

L'espressività nell'esecuzione automatica di partiture di musica contemporanea: uno studio di caso

Francesco Roberto Dani, Giorgio Klauer

Conservatorio "Cesare Pollini", Padova

f.r.d@hotmail.it

giorgio.klauer@conservatoriopollini.it

Antonio Rodà, Alvise Vidolin

CSC-DEI, Università di Padova

roda@dei.unipd.it

vidolin@dei.unipd.it

ABSTRACT

È possibile imprimere un'intenzione espressiva ad un'esecuzione musicale informatica tale da venire correttamente riconosciuta da una popolazione anche se applicata a brani del repertorio contemporaneo? Una cinquantina di soggetti sono stati sottoposti all'ascolto di più versioni di due brani del secondo '900 suonati al Disklavier mediante il programma CaRo 2.0 sviluppato presso l'Università di Padova. I soggetti dovevano valutare il grado di corrispondenza di un set di attribuzioni con le esecuzioni proposte; le attribuzioni erano le stesse impostabili dal programma ai fini del conferimento dell'intenzione espressiva. Un secondo esperimento è stato svolto per rilevare il gradimento rispetto alle esecuzioni ai fini di un possibile utilizzo del programma come esecutore virtuale.

1. INTRODUZIONE

Nel lavoro qui presentato è stata valutata l'applicazione nel contesto della musica contemporanea - uno scenario dove l'approccio interpretativo dell'esecutore si differenzia dalle tradizionali prassi esecutive - di uno strumento informatico risultante dalla ricerca nel campo dell'espressività musicale. Partendo dal presupposto la una macchina può eseguire solo le istruzioni per cui è stata predisposta, risulta chiaro che le informazioni contenute nella partitura sono sufficienti solamente a creare un'esecuzione nominale della stessa, ossia un'esecuzione carente di caratterizzazione espressiva. Per ottenere una autentica esecuzione di una partitura sono necessarie altre informazioni, quali deviazioni di tempo, di intensità e di articolazione [1]: ammettendo che la partitura sia il mezzo che il compositore ha a disposizione per comunicare la propria musica in maniera sufficientemente efficace per un essere umano, il sistema di notazione utilizzato non contiene tutti gli elementi necessari a dare una descrizione completa dell'espressività. Per riuscire ad avere una performance automatica a partire da una partitura sono stati costruiti modelli capaci di rappresentare l'espressività da conferire al brano, che uniti

alle informazioni provenienti dalla partitura hanno reso plausibile l'esecuzione da parte dell'elaboratore. Vari centri di ricerca sulla computer music in tutto il mondo hanno sviluppato la propria soluzione al problema, si vedano per esempio il KTH di Stoccolma [2] [3] [4], l'Università di Vienna [5], il Kansei presso l'Università di Osaka [6] ed il CSC presso l'Università di Padova [7] [8] [9] [10]. Come modello di riferimento per gli esperimenti svolti si è preso in esame il programma CaRo 2.0 sviluppato presso l'Università di Padova [11] un sistema interattivo per il rendering espressivo in tempo reale di partiture nel quale il tipo di espressione che si vuole ottenere durante l'esecuzione automatica è controllato attraverso l'interazione col piano Kinetics/Energy [7] [10]. Il piano Kinetics/Energy è derivato dal modello Valence/Arousal [12] [13], da cui differisce per l'uso di attributi sensoriali quali pesante, leggero, duro, morbido, più comuni in ambito musicale per descrivere le emozioni, anziché attributi affettivi. Sono stati svolti dunque due esperimenti al fine di indagare la valenza delle intenzioni espressive possibili mediante il suddetto programma se applicate a brani del repertorio contemporaneo. Nel primo esperimento si è voluto indagare l'effettiva efficacia che le intenzioni espressive conferite dal programma CaRo possono avere se applicate a partiture musicali del secondo Novecento valutando statisticamente la corretta percezione delle stesse: ad una popolazione campione è stato chiesto di qualificare il contenuto espressivo di tre esecuzioni renderizzate mediante CaRo comparate con un'esecuzione nominale della stessa partitura. Nel secondo esperimento si è voluto verificare se una popolazione sottoposta all'ascolto di più versioni dello stesso brano di musica contemporanea eseguite mediante elaboratore con e senza l'intervento di CaRo sia stimolata più favorevolmente dalle esecuzioni alterate mediante CaRo o meno. Sono state fatte valutare tre esecuzioni per ognuno dei brani proposti: due esecuzioni espressive ed un'esecuzione nominale.

2. CORRETTA PERCEZIONE DELLE INTENZIONI ESPRESSIVE

2.1 Popolazione

Sono stati interpellati 49 soggetti, di cui 25 musicisti e 24 non musicisti. 26 soggetti erano di età inferiore ai 21 anni e 23 superiore ai 21 anni.

2.2 Stimoli

Si è scelto di proporre all'ascolto due brani appartenenti a correnti artistiche diverse dello stesso periodo storico, in modo da valutare il funzionamento di CaRo in contesti simili dove la metodologia interpretativa deriva principalmente dalle scelte compositive. Sono stati proposti due brani dei compositori Morton Feldman [14] e Karlheinz Stockhausen [15], considerati due pilastri della musica del secondo '900. La scelta dei brani è stata condizionata sia dai limiti del programma CaRo 2.0, in quanto necessita in ingresso una partitura completamente notata, sia dalla necessità che i brani fossero scritti per lo stesso strumento utilizzabile per l'esecuzione informatica, ossia il pianoforte Yamaha Disklavier. Di Morton Feldman è stato individuato il brano *Intermission 4* (1952); di Karlheinz Stockhausen il brano *Klavierstück III* (1952). Per ciascuno sono state create 4 esecuzioni: una nominale, ossia senza alcun apporto aggiuntivo che non fosse già scritto in partitura, sfruttando la funzione "Play Mechanical" di CaRo, e tre esecuzioni renderizzate tramite la funzione "Play Expressive" denominate rispettivamente Soft, Heavy e Bright, come proposte dal programma e considerate rappresentative delle connotazioni espressive che il programma è ritenuto in grado di enfatizzare. Nel programma questi tre attributi esprimono in maniera esaustiva le estremità del modello utilizzato: Soft, caratterizzato sia da una bassa componente di Energy che da una bassa componente di Kinetic; Heavy, composto da una media componente di Energy e da una bassa componente di Kinetic; Bright, composto da una media componente di Energy e da un alto valore di Kinetic. Si è scelto di testare solamente 3 attributi dei 5 offerti dal programma (ossia Hard, Heavy, Soft, Light e Bright) per limitare il numero degli stimoli e quindi il rischio di affaticamento da parte dei soggetti; peraltro, alcuni degli aggettivi possono essere considerati simili (si pensi alla stretta relazione fra Hard e Heavy e fra Soft e Light).

2.3 Procedura

La durata dell'esperimento per ciascun soggetto è stata di circa 20 minuti. Esso era composto dalle seguenti fasi:

1. introduzione verbale nella quale vengono spiegate le finalità e le modalità di svolgimento del test;
2. compilazione da parte del soggetto del modulo con le informazioni personali;
3. ascolto comparato delle versioni del brano *Intermission 4*. in questo caso, siccome la durata del brano variava notevolmente a seconda dell'intenzione espressiva, considerato che ciò poteva infierire nella percezione veniva lasciata al soggetto la possibilità di ascoltarne anche solo una parte, a sua discrezione;
4. Ascolto comparato delle versioni del brano *Klavierstück III*.

I soggetti disponevano di un computer con un algoritmo creato in SuperCollider [16] per ascoltare le registrazioni,

un paio di cuffie chiuse ed un plico di fogli A4 prestampati dove annotare le risposte. In via preliminare veniva chiesto di rispondere a un set di domande volte a discriminare la popolazione in categorie. In seguito, per ciascuno dei due brani i soggetti erano tenuti a comparare ognuna delle tre esecuzioni ottenute con l'ausilio di CaRo con l'esecuzione nominale dello stesso brano, e per ogni comparazione a compilare il corrispondente modulo di risposte annotando in una scala da 0 a 10 il grado di corrispondenza tra i cinque attributi Hard, Heavy, Soft, Light e Bright con lo stimolo proposto. Una volta completata la sessione d'ascolto relativa al primo brano, i soggetti procedevano con la seconda sessione. È importante notare che ai soggetti non veniva fatto sapere a quali intenzioni espressive corrispondevano le registrazioni proposte.

2.4 Metodo di analisi

Si è deciso di suddividere la popolazione in categorie di età e di competenza musicale, per capire attraverso l'utilizzo di tecniche statistiche quali l'analisi della varianza ed il test di Tukey HSD se l'appartenenza a una di queste categorie fosse determinante o ininfluente per quanto riguarda la corretta percezione delle intenzioni espressive. Il software statistico utilizzato per eseguire le analisi dei dati è R [17] [18].

2.5 Risultati

Nelle tabelle seguenti sono riportate le medie e gli errori standard dei punteggi attribuiti ai cinque aggettivi per ciascuna intenzione espressiva proposta.

Medie \pm errore standard relativi al brano <i>Intermission 4</i>					
Int. espr.	Bright	Hard	Heavy	Light	Soft
Soft	3.32 \pm 0.41	3.69 \pm 0.37	4.26 \pm 0.38	4.75 \pm 0.37	6.20 \pm 0.39
Heavy	3.75 \pm 0.36	4.59 \pm 0.34	6.32 \pm 0.35	3.61 \pm 0.32	4.75 \pm 0.37
Bright	5.04 \pm 0.37	4.73 \pm 0.39	5.02 \pm 0.36	4.65 \pm 0.32	4.86 \pm 0.33

Table 1. Medie \pm errore standard relativi al brano *Intermission 4*.

Medie \pm errore standard relativi al brano <i>Klavierstück III</i>					
Int. espr.	Bright	Hard	Heavy	Light	Soft
Soft	4.33 \pm 0.33	3.04 \pm 0.33	4.02 \pm 0.38	6.04 \pm 0.35	6.61 \pm 0.26
Heavy	4.99 \pm 0.32	4.71 \pm 0.35	5.00 \pm 0.32	3.94 \pm 0.31	4.49 \pm 0.33
Bright	5.61 \pm 0.38	4.78 \pm 0.33	5.10 \pm 0.33	3.94 \pm 0.30	4.45 \pm 0.31

Table 2. Medie \pm errore standard relativi al brano *Klavierstück III*.

2.5.1 Intenzione espressiva Soft

È stato condotto un test one-way ANOVA a misure ripetute sui dati riportati in Table 1 e Table 2, da cui risulta una differenza statisticamente significativa nei giudizi dei soggetti: (F (4, 240) = 8.475, $p < .001$) nel brano *Intermission 4* e (F (4, 240) = 19.77, $p < .001$) nel brano *Klavierstück III*. Svolgendo quindi il test di Tukey HSD con livelli di confidenza del 95% risulta una significatività nella maggiore votazione attribuita all'aggettivo Soft rispetto agli altri ($p < 0.01$).

	diff	lwr	upr	p adj
HARD-BRIGHT	0.3673469	-1.13119102	1.865885	0.9618919
HEAVY-BRIGHT	0.9387755	-0.55976245	2.437313	0.4224580
LIGHT-BRIGHT	1.4285714	-0.06996653	2.927109	0.0698679
SOFT-BRIGHT	2.8775510	1.37901306	4.376089	0.0000029
HEAVY-HARD	0.5714286	-0.92710939	2.069967	0.8325737
LIGHT-HARD	1.0612245	-0.43731347	2.559762	0.2957750
SOFT-HARD	2.5102041	1.01166612	4.008742	0.0000655
LIGHT-HEAVY	0.4897959	-1.00874204	1.988334	0.8972892
SOFT-HEAVY	1.9387755	0.44023755	3.437313	0.0041071
SOFT-LIGHT	1.4489796	-0.04955837	2.947518	0.0634909

Figure 1. Tukey HSD relativo all'intenzione *Soft* del brano *Intermission 4*.

	diff	lwr	upr	p adj
HARD-BRIGHT	-1.2857143	-2.5787293	0.007300746	0.0521148
HEAVY-BRIGHT	-0.3061224	-1.5991375	0.986892583	0.9663781
LIGHT-BRIGHT	1.7142857	0.4212707	3.007300746	0.0030097
SOFT-BRIGHT	2.2857143	0.9926993	3.578729317	0.0000210
HEAVY-HARD	0.9795918	-0.3134232	2.272606868	0.2311015
LIGHT-HARD	3.0000000	1.7069850	4.293015032	0.0000000
SOFT-HARD	3.5714286	2.2784135	4.864443603	0.0000000
LIGHT-HEAVY	2.0204082	0.7273931	3.313423195	0.0002445
SOFT-HEAVY	2.5918367	1.2988217	3.884851766	0.0000009
SOFT-LIGHT	0.5714286	-0.7215865	1.864443603	0.7428513

Figure 2. Tukey HSD relativo all'intenzione *Soft* del brano *Klavierstück III*.

Un'eccezione è riscontrabile nel brano *Klavierstück III*, dove l'intenzione espressiva *Soft* non si differenzia significativamente rispetto all'attribuzione *Light* ($p = 0.74$). Altra cosa da notare è che in entrambi i brani l'attribuzione *Hard* viene spesso confusa con l'attribuzione *Bright* e con *Heavy*; inoltre, nel brano di Feldman anche l'attribuzione *Light* viene confusa con *Heavy* e *Hard*.

2.5.2 Intenzione espressiva *Heavy*

È stato condotto anche in questo caso un test one-way ANOVA a misure ripetute sui dati riportati in Table 1 e Table 2, da cui risulta una differenza statisticamente significativa solamente riguardo al brano *Intermission 4*: ($F(4, 240) = 9.582, p < .001$) nel brano *Intermission 4* e ($F(4, 240) = 1.801, p = 0.129$) nel brano *Klavierstück III*. In base al test di Tukey HSD con livelli di confidenza del 95% si può notare come nel brano *Intermission 4* risulti una significatività nel maggior punteggio attribuito all'aggettivo *Heavy*, mentre nel brano *Klavierstück III* questo non si riscontra minimamente: ciò potrebbe essere dovuto dal fatto che il brano non si presta ad essere caratterizzato con questa intenzione espressiva.

	diff	lwr	upr	p adj
HARD-BRIGHT	0.8367347	-0.5236574	2.1971268	0.4416974
HEAVY-BRIGHT	2.5714286	1.2110365	3.9318206	0.0000043
LIGHT-BRIGHT	-0.1428571	-1.5032492	1.2175349	0.9984756
SOFT-BRIGHT	1.0000000	-0.3603921	2.3603921	0.2593406
HEAVY-HARD	1.7346939	0.3743018	3.0950860	0.0049052
LIGHT-HARD	-0.9795918	-2.3399839	0.3808002	0.2792978
SOFT-HARD	0.1632653	-1.1971268	1.5236574	0.9974305
LIGHT-HEAVY	-2.7142857	-4.0746778	-1.3538936	0.0000010
SOFT-HEAVY	-1.5714286	-2.9318206	-0.2110365	0.0144962
SOFT-LIGHT	1.1428571	-0.2175349	2.5032492	0.1455326

Figure 3. Tukey HSD relativo all'intenzione *Heavy* del brano *Intermission 4*.

	diff	lwr	upr	p adj
HARD-BRIGHT	-0.26530612	-1.5306064	0.9999941	0.9784263
HEAVY-BRIGHT	0.02040816	-1.2448921	1.2857084	0.9999991
LIGHT-BRIGHT	-1.04081633	-2.3061166	0.2244839	0.1613804
SOFT-BRIGHT	-0.48979592	-1.7550962	0.7755043	0.8247626
HEAVY-HARD	0.28571429	-0.9795860	1.5510145	0.9716836
LIGHT-HARD	-0.77551020	-2.0408105	0.4897900	0.4453835
SOFT-HARD	-0.22448980	-1.4897900	1.0408105	0.9884462
LIGHT-HEAVY	-1.06122449	-2.3265247	0.2040758	0.1467381
SOFT-HEAVY	-0.51020408	-1.7755043	0.7550962	0.8020644
SOFT-LIGHT	0.55102041	-0.7142798	1.8163207	0.7531340

Figure 4. Tukey HSD relativo all'intenzione *Heavy* del brano *Klavierstück III*.

2.5.3 Intenzione espressiva *Bright*

In questo caso il test one-way ANOVA a misure ripetute sui dati riportati in Table 1 e Table 2 non restituisce alcun risultato statisticamente significativo: ($F(4, 240) = 0.235, p = 0.918$) nel brano *Intermission 4* e ($F(4, 240) = 3.673, p < .01$) nel brano *Klavierstück III*.

Procedendo col test di Tukey HSD con livelli di confidenza del 95% si può notare come in nessuno dei due brani proposti l'aggettivo *Bright* venga attribuito coerentemente.

	diff	lwr	upr	p adj
HARD-BRIGHT	-0.30612245	-1.677419	1.0651741	0.9728429
HEAVY-BRIGHT	-0.02040816	-1.391705	1.3508884	0.9999994
LIGHT-BRIGHT	-0.38775510	-1.759052	0.9835415	0.9369840
SOFT-BRIGHT	-0.18367347	-1.554970	1.1876231	0.9960633
HEAVY-HARD	0.28571429	-1.085582	1.6570109	0.9789257
LIGHT-HARD	-0.08163265	-1.452929	1.2896639	0.9998383
SOFT-HARD	0.12244898	-1.248848	1.4937456	0.9991943
LIGHT-HEAVY	-0.36734694	-1.738644	1.0039496	0.9477954
SOFT-HEAVY	-0.16326531	-1.534562	1.2080313	0.9975092
SOFT-LIGHT	0.20408163	-1.167215	1.5753782	0.9940886

Figure 5. Tukey HSD relativo all'intenzione *Bright* del brano *Intermission 4*.

	diff	lwr	upr	p adj
HARD-BRIGHT	-0.8367347	-2.1249549	0.4514855	0.3845308
HEAVY-BRIGHT	-0.5102041	-1.7984243	0.7780161	0.8123170
LIGHT-BRIGHT	-1.6734694	-2.9616896	-0.3852492	0.0039039
SOFT-BRIGHT	-1.1632653	-2.4514855	0.1249549	0.0981469
HEAVY-HARD	0.3265306	-0.9616896	1.6147508	0.9570577
LIGHT-HARD	-0.8367347	-2.1249549	0.4514855	0.3845308
SOFT-HARD	-0.3265306	-1.6147508	0.9616896	0.9570577
LIGHT-HEAVY	-1.1632653	-2.4514855	0.1249549	0.0981469
SOFT-HEAVY	-0.6530612	-1.9412814	0.6351590	0.6324962
SOFT-LIGHT	0.5102041	-0.7780161	1.7984243	0.8123170

Figure 6. Tukey HSD relativo all'intenzione *Bright* del brano *Klavierstück III*.

Si può comunque confermare che fra le tre intenzioni espressive di entrambi i brani la media maggiore dell'attribuzione *Bright* si riscontra proprio sull'intenzione espressiva *Bright*: è quindi possibile affermare che l'intenzione espressiva *Bright* venga ritenuta come la più *Bright* dalla popolazione.

Si può notare da quanto sopra riportato che l'intenzione espressiva *Soft* risulta essere la più robusta in entrambi i casi in esame. Anche l'intenzione espressiva *Heavy* risulta essere valida, seppure con la riserva del caso: si ipotizza che l'efficacia dipenda dal brano cui l'intenzione espressiva è applicata, che si immagina possedere propria espressività intrinseca che può essere variata ma non al punto da essere contraddetta. L'intenzione espressiva *Bright*, contrariamente, risulta non essere stata percepita al pari delle altre. Riguardo alla varianza delle risposte fra chi ha dichiarato una competenza musicale e chi no si evince una differenza solamente in due casi su sei, pertanto si può concludere che non si riscontra una differenza significativa fra i due sottogruppi della popolazione. Lo stesso si può dire riguardo alla discriminazione della popolazione in base all'età dei soggetti. Dai risultati ottenuti si può confermare che le intenzioni espressive attuate da CaRo vengono correttamente percepite dalla popolazione, con modeste limitazioni. Si voleva appurare se la sensibilità all'ascolto musicale fosse puramente legata ai cambiamenti fisici dell'esecuzione, a prescindere dall'influenza culturale data dalla conoscenza del repertorio: anche questo sembra confermato, in quanto i brani utilizzati sono stati scelti perchè estranei al sistema tonale. A riprova del fatto che l'influenza culturale non condiziona la percezione delle intenzioni espressive, si deve notare come queste siano state riscontrate correttamente a prescindere sia dall'età che dalla competenza musicale che essi hanno dichiarato di avere. Si può quindi affermare con relativa certezza che i parametri gestiti da CaRo ed il modo in cui sono alterati sono determinanti nella percezione delle intenzioni espressive nell'esecuzione di brani musicali in genere, inclusi quelli appartenenti al repertorio contemporaneo.

3. VALUTAZIONE QUALITATIVA DELL'APPORTO ESPRESSIVO

3.1 Popolazione

Per il secondo esperimento stati interpellati 49 soggetti, di cui 18 musicisti e 31 non musicisti, 34 di essi erano al di sotto i 21 anni e 15 al di sopra.

3.2 Stimoli

Sono stati utilizzati gli stessi brani dell'esperimento precedente. Per ognuno dei due brani è stata comparata un'esecuzione nominale creata tramite la funzione "Play Mechanical" di CaRo con due esecuzioni in cui il programma CaRo ha attuato le intenzioni espressive in modo dinamico sulla base di regole.

3.2.1 Intermission 4

Questo brano è caratterizzato da passaggi lenti e note molto lunghe. Si è quindi deciso di interpretare il brano in base alla durata delle note: note lunghe (dalla semiminima in su) consecutive sono state interpretate come pesanti, quindi con l'intenzione "Hard"; note brevi (dalla croma in giù) sono state interpretate come leggere o brillanti a seconda della dinamica loro assegnata, leggere (*Soft*) per i piani e brillanti (*Bright*) per i forti. Questa suddivisione ha permesso di avere delle variazioni di espressività in alcuni punti del brano, pur mantenendo una continuità per tutta la sua durata. La prima versione è stata creata in questo modo; la seconda è stata creata semplicemente invertendo le intenzioni, ad esempio "Hard" al posto di "Soft" e viceversa.

3.2.2 Klavierstück III

In questo brano si presenta il problema opposto: le note sono molto ravvicinate, il tempo è veloce e le dinamiche si succedono contrapposte anche a distanza di semicroma; si rende così impossibile applicare la regola utilizzata per il brano precedente. Si è scelto quindi di creare delle sezioni in base alla media delle dinamiche delle strutture ritmiche evidenziate nella partitura. Sequenze di piano e mezzopiano sono state considerate come leggere o brillanti a seconda della durata delle note, mentre sequenze di mezzoforte e forte sono state interpretate come dure. Brevi inserti con dinamica discordante sono stati lasciati inalterati. I passaggi tra un'intenzione espressiva e l'altra sono stati realizzati mediante interpolazione lineare sul piano Kinetics/Energy della durata di poche note. La seconda versione è stata creata invertendo gli attributi.

3.3 Procedura

La durata dell'esperimento per ciascun soggetto è stata di circa 20 minuti. La struttura di svolgimento è identica all'esperimento precedente. In questo esperimento ai soggetti interpellati è stato chiesto di ascoltare tre esecuzioni per ogni brano: una esecuzione nominale e due mediante alterazione dinamica dell'espressione; le esecuzioni sono state proposte in sequenza casuale. Dopo aver ascoltato le tre esecuzioni di ciascun brano ai soggetti è stato chiesto di valutare in una scala da 0 a 10 il

gradimento per ciascuna di esse. Poichè i soggetti non hanno avuto alcun riferimento rispetto alla sequenza di ascolto, l'esecuzione nominale è stata valutata al pari delle altre.

3.4 Metodi di analisi e risultati

I metodi di analisi sono identici all'esperimento precedente, per cui si fa riferimento alla sezione 2.4. Nelle tabelle seguenti sono riportate le medie e gli errori standard dei punteggi attribuiti alle varie esecuzioni proposte.

Medie \pm errore standard relativi al brano <i>Intermission 4</i>			
Brano	Dinamica dritta	Dinamica inversa	Esecuzione meccanica
<i>Intermission 4</i>	4.63 \pm 0.36	5.90 \pm 0.39	4.33 \pm 0.46

Table 3. Medie \pm errore standard relativi al brano *Intermission 4*.

Medie \pm errore standard relativi al brano <i>Klavierstück III</i>			
Brano	Dinamica dritta	Dinamica inversa	Esecuzione meccanica
textitKlavierstück III	5.35 \pm 0.34	6.06 \pm 0.36	4.35 \pm 0.47

Table 4. Medie \pm errore standard relativi al brano *Klavierstück III*.

In base ai dati la versione renderizzata mediante CaRo risulta essere migliore dell'esecuzione nominale in entrambi i casi, seppure dall'analisi della varianza non si possono derivare i fattori di tale preferenza. Si conferma anche qui che non sussiste una differenza sostanziale fra chi ha dichiarato di possedere competenze musicali o meno, e che la suddivisione per età non apporta alcuna variazione significativa. Si può confermare quindi la funzionalità di CaRo per enfatizzare l'espressività di brani musicali anche nell'ambito del repertorio del secondo '900. L'approccio rimane legato al caso specifico, non potendosi dimostrare che una determinata intenzione espressiva abbia la medesima efficacia in tutti i brani.

4. CONCLUSIONI

Da quanto è emerso dagli esperimenti, si può concludere che il programma CaRo risulta un valido strumento per l'esecuzione automatica di partiture musicali anche nel contesto della musica contemporanea, considerandone comunque la varietà e l'articolazione sul piano linguistico-musicale. L'esperimento ha dimostrato che regole sviluppate per l'esecuzione automatica di musiche del repertorio classico possono essere applicate, con modesti adattamenti, anche al repertorio contemporaneo.

5. REFERENCES

- [1] L. L. Balkwill and W. Forde Thompson, "A Cross-Cultural Investigation of the Perception of Emotions in Music: Psychophysical and Cultural Cues", *Music Perception*, University of California, pp. 43-64, 1999.
- [2] A. Friberg, R. Bresin and J. Sundberg, "Overview of the KTH rule system for musical performance", *Advances in Cognitive Psychology*, Vol. 2, No 2-3, pp.145-161, 2006.
- [3] A. Friberg, "Generative Rules for Music Performance: A Formal Description of a Rule System", *Computer Music Journal*, Vol. 15, No. 2, pp. 56-71, 1991.
- [4] A. Friberg, L. Frydèn, L. G. Bodin and J. Sundberg, "Performance Rules for Computer-Controlled Contemporary Keyboard Music", *Computer Music Journal*, Vol. 15, No. 2, pp. 49-55, 1991.
- [5] G. Widmer, "Discovering simple rules in complex data: A meta-learning algorithm and some surprising musical discoveries", *Artificial Intelligence*, Vol. 146, No. 2, pp. 129-148, 2003.
- [6] S. Inokuchi and H. Katayose, "The Kansei Music System '90", *Proc of International Computer Music Conference*, pp. 308-310, 1990.
- [7] S. Canazza, G. De Poli, A. Rodà, A. Vidolin and P. Zanon, "Kinematics-energy space for expressive interaction in music performance", *Proc. of MOSART, Workshop on current research directions in Computer Music*, pp. 35-40, 2001.
- [8] G. De Poli, A. Rodà and A. Vidolin, "Note-by-note analysis of the influence of expressive intentions and musical structure in violin performance", *Journal of New Music Research*, Vol. 27, No. 3, pp. 293-321, 1998.
- [9] S. Canazza, G. De Poli and A. Rodà, "CaRo 2.0: An Interactive System for Expressive Music Rendering", *Advances in Human-Computer Interaction*, Hindawi Publishing Corporation, Vol. 2015.
- [10] S. Canazza, G. De Poli, A. Rodà and A. Vidolin, "An Abstract Control Space for Communication of Sensory Expressive Intentions in Music Performance", *Journal of New Music Research*, Vol. 32 No. 3, pp. 201-294, 2003.
- [11] D. Nichele, "CaRo 2.0: Progettazione e sviluppo di un sistema creativo per l'esecuzione espressiva della musica", Tesi di laurea magistrale, Università di Padova, 2015.
- [12] L. Barrett Feldman, "Discrete Emotions or Dimension? The Role of Valence Focus and Arousal Focus", *Cognition and emotion*, Vol. 12, No. 4, pp. 579-599, 1998.
- [13] Y. Yi-Hsuan, L. Yu-Ching, C. Heng-Tze and H. Chen, "Mr. Emo: Music Retrieval in the Emotion Plane", *Proc. of the 16th ACM international conference on Multimedia*, pp. 1003-1004, 2008
- [14] M. Feldman, *Pensieri Verticali*, Adelphi, 2013.
- [15] M. Tannenbaum, *Stockhausen. Intervista sul genio musicale*, Laterza, 1985.

- [16] S. Wilson, D. Cottle and N. Collins, *The SuperCollider Book*, The MIT Press, 2011.
- [17] R. Ihaka, R. Gentleman, “R: a language for data analysis and graphics”, *Journal of computational and graphical statistics*, 1996.
- [18] M. Crawley, *Statistics: an introduction using R*, John Wiley & Sons Ltd, 2005.