

# Generisanje notnih zapisa u nastavi solfeđa sa stanovišta informacionih tehnologija

Ivana Milošević  
Niš, Srbija  
ivana44yu@gmail.com

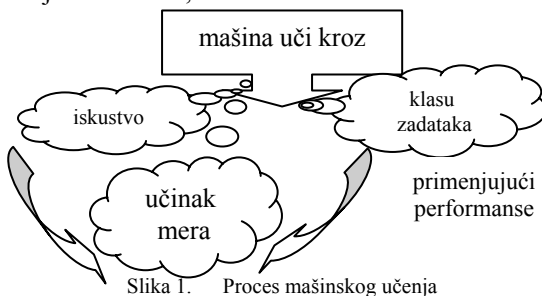
**Sadržaj-** Informacione tehnologije uvode jedan novi pristup u interaktivnom generisanju muzike i njene prezentacije, pa na taj način proširuju sadržaj teorije muzike i metodologije nastave solfeđa. Ovi pristupi su zasnovani na računaru, pa se tako za generaciju muzike i tonskog pevanja koriste veštački algoritmi u virtualnom okruženju. Tehnike mašinskog učenja i verovatnića statističke analize u ovom slučaju predstavljaju osnovne platforme na kojima se ovi algoritmi razvijaju. Algoritmi analiziraju sekvence nota i druge muzičke parametre kao što su dužina nota, jačina, predznaci, tempo, njihove modifikacije, gustinu ponavljanja sekvenci nota, koristeći ih za pripremu tabela verovatnoće na osnovu kojih će se generisati nova muzika. U radu su korišćena tematska muzička dela u okviru nastave solfeđa kao ulazni parametri za analizu (formati mxml, mcm, abc), MC Music Editor i aplikacija MuseScore za pripremu podataka, i platforma MATLAB za analizu.

**Ključne reči - Metodika; IT; Solfeđo; Matlab; Statistička analiza, Mašinsko učenje, Generisanje muzike.**

## I. Uvod

Postoje razni matematički modeli koji se koriste za svaki određeni pristup generisanju muzike, počev od fraktalnih složenih metoda, stohastičkih i L-sistema, Markovljevog modela, pa do dosta jednostavnijih modela primenom tabela verovatnoće i statistike. Cilj ovog rada je prikaz mogućnosti primene aplikacija na osnovu kojih se mogu stvoriti jedinstveni muzički zapisi zasnovani na tehnologijama mašinskog učenja i statističke analize.

Mašinsko učenje pripada oblasti veštačke inteligencije i odnosi se na izgradnju i proučavanje sistema koji mogu učiti i donositi logičke zaključke iz mase podataka [1]. Kompjuterski program uči iz iskustva, u odnosu na neke klase zadataka i učinak mera, pri čemu realizovanje klase zadataka, poboljšano iskustvenim sadržajima na osnovu predviđenih mera, daje odgovarajuće rezultate, Sl. 1.



Slika 1. Proces mašinskog učenja

Osnovni principi mašinskog učenja u E - learning nastavi sastoje se u tome da nastavnik, u uslovima masovne nastave, prenese deo svojih funkcija na specijalne uređaje za učenje, koji u tom slučaju omogućuju ispunjenje svih onih bitnih uslova koji su inače mogući samo u individualnom radu. A to su:

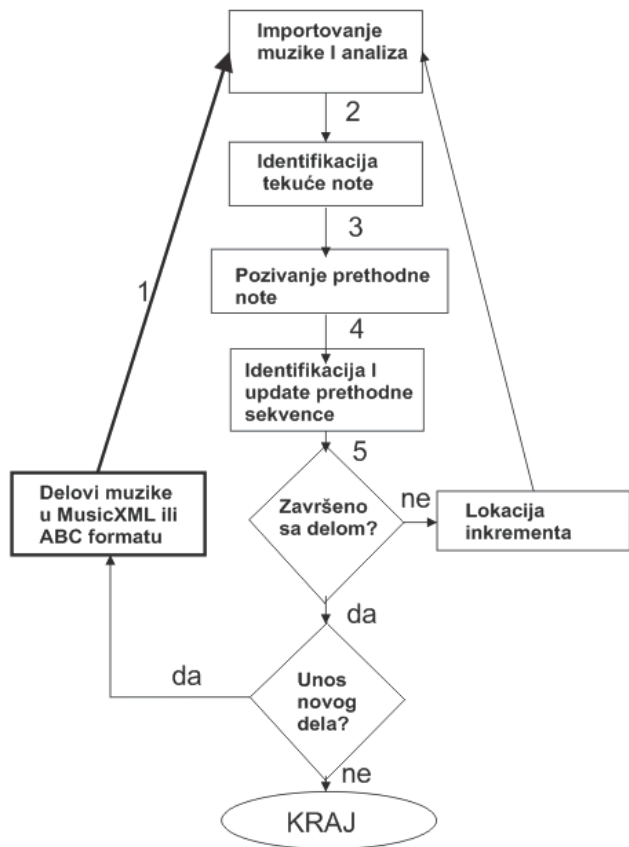
- istovremeno prihvatanje informacija od svakog učenika pojedinačno, njihovo analiziranje i shvatanje;
- istovremeno podučavanje svakog učenika, koristeći pri tome metode koje su optimalne za svakog pojedinog učenika;
- istovremeno obavljanje nastave tempom koji odgovara svakom učeniku pojedinačno;
- istovremeno stvaranje rešenja o optimalnim načinima obučavanja raznih učenika;
- istovremeno ostvarivanje neposrednog proveravanja i obaveštavanja učenika o tačnosti svakog njegovog odgovora, stvarajući pri tome pozitivnu motivaciju svakog učenika na ono šta uči;
- istovremeno obnavljanje onih informacija posle kojih je svaki pojedinačni učenik davao netačne odgovore, onoliko puta koliko je to svakom učeniku potrebno da bi shvatio dati problem (informaciju) i odgovorio tačno na postavljena pitanja;
- istovremeno održavanje što veće pažnje i aktivnosti svakog učenika u toku rada;
- izbegavanje svih subjektivnih faktora nastavnika, koji su uticali na ispitivanje i ocenjivanje učenikovog znanja, odnosno na određivanje nivoa savladanosti programiranog gradiva.

Statistička analiza je sredstvo za analizu verovatnoće pojave uzoraka. Statistički pristup uključuje stvaranje tabele podataka koja će se naknadno koristiti za generisanje i analizu muzičkog zapisa. Takva tabela verovatnoća je stvorena sedećim postupkom:

- Identifikacija trenutnog indeksa u setu podataka
- Definisanje i razvoj odnosa između prethodnih i tekućih nota
- Snimanje odnosa

U tom procesu, skup podataka iz muzičkog zapisa može se definisati u odnosima između sadržaja notnih podataka i njihovog skupa. Ti odnosi se beleže u bazu i koriste u daljem generisanju i analizi muzike i svih njenih elemenata.

Note su jedinstvene sekvence, koje se mogu svrstati u klaster. Za stvaranje softvera za prepoznavanje nota, potrebno je znanje oko detalja koje treba identifikovati. U tom slučaju, algoritam mora identifikovati note, njihovo trajanje i oblik, Sl. 2. Raspoznavanje uzoraka notnog zapisa je studija o tome kako mašine mogu posmatrati okolinu i izdvojiti sve procese ponavljanja nota, naučiti razlikovati jedinstvene note, i donositi odluke na temelju njihovih sekvenci.

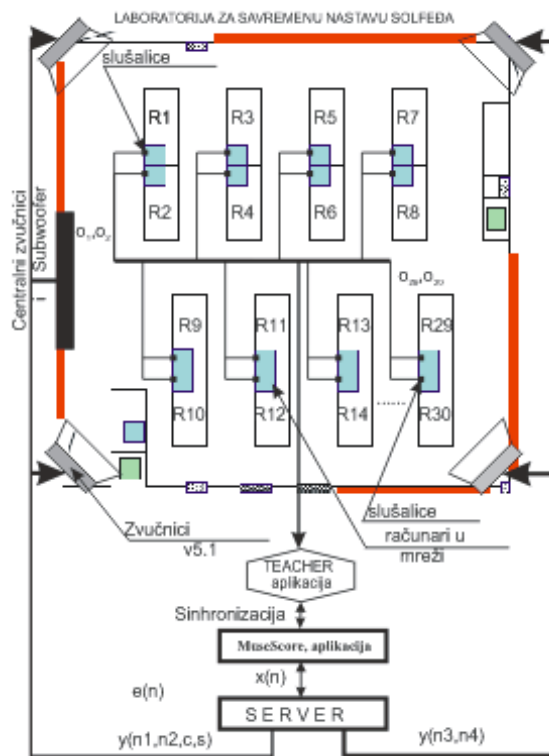


Slika 2. Statistička analiza

Pri razvijanju takvog algoritma, potrebno je uključiti integrisano razvojno okruženje (IDE - Integrated Development Environment). Analizu sekvenci nota IDE završava vrlo uspešno, smeštajući rezultate u matrice i polja za narednu obradu u MATLAB\_u. MATLAB tada sledi osnovnu sintaksu jezika, i ima ugrađene alate za ovo specifično područje. Pri tome moramo imati softverski alat za prevođenje muzičkog notnog zapisa u format MATLAB koda.

U radu se koristi standardizovani ABC format muzičkog zapisa i za to prikladan MC Music Editor. Međutim, MATLAB okruženje dozvoljava rad i sa MusicXML podacima, može jednako dobro da ih analizira, pa se u ovom slučaju može upotrebiti i aplikacija MuseScore.

Prednost ove aplikacije je i ta što se uklapa u projekat laboratorije za E - learning sistem učenja solfeđa, profesor može pratiti rad svakog studenta u okviru laboratorije, dobijati interaktivno podatke o njihovom radu, studenti mogu samostalno rešavati zadate diktate, ispravljati ih i preslušavati, smeštati u PDF format i predati profesoru na ocenjivanje, Sl. 3.

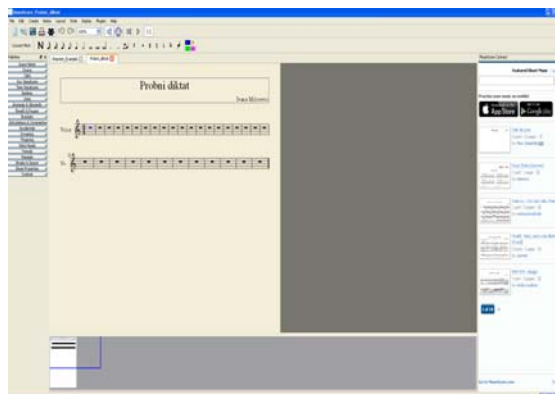


Slika 3. Laboratorija za savremenu nastavu solfeđa

Slušanje muzike na časovima solfeđa ima za cilj ne samo da probudi kod učenika interesovanje i izazove izvestan emotivni odnos prema muzici, već i da ih upozna sa osnovnim muzičkim vrstama, da ih uvede u arhitektoniku melodije i muzičkih formi, da izoštri sposobnost opažanja pojedinih muzičkih pojava i dr.

## II. Mogućnosti upotrebe aplikacije MuseScore

Aplikacija MuseScore poseduje brojne karakteristike koje je čine lakom i pogodnom za korišćenje, kako u učionici, tako u mrežnom okruženju, u zavisnosti od načina na koji je program licenciran i objektivnih mogućnosti za upotrebu u okviru akademije i škole. Osnovni prozor aplikacije izgleda, Sl. 4.



Slika 4. Osnovni prozor aplikacije



Paleta alata dozvoljava vrlo jednostavno definisanje muzičkog ključa, određivanje tempa, takta, izbor i pozicioniranje nota, izbor instrumenta ili pripreme za čitanje sa lista, izbor predznaka, partiture, itd. Pisanje nota u notnom sistemu je takođe vrlo jednostavno, Sl.5. uz mogućnost dodatnog editovanja nota i reprodukcije kompletnog sadržaja, pa na kraju i štampanje partiture u PDF formatu. Međutim, pored ovoga, za dalju analizu muzičkog sadržaja potrebno je prilagoditi formate zapisa koji se mogu obrađivati u Matlab\_u, što zahteva konverziju MS osnovnog mscx formata u xml, Sl. 6.:



Slika 5. Probni diktat

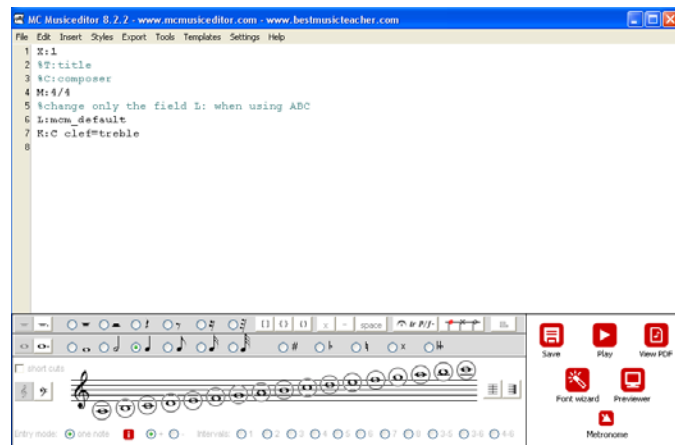
```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<!DOCTYPE score-partwise (View Source for full doctype...)>
-<score-partwise version="1.0">
-<identification>
-<encoding>
<software>MuseScore 1.3</software>
<encoding-date>2015-02-03</encoding-date>
</encoding>
</identification>
.....
<credit page="1">
<credit-words default-x="595.276" default-y="1627.09" font-size="24"
justify="center" valign="top">Probni diktat</credit-words>
</credit>
-<credit page="1">
<credit-words default-x="1133.86" default-y="1560.09" font-size="12"
justify="right" valign="top">Ivana Milosevic</credit-words>
</credit>
-<credit page="1">
<credit-words default-x="595.276" default-y="113.386" font-size="8"
justify="center" valign="bottom">02.02.2015.</credit-words>
</credit>
-<part-list>
-<score-part id="P1">
<part-name>Voice</part-name>
<part-abbreviation>Vo.</part-abbreviation>
-<score-instrument id="P1-I3">
<instrument-name>Voice</instrument-name>
</score-instrument>
-<midi-instrument id="P1-I3">
<midi-channel>1</midi-channel>
<midi-program>53</midi-program>
<volume>78.7402</volume>
```

Slika 6. Konvertovan mscx format u MusicXML

Ovaj muzički format pogodan je za implementaciju u bazu podataka Matlab\_a i njegovu dalju obradu. Pre implementiranja opisanog muzičkog algoritma analize u MATLAB skript jezik, nekoliko muzičkih zapisa je uvezeno pomoću MusixXML. Međutim, postoje i oni formati koji nemaju korespondirajuće MusicXML fajlove jer kao izlaz nude ABC datoteke. Ove datoteke se koriste za vezu sa drugim Music XML fajlovima.

### III. Mogućnosti upotrebe aplikacije MC Music Editor

MC Music Editor je slobodan / open source softver za zapisivanje muzike, zasnovan na osnovama muzičke teorije i prakse, predviđen za lakše pisanje partitura i ostalih muzičkih zapisa. Razvijen od strane Reinier Maliepaard, psihologa, softverskog inženjera, muzičara i profesora na Konzervatorijumu ArtEZ u Holandiji. Editor daje profesionalne rezultate i predstavlja najlakši način za pisanje, editovanje, stvaranje partitura iz osnovne melodije i zapisivanje u mnoštvu formata. MC Music Editor koristi modifikaciju ABC-jezika, koji je izumeo Chris Walshaw. ABC je jezik jednostavan za korišćenje i kao rezultat može stvoriti muzičke partiture za složene simfonije iz osnovne melodije. MC Music Editor se koristi za konvertovanje muzičkog zapisa u notacioni format pogodan za importovanje u Matlab okruženje i formiranje baze podataka. Osnovni ekran izgleda Sl. 7.

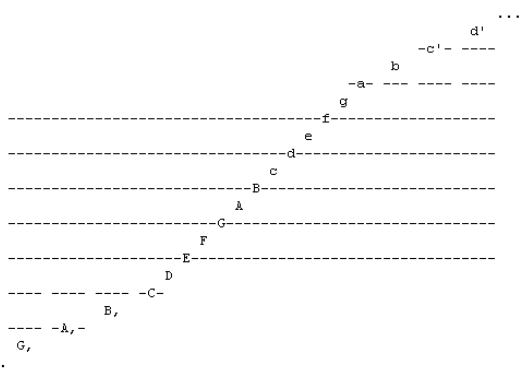


Slika 7. Osnovni prozor MC Music Editora

Slova u početnom prozoru označavaju:

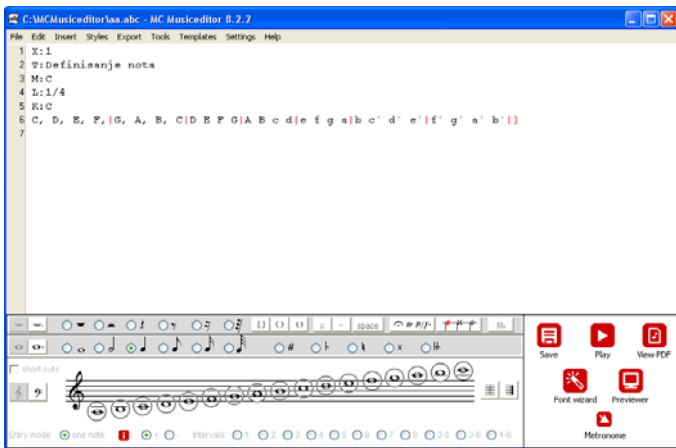
- X: označava broj sekvenci.
- T: označava naslov kompozicije
- C: označava ime kompozitora
- N: komentari
- M: označava takt
- L: dužina note po difoltu
- K: označava notni ključ
- X: i T: su dve prve, a K zadnja hederska linija

ABC notacija se u ovom slučaju grafički, na notnom sistemu može predstaviti svojim oznakama, Sl. 8.



Slika 8. ABC nomenklatura nota u notnom sistemu

Na osnovu toga, možemo napisati ABC skript za skalu tonova i predstaviti je u PDF formatu, Sl.9.



ABC definisanje nota



Slika 9. ABC skript i predstava u PDF formatu

Trajanje nota po difoltu određujemo izvršavanjem sledećeg skripta, Sl. 10.:

```
X:1
T:Trajanje nota i trajanje po difoltu
M:C
K:C
L:1/16
A/2 A/ A/ A A3 A4 A5 A6 A7 A8 A12 A15 A16]]
L:1/8
A/ A/ A/ A/ A A3 A4 A5 A6 A7 A8 A12 A15]]
L:1/4
A/ A/ A/2 A/ A A3 A4 A5 A6 A7]]
```

Trajanje nota i trajanje po difoltu



Slika 10. Trajanje nota po difoltu

Predznaci se takođe na jednostavan način mogu definisati sledećim skriptom, Sl.11.

```
X:1
T:Predznaci
M:C
K:C
_A _A =A ^A ^^A|]
```

Predznaci

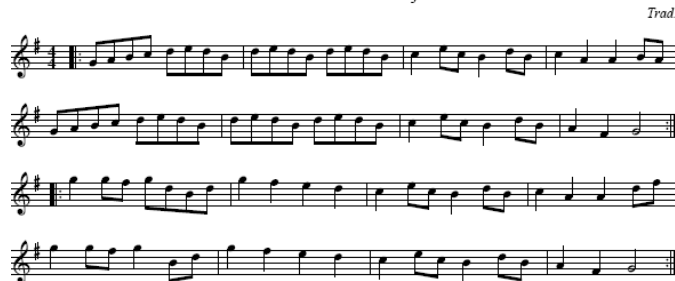


Slika 11. Predznaci

Na sledećoj slici Sl. 12. je prikazan malo složeniji notni zapis u ABC notaciji i njegov izgled u PDF fajlu.

```
X:1
T:Primer ABC notacije
M:4/4
C:Trad.
K:G
!:GABc dedB|dedB dedB|cdec BdB|c
GABc dedB|dedB dedB|cdec BdB|A
|:g'gf' gdBd|g'f' e'd'|cdec BdB|c
g'gf' g' Bd|g'f' e'd'|cdec BdB|A
```

Primer ABC notacije



Slika 12. Primer ABC notacije i njen izgled

Kao što možemo zaključiti, pisanje nota, komponovanje, preslušavanje i editovanje muzičkih zapisa postaje dosta lako, računajući na to da je u prošlosti ovaj zadatak kompozitorima i aranžerima zadavao poteškoće.

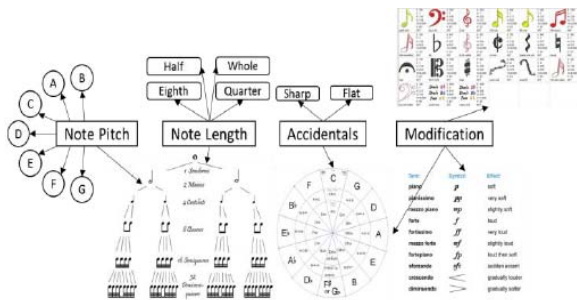
#### IV. ANALIZA I SINTEZA NOTNOG ZAPISA U MATLAB\_U

Matlab skript mora da ispuni tri cilja:

- a) *importovanje delova muzike i kreiranje muzičke baze,*
- b) *analizu delova muzičke baze korišćenjem mašinskog učenja i statističke analize*
- c) *generisanje nove muzike bazirane na obavljenoj analizi*

MATLAB jezik obuhvata različite API \_je za XML šeme i gramatičku analizu [15]. Oni su korišćeni za čitanje MusicXML datoteka i pretvaranje njihovog sadržaja u čitljive entitete baze podataka. Raščlanjivač ili parser je napisan za datoteke u ABC formatu. Oba parsera (XML i ABC) su modifikovani kako bi stvorili isti izlazni format za muzičku bazu podataka. Osnovni entiteti ove baze podataka su: visina note, jačina note, dužina note, očekivana nota i njena

modifikacija. Format baze podataka prikazan je na sledećoj slici, Sl. 13.



Slika 13. Format baze podataka muzičkih delova svake note

Baza podataka se analizira pomoću statističkih metoda. Pošto svaki tematski deo (notni zapis, rok, klasika, instrumentalna muzika, itd.) ima skup različitih signala, svoju morfologiju, statistička analiza daje generaliziranu matricu identifikatora sekvenca i nota za kreiranje novih muzičkih zapisa. Ovakav muzički zapis može se dalje analizirati upotrebom različitih alata ugrađenih u Matlab.

#### LITERATURA

- [1] Borivoje Milošević, Danica Milošević, Slobodan Obradović, "Mašinsko učenje u obrazovanju", INFOTEH-JAHORINA Vol. 13, March 2014, Republika Srpska.
- [2] Borivoje Milošević, Slobodan Obradović, Perica S. Štrbac, "MATLAB i mašinsko učenje", INFOTEH-JAHORINA Vol. 13, March 2014, Republika Srpska.
- [3] Ida Vujović, Jelena Beočanin-Mijanović, "From Textbook, through Practicum, to Handbook for Teachers: Solfège Books in Serbia", Dutch journal of music theory, volume 17, number 3 (2012)
- [4] Gordana Manojlović – Kovačević, "Upotreba aplikacije MUSICTHEORY.NET u nastavi solfeda I teorije muzike u muzičkim školama", INFOTEH-JAHORINA Vol. 9, Ref. E-IV-16, p. 692-696, March 2010.
- [5] D. Radičeva, "Metodika komplementarne nastave solfeda i teorije muzike", Cetinje: Muzička akademija 2000.
- [6] Gordana Manojlović - Kovačević, "Upotreba softverskog paketa Auralia u nastavi solfeda u osnovnoj muzičkoj školi", INFOTEH-JAHORINA Vol. 11, March 2012.
- [7] Maja Lutovac, "Softver za testiranje muzičkog znanja", Telekomunikacioni forum TELFOR 2010 Srbija, Beograd, novembar 23.-25., 2010

- [8] Gordana Manojlović – Kovačević, "Upotreba aplikacije MUSITION u nastavi teorije muzike u osnovnim muzičkim školama", INFOTEH-JAHORINA Vol. 11, March 2011.
- [9] Milena Rajković, Dragan Milosavljević, Zoran Milivojević, "Inharmoničnost bas opsega pijanina August Förster", INFOTEH-JAHORINA Vol. 12, March 2013.
- [10] Greg Ristow, "An Introduction to the Solfege Pedagogy"
- [11] Biljana Jeremić, "Efekti primene inovativnih metodičkih pristupa u nastavi muzičke kulture", doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, FILOZOFSKI FAKULTET, 2013.
- [12] Sanja Šamanić, "Metodički priručnik za glazbeni praktikum"
- [13] MuseScore handbook, Retrieved from <http://musescore.org> on Mon, 02/18/2013
- [14] MC Musiceditor - User guide, Copyright 2012-2014 - Reinier Maliepaard - [www.mcmusiceditor.com](http://www.mcmusiceditor.com)
- [15] Abhijit Suprem, Manjit Ruprem, "A New Composition Algorithm for Automatic Generation of Thematic Music from the Existing Music Pieces", Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2013 Vol II WCECS 2013, 23-25 October, 2013, San Francisco, USA

#### ABSTRACT

Information technologies introduce new approaches to interactive generation of music and music presentation, and thus extend the content of music theory and methodology of teaching solfeggio. These approaches are computer-based meaning that artificial algorithms can be used in a virtual environment for the generation of music and note singing. The techniques of machine learning and the probability of statistical analysis in this case represent the basic platforms on which these algorithms are developed. Algorithms analyze sequences of notes and other musical parameters such as the length of notes, their strength, signs, pace, modifications, and the density of note sequence repetition, using these data to prepare tables of probability on the basis of which new music will be generated. This paper relied on topical musical works in teaching solfeggio as input parameters for analysis (formats .mxml, mcm, abc) as well as the MC Music Editor, MuseScore applications for data preparation and the MATLAB platform for analysis.

#### GENERATING NOTATIONS IN TEACHING SOLFEGGIO FROM THE PERSPECTIVE OF INFORMATION TECHNOLOGY

Ivana Milošević