

Harmonijska analiza glazbe korištenjem valićne transformacije

Lovre Mrčela

15. siječnja 2017.

Sažetak

U ovom radu provedena je harmonijska analiza glazbe upotrebom računala. Harmonija u glazbi u najširem smislu podrazumijeva istovremeno zvučanje više tonova, te odnos među njima. Pri analizi zvučnog signala korištena je valićna transformacija.

Svrha rada je automatizirana računalna obrada malog glazbenog isječka, te izvlačenje neke korisne informacije: tonaliteta, akorda ili pojedinih tonova melodije.

1 Uvod

Budući da je tema ovog rada glazba, u nastavku su objašnjeni neki osnovni glazbeni pojmovi koji su proučavani. Također, pojašnjena je uloga valićne transformacije, te koji su problemi pri izvlačenju glazbenih tonova iz dobivene transformacije.

1.1 Glazbeni pojmovi

Pojednostavljeno govoreći, može se reći da je glazba niz tonova u vremenu proizvedenih na glazbenom instrumentu (uključujući i ljudski glas), gdje svaki ton ima svoju *visinu*, *trajanje*, *glasnoću*, i *boju*. Jedan instrument, može proizvesti tonove različite visine, trajanja i glasnoće, dok svojstvo boje tona omogućuje razlikovanje instrumenata. U užem smislu, pojam glazbenog tona se poistovjećuje sa njegovom visinom (npr. ton *c*).

Što se tiče sadržaja, glazba se može sastojati od istaknutih tonova koji čine melodiju, i pasivnih tonova koji čine pratnju toj melodiji; u tom slučaju radi se o *homofonoj* glazbi. Suprotno tome, glazba se može sastojati od više samostalnih melodija, i tada se radi o *polifonoj* glazbi.

Harmonijska analiza proučava vertikalnu strukturu glazbe: koji tonovi se čuju u određenom vremenskom trenutku, te koji je njihov međusoban odnos. Za razliku od harmonijske, *melodijska ana-*

liza proučava horizontalnu strukturu glazbe: koji slijed tonova u vremenu čini melodiju, te koji je odnos između njih. Dodatno, *polifonijska analiza* je kombinacija dviju navedenih, te ona proučava kretanje više melodija istovremeno, i njihov odnos. Ovaj rad bavi se harmonijskom, te u manjoj mjeri, melodijskom analizom.

Na koncu, valja napomenuti da pojam *akord* označava istovremeno zvučanje dvaju ili više tonova, te pojam tonaliteta u najširem smislu podrazumijeva tonove od kojih je glazbeni isječak sastavljen.

1.2 Uloga transformacije

Format u kojem je glazba snimljena na računalu nije pogodan za detaljnu harmonijsku analizu, budući da se radi o “spljoštenom” jednodimenzionalnom signalu u vremenu. Cilj valićne transformacije je “izvući” amplitudu signala na pojedinim frekvencijama, kako bi se iz nje mogli rekonstruirati snimljeni tonovi.

Amplitudno-frekvencijski sastav glazbenog tona u vremenu je složen. Jedan glazbeni ton nije sastavljen od samo jedne frekvencije, niti jedna frekvencija u određenom vremenskom trenutku pripada nužno jednom tonu. Naime, svojstvo boje tona glazbenog instrumenta uvjetuje pojavu dodatnih frekvencija, tzv. *aliquota*, uz temeljnu frekvenciju koja je određena visinom tona. Gledajući valićnu transformaciju, teško je odrediti koje frekvencije su temeljne, a koje određuju boju tona. Ovaj problem detaljnije je opisan u potpoglavlju 3.1. Dodatno, u vremenskoj dimenziji jedan ton ravna se prema ADSR ovojnici, što otežava izdvajanje tona u vremenu. Ovaj problem detaljnije je opisan u potpoglavlju 3.2.

2 Valićna analiza

U ovom radu koristi se tzv. ‘bump’ valić iz MATLAB-ovog *wavelet* paketa, čija Fourierova transformacija ima oblik:

$$\Psi(a\omega) = \exp \left(1 - \frac{1}{1 - \frac{(a\omega - \mu)^2}{\sigma^2}} \right)_{\left[\frac{\mu - \sigma}{a}, \frac{\mu + \sigma}{a} \right]},$$

gdje notacija $(\cdot)_{[a,b]}$ označava da je signal aktivan na području $[a, b]$, a van njega je jednak nuli. Parametar μ određuje centar frekvencije valića i njegov dopušteni raspon je $[3, 6]$. Parametar σ određuje kompromis između vremenske i frekvencijske razlučivosti, i njegov dopušteni raspon je $[0.1, 1.2]$.

Parametar μ odabran je tako da pomnožen nekom potencijom broja 2 daje vrijednost 440 Hz, prema kojoj se danas ugađaju instrumenti, a da je unutar dopuštenog raspona. Ta vrijednost je 3.4375. Budući da je za primjenu ovog rada važnija veća preciznost u frekvencijama, parametar σ postavljen je na minimalnu vrijednost, 0.1.

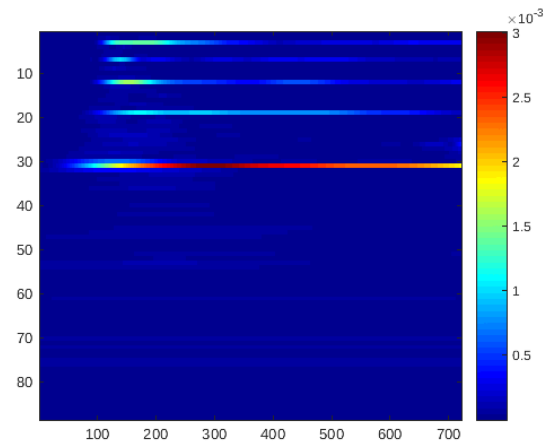
3 Problemi u analizi

U ovom dijelu opisani su prethodno navedeni problemi s *aliquotima* i ADSR ovojnicom, te su navedeni načini kojima se njihov utjecaj može smanjiti prilikom određivanja glazbenih tonova iz transformacije.

3.1 Alikvoti

Alikvot je pripadna frekvencija nekog glazbenog tona koja čini boju tona. Kada u tonu ne bi bili sadržani *aliquoti*, onda bi svi instrumenti imali jednaku boju tona. Međutim, kod određivanja tona iz transformacije signala ovo zapravo stvara “lažne frekvencije” koje ne odgovaraju visinama stvarno odsviranih tonova. Da stvar bude još gora, neke od tih frekvencija mogu se preklapati sa visinama drugih tonova, te tako uzrokuju dodatno pojačanje osnovnih frekvencija.

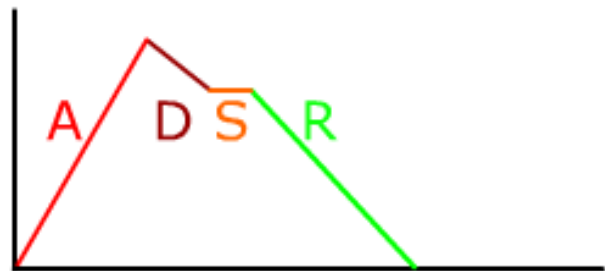
Frekvencija n -tog alikvota f_n je višekratnik temeljne frekvencije tona f_0 , odnosno $f_n = n \cdot f_0$. Ovisno o načinu dobivanja tona u nekom instrumentu, alikvot može nastati zbog rezoniranja kutije instrumenta, žica, stupca zraka, i sl. Međutim, valja primijetiti da nema “lažnih frekvencija” ispod temeljne, te nam to svojstvo može pomoći pri određivanju temeljne frekvencije.



Slika 1: Rezultat transformacije glazbenog isječka koji ima odsviran samo jedan ton. Na x-osi prikazano je vrijeme, a na y-osi skala. Temeljna frekvencija prikazana je crvenom bojom, dok su frekvencije alikvota udaljene za 1 oktavu, $\log_2 3 = 1.585$ oktava, $\log_2 4 = 2$ oktave, itd.

3.2 ADSR ovojnica

ADSR (engl. *Attack-Decay-Sustain-Release*) ovojnica je model generiranja glazbenog tona na *synthesizerima* koja oponaša glazbeni instrument u stvarnom svijetu. Četiri faze su: udar (engl. *attack*), spust (engl. *decay*), zadržavanje (engl. *sustain*), i prigušivanje (engl. *release*). Ove četiri faze prikazane su na slici 2.

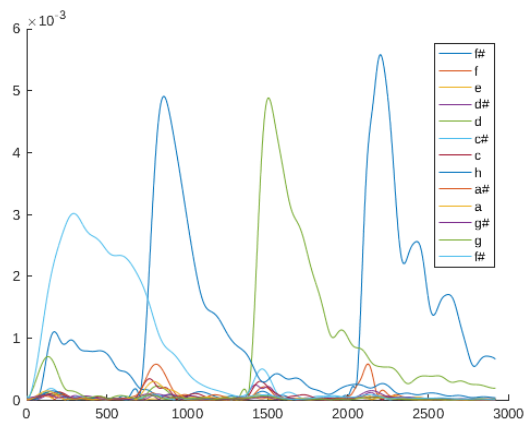


Slika 2: Shematski prikaz ADSR ovojnice, s naznačene četiri faze.

U fazi udara, ton naglo postiže maksimum glasnoće, što se čuje kao udar; zatim se u fazi spusta glasnoća smanjuje do određene vrijednosti. Ovo se događa kada instrument proizvede ton, npr. na pritisak tipke klavira, ili trzaj žice na gitari. Nadalje ton traje u fazi zadržavanja i stalne je glasnoće, a ovo odgovara držanju tipke na klaviru, ili prelaženja gudača preko žice uz konstantan pritisak i brzinu. Na kraju u fazi prigušivanja, glasnoća

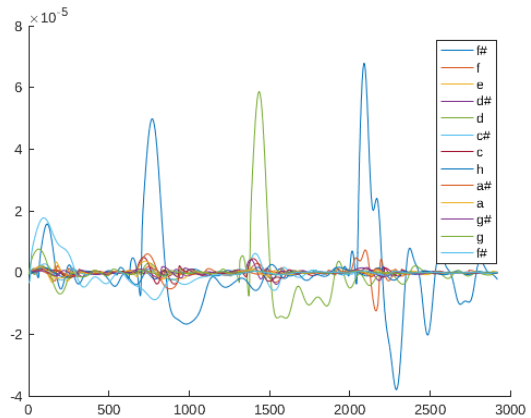
opada i ton se više ne čuje, što odgovara otpuštanju tipke na klaviru, ili prigušenju žice na gitari prstima.

Odraz ovog efekta na izgled transformacije vidljiv je na slici 3. Prilikom određivanja tonaliteta ili akorda glazbenog isječka, problem je u predugom trajanju signala u transformaciji, jer preklapanje pojedinih tonova u vremenu može navesti na krivi zaključak.



Slika 3: Prikaz transformacija za 12 uzastopnih skala (jednu oktavu) na glazbenom isječku koji sadrži četiri uzastopno odsvirana tona ($f\#, h, d, f\#$). Svaki ton prikazan je različitom bojom. Za svaki ton vidljiv je oblik ADSR ovojnice. Uočljiva je i pojava alikvotne frekvencije u prvom odsviranom tonu: to je ujedno i osnovna frekvencija četvrtog odsviranog tona.

Predloženo rješenje ovog problema je promatranje derivacije transformacije po vremenskoj komponenti. Maksimum derivacije pokazuje gdje glasnoća tona najbrže raste, a to je upravo u prvoj fazi ADSR ovojnice. Derivirani signal prikazan je na slici 4.



Slika 4: Derivacija prethodno prikazane transformacije po vremenu. Udari tonova sad su kompaktно smješteni.

4 Ekstrakcija informacije

4.1 Tonalitet

4.2 Akord

4.3 Melodija

5 Zaključak

Literatura

- [1] F. Iannacci, Y. Huang. ChirpCast: Data Transmission via Audio. June 5, 2010.