

# Compunerea de muzică prin sonificarea conversațiilor chat conform modelului polifonic

Ștefan Trăușan-Matu<sup>1,2,3</sup>, Alexandru Călinescu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitatea Politehnică din București  
Splaiul Independenței nr. 313, București,  
*E-mail: stefan.trausan@cs.pub.ro, alex.calinescu10@gmail.com*

<sup>2</sup>Institutul de Cercetări în Inteligența Artificială  
Calea 13 Septembrie nr. 13, București

<sup>3</sup>Academia Oamenilor de Știință din România  
Splaiul Independenței nr. 54, București

**Rezumat.** Lucrarea prezintă detaliile teoretice și descrierea implementării unui sistem de sonificare a conversațiilor chat, care primește textul acestora și generează fișiere în format MusicXML care conțin piese muzicale pe mai multe voci. Sistemul este o materializare a două idei, prima fiind că discursul în conversații, în general, și, în special în cele purtate pe mesageria instantanee („chat”), au o structurare similară muzicii polifonice. A doua idee este că sonificarea, adică reprezentarea sonoră a unor procese de altă natură, este o modalitate foarte utilă de investigație. Abordarea a fost validată prin faptul că rezultatele obținute au fost apreciate în mod deosebit de un compozitor și totodată profesor universitar la Academia Națională de Muzică și, mai mult, au fost adaptate și prezentate la un concert la Ateneul Român.

**Cuvinte cheie:** sonificare, polifonie, dialogism, prelucrarea limbajului natural, compunere de muzică cu calculatorul

## 1. Introducere

Dimensiunea auditivă, sonoră, este fundamentală în existența noastră. În afara comunicării verbale, auzul are un rol foarte important în monitorizarea permanentă a fenomenelor, proceselor și evenimentelor pe care le trăim. Semnalizările sonore sunt omniprezente în viața noastră, de la apelurile telefonice, la alarme, la detectarea regimurilor normale de funcționare ale aparatelor casnice precum și în interacțiunea om-calculator. În plus, consonanța, disonanța și ritmul sunetelor au chiar o influență asupra psihicului și a funcționării normale a creierului (Sacks, 2009; Trăușan-Matu, în curs de apariție).

Capacitatea noastră de a detecta modificări mici în sunetele auzite, de a detecta schimbări de ritm sau chiar disonanțe fine face ca sonificarea, adică reprezentarea sonoră a unor procese, să fie o modalitate efectivă de analiză și monitorizare. Pot fi date multe exemple, cum ar fi contoarele Geiger, care reprezintă cantitatea de radiații prin ritmuri cu frecvențe diferite sau tensiometrele pentru măsurarea tensiunii arteriale.

O altă dimensiune a capacității noastre de a detecta stări de fapt prin auz este analiza unei comunități de oameni aflați într-o încăpere. De exemplu, un profesor sau, în general, un vorbitor își poate da seama de starea de spirit a celor care îl ascultă în funcție de liniștea sau ‘zumzetul’ pe care îl percepe. De asemenea, un profesor care a lăsat niște elevi să rezolve în grup o problemă, chiar dacă nu este în sală (este, de exemplu, pe hol) poate să își dea seama dacă elevii se gândesc, dacă discută despre problemă sau dacă se distrează, discutând despre altceva, în funcție de liniștea sau genul de sunete pe care le aude.

Lucrarea de față prezintă un sistem de sonificare a conversațiilor chat purtate de elevi sau studenți care rezolvă colaborativ o sarcină dată, de exemplu, o problemă de rezolvat sau o dezbateră pe teme legate de cele învățate (Trăușan-Matu, Stahl și Sarmiento, 2007; Trăușan-Matu, Dascălu și Rebedea, 2014). Sistemul primește textul discuției și generează fișiere în format MusicXML (<http://www.musicxml.com/>) care conțin piese muzicale pe mai multe voci. Rezultatele obținute au fost apreciate în mod deosebit de un compozitor și totodată profesor universitar la Academia Națională de Muzică din București, care le-a adaptat și prezentat la un concert la Ateneul Român. Acest fapt poate fi considerat ca o validare a abordării prezentate.

Principala idee de la care s-a plecat este că discursul în conversații, în general și, în special în cele purtate pe mesageria instantanee („chat”) au o structurare similară muzicii polifonice (Trăușan-Matu, Stahl și Sarmiento, 2007; Trăușan-Matu, 2010a; Trăușan-Matu, 2013; Trăușan-Matu, 2014; Trăușan-Matu et. al., 2014). O a doua idee este că, așa cum s-a discutat mai sus, sonificarea, adică reprezentarea sonoră a unor procese de altă natură, este o modalitate foarte utilă de investigație.

Trecerea de la textul conversațiilor la o reprezentare sonoră cu caracteristici muzicale nu este însă imediată, există mai multe probleme, în special în cazul când sunt mai multe instrumente (mai multe „voci”), caz în care trebuie gestionată suprapunerea acestora. Determinarea înălțimii notelor, a duratelor acestora, a pauzelor și a suprapunerilor este efectuată de

algoritmi originali propuși de noi și prezentați într-o lucrare anterioară (Călinescu și Trăușan-Matu, 2013).

Articolul continuă cu o secțiune în care sunt precizate considerentele teoretice de la care s-a plecat pentru realizarea sonificării. Secțiunea a treia prezintă sistemul realizat, lucrarea fiind încheiată de concluzii.

## **2. Polifonia conversațiilor**

Discursul în conversațiile purtate pe mesageria instantanee („chat”) are o structurare similară muzicii polifonice. Această idee pleacă de la scrierile lui Mihail Bahtin (Bahtin, 1970; Bakhtin, 1981) și a fost dezvoltată într-o serie de cercetări (Trăușan-Matu, Stahl și Sarmiento, 2007; Trăușan-Matu, 2010a; Trăușan-Matu, 2013; Trăușan-Matu, 2014; Trăușan-Matu et. al., 2014) și materializată în implementarea mai multor sisteme de analiză a conversațiilor chat purtate de studenți în sesiuni de învățare colaborativă. Cele mai importante sunt Polyphony (Trăușan-Matu, Rebedea, Drăgan și Alexandru, 2007), PolyCAFe (Trăușan-Matu et. al., 2014) și ReaderBench (Dascălu, Trăușan-Matu și Dessus, 2013). A fost astfel introdus modelul polifonic al conversațiilor chat (Trăușan-Matu, Stahl și Sarmiento, 2007; Trăușan-Matu, 2010a; Trăușan-Matu, 2013; Trăușan-Matu, 2014; Trăușan-Matu et. al., 2014) și metoda polifonică de analiză a lor (Trăușan-Matu, 2013; Trăușan-Matu, 2014; Trăușan-Matu et. al., 2014), folosită în sistemele mai sus amintite.

O compoziție muzicală este polifonică dacă mai mult de o linie melodică („voce”) este prezentă în același timp, dacă fiecare din ele își păstrează individualitatea dar, în același timp, există o armonie între aceste voci, chiar dacă uneori apar disonanțe. Polifonia este caracterizată de coerență, de muzicalitate, nefiind doar o suprapunere întâmplătoare de linii melodice, nu este doar o serie de disonanțe. De exemplu, complexele piese polifonice ale compozitorului Johann Sebastian Bach au și o coerență și muzicalitate deosebită.

Trebuie însă făcută o precizare. Coerența muzicală poate fi de mai multe feluri, poate fi la diverse niveluri de complexitate: monofonie, omofonie sau polifonie. Monofonia este caracterizată de o singură linie melodică, de o singură voce iar în omofonie sunt mai multe voci, dar acestea depind una de alta, de exemplu, una este un acompaniament al celeilalte. Pe de altă parte,

multe piese din muzica simfonică a ultimului secol vor fi fost clar considerate disonante în secolele anterioare.

Unitatea în diversitate a polifoniei este asigurată de coerența discursului muzical în contextul în care liniile melodice (vocile) prezente în astfel de piese își păstrează individualitatea. Rolul disonanțelor este foarte important. Ele asigură diversitatea, sunt esențiale în asigurarea creativității, asigurând o dimensiune divergentă (Trăușan-Matu, 2010b) și evitarea monotoniei (Trăușan-Matu, în curs de apariție). Ele, de fapt, caracterizează polifonia:

„Atacul deconstructivist (...) - în funcție de care numai diferența dintre diferență și unitate ca o *diferență evidențiată* (și nu ca o întoarcere la unitate), poate acționa ca bază a unei teorii diferențiale (care dialectica doar pretinde a fi) - este punctul metodic de plecare pentru distincția între polifonie și non-polifonie”<sup>1</sup>

Modelul polifonic și metoda polifonică de analiză au fost introduse pentru modelarea și analiza interacțiunii, a inter-animării și colaborării în conversațiile chat cu mai mulți participanți desfășurate în sesiuni de învățământ colaborativ (Stahl 2006; Stahl 2009; Trăușan-Matu, Stahl și Sarmiento, 2007). Ele constau în considerarea ca „voci” nu numai a participanților la chat ci și a principalelor idei dezbătute sau rezultate în urma discuțiilor, precum și, la limită, a unor cuvinte repetate. Această idee stă la baza și a unei variante a sonificării prezentate în acest articol. De fapt, abordarea de sonificare prezentată a plecat de la ideea analizei conversațiilor chat pe baza ilustrării lor sonore, în ideea că polifonia caracteristică conversațiilor chat în învățământul colaborativ se poate manifesta prin sonificare.

### 3. Sistemul MusicXml Creator

Au fost încercate variate metode de compunere de muzică cu calculatorul, inclusiv cu metode complexe bazate pe inteligența artificială. Aceste metode sunt bazate pe generări aleatoare, pe sisteme evolutive (de exemplu,

---

<sup>1</sup> „The deconstructivist attack (...) – according to which only the difference between difference and unity as an *emphatic difference* (and not as a return to unity) can act as the basis of a differential theory (which dialectic merely claims to be) – is the methodical point of departure for the distinction between polyphony and non-polyphony.” Trad. din engleză (Mahnkopf, 2002, p. 39).

algoritmi genetici sau automate celulare), de sine stătătoare sau combinate cu folosirea de gramatici, de modele (de exemplu, lanțuri Markov, rețele neuronale etc.) „învățate” din analiza altor piese muzicale, și de reguli (sau restricții) de combinare. O constantă a acestor abordări este faptul că toate acestea „compun” o muzică pe care un ascultător, cât de cât cunoscător, o poate recunoaște ca fiind generată de calculator datorită caracterului „mecanicist”, repetitiv fără elemente creative.

În abordarea noastră de compunere folosind calculatorul<sup>2</sup> generăm muzică pe baza unor algoritmi, dar „sămânța”, punctul de plecare sunt conversațiile chat. Conform modelului polifonic acestea au o polifonie și chiar o muzicalitate inerentă. Ipoteza noastră a fost că această muzicalitate se poate reflecta prin sonificare.

În continuare este detaliată structura aplicației create, numită MusicXml Creator, prezentarea interfeței grafice, descrierea formatului fișierelor de intrare și de ieșire, modul de asociere între elementele conversației chat și elementele muzicale specifice formatului Music XML.

### 3.1 Arhitectura sistemului

Diagrama din Figura 1 evidențiază arhitectura aplicației. Aplicația primește ca fișier de intrare conversația în format XML. Utilizatorul alege tipul de asociere dorit pentru voci: la fiecare participant o notă muzicală sau la fiecare cuvânt cheie o notă muzicală, precum și instrumentele muzicale ce vor interpreta melodia respectivă.

Modulul principal preia fișierul de intrare și îl parsează folosind Xml Parser. Acesta, pentru fiecare replică din conversație, realizează o prelucrare din punct de vedere al limbajului natural (Jurafsky și Martin, 2009), folosind un set de metode oferite de pachetul Stanford CoreNLP (<http://nlp.stanford.edu>). Datele obținute sunt stocate în Model Chat.

Datele sunt apoi preluate de modulul principal și, în funcție de selecția făcută din interfața grafică, este apelat algoritmul corespunzător, care setează durata notelor selectate, succesiunea acestora și adăugă pauze unde

---

<sup>2</sup> Trebuie făcută distincția între compunere de către calculator și compunere folosind calculatorul. Noi considerăm în abordarea noastră calculatorul ca un instrument, nu ca o sursă de creativitate.

este necesar. În cele din urmă, notele sunt grupate în măsuri și transmise înapoi la modulul central.

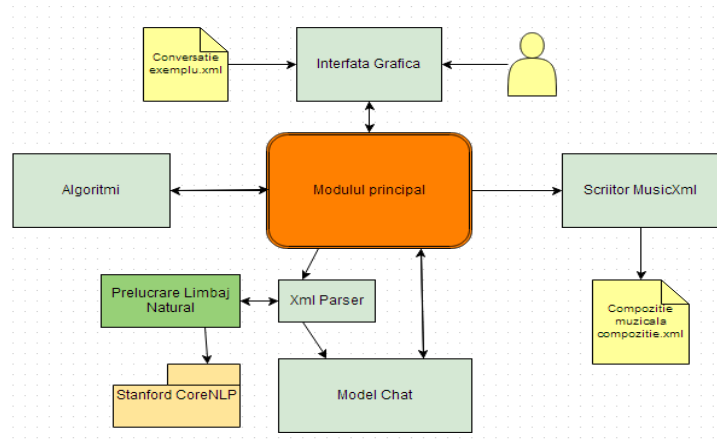


Fig.1. Structura aplicației MusicXml Creator

Acesta transmite toate datele primite la modul de scriere, care generează un fișier în limbajul MusicXML cu structură corespunzătoare, reprezentând fișierul de ieșire.

### 3.2 Interfața grafică

În cadrul interfeței grafice, elementele vizuale sunt plasate în așa fel încât utilizatorul să intuiască rapid modul de lucru cu aceasta (Figura 2).

Odată ce fișierul de intrare este selectat, durează câteva secunde până când lista de cuvinte cheie sau de participanți este populată. Următorul pas este setarea numelui și autorului compoziției prin completarea câmpurilor „Composition Name” și „Composer”.

Pentru a schimba lista de afișare corespunzătoare primei coloane, se debifează varianta selectată sau se selectează cealaltă variantă (selecție de participanți sau de cuvinte cheie). A doua coloană desemnează selecția de instrumente ce vor fi folosite în redarea melodiei obținute. Dacă se alege opțiunea „Default Instrument”, toate asocierile făcute vor fi atribuite instrumentului pian. A treia coloană listează notele muzicale disponibile care se pot asocia unui cuvânt cheie sau unui participant.

După ce s-a selectat câte un element din fiecare coloană disponibilă, se apasă butonul „Add >>” pentru a muta selecția făcută în coloana

corespunzătoare asocierilor. Dacă se dorește ștergerea unei asocieri, aceasta se selectează din ultima coloană și se apasă butonul „<< Remove” ce va plasa fiecare element din asociere înapoi pe poziție inițială a fiecărei liste folosite pentru selecție. Pentru a șterge toate asocierile selectate este suficient să schimbăm starea unei casete din cadrul ferestrei.

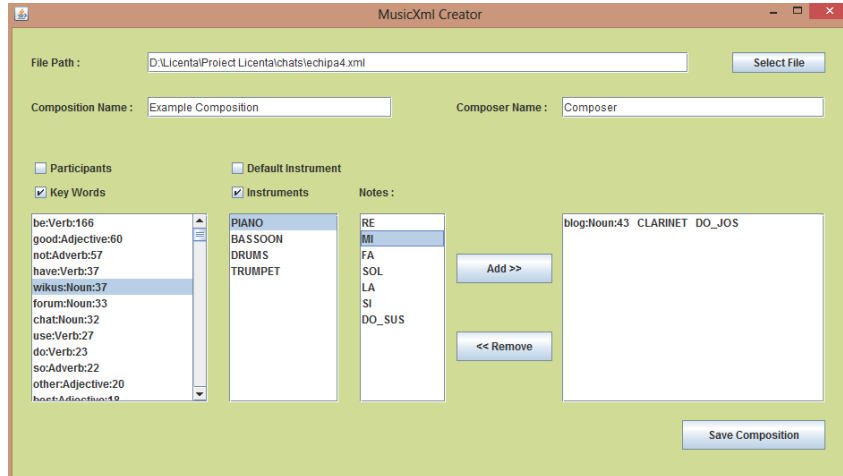


Fig.2. Interfața grafică a aplicației MusicXml Creator

În momentul în care am completat ultima coloană cu asocierile dorite, se apasă butonul „Save Composition” ce inițiază o fereastră navigator de unde utilizatorul își poate selecta destinația fișierului creat.

### 3.3 Formatul intrării

Fișierul de intrare al aplicației, ce conține conversația ce se dorește a fi parsată, este un fișier de tip XML având structura prezentată în Figura 3.

În partea de început a fișierului sunt declarate persoanele care participă la conversație. Fiecare persoană este caracterizată de un nume (nickname) ce este folosit de-a lungul conversației.

O replică este caracterizată de:

- numele participantului la conversației care rostește respectiva replică;
- id unic (genid);
- momentul în care a fost enunțată (time);

- id-ul replicii către care se face referirea în text (ref);
- textul efectiv.

```

<Dialog team="2" file="echipa2.xml">
  <Participants>
    <Person nickname="Liviu"/>
    <Person nickname="Alex"/>
  </Participants>
  <Topics/>
  <Body>
    <Turn nickname="Liviu">
      <Utterance genid="1" time="03:05:23" ref="0">joins the room</Utterance>
    </Turn>
    <Turn nickname="Alex">
      <Utterance genid="2" time="03:22:56" ref="5">joins the room</Utterance>
    </Turn>
    <Turn nickname="Liviu">
      <Utterance genid="3" time="03:09:05" ref="0">Hey Alex let's make a xml chat example</Utterance>
    </Turn>
    <Turn nickname="Alex">
      <Utterance genid="4" time="03:57:10" ref="3">ok</Utterance>
    </Turn>
    <Turn nickname="Liviu">
      <Utterance genid="5" time="03:57:29" ref="0">Finished</Utterance>
    </Turn>
    <Turn nickname="Alex">
      <Utterance genid="6" time="03:57:54" ref="0">leaves the room</Utterance>
    </Turn>
    <Turn nickname="Liviu">
      <Utterance genid="7" time="03:57:54" ref="0">leaves the room</Utterance>
    </Turn>
  </Body>
</Dialog>

```

Fig. 3. Structura fișierului de conversație XML

### 3.4 Algoritmi de determinare a duratei unui element muzical

După ce textul conversației este parsat și reprezentat în structuri de date specifice, următorul pas este execuția unui algoritm de asociere între aceste date obținute și elementele muzicale caracteristice formatului MusicXML, un limbaj de reprezentare a partiturilor muzicale folosind XML.

Sistemul oferă utilizatorului posibilitatea de a crea o compoziție muzicală cu un singur instrument muzical sau cu mai multe și în acest sens a fost elaborat un algoritm pentru fiecare caz. Pentru o compoziție muzicală cu mai multe instrumente se completează în același timp câte un portativ pentru fiecare instrument, intervenind și dificultatea sincronizării acestora.

În ambele situații, durata unei note este determinată în funcție de lungimea unei replici. În MusicXML putem reprezenta note cu o durată minimă de a 128-a parte a unui întreg. Durata minimă a unei note în cadrul aplicației am ales-o ca fiind o 16-zecime, celelalte valori am considerat că sunt aproape insesizabile pentru ureche în momentul redării melodiei.



Durata pauzelor din piesă este determinată de durata timpului scurs între două replici. Pentru determinarea acestor durate, s-a început cu o abordare „logaritmică”, care a fost folosită și în cazul determinării duratei unei note.

Există situațiile, în cadrul unei conversații, în care participanții așteaptă alăturarea unei noi persoane chat-ului. Aceste perioade de așteptare influențează puternic valorile tuturor pauzelor ce urmează a fi adăugate melodiei și trebuie considerate pentru o scalare corespunzătoare.

După ce notele și pauzele sunt obținute, secvența acestora trebuie să fie grupată în măsuri. Măsura aleasă în crearea melodiei este de 4/4 (durată echivalentă unei note întregi), cea mai des utilizată în compunerea de cântece.

Când o notă are o durată mult prea mare față de durata rămasă din măsură, aceasta este divizată în note de lungime mai mică, unele rămânând în măsura curentă, celelalte fiind asociate măsurii următoare. În această situație nu se obține efectul dorit inițial, de a se auzi o singură notă de o anumită durată, ci se obține o serie de note identice cu nota inițială având suma duratelor egală cu cea inițială. În momentul redării melodiei, notele sunt cântate ușor discontinuu, dând impresia că s-au formulat mai multe replici scurte în schimbul uneia lungi. Ca soluție s-a folosit o legare muzicală („musical tie”), pentru a se cânta continuu aceste note. O alternativă o reprezintă „legato”, care are același efect ca legarea muzicală, doar că este folosită pentru legarea de note diferite.

În Figura 4 este redat un fragment din compoziția muzicală obținută prin aplicarea implementării inițiale al algoritmului, fără suprapunerea instrumentelor.

The image shows a musical score for four instruments: Bassoon, Clarinet, Trumpet, and Piano. The score is written in 4/4 time. The Bassoon part starts with a whole rest for the first three measures, followed by a quarter note in the fourth measure. The Clarinet part starts with a quarter note in the first measure, followed by a whole rest for the next three measures. The Trumpet part has whole rests for all four measures. The Piano part starts with a quarter note in the first measure, followed by a series of eighth notes in the second measure, and continues with a rhythmic pattern of eighth notes in the third and fourth measures.

Fig.4. Fragment de compoziție muzicală obținută inițial

O astfel de compoziție nu este polifonică, deoarece nu conține linii melodice ce se produc în același timp. Compoziția rezultată sună monoton și discontinuu.

Pentru a obține o compoziție polifonică trebuie să sincronizăm suprapunerea de note care aparțin unor instrumente diferite. În situația în care o persoană formulează o replică pentru conversație, cu tendința ca și următoarea replică să aparțină tot acesteia, timpul de repaus între note este mai mic. În acest caz este necesar să calculăm următoarele valori: timpMinim, timpMaxim și timpMediu pentru timpul de răspuns între replici care aparțin unor participanți diferiți.

Suprapunem mai multe note aparținând unor instrumente diferite dacă timpii de răspuns între replici aparținând unor participanți diferiți sunt mai mici decât timpul mediu de răspuns între replici formulate de persoane diferite. Dacă nu, instrumentele muzicale sunt sincronizate prin completarea cu pauze până la durata curentă totală maximă a elementelor muzicale pentru un instrument. Indiferent dacă notele sunt suprapuse sau nu, instrumentele sunt apoi sincronizate. Până la adăugarea de noi note, se decide dacă este necesară adăugarea unor pauze datorate timpului prea mare de răspuns între replicile curente.

În cazul în care se dorește să se urmărească modul în care sunt folosite anumite cuvinte cheie și nu urmărirea participanților, iar replica are în componență mai multe cuvinte cheie, notele asociate acestora sunt direct suprapuse.

După această metodă de sincronizare între instrumente s-a obținut fragmentul muzical reprezentat în Figura 5.

The image shows a musical score for four instruments: Trumpet, Bassoon, Piano, and Clarinet. The score is in 4/4 time and consists of four staves. The Trumpet staff has a treble clef and contains several measures of music with overlapping notes. The Bassoon staff has a bass clef and contains several measures of music with overlapping notes. The Piano staff has a treble clef and contains several measures of music with overlapping notes. The Clarinet staff has a bass clef and contains several measures of music with overlapping notes. The score illustrates the synchronization process described in the text.

Fig.5. Fragment compoziție muzicală cu suprapunerea instrumentelor

## Concluzii și dezvoltări ulterioare

Lucrarea prezintă conceptele teoretice și câteva detalii ale dezvoltării unei aplicații care generează o reprezentare sonoră a unei conversații de tip chat folosind metoda polifonică. Compoziția muzicală obținută poate evidenția modul în care se succed replicile participanților la discurs și modul în care se intercalează subiectele de discuție.

Modelul polifonic este o ramură nouă a analizei textelor. Pornind de la teoriile filosofului rus Mihail Bahtin, a fost creat acest model care poate fi folosit în extragerea de noi informații pentru studiul interacțiunii persoanelor participante la o conversație și la definirea unei noi perspective în modul în care noi vedem un proces social.

Asocierea între o replica a unei conversații și o notă muzicală este greu de implementat, alegerea notei depinde de mesajul ce este transmis și de tonalitatea folosită, aspecte ce sunt dificil de extras dintr-o conversație de tip chat.

Aplicația își atinge, prin testarea acesteia pe conversații chat, scopul pentru care a fost dezvoltată. Piesele muzicale obținute nu sunt capodopere de artă elaborate de compozitori sau muzicieni. Considerăm că, pentru o persoană care nu are cunoștințe muzicale avansate, compozițiile muzicale create reflectă relativ mesajele ce se doresc a fi transmise de către cei implicați în conversație. Validarea abordării prezentate a fost făcută prin faptul că mai multe sonificări de conversații au fost apreciate în mod deosebit de un compozitor și totodată profesor la Academia Națională de Muzică și, mai mult, au fost adaptate de acesta și prezentate la un concert la Ateneul Român. O variantă de astfel de sonificări poate fi audiată la adresa <https://www.youtube.com/watch?v=YfuKFdG7ymQ>

În concluzie, reprezentarea sonoră a conversațiilor chat este un proces complex, influențat de foarte mulți factori de care trebuie să ținem seama pentru a obține o redare cât mai fidelă a ideilor și stărilor de spirit ale participanților la conversație. Aceasta, însă, nu ne împiedică să credem într-o viitoare „maturizare artistică” a calculatorului, care va transforma banala conversație chat într-o veritabilă simfonie a informațiilor.

## Referințe

Bahtin, M. (1970), *Problemele poeziei lui Dostoievski*. București: Ed. Univers.

- Bakhtin, M. M. (1981), *The Dialogic Imagination: Four Essays*. Austin: University of Texas Press.
- Călinescu, A., Traușan-Matu, Ș. (2013), A System For Sonification Of Chat Conversations, *Annals of the Academy of Romanian Scientists, Series on Science and Technology of Information*, 6(2), 23-42.
- Dascalu, M. Trausan-Matu, S., Dessus, P. (2013), Voices' Inter-Animation Detection with ReaderBench Modelling and Assessing Polyphony in CSCL Chats as Voice Synergy, *Proc. ICSCS 2013*, 281-285
- Jurafsky, D., Martin, J.H. (2009), *Speech and Language Processing. An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition*, Pearson Prentice Hall.
- Sacks, O. (2009), *Muzicofilia. Povestiri despre muzică și creier*. Humanitas.
- Stahl, G. (2006), *Group Cognition: Computer Support for Building Collaborative Knowledge*, Cambridge MA: MIT Press.
- Stahl, G. (Ed.), (2009). *Studying Virtual Math Teams*, Springer, Boston
- Mahnkopf, C.S. (2002), Theory of Polyphony. In C. S. Mahnkopf, F. Cox & W. Schurig (Eds.), *Polyphony and Complexity* (Vol. 1, pp. 328). Hofheim, Germany: Wolke Verlags Gmbh.
- Trăușan-Matu, Ș. (2010a), The Polyphonic Model of Hybrid and Collaborative Learning, In Wang, F.,L., Fong, J., Kwan, R.C., *Handbook of Research on Hybrid Learning Models: Advanced Tools, Technologies, and Applications*, Information Science Publishing, Hershey, New York, 466-486.
- Trăușan-Matu, Ș. (2010b), Computer Support for Creativity in Small Groups using chats, in *Annals of the Academy of Romanian Scientists, Series on Science and Technology of Information*, 3(2), 2010, 81-90
- Trăușan-Matu, Ș. (2013), Collaborative and Differential Utterances, Pivotal Moments, and Polyphony. In D. Suthers, K. Lund, C. P. Rosé & N. Law (Eds.), *Productive multivocality*. New York, NY: Springer, 123-139
- Trăușan-Matu, Ș. (2014), Polyphonic Design, Conduct, Experience, and Evaluation in CSCL Chats, *Annals of the Academy of Romanian Scientists, Series on Science and Technology of Information*, 7(2), 21-34.
- Trăușan-Matu, Ș., Dascălu, M., Rebedea, T., (2014), PolyCAFe—automatic support for the polyphonic analysis of CSCL chats, *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 06/2014; 9(2), Springer, pp. 127-156, 2014
- Trăușan-Matu, Ș., Rebedea, Ș., Dragan, A., Alexandru, C. (2007), Visualisation of Learners Contributions in Chat Conversations , in Fong, J., Wang, P. (Eds.), *Blended Learning*, Pearson Prentice Hall, 215-224.
- Trăușan-Matu, Ș., Stahl, G., & Sarmiento, J. (2007), Supporting Polyphonic Collaborative Learning. *E-service Journal*, 6, pp. 58-74.
- Trăușan-Matu, Ș. (în curs de apariție), Muzica, de la ethos la carnaval, in G.G.Constandache (ed.) *Destinul ca pluralism, complexitate, transdisciplinaritate*.