

Sonificarea conversațiilor chat plecând de la modelul polifonic al discursului în limbaj natural / Chat Sonification Starting from the Polyphonic Model of Natural Language Discourse

Ștefan TRĂUȘAN-MATU * ** ***

* Departamentul de Calculatoare, Universitatea Politehnica București /
Computer Science Department, University Politehnica of Bucharest

** Institutul de Cercetări în Inteligență Artificială al Academiei Române /
Romanian Academy Research Institute for Artificial Intelligence

*** Academia Oamenilor de Știință din România /
Academy of Romanian Scientists

Bucharest, Romania

stefan.trausan@cs.pub.ro

REZUMAT

Există un nucleu comun al muzicii și al limbajului natural specific numai ființelor umane. Orice comunicare în limbajul natural poate avea o dimensiune muzicală. În cazul dezbaterilor conversaționale, o țesătură polifonică poate fi identificată pornind de la firele de idei. Această structură de discurs a fost sursa unui proces de sonificare efectuat cu un program de calculator.

Cuvinte cheie

Sonificare, inteligență artificială, prelucrarea limbajului natural, polifonie, compoziție de muzică cu calculatorul

INTRODUCERE

Mai multe cercetări au arătat că există legături puternice între muzică și limbajul natural, în mai multe moduri (Sacks, 2007; Schellenberg și Weiss, 2013; Wan și Schlaug, 2013). Mai mult, s-a arătat că atât muzica, cât și limbajul natural, sunt trăsături caracteristice ale omului. Nici o altă ființă vie, inclusiv primatele, nu are capacitatea de a comunica într-un limbaj asemănător omului. Pe de altă parte, ritmul muzical este specific omului: „ritmul - în acest sens special de combinare a mișcării și a sunetului - apare spontan la copiii umani, dar la nici o altă primată” (Sacks, 2007). Mai mult decât atât, pornind probabil de la observația că un limbaj cu sintaxă este prezent doar la om și încercarea de a face o extrapolare la muzică, Jackendoff și Lerdahl (2006) au propus o teorie care analizează muzica similar limbajului natural, bazată pe teoria gramaticală a sintaxei introdusă de Chomsky.

Cercetările neurologice au demonstrat existența unor relații importante între muzică și limbă. De exemplu, s-a demonstrat că conștientizarea fonologică este asociată aptitudinii muzicale; a fost identificată o corelație pozitivă între aptitudinile legate de ritm și tonalitate („pitch”, în engleză), pe de o parte, și vocabularul, lectura și silabisirea, pe cealaltă parte (Schellenberg și Weiss, 2013). Ar trebui totuși subliniat că alte cercetări contrastează cu aceste constatări, lucru corect menționat și de autorii amintiți mai sus. Ceea ce este sigur, totuși,

ABSTRACT

There is a common core of music and natural language specific only to human beings. Any natural language communication may have a musical dimension. In the case of conversational debates, a polyphonic weaving may be identified starting from the threads of ideas. This discourse structure was the source of a sonification process performed with a computer program.

Keywords

Sonification, Artificial Intelligence, Natural Language Processing, Polyphony, Music composition with Computers

INTRODUCTION

Many facts have shown that there are strong links between music and natural language, in several ways (Sacks, 2007; Schellenberg and Weiss, 2013; Wan and Schlaug, 2013). Moreover, it has been shown that both music and language are characteristic features of humans. No other living beings, including primates, have the capacity of communicating in a human-like language. On the other side, musical rhythm is specific to humans: “rhythm - in this special sense of combining movement and sound - appears spontaneously in human children, but not in any other primate” (Sacks, 2007). Moreover, probably starting from the observation that a language with a syntax is present only in humans, and trying to make an extrapolation to music, Jackendoff and Lerdahl (2006) proposed a theory that analyzes music similarly to natural language, based on Chomsky’s grammatical theory of syntax.

Neurological research has proved the existence of important relations between music and language. For example, it has been shown that phonological awareness is associated with the musical aptitude; a positive correlation has been identified between pitch and rhythmic aptitude, on the one hand, and vocabulary, reading, and spelling, on the other (Schellenberg and Weiss, 2013). It should be, however, stressed that other research contrasted with these findings, a fact correctly mentioned by the above-mentioned authors. What is, nevertheless, certain, is that music succeeded in assisting

este că muzica a reușit să ajute la vindecarea unor tulburări neurologice de vorbire (de exemplu, afazia) (Sacks, 2007, Wan and Schlaug, 2013).

Dacă muzicalitatea unor tipuri speciale de producții în limbaj natural, cum ar fi poezia, este evidentă, pentru alte clase de texte ea poate fi dezvăluită la o analiză mai atentă. Structura muzicală ascunsă a unor texte a fost analizată, de exemplu, în cazul dialogurilor lui Platon (Kennedy, 2011). Oricum, ritmul, una din trăsăturile de bază ale muzicii, a fost identificată și analizată în diverse genuri de texte (Marcus, 1970; Boychuk et al., 2005; Dinu, 1986; Balint, Dascalu și Trausan-Matu, 2016) și conversații (Niculescu and Trausan-Matu, 2017), așa cum a menționat și Tannen: „Dialogul se combină cu repetarea pentru a crea ritm. Dialogul este liminal între repetări și imagini: repetarea este puternic sonoră” (Tannen, 1989). Muzicalitatea limbajului poate fi intrinsecă (de exemplu, prozodie, ritm, polifonie) și extrinsecă, orientată: sintactic (Dascălu-Jinga, 2001), pragmatic sau în discurs (de exemplu, ritmul în discursurile politice).

Chiar și complexitatea muzicii polifonice se întâlnește într-o manieră similară în limbajul natural, așa cum au evidențiat mai mulți autori (Bakhtin, 1993; Trausan-Matu, 2013b). De fapt, aceste intersecții între muzică și text ne-ar putea sugera o dimensiune profundă a naturii umane. De exemplu, Mihailovici a remarcat legătura dintre dialogismul lui Bakhtin, polifonie și viziunea trinitară teologică (Mihailovici, 1997).

În ultimele decenii, prezența calculatoarelor în toate dimensiunile vieții noastre include și compoziție automată de muzică, mai precis utilizarea tehnicilor de Inteligență Artificială (IA) pentru a genera (compune) muzică fără sau cu foarte puține intervenții umane. Rezultatele sunt că, în opinia noastră (care pare a fi împărtășită de mulți oameni), această muzică are o nuanță artificială, adevărata muzică necesitând atingerea creativității umane. Acest fapt este evident în generarea textului (limbajului natural) cu calculatorul (folosind tehnici IA), un exemplu sugestiv fiind generarea unei fabule, discutat de Umberto Eco (1998). Opinia noastră este că există un nucleu comun fundamental în muzică și limbajul natural, care este esențial legat de natura umană, de creativitatea noastră, orice activitate legată de limba umană având o dimensiune muzicală implicită. În acest sens, cercetările noastre au încercat să devoaleze muzicalitatea ascunsă a comunicării umane în limbaj natural și să o materializeze prin sonificare.

Această lucrare prezintă câteva detalii și rezultate ale cercetărilor care au investigat dimensiunea muzicală a limbajului uman, în special a conversațiilor scrise, de mesagerie instantanee („chat”). A fost introdus un model polifonic al discursului limbajului natural, asociat cu o metodă de analiză a discursului însoțită de programe de calculator pentru analiza automată a colaborării în conversații, în particular, și discurs, în general (Trausan-Matu, 2010; 2013a; 2013b; Trausan-Matu, Dascalu și Rebedea, 2014). Mai mult decât atât, actualitatea ideii de țesătură polifonică a comunicării în limbajul natural a fost testată prin sonificarea conversațiilor chat, adică prin generarea unor piese muzicale din textul unei conversații, așa cum va fi descris mai târziu în această lucrare.

with the healing of some neurological speech disorders (for example, aphasia) (Sacks, 2007, Wan and Schlaug, 2013).

If the musicality of special kinds of human language productions, such as poetry, is obvious, for other classes of texts it can be unveiled only by a more attentive analysis. The hidden musical structure of some texts has been analyzed, for example, in the case of Plato's dialogues (Kennedy, 2011). Anyway, rhythm, one of the basic features of music, has been identified and analyzed in various genres of texts (Marcus, 1970; Boychuk et al., 2005; Dinu, 1986; Balint, Dascalu, and Trausan-Matu, 2016) and conversations (Niculescu and Trausan-Matu, 2017), as Tannen mentioned as well: “Dialogue combines with repetition to create rhythm. Dialogue is liminal between repetitions and images: repetition is strongly sonorous” (Tannen, 1989). Musicality of language can be *intrinsic* (for example, prosody, rhythm, polyphony) and *extrinsic*, targeted: syntactically (Dascălu-Jinga, 2001), pragmatically or in discourse (for example, rhythm in political speeches).

Even the complexity of polyphonic music is encountered in a similar manner in the human, natural language, as discussed by several authors (Bakhtin, 1993; Trausan-Matu, 2013b). In fact, these intersections between music and text might suggest to us a deep dimension of the human nature. For example, Mihailovic remarked the link between Bakhtin's dialogism, polyphony, and theological trinitarian vision (Mihailovic, 1997).

In the recent decades, the presence of computers in all dimensions of our lives also includes automatic music composition, more precisely, the use of Artificial Intelligence (AI) techniques for generating (“composing”) music without or with very few human interventions. The result is that, in our opinion (which seems to be shared by many people) such music sounds artificial, as true music needs the touch of human creativity. This fact is obvious in generating text (natural language) by computers (using AI techniques), a suggestive example being the generation of a fable, discussed by Umberto Eco (1998). Our opinion is that there is a fundamental common core in music and natural language, which is essentially linked to human nature, to our creativity, as any activity related to human language has some implicit musical dimension. In that regard, our researches tried to unveil the hidden musicality of human communication in natural language and to materialize it by means of sonification.

This paper presents some details and results of the research that investigated the musical dimension of human language, in particular of written, instant messaging (“chat”) conversations. A polyphonic model of natural language discourse was introduced, associated with a discourse analysis method, and with computer-based programs for automatic analysis of collaboration in conversations, in particular, and in discourse, in general (Trausan-Matu, 2010; 2013a; 2013b; Trausan-Matu, Dascalu and Rebedea, 2014). Moreover, the actuality of the idea of the polyphonic weaving of communication in natural language was tested by the sonification of chat conversations, that is, by generating a musical piece from the text of a conversation, as we shall describe later in this paper.

COMPOZIȚIA DE MUZICĂ CU INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ

Folosirea tehnicilor de inteligență artificială pentru compoziția automată de muzică a început doar câțiva ani după ce a început cercetarea în domeniul IA. Putem clasifica aceste abordări conform mai multor criterii. În primul rând, pornind de la tehnologia IA utilizată, există sisteme bazate pe cunoștințe (folosind sisteme de reguli de producție, bazate pe restricții etc.) și conexiuniste (cu rețele neuronale, algoritmi genetici etc.). O altă clasificare diferențiază programele de compoziție cu IA în cele utilizate pentru generarea de muzică total originală, pornind de la un set de principii sau pentru compoziție în stilul unui compozitor sau al unui gen muzical, prin învățare automată („machine learning”). O a treia clasificare identifică tehnicile IA aplicate compoziției muzicale, generării automate de acompaniamente și sonificării muzicale.

Sonificarea, în general, nu generează, ca rezultat, o piesă muzicală. De exemplu, o aplicație de sonificare este contorul Geiger, care generează semnale sonore cu frecvența în funcție de gradul de ionizare detectat într-un anumit loc. Totuși, există și sonificări care generează o ieșire care are caracteristicile unei piese muzicale - de exemplu, care generează un acompaniament muzical pentru o poezie (Stere și Trausan-Matu, 2017). Această lucrare descrie o abordare de sonificare muzicală, care pornește de la ideea că există o muzicalitate ascunsă în texte și, în special, în conversațiile de mesagerie instantanee (chat).

Putem spune că folosirea tehnicilor IA pentru compoziția muzicală este un alt exemplu al legăturii muzicii cu limbajul uman. Abordările IA bazate pe cunoștințe sunt similare cu cele folosite în procesarea limbajului natural. Din altă perspectivă, calculatoarele sunt programate în limbaje specifice, artificiale.

MODELUL POLIFONIC AL DISCURSULUI ÎN LIMBAJUL NATURAL

O contribuție importantă și cu multă influență în ultima perioadă în direcția legăturii dintre muzică și limbajul natural se datorează lui Mihail Bakhtin. El a analizat în detaliu discursul din romanele câtorva scriitori importanți și a identificat polifonia discursului în scrierile lui Dostoievski: „*O pluralitate de voci și conștiințe independente și neîngrădite, o polifonie autentică a vocilor pe deplin valide este de fapt principala caracteristică a romanelor lui Dostoievski*” (Bakhtin, 1993, p. 6). Cu toate acestea, el consideră polifonia romanelor doar o metaforă: „Trebuie remarcat că comparația pe care o facem între romanul lui Dostoievski și polifonie este înțeleasă ca o analogie grafică, nimic mai mult. Imaginea polifoniei și a contrapunctului punctează doar acele noi probleme care apar atunci când un roman este construit dincolo de limitele unității monologice obișnuite, la fel cum în muzică au apărut noi probleme când au fost depășite limitele unei singure voci. Dar materialul muzicii și al romanului sunt prea diferite pentru a exista ceva mai mult între ele decât o analogie grafică, o simplă metaforă” (Bakhtin, 1993, p. 22). Cu toate acestea, Mihailovici consideră că există dimensiuni teologice în concepția lui Bakhtin despre polifonie,

MUSIC COMPOSITION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The use of Artificial Intelligence techniques for automatic music composition began only several years after the research in the AI domain started. We may classify these approaches according to several criteria. First, starting from the *AI technology* used, there are *knowledge-based systems* (using production rules systems, based on restrictions, etc.) and *connectionist systems* (with neural networks, genetic algorithms, etc.). Another classification divides AI composition programs into those used for generating totally original music, starting from a set of principles or for composing music in the style of a composer or a musical genre, by machine learning. A third classification identifies AI techniques applied to music composition, automatic accompaniment generation, and musical sonification.

Sonification, in general, does not generate a musical piece as its result. For example, one application of sonification is the Geiger counter, which generates sound signals according to the degree of ionization detected in a given place. However, there are also sonifications that generate an output with the features of a musical piece - for example, a musical accompaniment for a poem (Stere and Trausan-Matu, 2017). This paper describes such a musical sonification approach, which starts from the idea that there is a hidden musicality in texts and, in particular, in instant messaging (chat) conversations.

We can say that music composition with AI techniques is another example of the link between music and human language: Especially knowledge-based approaches are similar to those used in natural language processing. From another perspective, computers are programmed in specific, artificial languages.

THE POLYPHONIC MODEL OF THE DISCOURSE IN NATURAL LANGUAGE

One important and influential contribution in the direction of relating music and text is due to Mikhail Bakhtin. He analyzed in detail the discourse in the novels of several important writers and identified the polyphonic weaving of the discourse in Dostoevsky's writings: “*A plurality of independent and unconfined voices and consciousnesses, a genuine polyphony of fully valid voices is in fact the chief characteristic of Dostoevsky's novels.*” (Bakhtin, 1993, p. 6). However, he considers the polyphony of novels to be a mere metaphor: “It must be noted that the comparison we draw between Dostoevsky's novel and polyphony is meant as a graphic analogy, nothing more. The image of polyphony and counterpoint only points out those new problems which arise when a novel is constructed beyond the boundaries of ordinary monologic unity, just as in music new problems arose when the boundaries of a single voice were exceeded. But the material of music and novels are too dissimilar, so that nothing more can exist between them than a graphic analogy, a simple metaphor.” (Bakhtin, 1993, p. 22). Nevertheless, Mihailovici considers that there are theological dimensions in Bakhtin's conception about polyphony, “seemingly resonant with trinitarian unity within diversity and the

„aparent rezonantă cu unitatea trinitară în cadrul diversității și cu noțiunea de discurs social întrupat sugerând un model incarnator” (Mihailovic, 1997, p.1).

În ideea unei legături mai profunde între polifonie în muzică și text, am introdus un model polifonic de discurs, aplicabil nu numai pentru romane (ca în lucrările lui Bakhtin), ci și pentru orice comunicare umană, scrisă, verbală sau chiar non-verbală (Trausan-Matu, 2010; 2013a; 2013b). Acest model stă la baza unei metode de analiză a discursului și a implementării mai multor platforme informatice folosind tehnici de inteligență artificială pentru prelucrarea limbajului natural în scopul analizei colaborării în conversațiile chat (Trausan-Matu, Dascalu și Rebedea, 2014; Dascalu, Trausan-Matu, McNamara, and Dessus, 2015).

Modelul polifonic al discursului în limbaj natural pornește de la exemplul muzical în care mai multe „voci” evoluează concomitent, fiecare având o „personalitate” distinctă, dar realizând un întreg coerent. Uneori pot apărea disonanțe, însă acestea sunt rezolvate în cele din urmă, acest proces aducând diversitatea unei piese muzicale, altfel potențial plictisitoare, la fel ca într-un roman sau film atrăgător, unde există întotdeauna un conflict. În muzică cuvântul „voce” este folosit într-un sens mai larg decât sunetul produs de o anumită persoană. Mai degrabă are sensul unui fir melodic cu o prezență distinctă, de exemplu, într-o fugă pe trei sau mai multe voci, care este interpretată la un singur instrument, de exemplu, la pian sau orgă.

Viziunea noastră este că o conversație coerentă și, în general, orice text, este ca o sesiune de jazz, în care mai mult de doi participanți („voci”) colaborează pentru a realiza un întreg coerent și, între timp, ei cântând la diferite instrumente, păstrându-și propria personalitate într-o manieră polifonică. „Vocile” în cazul limbajului natural sunt fire de idei care apar în timpul dezvoltării discursului și sunt dezvoltate ca artefacte (Trausan-Matu, 2012). Vocile, datorită coexistenței lor, pot intra în conflict, generând divergențe (disonanțe) care trebuie rezolvate prin convergențe (consonanțe), exact ca în cazul polifoniei muzicale (Trausan-Matu, 2010; Trausan-Matu, Dascalu și Rebedea, 2014). În Figura 1 sunt ilustrate fire de idei și divergențe / convergențe într-un fragment de chat.

notion of embodied social discourse highly suggestive of an incarnating model” (Mihailovic, 1997, p.1).

In the idea of a deeper connection between polyphony in music and text, I have introduced a polyphonic model of discourse, which is applicable not only for novels (like in Bakhtin’s work), but also for any human communication, written, verbal or even non-verbal (Trausan-Matu, 2010; 2013a; 2013b). This model stays at the basis of a discourse analysis method and of the implementation of several computer platforms using Artificial Intelligence (AI) techniques for natural language processing for the analysis of collaboration in chat conversations (Trausan-Matu, Dascalu and Rebedea, 2014; Dascalu, Trausan-Matu, McNamara, and Dessus, 2015).

The polyphonic model of natural language discourse starts from the musical example in which several ‘voices’ play concurrently, each of them having a distinct ‘personality’, but achieving a coherent whole. Sometimes dissonances may occur, but they are eventually solved, this process bringing diversity to an otherwise potentially boring musical piece, similarly to an attractive novel or movie, where a conflict is always present. In music the word ‘voice’ is used in a larger sense than the sound produced by a given person. It rather has the sense of a melodic thread with a distinct presence, for example, in a fugue on three or more voices, which is played on a single instrument, such as a piano or an organ.

Our vision is that a coherent conversation and, in general, any text, is like a jazz session, in which more than two participants (‘voices’) collaborate to achieve a coherent whole while playing various instruments and maintaining their own personality, in a polyphonic manner. The ‘voices’ in the case of natural language are threads of ideas that arise and are developed as artefacts (Trausan-Matu, 2012) during the discourse. Voices, due to their co-occurrence, may enter into conflict, generating divergences (dissonances) that need to be solved by convergences (consonances), exactly like in the case of musical polyphony (Trausan-Matu, 2010; Trausan-Matu, Dascalu and Rebedea, 2014). See Figure 1 for an illustration of threading and divergences/convergences in a chat.

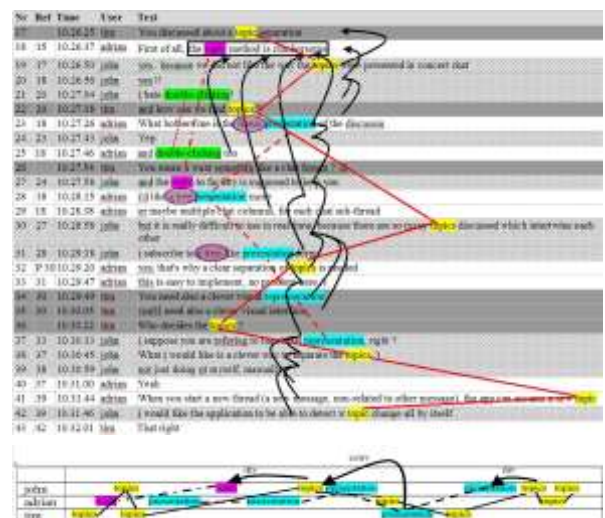
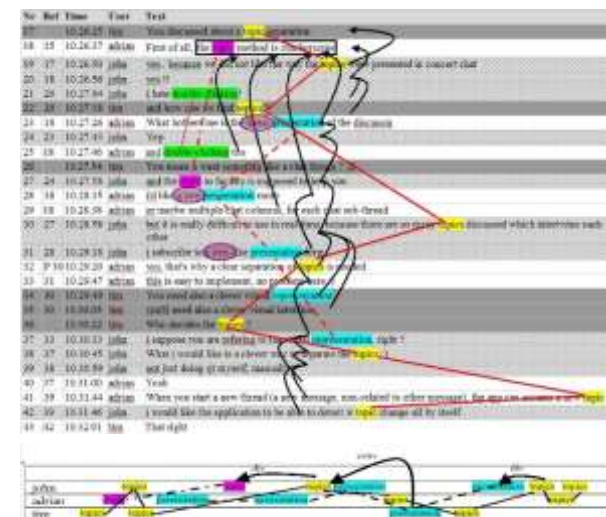


Figura 1. Fire de cuvinte repetate și de referințe (sus) și divergențele / convergențele dintre ele (jos)

Figure 1. Threads of repeated words, threads of references (up) and the divergences/convergences among them (down)

SONIFICAREA POLIFONIEI CONVERSAȚIILOR

Sonificarea polifoniei conversațiilor nu este un proces simplu. De la început trebuie făcută o diferență între o sonificare simplă și o piesă muzicală. Sonificarea asociază diferite clase de sunete la diferite caracteristici măsurabile ale unui fenomen, ale unui proces sau ale unei activități, rezultatul fiind rareori considerat ca muzică. De exemplu, contorul Geiger reprezintă prin sunete cantitatea de radiații; sunetele emise de o interfață a unui calculator sunt indicatori ai activității utilizatorului; diferența frecvenței sunetelor emise de un semafor indică culoarea pentru persoanele cu deficiențe vizuale.

Totuși, dacă sonificarea pornește de la ceva care are muzicalitate, cum ar fi discursul limbajului natural, așa cum am spus, rezultatul ar putea fi considerat muzical. Alte exemple ar putea fi sonificarea gesturilor unui dansator de balet sau ale dirijorului unei orchestre. S-ar putea chiar să considerăm că fiecare instrument muzical este un dispozitiv de sonificare, care traduce, de exemplu, mișcările degetelor unui pianist (controlate desigur, de intenționalitatea interpretului) în muzică.

Decizia dacă o sonificare sau rezultatul unei interpretări umane la un instrument sau o compoziție realizată de un om sau de un calculator este o piesă muzicală este uneori dificil de luat. Muzica este un artefact dependent socio-cultural și ar trebui să fie calificat ca atare de o comunitate. De exemplu, multe piese muzicale sau artă plastică generate de calculator, chiar dacă respectă niște reguli estetice teoretice, sunt considerate de multe ori ca evident fără caracteristicile inefabilului unei adevărate muzici sau arte. Compozitorii umani folosesc sunete generate de calculator, dar adaugă contribuția personală pentru a finaliza piesele muzicale.

Afirmăm că abordarea prezentată în această lucrare depășește limitările precizate mai sus, deoarece pornește de la discursul limbajului natural, o creație umană care, așa cum s-a discutat mai sus, are o muzicalitate intrinsecă. Putem spune că avem o sonificare, care, datorită polifoniei ascunse a discursului limbajului natural, rezultă într-o muzicalitate reală.

După cum s-a menționat mai înainte, modelul polifonic al discursului limbajului natural consideră ca fiind voci firele de idei. Identificarea lor în texte se face folosind tehnici de prelucrare a limbajului natural din IA (Jurafsky și Martin, 2009). Ideile și conceptele sunt deduse din repetarea cuvintelor sau expresiilor, considerând inclusiv sinonime și cuvinte apropiate semantic, care, datorită utilizării repetate, devin artefacte (Trausan-Matu, 2012).

Punctul de pornire pentru sonificare este textul conversațiilor mesageriei instant (chat), în care trei până la cinci elevi au discutat pentru o temă de acasă concepte dintr-o prelegere anterioară. Fiecare dintre ei a fost însărcinat să apere un anumit concept în discuția cu ceilalți participanți și, în cele din urmă, li s-a spus elevilor să încerce să găsească niște punți de legătură între subiectele lor (Trausan-Matu, Dascalu și Rebedea, 2014).

Programul de calculator de sonificare este interactiv. Utilizatorul poate alege ca „voci” dintre conceptele desemnate sau cele mai frecvente concepte / idei ale conversației, detectate cu tehnicile de prelucrare a

SONIFICATION OF THE POLYPHONY OF CONVERSATIONS

The sonification of the polyphony of conversations is not a straightforward process. From the very beginning a differentiation should be made between a simple sonification and a musical piece. Sonification associates different classes of sounds to different measurable features of a phenomenon, a process or an activity, the result being rarely considered as music. For example, a Geiger counter indicates, through sounds, the amount of radiation; the sounds emitted by a computer interface are indicators of the activity of the user; the different frequency in the sounds emitted by traffic lights indicates the colour for people with visual deficiencies.

However, if the sonification starts from something having musicality, like natural language discourse, as we have stated, the result might be considered musical. Other examples might be the sonification of the gestures of a performing ballet dancer or of an orchestra conductor. We might even consider that each musical instrument is a sonification device that ‘translates’, for example, the finger movements of a piano player (which are controlled, of course, by the intentionality of the performer) into music.

The decision if a sonification or the result of a human performance on an instrument or a composition made by a human or a computer is a musical piece is sometimes difficult to take. Music is a socio-culturally dependent artefact and it should be qualified as such by a community. For example, many computer-generated musical pieces, as well as computer graphic art, are many times considered, in spite of their following some theoretical esthetical rules, as obviously lacking the ineffable features of a real piece of art or music. Human composers use computer-generated sounds, but they add their personal contribution to finalize the musical pieces.

We assert that the approach presented here overcomes the above-mentioned limitations, because it starts from natural language discourse, a human creation that has, as discussed above, an intrinsic musicality. We can say that we have a sonification, which, due to the hidden polyphony of the natural language discourse, results in a real musicality.

As was mentioned before, the polyphonic model of natural language discourse considers the threads of ideas as being voices. Their identification in texts is done using AI natural language processing techniques (Jurafsky and Martin, 2009). Ideas and concepts are inferred from the repetition of words or phrases, including synonyms and semantically related words, which, due to their repeated usage, become artefacts (Trausan-Matu, 2012).

The starting point for sonification was the text of instant messaging conversations (‘chats’) in which three to five students discussed concepts from a previous lecture for their homework. Each of them was assigned a topic to defend in the chat dispute with the other participants and, in the end, students were told to try to find some joining bridges between their topics (Trausan-Matu, Dascalu, and Rebedea, 2014).

limbajului natural. Pentru fiecare idee / voce, utilizatorul are posibilitatea de a atribui un instrument și o notă. Durata notelor se calculează automat în funcție de durata replicilor care conțin ideile respective. În plus, programul face și alte câteva ajustări pentru a asigura sincronizările necesare și alte detalii temporale necesare (Calinescu și Trausan-Matu, 2013). Ieșirea programului de sonificare a computerului este un fișier MusicXML care conține piesa muzicală.

Rezultatul sonificării a fost apreciat ca remarcabil de profesorul și compozitorul Șerban Nichifor. Mai multe sonificări generate de programul descris mai sus au fost aranjate de el și au fost prezentate la Ateneul Român din București într-un concert cameral pe 5 februarie 2014. Ele pot fi ascultate pe youtube la adresa <https://www.youtube.com/watch?v=YfuKFdG7ymQ&t=33s>

CONCLUZII

Ideea principală a cercetării prezentate aici este că muzica și limbajul natural au un nucleu comun, specific doar ființelor umane. Cazul considerat în experimentare sunt conversațiile chat, care au o muzicalitate manifestată într-o țesătură polifonică ce poate fi regăsită în structura lor de discurs. Rolul vocii în cadrul polifonic este preluat de firele de idei care pot fi detectate prin tehnici de inteligență artificială pentru procesarea limbajului natural. Sonificarea țesăturii polifonice se realizează prin generarea unei piese muzicale pornind de la vocile detectate. Programul calculează detaliile temporale. Utilizatorul selectează notele și instrumentele. Mai multe sonificări au fost aranjate și prezentate într-o sală de concerte, ceea ce a dovedit viabilitatea ideilor de cercetare.

The sonification software is interactive. The user may choose 'voices' from among the assigned concepts or the most frequent concepts/ideas of the conversation, detected with the AI natural language processing techniques. For each idea/voice, the user has the possibility to assign an instrument and a note. The duration of notes is automatically computed according to the duration of the utterances containing the corresponding ideas. Several other adjustments are done in order to assure synchronization and other needed temporal details (Calinescu and Trausan-Matu, 2013). The output of the sonification software is a MusicXML file containing the musical piece.

The result of sonification was appreciated as remarkable by professor and composer Șerban Nichifor. Several sonifications generated with the above described software were arranged by him and played at the Romanian Athenaeum in Bucharest in a cameral concert on February 5, 2014. They can be listened to on youtube at the address <https://www.youtube.com/watch?v=YfuKFdG7ymQ&t=33s>

CONCLUSIONS

The main idea of the research presented herein is that music and language have a common core, specific only to human beings. The case considered for experimentation is chat conversations, which have a musicality manifested in a polyphonic weaving that can be found in their discourse structure. The role of voices in the polyphonic framework is assigned to threads of ideas, which can be detected by using artificial intelligence techniques for natural language processing. The sonification of the polyphonic weaving is performed by generating a musical piece starting from the detected voices. The program computes the temporal details. The user selects notes and instruments. Several sonifications have been arranged and played in a concert hall, which proved the viability of the research ideas.

BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- [1] Bakhtin, M. M. (1993). *Problems of Dostoevsky's poetics*. University of Minnesota Press, Minneapolis
- [2] Balint, M., Dascalu, M., Trausan-Matu, S., (2016). Classifying Written Texts through Rhythmic Features. In *15th Int. Conf. on Artificial Intelligence: Methodology, Systems, and Applications (AIMSA 2016)* Varna, Bulgaria: Springer, 121–129.
- [3] Boychuk, E., Paramonov, I., Kozhemyakin, N., Kasatkina, N. (2005) Automated Approach for Rhythm Analysis in French, *Proceeding of the 15th Conference of FRUCT Association*
- [4] Calinescu, A., Trausan-Matu, S. (2013) A System for Sonification of Chat Conversations, *Annals of the Academy of Romanian Scientists, Series on Science and Technology of Information*, vol. 6, nr. 2, 23-42.
- [5] Dascalu, M., Trausan-Matu, S., McNamara, D. S., Dessus, P. (2015). ReaderBench - Automated evaluation of collaboration based on cohesion and dialogism, *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 10 (4), 395-423
- [6] Dascălu-Jinga, L. (2001) *Melodica vorbirii în limba română*, București, Univers Enciclopedic
- [7] Dinu, M. (1986) *Ritm și rimă în poezia românească*, Editura Cartea Românească, București

- [8] [Eco](#), U. (1998) *Six Walks in the Fictional Woods*, Harvard University Press
- [9] Jackendoff, R., Lerdahl, F. (2006) The capacity for music: What is it, and what's special about it?, *Cognition* 100, 33–72
- [10] Jurafsky, D. and Martin, J.H. (2009) *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Speech Recognition, and Computational Linguistics*. 2nd edition. Prentice-Hall.
- [11] Kennedy, J.B. (2011) *The Musical Structure of Plato's Dialogues*. Durham: Acumen Press
- [12] Marcus, S. (1970) *Poetica Matematică*, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București
- [13] Mihailovic, A. (1997) *Corporeal Words: Mihail Bakhtin's Theology of Discourse*, Northwestern University Press
- [14] [Niculescu](#), I.D., Trausan-Matu, S. (2017) Rhythm analysis in chats using Natural Language Processing, *Conferinta Nationala de Interactiune Om-Calculator*, Craiova, 69-74
- [15] Sacks, O., (2007) *Musicophilia. Tales of Music and Brain*, Alfred A. Knopf Inc.
- [16] Schellenberg, E.G., and Weiss, M.W. (2013) Music and Cognitive Abilities, In *The Psychology of Music* (Third Edition), Academic Press, 499-550
- [17] Stere, C-C., Trausan-Matu, S. (2017) Generation of musical accompaniment for a poem, using artificial intelligence techniques. *Revista Română de Interactiune Om-Calculator* 10(3), 250-270
- [18] Tannen, D. (1989) *Talking Voices: Repetition, Dialogue, and Imagery in Conversational Discourse*. Cambridge University Press.
- [19] Trausan-Matu, S. (2010) 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
- [20] Trausan-Matu, S. (2012) Repetition as Artifact Generation in Polyphonic CSCL Chats, *Third International Conference on Emerging Intelligent Data and Web Technologies*, IEEE Conference Publications, 194-198
- [21] Trausan-Matu, S. (2013a) Collaborative and Differential Utterances, Pivotal Moments, and Polyphony, in Daniel D. Suthers, Kristine Lund, Carolyn Penstein Rosé, Chris Teplovs, Nancy Law (Eds.), *Productive Multivocality in the Analysis of Group Interactions*, Computer-Supported Collaborative Learning Series Volume 15, 2013, Springer, New York, 123-139
- [22] Trausan-Matu, S. (2013b) A Polyphonic Model, Analysis Method and Computer Support Tools for the Analysis of Socially-Built Discourse, *Romanian Journal of Information Science and Technology*, vol. 6, nr. 2-3, 144–154
- [23] Trausan-Matu, S., Dascalu, M., Rebedea, T (2014) PolyCAFe—automatic support for the polyphonic analysis of CSCL chats, *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 06/2014; Volume 9(2), Springer, 127-156
- [24] Wan, C.Y. and Schlaug, G. (2013) Brain Plasticity Induced by Musical Training, In *The Psychology of Music* (Third Edition), edited by Diana Deutsch, Academic Press, 565-581