», in *Journal of Advertising Research*, 2006, n. 46, pp. 18-37.
- P. RAINVILLE, A. BECHARA, N. NAQVI, A.R. DAMASIO, «Basic Emotions are Associated with Distinct Patterns of Cardiorespiratory Activity», in *Int. J. Psychophysiol.*, 2006, n. 61, pp. 5-18.
- V. RUSSO, S. MARELLI, A. ANGELINI, *Consumo critico: alimentazione e comunicazione. Valori e comportamenti per un consumo sostenibile*, Milano, FrancoAngeli, 2011.
- S. SCHLACHTER, J. SINGER, «Cognitive, Social, and Physiological Determinants of Emotional State», in *Psychological Review*, 1962, n. 69, pp. 379-399.

- G. E. SCHWARTZ, D. A. WEINBERGER, J. A. SINGER, «Cardiovascular differentiation of happiness, sadness, anger, and fear following imagery and exercise», in *Psychosomatic Medicine*, 1981, vol. 43, pp. 343-364.
- C. E. SHEAFFER, R. J. DAVIDSON, C. SARON, «Frontal and Parietal Electroencephalogram Asymmetry in Depressed and Non-Depressed Subjects», in *Biological Psychiatry*, 1983, n. 18, pp. 753-762.
- H. A. SIMON, «Theories of Decision Making in Economics and Behavioral Science», in *The American Economic Review*, 1959, n. 49, pp. 254-283.
- H. A. SIMON, «Theories of Decision Making in Economics and Behavioral Science», in *The American Economic Review*, 1959, n. 49, pp. 254-283.
- R. SINHA, W. R. LOVALLO, O. A. PARSONS, «Cardiovascular differentiation of emotions». *Psychosomatic Medicine*, 1992, vol. 54, pp. 422-435.
- F. SIRCA, F. ONORATI, L. MAINARDI, V. RUSSO, «Time-Varying Spectral Analysis of a Single EEG Channel: Application in an Affective Protocol», in *Journal of Medical and Biological Engineering*, in press.
- L. SÖRNMO, P. LAGUNA, *Bioelectrical Signal Processing in Cardiac and Neurological Applications*, London, Academic Press, 2005.
- A. TVERSKY, D. KAHNEMAN, «Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases», in *Science*, New Series, 1974, n. 185, pp. 1124-31.
- E. VERNET-MAURY, O. ALAOU-ISMALI, A. DITTMAR, G. DELHOMME, J. CHANEL, «Basic emotions induced by odorants: a new approach based on autonomic pattern results», in *J. Auton. Nerv. Syst.*, 1999, n. 75, pp. 176-183.
- J. VON NEUMANN, O. MORGENSTERN, «Theory of Games and Economic Behavior», Princeton, Princeton University Press, 1944.
- L. H. ZETTERBERG, «Estimation of parameters for a linear difference equation with application to EEG analysis», in *Mathematical Biosciences*, 1969, pp 227-275.